

SozA – Soziale und organisatorische Auswirkungen zunehmender Automatisierung im österreichischen Güterverkehrssystem

Finanziert im Rahmen des Programms „Mobilität der Zukunft“ durch das bmvit

Jürgen Zajicek – AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Norbert Sedlacek – Herty Consult

Wien, 30.06.2018



Partner



Impressum

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
A-1030 Wien, Radetzkystraße 2

Programmverantwortung Mobilität der Zukunft

Abteilung III/I4 - Verkehrs- und Mobilitätstechnologien

Ansprechpartner/in Gütermobilität

DI (FH) Sarah Bittner-Krautsack, MBA
Telefon: +43 (0)1 711 62 65-3211
E-Mail: sarah.bittner-krautsack@bmvit.gv.at
Website: www.bmvit.gv.at

Programmmanagement Mobilität der Zukunft

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH
A-1090 Wien, Sensengasse 1

Ansprechpartner/in Gütermobilität

DI Svenja Hermann
Telefon: +43 (0)5 7755-5035
E-Mail: svenja.hermann@ffg.at
Website: www.ffg.at

Fotos

ÖBB/Harald Eisenberger, iStockphoto/Ing. Markus Schieder, INNOFREIGHT Speditions GmbH, AVL/AVL Range Extender, eigene]

Für den Inhalt verantwortlich

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

A-1210 Wien
Giefinggasse 4
Ansprechperson:
DI Jürgen Zajicek
Telefon: +43 664 620-78-36
E-Mail: juergen.zajicek@ait.ac.at
Website: www.ait.at

Herry Consult GmbH

A-1040 Wien
Argentinierstraße 21
Ansprechperson:
DI Norbert Sedlacek
Telefon: +43 1 504-12-58
E-Mail: office@herry.at
Website: www.herry.at

Haftung

Die Inhalte dieser Publikation wurden mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Die bereitgestellten Inhalte sind ohne Gewähr. Das Ministerium sowie die Autorinnen und Autoren übernehmen keine Haftung für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte dieser Publikation. Namentlich gekennzeichnete Beiträge externer Autorinnen und Autoren wurden nach Genehmigung veröffentlicht und bleiben in deren inhaltlicher Verantwortung.

Autor/innen

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

DI Karin Markvica, MA

DI Jürgen Zajicek

Herry Consult GmbH

DI Norbert Sedlacek

Mitglieder des Beirats

DI (FH) Sarah Bittner-Krautsack, MBA
bmvit

DI Patrick Grassl
bmvit

Ing. Michael Nikowitz, MSc.
bmvit

DI Svenja Hermann
FFG

Inhalt

0. Executive Summary (deutsch)	7
Executive Summary (English)	10
1. Einleitung	12
2. Allgemeine Rahmenbedingungen	13
2.1. Technische Transportkettenkomponenten und deren Automatisierungsgrad	13
2.1.1. Transportkettenkomponenten	13
2.1.2. Automatisierungsstufen	14
2.1.3. Automatisierungsgrad und -potential der Transportkettenkomponenten	17
2.2. Rechtliche Rahmenbedingungen	18
2.2.1. Fahrzeugzulassung und Typisierung	18
2.2.2. Lenkzeitenregelung	19
2.2.3. Aufgaben und Pflichten des/r LenkerIn	20
2.2.4. Haftung (und Versicherung)	22
2.3. Soziale Rahmenbedingungen	23
2.3.1. Mitarbeiterstruktur im Transportwesen	23
2.4. Allgemeine Feststellungen	25
3. Ableitung von Szenarien	26
3.1. Szenarienbeschreibung	26
3.2. Überblick über die Szenarien	26
4. Wirkungen	31
4.1. Bewertungssystematik	31
4.1.1. Soziale Wirkungsindikatoren	31
4.1.2. Verkehrlich-organisatorische Wirkungsindikatoren	32
4.1.3. Bewertungssystematik	33
4.2. Soziale Auswirkungen zunehmender Automatisierung	33
4.2.1. Rolle der Beschäftigten im Güterverkehrs- und Transportlogistiksektor angesichts zunehmender Automatisierung im zukünftigen Mobilitätssystem	33
4.2.2. Künftige Berufsbilder	35

4.2.3. Soziale Chancen und Risiken durch künftige Entwicklungen in Österreich	35
4.2.4. Themenbereich hoch automatisiertes Fahren	36
4.2.5. Entfall der Lenkzeiten	38
4.2.6. Szenarienbewertung	39
4.3. Organisatorische Auswirkungen zunehmender Automatisierung _____	42
4.3.1. Relevante Einschätzungen, Zusammenhänge, Entwicklungstendenzen	43
4.3.2. Synergie und Trade-Offs zwischen den einzelnen Transportkettenkomponenten	49
4.3.3. Szenarienbewertung	51
4.4. Potenzielle Verlagerungseffekte und Wechselwirkungen _____	54
4.4.1. Soziale Wirkung	57
4.4.2. Organisatorische Wirkung	61
5. Handlungsempfehlungen _____	65
5.1. Zu beachtende, zu schaffende und zu ändernde Rahmenbedingungen _____	65
5.1.1. Beseitigung fehlender legislativer und normativer Grundlagen	65
5.1.2. Klärung der Verantwortung für die Infrastruktur und der Kompetenzen	65
5.1.3. Weltweit einheitliche Regelungen zu Datensicherheit und Datenschutz	66
5.1.4. Meinungsbildung der Politik	67
5.1.5. Strategien zur Schaffung von Kompatibilität zu bestehenden Systemen	67
5.1.6. Angleichung der Sicherheitsbestimmungen für Straße und Schiene	68
5.1.7. Einsatz automatischer Fahrzeuge im Mischverkehr zur Verkehrssteuerung	68
5.1.8. Ausbildungsangebot	69
5.1.9. Cyber Security	69
5.2. Neue Potenziale durch F&E im Bereich Güterverkehr sowie durch organisatorische Veränderungen _____	70
5.2.1. Automatisierung des Umschlages beim Kombinierten Ladungsverkehr	70
5.2.2. Automatisierung des Verschubes im Bahnbereich	70
5.2.3. Ausrüstung vereinheitlichter Güterwagen mit Sensorik und Aktuatoren	71
5.2.4. Einführung ATO mit Augenmerk auf Einbindung automatisiert fahrender Wagen und Wagengruppen	72
6. Zusammenfassung _____	73
6.1. Allgemeine Rahmenbedingungen _____	73
6.1.1. Technische Transportkettenkomponenten und deren Automatisierungsgrad	73
6.1.2. Rechtliche Rahmenbedingungen	74
6.1.3. Mitarbeiterstruktur im Transportwesen	75
6.2. Ableitung von Szenarien _____	75

6.3. Wirkungen	76
6.3.1. Soziale Auswirkungen zunehmender Automatisierung	76
6.3.2. Szenarienbewertung sozialer Auswirkungen	76
6.3.3. Verkehrliche-organisatorische Auswirkungen zunehmender Automatisierung	77
6.3.4. Szenarienbewertung verkehrlich-organisatorischer Auswirkungen	77
6.4. Handlungsempfehlungen	78
7. Referenzen	79
8. Abkürzungsverzeichnis	82
9. Anhang	83
9.1. Leitfaden für ExpertInnen-Interviews	83
9.2. Szenarienbewertung sozialer Auswirkungen infolge zunehmender Automatisierung	89
9.2.1. Innerbetriebliche Logistik	89
9.2.2. Vorlauf (Transport per Lkw zum Umschlagterminal)	92
9.2.3. Hauptlauf (Transport per Schiene)	94
9.2.4. Hauptlauf (Transport per Binnenschiff)	97
9.2.5. Hauptlauf (Transport per Lkw)	99
9.2.6. Nachlauf (Transport per Lkw zum Empfänger)	100
9.2.7. Nachlauf (Transport per Schiene zum Empfänger)	101
9.2.8. Distribution (Verteilung in Regionen / Endadressen)	101
9.3. Szenarienbewertung organisatorischer Auswirkungen infolge zunehmender Automatisierung	104
9.3.1. Innerbetriebliche Logistik	104
9.3.2. Vorlauf (Transport per Lkw zum Umschlagterminal)	108
9.3.3. Hauptlauf (Transport per Schiene)	113
9.3.4. Hauptlauf (Transport per Binnenschiff)	116
9.3.5. Hauptlauf (Transport per Lkw)	119
9.3.6. Nachlauf (Transport per Lkw zum Empfänger)	121
9.3.7. Nachlauf (Transport per Schiene zum Empfänger)	122
9.3.8. Distribution (Verteilung in Regionen / Endadressen)	123

0. Executive Summary (deutsch)

Die gegenständliche F&E-Dienstleistung betrachtet die sozialen und organisatorischen Auswirkungen der zunehmenden Automatisierung auf den Güterverkehr und die Transportlogistik systemisch. Dabei wurden vor allem die Auswirkungen der Automatisierung auf den Straßen- und Schienengüterverkehr anhand unterschiedlicher Szenarien bis 2045 abgeschätzt, um Barrieren sowie Enabler aufzuzeigen und FTI- und verkehrspolitische Maßnahmen abzuleiten.

Automatisiertes Fahren und teilautomatisierte Systeme werden von HerstellerInnen sukzessive auf den Markt gebracht und von AnwenderInnen eingesetzt. Untersuchungen zu sozialen und organisatorischen Auswirkungen der zunehmenden Automatisierung auf den Güterverkehr und die Transportlogistik aus einer systemischen Betrachtung heraus fehlen bisher weitgehend. Vor allem die Auswirkungen der Automatisierung auf den Straßengüterverkehr und Schienengüterverkehr und die Verteilung der Verkehrsleistung auf diese beiden Verkehrsträger sollen im Zuge der F&E-Dienstleistung ermittelt werden. Es wurden daher unterschiedliche Automatisierungsszenarien bis 2045 formuliert, deren soziale und verkehrlich-organisatorische Auswirkungen dargestellt und darauf aufbauend FTI- und verkehrspolitische Maßnahmen abgeleitet, die einerseits die positiven Wirkungen sicherstellen und verstärken und andererseits die identifizierten negativen Wirkungen reduzieren.

Die Analysen erfolgten basierend auf der **Erhebung der technologischen, rechtlichen, organisatorischen und sozialen Rahmenbedingungen** in Form von ExpertInnen-Interviews und einer vertiefenden Literaturanalyse. Die Bewertung des Grades und der künftigen Entwicklung der Automatisierung erfolgte auf Basis der Transportkettenkomponenten:

- die innerbetriebliche Logistik,
- der Vorlauf (per Lkw),
- der Hauptlauf (per Schiene, Binnenschiff oder Lkw),
- der Nachlauf (per Lkw oder Schiene),
- die Distribution sowie
- etwaige Sonderfälle.

Dabei wurden die für die einzelnen Verkehrsträger unterschiedlich definierten Stufen von manuell ohne Unterstützung bis vollkommen automatisiert bzw. autonom (Straße 0-5, Schiene 0-4 und restliche Tätigkeiten 1-4) zusammengefasst bzw. gegenübergestellt.

Im Rahmen der rechtlichen Rahmenbedingungen wurden die Rechtsbereiche bezogen auf die Fahrzeugzulassung und Typisierung, die Lenkzeitenregelung, Aufgaben und Pflichten des/r LenkerIn sowie Haftung und Versicherung betrachtet, wobei besonderes Augenmerk auf geplante bzw. notwendige Novellen gelegt wurde.

Zur Feststellung der sozialen Rahmenbedingungen im Transportwesen erfolgte eine Analyse der Altersstruktur der Beschäftigten und der Qualifizierungsprofile an die Arbeitsstellen in Europa sowie der Entwicklung in Österreich bezüglich der Tendenzen im Bereich der einzelnen Verkehrsträger.

Mithilfe von Szenarien mit den Zeithorizonten 2025, 2035 und 2045 wurde die Bewertung der Entwicklung und der Auswirkungen bezogen auf die Transportkettenkomponenten vorgenommen.

- Szenario 1 hat den Zeithorizont 2025. Basierend auf dem derzeitigen Entwicklungsstand (Jahr 2018) wird von geringer Automatisierung ausgegangen, wobei der tatsächliche Automatisierungsgrad für jede Transportkettenkomponente unterschiedlich ist. In diesem Szenario gibt es für keine der betrachteten Komponenten eine höhere Automatisierung als Level 3.
- Szenario 2 hat den Zeithorizont 2035. Es wird davon ausgegangen, dass bereits eine etwas stärkere Durchdringung an Automatisierung vorhanden ist. Für einige Transportkettenkomponenten ist bis 2035 Level 4 möglich.
- Szenario 3 hat den Zeithorizont 2045. In diesem Szenario ist die Automatisierung in einem Ausmaß von 95 % umgesetzt und stellt den maximalen Level dar.

Die **Wirkungsanalyse** bezüglich der zu erwartenden Veränderung bei Transportkosten, Transportzeit und Transportqualität durch unterschiedliche Automatisierungstendenzen bei den einzelnen Komponenten der Transportkette zeigt, dass sich einerseits die Automatisierung je Komponente unterschiedlich rasch entwickeln wird und andererseits die zu erreichenden Effekte je Komponente unterschiedlich stark ausfallen können. Als Ergebnis der Wirkungsanalyse wurde festgehalten, dass:

- Transporte, für die eine hohe Qualität (Transportsicherheit, Pünktlichkeit) von hoher Bedeutung ist, zukünftig bessere Schienenoptionen zur Auswahl haben. Dies kann eine Modal-Shift hin zur Schiene bewirken, wenn für die nachgefragten Relationen entsprechende Schienenangebote existieren.
- für zeitsensible Transporte, für die eine möglichst kurze Transportzeit relevant ist, durch Automatisierung kaum Änderungen zu erwarten sind und damit kaum Modal-Shift zu erwarten ist.
- bei kostenintensiven Transporten kurzfristig eher mit Verlagerungen hin zum Straßenverkehr oder eventuell zum Kombinierten Verkehr zu rechnen ist, jedoch langfristig Kostenreduktionen im Bereich des relativ teuren Schieneneinzelwagenladungsverkehrs und des Kombinierten Verkehrs zu rechnen ist und damit Angebote auf der Schiene in diesem Bereich (soweit sie dann im Einzelwagenladungsverkehr noch existieren) vermehrt nachgefragt werden.

Im Rahmen der ExpertInneninterviews und der Bewertung der künftigen Entwicklung der Automatisierung im Güterverkehr wurden folgende **Handlungsempfehlungen** identifiziert. Diese sind nach den zu involvierenden Ministerien, Interessensvertretungen und StakeholderInnen zusammengefasst.

Abstimmung von BMVIT, Sozialministerium und Arbeitnehmervertretungen:

- Die Beseitigung fehlender legislativer und normativer Grundlagen die sich auf Grund der technischen und organisatorischen Möglichkeiten ergeben, muss bereits zeitnah in Angriff genommen werden. Dabei müssen folgende Punkte in Abhängigkeit des umgesetzten Automatisierungsgrades geregelt werden:
 - o Verantwortung noch anwesender LenkerInnen
 - o Definition der Ruhezeiten aus arbeitsrechtlicher Sicht
 - o (weltweit) grenzübergreifend einheitliche Definition der Haftungsfragen bezüglich der Fahrzeuge, der Systemkomponenten und des Haftungsübertrages bei automatisiertem Wechsel des Verkehrsträgers

Abstimmung der relevanten Ministerien zumindest auf europäischer Ebene:

- weltweit einheitliche Regelungen zu Datensicherheit und Datenschutz
- Angleichung der Sicherheitsbestimmungen in Bezug auf Fahrzeugtechnologie, Ausfallsicherheit, etc. muss für Straße und Schiene (derzeit größtenteils SIL4) erfolgen, um die Schiene kostengünstiger betreiben zu können
- Strategien zur Gewährleistung der Kompatibilität mit bestehenden Systemen (Technologien, Schnittstellen, Datenprotokolle, etc.)
- Meinungsbildungsmaßnahmen durch die Politik zur Beseitigung der derzeitigen Informationsdefizite in Bezug auf die Automatisierung im Transportwesen bezüglich:
 - o technischer Möglichkeiten und Reifegrade inkl. Status Quo der Verkehrsmodi
 - o Rechte und Pflichten des lenkenden, bedienenden und überwachenden Personals automatisierter Fahrzeuge und Hilfsmittel
 - o Chancen für bestimmte Personengruppe infolge der durch die Automatisierung geänderten Berufsprofile
 - o Auswirkungen auf den Güterverkehr und das Transportwesen generell (Transportkosten, Effizienzsteigerung, Umweltauswirkungen, etc.)
 - o mögliche Verbesserungen und Aufwertungen bestehender Berufsbilder im Güterverkehr
- zeitnahe Entwicklung eines entsprechenden Ausbildungsangebotes zur Gewährleistung der Verfügbarkeit des notwendigen Personals im Bereich der Überwachung, Wartung und Planung des Einsatzes automatisierter Transportsysteme

Transportunternehmen und InfrastrukturbetreiberInnen in Abstimmung mit dem BMVIT:

- Klärung der Verantwortung für Infrastruktur und Kompetenzen muss eindeutig und länderübergreifend koordiniert werden:
 - o Vereinheitlichung der Definition der Verantwortungen der InfrastrukturbetreiberInnen
 - o Klärung der Frage der der InfrastrukturbetreiberInnen (Behörden, staatsnahe Unternehmen, etc.)
 - o klare Aufteilung der Kompetenzen je nach Einsatzgebiet, z.B. Verkehrssteuerung mittels automatisiert fahrender Fahrzeuge durch übergeordnete Behörde
 - o Sicherstellung eines grenzüberschreitenden Verkehrs durch vereinheitlichte Infrastrukturen
- Automatisierung des Umschlages beim Kombinierten Ladungsverkehr
- Ausrüstung vereinheitlichter Güterwagen mit Sensorik und Aktuatoren
- Einsatz automatischer Fahrzeuge im Mischverkehr zur Verkehrssteuerung

- Einführung ATO (Automated Train Operation) mit Augenmerk auf Einbindung hoch automatisiert fahrender Wagen und Wagengruppen
- Erstellung von Migrationsstrategien zur langfristigen Einführung und Zulassung eines automatischen Kupplungssystems im Bahnbereich
- koordinierte Entwicklung von Strategien im Bereich der Cyber Security zur Sicherstellung des ungestörten, sicheren Betriebes künftiger hoch automatisierter Transportsysteme

Executive Summary (English)

This R&D service systematically considers the social and organisational effects of increasing automation on freight transport and transport logistics. In particular, the effects of automation on road and rail freight transport were estimated on the basis of various scenarios up to 2045 in order to identify barriers and enablers and derive RTI and transport policy measures.

Automated driving and semi-automated systems are successively brought to market by manufacturers and used by users. Studies on the social and organisational effects of increasing automation on freight transport and transport logistics from a systemic perspective are still largely absent. In particular, the effects of automation on road and rail freight transport and the distribution of transport performance between these two modes of transport are to be determined in the course of R&D services. For this reason, different automation scenarios were formulated up to 2045, the social and traffic-organisational effects of which were presented and, based on these, RTI and transport policy measures derived, which on the one hand ensure and strengthen the positive effects and on the other hand reduce the negative effects identified.

The analyses were based on the survey of the technological, legal, organisational and social framework conditions in the form of expert interviews and an in-depth literature analysis. The evaluation of the degree and future development of automation was based on the transport chain components:

- internal logistics,
- the preliminary run (by truck),
- the main leg (by rail, inland waterway or truck),
- the on-carriage (by truck or rail),
- distribution and
- any special cases.

The different levels defined for the individual modes of transport from manual without support to fully automated or autonomous (road 0-5, rail 0-4 and other activities 1-4) were combined or compared.

Within the legal framework, the legal areas relating to vehicle registration and typification, the regulation of driving times, tasks and obligations of the driver as well as liability and insurance were considered, with particular attention being paid to planned or necessary amendments.

To determine the social conditions in the transport sector, an analysis of the age and quality profiles in Europe and the development in Austria with regard to trends in the individual modes of transport was carried out.

With the development of scenarios with time horizons 2025, 2035 and 2045, the evaluation of the development and the effects related to the transport chain components were collected and evaluated.

- Scenario 1 has a time horizon of 2025, and based on the current state of development (2018), little automation is assumed, with the actual degree of automation being different for each transport chain component. In this scenario, none of the components under consideration have a higher level of automation than level 3.
- Scenario 2 has the time horizon 2035, and it is assumed that there is already a somewhat greater penetration of automation. Level 4 is possible for some transport chain components up to 2035.
- Scenario 3 has the time horizon 2045. 95 % of the automation in this scenario is implemented to the extent to which it is possible, i.e. according to the potential after maximum level.

The impact analysis regarding the expected change in transport costs, transport time and transport quality due to different automation tendencies in the individual components of the transport chain shows that, on the one hand, automation will develop at different speeds per component and, on the other hand, the effects to be achieved per component may vary. Because of the impact analysis it was noted that:

- Transports for which high quality (transport safety, punctuality) is of great importance will have better rail options to choose from in the future. This can lead to a modal shift to the rail if there are corresponding rail offers for the required routes,
- for time-sensitive transports, for which the shortest possible transport time is relevant, hardly any changes can be expected due to automation and therefore hardly any modal shift is to be expected and
- in the short term, cost-intensive transports are likely to shift to road transport or possible combined transport, but cost reductions are to be expected in the relatively expensive rail single wagonload and combined transport sectors in the long term and thus there will be increased demand for rail services in this area (insofar as they still exist in single wagonload traffic).

In the context of the expert interviews and the evaluation of the future development of automation in freight transport, the following recommendations for action were identified. These are grouped according to the ministries, interest groups and stakeholders to be involved.

Coordination of BMVIT, Ministry of Social Affairs and employee representatives:

- Elimination of missing legal and normative bases, which result from the technical and organizational possibilities, must be tackled already promptly. The following points must be regulated depending on the degree of automation implemented:
 - o Responsibility of drivers still present
 - o Definition of rest periods from an employment law perspective
 - o (globally) transnational uniform definition of liability issues relating to vehicles, system components and the transfer of liability in the event of an automated change of mode of transport

Coordination of the relevant ministries at least at European level:

- Globally uniform regulations on data security and data protection
- Harmonization of safety regulations with regard to vehicle technology, reliability, etc. must take place for road and rail (currently mostly SIL4) in order to be able to operate the rail more cost-effectively
- Strategies to create compatibility with existing systems of the individual modes of transport (technologies, interfaces, data protocols, etc.)
- Opinion-forming measures by the policy to eliminate the current information deficits in relation to automation in the transport sector:
 - o Technical possibilities and degrees of maturity incl. status quo of transport modes
 - o Rights and duties of the driving, operating and monitoring personnel of automated vehicles and aids
 - o Opportunities for certain groups of people due to the automation of changed job profiles
 - o Effects on freight transport and transport in general (transport costs, efficiency increase, environmental impact, etc.)
 - o Possible improvements and upgrades of existing job profiles in freight transport
- Prompt development of an appropriate training offer to ensure the availability of the necessary personnel in monitoring, maintenance and planning of the use of automated transport systems

Transport companies and infrastructure operators in coordination with BMVIT:

- Clarification of responsibility for infrastructure and competencies must be clearly coordinated across countries:
 - o Harmonisation of the definition of the responsibilities of infrastructure managers
 - o Clarification of the question of infrastructure managers (authorities, state-related companies, etc.)
 - o Clear division of competences depending on the area of application, e.g. traffic control by means of automatically moving vehicles by the higher authority
 - o Ensuring cross-border traffic through unified infrastructures
- Automation of container handling in combined transport
- Equipping standardised freight wagons with sensors and actuators
- Use of automatic vehicles in mixed traffic for traffic control
- Introduction of ATO (Automated Train Operation) with focus on the integration of highly automated wagons and groups of wagons
- Creation of migration strategies for the long-term introduction and approval of an automatic coupling system in the railway sector
- Coordinated development of strategies in the field of cyber security to ensure the undisturbed, secure operation of future highly automated transport systems

1. Einleitung

Die gegenständliche F&E-Dienstleistung soll die sozialen und organisatorischen Auswirkungen der zunehmenden Automatisierung auf den Güterverkehr und die Transportlogistik systemisch betrachten. Dabei werden vor allem die Auswirkungen der Automatisierung auf den Straßen- und Schienengüterverkehr anhand unterschiedlicher Szenarien bis 2045 abgeschätzt, um Barrieren sowie Enabler aufzuzeigen und FTI- und verkehrspolitische Maßnahmen abzuleiten.

Automatisiertes Fahren und teilautomatisierte Systeme werden von HerstellerInnen sukzessive auf den Markt gebracht und von AnwenderInnen eingesetzt. Untersuchungen zu sozialen und organisatorischen Auswirkungen der zunehmenden Automatisierung auf den Güterverkehr und die Transportlogistik aus einer systemischen Betrachtung heraus fehlen bisher weitgehend. Vor allem die Auswirkungen der Automatisierung auf den Straßengüterverkehr und Schienengüterverkehr und die Verteilung der Verkehrsleistung auf diese beiden Verkehrsträger sollen im Zuge der F&E-Dienstleistung ermittelt werden. Es werden daher unterschiedliche Automatisierungs-Szenarien bis 2045 formuliert, deren soziale und verkehrlich-organisatorische Auswirkungen dargestellt und darauf aufbauend FTI- und verkehrspolitische Maßnahmen abgeleitet, die einerseits die positiven Wirkungen sicherstellen und verstärken und andererseits die identifizierten negativen Wirkungen reduzieren.

Folgende in der Ausschreibung formulierte Fragestellungen werden jedenfalls beantwortet:

- soziale und organisatorische Auswirkungen zunehmender Automatisierung
 - in den nächsten Jahren und Jahrzehnten im Straßen- bzw. im Schienengüterverkehr
 - im gesamten Güterverkehr in Österreich
- potenzielle Verlagerungseffekte und Wechselwirkungen
- Rolle der Beschäftigten im Güterverkehrs- und Transportlogistiksektor angesichts zunehmender Automatisierung im zukünftigen Mobilitätssystem
- Auswirkungen zunehmender Automatisierung des Güterverkehrs (Gütermobilität 4.0)
- zu erwartender Stellenwert der Automatisierung für die Weiterentwicklung des Güterverkehrs und im Gesamtmobilitätssystem
- soziale und organisatorische Chancen und Risiken durch künftige Entwicklungen
- zu beachtende, zu schaffende und zu ändernde Rahmenbedingungen
- neue Potenziale durch F&E im Bereich Güterverkehr und durch organisatorische Veränderungen
- Identifikation treibender Kräfte der zunehmenden Automatisierung im Güterverkehr und in der Transportlogistik

2. Allgemeine Rahmenbedingungen

2.1. Technische Transportkettenkomponenten und deren Automatisierungsgrad

2.1.1. Transportkettenkomponenten

Für diese F&E-Dienstleistung, die sich auf Straße und Schiene fokussiert sowie teilweise die Binnenschifffahrt betrachtet, wurden die Transportketten nach ihren Teilschritten näher untersucht. Dazu zählen:

- die innerbetriebliche Logistik,
- der Vorlauf (per Lkw),
- der Hauptlauf (per Schiene, Binnenschiff oder Lkw),
- der Nachlauf (per Lkw oder Schiene),
- die Distribution sowie
- etwaige Sonderfälle.

Die Transportketten wurden in ihre Transportkettenkomponenten heruntergebrochen und deren aktueller Level an Automatisierung erhoben, bevor die Automatisierungsmöglichkeit, das Potential und Szenarien ermittelt wurden. Die Komponenten der Transportketten werden im folgenden Abschnitt, aufgelistet.

Innerbetriebliche Logistik: Zur innerbetrieblichen Logistik zählen der Transport zur Rohstoffversorgung (intern), der Transport nach Produktionsabschluss zum Lager, die Zwischenlagerung bzw. das Umpacken, der Transport vom Lager zur Transporteinheit bzw. dem Ladungsträger, die Verladung auf den Ladungsträger sowie die Ladungssicherung.

Vorlauf (per Lkw): Der Transport per Lkw zum Umschlagterminal umfasst das Ankoppeln von Anhängern/Aufliegern, die Fahrt zum Terminal, Fahren im Terminal, den Umschlag der Ladungsträger im Zwischenlager sowie den Umschlag der Ladungsträger für den Weitertransport.

Hauptlauf per Schiene: Der Transport per Schiene umfasst die Verschubfahrten zur Zugbildung, die Zugbehandlung (Langmachen, Entkuppeln, Kurzmachen, etc.), die Bremsprobe und Lichttraumüberprüfung vor der Abfahrt sowie die eigentliche Zugfahrt (Automated Train Operation (ATO)).

Hauptlauf per Binnenschiff: Der Transport per Binnenschiff umfasst den Umschlag der Ladungsträger für den Weitertransport, die Ladungssicherung, den Rangierbetrieb der Schiffe im Hafen und die eigentliche Schifffahrt.

Hauptlauf per Lkw: Ein Transport per Lkw im Hauptlauf umfasst die eigentliche Lkw-Fahrt von der/dem VersenderIn zur/zum EmpfängerIn oder von Terminal zu Terminal sowie die Wartung der Fahrzeuge.

Nachlauf per Schiene: Der Transport per Schiene zur/zum bzw. von der/dem EmpfängerIn umfasst die automatisierte Fahrt zu bzw. auf der Anschlussbahn.

Nachlauf per Lkw: Der Nachlauf beim Lkw besteht in der Fahrt zum/zur EmpfängerIn.

Distribution: Die Verteilung in der Region bzw. an die Endadressen umfasst die Fahrt vom Terminal bzw. Hub zur Lieferadresse, die Übernahme der Waren und Güter sowie die Abholung der Waren und Güter.

Sonderfälle: Zu den Sonderfällen zählen die Abwicklung technischer Gebrechen und Unfälle (Aufnahme etc.) sowie die Beeinflussung autonomer Fahrzeuge durch Personen (mutwillige Behinderung).

2.1.2. Automatisierungsstufen

Im Rahmen der Überlegungen und der Planungen zur Umsetzung von technischen Einrichtungen, die ein automatisiertes Fahren von Fahrzeugen der unterschiedlichen Verkehrsmodi ermöglichen, wurden für die Straße durch die SAE (Society of Automotive Engineers International) und den VDA (Verband der Automobilindustrie) jeweils eine eigene Definition der Funktionen erstellt. Für die weiteren Betrachtungen wurde ausschließlich auf die Definitionen der SAE Bezug genommen, da diese Festlegungen eine größere internationale Verbreitung haben.

Im Bereich der Schiene erfolgt durch die UITP (Union Internationale des Transports Publics) die Einteilung der unterschiedliche Level des Automatisierungsgrades. In den folgenden Kapiteln werden die Unterschiede detailliert dargestellt.

2.1.2.1. Straßenfahrzeuge

Die Überlegungen der SAE, die eine Abstufung der Automatisierung in sechs Levels festgelegt hat, gelten aktuell als die relevanten Level. Diese Abstufung reicht von Level 0 „No Automation (Nur Fahrer)“ bis Level 5 „Full Automation (Volle Automatisierung)“ (siehe Abbildung 1). Die Kategorisierung wurde für Europa übernommen und wird von den entsprechenden Gremien verwendet.

Um einen Einblick zu geben was die unterschiedlichen Level der Automatisierung kennzeichnet und welche Rolle Fahrzeug und FahrerIn darin spielen, werden die Level der SAE (J3026_201806¹) im Folgenden kurz beschrieben.

Level 0 – No Automation (Nur Fahrer): Level 0 stellt den ursprünglichen Zustand dar, bei dem die fahrende Person die volle Kontrolle über das Fahrzeug hat und selbst auf die Signale etwaiger Assistenzsysteme (Warnsignale o.ä.) reagiert.

Level 1 – Driver Assistance (Assistiert): Bei Level 1 übernimmt der/die FahrerIn noch das Steuern des Fahrzeuges, kontrolliert jedoch nicht mehr die Geschwindigkeit (adaptiver Tempomat (ACC)). Das Assistenzsystem verarbeitet Informationen der Umwelt, um darauf aufbauend zu beschleunigen bzw. abzubremesen. Der/die FahrerIn ist die Rückfallebene. Diese Form wird als „unterstütztes Fahren“ bezeichnet.

Level 2 – Partial Automation (Assistiert): In Level 2 überwacht der/die FahrerIn die Aktivitäten des Fahrzeuges, während das Fahrzeug die Längs- oder Querbewegung steuert (automatisches Einparken, Spurhalteassistent, Stauassistent). Dies ist nur für bestimmte Situationen möglich. Der/die FahrerIn ist die Rückfallebene und greift bei komplexeren Situationen ein, um das Fahrzeug selbst zu steuern.

Level 3 – Conditional Automation (Bedingte Automatisierung): Level 3 bedeutet, dass das Fahrzeug alle Aufgaben für bestimmte Situationen übernimmt und der/die FahrerIn sich auf etwas anderes konzentrieren kann. Er/Sie muss jedoch bereit sein im Bedarfsfall innerhalb von Sekunden in das Geschehen einzugreifen, sobald das System ihn/sie warnt. Der/die FahrerIn ist somit die Rückfallebene. Die Zulassung von Fahrzeugen mit den angesprochenen Funktionen ist für 2019 geplant.

Level 4 – High Automation (Hohe Automatisierung): In Level 4 ist in bestimmten Situationen kein/e FahrerIn mehr notwendig, da das System die Längs- und Querbewegungen steuert sowie einen „risiko-minimierten“ Zustand herstellen kann (Autopilot für Autobahn. Das Fahrzeug kann allerdings den/die FahrerIn im Bedarfsfall auffordern einzugreifen, steuert aber bei Nichtreaktion durch den/die FahrerIn das Fahrzeug weiterhin hoch automatisiert weiter. Das System kommt somit ohne Eingriff des/der FahrerIn aus, braucht ihn/sie aber als Rückfallebene in Extremsituationen.

Level 5 – Full Automation (Volle Automatisierung): In Level 5 muss sich kein/e FahrerIn mehr im Fahrzeug befinden, da das Fahrzeug alle Aufgaben unter allen Bedingungen ohne menschliches Zutun meistert (automatisierte Shuttles auf festgelegten Routen). Es sind weiterhin technische Einrichtungen vorgesehen, um dem/der FahrerIn im Anlassfall Steuereingaben zu ermöglichen (auch für Wartungs-, und Instandhaltungsmaßnahmen).

¹ https://www.sae.org/standards/content/j3016_201806/

Da die erste Stufe, Level 0, überhaupt keine Automatisierung ausweist, wird sie häufig nicht zu den Stufen der Automatisierung dazugezählt, wodurch sich fünf Levels ergeben. Dieses Vorgehen wird für die Bewertung übernommen.

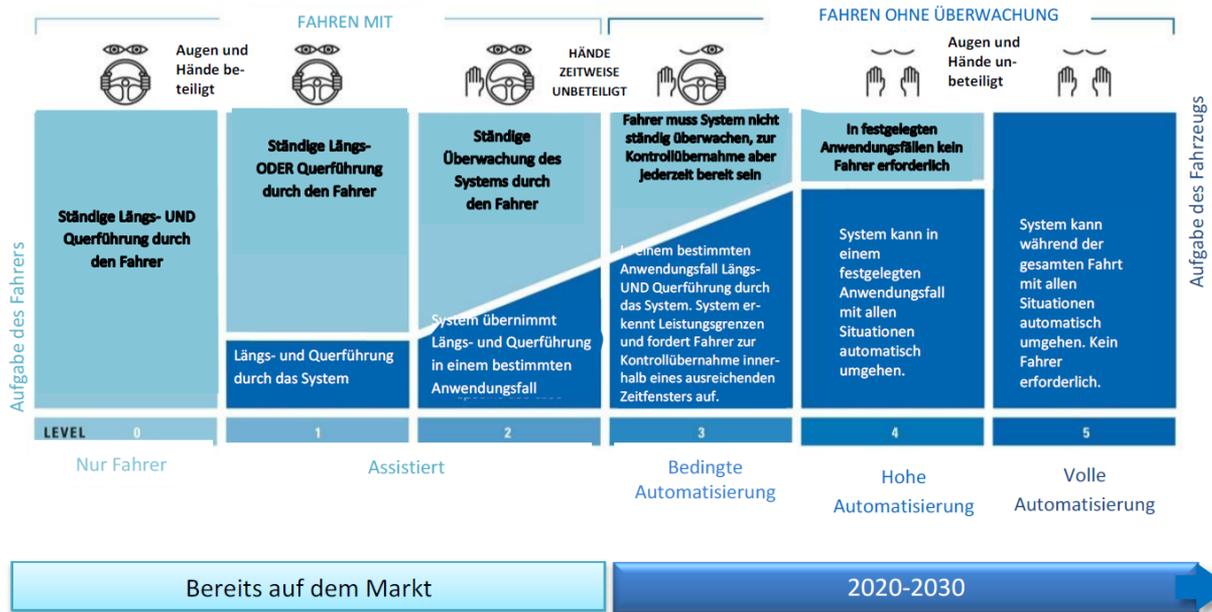


Abbildung 1: Darstellung der 5 Stufen der Automatisierung anhand der Aufgaben des/der FahrerIn (Quelle: COM-2018-F1-DE-Main-PART-1 der Europäische Kommission 2018)

2.1.2.2. Schienenfahrzeuge

Die Einteilung der Automatisierungsgrade im Schienenverkehr hatte ihren Ausgangspunkt im Personenverkehr, wo schon länger bei U-Bahnen (z.B. Nürnberger U-Bahn-Linien 2 und 3) und Light Railways (z.B. Docklands Light Railway in London) automatisiert fahrende Fahrzeuge verwendet werden. Diese Einteilung wurde in weiterer Folge für die Vollbahn übernommen und auch für Anwendungen im Eisenbahn-Güterverkehr angewendet.

Bei der Betrachtung der Automatisierungsgrade im Personenverkehr muss zwischen Bahnen, die für den Metrobetrieb bzw. Betrieb von „alleinstehenden Strecken“, wie Shuttlebahnen zwischen Terminals auf Flughäfen, „Light Railways“, etc., errichtet wurden und der sogenannten Vollbahn unterschieden werden. Unter Vollbahn sind die Betriebsarten zusammengefasst, die im Rahmen von Schnellbahnverkehren, Regionalbahnen und im Fernverkehr eingesetzt werden. Im Folgenden sind die einzelnen Levels der Automatisierung im Rahmen des automatisierten Betriebes auf der Vollbahn angeführt.

Für Zugsystem außerhalb des Bereiches der Vollbahn, wie z.B. U-Bahn- und Metrosysteme hat der Internationale Verband für öffentliches Verkehrswesen (UITP - Union Internationale des Transports Publics) fünf Automatisierungsgrade, sogenannte Grades of Automation (GoA; siehe Abbildung 2), festgelegt, die sich in Anlehnung der Charakteristika dieser Verkehrssysteme mit denen der Vollbahn decken (UITP o.J.).

GoA 0: Bei Grade of Automation 0 fährt der/die FahrzeugführerIn auf Sicht.

GoA 1: Die Stufe 1 bedeutet, dass der/die FahrzeugführerIn beschleunigt und bremst, die Türsteuerung kontrolliert und Notfallsituationen oder ungeplante Umleitungen bewältigt (manueller Betrieb).

GoA 2: Bei Stufe 2 erfolgen Beschleunigungs- und Bremsvorgänge automatisiert. Der/die FahrzeugführerIn rüstet den Zug auf und ab, kontrolliert die Türsteuerung. Der/die FahrzeugführerIn kann bei Bedarf den Zug selbst steuern und bewältigt Notfallsituationen. GoA 2 wird als „halbautomatischer Betrieb“ oder „semi-automatic train operation (STO)“ bezeichnet.

GoA 3: Stufe 3 bezeichnet den automatisierten Zugbetrieb. Der/die ZugbegleiterIn kontrolliert die Türsteuerung und steuert den Zug in Notfallsituationen. GoA 3 wird „driverless train operation (DTO)“ genannt.

GoA 4: Die letzte Stufe bezeichnet automatisierten Zugbetrieb, automatisierte Türsteuerung und automatisierte Bewältigung von Notfällen. Im Zug befindet sich keinerlei Personal, weshalb von „unattended train operation (UTO)“ gesprochen wird.

Grade of Automation	Train Operation	Setting train in motion	Driving and stopping train	Door closure	Operation in event of disruption
GoA 1	ATP with Driver	Driver	Driver	Driver	Driver
GoA 2	ATP and ATO with Driver	Driver / Automatic	Automatic	Driver	Driver
GoA 3	Driverless (DTO)	Automatic	Automatic	Attendant / Automatic	Attendant
GoA 4	Unattended (UTO)	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic

ATP: Automatic Train Protection
 ATO: Automatic Train Operation
 DTO: Driverless Train Operation
 UTO: Unattended Train Operation

Abbildung 2: Automatisierungsstufen im Bereich des Verkehrsmodus Bahn definiert als „Grade of Automation“ durch die UITP

Die angeführten Levels sind bereits für einige U-Bahn-Linien bzw. „Light Railways“, aber auch bei Güterbahnen (Projekt „AutoHaul“ von bei Rio Tinto in Australien²) weltweit umgesetzt. Bei der Vollbahn sollen in den nächsten Jahren erste Testumgebungen für den ATO (Automated Train Operation) geschaffen werden. Diese Ergänzung der Funktionalitäten der etablierten Bahnen mit ihren Sicherungssystemen und der vorhandenen Infrastruktur soll in Europa über die Umsetzung der verschiedensten Levels des so genannten ETCS (European Train Control System) erreicht werden. Dabei könnte durch Ergänzung der derzeitigen Sicherungstechnik ein automatisierter Zugbetrieb ermöglicht werden, wobei hier noch immer ein/e TriebfahrzeugführerIn vorgesehen ist. Im höchsten Level von ETCS, im Level 3, ist die konventionelle Sicherungstechnik für die Zugsteuerung nicht mehr notwendig, da die Züge untereinander die aktuelle Position und Geschwindigkeiten kommunizieren. Demnach werden die Geschwindigkeiten und Abstände zwischen den Zügen so angepasst, dass die vorgeschriebenen Sicherheitsabstände eingehalten werden.

Der automatisierte Zugbetrieb entstammt neben anderen Aspekten (u.a. Arbeitssicherheit, Personaleinsatz) den Überlegungen zur Effizienzsteigerung des Eisenbahnbetriebes, da hiermit die Sicherheitsabstände zwischen den Zügen nicht auf die Sicherungsbloklängen festgelegt werden, sondern auf Basis der aktuellen Geschwindigkeiten (Einhaltung des Bremsweges zum sicheren Anhalten des Zuges in Bezug auf den vorausfahrenden Zug). Damit kann die Kapazität einer Eisenbahnstrecke maßgeblich erhöht werden und die derzeit vorhandene Sicherungstechnik mit Signalen und fixen Blockabstände entfallen. Dies wird mit dem Wechsel zu „Moving Blocks“ die vor und nach den automatisch fahrenden

² AutoHaul Projekt: <http://www.railwaygazette.com/news/freight/single-view/view/rio-tintos-automated-trains-approved.html>

Zügen im Rechner hinterlegt sind und entsprechend der aktuellen Position und Geschwindigkeit laufend angepasst werden, erreicht.

Der größte Vorteil des ATO entsteht durch den Umstand, dass die Züge energieeffizienter fahren können, da damit keine Halte vor Signalen erfolgen müssen, die einen durch den vorausfahrenden Zug belegten Sicherungsblock (Trassenkonflikt) sperren. Durch die untereinander kommunizierten Geschwindigkeiten und Positionen werden unnötige Halte verhindert womit die Züge in Bewegung bleiben und so Traktionsenergie einsparen (Wegfall des Anfahrens nach dem Halt bzw. starker Beschleunigung bei „spitzer“ Fahrweise ohne „Segelbetrieb“). Testfahrten haben ein Einsparungspotential von 12 % bis 20 % (Bienfait et al. 2012: 9) aufgezeigt.

Als Hauptprobleme im Rahmen einer möglichen Einführung des ATO auf der Vollbahn gelten der „Mischbetrieb“ mit ATO-fähigen und noch nicht ausgestatteten Triebfahrzeugen in der Übergangsphase, die inhomogene Zusammensetzung der Fahrzeuge unterschiedlicher HerstellerInnen und vor allem die technische Grundausstattung der Infrastruktur, die mit enormen Investitionen an die Systemvoraussetzungen angepasst werden muss.

2.1.2.3. Sonstige Bereiche

Die bislang vorgestellten Definitionen der Stufen der Automatisierung beziehen sich auf Straßenfahrzeuge und Schienenfahrzeuge. Sonstige Bereiche sind von der Definition ausgenommen, weshalb die Bewertung der Transportkettenkomponenten eine Stufendefinition für diesen Bereich erfordert. In Anlehnung an die bestehenden Levels wurde für diese F&E-Dienstleistung durch die AutorInnen eigens eine vierstufige Klassifizierung entwickelt, die auf den vorhandenen Klassifizierungssystemen für Straße und Bahn aufbaut.

Level 1 – assistiert: In Level 1 werden Tätigkeiten unterstützt, aber nach wie vor von Menschen durchgeführt.

Level 2 – teilautomatisiert: In Level 2 werden Routineteiltätigkeiten selbständig vom System durchgeführt, aber durchgehend vom Menschen überwacht.

Level 3 – hochautomatisiert: In Level 3 werden wesentliche Tätigkeiten automatisiert und ohne Kontrolle durch Personen durchgeführt. Der Eingriff des Menschen ist nur bei Aufforderung nötig.

Level 4 – vollautomatisiert: In Level 4 werden sämtliche Tätigkeiten automatisiert und ohne Kontrolle durchgeführt. Der Mensch ist zu keinem Zeitpunkt für die Durchführung notwendig.

2.1.3. Automatisierungsgrad und -potential der Transportkettenkomponenten

Als Ausgangspunkt für die Skizzierung der weiteren Entwicklung werden in diesem Abschnitt Automatisierungsgrad und -potential der Transportkettenkomponenten behandelt. Je nachdem, um welche Art der Automatisierung es sich handelt, werden die definierten Automatisierungsgrade im Straßenverkehr, Schienenverkehr und sonstigen Bereichen herangezogen. Da erstgenannte Automatisierungsgrade fünf Levels umfassen und die beiden anderen Klassifikationen nur vier Stufen haben, wird für jede Komponente das derzeitige Level dem maximal möglichen Level gegenübergestellt.

Die folgenden Einschätzungen basieren auf den Ergebnissen der Literaturrecherche, der ExpertInnen-Interviews, die in Kapitel 3 gelistet sind, gepaart mit der Einschätzung der AutorInnen dieser F&E-Dienstleistung, um etwaige Lücken zu füllen.

Innerbetriebliche Logistik: Bei allen Transportkettenkomponenten der innerbetrieblichen Logistik ist eine Automatisierung möglich. Der Transport zur Rohstoffversorgung (intern) und der Transport nach Produktionsabschluss zum Lager sind derzeit auf Level 3 von 5. Die Zwischenlagerung bzw. das Umpacken und der Transport vom Lager zur Transporteinheit bzw. dem Ladungsträger befinden sich auf Level 3 von 4. Der Automatisierungsgrad der Verladung auf den Ladungsträger ist mit Level 1 von 4 sehr gering ausgeprägt und die Ladungssicherung ist nicht automatisiert.

Vorlauf per Lkw: Alle Transportkettenkomponenten des Vorlaufs per Lkw können automatisiert werden. Das Ankoppeln von Anhängern/Aufliegern ist derzeit auf Level 1 von 4. Die Fahrt zum Terminal und Fahrten im Terminal entsprechen Level 2 von 5, der Umschlag der Ladungsträger in Zwischenlager und für den Weitertransport befindet sich auf Level 3 von 4.

Hauptlauf per Schiene: Bei allen Komponenten der Transportketten ist eine Automatisierung möglich. Die Verschubfahrten zur Zugbindung sind bereits auf Level 3 von 4. Die Zugbehandlung, die Bremsprobe und Lichtraumüberprüfung vor der Abfahrt sowie die eigentliche Zugfahrt (ATO) sind noch nicht automatisiert.

Hauptlauf per Binnenschiff: Alle Transportkettenkomponenten des Transports per Binnenschiff eignen sich für eine Automatisierung. Der Umschlag der Ladungsträger für den Weitertransport und die eigentliche Schifffahrt befinden sich auf Level 2 von 4. Die Ladungssicherung und der Rangierbetrieb der Schiffe im Hafen sind derzeit nicht automatisiert.

Hauptlauf per Lkw: Während die eigentliche Lkw-Fahrt automatisiert werden kann (derzeit Level 2 von 5), ist dies für die Wartung der Fahrzeuge nicht möglich.

Nachlauf per Schiene: Die automatisierte Fahrt zu bzw. auf der Anschlussbahn befindet sich derzeit auf Level 1 von 4.

Nachlauf per Lkw: Für die Fahrt zum Empfänger ist eine Automatisierungsmöglichkeit gegeben, der Automatisierungsgrad entspricht derzeit Level 2 von 5.

Distribution: Die Fahrt vom Terminal bzw. Hub zur Lieferadresse entspricht derzeit Level 2 von 5. Die Übernahme der Waren und Güter sowie die Abholung der Waren und Güter sind beide auf Level 1 von 4.

Sonderfälle: Die Abwicklung technischer Gebrechen und Unfälle (Aufnahme, etc.) kann automatisiert werden, ist es derzeit jedoch noch nicht. Die Beeinflussung autonomer Fahrzeuge durch Personen (mutwillige Behinderung, z.B. vor das Fahrzeug stellen damit es stehen bleibt) erlaubt keine Automatisierung.

2.2. Rechtliche Rahmenbedingungen

In den folgenden Kapiteln werden die in den unterschiedlichen Zuständigkeitsbereichen geltenden Verordnungen und Gesetze detailliert dargestellt. Diese beinhalten die Fahrzeugzulassung und Typisierung, die Lenkzeitenregelung, die Aufgaben und Pflichten des/r LenkerIn sowie die Haftung (und Versicherung).

2.2.1. Fahrzeugzulassung und Typisierung

Die Fahrzeugzulassung und Typisierung ist im Bundesgesetz vom 23. Juni 1967 über das Kraftfahrwesen (Kraftfahrgesetz 1967 – KFG. 1967) in

III. Abschnitt Typengenehmigung und Einzelgenehmigung von Kraftfahrzeugen und Anhängern und ihrer Teile und Ausrüstungsgegenstände sowie

IV. Abschnitt Zulassung zum Verkehr, Probe- und Überstellungsfahrten und Kennzeichen der Kraftfahrzeuge und Anhänger

geregelt.

Eine Veröffentlichung der TÜV TRUST IT GmbH, einer Tochtergesellschaft der TÜV AUSTRIA, zu den IT-Sicherheits- und Datenschutzrends 2018 beschreibt das Sicherheitsniveau des autonomen bzw. hoch automatisierten Fahrens als unzureichend. Kritikpunkte umfassen dabei (Ennenbach 2017):

- Keine ausreichenden Verfahren zur Validierung von Funktionen für das „Hochautomatisierte Fahren“
- Keine ausreichenden Methoden für den Download von Software inklusive Überprüfung fortschreitender Automatisierungsfunktionen im Fahrzeug
- Ökonomische Umsetzung von Genehmigungsprozessen, Zertifizierungs- und Zulassungsverfahren
- Fokus auf Fail-safe Ansätzen von „Hochautomatisierten Fahrsystemen“
- Datentransfer sicherheitsbezogener Informationen vom Fahrzeug zur Plattform
- Bereitstellung sicherheitsrelevanter Daten an alle Fahrzeuge in gleicher Qualität und Aktualität
- Adäquate Verschlüsselungstechnologien und Auditierung

Kritikpunkte an der derzeitigen Vorgehensweise sind:

- Der Typisierungprozess muss adaptiert werden, um auch Updates der Fahrzeuge mit integrieren zu können
- Das aktuelle Registrierungssystem ist zu statisch
- Dadurch fehlt aber die Kontrolle über die Entwicklung der Fahrzeuge, die über Updates z.T. gravierende Änderungen erfahren und damit mit dem ursprünglich registrierten/zugelassenen Fahrzeug nicht mehr zu tun haben

Auf internationaler Ebene, dem UNECE-WP29 - World Forum for Harmonization, wird seit 2016 an den Aspekten Cyber Security, Datenschutz, Softwareupdates und Zulassung gearbeitet. An dem Prozess beteiligt sind alle Länder der Vienna und Geneva Convention sowie OEMS (Original Equipment Manufacturer) und SoftwareherstellerInnen. Die Veröffentlichung wird für das dritte Quartal 2018 vorgesehen. Das Ergebnis wird dann auf UNECE-Ebene verabschiedet, wodurch ab 2019 die angeführten Kritikpunkte in diesem Bereich thematisiert werden.

2.2.2. Lenkzeitenregelung

Die gesetzlich vorgeschriebenen Lenkzeiten, Fahrtunterbrechungen und Ruhezeiten für FahrerInnen und BeifahrerInnen sind in der EU VO 561/2006 (Kapitel II, Art. 6-9) für den EU-Raum festgelegt und wurden in Österreich in den Kollektivvertrag für das Güterbeförderungsgewerbe übernommen. Im folgenden Abschnitt werden die Vorgaben der EU erläutert, die stellenweisen Spielraum in der Detaillierung im Kollektivvertrag zulassen.

Grundsätzlich ist die Lenkzeit auf 9 Stunden täglich, 56 Stunden pro Einzelwoche und 90 Stunden bei zwei aufeinanderfolgenden Wochen beschränkt. Zwei Mal pro Woche ist eine Erhöhung der Lenkzeit auf 10 Stunden pro Tag möglich.

Nach einer Lenkzeit von 4,5 Stunden ist eine 45-minütige Pause vorgeschrieben, sofern keine Ruhezeit eingelegt wird. Die Lenkpause kann im Stück genommen und in eine mindestens 15-minütige und eine 30-minütige Pause aufgeteilt werden. In dieser Zeit dürfen keine berufsrelevanten Tätigkeiten durchgeführt werden.

Die Tagesruhezeit ist mit mindestens 11 Stunden pro 24 Stunden festgesetzt. Es ist möglich die Ruhezeit drei Mal pro Woche auf Blockruhezeiten von 9 Stunden zu verkürzen. Als Alternative zur Blockruhezeit ist eine Teilung in zwei Abschnitte möglich, die insgesamt 12 Stunden ergibt und deren Abschnitte mindestens 9 Stunden und mindestens 3 Stunden betragen. Sollten zwei LenkerInnen im Fahrzeug sitzen und sich abwechseln, sind innerhalb von 30 Stunden mindestens 9 Stunden pro LenkerIn einzuhalten.

Weitere die Arbeitszeit betreffende Regelungen sind (WKO 2017a, 2017b):

- die vorgeschriebene Ruhepause von 1 Stunde, die nach mehr als 6 Stunden Tagesarbeitszeit einzulegen ist,
- die Wochenendruhe mit einer ununterbrochenen Ruhezeit von mindestens 45 Stunden, die unter bestimmten Umständen auf 24 Stunden verkürzt werden kann,
- die Ersatzruhe als Abgeltung einer unterbrochenen Ruhezeit,
- die Feiertagsruhe mit einer ununterbrochenen Ruhezeit von 24 Stunden, die spätestens um 6 Uhr des gesetzlichen Feiertages beginnt.

2.2.3. Aufgaben und Pflichten des/r LenkerIn

Es gibt in Österreich derzeit drei rechtliche Grundlagen, die in Hinblick auf die Aufgaben und Pflichten des/r LenkerIn von automatisierten Kraftfahrzeugen herangezogen werden können:

- Bundesgesetz vom 06. Juli 1960, mit dem Vorschriften über die Straßenpolizei erlassen werden (Straßenverkehrsordnung 1960 – StVO. 1960)
- Bundesgesetz vom 23. Juni 1967 über das Kraftfahrwesen (Kraftfahrgesetz 1967 – KFG. 1967)
- Übereinkommen über den Straßenverkehr auch als „Wiener Übereinkommen“ bezeichnet (1968)
- Verordnung des Bundesministers für Verkehr, Innovation und Technologie über Rahmenbedingungen für automatisiertes Fahren (Automatisiertes Fahren Verordnung – AutomatFahrV)

Während im Bundesgesetz vom 06. Juli 1960, mit dem Vorschriften über die Straßenpolizei erlassen werden (Straßenverkehrsordnung 1960 – StVO. 1960), in § 68 Abs. 3 freihändiges Fahrradfahren ausdrücklich untersagt wird, gibt es hinsichtlich des Lenkens eines Kfz keine explizite Vorgabe. Der Vertrauensgrundsatz in § 3 Abs. 1 legt lediglich fest:

„Die Teilnahme am Straßenverkehr erfordert ständige Vorsicht und gegenseitige Rücksichtnahme [...]“.

Im Übereinkommen über den Straßenverkehr aus dem Jahr 1968 werden in § 8 Regelungen festgehalten, die das Lenken von Fahrzeugen betreffen:

1. *„Jedes Fahrzeug und miteinander verbundene Fahrzeuge müssen, wenn sie in Bewegung sind, einen Lenker haben.“*
2. *Es wird empfohlen, in den innerstaatlichen Rechtsvorschriften vorzusehen, daß Zug-, Saum- und Reittiere und, außer in Gebieten, die an ihrem Zugang besonders gekennzeichnet sind, Vieh, einzeln oder in Herden, einen Führer haben müssen.“*
3. *Jeder Lenker (Führer von Tieren) muß die erforderlichen körperlichen und geistigen Eigenschaften haben und körperlich und geistig in der Lage sein zu lenken (Tiere zu führen).“*
4. *Jeder Lenker eines Kraftfahrzeugs muß die für die Lenkung des Fahrzeugs erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten haben; diese Bestimmung bildet jedoch kein Hindernis für den Fahrunterricht nach den innerstaatlichen Rechtsvorschriften.“*
5. *Jeder Lenker (Führer von Tieren) muß dauernd sein Fahrzeug beherrschen oder seine Tiere führen können.“*
6. *Der Führer eines Fahrzeugs muss alle anderen Tätigkeiten als das Führen seines Fahrzeugs vermeiden. Die innerstaatlichen Rechtsvorschriften sollten Bestimmungen zur Benutzung von Telefonen durch die Fahrzeugführer vorsehen. In jedem Fall müssen sie die Benutzung von Telefonen ohne Freisprecheinrichtung durch Führer eines sich in Bewegung befindlichen Motorfahrzeugs oder Motorfahrrads verbieten.“*

Im Bundesgesetz vom 23. Juni 1967 über das Kraftfahrwesen (Kraftfahrgesetz 1967 – KFG. 1967) sind die Pflichten des/r Kfz-LenkerIn ebenfalls genau definiert. In § 102 Abs. 3 ist festgehalten:

„[...] Er muss die Lenkvorrichtung während des Fahrens mit mindestens einer Hand festhalten und muss beim Lenken Auflagen, unter denen ihm die Lenkerberechtigung erteilt wurde, erfüllen. Er hat sich im Verkehr der Eigenart des Kraftfahrzeuges entsprechend zu verhalten. [...]“.

Das KFG wurde zuletzt durch das BGBl. I Nr. 67/2016 geändert und enthält fortan die folgende Neuerung hinsichtlich des Einsatzes von Assistenzsystemen. Festgelegt in § 102 Abs. 3a ist:

„Sofern durch Verordnung vorgesehen, darf der Lenker bestimmte Fahraufgaben im Fahrzeug vorhandenen Assistenzsystemen oder automatisierten oder vernetzten Fahrsystemen übertragen, sofern

1. *diese Systeme genehmigt sind oder*
2. *diese Systeme den in der Verordnung festgelegten Anforderungen für Testzwecke entsprechen.“*

Weiters wird in § 102 Abs. 3b festgehalten:

„In allen Fällen gemäß Abs. 3a kann von den Pflichten des Abs. 2 erster Satz und Abs. 3 dritter Satz, erster Fall, abgewichen werden. Der Lenker bleibt aber stets verantwortlich, seine Fahraufgaben wieder zu übernehmen. Durch Verordnung des Bundesministers für Verkehr, Innovation und Technologie ist festzulegen,

- 1. in welchen Verkehrssituationen,*
 - 2. auf welchen Arten von Straßen,*
 - 3. bis zu welchen Geschwindigkeitsbereichen,*
 - 4. bei welchen Fahrzeugen,*
 - 5. welchen Assistenzsystemen oder automatisierten oder vernetzten Fahrsystemen*
- bestimmte Fahraufgaben übertragen werden können.“*

Aufbauend auf § 34 Abs. 6 (Ausnahmegenehmigung), § 102 Abs. 3a und 3b des KFG wurde die Verordnung des Bundesministers für Verkehr, Innovation und Technologie über Rahmenbedingungen für automatisiertes Fahren (Automatisiertes Fahren Verordnung – AutomatFahrV) erlassen, die unter der Stamfassung BGBl. II Nr. 402/2016 verfügbar ist und sich auf Testfahrten beschränkt. Für diese ist geregelt in § 3:

„(1) Fahrzeuge, die mit solchen Systemen ausgerüstet sind, dürfen nur verwendet werden, wenn der Lenker den für ihn vorgesehenen Platz in bestimmungsgemäßer Weise einnimmt.

(2) Der Lenker darf diesen Systemen bestimmte Fahraufgaben übertragen, bleibt aber stets verantwortlich, seine Fahraufgaben wieder zu übernehmen.

(3) Für Testfahrten dürfen nur solche Lenker eingesetzt werden, die sich nicht mehr in der Probezeit befinden und die entsprechend geschult und mit dem jeweiligen System vertraut sind.“

In der StVO sind darüber hinaus einige Regelungen enthalten, die die Umsetzung von autonomem Fahren (in unterschiedlichen Entwicklungsstufen) auf den öffentlichen Straßen in Österreich nicht oder nur eingeschränkt ermöglichen.

Im Folgenden werden nur die offensichtlichen Festlegungen skizziert. Eine umfassende Analyse der StVO und mögliche Überschreitungen von bestimmten Paragraphen der StVO durch unterschiedliche Stufen des hoch automatisierten Fahrens auf öffentlichen Straßen sei einer eigenen rechtlichen Bewertung durch SpezialistInnen (JuristInnen mit entsprechendem Schwerpunkt) vorbehalten.

Die identifizierten rechtlichen Bestimmungen betreffen einerseits das autonome Fahren grundsätzlich und andererseits spezifisch den Güterverkehr.

Grundsätzlich benennen viele Paragraphen der StVO den/die LenkerIn eines Fahrzeuges, der/die bestimmte Regelungen einzuhalten hat. Zukünftige muss diese Formulierung jedenfalls auf das Fahrzeugsystem, das die Aufgaben des/der LenkerIn übernimmt, ausgeweitet werden. Davon abgesehen, sind zumindest folgende Absätze im Detail zu hinterfragen bzw. anzupassen:

- Geschlossene Züge

In § 29. „Geschlossene Züge von Straßenbenützern“ werden mögliche geschlossene Züge und deren Handhabung festgelegt. Mit diesem Paragraph werden andere als die genannten geschlossenen Züge de facto ausgeschlossen. Damit ist **Platooning** (ebenfalls ein geschlossener Zug) rechtlich nicht möglich. Der Paragraph müsste kontrolliert und gegebenenfalls angepasst werden.

- Mindestabstände allgemein

§ 18. „Hintereinanderfahren“, Absatz 1 bestimmt, dass der/die LenkerIn eines Fahrzeuges stets einen solchen Abstand vom nächsten vor ihm fahrenden Fahrzeug einzuhalten hat, dass ihm jederzeit das rechtzeitige Anhalten möglich ist, auch wenn das vordere Fahrzeug plötzlich abgebremst wird. Diese Regelung gilt für alle Fahrzeuge. Es ist zu klären, ob diese Bestimmung aufrechterhalten werden kann oder ob sie zu spezifizieren ist, um die technischen Möglichkeiten eines autonomen Systems, in dem Fahrzeuge interagieren, zu berücksichtigen.

- Mindestabstände (Fahrzeuge mit größeren Längsabmessungen)

§ 18. „Hintereinanderfahren“, Absatz 4 bestimmt, dass der/die LenkerIn eines Fahrzeuges mit größeren Längsabmessungen (Lastfahrzeuge, Kraftwagenzüge, Omnibusse u. dgl.) auf Freilandstraßen nach einem solchen Fahrzeug einen Abstand von mindestens 50 m einzuhalten hat. Dies ist eine Bestimmung, die insbesondere für den Straßengüterverkehr relevant ist. Bleibt diese Bestimmung bestehen, kann Platooning nicht umgesetzt werden, da dieses mit wesentlich kürzeren Abständen (Ziel: 10-15 m) funktioniert und nur so die Verbrauchsvorteile lukrieren kann. Auch ermöglicht ein Abstand von 50 m, dass andere Fahrzeuge sich zwischen den Fahrzeugen des Platoons einordnen. Dies wiederum zerreißt das Platoon und eine Aufrechterhaltung des Platoons ist nicht möglich.

2.2.4. Haftung (und Versicherung)

Haftungsfragen, spielen bei der Automatisierung im Güterverkehr grundsätzlich eine große Rolle, die es neu zu definieren gilt. Das aktuell, relativ klare Bild hinsichtlich der Haftung bei Unfällen und Schäden sowie die dazu existierenden Versicherungsprodukte werden sich durch die Automatisierung ändern, da nicht mehr der Mensch, der Fehler macht oder die Fahrzeuge, die Defekte haben, Unfälle bzw. Schäden verursachen, sondern zusätzliche oder andere Komponenten, die Unfälle oder Schäden verursachen, hinzukommen (das autonome System, die Steuereinheit im Back Office, das IT-Personal, andere).

Damit wird es notwendig werden, Haftungsfragen neu zu ordnen und zu definieren. Dies wiederum wird neue Versicherungsprodukte erfordern. Die aktuelle Haftpflichtversicherungssystematik muss neu überdacht werden. Klare Haftungszustndigkeiten müssen vorab definiert werden, damit entsprechende Versicherungspakete für die einzelnen Player definiert und bepreist werden können.

Dies gilt natürlich nicht nur für die Haftpflichtversicherung, sondern für alle anderen Versicherungskomponenten, die in der Transportwirtschaft eine Rolle spielen (und spielen werden). Zu erwähnen sind dabei Voll- und Teilkaskoversicherung, Rechtsschutzversicherung, Transportgutversicherung, neue Versicherungspakte für die HerstellerInnen von Systemen und für Serviceprovider (z.B. für Platooning, wie oben angesprochen). Dabei ist festzulegen, welche Mindestversicherungspakete erforderlich sind, um bestimmte Leistungen anbieten zu dürfen.

Zukünftige zusätzliche angepasste Versicherungspakete werden sich jedoch erst mittelfristig entwickeln bzw. bestehende Pakete ablösen, da die tatsächliche Entwicklung von Schadensfällen bei der Implementierung von automatisierten Systemen erst im Laufe des regulären Einsatzes beobachtet werden können. Insbesondere die Risikoeinschätzung und damit die Bepreisung von Versicherungsprodukten kann und wird sich erst im Laufe der ersten Betriebsphase von neuen Systemen sukzessive entwickeln. Mögliche absehbare Entwicklungen, die das Versicherungssystem beeinflussen werden, sind:

- Schäden durch Diebstahl von Waren (mit oder ohne Diebstahl des Fahrzeugs), von autonomen Fahrzeugen, die unbemannt sind: Die Entwicklung in diesem Bereich wird sehr stark von den zu entwickelnden Sicherheitssystemen, deren Effizienz und deren Implementierungskosten abhängen.
- Schäden durch Cyber Angriffe, die die Systeme lahmlegen oder falsch operieren lassen und damit Schäden verursachen: Die Entwicklung in diesem Bereich wird sehr stark von den zu entwickelnden IT-Sicherheitssystemen, deren Effizienz und deren Implementierungskosten sowie einem dichten und funktionierenden Netz an IT-Back Office-Personal, das schnell reagieren kann, abhängen.
- Schadensreduktion durch komplette Vernetzung der Transportgefäße und damit verbesserte Überwachung und Zustandskontrolle und das Versenden automatisierter Notrufe und Alarmer bei auftretenden Fehlern oder Problemen.

2.3. Soziale Rahmenbedingungen

2.3.1. Mitarbeiterstruktur im Transportwesen

2.3.1.1. Alters- und Qualifikationsprofil in Europa

Die zunehmende Überalterung der Bevölkerung in Europa schlägt sich auch in der Altersstruktur der Beschäftigten im Transportbereich nieder. Das durchschnittliche Alter liegt hier bei 43 Jahren und ist damit etwas höher als in allen Sektoren zusammengezählt (42 Jahre). Eine Ausnahme ist die Luftfahrt, die besonders viele Personen zwischen 24 und 49 Jahren beschäftigt. Der Anteil der jungen Personen im Alter von 15 bis 24 Jahren liegt unter dem EU-Durchschnitt mit Ausnahme von Lager und Unterstützungstätigkeiten (Panteia 2015a).

Hinsichtlich des Qualifikationsprofils sind jene Personen mit mittlerer Qualifikation am stärksten im Transportsektor vertreten. Für die gesamte EU bedeutet das 58 % der Arbeitnehmerschaft, in den neuen Mitgliedsstaaten sind es 81 %. Gering qualifizierte Personen haben einen Anteil von 28 % an den Beschäftigten im Transport- und Logistikbereich der EU, in den neuen Mitgliedsländern dagegen haben nur 7 % dieses Ausbildungsniveau. 61 % der ArbeitnehmerInnen in den neuen Mitgliedsländern, die in diesem Sektor arbeiten sind hoch qualifiziert. Bei Gesamtbetrachtung aller EU-Mitglieder sind es nur 14 % aller Personen, die in diesem Bereich tätig sind (Panteia 2015a). Bereits im Zeitraum 2000 bis 2006 waren immer weniger Personen mit geringer Qualifizierung beschäftigt und das erforderliche Ausbildungsniveau wurde angehoben.

2.3.1.2. Bisherige Entwicklung in Österreich

Die Bundessparte Transport und Verkehr der Wirtschaftskammer Österreich hat mit Ende 2016 36.649 Mitglieder im Bereich der Personen- und Güterbeförderung, die mehr als 200.000 MitarbeiterInnen direkt und indirekt beschäftigen. Im Jahr 2016 waren mehr als 2.600 Lehrlinge in Ausbildung und im Jahresdurchschnitt 14.245 Personen in Verkehrsberufen ohne Beschäftigung (WKO 2017).

Die Automatisierung des Fahrens wird neben der Etablierung im Güterverkehr auch große Teile des Individualverkehrs beeinflussen. Dies begründet sich damit, dass es nun nicht eine Voraussetzung ist eine Fahrerlaubnis zu haben und ein entsprechendes Fahrzeug zu besitzen, um individuell von einem Ort zu anderen zu fahren. Es wird hier der Individualverkehr auf Grund der Verfügbarkeit von hoch automatisierten Fahrzeugen die gegen einen Tarif benutzt werden können zu einem Teil des öffentlichen Verkehrs.

2.3.1.3. Tendenzen Straße

Momentan sind rund 2,4 Millionen Menschen in den EU-Mitgliedsstaaten im Straßentransportsektor tätig (soweit statistisch nachvollziehbar), in den USA sind es rund 3,5 Millionen Lkw-FahrerInnen mit weiteren 5,2 Millionen Menschen, deren Beruf mit der Branche verknüpft ist oder auf andere Art und Weise davon beeinflusst wird (Solon 2016). Derzeit betragen die Lohnkosten etwa 35 % bis 45 % (Panteia 2015b) der Transportkosten. Es wird angenommen, dass eine Automatisierung der Lkw-Fahrten die Personalkosten um rund 20 % reduziert und bei Langstrecken in Level 5 sogar bis zu 90 % Reduktion möglich ist (Randelhoff 2017). Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass der Lkw auf Autobahnen unbemannt fährt und an der Anschlussstelle eine Übernahme durch eine/n menschliche/n FahrerIn erfolgt, um die letzte Meile in der Stadt zu bewältigen.

Auf Basis der geschätzten Transportleistungen im Jahr 2030 von etwa 6,4 Millionen Arbeitsplätzen als LenkerIn, wäre davon etwa 53 % bis 68 % dieser Arbeitsplätze auf Grund der Automatisierung des Fahrbetriebes im Straßengüterverkehr überflüssig. Diese Arbeitsplätze würden nicht zur Gänze entfallen, da im Gegenzug zur Automatisierung der Fahrtätigkeit auch ein Bedarf an qualifizierten Arbeitskräften entsteht, um die notwendige Infrastruktur (straßenseitig und fahrzeugseitig) zu installieren und zu warten.

Nach Schätzungen wird die Einführung von fahrerlosen Lkw die Nachfrage nach FahrerInnen schneller reduzieren. Demnach wird erwartet, dass von den etwa 6,4 Millionen FahrerInnenarbeitsplätzen im Jahr 2030 zwischen 3,4 bis 4,4 Millionen überflüssig würden. Bei Berücksichtigung eines schrittweisen, langfristigen Ersetzens der Lkw-LenkerInnen

durch die sukzessive Inbetriebnahme von fahrerlosen Lkw würden bis 2030 über 2 Millionen FahrerInnen in den USA und Europa wegfallen (OECD/ITF 2017).

Die Auswertung aktueller Studien zum Thema des Berufsbildes von mit dem Straßentransport zusammenhängenden Arbeiten zeigt eine negative Stimmung in der Branche und wenig Bereitschaft in diesem Umfeld zu arbeiten. Besonders die USA haben ein eklatantes Nachwuchsproblem, nur 1 % der LenkerInnen sind zwischen 21 und 30 Jahre alt (OECD/ITF 2017: 30). In Europa ist die Lage vergleichbar, da pro Jahr in Deutschland etwa 30.000 BerufskraftfahrerInnen in Pension gehen, die rund der Hälfte an Berufseinsteigern gegenüberstehen (Hommers 2017). Dieser Trend scheint nicht abzubrechen und führt derzeit einerseits zu einem FahrerInnenmangel und andererseits zu einer Überalterung in diesem Sektor. Das Beschäftigungsfeld ist durch strenge Reglementierungen, Zeitdruck, die damit verbundene psychische und physische Belastung sowie das geringe Lohnniveau und die langen Abwesenheiten vom Wohnstandort für junge Menschen extrem unattraktiv und für aktive LenkerInnen sehr belastend (u.a. Panteia 2015a).

Eine Reihe von Unfällen, die auf menschliches Versagen (ungenügender Sicherheitsabstand, unangepasste Geschwindigkeit, etc.) zurückzuführen sind, können durch Automatisierung vermieden bzw. verhindert werden. Laut einer Studie zu verhaltensbezogenen Ursachen schwerer Lkw-Unfälle (OECD/ITF 2017) sterben jährlich rund 26.000 Menschen in der Europäischen Union im Straßenverkehr.

Über 90 % aller tödlichen Verkehrsunfälle werden menschlichen Fehlern zu geordnet (Wiegmann 2015). Bei der Betrachtung der Verletztenzahlen im Zusammenhang mit diesen Unfällen sind etwa 104.000 verletzte Personen mit langfristigen körperlichen Einschränkungen festzustellen. Bei Unfällen mit Lkw-Beteiligung (über 7,5 Tonnen) lag der menschliche Fehler mit 85,2 % im Rahmen einer EU-Untersuchung (n = 624) leicht unter dem Gesamtdurchschnitt. Zudem waren Lkw-FahrerInnen nur in 25 % der Unfälle der Unfallverursacher. Jedoch gehen Unfälle mit Beteiligung eines schweren Lkw weitaus häufiger tödlich aus.

Bei Lkw-Unfällen mit Getöteten steht überhöhte Geschwindigkeit an erster Stelle der Unfallursachen. So wird in der oben angeführten Studie bei 798 untersuchten Lkw-Unfällen mit mindestens einem Getöteten bei 24 % eine nicht angepasste Geschwindigkeit als Unfallursache angegeben. Mangelnde Verkehrstüchtigkeit des/der FahrerIn (aufgrund des Einflusses von Alkohol oder Drogen, Übermüdung, körperlicher oder geistiger Ursachen) wurde in 7 % der Fälle dokumentiert. Ungenügender Sicherheitsabstand war in 6,6 % der Fälle Unfallursache.

2.3.1.4. Tendenzen Schiene

Die Bahnindustrie erzielte im Jahr 2016 einen Umsatz von 3,1 Milliarden Euro in Österreich und hat 20.300 direkt, indirekt oder induzierte Beschäftigte. Der Bahnanteil in der Güterverkehrsleistung beträgt 31 % und liegt damit weit höher als der Bahnanteil an der Personenverkehrsleistung (12 %) (bmvit 2017).

Mit Ende 2016 hatte die Rail Cargo Group der ÖBB 8.409 MitarbeiterInnen, davon lediglich 94 Lehrlinge (Rail Cargo 2018). Bei der Schiene gibt es vergleichbare Nachwuchsprobleme wie auf der Straße. Bereits in der Vergangenheit wurde vor einem TriebfahrzeugführerInnenmangel gewarnt, da das Berufsbild auf Grund von Schicht- und Nachtarbeit sowie einem Gehalt von rund 2.600 Euro brutto als eher unattraktiv angesehen wird (Frey 2017). Derzeit werden zum Beispiel in Deutschland etwa 1.200 TriebfahrzeugführerInnen gesucht (Frey 2017). In Österreich werden pro Jahr etwa 200 TriebfahrzeugführerInnen benötigt, um die 150 Abgänge durch Pensionierung und die offenen Stellen besetzen zu können. Auch in Österreich werden TriebfahrzeugführerInnen gesucht, da beispielsweise bei den ÖBB bis 2021 mehrere tausend MitarbeiterInnen in Pension gehen. Dies gestaltet sich schwierig, da derzeit die geburtschwachen Jahrgänge auf den Arbeitsmarkt drängen und außerdem rund 50 % der BewerberInnen durch den eignungspsychologischen Test fallen (salzburg.ORF 2016).

Die Nachbesetzung bzw. die Verfügbarkeit einer ausreichenden Anzahl an TriebfahrzeugführerInnen ist auch international problematisch. Viele aktive TriebfahrzeugführerInnen entscheiden sich zudem für eine Stelle in der Verwaltung mit geregelten Arbeitszeiten. Das führt dazu, dass der Gütertransport stellenweise verzögert durchgeführt werden kann, da gewartet werden muss, bis Personal verfügbar ist. Es dauert durchschnittlich 167 Tage bis von Unternehmen eine offene TriebfahrzeugführerInnenstelle besetzt werden kann (Allianz pro Schiene 2017). Daneben werden derzeit auch vermehrt ElektronikerInnen, IngenieurInnen, IT-ExpertInnen und FahrdienstleiterInnen im Süden Deutschlands gesucht (Losse 2018).

2.3.1.5. Tendenzen Binnenschiff

Rund 45.000 Personen sind in Europa im Bereich der Binnenschifffahrt beschäftigt, davon entfallen rund 70 % auf das Rheingebiet (ZKR 2016). Im erweiterten deutschsprachigen Raum sind das Schiffer-Berufskolleg Rhein in Duisburg, die Maritieme Academie Holland in Harlingen und die STC Group in Rotterdam die wichtigsten Ausbildungsstätten. Die Ausbildungszahlen waren in den letzten Jahren je nach Standort konstant bis steigend. Die STC Group hat in den letzten fünf Jahren einen Zuwachs an Auszubildenden von 15 % erfahren (ZKR 2016). Die Zahl der Beschäftigten im den Niederlanden und Frankreich steigt leicht während sie in Belgien und Deutschland abnimmt. Besonders stark von Veränderungen betroffen ist derzeit die Unternehmensgröße, da der Anteil jener Personen in Unternehmen unter zehn Beschäftigten abnimmt wohingegen größere Unternehmen Zuwachs erfahren.

2.4. Allgemeine Feststellungen

Im Zuge der Feststellung der aktuellen Rahmenbedingungen wurden die Erkenntnisse den Inhalten der öffentlich zugänglichen Dokumente der Europäischen Union zum 3. Mobilitätspaket „Nachhaltige Mobilität für Europa: sicher, vernetzt und umweltfreundlich“³, das am 17. Mai 2018 veröffentlicht wurde, gegenübergestellt und auf ihre Gültigkeit überprüft. Um das Hauptziel zur Erreichung einer nachhaltigen Mobilität für Europa zu schaffen, werden unter anderem die Digitalisierung bzw. Automatisierung der Mobilität als Schlüsselfunktionen angesehen. Damit sollen durch die Vernetzung der Fahrzeuge eine Senkung der Unfallzahlen gegen Null und eine Effizienzsteigerung der Verkehre durch Schaffung von Infrastrukturkapazitäten durch organisatorische Maßnahmen zur Abwicklung der prognostizierten Verkehrszahlen und Transporte erzielt werden. Mit der zunehmenden Automatisierung des Mobilitätsbereiches (Personen- als auch Güterverkehr) in Kombination mit der Nutzung alternativer Antriebe kann somit ein erheblicher Beitrag zur Verbesserung der Lebensqualität und zur Verringerung der Umweltschäden erzielt werden.

³ 3. Mobilitätspaket der Europäischen Union: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:0e8b694e-59b5-11e8-ab41-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF

3. Ableitung von Szenarien

Bei Entwicklung der Betrachtungsszenarien zur Feststellung der damit verbundenen Auswirkungen mit fortschreitendem Automatisierungsgrad wurden drei Szenarien erarbeitet, die die Entwicklungsgrade repräsentieren. Anstelle von drei Szenarien unterschieden nach den Graden der Automatisierung, die den Nachteil haben, dass der Eintritt des jeweiligen Automatisierungsgrades je Transportkettenkomponente zu unterschiedlichen Zeitpunkten eintreten kann und dadurch die Vergleichbarkeit der Verkehrsträger hinsichtlich der Entwicklungsgeschwindigkeit nicht gewährleistet ist, wurden die Szenarien auf Zeithorizonte festgelegt. Mit den drei Zeithorizonten 2025, 2035 und 2045 können Wechselwirkungen zwischen den Verkehrsträgern besser bewertet und dargestellt werden. Als Datengrundlage der Szenarien wurden ExpertInnen-Interviews und eine Literaturrecherche durchgeführt. Als ExpertInnen für die F&E-Dienstleistung konnten die folgenden Personen gewonnen werden:

- Heinz HÖGELBERGER und Richard RUZICZKA, AK Wien
- Bernhard HINTERMAYER, Asfinag Service GmbH
- Otto HAWLICEK, Container Terminal Salzburg und Enns
- Burkhard STADLMANN, FH Wels (FH OÖ)
- Jürgen KRATKY, ÖBB Infra TSA
- Karl ZÖCHMEISTER, RCG
- Alfred PITNIK, RCG
- Thomas FESSL und David ULBRICH, WKO
- Peter-Michael TROPPER, WKO

3.1. Szenarienbeschreibung

Szenario 1 hat den Zeithorizont 2025. Basierend auf dem derzeitigen Entwicklungsstand (Jahr 2018) wird von wenig Automatisierung ausgegangen, wobei der tatsächliche Automatisierungsgrad für jede Transportkettenkomponente unterschiedlich ist. In diesem Szenario gibt es für keine der betrachteten Komponenten eine höhere Automatisierung als Level 3.

Szenario 2 hat den Zeithorizont 2035. Es wird davon ausgegangen, dass bereits eine etwas stärkere Durchdringung an Automatisierung vorhanden ist. Für einige Transportkettenkomponenten ist bis 2035 Level 4 möglich.

Szenario 3 hat den Zeithorizont 2045. Die Automatisierung ist in diesem Szenario zu 95 % umgesetzt in dem Ausmaß, in dem es möglich ist d.h. entsprechend dem Potential nach maximalen Level.

3.2. Überblick über die Szenarien

Ausgehend von den Beschreibungen der Szenarien in den vorigen Kapiteln skizzieren die folgenden Abbildungen die Entwicklung der Automatisierung je Transportkettenkomponente (siehe Kapitel 2.1) ausgehend vom Status quo der Automatisierung.

Abbildung 3 zeigt die Innerbetriebliche Logistik. Beim Transport zur Rohstoffversorgung (intern) sowie beim Transport in Richtung Lager nach abgeschlossener Produktion ist von einer Automatisierung bis Level 5 auszugehen, die voraussichtlich im Szenario 3 eintritt. Die übrigen Bereiche können maximal Level 4 erreichen und tun dies mit

Ausnahme der Ladungssicherung voraussichtlich bereits im Szenario 2. Die Ladungssicherung ist komplexer und wird daher im Szenario 3 erst Level 3 erreichen.

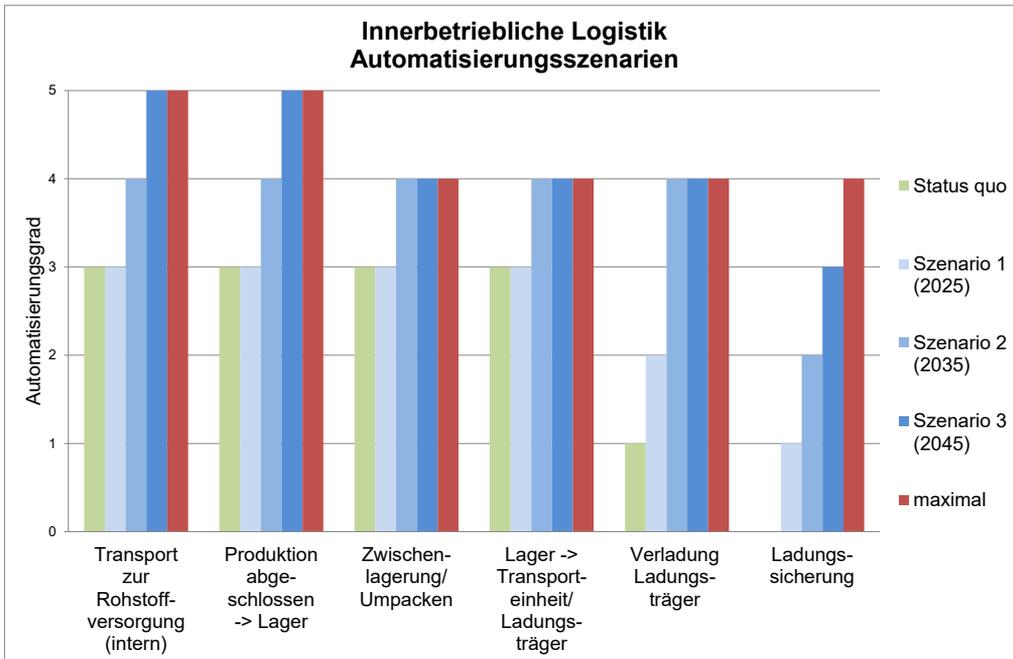


Abbildung 3: Innerbetriebliche Logistik Automatisierungsszenarien

Die Automatisierungsszenarien für den Transport per Lkw zum Umschlagterminal sind in Abbildung 4 dargestellt. Die Fahrt zum und im Terminal erreicht im Szenario 3 das Level 5, die übrigen Bereiche erreichen lediglich Level 4. Selbst in Szenario 1 wird davon ausgegangen, dass die Fahrt zum und im Terminal Level 3 erreicht wird.

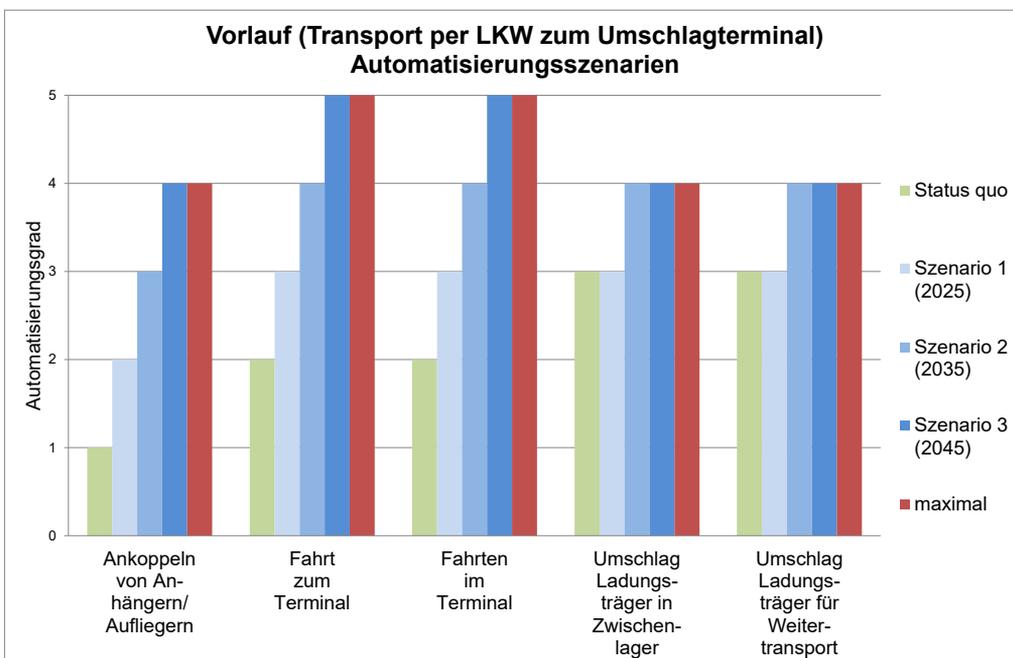


Abbildung 4: Vorlauf (Transport per Lkw zum Umschlagterminal) Automatisierungsszenarien

Der Transport per Schiene wird in Abbildung 5 dargestellt. Im Hauptlauf per Schiene wird ein maximaler Automatisierungsgrad von Level 4 angenommen, dass in allen Teilbereichen in Szenario 3 erreicht wird. Verschubfahrten zur Zugbildung erreichen bereits in Szenario 2 Level 4.

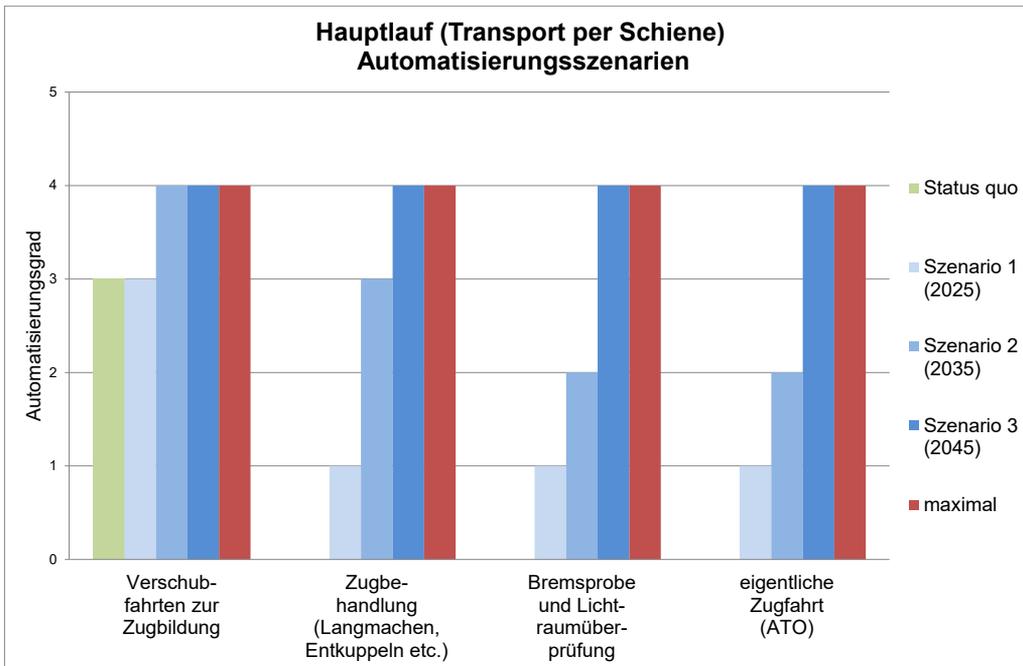


Abbildung 5: Hauptlauf (Transport per Schiene) Automatisierungsszenarien

In Abbildung 6 sind die Automatisierungsszenarien für den Transport per Binnenschiff dargestellt. Im Hauptlauf kann in allen Teilbereichen Level 4 erreicht werden. Die eigentliche Schifffahrt erreicht bereits in Szenario 2 die höchstmögliche Automatisierung.

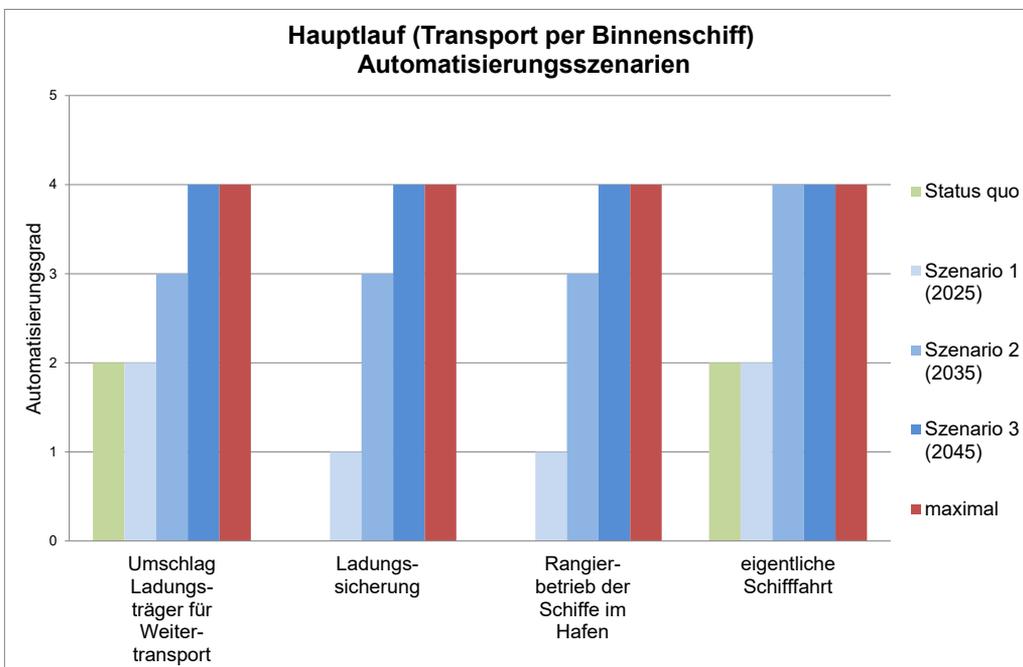


Abbildung 6: Hauptlauf (Transport per Binnenschiff) Automatisierungsszenarien

Die Komponenten des Hauptlaufes per Lkw weisen unterschiedliches Potential für Automatisierung auf, wie in Abbildung 7 ersichtlich ist. Beim Transport per Lkw erreicht die eigentliche Lkw-Fahrt in Szenario 3 Level 5 wohingegen die Wartung der Fahrzeuge maximal Level 4 erreichen kann und das selbst in Szenario 3 noch nicht der Fall ist.

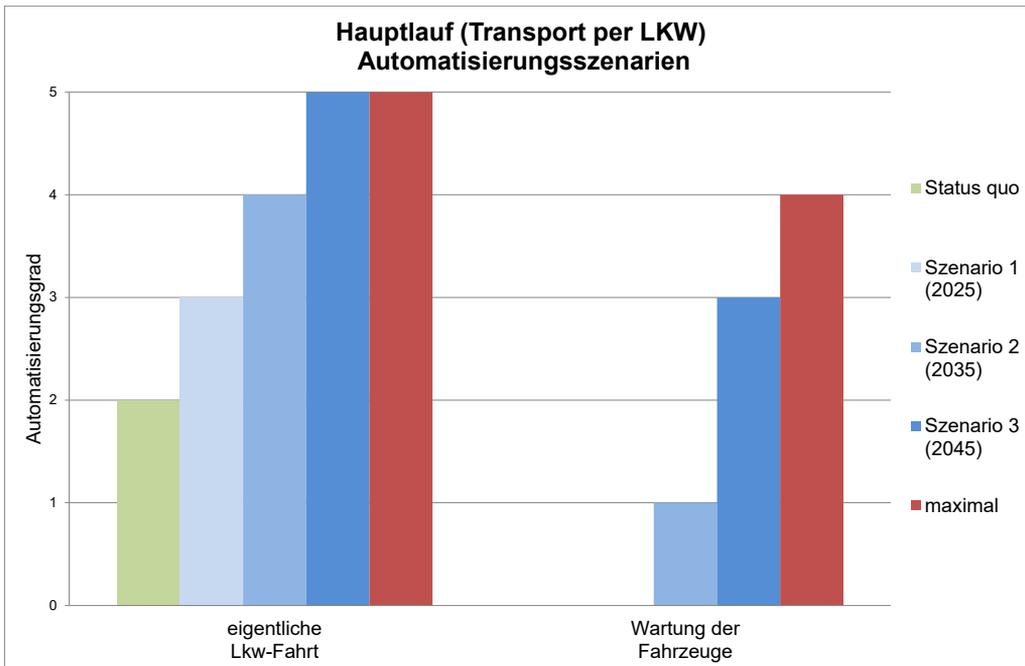


Abbildung 7: Hauptlauf (Transport per Lkw) Automatisierungsszenarien

Der Nachlauf ist in Abbildung 8 dargestellt. Die Lkw-Fahrt zum Empfänger erreicht in Szenario 3 Level 5. Die Fahrt zur/auf die Anschlussbahn erreicht in Szenario 3 Level 4. Während die Automatisierung bei der Lkw-Fahrt stetig verläuft, steigt sie im Fall der Anschlussbahn sprunghaft von Level 1 auf Level 3 in Szenario 2 und Level 4 in Szenario 3.

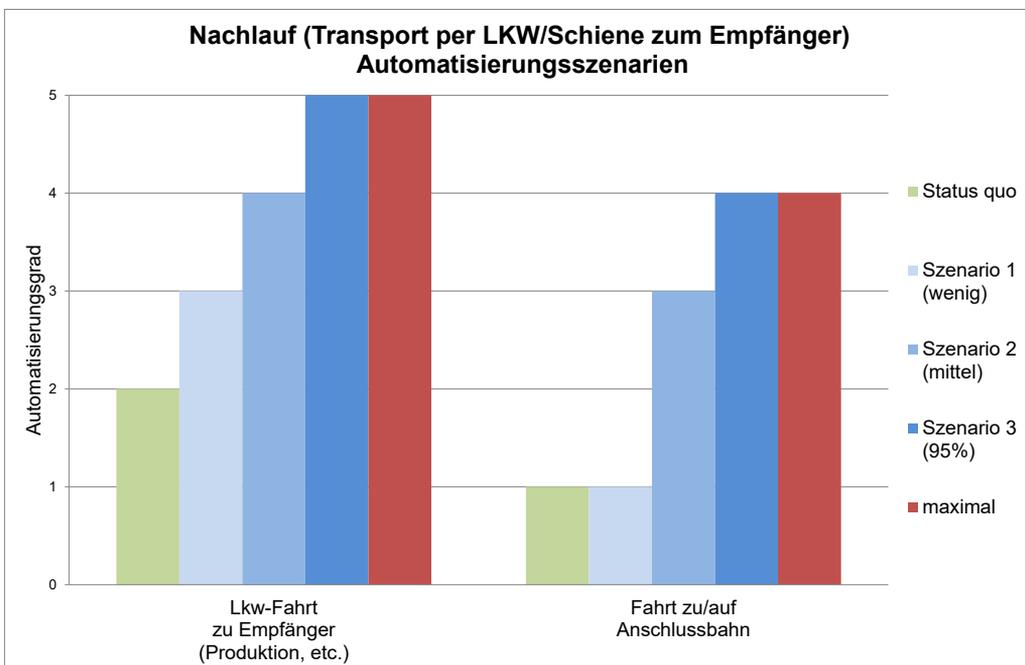


Abbildung 8: Nachlauf (Transport per Lkw/Schiene zum Empfänger) Automatisierungsszenarien

Die mögliche Automatisierung im Bereich der Distribution ist in Abbildung 9 dargestellt. Die Fahrt zum Terminal bzw. vom Hub zur Lieferadresse ist bis Level 5 möglich, die Übernahme und Abholung der Waren und Güter ist komplexer und erreicht daher selbst in Szenario 3 nicht das maximal mögliche Level 4.

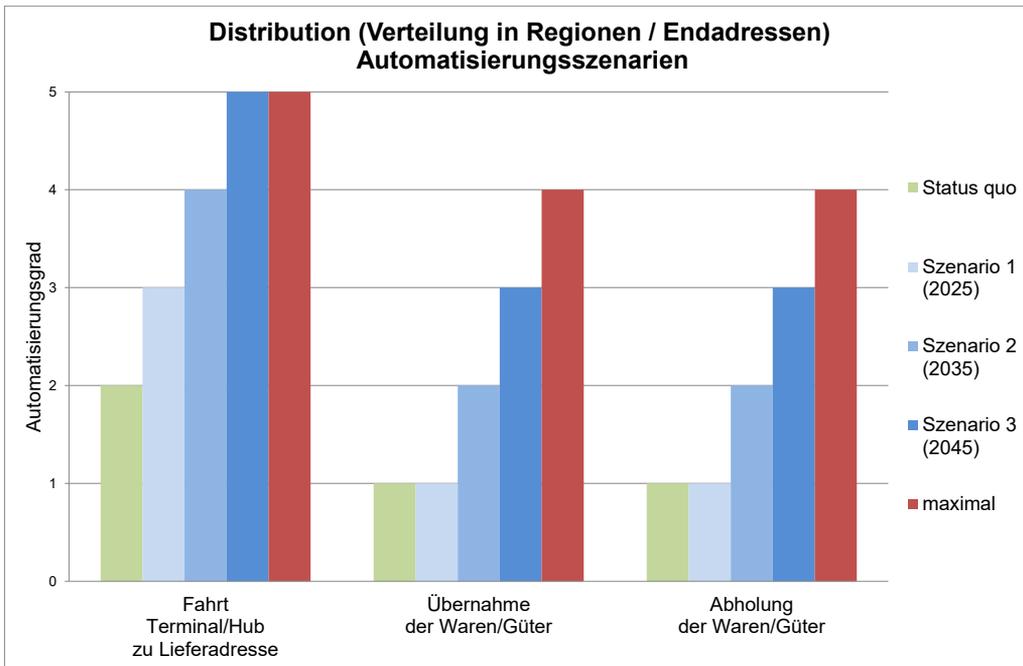


Abbildung 9: Distribution (Verteilung in Region / Endadressen) Automatisierungsszenarien

4. Wirkungen

4.1. Bewertungssystematik

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise zur Bewertung der Wirkungen der im Kapitel 3 beschriebenen Szenarien dargelegt.

Die Bewertung erfolgt entlang geeigneter Wirkungsindikatoren für die soziale und die verkehrlich-organisatorische Ebene.

Die präsentierte qualitative und darauf aufbauende ordinalskalierte Bewertung erfolgte durch die AutorInnen basierend auf einer umfassenden Literaturanalyse zum Thema und den ExpertInnen-Interviews. Im Rahmen dieser Interviews wurden zehn österreichische Stakeholder aus dem Transportsektor (Straße, Schiene, Kombiniertes Verkehr; Liste der ExpertInnen dargestellt in Kapitel 3) in ca. ein- bis eineinhalbstündigen persönlichen Gesprächen gezielt entlang eines Befragungsleitfadens (siehe Anhang, Kapitel 9.1) zu den relevanten Themen und insbesondere zu Einschätzungen, die nicht im Rahmen der Literaturanalyse geklärt oder erhoben werden konnten, befragt. Zusammen mit den Daten aus der Literaturanalyse stellen diese Ergebnisse die Basis für die Bewertung durch die AutorInnen dar.

4.1.1. Soziale Wirkungsindikatoren

Zunehmende Automatisierung im Güterverkehr geht einher mit sozialen Auswirkungen, die die folgenden Faktoren betreffen:

- Personalbedarf
- Arbeitssicherheit
- Arbeitszeiten
- Qualifikation

Je nachdem wie drastisch die Änderungen in der Arbeitswelt der ArbeitnehmerInnen sind, kann es zu unterschiedlichen Effekten kommen. Hinsichtlich der Beurteilung der Automatisierung im Güterverkehr sind die genannten Faktoren folgendermaßen zu spezifizieren:

- Personalbedarf

Im Zuge zunehmender Automatisierung werden bisher von Menschen durchgeführte Tätigkeiten von Maschinen übernommen. Das kann den Abbau oder Verlust von Arbeitsplätzen bedeuten, jedoch genauso geänderte Qualifikations- und neue Jobprofile mit sich ziehen. Der zukünftige Personalbedarf hängt somit stark von der bisher benötigten Tätigkeit und deren Änderung ab.

- Arbeitssicherheit

Richtig eingesetzt, können gefährliche Tätigkeiten zukünftig automatisiert durchgeführt werden, sodass die Unfallgefahr sinkt.

- Arbeitszeiten

Im Transportbereich sind die maximale Dauer der Arbeitszeit und Pausen streng reglementiert. Dies schützt einerseits die ArbeitnehmerInnen, kann jedoch zu einem höheren Zeitbedarf für Lieferungen und der damit verbundenen längeren Abwesenheit von Zuhause führen. Automatisierung schafft im Idealfall einen Rahmen, der flexibleres Arbeiten ermöglicht.

- Qualifikation

Technologische Veränderungen erfordern entsprechend im Umgang geschultes Personal genauso wie zusätzliche Funktionen, welche Kontrolle, Überwachung und Sicherung betreffen.

4.1.2. Verkehrlich-organisatorische Wirkungsindikatoren

Transportentscheidungen im Güterverkehr hängen von unterschiedlichen Faktoren und deren Ausprägungen bei den zur Verfügung stehenden Transportoptionen ab. Die wesentlichen Faktoren sind:

- Transportkosten
- Transportzeit
- Transportqualität

In Abhängigkeit der Transportgüter und der Transportrelationen haben diese Faktoren unterschiedlich starke Bedeutungen. Die jeweiligen Ausprägungen und Veränderungen auf Grund von Entwicklungen (technologisch, rechtlich etc.) bestimmen letztendlich die (zukünftig) gewählte Transportoption.

In Abhängig der Änderung dieser Faktoren durch Automatisierung bei den einzelnen Komponenten der Transportkette werden sich zukünftig entsprechende Änderungen bei der Wahl der Transportoption ergeben.

Die genannten drei Faktoren sind hinsichtlich der Beurteilung der Automatisierung im Güterverkehr folgendermaßen zu spezifizieren:

- Transportkosten

Die wesentlichen zu berücksichtigenden Komponenten der Transportkosten sind die Anschaffungskosten (der Transportmittel), die Personalkosten (FahrerIn, Verschub, Verladung, Back Office, etc.) und die Betriebskosten (Wartung, Treibstoff-/Energieverbrauch) sowie Nebenkosten (wie Versicherungen, Steuern). Diese Kostenkomponenten können sich durch (technologischer und rechtlicher sowie organisatorischer) Entwicklungen im Bereich Automatisierung verändern. Diese Veränderungen können bei den unterschiedlichen Transportmodi unterschiedlich stark und unterschiedlich rasch ausfallen und damit das Verhältnis der Transportkosten zwischen Transportmodi verändern und damit die Transportmittelwahl beeinflussen.

- Transportzeit

Die Transportzeit wird neben den infrastrukturellen und rechtlichen Rahmenbedingungen insbesondere von den Sozialbestimmungen zum Einsatz des Fahrpersonals mit beeinflusst. Vor allem diese Komponente erfährt durch Automatisierung eine Änderung, die die Transportzeit beeinflussen kann. Dies ist bezüglich der unterschiedlichen Komponenten der Transportkette zu bewerten.

- Transportqualität

Die Transportqualität vereint unterschiedliche qualitative Merkmale des Transportes. In diesem Bereich sind vor allem die Pünktlichkeit des Transportes und die Verlässlichkeit insbesondere hinsichtlich Sicherheit (Ladungssicherheit, Diebstahl, Vandalismus etc.) von besonderer Bedeutung. Die Transportqualität kann durch Automatisierung in den unterschiedlichen Komponenten der Transportkette in unterschiedlicher Weise beeinflusst werden.

4.1.3. Bewertungssystematik

Um mögliche Wirkungen durch Automatisierung in den verschiedenen Teilbereichen der Transportketten auf die drei Indikatoren und damit letztendlich auf die Transportorganisation und die Transportmittelwahl ableiten zu können, erfolgt in einem ersten Schritt eine qualitative Einschätzung, welche Entwicklungen und Wirkungen durch die Automatisierung ausgelöst werden können. Dies erfolgt für jede Transportkettenkomponente je Indikator. Diese qualitative Bewertung ist Basis für eine ordinalskalierte Basisbewertung, die als Basis für die Szenarienbewertung herangezogen wird.

Die ordinalskalierte Basisbewertung leitet von der qualitativen Bewertung ein entsprechendes Wirkungsranking je Bewertungsindikator ab. Dabei wird auf eine 5-stufige Ordinalskala mit folgender Ausprägung zurückgegriffen:

- Deutliche Zunahme (+2)
- Erkennbare Zunahme (+1)
- Kaum oder keine Änderung (0)
- Erkennbare Abnahme (-1)
- Deutliche Abnahme (-2)

Diese Basisbewertung gibt die grundsätzliche Richtung der Veränderung durch Automatisierung in den einzelnen Teilbereichen der Transportkette an.

In Kapitel 3 wurden drei Szenarien entwickelt, die für die Zeitpunkte 2025, 2035 und 2045 potenzielle Automatisierungsgrade für die einzelnen Komponenten der Transportkette ausweisen. Im Vergleich zum Automatisierungsgrad im Status quo lassen sich damit Entwicklungssprünge im Grad der Automatisierung darstellen. Je größer der Sprung im Automatisierungsgrad ist, desto verstärkt wird die in der Basisbewertung skizzierte Wirkung je Indikator eintreten. Durch multiplikative Verknüpfung der Basisbewertung mit der Entwicklung des Automatisierungsgrades lassen sich so je Szenario und je Transportkettenkomponente unterschiedlich abgestufte Wirkungen bei den einzelnen Indikatoren aufzeigen.

Die Analyse der unterschiedlichen Entwicklungen und Wirkungen nach Komponenten und Verkehrsträgern lassen eine qualitative Ableitung von verkehrlichen Wirkungen im Gesamtsystem (insbesondere Mode-Veränderungen) je Szenario und damit auch in einem Entwicklungsbogen von heute bis 2045 zu.

4.2. Soziale Auswirkungen zunehmender Automatisierung

4.2.1. Rolle der Beschäftigten im Güterverkehrs- und Transportlogistiksektor angesichts zunehmender Automatisierung im zukünftigen Mobilitätssystem

Automatisierung und Digitalisierung werden unsere Arbeitswelt verändern. Das betrifft nicht nur, aber auch den Bereich Transport und Logistik. Prognosen, die in Studien zur gestiegenen Automatisierung von Produktionsvorgängen in den 1980er bzw. 1990er Jahren erstellt wurden, entwickelten ein Zukunftsbild in dem die Produktion und der Transport der

Güter weitgehen ohne Menschen stattfinden würde. Diese Vorhersagen haben sich sehr schnell als nicht realistisch herausgestellt, da der Mensch weiterhin für Management von Abweichungsfällen notwendig bleiben wird. Frey und Osborne (2013) gehen neben anderen AutorInnen davon aus, dass in 10 bis 20 Jahren die Hälfte der traditionellen Arbeitsplätze (ArbeiterInnen in der industriellen Produktion, der Lagerhaltung, etc.) in westlichen Ländern durch den Einsatz von Computer und Algorithmen zur Analyse und Prognose von Planungsaufgaben wegfällt. Andere ExpertInnen sehen weitaus weniger Veränderung, wenn man die einzelnen Tätigkeiten der Jobpositionen betrachtet anstatt die durchschnittlichen Tätigkeiten je Beschäftigung heranzuziehen. Eine Analyse von Arntz et al. (2016) kommt basierend auf dieser Betrachtungsweise zu dem Ergebnis, dass durchschnittlich 9 % aller Arbeitsplätze mit großer Wahrscheinlichkeit automatisiert werden, wobei der potentielle Arbeitsplatzwegfall je nach betrachtetem Land unterschiedlich ausfällt. Es wird bis zum Jahr 2030 von einem Entfall von 3,4 bis 4,4 Millionen der 6,4 Millionen LenkerInnenarbeitsplätzen in US und EU ausgegangen. Österreich liegt über dem Durchschnitt mit 12 % Arbeitsplätzen, die zumindest zu 70 % automatisiert werden können. Mit dem Wegfall der traditionellen manuellen Arbeitsplätze entstehen eine Vielzahl neuer Berufsbilder im Bereich der Wartung und Instandhaltung der hoch automatisierten Systeme. Diese neuen Berufsbilder erfordern eine sehr hohe Qualifikation der künftigen ArbeitnehmerInnen und können einerseits durch entsprechende Ausbildungsstrategien, die bereits in der Ausrichtung der Lehrpläne im Pflichtschulbereich ansetzen müssten, gefördert werden. Andererseits können viele der Arbeitsplätze aus den traditionellen Berufsbildern durch Umschulungsmaßnahmen in den neuen Qualifikationsstufen erhalten bleiben.

Eine Studie von PwC (2018) sieht drei große Wellen der Automatisierung vor: Algorithm wave (derzeit), Augmentation wave (2020er), Autonomy wave (2030er). In Österreich sind nach Einschätzung der Studie in der ersten Welle 3 % Arbeitsplätze betroffen, da sie ein potentiell hohes Automatisierungsrisiko aufweisen. In der zweiten Welle steigt die Zahl immerhin auf 22 % und in der dritten Welle 34 % (PwC 2018). Eine Studie der OECD (2018) gibt an, dass die Wahrscheinlichkeit, dass ein Arbeitsplatz durch Automatisierung verloren geht, in Österreich bei 49 % liegt (OECD 2018).

Österreich bewegt sich im Vergleich der möglichen Auswirkungen auf die analysierten Länder durch Beschäftigungsanteile und Automatisierbarkeit von Arbeitsplätzen im Mittelfeld (PwC 2018). Im Bereich Transport und Lagerung wird der Anteil an betroffenen Arbeitsplätzen quer über alle Länder mit einem Median von 52 % angegeben, wodurch es der am stärksten betroffene Bereich ist. „Maschinenbediener und Monteure sind im Transport- und Lagerbereich mit durchschnittlich 43 % der Beschäftigten am stärksten vertreten, gefolgt von 20 % im verarbeitenden Gewerbe“ (PwC 2018: 23).

Hinsichtlich der Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt werden unterschiedliche Hypothesen vertreten. Goos et al. (2015) und Moretti (2010) gehen etwa davon aus, dass jeder neue Arbeitsplatz im Hightech-Sektor rund fünf ergänzende Tätigkeiten zur Folge hat. Weitere Studien lassen vermuten, dass dem erwähnten Entfall von bis zu 4,4 Millionen LenkerInnenplätzen 2 Millionen neue Arbeitsplätze im Bereich Wartung/Instandhaltung gegenüberstehen. Selbst wenn dies nicht der Fall ist, wird die zunehmende Automatisierung am Arbeitsmarkt relativiert, da sie nicht zwangsläufig zu einer Reduktion der Arbeitsplätze, sondern vielmehr der geleisteten Stunden (als Fortführung des Trends der letzten Jahrzehnte) führt (Spiezia/Vivarelli 2000). Zudem ist zu berücksichtigen, dass es bereits jetzt zu wenige LenkerInnen gibt. Deutschland hat beispielsweise heute einen Bedarf an etwa 45.000 LenkerInnen.

Für Großbritannien wurde in einer Analyse des PwC (2017) prognostiziert, dass in der Branche Transport und Lagerung (mit derzeit 4,9 % aller Beschäftigten) 56,4 % der Arbeitsplätze ein potentiell hohes Risiko mit sich tragen bis zum Jahr 2030 automatisiert zu werden. Gleichzeitig scheint es möglich, dass die Automatisierung nicht so rasch voranschreitet, da regulatorische, organisatorische und rechtliche Hürden bestehen, die diese Entwicklung verlangsamen.

Negativen Entwicklungen durch den Wegfall von Jobprofilen stehen Kosteneinsparungen entgegen. 168 Milliarden Dollar sollen in den USA zukünftig jährlich bei Lkw-Fahrten eingespart werden (Solon 2016). Davon 70 Milliarden Dollar durch den Wegfall von Arbeitsplätzen, 35 Milliarden Dollar durch eine höhere Treibstoffeffizienz, 27 Milliarden Dollar durch erhöhte Produktivität und 36 Milliarden Dollar durch weniger Unfälle (Solon 2016). Gleichzeitig gibt es Studien, die von einem Rückgang des Einkommens um rund 200 Milliarden Dollar ausgehen, wodurch die Kaufkraft deutlich sinken würde.

Personenverkehr:

Beim Personenverkehr gehen die Experten davon, dass zwar die „lenkende“ bzw. „führende“ Tätigkeit zu einem großen Teil entfällt, allerdings kommt den „überwachenden“ bzw. „servicierenden“ Tätigkeiten ein höherer Stellenwert zu.

Im Eisenbahnbereich soll der ATO (Automated Train Operation) als ETCS Betriebsart bis Q1/2019 definiert und danach auf Grund der hohen Investitionskosten vor allem auf den Hauptstrecken Anwendung finden. Hierzu herrscht bei

VertreterInnen die von Eisenbahnverkehrsunternehmen und InfrastrukturbetreiberInnen die Meinung vor, dass zwar die Tätigkeit des/der TriebfahrzeugführerIn wegfallen kann, aber weiterhin Personen als eine Art ZugmanagerIn am Zug sind und die Passagiere betreuen werden bzw. in das Notfallmanagement als direkter Kontakt im Zug dienen. Gleiches gilt beim kommerziellen Personentransport auf der Straße, bei dem auch entsprechende Betreuungsfunktionen weiterhin von Personal an Bord erledigt werden.

4.2.2. Künftige Berufsbilder

IT-TechnikerInnen, MechatronikerInnen, RobotikerInnen, DatenschutzexpertInnen usw. sind bereits heute Mangelware und deren Nachfrage wird auch in den nächsten Jahren massiv zunehmen. Mit zunehmender Automatisierung werden sich zudem Jobprofile ändern. Dies geht nicht zwangsläufig in allen Bereichen mit einer Reduktion an Arbeitsplätzen einher. Vielmehr werden sich Qualifikationsprofile verschieben und dadurch neue Jobprofile entstehen. In einigen Bereichen kommt es daher zu einer stärkeren Änderung der Berufsbilder, als in anderen.

Es kursieren bereits verschiedene Vorstellungen von Jobprofilen, die es in dieser Form derzeit nicht gibt und in Zukunft immer wichtiger werden könnten. Beispiele dafür sind RoboterkoordinatorInnen, DatenspezialistInnen, Lkw-FührerInnen, Algorithmen-VersicherInnen und Drohnen-PilotInnen oder Drohnen-IngenieurInnen (Dörfelt/Scherf 2017).

Zu den Aufgaben von RoboterkoordinatorInnen zählen die Planung des Maschineneinsatzes und deren Überwachung. Daten-SpezialistInnen analysieren Abläufe, um optimierte Lösungen für Logistikaufgaben bereitstellen zu können. Lkw-FührerInnen koordinieren Transporte und übernehmen gegebenenfalls im schwierig zu bewältigenden Stadtgebiet die Steuerung von Fahrzeugen. Um die Risiken selbstfahrender Transporte einzuschätzen und einzukalkulieren, werden Algorithmen-VersichererInnen eingesetzt. Drohnen-PilotInnen und Drohnen-IngenieurInnen werden schon derzeit verstärkt gesucht (Dörfelt/Scherf 2017) und auch in Zukunft an Bedeutung zunehmen, sofern die entsprechenden rechtlichen Rahmenbedingungen für einen verstärkten Einsatz von Drohnen geschaffen werden.

Die genannten Lkw-FührerInnen stellen bereits eine Weiterentwicklung des Jobprofils von Lkw-FahrerInnen dar. Derzeitige Prognosen gehen von einem langfristig durch die zunehmende Automatisierung des Fahrvorganges sinkenden FahrerInnenbedarf aus. Allerdings ist festzuhalten, dass sich auf Grund des prognostizierten Wirtschaftswachstums in den nächsten Jahrzehnten die Transportleistung vervielfacht, die nur mit einer entsprechenden Anzahl an zusätzlichen Fahrzeugen erfolgen kann. Wie vorgestellt, muss das nicht unbedingt im großen Ausmaß mit Arbeitsplatzverlusten verbunden sein. Zu automatisierende Komponenten des Qualifikationsprofils wie Fahrbewegung und Navigation sind nur ein Teilaspekt des Berufes. Der Kontakt zum/zur Kunden/in, die Überwachung des Ladungszustands, Protokollierung sowie Pflege und Instandhaltung der Fahrzeuge sind Aufgaben, die weiterhin eine Arbeitskraft erfordern. Eine gänzliche Automatisierung ist zwar theoretisch möglich, muss jedoch wirtschaftlich vertretbar sein (Hogarth/Wilson 2015). Es sollte darüber hinaus im Auge behalten werden, dass eine Umstellung an sich bereits Personalbedarf nach sich zieht, um die notwendigen Installationen, Instandhaltungsarbeiten, Umplanungen von Beschaffungsprozessen, Überwachung, etc. durchführen zu können. Derzeit ist noch unklar, wie eine Automatisierung aus rechtlicher Sicht zu handhaben ist und ob eine menschliche Rückfallebene in einem Kontrollzentrum erforderlich ist.

Bei der Betrachtung der möglichen Reduktion von Arbeitsplätzen im Zuge der Einführung eines automatisierten Bahnbetriebes (ATO – Automated Train Operation) sind derzeit keine belastbaren Schätzungen zu erheben. Es wird dabei von einer schrittweisen Umsetzung des ATO beginnend mit Strecken ohne Mischbetrieb, wie Hochgeschwindigkeitsstrecken oder abgeschlossene Strecken im städtischen Nahverkehr, wie Stadtbahnen oder Schnellbahnen, ausgegangen. Dabei könnte der Fall eintreten, dass die natürlichen Abgänge durch Pensionierung nicht mehr nachbesetzt werden und durch die entsprechend ausgestatteten Fahrzeuge ersetzt werden. Eine Studie zu den notwendigen Fähigkeiten, die im Bahnbetrieb zukünftig stärker an Relevanz gewinnen, hebt insbesondere die Bedeutung sozialer Kompetenzen hervor. Dazu zählen Führungskompetenz, Personalmanagement und Kundenservice. Kommunikation, grundlegende IT-Kenntnisse und spezielles Know-How in dem fachliches Branchenwissen werden demgegenüber weniger hoch angesehen (GoSkill 2006 in Davydenko et al. 2009).

4.2.3. Soziale Chancen und Risiken durch künftige Entwicklungen in Österreich

Vorweg ist anzumerken, dass die Automatisierung im Straßen- und Schienengüterverkehr vor allem Bereiche betrifft, die durch verhältnismäßig schwierige Arbeitsbedingungen gekennzeichnet sind. Zum einen betrifft das die Art der Tätigkeit, die häufig monoton und physisch anstrengend ist, zum anderen die Arbeitszeiten, das Risiko von Arbeitsunfällen und

nicht zuletzt die Bezahlung. Es sind dadurch Bereiche betroffen, in denen Personen mit geringerem Ausbildungsniveau beschäftigt sind, die am Arbeitsmarkt ohnehin benachteiligt sind.

Transportmodus Straße

Internationalisierung und IKT erhöhen den Spezialisierungsgrad und werden zu einem veränderten Berufs Anforderungsprofil führen (Randelhoff 2017). Es wird erwartet, dass es durch e-Commerce zu einem kurzfristigen Anstieg des Personalbedarfs kommt, wodurch der aktuelle FahrerInnenmangel verschärft wird. Insgesamt gibt es bereits jetzt Probleme die offenen Stellen zu besetzen, da Arbeitsbedingungen und Höhe der Löhne abschreckend wirken. Das führt zu einem steigenden Alter der Lkw-FahrerInnen. In den USA sind derzeit nur rund 1 % der Lkw-FahrerInnen zwischen 21 und 30 Jahre alt (OECD/ITF 2017). Technologien zur Unterstützung bei Überalterung im Unternehmen werden daher genauso wie höhere Löhne und eine adäquate Aus- und Weiterbildung zukünftig einen höheren Stellenwert einnehmen (PwC 2012.). Einige ExpertInnen gehen davon aus, dass „e-Wissen“ und Sprache wichtiger werden („einheitliche Dienstsprache“) (PwC 2012.).

Derzeitige Studien nehmen an, dass grundsätzlich weniger Lkw-FahrerInnen benötigt werden. Das bedeutet nicht automatisch einen Arbeitsplatzverlust oder ein Aussterben des Berufsstandes. Es ist zu differenzieren zwischen jenen, die später noch vergleichbare Tätigkeiten durchführen werden (Stichwort: letzte Meile) und jenen, die umgeschult werden müssen zu differenzieren. Durch die gute Konzentrationsfähigkeit von Lkw-FahrerInnen eignen sich diese gut für Security und Überwachungstätigkeiten (OECD/ITF 2017), aber auch andere Bereiche. Wie in vielen anderen Bereichen auch, gilt hier die Polarisierungsthese „Dequalifizierung und Teilsubstituierung“ wodurch vor allem jene Jobs wegbrechen werden, die für mittelmäßig gut ausgebildete Personen vorgesehen sind (Hirsch-Kreinsel 2015).

Transportmodus Schiene

Im Bereich der Schiene wird davon ausgegangen, dass neue Ausbildungsschwerpunkte erforderlich sein werden und sich das Tätigkeitsspektrum in Richtung mehr Überwachung und strategische Planung verschieben wird (UIC 2015). Zudem wird eine Standardisierung auf Seite der ArbeitgeberInnen und ProduzentInnen genauso wie eine Vereinheitlichung der Dienstsprache erwartet (UIC 2015). Wie bereits in Kapitel 4.2.1 dargestellt wird auch nach der Einführung des automatisierten Eisenbahnbetriebes Personal am Zug sein. Sofern der rechtliche und organisatorische Rahmen dazu geschaffen wird, entfällt die Zugsteuerungsfunktion und verlagert sich in die Funktion des/r Zugbegleiters/in bzw. des/der Notfallmanagers/in. Diese können im Anlassfall in Abstimmung mit der Betriebsleitzentrale entsprechende Schritte einleiten bzw. durchführen, um die Situation (Schaden am Zug, Ausfall von Komponenten für die automatisierte Zugfahrt, etc.) zu entschärfen und zeitnah zu lösen (manuelle Fahrt auf ein Ausweichgleis, sicheres Geleit der Passagiere aus dem Gefahrenbereich, etc.).

4.2.4. Themenbereich hoch automatisiertes Fahren

Mit der fortschreitenden Entwicklung der Automatisierung des Lenkens von Fahrzeugen wird es je nach Ausstattungsgrad und der Form der Betriebsführung zu Verlusten von Arbeitsplätzen kommen. Der Wandel im Transportwesen unter Berücksichtigung des möglichen Wegfalls von LenkerInnen durch den Anstieg von hoch automatisierten Fahrzeugen würde einen Rückgang des Einkommens induzieren. Dabei ist zwischen den Verkehrsmodi zu unterscheiden, da durch ihre Charakteristika entsprechende Freiheitsgrade der zu erfassenden Umfelder, bzw. der Verkehrsflächen zu berücksichtigen sind.

Transportmodus Straße:

Hier ist von verschiedenen Umsetzungsstrategien, speziell innerhalb des Umstellungszeitraumes auszugehen. Dabei gehen heute Ansätze davon aus, dass vorerst nach der Zulassung der hoch automatisierten Fahrzeuge für öffentliche Straßen, in den entsprechend ausgestatteten Fahrzeugen noch LenkerInnen mitfahren. Diese lenken die Fahrzeuge noch auf komplexen Strecken bzw. Bereichen, wie Betriebshöfe, Produktionsstandorte, aber auch im innerstädtischen Verkehr. Auf Autobahnabschnitten sollen die Fahrzeuge diese Abschnitte bereits automatisch fahrend bewältigen (Nutzung von Platooning oder autonomes Fahren). In dieser Zeit könnte der/die LenkerIn – sofern dies von der Legislative in einen belastbaren rechtlichen Rahmen festgelegt ist – Lenkpausen einlegen. Diese Zeit sollte nicht als Lenkzeit deklariert werden, da unter Nutzung der Fahrzeugsysteme eine Bereitschaft zum Eingreifen des/der LenkerIn nicht notwendig ist.

Ein Effekt dieses Ansatzes ist die Reduzierung der Anzahl der aktiven Lenkzeiten und damit verbunden auch der Arbeitszeiten, wodurch die oben erwähnte Reduzierung der Löhne zu erklären ist. Mit der reduzierten Wochenlenkzeit würden geänderte Lenkzeiten bei der Berechnung der Entlohnung angesetzt werden.

Die US-Automobilindustrie beschäftigt 1,25 Millionen Personen direkt und 7,25 Millionen indirekt. 5 Millionen Arbeitsplätze bundesweit könnten aufgrund von selbstfahrenden Fahrzeugen (einschließlich 3,5 Millionen Lkw-FahrerInnen) verloren gehen⁴, was 3 % der US-Belegschaft entspricht. Gleichzeitig entstehen neue Arbeitsplätze in einem Mobilfunk-Verkehrssystem, das von elektrischen und selbstfahrenden Fahrzeugen bedient wird. Wenn wir davon ausgehen, dass 5 Millionen Arbeitsplätze für LenkerInnen bei einem jährlichen durchschnittlichen Gehalt von 40.000 Dollar verloren gehen, würde dies eine Verringerung des Einkommens auf nationaler Ebene von 200 Milliarden Dollar entsprechen.

Transportmodus Schiene:

ExpertInnen gehen davon aus, dass automatisierte Betriebsleitzentralen bis zum Jahr 2030 umgesetzt werden. Es wurde darauf verwiesen, dass der Transportmodus Schiene bereits einen hohen Standardisierungsgrad aufweist. Gleichzeitig wurde angemerkt, dass die Einführung in den nächsten zehn Jahren stattfinden muss, da der Trend sonst an diesem Bereich vorbeizieht, insbesondere da wenig Konkurrenz im Bereich der Eisenbahnindustrie zu geringerer Innovationskraft im Vergleich zur Straße führt. Eine Vollautomatisierung in Teilbereichen ist frühestens in 15 Jahren ein Thema. Ein gänzlich vollautomatisiertes, autonomes System auf der Schiene scheint den ExpertInnen denkbar, wobei als Beispiel gerne das Bild der Werkshalle mit automatisierten Transportrobotern genannt wird.

Vorteile werden vor allem durch die Automatisierung in den Bereichen Vershub, Zugbildung und Umschlag erwartet. Der Automatisierung der eigentlichen Zugfahrt wird im Vergleich deutlich weniger Potential für Kosteneinsparungen zugesprochen. Selbstfahren und Selbstkuppeln von Einzelwagen bzw. Wagengruppen werden als wesentliche Stellhebel im Bereich Vershub und Kleinteiligkeit angesehen.

Transportmodus Schiff:

Die Automatisierung der Binnenschifffahrt konzentriert sich derzeit auf Passagierfähren und den Frachtverkehr auf kurzen (z.B. Fährverbindungen) bis mittleren Distanzen (Feederverkehre). Hier geht es nicht nur um den Wegfall von Personal, sondern darüber hinaus um Gewichtseinsparung durch den Wegfall von Einrichtungen für die Besatzung. Bei Containerschiffen (interkontinentaler Transport) lohnt sich die Mitarbeiter einsparung nicht, da die Personalkosten einen vergleichsweise geringen Anteil an den Gesamtkosten haben (Harms 2017).

Die Steuerung würde im Fall des Schiffs systematisch ein Kontrollzentrum übernehmen. Zuerst werden mehr Hilfsmittel für den Steuermann/Steuerfrau eingeführt, dann erfolgt eine Fernsteuerung durch eine Leitzentrale und schließlich ist das Schiff automatisiert und unbemannt (Harms 2017). Dies würde eine Reihe kontrollierender Tätigkeiten implizieren, wodurch sich langfristig eventuell sogar der Frauenanteil in der Schifffahrt erhöhen könnte, wie das schon lange gewünscht wird (Kammholz 2016).

Bedenken sind in dieser Hinsicht vielfältig. Sie reichen von Hitzeeffekten auf die Technik und damit verbundene Unzuverlässigkeit des Automated Radar Plotting Aid Radar im mittleren Osten (Personal kann ohne Radar navigieren), dem Verlust des GPS-Signals durch Störung oder Hack bis zur Problematik, dass Objekte zu nahe am Schiff nicht erkannt werden (Bordelon 2016).

Wichtig für die Binnenschifffahrt ist insbesondere der Aspekt, dass derzeit viele verschiedene Arten von GPS, Radar und Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS) mit unterschiedlichen Symbolen und Handhabung in Verwendung sind. Die Standardisierung der Technologie würde den Schulungsbedarf für die Bordbesatzungen verringern. Ebenfalls kann der Sicherheitsaspekt erhöht werden, da das Personal auf einem Schiff nicht mehr häufig gewechselt wird.

⁴ Rethinking Transportation 2020-2030, The Disruption of Transportation and the Collapse of the Internal-Combustion Vehicle and Oil Industries, A RethinkX Sector Disruption Report, May 2017 (James Arbib & Tony Seba)

Derzeit werden Entscheidungen an Bord mithilfe des Bridge Team Management System getroffen, das Informationen der Besatzungsmitglieder miteinfließen lässt. Roboter sind durch ihre Programmierung unflexibel gegenüber geänderten Bedingungen und in der derzeitigen Form gegenüber dem Bridge Team Management System benachteiligt (Bordelon 2016). In jener Form, wie Einfahrten in Häfen, Docking, Ent- und Beladen sowie Fahrten derzeit durchgeführt werden, ist eine Programmierung nicht möglich und Personal daher nicht leicht zu ersetzen (Bordelon 2016).

Lager und Umschlag:

Dieser Bereich weist bereits heute einen sehr hohen Automatisierungsgrad auf, wodurch sich hier eine fortschreitende Automatisierung so darstellen wird, dass heute noch manuell durchgeführte Tätigkeiten, wie Lagerung von Spezialteilen, besonders heiklen Waren aber vor allem der Bereich des Pickings zur Zusammenstellung der Fracht und das Bestücken der Ladungsträger zunehmend durch automatisierte Fahrzeuge und Robotersysteme ersetzt werden. Die so obsolet gewordenen Arbeitsplätze werden nur zu Teil durch Stellen für hochqualifiziertes Wartungspersonal ersetzt werden. Allerdings wird es nie zu einer 100 %-igen Automatisierung in diesem Bereich kommen, da das bereits angesprochene Handling von Spezialgütern und sensiblen Stoffen weiterhin manuell erledigt werden muss bzw. mittels Robotik unterstützt wird.

Gleiches gilt für den Bereich des Umschlages vom Ladungsträger, der bereits heute einen hohen Automatisierungs- bzw. Unterstützungsgrad des Kranpersonals aufweist. Dies gilt speziell für kleinere Terminals und Häfen, da ein vollautomatischer Containerterminal erst ab großen Mengen an Umschlägen wirtschaftlich betrieben werden kann.

Weiterführende Themen:

Die politischen Entscheidungsträger und verantwortlichen Stellen müssen in koordinierter, grenzüberschreitender Abstimmung mit den betroffenen StakeholderInnen, wie Interessensvertretungen, den relevanten Unternehmen und unter Einbindung der Öffentlichkeit, die negativen Auswirkungen der Automatisierung in Form drohender Arbeitsplatzverluste vorhersehen, um diesen durch entsprechende zu entwickelnden Strategien entgegen zu steuern. Dies muss auch die Bereitstellung von sozialen, finanziellen und gesundheitlichen Sicherheitsnetzen sowie Trainingsprogramme für Wiedereinsteiger bzw. Umschulungsprogrammen von durch den Wandel der Berufsbilder betroffenen Personen miteinschließen.

Automatisierung zum Erhalt der Infrastruktur, wie z.B. Grünschnitt, Säuberung, o.ä., betrifft vor allem die Transportmodi Schiene und Straße und wird von ExpertInnen als sinnvoll angesehen.

In den ExpertInnen-Interviews wurde weiters darauf verwiesen, dass automatisierte Systeme bei Problemen in einen Notfallmodus schalten und aus Sicherheitsgründen stehen bleiben. Der Mensch reagiert in diesen Situationen wesentlich besser und kann Lösungen spontan finden. Die Berufsbilder würden sich durch zunehmende Automatisierung von den ausführenden in Richtung der überwachenden Tätigkeiten verschieben. Die tendenziell gegebene Personalreduktion steht dem Personalbedarf in den Bereichen IT und Mechatronik gegenüber. Die Ausbildung sollte sich mehr auf Berufsprofile konzentrieren, deren Inhalte die strategische Planung und Steuerung von Prozessen sowie Abläufen im Rahmen des Transportwesens, der Infrastrukturentwicklung und der Auslegung und Weiterentwicklung der notwendigen Technologien, sind. Ausbildungsinitiativen in Österreich seitens der Wirtschaftskammer und der Arbeiterkammer sind jedoch noch in den Kinderschuhen. Zudem bleibt die Frage offen, wer die Ausbildung und Weiterbildung finanzieren soll.

4.2.5. Entfall der Lenkzeiten

Derzeit gilt im Straßenverkehr die Arbeitszeittabelle⁵ nach den Bestimmungen der Verordnung EU VO 561/2006 bzw. dem Kollektivvertrag für das Güterbeförderungsgewerbe. Dabei gilt es eine Tageslenkzeit von 9 Stunden und zweimal in der Woche 10 Stunden pro Tag einzuhalten, wobei diese nach 4,5 Stunden für eine Lenkpause von 45 Minuten (teilbar in 15 Minuten und 30 Minuten nach einer Lenkzeit von höchstens 4,5 Stunden) unterbrochen werden muss. In einer

⁵ Arbeitszeittabelle für Lenkzeiten im Güterbeförderungsgewerbe 2018: https://www.wko.at/branchen/transport-verkehr/queterbefoerderungsgewerbe/Arbeitszeittabelle_Lenkzeiten.html (Stand Juni 2018)

Einzelwoche dürfen max. 56 Stunden und in zwei aufeinander folgenden Wochen max. 90 Stunden ein Fahrzeug gelenkt werden. Dabei dürfen Zeiten, die der LenkerInnen im fahrenden Fahrzeug verbringt, ohne es zu lenken (z.B. Besetzung des Fahrzeuges mit zwei FahrerInnen, auf die Lenkpausen angerechnet werden, wobei andere Arbeiten nicht durchgeführt werden dürfen. Weiters ist eine Tagesruhezeit (innerhalb von 24 Stunden) von mindestens 11 Stunden bzw. 12 Stunden mit speziellen Regelung zur Aufteilung der Ruhepausen möglich. Eine Blockruhezeit von 9 Stunden je Fahrer muss allerdings immer eingehalten werden.

Je nach der künftigen Definition der Lenk-, Ruhe und Arbeitszeiten im Transportwesen in Anhängigkeit der Automatisierungsgrade der Fahrzeuge müssten die derzeit gültigen Regelungen generell neu festgelegt werden. Falls die Anwesenheit eines/r Fahrers/Fahrerin in der Kabine eines hoch automatisiert fahrenden Fahrzeuges (Lkw, Lokomotive, etc.) als Ruhezeit deklariert werden würde, könnten die automatisiert fahrenden Fahrzeuge längere Wege pro Tag zurücklegen. Dies würde sich speziell im Fernverkehr auswirken, da die Transporte früher ihre Ziele erreichen und damit auch früher wieder für Folgeaufträge zur Verfügung stehen würden.

Für den Fernverkehr würde die automatisierte (fahrerlose) Abwicklung der Fahrt bedeuten, dass das Fahrzeug z.B. für die Strecke von Wien nach Duisburg (ca. 980 km) mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von ungefähr 60 km/h ohne Einhaltung der heute gültigen Lenkzeitenregelungen in etwa 16-18 Stunden benötigen würde. Damit wäre der Lkw bereits am folgenden Tag wieder für die Rückfahrt bzw. Weiterfahrt verfügbar. Mit derzeitiger Lenkzeitregelung dauert die Fahrt etwa 3 bis 4 Tage.

Vermehrte technologische Unterstützung für FahrerInnen kann durchaus positive Effekte für den Beruf des/r Lenkers/Lenkerin mit sich bringen, da die Sicherheit für den Insassen des Fahrzeuges steigt. Weitere positive Effekte, die für einen Einsatz der Technologie sprechen sind der effizientere Treibstoffverbrauch und die Umweltleistung (OECD/IT 2017).

4.2.6. Szenarienbewertung

Entsprechend den Ausführungen in Kapitel 4.1 erfolgt die Szenarienbewertung ausgehend von einer qualitativen und darauf aufbauend ordinalskalierten Bewertung der einzelnen Transportkettenkomponenten (siehe Kapitel 2.1.1) je Bewertungsindikator.

Ausgehend von den so gewonnenen Einschätzungen wird die ordinalskalierte Bewertung mit der Veränderung des Automatisierungsgrades je Szenario verknüpft, eine entsprechend ermittelte Szenarienbewertung je Komponente und Indikator ermittelt und im Detail im Anhang (Kapitel 9.2) dargestellt. Im folgenden Abschnitt erfolgt eine kurze Beschreibung der wesentlichen Änderungen durch Automatisierung in den Bereichen, die stellenweise sprunghaft und stellenweise graduell zunimmt. Es wird zudem dargestellt, welche Entwicklung das Basisszenario vorsieht (Deutliche Zunahme (+2), Erkennbare Zunahme (+1), Kaum oder keine Änderung (0), Erkennbare Abnahme (-1), Deutliche Abnahme (-2)).

4.2.6.1. Innerbetriebliche Logistik

Beim Transport zur Rohstoffversorgung (intern) von der abgeschlossenen Produktion zum Lager wird davon ausgegangen, dass zukünftig immer weniger manuelle Tätigkeiten anfallen und die Abläufe stärker gesteuert werden. Die Arbeitssicherheit wird dadurch erhöht und es entsteht Personalbedarf im Bereich Kontrolle und Überwachung. Diese Veränderungen werden voraussichtlich keine Auswirkungen auf die Arbeitszeit haben. Die Komponenten sind derzeit auf dem Stand Level 3 und können höchstens Level 5 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 3 (Jahr 2045) eintreten wird.

Im Bereich der Zwischenlagerung bzw. beim Umpacken werden wenige aber besser ausgebildete MitarbeiterInnen eingesetzt. Das bedeutet nicht nur neue Jobprofile und eine geringere körperliche Belastung des Personals, sondern gleichzeitig eine Verdrängung ungelernter Personen. Diese Komponente ist derzeit auf dem Stand Level 3 und kann höchstens Level 4 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen bereits in Szenario 2 (Jahr 2035) eintreten wird.

Der Transport vom Lager zur Transporteinheit bzw. dem Ladungsträger sowie die Verladung auf den Ladungsträger werden sich dahingehend verändern, dass der MitarbeiterInnenbedarf sinkt. Bei der Verladung ist das Personal einer

geringeren körperlichen Belastung ausgesetzt. Durch geringere Rüstzeiten und längere Fahrzeiten der LenkerInnen werden sich die Arbeitszeiten jener ArbeiterInnen im Bereich Lager zur Transporteinheit/zum Ladungsträger ändern. Die Personalreduktion erfordert eine Umschulung. Die Verladung auf den Ladungsträger ist noch nicht so weit fortgeschritten und befindet sich auf dem Niveau von Level 1 und kann maximal Level 3 oder Level 4 erreichen, wobei dies von der Art der Güter abhängt.

Bei der Ladungssicherung ist davon auszugehen, dass zukünftige weniger manuelle Tätigkeiten der ArbeitnehmerInnen erforderlich sind und diese stärker maschinell gesteuert wird. Das erhöht die Arbeitssicherheit sowie den Personalbedarf im Bereich Kontrolle und Überwachung. An den Arbeitszeiten ändert sich grundsätzlich nichts. Diese Komponente ist derzeit auf dem Stand Level 1 und kann höchstens Level 4 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 3 (Jahr 2045) eintreten wird.

Für die Fahrten zum und im Terminal werden weniger FahrerInnen und Personal vor Ort eingesetzt. Außerdem ist von einer Reduktion der Arbeitszeit auszugehen. Die Entwicklung geht mit einem Personalbedarf im Bereich Kontrolle und Überwachung einher. Diese Komponenten sind derzeit auf dem Stand Level 2 und können höchstens Level 5 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 3 (Jahr 2045) eintreten wird.

Für den Umschlag der Ladungsträger im Zwischenlager sowie für den Weitertransport sind nur noch wenige KranführerInnen erforderlich bzw. sitzen diese im Kontrollzentrum und sind für mehrere Kräne zuständig. Durch den Wechsel zwischen den Kränen wird die Konzentration der verbleibenden KranführerInnen stärker herausgefordert. Gleichzeitig kommt es infolge der Effizienzsteigerung zu einer Abnahme der Arbeitszeit der Beschäftigten. Diese Komponenten sind derzeit auf dem Stand Level 3 und können höchstens Level 4 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 2 (Jahr 2035) eintreten wird.

4.2.6.2. Vorlauf (Transport per Lkw zum Umschlagterminal)

Das Ankoppeln von Anhängern und Aufliegern erfordert zukünftig weniger manuelle Tätigkeiten der ArbeitnehmerInnen und wird stärker maschinell gesteuert. Das erhöht die Arbeitssicherheit sowie den Personalbedarf im Bereich Kontrolle und Überwachung. An den Arbeitszeiten ändert sich grundsätzlich nichts. Diese Komponente ist derzeit auf dem Stand Level 1 und kann höchstens Level 4 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 3 (Jahr 2045) eintreten wird.

Für die Fahrten zum und im Terminal werden weniger FahrerInnen und Personal vor Ort eingesetzt. Außerdem ist von einer Abnahme der Arbeitszeit auszugehen. Die Entwicklung geht mit einem Personalbedarf im Bereich Kontrolle und Überwachung einher. Diese Komponenten sind derzeit auf dem Stand Level 2 und können höchstens Level 5 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 3 (Jahr 2045) eintreten wird.

Für den Umschlag der Ladungsträger im Zwischenlager sowie für den Weitertransport sind nur noch wenige KranführerInnen erforderlich bzw. sitzen diese im Kontrollzentrum und sind für mehrere Kräne zuständig. Durch den Wechsel zwischen den Kränen wird die Konzentration der verbleibenden KranführerInnen stärker herausgefordert. Gleichzeitig kommt es infolge der Effizienz zu einer Abnahme der Arbeitszeit der Beschäftigten. Diese Komponenten sind derzeit auf dem Stand Level 3 und können höchstens Level 4 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 2 (Jahr 2035) eintreten wird.

4.2.6.3. Hauptlauf (Transport per Schiene)

Für Verschubfahrten zur Zugbildung werden zukünftig weniger TriebfahrzeugführerInnen eingesetzt, da nur mehr Spezialfahrten vor Ort anfallen. Bisheriges Personal wird verstärkt im Bereich Rangieren und Überwachung eingesetzt. Diese Komponente ist derzeit auf dem Stand Level 3 und kann höchstens Level 4 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 2 (Jahr 2035) eintreten wird.

Für die Zugbehandlung, die Bremsprobe und Lichtraumüberprüfung vor Abfahrt wird weniger Verschubpersonal benötigt, wodurch die Arbeitssicherheit deutlich steigt. Personalbedarf entsteht bei der Kontrolle der Tätigkeiten. Diese Komponenten sind derzeit auf dem Stand Level 0 und können höchstens Level 4 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 3 (Jahr 2045) eintreten wird.

Die eigentliche Zugfahrt wird automatisch erfolgen und daher werden weniger TriebfahrzeugführerInnen benötigt. Gleichzeitig steigt der Bedarf an Personal zur Überwachung und Steuerung im Kontrollzentrum sowie an MechanikerInnen. MechanikerInnen werden sowohl an Board als auch für den flexiblen Einsatz bei Gebrechen auf der Strecke eingesetzt und übernehmen damit die technische Komponente des TriebfahrzeugführerInnen-Profiles. Diese Komponente ist derzeit auf dem Stand Level 0 und kann höchstens Level 4 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 3 (Jahr 2045) eintreten wird

4.2.6.4. Hauptlauf (Transport per Binnenschiff)

Es werden zum Umschlag der Ladungsträger für den Weitertransport wenige KranführerInnen eingesetzt, die von einem Kontrollzentrum aus mehrere Kräne steuern. Die Anforderungen an die verbleibenden KranführerInnen steigen somit durch den Wechsel zwischen Kränen. Diese Komponente ist derzeit auf dem Stand Level 2 und kann höchstens Level 4 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 3 (Jahr 2045) eintreten wird.

Bei der Ladungssicherung ist nach wie vor Fachpersonal für Spezialfälle erforderlich. Ansonsten ist Kontrollpersonal zur Kontrolle und Überwachung der Abläufe notwendig. Es werden sich durch die zunehmende Automatisierung weniger Arbeitsplätze ergeben, die harte körperliche Arbeit erfordern. Diese Komponente ist derzeit auf dem Stand Level 0 und kann Level 4 erreichen.

Der Rangierbetrieb im Hafen wird durch Überwachungspersonal im Kontrollzentrum möglich. Unter Umständen ist an Bord ein Steuermann/eine Steuerfrau notwendig, um Sensorikfehler zu korrigieren, wie beispielsweise Hindernisse, die zu nahe am Schiff sind, um angezeigt zu werden. Hinsichtlich der Qualifikation kommt es zu einer Verlagerung in Richtung Kontrolltätigkeiten sowie zu einem veränderten Tätigkeitsprofil für Steuermänner/-frauen, da diese häufiger für Rangieren im Hafen und seltener für Überfahrten eingesetzt werden. Diese Komponente ist derzeit auf dem Stand Level 0 und kann höchstens Level 4 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 3 (Jahr 2045) eintreten wird.

Die eigentliche Schifffahrt erfordert in automatisierter Form wesentlich weniger Boardpersonal mit veränderten Jobprofilen. Personal zur Behebung kleinerer Gebrechen bzw. zum Eingreifen im Fall einer Cyber-Attacke wird nach wie vor notwendig sein. Die Schulungen werden sich daher in eine technische Richtung entwickeln und umfassender werden. Diese Komponente ist derzeit auf dem Stand Level 2 und kann höchstens Level 4 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 2 (Jahr 2035) eintreten wird.

4.2.6.5. Hauptlauf (Transport per Lkw)

Bei der eigentlichen Lkw-Fahrt ist auf der Autobahn zwar keine FahrerIn notwendig, jedoch ab der Anschlussstelle nach wie vor. Für Wartung und Spezialtransporte wird auch zukünftig Personal benötigt. Hinsichtlich der Zeitdauer der Umstellung wird davon ausgegangen, dass es kurzfristig durch e-Commerce zu wenige FahrerInnen geben wird, sich dieser Trend jedoch langfristig durch ein höheres Automatisierungslevel umkehren wird und FahrerInnen stärker in den Bereichen Kontrolle und Service zum Einsatz kommen werden. Weniger manuelle Tätigkeiten werden erforderlich sein und durch die Automatisierung wird eine Zunahme der Arbeitszeit möglich, da LenkerInnen viele Strecken nicht mehr aktiv fahren müssen. Durch IKT und Internationalisierung kommt es zu einem veränderten Berufsprofil in Richtung IT-Wissen und Sprachen. Derzeit vorherrschende Ausbildungsprogramme müssen daher an die neuen Anforderungen angepasst werden, wobei zu berücksichtigen ist, dass LenkerInnen vor allem mit einer guten Konzentrationsfähigkeit und Problemlösungskompetenz ausgestattet sind. Diese Komponente ist derzeit auf dem Stand Level 2 und kann höchstens Level 5 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 3 (Jahr 2045) eintreten wird.

Die Wartung der Fahrzeuge wird zukünftig weniger MitarbeiterInneneinsatz erfordern. Automatisierte Arbeitsabläufe werden viele Tätigkeiten ersetzen, die Instandsetzung und der Austausch von Komponenten erfolgt hingegen durch geschultes Fachpersonal. Lehrpläne und Ausbildungsprogramme in diesem Bereich müssen an die neuen Jobprofile angepasst werden. Diese Komponente ist derzeit auf dem Stand Level 0 und kann höchstens Level 3 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 3 (Jahr 2045) eintreten wird.

4.2.6.6. Nachlauf (Transport per Lkw zum Empfänger)

Es wird von einer kurzfristigen Erhöhung des Bedarfs an Transporten zum Empfänger infolge von e-Commerce ausgegangen. Langfristig werden jedoch weniger LenkerInnen benötigt mit Ausnahme von Spezialtransporten. Eine Umschulung von Lkw-FahrerInnen wird dadurch notwendig, wobei sich Jobprofile in Richtung des an Bedeutung zunehmenden Bereiches Sicherheit und Überwachung verschieben. Diese Komponente ist derzeit auf dem Stand Level 2 und kann höchstens Level 5 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 3 (Jahr 2045) eintreten wird.

4.2.6.7. Nachlauf (Transport per Schiene zum Empfänger)

Die automatisierte Fahrt zur/auf die Anschlussbahn hat eine Abnahme an TriebfahrzeugführerInnen zur Folge. Die erforderliche Steuerung über das Kontrollzentrum schafft gleichzeitig neue Arbeitsplätze. Wenngleich weniger manuelle Tätigkeiten anfallen, wird der Bedarf an MechanikerInnen zunehmen, die TriebfahrzeugführerInnen in technischer Hinsicht ersetzen können. Durch die veränderten Arbeitsbedingungen ist mit einer Zunahme (insbesondere der passiven) Arbeitszeit zu rechnen. Diese Komponente ist derzeit auf dem Stand Level 1 und kann höchstens Level 4 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 3 (Jahr 2045) eintreten wird. Diese Erkenntnisse gelten ebenfalls für einen Vorlauf auf der Schiene.

4.2.6.8. Distribution (Verteilung in Regionen / Endadressen)

Die bereits erwähnte Entwicklung bei den LenkerInnen wird auch im Bereich der Fahrt zum Terminal bzw. vom Hub zur Lieferadresse dazu führen, dass Arbeitsplätze abgebaut werden. Gleichzeitig entstehen im Bereich Sicherheit und Überwachung neue Stellen, die eine Umschulung der FahrerInnen erstrebenswert machen. Diese Komponente ist derzeit auf dem Stand Level 2 und kann höchstens Level 5 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 3 (Jahr 2045) eintreten wird.

Bei der Übernahme/Abholung der Waren und Güter führen unterstützende Technologien zu weniger komplexen Tätigkeiten, jedoch ist dieser Bereich kaum von Jobabbau betroffen. Lediglich Schulungen wären erforderlich, um das IT-Wissen der MitarbeiterInnen aufzubessern. Diese Komponenten sind derzeit auf dem Stand Level 1 und können höchstens Level 3 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 3 (Jahr 2045) eintreten wird.

Die Abwicklung von Unfällen und technischen Gebrechen wird nach wie vor überwiegend von Menschen durchgeführt. Ein Einsatz von Drohnen für die Erstaufnahme ist möglich und könnte zu einem veränderten Jobprofil führen. Diese Komponente ist derzeit auf dem Stand Level 0 und kann höchstens Level 1 erreichen, was unter den jetzt gültigen Voraussetzungen in Szenario 3 (Jahr 2045) eintreten wird.

4.3. Organisatorische Auswirkungen zunehmender Automatisierung

Zu Beginn dieses Kapitels werden ohne direkten Konnex zu den Szenarien und zu den Transportkettenkomponenten relevante Einschätzungen, Zusammenhänge, Entwicklungstendenzen und zusätzlich für das Thema wichtige Erkenntnisse angeführt und beschrieben. Diese aus der Literatur-Recherche und aus den Gesprächen mit den Stakeholdern gewonnenen Beiträge stellen einerseits einen wichtigen Input für die danach folgende Bewertung dar und skizzieren andererseits wichtige organisatorische Zusammenhänge.

Anschließend werden mögliche Synergien und Trade-Offs zwischen Wirkungen der einzelnen Komponenten aufgezeigt. Dies soll darlegen, wo sich Wirkungen verstärken oder aufheben bzw. reduzieren können, wenn bestimmte Automatisierungsschritte bei mehreren Teilbereichen der Transportkette parallel oder eben nicht parallel erfolgen.

Ausgehend von diesen Informationen, Darlegungen und Erkenntnissen wird die Bewertung der Szenarien vorgenommen.

4.3.1. Relevante Einschätzungen, Zusammenhänge, Entwicklungstendenzen

4.3.1.1. Platooning

Unter Platooning (engl. für: in Kolonne fahren) versteht man das elektronische Verbinden bzw. „Zusammenhängen“ mehrerer Straßenfahrzeuge zu einem Konvoi mit verbrauchsoptimiertem Abstand zwischen den Fahrzeugen unter Nutzung von Assistenzsystemen des automatisierten Fahrens. Im Bereich des Straßengüterverkehrs wird dieses System von einigen FahrzeugherstellerInnen bereits seit einigen Jahren entwickelt und erprobt. Dabei würden sich laut Aussage der Asfinag als InfrastrukturbetreiberInnen maximal 3 Lkw mit entsprechender Ausstattung zum einem Platoon gruppieren. Der/die LenkerIn des ersten Fahrzeuges würde dabei weiterhin konventionell das Fahrzeug lenken. Das erste Fahrzeug kommuniziert die „Fahrbefehle“ (Lenkwinkel, Stellung des Gaspedals und Betätigung der Bremse) die dem Fahrzeug durch den/die LenkerIn erteilt werden an die Folgefahrzeuge.

Die Gruppierung könnte in der Form erfolgen, dass das künftige Führungsfahrzeug, die Führungsposition in einem Platoon an andere Fahrzeuge anbietet. In den möglichen Folgefahrzeugen könnte der/die LenkerIn das Platooning-System manuell aktivieren und so das Angebot zur Gruppierung positiv beantworten. Danach bauen das Führungs- und das Folgefahrzeug eine dauerhafte Kommunikationsverbindung unter Nutzung von Mobilfunktechnologie auf und tauschen die erforderlichen Datenaustauschprotokolle aus. Sobald die Fahrzeuge „elektronisch synchronisiert“ sind, über gibt der/die LenkerIn des Folgefahrzeuges die Steuerung des Fahrzeuges an das Führungsfahrzeug. Die nun elektronisch gekoppelten Fahrzeuge fahren in einem Abstand von etwa 10-15 m (laut Asfinag) hintereinander. Dieser Vorgang würde sich wiederholen, falls sich ein weiterer Lkw dem Platoon anschließen würde. Bei der Auflösung eines Platoons müsste dem Führungsfahrzeug über manuelle Erteilung eines Befehls durch den/die LenkerIn des Folgefahrzeuges der Wunsch zur Auflösung des Platoons mitgeteilt werden. Dieser Auflösungswunsch müsste auch dem dritten Fahrzeug übermittelt werden, das in Folge dessen Fahrer auffordert die Steuerung zu übernehmen. Danach müsste dem Führungsfahrzeug mitgeteilt werden, dass die LenkerInnen bereit sind die Steuerung der Folgefahrzeuge wieder zu übernehmen. In einem weiteren Schritt würden die Fahrzeuge die Kommunikation beenden und das Folgefahrzeug müsste den Sicherheitsabstand zum Vorderfahrzeug wiederherstellen. Nach dem Ausreihen könnte je nach Wunsch wieder ein Platoon zwischen den verbleibenden Fahrzeugen (wie oben beschrieben hergestellt) werden.

Der beschriebene Vorgang zeigt die Komplexität des Themas Platoon auf. Viele österreichische StakeholderInnen gehen davon aus, dass die Verwendung dieses Systems auf österreichischen Autobahnen (und nur dort) bis 2025 möglich sein könnte. Europäische Studien (TNO 2016, Frisoni et al. 2016) erwarten ebenfalls in etwa bis zum Jahr 2025 eine Umsetzung des Platooning mit Stufe 4 des automatisierten Fahrens (siehe Abbildung 1).

Voraussetzung dafür ist, dass neben der erprobten einwandfreien Funktionsweise der Technologie auch die rechtlichen Voraussetzungen geschaffen werden würden und darüber hinaus organisatorische Lösungen für den Betrieb von Platoons existieren würden.

Wesentliche rechtliche Voraussetzungen (siehe auch Kapitel 2.2):

- Klärung der Anwendung von Lenk- und Ruhebestimmungen (welchen Status haben die FahrerInnen im Platoon, die nicht an erster Position fahren?)
- Verpflichtung, Hand am Lenkrad zu haben (Wird dies für die FahrerInnen im Platoon, die nicht an erster Position fahren, weiterhin gelten? –Was bedeutet eine diesbezügliche Festlegung hinsichtlich der ersten genannten Frage?)
- Erlaubter Mindestabstand zwischen den Fahrzeugen im Platoon (verbrauchsoptimaler Abstand, der auch die ausreichende Motorkühlung der Folgefahrzeuge sicherstellt ist nach Meinung der Asfinag 10-15 m, aktueller Mindestabstand zwischen Lkw laut § 18 Abs. 4 Straßenverkehrsordnung 1960: 50 m)
- Haftungsfragen unterschiedlichster Art (zwischen PlatoonführerInnen und Platoon-FolgefahrerInnen, zwischen Technologie- bzw. FahrzeugherstellerInnen und FahrerInnen bzw. FrächterInnen, andere)

Notwendige organisatorische Lösungen:

- Platooning-Plattformen, die das Zusammenstellen/Auflösen von Platoons zwischen unterschiedlichen FrächterInnen anbieten sowie die Abrechnung zwischen Platoon-TeilnehmerInnen abwickeln, müssen sich entwickeln, sonst könnte Platooning nur von großen FrächterInnen unternehmensintern genutzt werden.
- Abrechnungskonzept, das das gleichmäßige Verteilen eines möglichen Platooningkostenvorteils auf alle PlatooningnutzerInnen gewährleistet, wenn unternehmensübergreifende Platoons über die oben erwähnten Plattformen organisiert werden.
- Für diese Organisations- und Abrechnungsplattform bedarf es eines (oder mehrerer) neutraler Serviceprovider.
- Darüber hinaus müsste es zu einem Umdenken in der Branche kommen, da das Nutzen dieser Plattform und damit des Platoonings das Kooperieren zwischen den FrächterInnen verlangt (auch wenn das Kooperieren nicht direkt, sondern über den Service-Provider indirekt stattfindet).
- Finden solche (indirekten) Kooperationen zwischen Konkurrenzbetrieben statt, so könnte dies wegweisend für zukünftige Kooperationen (z.B. Vehicle Sharing) sein.
- Um die genutzte Infrastruktur durch Platoons nicht zu überfordern (baulich und verkehrlich), könnten AutobahnbetreiberInnen eventuell zukünftig eigene Fahrtrechte und Zeitslots für Platoons vergeben. Dies könnte auch Einfluss auf die Mauttarife für Platoons haben. Dazu ist aber auch ein entsprechender rechtlicher Rahmen zu schaffen, der es den AutobahnbetreiberInnen ermöglicht, einen solchen Eingriff vorzunehmen.

Werden die angesprochenen Platooning-Plattformen nicht angeboten, hätten kleine und mittlere FrächterInnen keine Chance von diesem System zu profitieren, da diese nur in den seltensten Fällen hinreichend große Aufträge haben, um mehrere Lkw auf längere Strecken zeitgleich hintereinander fahren zu lassen. In diesem Fall würde es zu einer weiteren sehr deutlichen Konsolidierung der Branche im Fernverkehr kommen, da nur die großen FrächterInnen dieses System nutzen könnten und damit die entsprechenden Kostenvorteile lukrieren würden.

Neben der Schaffung eines geeigneten rechtlichen Rahmens und der Entwicklung von Plattformangeboten, die von neutralen Service Providern betrieben werden könnten, wären auch die infrastrukturellen Rahmenbedingungen zu prüfen. Ein Platoon mit entsprechend kurzen Abständen zwischen den Fahrzeugen (verbrauchsoptimaler Abstand wären ca. 10m zwischen den Fahrzeugen) wirkt auf Brücken ähnlich wie ein schwerer Lang-Lkw. Das gleichzeitige Gewicht auf der Brücke würde deutlich erhöht werden und damit würde auch die Belastung des Bauwerkes steigen. Die (Autobahn)Brücken müssten für diese statische und dynamische Zusatzbelastung ausgelegt sein. Dies gilt es im Vorfeld einer Zulassung eines solchen Systems zu prüfen. Ist dies nicht gewährleistet, müssten zum Schutz der Brücken Mindestabstände auf den Brücken definiert werden, die das Platoon zerstören würden (und damit das Gesamtsystem des Platoons in Frage stellen). Ebenso gilt es, Tunnelanlagen und Anschlussstellen auf deren Eignung für Platooning zu überprüfen. Aktuell sind österreichische Tunnelsysteme des hochrangigen Straßennetzes für einen Lkw-Brand ausgelegt und deren Belüftungsanlagen spezifisch konzipiert. Auch die Sogwirkung spielt innerhalb eines Tunnels eine wesentliche Rolle welche nicht zu vernachlässigen ist.

Österreich besitzt im internationalen Umfeld eine sehr geringe Anschlussdichte mit rund 7 km. Hier gilt es deren Eignung im Vorfeld zu erheben. Dazu wäre es notwendig, mögliche zukünftige Einsatzkonfigurationen von Platoons wie Anzahl Lkw pro Platoon (derzeit geplant 2-3 Lkw), Abstand zwischen den Fahrzeugen (derzeit geplant 10-15 m), Art der Betreibermodelle, etc. zu kennen.

Neben Platooning spielen weitere Überlegungen hin zu vollständig autonomen Lkw in den betroffenen Branchen in Österreich aktuell keine Rolle. Es werden aktuell kaum Szenarien eines voll autonomen Lkw-Betriebs überlegt. Diese Option erscheint den Stakeholdern der Branche zu weit entfernt, um darüber gezielt nachzudenken.

4.3.1.2. Transportkosten

Die Automatisierung unterschiedlicher Teilbereiche der Transportkette wirkt auf unterschiedliche Komponenten der Transportkosten. Das Spektrum möglicher Entwicklungen der Transportkosten wird darüber hinaus noch durch die unterschiedlichen Automatisierungs-Levels erweitert. Die folgende Punktation greift wichtige Teilbereiche der Transportkosten und deren Entwicklung heraus.

Die Lkw-Anschaffungskosten werden

- zunächst (bis Level 3 bzw. teilweise 4 – also mit der Notwendigkeit, Personal an Board zu haben) steigen (Einbau neuer Technologie und Sensoren).
- langfristig bei vollautonomen Betrieb ohne Personal am Fahrzeug jedoch wieder sinken, da einerseits Skaleneffekte zum Tragen kommen und damit die neue Technologie billiger wird und andererseits Teile eines aktuellen Lkws (insbesondere FahrerInnenkabine inkl. Schlafkoje) nicht mehr benötigt werden und damit die Fahrzeuge anders (einfacher) konstruiert werden können.
- Zusatzkosten bei der Anschaffung von automatisierten Lkw hängen sehr stark von der Marktdurchdringung und damit der Produktionsstückzahlen der notwendigen zusätzlichen Sensorik und Software ab. Roland Berger (Dressler 2017) erwartet für einen vollautomatisierten Lkw mit zusätzlichen Kosten von EUR 20.000,- bei entsprechend guter Marktdurchdringung. Aktuelle Kosten (ohne Marktdurchdringung) liegen jedoch höher, was insbesondere den aktuellen Kosten der Sensorik geschuldet ist.

Die Lkw-Betriebskosten

- werden während der Übergangszeit ebenfalls steigen, da es zu Zusatzausgaben für IKT und Erhaltung von IKT kommt, jedoch noch kein kompletter Personalwegfall entsteht (für in der Übergangsphase aufrecht zu erhaltende redundante Systeme).
- können auch hoch sein, wenn es Schnittstellen zwischen den Systemen geben muss (Stufe 4) und daher neue „Umschlagsplätze“ zu betreiben sind und die Transportkette neu strukturiert werden muss.
- sinken durch Reduktion der Kosten für FahrerInnen (ist aber unterschiedlich in unterschiedlichen Transportumfeldern. Im Fernverkehr höher, da hoher Personalkostenanteil und geringere Relevanz des Be- und Entladens). Dies kann in Abhängigkeit des Umfeldes und der Automatisierungsstufe die oben angeführten Zusatzkosten ausgleichen bzw. (deutlich) überkompensieren.
- beinhalten eine Veränderung der Versicherungskosten durch sich verändernde Schadenstypen und Schadensausmaße. Dies kann sowohl zu Kostenerhöhungen als auch zu Kostenreduktionen führen (Näheres dazu siehe Kapitel 2.2.4).

Konkrete mit Zahlen belegte Einschätzungen zu den oben genannten Kosteneffekten schwanken zum Teil stark, soweit solche Einschätzungen überhaupt publiziert werden. Entsprechende Kostenschätzungen werden daher an dieser Stelle nicht eingeführt. Die in der folgenden Aufzählungen genannten Eckwerte und Einschätzungen geben zumindest für einige Bereiche der Lkw-Transportkosten entsprechende Hinweise.

Eckwerte und Einschätzungen zu den Kosten:

- Anteil Personalkosten im Straßengüterverkehr aktuell bei ca. 35 % bis 45 % (in Abhängigkeit der Transportrelationen).
- Auch bei vollautonomem Einsatz können nicht alle Personalkosten eingespart werden (IT-Back Office). 50 % Einsparung bei den Personalkosten im Straßengüterverkehr bedeuten ca. 20 % Gesamtkostenreduktion.
- Stichwort FahrerInnenmangel:
 - Der bereits existierende FahrerInnenmangel – insbesondere im Nahverkehr – wird sich durch Tendenzen wie steigendem e-Commerce und damit verbundenen steigenden Paketzustelldienstleistungen noch verschärfen.
 - Automatisierung kann da den Druck herausnehmen, sobald autonome Fahrzeuge auch im Nahverkehr eingesetzt werden können und begleitend entsprechende Übergabesysteme entwickelt werden. Ohne diese Übergabesysteme muss jedoch zumindest für die letzte Meile bei Paketdiensten nach wie vor Personal eingesetzt werden und womit allerdings die notwendige Einsparung von FahrerInnen nicht erreicht werden, um den Fahrermangel zu reduzieren.

- Treibstoff-Einsparung durch effizientere Fahrweise: Im Fernverkehr auf dem hochrangigen Straßennetz bei langen Strecken ohne Zwischenstopps kann durch effizientes Fahren (rechneroptimierte Brems- und Beschleunigungsvorgänge) Treibstoff eingespart werden. In Abhängigkeit der Topologie, der Länge der Strecke und der Verkehrsverhältnisse kann mit geschätzten Einsparungen von durchschnittlich 4 % bis 10 % gerechnet werden. Diese Einsparungen können jedoch durch entsprechende Schulungen des Fahrpersonals im eingeschränkten Maße auch ohne Automatisierung erreicht werden. Vorher-Nachher-Analysen der Effekte von Spritspartrainings für Lkw (Praschl 2010) zeigen durchschnittlich erzielbare Treibstoffreduktionen durch die Spritspartraining im Ausmaß von ca. 6 %. Bei der Umsetzung von Platooning würde der erzielbare Effekt durch das Windschattenfahren etwas steigen. Die Wirkung von Platoons ist am höchsten, wenn sie selten aufgelöst werden. Dies ist auch davon abhängig wie oft sich Platoons neubilden müssen, wenn sich z.B. Fahrzeuge für kürzere Streckenabschnitte anschließen (z.B. mögliche Durchführung der Lenkpause, etc.). Durch die hohe Dichte an Anschlussstellen in Österreich (durchschnittlich etwa alle 7 km Abstand) ist mit einer potentiell höheren Rate an Neubildung und Auflösung der Platoons zu rechnen, wodurch geringere Einsparungseffekte zu erwarten sind.
- Deutlich längerer Einsatz der Fahrzeuge durch Wegfall der Ruhezeiten der FahrerInnen ermöglicht, dass die gleiche Transportleistung mit deutlich weniger Fahrzeugen abgewickelt werden kann. Die zu erwartende Kostenreduktion wird sich allerdings in Grenzen halten, da ein höherer Einsatz pro Zeiteinheit eine erhöhte Wartung und einen schnelleren Austausch gegen Neufahrzeuge bedeutet (da im gleichen Zeitraum deutlich mehr km pro Fahrzeug gefahren werden).
- Bei voller Automatisierung (Pkw und Lkw) kann mit einer Reduktion der Unfälle gerechnet werden: Damit werden sich die Versicherungsprämien in diesem Bereich reduzieren.
- Vorausschauende Wartungssysteme ermöglichen effizientere und zielgenauere Erhaltung und Reparaturmaßnahmen, wodurch sich die Unfälle und Kosten reduzieren werden.

4.3.1.3. Lebensdauer der Assets und Auswirkung auf die Durchdringung autonomer Systeme

Wie schnell sich autonome Systeme bei den einzelnen Verkehrsträgern durchsetzen werden, wird neben der technologischen und der rechtlichen Entwicklung auch von der Lebensdauer der aktuell in Betrieb befindlichen Assets mit beeinflusst.

Im Straßensektor werden Lkw (in Abhängigkeit des Einsatzbereiches) in Europa etwa drei (Fernverkehr) bis zehn Jahre (Nahverkehr) genutzt. Dies ist ein relativ kurzer Einsatzzyklus im Vergleich zu anderen Verkehrsträgern. Dies ermöglicht die relativ rasche Nutzung und Integration von neuen technologischen Entwicklungen. Daher ergibt es im Straßenverkehr Sinn, auch Zwischenstufen des automatisierten Fahrens zu nutzen. Dies beschleunigt einerseits die Durchdringung neuer Systeme und hilft auf der anderen Seite bei der Weiterentwicklung der Systeme, da von den Erkenntnissen der bereits im Echtbetrieb befindlichen Systeme für die Weiterentwicklung gelernt werden kann.

Im Schienensektor gibt es deutlich längere Nutzungsdauern des rollenden Materials. Neue Systeme müssen komplett ausgereift sein, bevor sie implementiert werden, da sich der Einsatz von Zwischenstufen nicht rentiert. Damit wird es alleine auf Grund der Lebensdauern der Assets unterschiedliche Geschwindigkeiten bei der Umsetzung von automatisierten Komponenten bei den unterschiedlichen Verkehrsträgern geben.

4.3.1.4. Zukünftige Betreiberformen

Neben der zu erwartenden Entwicklung durch den Einsatz von Platooning (siehe Kapitel 4.3.1.1) ist zu erwarten, dass sich durch den Einsatz autonomer Lkw (Level 5) die Betriebsformen ändern werden und sich die existierende FrächterInnenstruktur ändern wird.

In Österreich sind nach wie vor viele FrächterInnen Kleinunternehmen mit einigen wenigen Fahrzeugen. Oft sind die UnternehmerInnen zugleich auch Lkw-FahrerInnen. Diese Struktur wird es in Zukunft kaum mehr geben. Da der Einsatz autonomer Fahrzeuge entsprechende Back Office-Systeme benötigt und diese Systeme sich erst ab einer gewissen Anzahl an Fahrzeugen, die durch das System betreut werden, rentieren, wird der Betrieb autonomer Lkw für kleine und mittelgroße Unternehmen nicht rentabel sein.

Damit wird die in Österreich noch existierende Kleinteiligkeit der Branche verloren gehen.

Abgesehen von dieser Entwicklung kann jedoch damit gerechnet werden, dass sich beim Betrieb von autonomen Lkw auch neue Betriebsformen entwickeln werden, da Unternehmen dann wesentlich IT-lastiger sein werden und nur mehr fahrerlose Transportgefäße zu steuern haben. Die Entwicklungen im Bereich Physical Internet können diese Veränderung hin zu neuen Betriebsformen verstärken.

Mögliche zukünftige Betriebsoptionen können sein:

Lkw-HerstellerInnen als BetreiberInnen

- Eine ähnliche Entwicklung wie bei Free-Floating-Carsharing, das von FahrzeugherstellerInnen betrieben wird, ist auch beim Betrieb von autonomen Lkw vorstellbar. Die HerstellerInnen haben das Rüstzeug und die Erfahrung, die notwendigen IT-Kontrollzentren (Back Office) zu betreiben und damit die eigenen Lkw ebenfalls zu betreiben. Synergien mit vorhandenen IT-Ressourcen können erzeugt werden. Zusätzliches Fahrpersonal, das heute noch notwendig ist, muss dann nicht eingestellt und betreut werden. Logistik-Kompetenz müsste nur im eingeschränkten Ausmaß eingekauft werden, da die Logistik in diesem Fall weiterhin von den Logistikunternehmen betrieben wird.

LogistikerInnen als BetreiberInnen

- Manche Logistikunternehmen sind heute nach wie vor auch Lkw-BetreiberInnen. Dies kann sich zukünftig, wenn autonome Fahrzeuge am Markt sind, wieder verstärken. LogistikerInnen können den Betrieb der Fahrzeuge mittels auszuweitender Logistik-IT direkt steuern. Diese Tendenz würde jedoch eine Verschiebung des Transportanteils zu Ungunsten der Schiene bedeuten, da LogistikerInnen, die ja in vielen Fällen die Entscheidung über die Transportmittelwahl treffen, dann danach streben werden, ihre Assets (die autonomen Fahrzeuge) entsprechend auszulasten.

Platooning-Service-AnbieterInnen als BetreiberInnen

- Wie in Kapitel 4.3.1.1 beschrieben, benötigt der Betrieb von unternehmensübergreifenden Platoons neutrale Service-Provider. Diese Provider könnten zukünftig ihr Geschäftsfeld erweitern und den Betrieb autonomer Lkw übernehmen. Die Struktur zur Führung der Service-Plattform samt Abrechnungsmodalitäten ist durchaus geeignet, auch Lkw zu betreiben. In diesem Fall gilt ähnliches wie beim Betrieb durch die FahrzeugherstellerInnen: Logistik-Kompetenz müsste nur im eingeschränkten Ausmaß eingekauft werden, da die Logistik in diesem Fall weiterhin von den Logistikunternehmen betrieben wird.

Für den Bahnbereich sind entsprechende Veränderungen nicht zu erwarten, da im Bahnbereich gänzlich andere Strukturen (vor allem Großunternehmen) existieren, die den Einsatz von automatisierten Systemen in den bestehenden Unternehmensstrukturen zulassen.

4.3.1.5. Bahnspezifischer Rahmen

Die Kosten für die Umrüstung wesentlicher Komponenten für die Automatisierung im Bahnbereich sind vergleichsweise hoch. So kostet die Ausrüstung einer Lok mit ETCS ca. EUR 600.000,- (Beller 2012). ETCS wiederum unterstützt dabei „nur“ den Schienenhauptlauf. Der automatisierte Zugbetrieb (ATO) auf der Strecke hat jedoch im Vergleich zu anderen Vorgängen im Bahnbereich relativ geringes Kosteneinsparungspotenzial. Die Personalkosten auf der Hauptstrecke stellen einen im Vergleich zum Lkw geringen Anteil dar, da die Kosten eines/r Triebfahrzeugführers/TriebfahrzeugführerIn auf das transportierte Gewicht des Zuges (ca. 550 Tonnen durchschnittliches Ladungsgewicht – Quelle: RCA) aufzuteilen sind. Bei einer Lkw-Fahrt sind die aufzuteilenden Kostenanteile des/r Lkw-Fahrers/Fahrerin in Bezug auf ein durchschnittliches transportiertes Gewicht pro Lkw von ca. 15 Tonnen (im Fernverkehr – Quelle: BMVIT 2017a) deutlich höher. Im Schienen-Vor- und Nachlauf stiegen die relativen Personalkosten pro transportierter Tonne, da pro Lok weniger Waggons und damit weniger Tonnage transportiert wird und der notwendige Verschub ein zeit- und personalintensiver Vorgang ist.

Die kostenintensiven (weil auch personalintensiven) Vorgänge im Bahngüterverkehr liegen im Verschub und Umschlag sowie in der Zugbildung. In diesen Bereichen gibt es eine Reihe von Vorgängen, die automatisiert werden könnten.

Beispiele dafür sind:

- Reihungsaufnahme (hohe Optimierungspotenziale)
- Abgangskontrolle des Zuges
- Kontrolle der wagentechnischen Daten (Türen, Ventile) über Sensor- und RFID-Technik
- Erkennung der Einsatzbereitschaft von Bremsen, Bremskontrolle
- Ortung und Zustandsüberwachung der Wagen
- Kuppeln und Entkuppeln
- Umschlagsvorgang im Terminal
- etc.

Einige der genannten Vorgänge können jedoch nur unter der Voraussetzung einer Mittelpufferkupplung mit Strom- und Datenverbindung zwischen den Wagen automatisiert werden. Da in Europa alle Güterwagen ohne diese Kupplung betrieben werden, existiert keine Energieleitung zwischen den Wagen. Damit fallen viele Automatisierungsoptionen so lange weg, solange das Europäische Bahngüterverkehrssystem nicht entsprechend umgestellt wird. Diese Umstellung, die bereits in den 1960er und 1970er-Jahren angedacht war, erfordert einen hohen logistischen und einen noch höheren finanziellen Aufwand. An diesem hohen Aufwand sind die geplanten Umstellungen jeweils gescheitert. Darum werden aktuell auch Überlegungen angestellt, bestimmte Logistikkorridore zu schaffen, in welchen so weit wie möglich bereits mit automatischer Kupplung ausgerüstete Wagen betrieben werden. Diese Vorgehensweise benötigt zwar ebenfalls einen hohen transportlogistischen bahninternen Aufwand, damit die benötigten Wagen jeweils zur Verfügung stehen, reduziert aber die Kosten der Umstellung bzw. ermöglicht die Verteilung der Umstellungskosten über einen längeren Zeitraum.

Auch Tendenzen hin zu autonomen Wagen, die für die teure letzte Meile (zum Beispiel in die Anschlussbahnen) selbstständig ohne Lok fahren können, hängen von der Umsetzung der Mittelpufferkupplung ab, da nur mit dieser ein automatisiertes Zusammenfügen mehrerer autonomer Wagons zu Zügen erfolgen kann.

Im Gegensatz dazu ist der Einsatz von automatisierten Prozessen in Terminals für den Kombinierten Verkehr nur in Teilbereichen (Zugbildung im Terminal) von der Mittelpufferkupplung abhängig. Damit besteht zumindest in diesem Bereich die Möglichkeit bereits kurzfristig Prozesse (Umschlag selbst, Sortierung, Abstellen und Aufnehmen der Container im Terminal) zu automatisieren.

Auch Teilbereiche bei der Zugbildung, die nicht vom Kuppeln abhängig sind, können unabhängig von der Mittelpufferkupplung automatisiert werden und bereits kurz- bis mittelfristig auch im Bahnbereich Kostenreduktionen erzeugen.

Kleine Automatisierungsschritte in Teilbereichen wie zum Beispiel die Aktorik am bzw. im Güterwagen (z.B. Öffnen und Schließen von Luken, Türen bzw. Abdeckungen) sind kurzfristig und ohne die Notwendigkeit zur Abstimmung und Harmonisierung des gesamten Bahnsektors möglich.

Hervorzuheben ist, dass im Schienenbereich wesentlich stärker als im Straßenbereich eine abgestimmte Vorgehensweise zwischen der Infrastruktur und dem Betrieb wichtig ist. In vielen Bereichen ist eine Automatisierung nur möglich, wenn Infrastruktur und rollendes Material entsprechend gerüstet sind, um miteinander kommunizieren zu können. Nur so kann das ganze Potenzial der Automatisierung im Schienenbereich abgeschöpft werden. Bestes Beispiel ist die Entwicklung und Implementierung von ETCS, als eine wichtige Voraussetzung für die Automatisierung im Schienenhauptlauf – sowohl die Infrastruktur als auch die Fahrzeuge müssen entsprechend ausgestattet sein, um das System nutzen zu können.

4.3.2. Synergie und Trade-Offs zwischen den einzelnen Transportkettenkomponenten

Wie bereits an einigen Stellen der bisherigen Ausführungen skizziert, gibt es Wechselwirkungen bei der Automatisierung der unterschiedlichen Transportkettenkomponenten. Dies bedeutet, dass die parallele Umsetzung von Automatisierungsschritten bei mehreren Transportkettenkomponenten die Effekte (vor allem hinsichtlich der Transportkosten) verstärken (bzw. in wenigen Fällen eventuell reduzieren) können.

Ein typisches Beispiel dafür ist die Automatisierung des Lkw-Hauptlaufes (Stufe 5 des autonomen Fahrens – also die Möglichkeit das Fahrzeug fahrerlos zu betreiben) und die Automatisierung der Be- und Entladung im Straßengüterverkehr (Vorgang bei vollständiger Automatisierung ohne Personal). Da in den meisten Fällen im Straßengüterverkehr der/die FahrerIn für die Be- und Entladung zuständig ist, wird kaum Personal eingespart, wenn nur eine der beiden Komponenten vollständige Automatisierung erreicht hat, da in diesem Fall der/die FahrerIn für die jeweils andere Komponente weiterhin benötigt wird und daher der Lkw jedenfalls nicht ohne Personal unterwegs sein kann. Erst wenn beide Komponenten gleichwertig automatisiert sind, kann Personal im Lkw auch tatsächlich eingespart werden.

Mittels Analyse aller sinnvoll möglichen Kombinationen von Automatisierung der Einzelkomponenten konnten folgende Synergie zwischen den einzelnen Transportkettenkomponenten identifiziert werden (siehe Tabelle 1):

Tabelle 1: Komponenten der Transportketten mit Synergiemöglichkeiten

Komponenten mit Synergiemöglichkeiten	Erklärung
Verladung Ladungsträger Ankoppeln von Anhängern/ Aufliegern Ladungssicherung Lkw-Fahrt zum Terminal Lkw-Fahrten im Terminal	Alle diese Tätigkeiten werden üblicherweise vom/von der Lkw-FahrerIn durchgeführt. Wird nur eine dieser Komponenten nicht automatisiert, kann der/die FahrerIn nicht komplett eingespart werden oder andere TeilnehmerInnen der Transportkette müssen den nicht automatisierten Teilbereich abwickeln. Dies würde eine Neuorganisation der aktuell üblichen Abläufe erfordern.
Verladung Ladungsträger Ladungssicherung Lkw-Hauptlauf	Alle diese Tätigkeiten werden üblicherweise vom/von der Lkw-FahrerIn durchgeführt. Wird nur eine dieser Komponenten nicht automatisiert, kann der/die FahrerIn nicht komplett eingespart werden oder andere TeilnehmerInnen der Transportkette müssen den nicht automatisierten Teilbereich abwickeln. Dies würde eine Neuorganisation der aktuell üblichen Abläufe erfordern.
Terminal: Umschlag Ladungsträger in Zwischenlager Terminal: Umschlag Ladungsträger für Weitertransport	Beide Tätigkeiten werden entweder vom Umschlagskran oder von geeigneten Container-Staplern durchgeführt. Erfolgt nur die Automatisierung eines der beiden Vorgänge, kann der/die Kran- oder StaplerfahrerIn nur bedingt eingespart werden. Da jedoch beide Vorgänge sehr ähnlich sind ist davon auszugehen, dass diese Vorgänge grundsätzlich mit einem System automatisiert werden (können).
Verschubfahrten zur Zugbildung Zugbehandlung (Langmachen, Entkuppeln, Kurzmachen, etc.) automatisierte Fahrt zu/auf Anschlussbahn	Eine wichtige Komponente, die zur vollständigen Automatisierung dieser Arbeitsschritte notwendig ist, ist die automatische Mittelpufferkupplung. Zusätzliche Komponenten, die rund um diese Kupplung notwendig sind, um eine entsprechende Automatisierung zu erreichen, ergänzen sich und unterstützen die Automatisierung der jeweils anderen Komponenten. Darüber hinaus werden zumindest Verschubfahrten und die Zugbehandlung zum Teil vom gleichen Personal durchgeführt. Ein erhöhter Effizienzgewinn kann daher erzielt werden, wenn alle diese Komponenten automatisiert sind.
Rangierbetrieb der Schiffe im Hafen eigentliche Schifffahrt	Beide Tätigkeiten werden zumindest zum Teil vom gleichen Personal (der Schiffsbesatzung) durchgeführt. Wird nur eine dieser Komponenten nicht automatisiert, kann das Schiffspersonal nicht komplett eingespart werden.
eigentliche Lkw-Fahrt Lkw-Fahrt vom Terminal/Hub zu Lieferadresse Übernahme der Waren/Güter	Alle diese Tätigkeiten werden üblicherweise vom/von der Lkw-FahrerIn durchgeführt. Wird nur eine dieser Komponenten nicht automatisiert, kann der/die FahrerIn nicht komplett eingespart werden, oder andere TeilnehmerInnen der Transportkette müssen den nicht automatisierten Teilbereich abwickeln. Dies würde eine Neuorganisation der aktuell üblichen Abläufe erfordern.

Tradeoffs, also sich gegenseitig aufhebende Effekte, wenn parallel mehrere Transportkettenkomponenten gleichzeitig automatisiert werden, konnten nicht identifiziert werden. Damit muss bei der Implementierung nicht unbedingt auf die zeitliche Abfolge der Implementierung einzelner Komponenten geachtet werden, da zumindest nicht mit effektreduzierenden Interdependenzen zu rechnen ist.

4.3.3. Szenarienbewertung

Entsprechend den Ausführungen in Kapitel 4.1 erfolgt die Szenarienbewertung ausgehend von einer qualitativen und darauf aufbauend ordinalskalierten Bewertung der einzelnen Transportkettenkomponenten je Bewertungsindikator.

Ausgehend von den so gewonnenen Einschätzungen wird die ordinalskalierte Bewertung mit der Veränderung des Automatisierungsgrades je Szenario verknüpft und eine entsprechend ermittelte Szenarienbewertung je Komponente und Indikator ermittelt, die im Detail im Anhang (Kapitel 9.3) dargestellt ist.

4.3.3.1. Innerbetriebliche Logistik

Die fortschreitende Automatisierung der innerbetrieblichen Rohstoffversorgung hat vernachlässigbare Auswirkungen auf Transportkosten und Transportzeit, da erzielbare Kostenreduktionen nicht den Transportkosten zuzuordnen sind und die erzielbare Reduktion bei den Personalkosten zum Teil durch Investitionen in Systeme (insbesondere Hardware) ausgeglichen werden. Zeitersparnisse über die gesamte Transportkette können nicht lukriert werden, da meist wenig komplette Vorgänge automatisiert werden, die kaum mit deutlichen Zeiteinsparungen einhergehen. Die Transportqualität kann durch die Systematisierung und einer damit einhergehenden Fehlerreduktion etwas erhöht werden. Dies wird bis 2035 geringfügig und bis 2045 (bei Erreichung der maximalen Automatisierungsstufe) merkbar zum Tragen kommen.

Der interne Transport von der Produktionsstätte zum Lager hat nur einen geringen Anteil an den gesamten Transportkosten und kann durch notwendige Investitionen nur geringfügig reduziert werden. Diese Reduktion fällt somit kaum ins Gewicht. Durch die Systematisierung der Abläufe kann die Transportzeit bei standardisierten Abläufen etwas reduziert werden. Dies gilt jedoch nicht für innerbetriebliche Transport mit Spezialanforderungen, nicht systematisiert werden können. Auf Grund der Systematisierung kann auch die Fehlerquote verringert und damit die Sicherheit für die zu transportierenden Güter erhöht werden. Dies wird bis 2035 etwas und bis 2045 (bei Erreichung der maximalen Automatisierungsstufe) merkbar zum Tragen kommen.

Die Automatisierung der Zwischenlagerung bzw. des Umpackens hat keinen Einfluss auf den eigentlichen Transport. Erzielbare Automatisierungen (bis 2045 kann der Automatisierungsgrad in diesem Bereich von Stufe 3 auf die maximal zu erreichende Stufe 4 erhöht werden) beeinflussen zwar die Abläufe und Aufwendungen des Lagerprozesses, jedoch nicht den eigentlichen Transportablauf.

Der interne Transport vom Lager zum Transportmittel bzw. Ladungsträger ist im Wesentlichen wie der Transport von der Produktionsstätte zum Lager zu betrachten.

Die Automatisierung der Verladung hat im Bereich der innerbetrieblichen Logistik das höchste Potenzial zur Reduktion der Transportkosten und zur Erhöhung der Transportqualität. Aktuell für die Verladung eingesetzte MitarbeiterInnen können anderweitig eingesetzt (Umschlungen erforderlich) bzw. abgebaut werden. Diesem Vorteil stehen vergleichsweise niedrige Investitionen gegenüber. Die Verladung durch Personal hat eine vergleichsweise hohe Fehleranfälligkeit, die durch die Systematisierung reduziert werden kann. Der aktuell geringe Automatisierungsstatus (Level 1 von 4) kann bereits bis 2035 um zwei Stufen erhöht werden und damit die zu erwartenden Verbesserungen lukriert werden. Weitere Automatisierungsschritte zwischen 2035 und 2045 sind jedoch nicht zu erwarten.

Die Automatisierung der Ladungssicherung wird kaum Änderungen in den Transportkosten bringen, da nur komplexe und kostenintensive Systeme eine solche Sicherung übernehmen können und sich die Kosten zwischen diesen Systemen und den Kosten des aktuell eingesetzten Personals die Waage halten werden. Jedoch wird die Transportqualität durch die Systematisierung und die damit verbundene Reduktion der Fehler und der Ausfälle erhöht. Diese Erhöhung kann durch eine sukzessive Erhöhung der Automatisierungsstufen bis 2045 laufend verstärkt werden.

4.3.3.2. Vorlauf (Transport per Lkw zum Umschlagterminal)

Das Automatisieren des Ankoppelns von Aufliegern bzw. Anhängern bringt kaum Änderungen bei Transportkosten (Kosten reduzieren sich erst, wenn Lkw vollständig autonom unterwegs sind, da FahrerInnen für das Koppeln zuständig sind und solange diese nicht ersetzt werden können, bringt die Automatisierung dieses Vorgangs keine Kosteneinsparung), Transportzeit (der Vorgang kann automatisiert nicht beschleunigt werden) und Transportsicherheit (es sind kaum Ausfälle durch schlechtes Koppeln bekannt).

Die Automatisierung der Lkw-Fahrt führt zu einer deutlichen Kosteneinsparung, da eine Erhöhung der Anschaffungskosten den Wegfall der MitarbeiterInnen nicht wettmachen wird. Jedoch ist das voll autonome Fahren der Lkw (erst dann können FahrerInnen komplett eingespart werden) frühestens im Szenario 3 (2045) zu erwarten. Bis zur vollen Automatisierung werden auch die Kosteneinsparungen nicht so deutlich ausfallen. Fahrzeiten können im Vor- und Nachlauf im Vergleich zum Fernverkehr, kaum reduziert werden können, da Lenk- und Ruhezeiten in diesem Bereich im Vergleich zum Fernverkehr eine nicht so stark einschränkende Wirkung haben. Auch die Transportsicherheit während der Lkw-Fahrt kann kaum erhöht werden, da eine Erhöhung der Transportsicherheit nur dann denkbar ist, wenn der gesamte Straßenverkehr (auch MIV – Motorisierter Individualverkehr) automatisiert ist und damit menschliche Fehler ausgeschlossen werden können. Andernfalls können Unfälle nicht ausgeschlossen werden, im Mischverkehr könnten sie eventuell sogar steigen. Auch die Pünktlichkeit steigt kaum, da Staus (durch Überlastung) mittels Automatisierung nicht verhindert werden können (außer bei 100 %-iger Automatisierung und automatisierter, gesamtverkehrsoptimierter Steuerung aller Fahrzeuge).

Die Automatisierung der Fahrt im Terminal kann Kostenvorteile bringen, wenn auch Eingang und Ausgang inkl. administrativer Erfassung, etc. automatisiert ist und der Lkw nicht manuell angemeldet werden muss sowie die Steuerung durch das Terminalsystem übernommen wird. Diese Einsparungen fallen jedoch nicht so stark wie bei der Lkw-Fahrt aus, da der Anteil der Kosten dieses Vorganges an den Gesamtkosten nicht so hoch ist. Da im Terminal ein abgeschlossenes System besteht und daher die Entwicklung der Automatisierung im Vergleich zur Fahrt auf öffentlichen Straßen keine Rolle spielt, kann die Transportqualität durch die Reduktion von Fahrfehlern im Terminal erhöht werden. Diese Verbesserung kann sukzessive über den Zeitraum bis 2045 erhöht werden, da sich der Automatisierungsgrad bis 2025, 2035 und 2045 jeweils um eine Stufe erhöhen wird.

Der Umschlag vom Ladungsträger (im Lager oder zum Weitertransport) weist bereits aktuell Automatisierungsstufe 3 von 4 auf. Bis 2035 ist zu erwarten, dass eine vollständige Automatisierung des Vorganges möglich ist. Dies bewirkt geringfügige Kostenreduktionen durch effizientere Ausnutzung der Umschlagseinrichtung und Reduktion der MitarbeiterInnen im Umschlagsbereich. Der erhöhte Bedarf an IT-MitarbeiterInnen im Terminal wird die mögliche Kostenreduktion etwas reduzieren. Ähnliches gilt für die Transportqualität, da Ausfälle durch falsches (schlechtes) Handling von Ladungsträgern minimiert und damit Ausfälle reduziert werden können. Ein weiterer Vorteil im Zuge der Automatisierung des Umschlages wäre die durchgängige elektronische Speicherung der exakten Standorte aller Ladungsträger im Terminal, wodurch eine optimierte Sortierung/Lagerung der einzelnen Ladungsträger möglich ist, um ein zeitgerechtes Auffinden und Umschlagen zu ermöglichen.

4.3.3.3. Hauptlauf (Transport per Schiene)

Die Zugbildung hat zum Teil bereits heute einen relativ hohen Automatisierungsgrad (Stufe 3 von maximal 4). Bis 2035 ist damit zu rechnen, dass die höchste Stufe der Automatisierung erreicht wird. Dieser Sprung ermöglicht eine weitere Kostenreduktion des grundsätzlich personalintensiven Vorganges. Damit einhergehend kann auch eine geringfügige Reduktion der Transportzeit erreicht werden, da Züge schneller und optimierter zusammengestellt werden können. Damit einhergehend kann die Transportqualität erhöht werden, da Verschubfehler, die zu Ausfällen führen, reduziert werden und intelligente Waggons mittels eigenen Tracking, automatisierten Statusmeldungen, etc. auch die Zugbildung unterstützen und damit die Verlässlichkeit auf der Wagenebene erhöhen könnten. Darüber hinaus erhöht sich die Abfahrtpünktlichkeit, da Fehler in der Zugbildung, die korrigiert werden müssen, die planmäßige Abfahrt verzögern.

Die Automatisierung der Zugbehandlung (Langmachen, Entkuppeln, Kurzmachen) hat das höchste Einsparungspotenzial aller Transportkettenkomponenten, da dies einerseits ein sehr personalintensiver Vorgang und andererseits ein noch nicht automatisierter Bereich ist und demnach noch ein hoher Aufholbedarf in Sachen Automatisierung besteht und auch möglich ist. Zu erwarten ist jedoch, dass wesentliche Vorteile erst 2035 und im vollen Ausmaß 2045 lukriert werden können. Neben der Personaleinsparung in diesem Bereich kann die Automatisierung auch Verschubwege optimieren und damit auch Verschublokomotiven schonen und einsparen. Wesentliche Voraussetzung für die Automatisierung in diesem Bereich ist eine flächendeckende Einführung einer automatischen Kupplung in Europa. Die Transportzeit kann ebenfalls reduziert und die Transportqualität erhöht werden, jedoch nicht im gleichen Ausmaß wie die erzielbare Verbesserung bei den Transportkosten.

Für die Automatisierung von Bremsprobe und Lichtraumüberprüfung gilt ähnliches wie für die Zugbehandlung, jedoch bei der Kosteneinsparung auf niedrigerem Niveau, da der Vorgang nicht so personalintensiv wie die Zugbehandlung ist.

Die Automatisierung der eigentlichen Zugfahrt bringt im Vergleich zu den beiden letztgenannten Bereichen ein geringeres Kosteneinsparungspotenzial trotz ähnlich zu erwartendem Automatisierungsfortschritt, da der Personaleinsatz für die eigentliche Zugfahrt relativ gering ist, jedoch der Aufwand für die Automatisierung (Investition und Betrieb) relativ hoch ist. Die Transportzeit im Hauptlauf ist sehr stark vom Zusammenspiel mit dem Personenverkehr abhängig. Entscheidende Verbesserungen aufgrund der Automatisierung im Güterverkehr sind nicht zu erwarten. Demgegenüber sind geringfügige Verbesserungen der Transportqualität zu erwarten, da durch Digitalisierung des Schienennetzes und im Zusammenspiel mit vernetzten und intelligenten Güterwagen (Tracking und Zustandsanalyse) die Verlässlichkeit erhöht werden kann.

4.3.3.4. Hauptlauf (Transport per Binnenschiff)

Ähnlich wie bei einem Umschlag in einem Terminal des Kombinierten Verkehrs, kann auch die Automatisierung des Umschlags im Hafen die Transportkosten leicht reduzieren. Damit können die Umschlagseinrichtungen effizienter ausgelastet werden und die Anzahl der operativen MitarbeiterInnen reduziert werden. Dem steht jedoch ein erhöhter Bedarf an IT-MitarbeiterInnen gegenüber. Die Transportzeit wird kaum beeinflusst, da der Umschlagsvorgang an sich nur geringfügig beschleunigt werden kann. Die Transportqualität steigt beim Containerumschlag, da Ausfälle durch falsches (schlechtes) Handling von Ladungsträgern reduziert bzw. minimiert werden können. Die Qualität ändert sich jedoch kaum im Fall von Bulk (da die Beschädigungswahrscheinlichkeit bereits jetzt kaum gegeben ist). Mit entsprechenden Änderungen ist jedoch frühestens 2035 zu rechnen, da erst dann weitere Automatisierungsschritte zu erwarten sind (der aktuelle Automatisierungsstatus ist bereits bei Stufe 2 von maximal 4 möglich).

Durch Automatisierung der Ladungssicherung kann die Transportqualität verbessert werden, da Ausfälle durch eine automatisierte Sicherung reduziert, die eigentliche Sicherung verbessert und weniger fehlerhaft durchgeführt wird und einheitlich kontrolliert werden kann. Damit werden Beschädigungen reduziert. Da in diesem Bereich noch keine Automatisierung umgesetzt wurde, besteht hohes Verbesserungspotenzial, das bis 2045 voll ausgeschöpft werden wird. Im Vergleich dazu können jedoch bei den Transportkosten und der Transportzeit keine Verbesserungen erreicht werden, da die Sicherungskontrolle nicht sehr personalaufwendig ist und automatisierte Systeme in diesem Bereich eher kostenintensiv sind und die Sicherungsvorgänge nicht beschleunigen können.

Der Rangierbetrieb der Schiffe im Hafen kann durch Automatisierung kosteneffizienter durchgeführt werden (Personalreduktion) und die Transportqualität durch Reduktion von Ausfällen durch Rangierfehler erhöht werden. Ähnlich wie bei der Ladungssicherung wird der Rangierbetrieb aktuell kaum automatisiert durchgeführt (Stufe 0) und es besteht damit großes Potenzial zur Entwicklung und entsprechendem Einsatz von entsprechenden Automatisierungsschritten, die bis 2045 (Stufe 4) erfolgen könnten.

Die Automatisierung der eigentlichen Schifffahrt bringt kaum Vorteile bei den Kosten (Personalkostenanteil ist sehr gering), der Transportzeit (Automatisierung hat keinen Einfluss auf die Fahrzeit) und Qualität (geringe Ausfallswahrscheinlichkeit, die durch nicht automatisierbare Faktoren (Wasserstand, Eis) beeinflusst werden).

4.3.3.5. Hauptlauf (Transport per Lkw)

Der Anteil der Personalkosten an den Kosten des Lkw-Hauptlaufes ist relativ hoch. Dementsprechend kann eine Automatisierung, die den Einsatz von Lkw im Hauptlauf ohne Personal ermöglicht, deutliche Kostenreduktionen bewirken. Darüber hinaus müssen die Lenk- und Ruhezeiten nicht mehr berücksichtigt werden und die Lkw können länger eingesetzt werden. Somit kann das gebundene Kapital besser genutzt werden. Jedoch ist das voll autonome Fahren der Lkw (erst dann können FahrerInnen komplett eingespart werden) frühestens im Szenario 3 (2045) zu erwarten. Bis zur vollen Automatisierung werden auch die Kosteneinsparungen nicht so deutlich ausfallen. Fahrzeiten können bei einem fahrerlosen Einsatz reduziert werden, da auf die Lenk- und Ruhezeiten nicht geachtet werden müsste. Die Transportsicherheit während der Lkw-Fahrt kann kaum erhöht werden, da eine Erhöhung der Transportsicherheit nur dann denkbar ist, wenn, wie bereits erwähnt, der gesamte Straßenverkehr (auch MIV) automatisiert ist und damit menschliche Fehler ausgeschlossen werden können. Andernfalls können Unfälle nicht ausgeschlossen werden, im Mischverkehr könnten die Unfallzahlen eventuell sogar steigen, da die unterschiedlichen Wahrnehmungen von Verkehrssituationen durch Menschen und Computern zu unerwarteten Reaktionen führen können. Auch die Pünktlichkeit steigt kaum, da Staus (durch Überlastung) mittels Automatisierung nicht verhindert werden können (außer bei 100 %-iger Automatisierung und automatisierter, gesamtverkehrsoptimierter Steuerung aller Fahrzeuge).

Punktgenaue und automatisierte Wartungen reduzieren den Ausfall von Lkw durch aufwendige Reparaturen – dies senkt die Kosten durch den effizienteren Einsatz des gebundenen Kapitals und die Reduktion von Reparaturkosten. Da auch

der Fahrzeugausfall während des Transportes reduziert werden kann, wird die Transportqualität erhöht. Fahrzeiten ändern sich durch die Automatisierung der Wartung jedoch nicht. Bis 2045 können diese Vorteile jedoch nicht vollständig lukriert werden, da sich der Automatisierungsgrad sukzessive von aktuell Stufe 0 bis 2045 zu Stufe 3 (von 4) erhöhen wird.

4.3.3.6. Nachlauf (Transport per Lkw zum Empfänger)

Für diese Transportkomponente gilt das gleiche wie für die Lkw-Fahrt zum Terminal (siehe Kapitel 4.3.3.2).

4.3.3.7. Nachlauf (Transport per Schiene zum Empfänger)

Die Transportkosten können durch Automatisierung des Schienen-Nachlaufes deutlich gesenkt werden, da der Personalaufwand in Relation zur Transportmenge im Vergleich zum Zug-Hauptlauf mehr Anteil an den Gesamtkosten hat (kürzere Züge außer bei Ganzzügen) und die Überwachung dieser Züge durch die Betriebsleitzentralen der EisenbahninfrastrukturbetreiberInnen, die auch den Hauptlauf abwickeln, übernommen werden kann. Darüber hinaus kann der Einsatz von autonom fahrenden Waggons (z.B. auf Anschlussbahnen) die Kosten reduzieren, da das Personal für die Durchführung der Zustell- bzw. Verschubfahrt entfallen könnte. Durch die Reduktion von menschlichem Versagen (in diesem Bereich treten solche Fehler jedoch eher selten auf) kann die Transportqualität geringfügig erhöht werden. Die beschriebenen Effekte können bis 2045 weitgehend lukriert werden, da bis zu diesem Zeitpunkt eine Erhöhung des Automatisierungsgrades in diesem Bereich von Stufe 1 auf Stufe 3 (von 4) zu erwarten ist.

4.3.3.8. Distribution (Verteilung in Regionen / Endadressen)

Für die Fahrt vom Terminal bzw. vom Hub zur Lieferadresse gilt ähnliches wie für die Lkw-Fahrt zum Terminal (siehe Kapitel 4.3.3.2). Hervorzuheben ist jedoch, dass die Transportkosteneinsparung in diesem Fall nicht so deutlich ausfallen wird, da in diesem Bereich der Fortschritt der Automatisierung insbesondere im Zusammenhang mit der Automatisierung der Warenübernahme nicht so stark ausfallen wird und damit Personal nicht komplett eingespart werden kann, solange keine automatisierte Lösung für die Warenübernahme gefunden werden kann. Dementsprechend wird sich der Automatisierungslevel in diesem Bereich bis 2045 nur auf Stufe 3 (von 5) weiterentwickeln.

Das Einsparungspotenzial bei der Automatisierung der Warenübernahme ergibt sich eigentlich beim Fahrpersonal, das beim Lkw auch für diese Tätigkeit zuständig ist. Das Potenzial ist entsprechend bereits bei der Fahrt zur Lieferadresse berücksichtigt. Wie bereits erwähnt, sind in diesem Bereich bis 2045 jedoch keine großen Automatisierungsschritte zu erwarten, da in diesem Bereich eher organisatorische Lösungen gefragt sind, die jedoch ebenfalls noch nicht erkennbar sind. Auf Transportzeit und Transportqualität hat die Automatisierung der Warenübernahme keinen Einfluss.

Ähnliches gilt für die Abholung der Waren. Jedoch kann in diesem Bereich durch einen sanfteren Umgang mit den zu transportierenden Waren bei der Abholung die Transportqualität geringfügig verbessert werden.

4.4. Potenzielle Verlagerungseffekte und Wechselwirkungen

Die Wirkungsanalyse bezüglich der zu erwartenden Veränderung bei Transportkosten, Transportzeit und Transportqualität durch unterschiedliche Automatisierungstendenzen bei den einzelnen Komponenten der Transportkette zeigt, dass sich einerseits die Automatisierung je Komponente unterschiedlich rasch entwickeln wird und andererseits die zu erreichenden Effekte je Komponente unterschiedlich stark ausfallen können.

Diese unterschiedlichen Entwicklungsgeschwindigkeiten und Entwicklungsintensitäten beeinflussen Transportmittelwahlentscheidungen unterschiedlich im Laufe der nächsten Jahrzehnte. Um Transportmittelwahlentscheidungen basierend auf den in Kapitel 4.3.3 dargelegten Detailwirkungen je Transportkettenkomponente skizzieren zu können, werden entsprechende Komponenten zu typischen Transportketten zusammengeführt und die Gesamtwirkung je Transportkette abgeleitet. So können die Transportketten verglichen werden. Dies ermöglicht es, Rückschlüsse auf zukünftige Transportmittelwahlentscheidung aufgrund von Automatisierung der Teilkomponenten zu schließen. Sämtliche Transportketten werden dabei ab der Beladung bis zur Entladung der Transportgüter skizziert.

Innerbetriebliche Logistik bzw. Zwischenlagerungsvorgänge werden nicht integriert, da sich diese Komponenten nicht oder nur unwesentlich zwischen den gewählten typischen Transportketten unterscheiden (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Aufstellung potentieller Verlagerungseffekte

Lkw-Vollladung	Ganzzug (Shuttle)	Lkw-Teilladung	Einzelwagenladung Bahn	Kombinierter Verkehr
Verladung Ladungsträger Eigentliche Lkw- Fahrt Übernahme der Waren/Güter	Verladung Ladungsträger Bremsprobe und Lichtraumüber- prüfung Eigentliche Zugfahrt Übernahme Waren/Güter	Verladung Ladungsträger Fahrt Lieferadresse zu Hub Eigentliche Lkw- Fahrt Zwischenlagerung/ Umpacken Fahrt Hub zu Lieferadresse Übernahme Waren/Güter	Verladung Ladungsträger Fahrt zu/auf Anschlussbahn Verschubfahrten Zugbehandlung Bremsprobe und Lichtraumüber- prüfung Eigentliche Zugfahrt Fahrt zu/auf Anschlussbahn Übernahme Waren/Güter	Verladung Ladungsträger Fahrt zum Terminal Fahrt im Terminal Umschlag Ladungsträger für Weitertransport Verschubfahrten Zugbehandlung Bremsprobe und Lichtraumüber- prüfung Eigentliche Zugfahrt Umschlag Ladungsträger für Weitertransport Fahrt Terminal zu Lieferadresse Übernahme Waren/Güter

Die folgenden Abbildungen geben nochmals einen Überblick über die Entwicklung der Automatisierung in den einzelnen Szenarien für die oben angeführten relevanten Transportkettenkomponenten:

- Abbildung 10: Wesentliche Transportkettenkomponenten und deren Automatisierung (Übernahme und Straße)
- Abbildung 11: Wesentliche Transportkettenkomponenten und deren Automatisierung (Schiene)
- Abbildung 12: Wesentliche Transportkettenkomponenten und deren Automatisierung (KV zusätzlich zur Schiene)

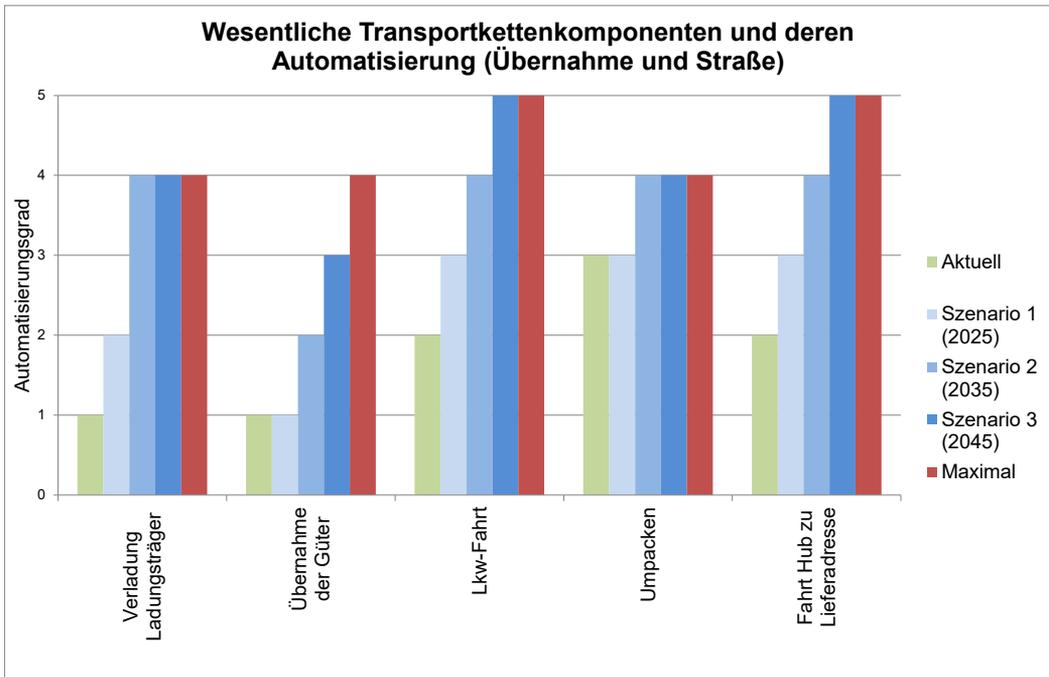


Abbildung 10: Wesentliche Transportkettenkomponenten und deren Automatisierung (Übernahme und Straße)

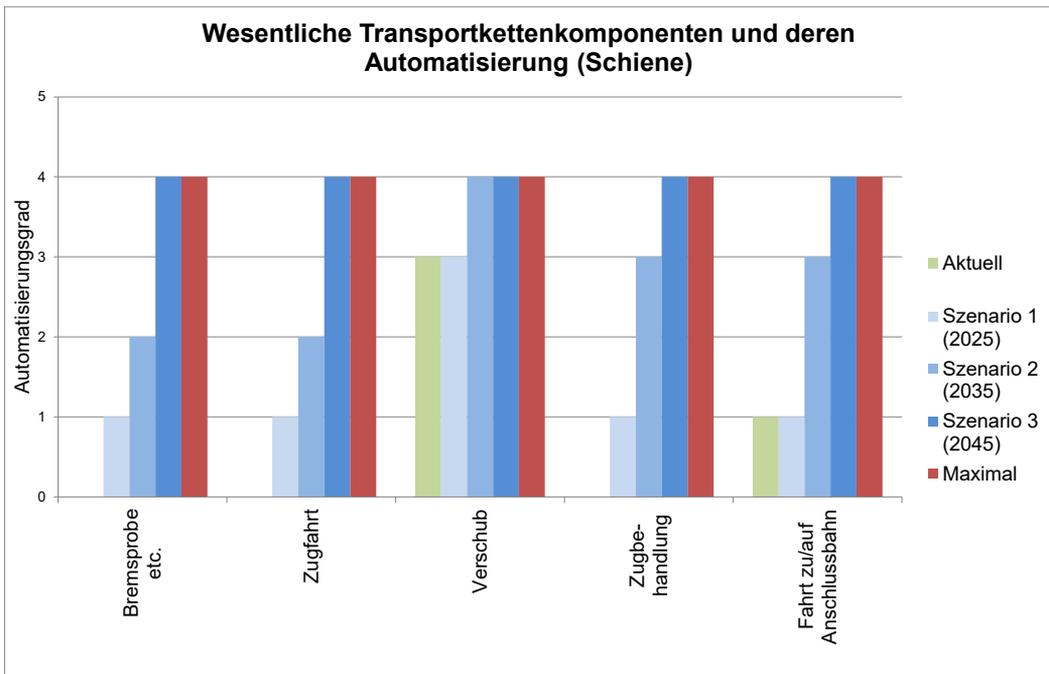


Abbildung 11: Wesentliche Transportkettenkomponenten und deren Automatisierung (Schiene)

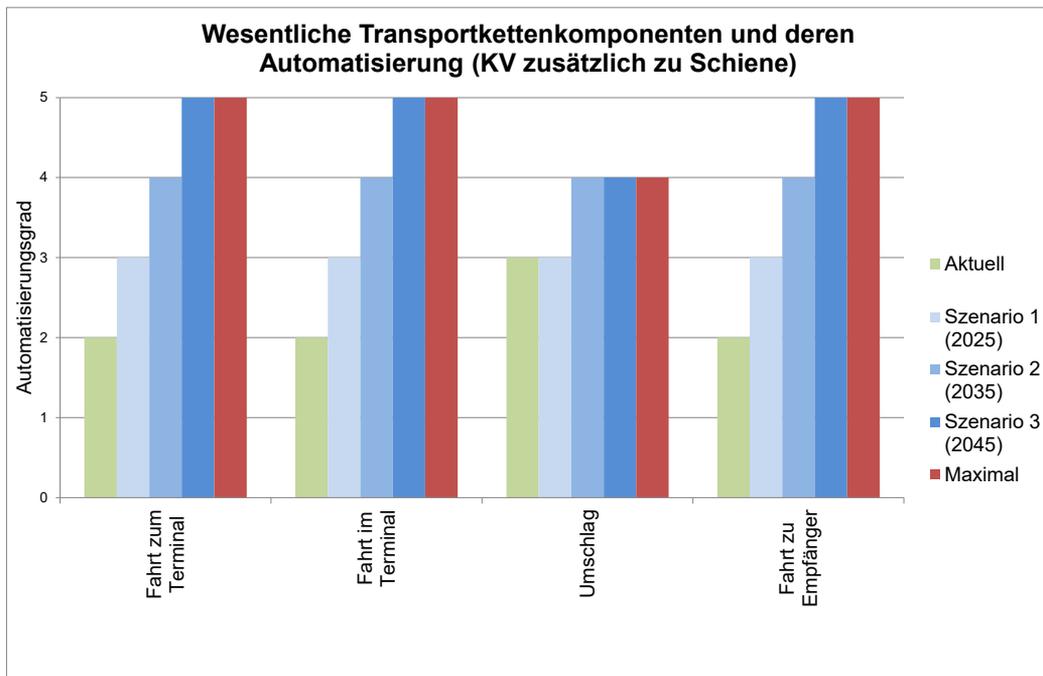


Abbildung 12: Wesentliche Transportkettenkomponenten und deren Automatisierung (KV zusätzlich zur Schiene)

4.4.1. Soziale Wirkung

Da die genannten Transportkettenkomponenten je typischer Transportkette (zum Teil) unterschiedliche Bewertungen hinsichtlich der Wirkung von Automatisierung aufweisen, müssen diese Bewertungen je Transportkettentyp zu einer durchschnittlichen Bewertung zusammengeführt werden. Dies erfolgt zunächst je Bewertungsindikator (Personalbedarf, Arbeitssicherheit, Arbeitszeit, Qualifikation). Dabei erfolgt das Zusammenführen mittels einfacher Durchschnittsbildung der Einzelbewertungen je Transportkettentyp und Indikator. Dies ergibt die relative Bewertung je typischer Transportkette die in Abbildung 13 bis Abbildung 21 dargestellt sind. Diese Vorgehensweise wird gewählt, da eine Relevanzbewertung der einzelnen Komponenten innerhalb einer Transportkette auf dem vorhandenen Aggregationsniveau nicht möglich ist. Die relative Bedeutung der einzelnen Komponenten hängt sehr stark von der Länge der gesamten Transportstrecke, von der Größe einer Sendung und weiteren spezifischen Komponenten der unterschiedlichen Sendungen ab. Die gewählte Durchschnittsbewertung ist daher zulässig und gibt die unterschiedlichen Tendenzen je Transportkettentyp wieder.

Die folgenden Abbildungen zeigen die relativen Bewertungen je Bewertungsindikator für die beispielhaften Transportketten (unterschieden nach den Szenarien und damit im zeitlichen Aufriss für die nächsten Jahrzehnte).

Abbildung 13 zeigt die Wirkung der Automatisierung auf den Personalbedarf. Es fällt auf, dass die Verringerung des Personalbedarfs erst in Szenario 3 (Jahr 2045) voll zum Tragen kommt. Besonders stark betroffen sind der Teilbereich Ganzzug (Shuttle) und Einzelwagenladung Bahn, gefolgt vom Kombinierten Verkehr. In Szenario 2 (Jahr 2035) ist der sinkende Personalbedarf in allen Teilbereichen sehr ähnlich ausgeprägt, genauso wie in Szenario 1 (Jahr 2025).

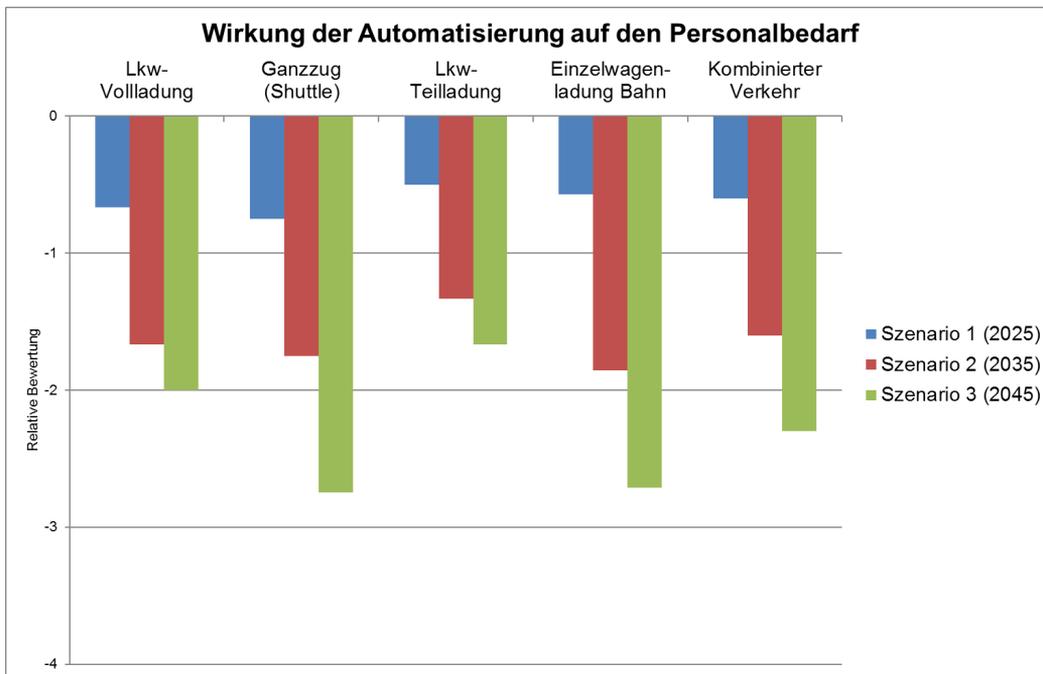


Abbildung 13: Wirkung der Automatisierung auf den Personalbedarf

Die Wirkung der Automatisierung auf die Arbeitssicherheit ist in Abbildung 14 ersichtlich. Es wird deutlich, dass die Bereiche Ganzzug (Shuttle) und Einzelwagenladung Bahn durch die zunehmende Automatisierung und den damit verbundenen verringerten Personalbedarf sehr stark im Bereich Arbeitssicherheit zunehmen. Ebenfalls eine starke Zunahme der Arbeitssicherheit ist im Kombinierten Verkehr gegeben. Eher geringe Auswirkungen der zunehmenden Automatisierung auf die Arbeitssicherheit sind bei der Lkw-Vollladung und der Lkw-Teilladung zu erwarten, da diese Bereiche bereits jetzt ein geringeres Sicherheitsrisiko für die ArbeitnehmerInnen darstellen.

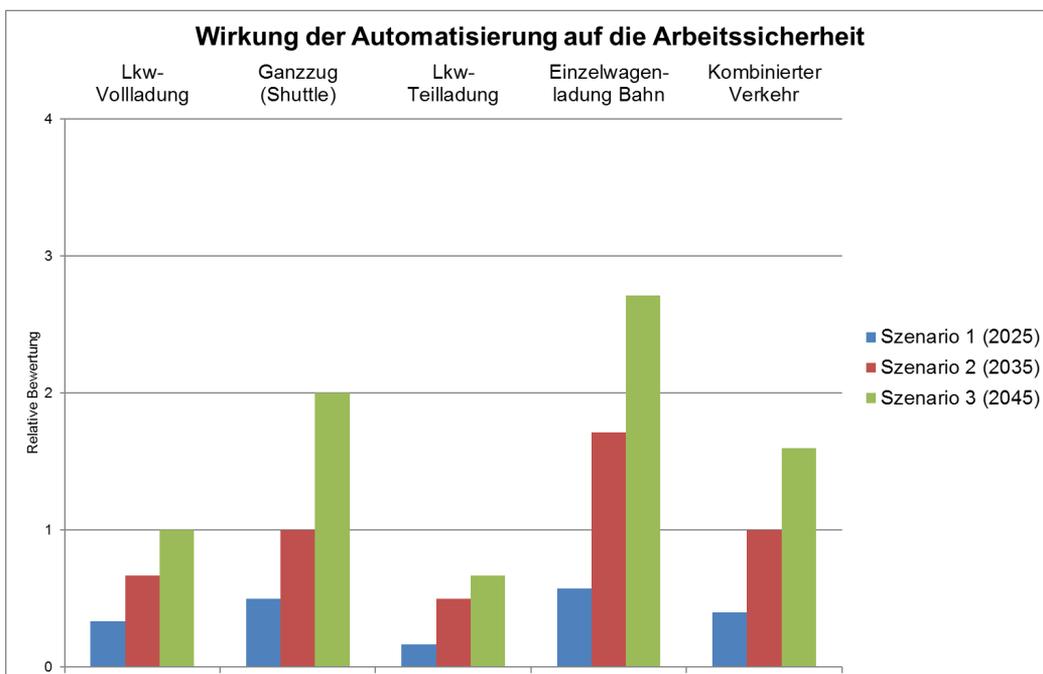


Abbildung 14: Wirkung der Automatisierung auf die Arbeitssicherheit

Abbildung 15 zeigt die Wirkung der Automatisierung auf die Arbeitszeit. Interessant ist in dieser Hinsicht, dass es in Szenario 2 (2035) mittelfristig zu einer Arbeitszeitreduktion bei der Lkw-Vollladung und Lkw-Teilladung kommt. Langfristig, d.h. wenn man den Horizont 2045 betrachtet (Szenario 3), kommt es zu keiner Arbeitszeitverkürzung. Ähnlich verhält es sich bei der Einzelwagenladung Bahn, bei der Arbeitszeitverringerungen nur in Szenario 1 (Jahr 2025) und Szenario 2 (2035) auftreten. Eine langfristige Reduktion der Arbeitszeit ist nur beim Ganzzug (Shuttle) und dem Kombinierten Verkehr absehbar.

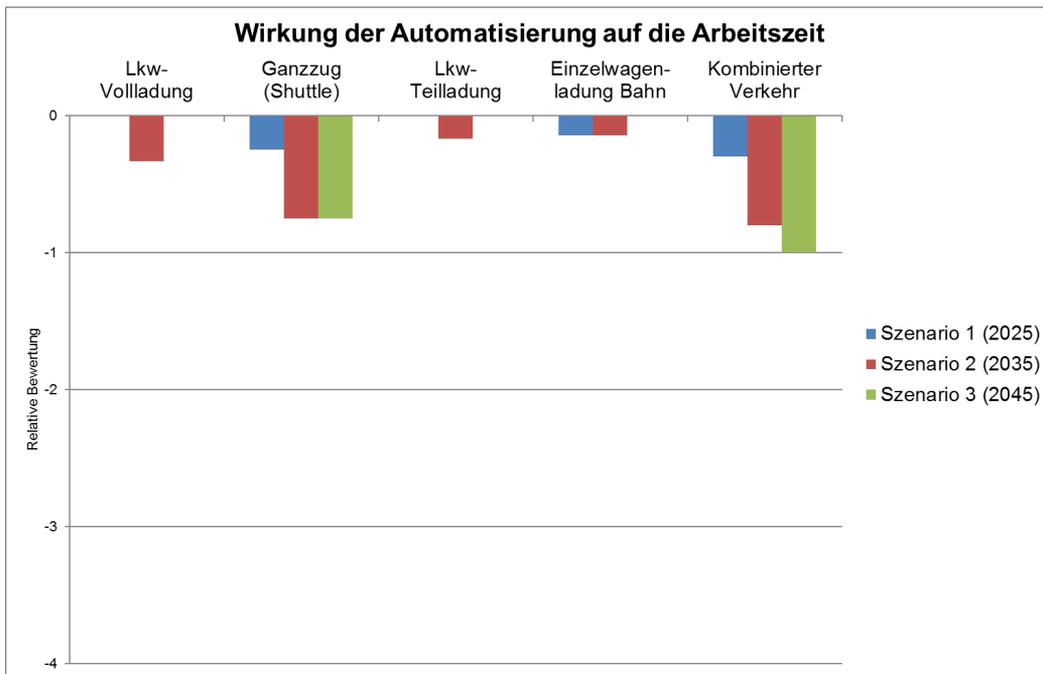


Abbildung 15: Wirkung der Automatisierung auf die Arbeitszeit

Abbildung 16 gibt Aufschluss über die Wirkung der Automatisierung auf die Qualifikation. Die notwendige Qualifikation nimmt in allen Bereich deutlich zu. Im Kombinierten Verkehr tritt dieser Effekt bereits besonders früh, d.h. in Szenario 1 (Jahr 2025) sehr stark ein. Bei der Lkw-Vollladung ist der Anstieg demgegenüber sehr sprunghaft von eher geringen Anforderungen bis zum Jahr 2025 (Szenario 1) auf hohe Anforderungen an die ArbeitnehmerInnen in den Szenarien 2 und 3 (Jahre 2035 und 2045).

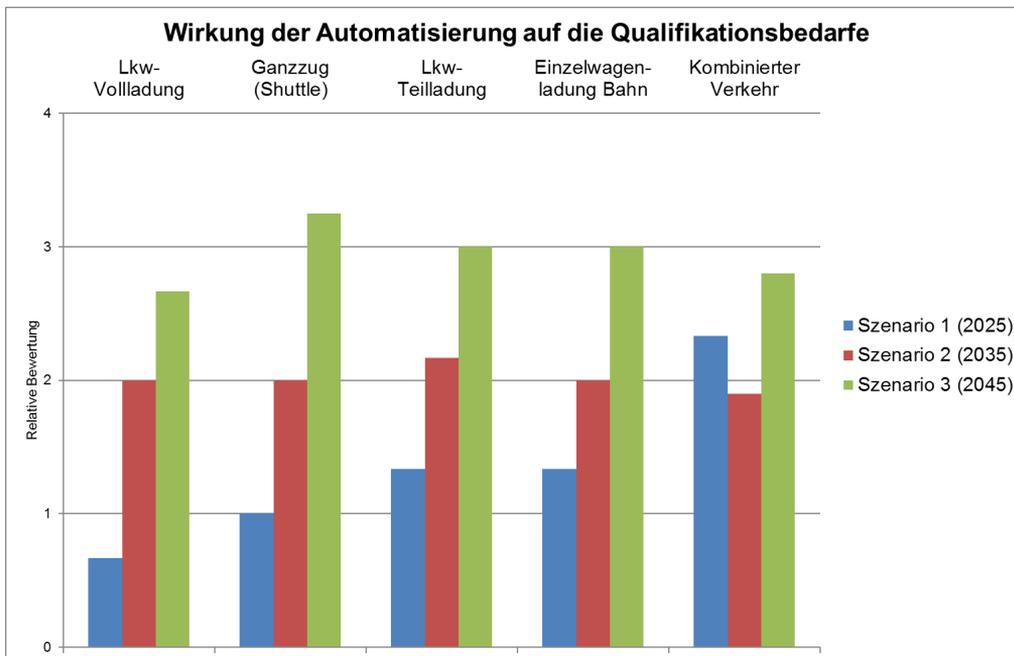


Abbildung 16: Wirkung der Automatisierung auf die Qualifikation

Die Gesamtwirkung der Automatisierung auf soziale Aspekte ist in Abbildung 17 dargestellt. Mit starken Auswirkungen ist langfristig (Horizont 2045, Szenario 3) bei der Einzelwagenladung Bahn zu rechnen, gefolgt vom Kombinierten Verkehr. Etwas abgeschwächte Auswirkungen sind auf den Ganzzug (Shuttle) und die Lkw-Vollladung zu erwarten. Soziale Aspekte im Bereich der Lkw-Teilladung sind demgegenüber eher schwach ausgeprägt.

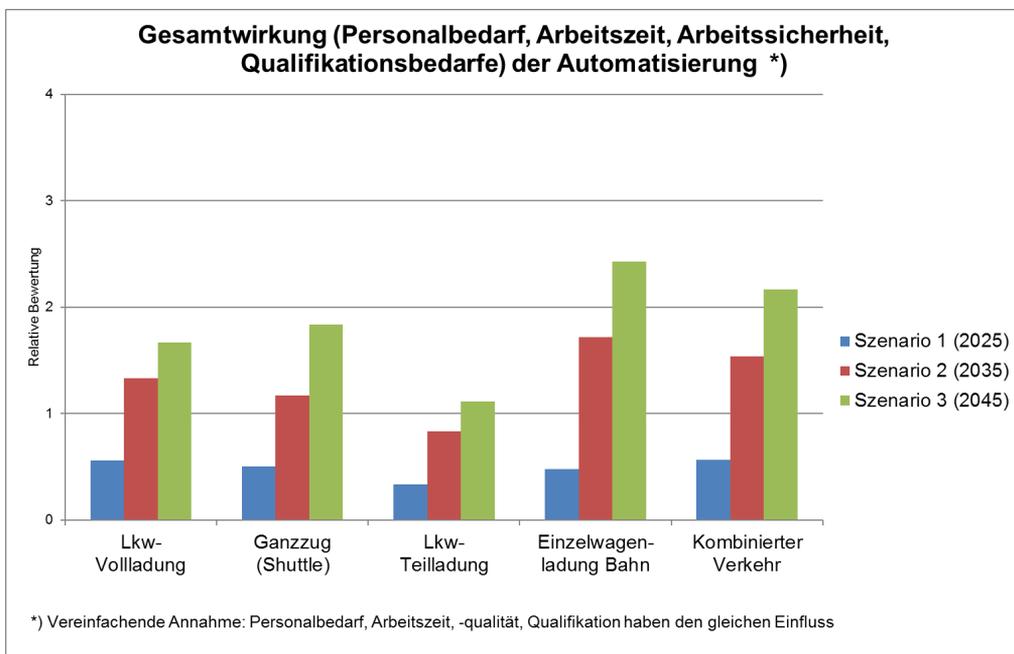


Abbildung 17: Gesamtwirkung (Personalbedarf, Arbeitszeit, Arbeitssicherheit, Qualifikation) der Automatisierung

4.4.2. Organisatorische Wirkung

Nach demselben Prinzip wie in Kapitel 4.4.1 werden nun die organisatorischen Wirkungen anhand der Bewertungsindikatoren Transportkosten, Transportzeit und Transportqualität dargestellt. Die folgenden Abbildungen zeigen die relativen Bewertungen je Bewertungsindikator für die beispielhaften Transportketten (unterschieden nach den Szenarien und damit im zeitlichen Aufriss für die nächsten Jahrzehnte).

In den nächsten Jahren (Szenario 1) können durch mögliche erste Automatisierungsschritte Transportkostenreduktionen vor allem beim Lkw-Transport im Fernverkehr (vor allem bei Vollladungen) erreicht werden (siehe Abbildung 18). Der Schienensektor wird in dieser Phase weder im Bereich der Ganzzüge im Shuttlebetrieb noch im Einzelwagenladungsverkehr und auch nicht bei den verschiedenen Zwischenstufen zwischen Shuttlezügen und reinem Einzelwagenladungsverkehr ähnliche Kostenreduktionen durch Automatisierung erreichen können. Einzig der Kombinierte Verkehr wird von Automatisierungen im Terminal (Umschlag, Abwicklungen im Terminal) ähnlich starke Kostenreduktionen wie der Straßengüterfernverkehr erfahren.

Mittel- und Langfristig können die Transportkosten bei Schienenprodukten, die (hohe) Aufwände für den Verschub und die Zugbildung aufweisen, stärker als die der Straßenfernverkehr von Automatisierung profitieren, da in diesem Bereich hohe Aufwendungen und Kosten durch Automatisierung deutlich reduziert werden können und diese Komponenten des Schienenverkehrs einen hohen Kostenanteil ausmachen.

Problematisch ist, dass der Einzelwagenladungsverkehr, der bereits heute kaum kostendeckend betrieben werden kann, hinsichtlich der Kosten in den nächsten Jahren im Vergleich zum Straßengüterfernverkehr durch die Automatisierung schlechter gestellt wird. Damit läuft der Einzelwagenladungsverkehr Gefahr kurzfristig Marktanteile gegenüber Straße zu verlieren. Dies wiederum kann zu weiteren Reduktionen des Angebotes in diesem Schienensegment führen. Damit wird auch mittel- und langfristig schwierig, Marktanteile wieder zurückzugewinnen, auch wenn dann eine Automatisierung im Bereich Verschub und Zugbildung dringend notwendige Kostenreduktionen in diesem Segment bringen.

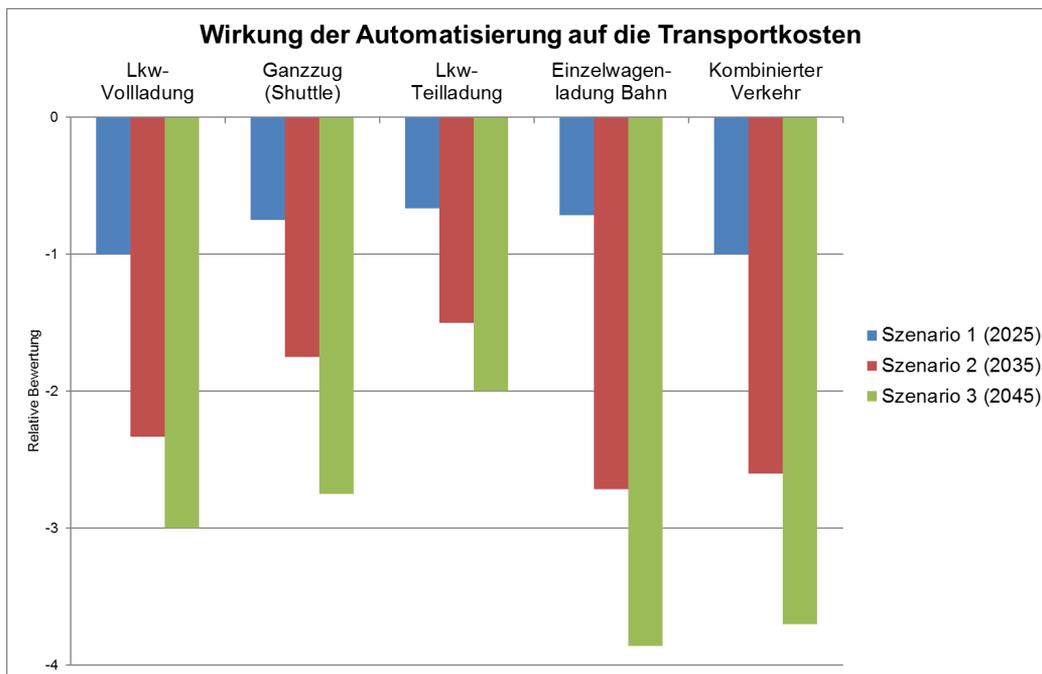


Abbildung 18: Wirkung der Automatisierung auf die Transportkosten

Im Vergleich zu den Transportkosten aber auch zur Transportqualität bewirkt die zunehmende Automatisierung relativ geringe Änderungen bei der Transportzeit (siehe Abbildung 19). Dies gilt für alle betrachteten Transportketten. Bei Shuttle-Ganzzügen kann die Transportzeit durch Automatisierung nicht verkürzt werden.

Wesentlich beeinflusst werden kann die Transportzeit vor allem im Straßenverkehr, wenn durch Automatisierung nicht mehr auf die geltenden Sozialvorschriften Rücksicht genommen werden muss und damit Pausen im Fernverkehr wegfallen und so die Umläufe beschleunigt werden können. Dies kann jedoch erst bei vollkommen autonomem Einsatz der Fahrzeuge ohne begleitendes Personal (Stufe 5) im vollen Ausmaß realisiert werden. Im Lkw-Teilladungsbereich kann der volle Effekt nicht erzielt werden, da der Transportvorgang dieser Transportkette etwas komplexer ist und nicht alle Teilkomponenten auch langfristig entsprechend automatisiert sein werden.

Langfristig kann auch im Einzelwagenladungsverkehr und im Kombinierten Verkehr eine, wenn auch geringe aber jedenfalls nennenswerte, Transportzeitreduktion erzielt werden. Dies ist insbesondere durch die automatisierte und dann schnellere Abwicklung in den Bereichen Verschub, Zugbehandlung und Abläufe im Terminal erreichbar.

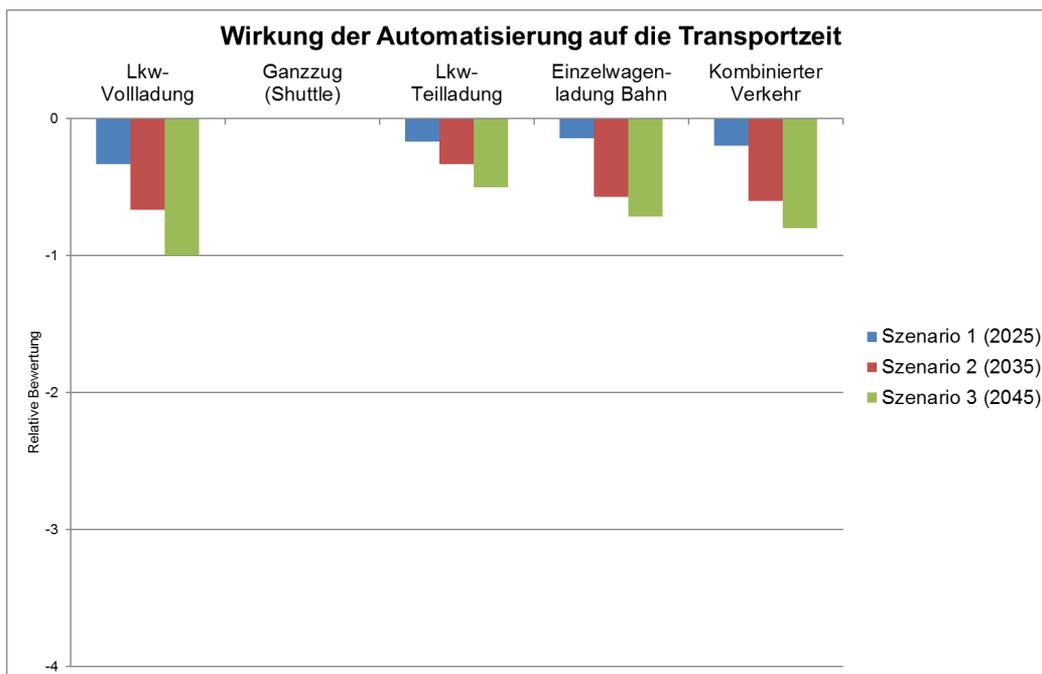


Abbildung 19: Wirkung der Automatisierung auf die Transportzeit

Mit den bis 2025 zu erwartenden Automatisierungsschritten können Qualitätsverbesserungen nur in eingeschränktem Ausmaß erzielt werden (siehe Abbildung 20). Ein Grund dafür ist die bis zu diesem Zeitpunkt nur punktuelle Durchdringung der neuen Systeme. Dies gilt für alle analysierten Transportketten aber insbesondere für den Straßenverkehr, bei welchem aufgrund des Mischbetriebs keine Pünktlichkeitsverbesserung und nur geringfügige Verbesserungen im Sicherheitsbereich erreicht werden können.

Für den Straßenverkehr sind auch langfristig nur geringe Verbesserungen der Transportqualität zu erwarten, da aktuell nicht absehbar ist, dass der angesprochene Mischbetrieb im Gesamtsystem bis 2045 nicht mehr existieren wird.

Damit können mittel- bis langfristig Qualitätssteigerungen v.a. im Schienenbereich erzielt werden. Dies wird vor allem durch die zu erwartende Reduktion von Ausfällen bzw. Verzögerungen durch verbesserte/sicherere Abläufe in den Bereichen Verschub, Zugbehandlung und den Abläufen in den KV-Terminals erreicht.

Die Automatisierung kann also dazu beitragen, oftmals seitens der Transportwirtschaft angeführte Qualitätsdefizite der Bahn im Vergleich zur Straße mittel- bis langfristig auszugleichen.

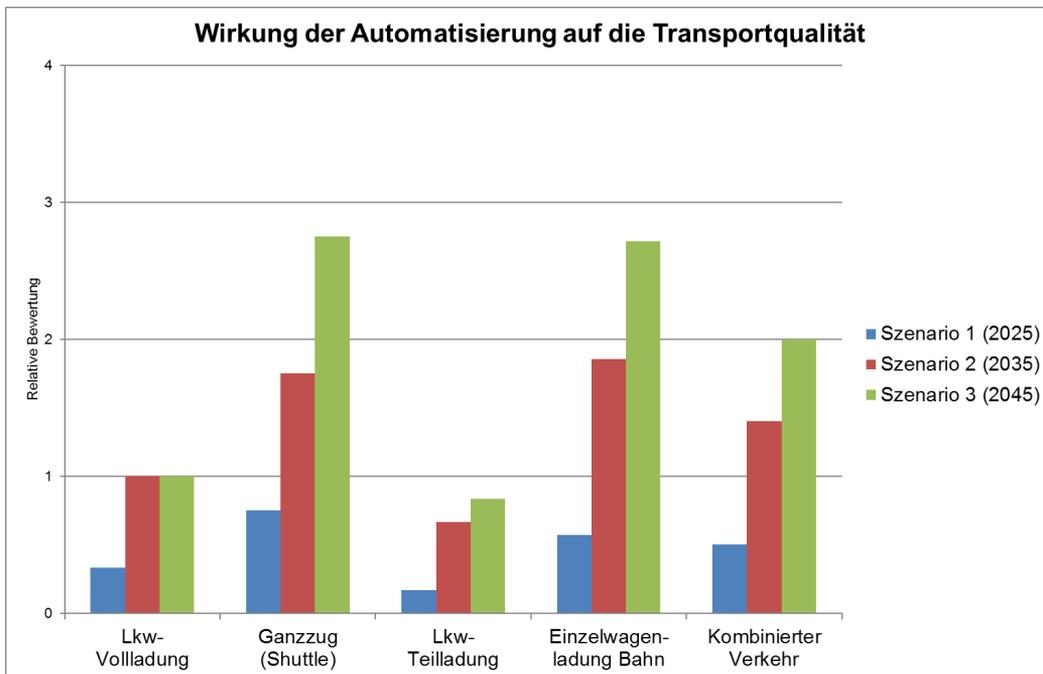


Abbildung 20: Wirkung der Automatisierung auf die Transportqualität

In den Analysen der drei Bereiche Transportkosten, Transportzeiten und Transportqualität zeigen sich unterschiedliche Tendenzen hinsichtlich der Entwicklungen der analysierten Transportketten und hinsichtlich Straße und Schiene. Diese unterschiedlichen Entwicklungen durch Automatisierung beeinflussen Transportmittelwahlentscheidungen in der Transportwirtschaft unterschiedlich. In Abhängigkeit der Art der Güter aber auch der Quell-Zielrelationen und vor allem der Anforderungen der Branchen spielen die Indikatoren Transportkosten, Transportzeit und Transportqualität eine unterschiedliche Rolle bei der Wahl des Transportmittels bzw. der geeigneten Transportkette.

Zusammenfassend kann angeführt werden, dass:

- Transporte, für die eine hohe Qualität (Transportsicherheit, Pünktlichkeit) von hoher Bedeutung ist, zukünftig bessere Schienenoptionen zur Auswahl haben. Dies kann eine Modal Shift hin zur Schiene bewirken, wenn für die nachgefragten Relationen entsprechende Schienenangebote existieren,
- für zeitsensible Transporte, für die eine möglichst kurze Transportzeit relevant ist, durch Automatisierung kaum Änderungen zur erwarten sind und damit kaum Modal Shift zu erwarten ist und
- bei kostenintensiven Transporten kurzfristig eher mit Verlagerungen hin zum Straßenverkehr oder eventuell zum Kombinierten Verkehr zu rechnen ist, jedoch langfristig Kostenreduktionen im Bereich des relativ teuren Schieneneinzelwagenladungsverkehrs und des Kombinierten Verkehrs zu rechnen ist und damit Angebote auf der Schiene in diesem Bereich (soweit sie dann im Einzelwagenladungsverkehr noch existieren) vermehrt nachgefragt werden.

Eine entsprechend differenzierte Analyse können Interessierte für sich anhand der vorgelegten Effekte nach den drei analysierten Indikatoren mittels Gewichtung der Indikatoren entsprechend der eigenen Vorstellung durchführen. Im Folgenden wird eine Gesamtbewertung der Wirkung unter der vereinfachenden Annahme, dass alle drei Indikatoren gleich starken Einfluss auf die Transportmittelwahlentscheidung haben, dargelegt (siehe Abbildung 21).

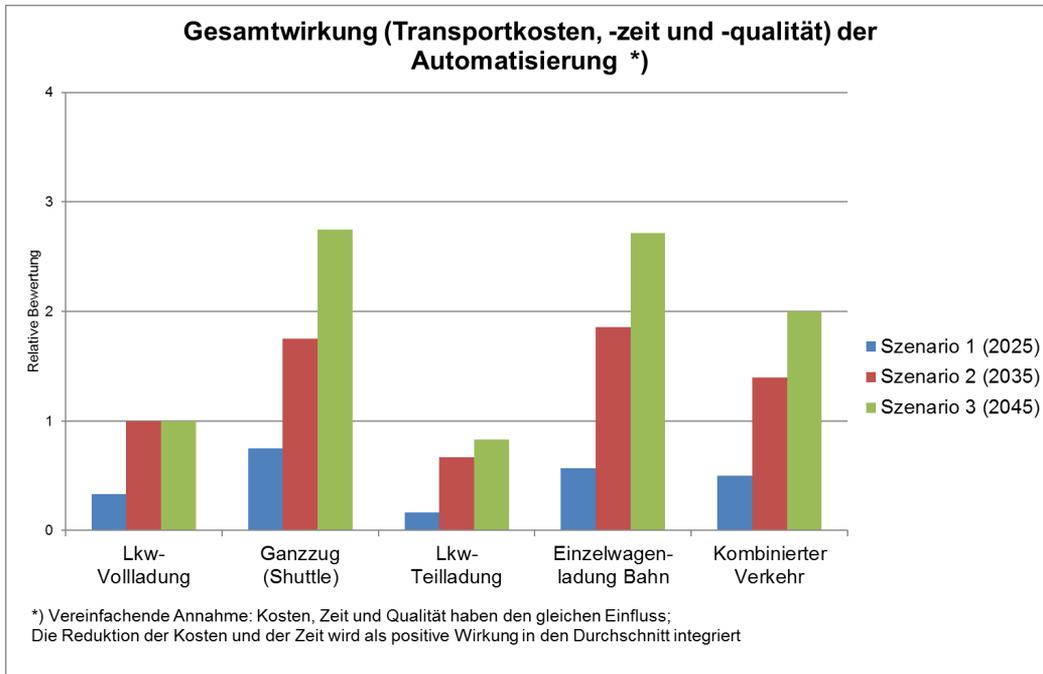


Abbildung 21: Gesamtwirkung (Transportkosten, -zeit und -qualität) der Automatisierung

5. Handlungsempfehlungen

In diesem Kapitel werden die Empfehlungen und festgestellten Bedürfnisse aller relevanten Beteiligten am Güterverkehr zusammengefasst. Es werden mögliche Handlungsempfehlungen dargestellt, um notwendige Schritte zu definieren, die festgestellten einschränkenden Rahmenbedingungen zu beseitigen und das Voranschreiten der Automatisierung im Güterverkehr und Transportwesen so zu ermöglichen bzw. zu unterstützen, dass für das Gesamtverkehrssystem positive Wirkungen erzielt werden können. Die Darstellung der erarbeiteten Handlungsempfehlungen wurde in zwei Teilkapitel unterteilt. Dabei sollen die Handlungen im legislativen und strategischen Rahmen gemeinsam unabhängig von möglichen technischen Handlungsempfehlungen betrachtet werden.

5.1. Zu beachtende, zu schaffende und zu ändernde Rahmenbedingungen

5.1.1. Beseitigung fehlender legislativer und normativer Grundlagen

Derzeit werden viele Lösungen und Ansätze für die Automatisierung von Funktionen bzw. technischen Lösungen meist als Insellösungen durch InfrastrukturbetreiberInnen, HerstellerInnen oder AnbieterInnen von Planungs- und Steuerungslösungen in Form von Testaufbauten, Prototypen bzw. Kleinserien oder Speziallösungen für bestimmte Nischen entwickelt und getestet. Diese Umsetzungen von technischen und organisatorischen Lösungen sind an den regulativen Rahmen bestehender gesetzlicher Bestimmung und Normungen gebunden. Diese Bestimmungen stehen in vielen Fällen allerdings den geplanten Umsetzungen entgegen. So werden derzeit die Regelungen zur Ermöglichung des automatisierten Fahrens (Stichwort Level 3: „Hände weg vom Lenkrad“) angepasst, um damit die Nutzung von bereits am Markt angebotenen Systemen wie Spurhalteassistenten in Kombination mit den adaptiven Tempomaten auch von rechtlicher Seite und außerhalb von Testfahrten zulässig zu machen.

Bei der Betrachtung der Vorschriften und der Regelungen in Bezug auf den Eisenbahnverkehr müssen hier speziell die internen Betriebsvorschriften der Eisenbahnverkehrsunternehmen an die künftige Situation eines automatisierten Bahnbetriebes angepasst werden. In diesem Zusammenhang müssen die künftigen Tätigkeiten, Befugnisse und Pflichten des Personals auf den Triebfahrzeugen sowie der Umgang der Bediensteten im Gleisbereich mit den betreffenden Fahrzeugen und Infrastrukturen geregelt werden. Dabei müssen Fragen geklärt werden, ob überhaupt Personal in überwachender Funktion am Fahrzeug sein muss oder ob die Durchführung der Fahrten (inkl. der Anschlussbahnen) über die Betriebsleitzentrale gesteuert werden kann bzw. muss. Hierzu muss es einen international abgestimmten Prozess zur Festlegung der legislativen und normativen Grundlagen und Rahmenbedingungen geben.

Speziell für die Übergangszeit, in welcher Mischverkehr zwischen konventionellen Fahrzeugen und hoch automatisierten Systemen stattfinden wird, müssen für alle Verkehrsträger entsprechende Regelungen geschaffen werden. Vor allem muss geklärt werden, ob Mischverkehr überhaupt auf Grund der möglichen Konfliktpunkte und möglichen Gefahrensituationen erlaubt werden kann. Derzeit gehen viele VertreterInnen der Infrastrukturbetriebe, der Eisenbahnverkehrsunternehmen und der Transportunternehmen davon aus, dass ein Mischbetrieb aus Sicherheitsgründen nur schwer umgesetzt werden kann. Es herrscht die Meinung vor, dass die Potentiale der Automatisierung erst mit einer vollkommenen Umstellung auf automatisierte Fahrzeuge und Systeme erschlossen werden können. Hierzu muss die Politik zeitnah aktiv werden, um hier belastbare Regelungen und Vorschriften festzulegen.

5.1.2. Klärung der Verantwortung für die Infrastruktur und der Kompetenzen

Viele technische Entwicklungen zur Verbesserung des Transportes von Personen und Gütern sind zwar annähernd serienreif, allerdings können sie außerhalb von Testeinrichtungen bzw. in Form von genau geregelten Testfeldern nicht betrieben werden, da noch immer keine genauen Feststellungen zum Thema der Zuständigkeiten, Kompetenzen und der Verantwortung für diese Systeme angestellt wurden. Ein Hauptkriterium stellt hier die Frage der Zuständigkeiten in Verbindung mit der Frage der Regelung der Versicherungsabwicklung, wenn es zu Unfällen kommt, dar.

Es müsste ein einheitlicher Katalog entwickelt werden, der die Zuständigkeiten für Infrastrukturen und die Kompetenzen der Unternehmen / verantwortlichen Personen zusammenfasst, um hier die Möglichkeit zu schaffen, dass festgestellte Abweichungen (Schäden, Problem, etc.) automatisiert kommuniziert werden können. Damit kann sichergestellt werden, dass Abweichungen ehest möglich behoben werden und alle notwendigen Maßnahmen für die wirtschaftliche Regelung der abweichenden Situationen (Haftung, Versicherung, zusätzliche Streckennutzungsgebühren, etc.) getroffen werden können.

5.1.3. Weltweit einheitliche Regelungen zu Datensicherheit und Datenschutz

Die europäische Datenschutzverordnung (DSVO) ist mit 24. Mai.2016 in Kraft getreten und regelt den Umgang mit personenbezogenen Daten und die Verwendung von Verkehrsdaten, Zugdaten und Standortdaten (TKG-DSVO). Anzuwenden ist die Datenschutz-Grundverordnung ab dem 25. Mai.2018. Europa setzt damit einen weiteren Schritt in Richtung strikter Regelung des Umganges mit sensiblen Daten. Abbildung 22 stellt eine Beurteilung der Strenge der weltweit etablierten Regelung in Datenschutzgesetzen dar. Dabei ist festzustellen, dass die USA, Australien und Europa annähernd die strengsten Datenschutzgesetze haben.

Denkt man nun die weltweite Nutzung von automatisierten Systemen im Mobilitätssektor an, so besteht schon in Blickrichtung der Verbindung mit Asien ein großer Nachholbedarf bei der Etablierung des entsprechenden Rechtsrahmens.

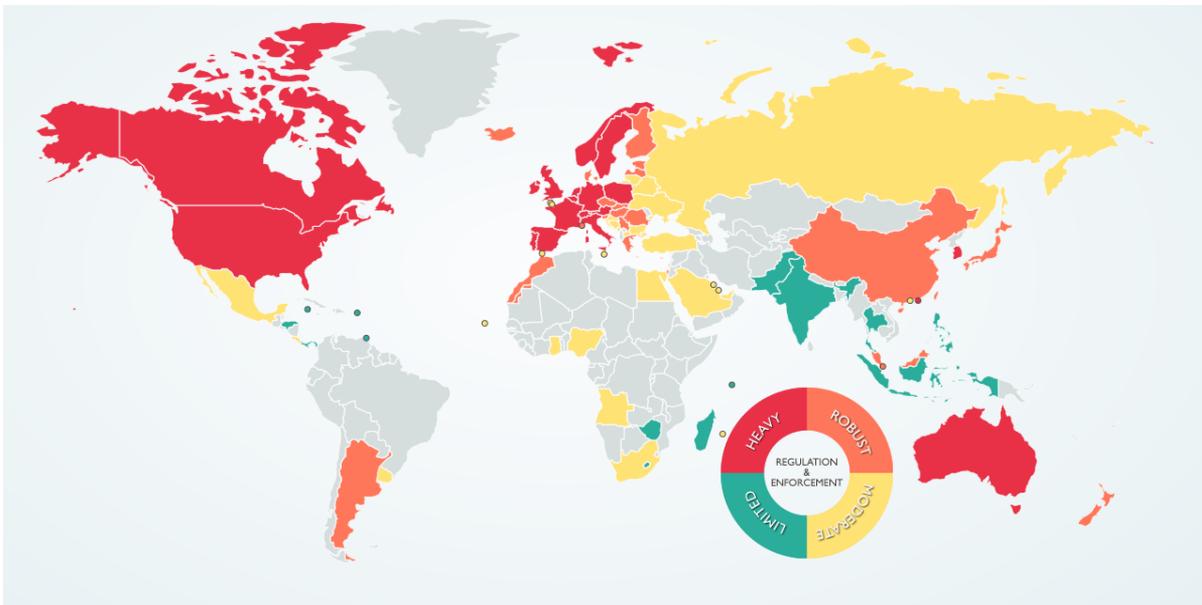


Abbildung 22: Darstellung Intensität der Regelungen zum Datenschutz (@DLA Piper) (Stand: 24.04.2018)

Eine durchgehende automatisierte Transportkette kann nur auf Basis eines weltweit abgestimmten einheitlichen Rechtsrahmens zur Handhabung von sensiblen Mobilitätsdaten angedacht und in den nächsten Jahrzehnten umgesetzt werden. Dabei ist anzumerken, dass durch die Annahme, dass langfristig keine bis nur eine geringe Anzahl an Personen in den Transportketten tätig ist, ein großer Teil des Bedarfes an Regulierungen entfallen würde. Dieser Abstimmungsprozess muss wie bei den bereits in den anderen Kapiteln geforderten Koordinierungsmaßnahmen möglichst zeitnah gestartet werden. Allein für die durch China und einige asiatische Länder betriebene „One-Road, One Belt“-Initiative⁶, die sich auf konventionelle, nicht automatisierte Transportketten konzentriert, zeigt sich die Wichtigkeit

⁶ „One-Road, One-Belt“-initiative: http://china.org.cn/business/node_7207419.htm

und Dringlichkeit der Einführung von einheitlichen Rechtsstrukturen und Regelungen in Bezug auf Transportdaten (Position, Ankunftszeiten, etc.).

5.1.4. Meinungsbildung der Politik

Die Thematik der Automatisierung der Mobilität wird derzeit durch die verschiedensten Informationskanäle in den Medien stark diskutiert. Die Meinung der Stakeholder und der Öffentlichkeit schwank zwischen Abwarten und Euphorie. Dies ist vor allem damit begründet, dass die Informationsbasis sehr viel Platz für die Interpretation der einzelnen Bereiche offen lässt. An dieser Stelle sollte die Politik in Verbindung mit den Medien einen Meinungsbildungsprozess aufsetzen und vorantreiben, der alle möglichen positiven, wie auch negative Aspekte der Automatisierung aufzeigt. Dabei kann eine breite Basis für die Diskussion einzelner Themenbereiche geschaffen werden, um einerseits die Skepsis der Betroffenen zu verringern und andererseits das Bewusstsein dafür zu schaffen, dass eine konstruktive und strukturierte Auseinandersetzung mit den relevanten Anwendungen, Lösungen, etc. bereits zum jetzigen Zeitpunkt gestartet werden muss.

5.1.5. Strategien zur Schaffung von Kompatibilität zu bestehenden Systemen

Die in dieser F&E-Dienstleistung näher betrachteten Verkehrsträger basieren auf etablierten Technologien und Infrastrukturen. Mit dem Andenken der künftigen technologischen Integration von automatisierten Fahrzeugen und Infrastrukturen sowie den damit verbundenen organisatorischen Änderungen im Hintergrund (Planung, Überwachung, Wartung, etc.) müssen Strategien entwickelt und länderübergreifend umgesetzt werden, welche die Integration der neuen Technologien und Organisationsformen in die bestehenden Strukturen regeln. Dies ist von besonderer Wichtigkeit, da die bestehenden Strukturen nicht einfach ausgetauscht werden können. Sie müssen vielmehr in der Übergangszeit weiterverwendet werden, um den Güterverkehr aufrecht zu erhalten.

Bei der Entwicklung der Technologien zur Umsetzung der Automatisierungsschritte in den Teilkomponenten der Transportketten muss auf eine Kompatibilität zu den vorhandenen Strukturen und Technologien Bedacht genommen werden. Speziell im Eisenbahnwesen ist dies besonders wichtig, da hier die Lebenszyklen der eingesetzten Technologien mit 25 bis 30 Jahren besonders lang sind. Im Idealfall könnten Komponenten für Automatisierungsmaßnahmen des rollenden Materials (Sensorik, Steuerungseinheiten und Antriebe) so gestaltet werden, dass sie mit geringem Aufwand im Rahmen der vorgeschriebenen Wartungsmaßnahmen verbaut werden.

Bei der Einführung einer automatischen Kupplung bei Güterwagen ist nicht nur die Hürde der Festlegung auf einen einheitlichen Bautyp der Kupplung zu überwinden, sondern auch die Strategiefindung, wie die Umstellung von etwa 1 Millionen Güterwagen in Europa erfolgen könnte. Diese sehr komplexe Aufgabe könnte vorerst über die Nutzung von derzeit in Entwicklung befindlichen Zwischenlösungen, wie auf Schraubenkupplungen, Entkupplungsroboter, Lang- und Kurzmacher, etc. erfolgen, wobei dabei auch Konzepte zum Umgang mit bereits umgerüsteten Güterwagen berücksichtigt werden müssen.

Betrachtet man die möglichen Entwicklungen im Kontext der Automatisierung des Straßenverkehrs muss eine Kompatibilität von Fahrzeugen für den automatisierten bzw. hoch automatisierten Straßenverkehr mit noch konventionellen Fahrzeugen im Mischbetrieb gegeben sein. Im Kontext des Platooning von Lastkraftwagen auf Autobahnen und Schnellstraßen, das von Seiten vieler StraßenbetreiberInnen bereits im Jahr 2025 möglich sein könnte, muss speziell die optimale Länge eines Platoons erforscht werden, um den konventionellen Straßenbetrieb nicht massiv zu beeinträchtigen. Dies ist stark von nationalen Restriktionen abhängig. Dabei wird das Zusammenspiel der Fahrzeuge untereinander (Kommunikation, etc.) von entscheidender Bedeutung sein. Wie soll der Mischbetrieb von entsprechend ausgestatteten Fahrzeugen und älteren konventionellen Fahrzeugen (Lkw und Pkw) technisch und organisatorisch erfolgen? Diese Frage stellt sich besonders bei der Einbindung von Pkw, die nicht so kurze Generationswechsel wie Lkw aufweisen. Hier sind neben der technischen Machbarkeit die regulativen Maßnahmen und Rahmenbedingungen zu schaffen, um, wie bereits in Kapitel 5.1.1 behandelt, exakte Regelungen für den Regelfall, aber auch für Abweichungen und Zwischenfälle (Unfälle, Systemausfälle, etc.) zu treffen

5.1.6. Angleichung der Sicherheitsbestimmungen für Straße und Schiene

Die Regelungen bezüglich der Sicherheitsbestimmungen im Bereich der beiden hauptsächlich betrachteten, in direkter Konkurrenz zueinanderstehenden Verkehrsträger Schiene und Straße weisen beträchtliche Unterschiede in deren Auslegung und Tiefe auf. Die Sicherheitsanforderungen im Bereich der Schiene setzen in der Regel Sicherheitsanforderungsstufen von SIL 4⁷ laut Sicherheitsnorm EN 61508 voraus, wodurch die Infrastrukturen im Bereich der Sicherheit entsprechend hohe Errichtungs- und Betriebskosten haben. Diese Kosten spiegeln sich in den Transportkosten wider, wodurch der Verkehrsträger einen wirtschaftlichen Nachteil gegenüber der Straße hat.

Die hohen SIL-Stufen sind notwendig, um den Betrieb des Verkehrsträgers (Interaktion mit der umgebenden Infrastruktur, mit anderen Fahrzeugen auf dem Schienennetz, etc.) entsprechend ausfallsicher zu steuern. Im Straßenverkehr sind solche hohen Sicherheitsanforderungen noch nicht vorgeschrieben. In Zukunft müssen die Sicherheitsanforderungen im Bereich der Straße überdacht werden. Mit der Zunahme der Automatisierung der Fahrten (beginnend mit Platooning auf dem höherrangigen Straßennetz ab 2025, wie von der Asfinag anvisiert wird) müssen die Sicherheitsanforderungen höher angesetzt werden. Dies betrifft in naher Zukunft vor allem den Bereich des Platoonings von Lastkraftwagen auf dem höherrangigen Straßennetz, speziell, wenn die Fahrzeuge automatisiert fahren und nicht das Führungsfahrzeug sind (FahrerInnen geben nach den heutigen Planungen die Kontrolle an das Führungsfahrzeug ab). Die Fahrzeuge müssen hier automatisiert und vernetzt fahren, da keine Person in der Lage sein wird, bei Geschwindigkeiten von 80 km/h und den sehr kurzen Abständen zwischen den Fahrzeugen rechtzeitig eingreifen zu können, um Gefahrensituationen zu vermeiden.

In weiterer Zukunft soll die Entwicklung so weit vorangetrieben werden, dass die Fahrzeuge den Hauptlauf automatisiert absolvieren. Allerdings ist noch die Frage zu klären, ob die Fahrzeuge ohne FahrerInnen diese Strecke in Angriff nehmen oder diese als Passagier (Ruhezeit) im Fahrzeuge verbringen und nur bei Abweichungen und Pannen eingreifen. Eine andere Strategie verfolgt die Idee, dass die Fahrzeuge hoch automatisiert ohne Personal an Bord den Gütertransport absolvieren und im Falle von Pannen automatisiert entsprechende Unterstützung anfordern.

In beiden Fällen muss die Technologie der Fahrzeuge hohen Sicherheitsvorgaben (SIL4) entsprechen, um Fehlreaktionen, Gefahrensituationen bzw. Unfälle zu vermeiden. Je mehr hoch automatisierte Fahrzeuge im Straßennetz unterwegs sind, umso besser können unterschiedliche Situation unter den beteiligten Fahrzeugen gelöst werden.

Je höher die Sicherheitsanforderungen bei den Straßenfahrzeugen angesetzt werden, umso mehr erfolgt auf der Kostenseite eine Annäherung an die Kostenstruktur der Eisenbahn. Damit kann die Wirtschaftlichkeit der Schiene im Vergleich zu Straßenverkehr gesteigert bzw. angepasst werden.

5.1.7. Einsatz automatischer Fahrzeuge im Mischverkehr zur Verkehrssteuerung

Von einigen StraßeninfrastrukturbetreiberInnen gibt es bereits Überlegungen zum Einsatz von hoch automatisierten Fahrzeugen zur Verkehrsflusssteuerung. Bei diesen Überlegungen sollen gezielt automatisiert fahrende Fahrzeuge mit Geschwindigkeitsvorgaben aus der Verkehrszentrale versorgt werden, um eine für die aktuelle Verkehrssituation optimale Geschwindigkeit auf allen Fahrstreifen eines Straßenquerschnittes zu halten. Damit soll ein Systemoptimum für Straßenzüge bzw. Regionen erzielt werden. Die Überlegungen konzentrieren sich dabei vorerst auf Streckenabschnitte des hochrangigen Straßennetzes (Autobahnen und Schnellstraßen). Der Einsatz von hoch automatisierten Fahrzeugen auf dem gesamten Straßennetz, hier speziell Fahrten zu Feinverteilung von Gütern, aber auch Pkw wird erst für den Zeithorizont 2045+ angedacht.

⁷ SIL - Sicherheits-Integritätslevel („safety integrity level“)

5.1.8. Ausbildungsangebot

Mit der zunehmenden Automatisierung der Teilkomponenten von Transportketten werden zum Teil manuelle Tätigkeiten, wie das Lenken von Fahrzeugen, Betätigen von Umschlaginfrastrukturen (Kräne, Hubstapler, Flurförderfahrzeugen, etc.) wegfallen bzw. erheblich reduziert. Diese Entwicklung wird bis zum Zeithorizont 2045 von Szenario 3 und darüber hinaus zunehmen.

Die notwendigen, künftigen Berufsbilder des hochqualifizierten Personal für die überwachenden und steuernden bzw. planenden Funktionen müssen bereits heute definiert bzw. festgelegt werden, um rechtzeitig die notwendigen Schritte zur Anpassung der Ausbildung der künftigen ArbeitnehmerInnen beginnend in den Grundschulen zu setzen. Dies muss von der Politik erkannt werden und vor allem auch durch Schaffung der Rahmenbedingungen vorbereitet werden, um das entsprechend ausgebildete Personal auch für den realen Einsatz zeitnah zur Verfügung zu haben. Betrachtet man die Szenarien 2025, 2035 und 2045, so werden schrittweise und in direkter Verbindung mit den Novellierungen der gesetzlichen Regelungen auf technischer, operativer und sozialer Ebene die Anforderungen an das verbleibende Personal angepasst.

Es müsste bereits zum heutigen Zeitpunkt von der Politik der Rahmen geschaffen werden, um das Ausbildungssystem – und hier nicht nur in den höheren Schulstufen – so anzupassen, dass bereits den Schülern das notwendige Rüstzeug gegeben wird, um auf Basis der weiterführenden Ausbildung mit den komplexen Systemen der künftigen Transportlandschaft umgehen zu können. Diese komplexe Aufgabe zur Anpassung des Ausbildungssystems muss über einen **gut abgestimmten und auch international koordinierten Prozess** erfolgen in den alle relevanten Stellen (Ministerien, Behörden, Arbeitnehmervertreter, etc.) eingebunden werden und der von den höchsten Stellen in den Staaten getragen werden.

5.1.9. Cyber Security

Für das Jahr 2017 gingen ExpertInnenschätzungen davon aus, dass in der Transportbranche etwa EUR 3 Milliarden⁸ (VDI 2017) an Schäden durch Cyber Angriffe entstehen. Davon sollten ungefähr EUR 450 Millionen auf die Logistikbranche entfallen. Aktuellere Werte wurden bis zum Zeitpunkt der Erstellung der gegenständlichen F&E-Dienstleistung noch nicht veröffentlicht, allerdings gehen die ExpertInnen davon aus, dass sich die genannten Werte bis zum Jahr 2020 verdoppeln werden. Hoch automatisierte Systeme, die untereinander vernetzt sein müssen, stellen in der Regel ein noch nicht abschätzbares Risikopotential dar. Dabei könnten durch eine gezielte Cyber Attacke ganze Teilbereiche des Gütertransportes lahmgelegt werden, wodurch noch nicht abschätzbare Folgen für andere vom Transport abhängige Branchen entstehen.

Die großen Systemhäuser haben in den letzten Jahrzehnten eigene Abteilungen aufgebaut, um kritische Infrastrukturen und deren Steuerungssysteme gegen Cyber Angriffe zu wappnen. Diese Aktivitäten fanden allerdings nur für die Systeme der eigenen Produkte und Tätigkeitsfelder statt. Ein abgestimmtes Vorgehen der großen Systemhäuser untereinander fand nur sehr rudimentär statt. Künftig müssen zur Abwicklung eines automatisierten Transportes viele Teilkomponenten der verschiedensten HerstellerInnen und Tätigkeitsfelder zusammenspielen. Betrachtet man zum Beispiel den Vorgang des Übersetzens eines hoch automatisierten Straßenfahrzeuges über eine Bahnstrecke zeigen sich viele Konfliktpunkte die bei einem Ausfall nur einer Teilkomponente durch eine böswillige Cyber Attacke zu dramatischen Folgen führen können.

Zur Umsetzung von verkehrsträgerübergreifenden Interaktionen von automatisierten Systemen müssen Strategien entwickelt werden, wie potentielle Angriffe rechtzeitig erkennt, bewertet und im Idealfall verhindert werden können. Auch müssen standardisierte Rückfallmaßnahmen definiert und in den Systemen flächendeckend hinterlegt werden, um bei einem nicht zu vermeidenden Eintreten eines Angriffes bzw. einer Störung in einen sicheren Zustand (z.B. Anhalten von Fahrzeugen, etc.) zu gelangen. In diesem Zusammenhang ist die Entwicklung von Prozessabläufen zur optimierten Wiedererlangung eines ungestörten Betriebes von besonderer Wichtigkeit, die vor allem ein Zusammenwirken über Systemgrenzen (Infrastruktur, Fahrzeuge, etc.) hinaus ermöglichen.

⁸ VDI Nachrichten Ausgabe Nr.40 vom 06.10.2017

5.2. Neue Potenziale durch F&E im Bereich Güterverkehr sowie durch organisatorische Veränderungen

Im nachfolgenden Kapitel werden mögliche Potentiale des automatisierten Güterverkehrs aufgezeigt, wobei hier detailliert Themenbereiche behandelt werden, die in den ExpertInnen-Interviews und der Recherchearbeit aufgezeigt wurden. Dabei soll speziell auf Fragestellungen eingegangen werden, die mittels koordinierter Forschung und Entwicklung gelöst werden könnten, um damit die identifizierten Potentiale zu erschließen.

5.2.1. Automatisierung des Umschlages beim Kombinierten Ladungsverkehr

Als Schlüsselfaktor zur Steigerung der Effizienz und der Wirtschaftlichkeit des Verkehrsträgers Schiene im Vergleich zur konkurrierenden Straße wird die Automatisierung des Umschlages der Ladungsträger im Kombinierten Ladungsverkehr (KLV) gesehen. Diese ist von besonderer Bedeutung, da sich in den Beurteilungen in Kapitel 4.4.2 zeigt, dass der KLV bereits im Szenario 1 (bis 2015) bei den Transportkosten eine vergleichbare Entwicklung wie der Straßentransport zeigt. KLV-Transporte werden in der Regel mit Shuttlezügen abgewickelt. Dabei pendeln diese Züge als ganze Zugeinheit zwischen zwei Terminals ohne in Wagengruppen aufgeteilt und verschoben zu werden. Lediglich das Triebfahrzeug wird auf das andere Zugende umgesetzt, um die Rückfahrt zum Ausgangsterminal anzutreten. Da in diesem Fall die Vershubkosten als erheblicher Kostenfaktor nur in sehr geringem Ausmaß anfallen, können die Transportkosten über die Automatisierung des Umschlages noch weiter verringert werden.

Vollautomatische Containerterminals sind teilweise bereits in großen internationalen Häfen, wie Rotterdam, Hamburg, etc., im Betrieb. Allerdings sollten diese teuer zu errichtenden Anlagen auch in kleineren Binnenhäfen bzw. Eisenbahnterminals Anwendung finden. Derzeit wird der Umschlag in modernen Terminalanlagen von einem in einer Zentrale befindlichen Operator, der für eine Anzahl an Kränen verantwortlich ist, über Fernsteuerung auf Basis von Videobildern gesteuert. In den hochautomatisierten Terminals existieren bereits technische Lösungen, die es ermöglichen den Spreader an den Hebezeugen der Kräne exakt über den Containerhaltepunkten (Twistlocks) zu platzieren und die Container sicher anzuheben, um sie am geplanten Platz oder auf ein Fahrzeug abzusetzen. Je nach technischer Ausstattung und Betriebskonzept werden die Container entweder direkt auf die abholenden Fahrzeuge aufgesetzt bzw. von bringenden Fahrzeugen gehoben oder sie werden in Lagergruppen vor der endgültigen Verladung zwischenlagert. Bei Lagergruppen kommen in großen Hafenanlagen AGVs (Automated Guided Vehicles) zum Einsatz, die den Transport der Container zwischen den Lagergruppen und dem Umschlagsbereich am Transportmittel übernehmen.

In Zukunft könnten durch die Vollautomatisierung des Terminalbetriebes nicht nur die Flächen effizienter ausgenutzt werden, sondern auch die Vorgänge exakter abgestimmt und somit die Anzahl der Hübe der Kräne verringert werden. Die Anzahl des Personals in diesen gefährlichen Bereichen kann damit reduziert werden, wobei sich die Aufgaben der derzeit notwendigen Operatoren von der manuellen Steuerung zu überwachenden Tätigkeiten hin verlagern werden.

Die damit eingesparten Kosten (Hübe, Personal, effizientere Arbeitsabläufe, etc.) stellen einen bedeutenden Beitrag zur Erhöhung der Konkurrenzfähigkeit des Verkehrsträgers Schiene dar, da künftig der Straßentransport auf die First/Last Mile beschränkt werden könnte.

5.2.2. Automatisierung des Verschubes im Bahnbereich

Der Überbegriff „Verschub“, der den größten Kostenfaktor beim Transport auf dem Verkehrsträger Schiene darstellt, bedeutet nicht nur das Auflösen und das Bilden von Wagengruppen bzw. Zügen in Verschubbahnhöfen, sondern beinhaltet genauso die Abholung und das Beistellen von Einzelwagen und Wagengruppen auf Anschlussbahnen (Produktionsstätten) sowie die Überstellung in den nächstgelegenen Verschubbahnhof. Derzeit werden im Europäischen Raum im Güterverkehr größtenteils, abgesehen von einigen Schwerlastbahnen, Schraubekupplungen zur mechanischen Verbindung der Wagen und Luftschräume zur Übertragung der Druckluft für die Bremsen verwendet. Diese Verbindung zwischen den Wagen bzw. Wagengruppen muss bei jeder Zugbildungsmaßnahme gelöst bzw. geschlossen werden.

Die Potentiale der Automatisierung des Verschubes konzentrieren sich nicht nur auf die Abläufe in den Verschubbahnhöfen, sondern auch auf die Prozesse zur Abwicklung der First/Last Mile auf den Anschlussbahnen bzw.

in den Produktionsstätten. Zur Umgehung der hohen Verschubkosten werden heute vermehrt Shuttlezüge eingesetzt, die zwischen Start- und Zielbahnhöfen pendeln ohne geteilt zu werden. Es muss lediglich das Triebfahrzeug an das andere Zugende umgesetzt werden. Betrachtet man nun die notwendigen Schritte zur Abwicklung von Einzelwagen- bzw. Wagengruppenverkehre fallen einige kostentreibende Arbeitsschritte an, wodurch Maßnahmen zur Automatisierung den Einsatz von Personal verringern könnten. Speziell die Schritte zum Lösen (Langmachen) bzw. Schließen (Kurzmachen) der Schraubenkupplung inkl. des Lösens und Verbindens der Druckluftleitungen bieten hier wesentliche Angriffspunkte. Dabei kann von zwei Strategien ausgegangen werden:

- 1) Automatisierung der Vorgänge mit den derzeit vorhandenen technischen Lösungen (Schraubenkupplung) als Übergangslösung und
- 2) langfristig die Vorbereitung einer europaweit einheitlichen automatischen Kupplung, die baulich alle notwendigen Verbindungen wie Druckluft sowie künftig Strom- und Kommunikationsleitungen inkludiert.
- 3) Selbstfahrende Wagen, die auf Anschlussbahnen mit niedriger Geschwindigkeit die Überstellungsfahrten zur nächsten Anschlussstelle an das Hauptnetz bzw. die Verschubfahrten am Firmengelände selbständig erledigen.

Speziell zum ersten Punkt gab und gibt es Entwicklung von Lösungsansätze die zum Lösen und Schließen der Schraubenkupplungen angedacht bzw. entwickelt wurden und werden. Die Vergangenheit hat gezeigt, dass diese Entwicklungen nicht auf einen guten Nährboden gestoßen sind, da nur nicht abgestimmte Insellösungen durch vereinzelte HerstellerInnen bzw. InfrastrukturbetreiberInnen erstellt wurden.

Zur Umsetzung des Punktes 2 muss vorerst eine gemeinsame Strategie auf europäischer Ebene entwickelt und abgestimmt werden, um die Umrüstung auf eine einheitliche, interoperable, automatische Kupplung zu ermöglichen. Mit der Verringerung der Kosten für den Verschub, bei dem vor allem das Kuppeln und Entkuppeln sowie die anschließende Überprüfung des Zuges durch den Wagenmeister automatisiert werden soll, können Potentiale erschlossen werden, die der Schiene als umweltfreundlichen Transportträger entscheidende Vorteile gegenüber der Straße bringen kann.

Mit der Entwicklung von kleinen Antriebseinheiten und der notwendigen Sensorik für die Steuerung für eine selbständige autonome Fahrt (Punkt 3), die auf existierenden Güterwagen nachgerüstet werden könnte, würde sich die Möglichkeit ergeben die notwendigen Verschub- und Überstellungsfahrten auf den Anschlussbahnen ohne notwendiges Triebfahrzeug und Personal zu erledigen. Dazu müssten frühere Ansätze und Entwicklung allerdings an die heutigen Gegebenheiten angepasst werden. Erste Testläufe mit entsprechenden Wagen laufen bereits auf gesperrten Teststrecken (CargoMover von Siemens Transportation Systems⁹). Die Weiterentwicklung inklusive der bahntechnischen Zulassung solcher Systeme bedeutet einen erheblichen Bedarf an Forschungs- und Entwicklungsarbeit.

5.2.3. Ausrüstung vereinheitlichter Güterwagen mit Sensorik und Aktuatoren

Als wesentlicher Punkt für die Ermöglichung von automatisierten Güterverkehr auf der Schiene müssten auch die Wagen mit Sensorik und Aktuatoren ausgestattet werden. Als erster Schritt müsste die Ausstattung mit Sensorik vorangetrieben werden, die nicht nur die Position der Wagen feststellen kann, sondern auch deren technischen Zustand. Damit könnten heute angewendete Prozesse im Güterverkehr besser geplant und optimiert durchgeführt werden.

In einem weiteren Schritt könnten neue, aber auch bereits im Einsatz befindliche Güterwagen mit der notwendigen Aktorik ausgestattet werden, um hoch automatisiert – in Abhängigkeit des Typs des Güterwagens – Klappen, Türen, Ventile oder andere Funktionen für die Be- und Entladung der Waggons zu betätigen. Darin eingeschlossen sind auch die unter Kapitel 5.2.2 angesprochenen Antriebssysteme.

Als ausschlaggebender Punkt ist die Entwicklung dieser Systeme unter Einhaltung eines einheitlichen Konzeptes für die Sensorik, Schnittstellen, Datenprotokolle, möglichen Antriebssysteme an den Güterwagen (eigenständiger Verschub ohne Triebfahrzeug oder Verschubhilfe), etc. Dies ist von besonderer Wichtigkeit, da nur so einheitliche Systeme

⁹ CargoMover von Siemens Transportation Systems: <https://www.siemens.com/press/pool/de/events/2016/mobility/2016-09-innotrans/background-automated-driving-e.pdf> (Stand: 24.04.2018)

geschaffen werden können, die europaweit unter denselben Rahmenbedingungen zugelassen und eingesetzt werden können. Dies sichert nicht nur die Interoperabilität der Systeme, sondern ermöglicht auch einen kostengünstigen Betrieb und den Austausch dieser Einheiten, da nicht für jedes Land oder für bestimmte Strecken entsprechende Systeme am Wagen vorgesehen werden müssen.

Zur Entwicklung und Abstimmung solcher Systeme (Sensorik und Aktorik) besteht erheblicher Forschungsbedarf, der möglichst über gemeinsame Initiativen, z.B. Shift2Rail¹⁰, gedeckt sollte und über internationale Vereinigungen, wie die UIC¹¹, abgestimmt wird.

5.2.4. Einführung ATO mit Augenmerk auf Einbindung automatisiert fahrender Wagen und Wagengruppen

Die Einführung eines ATO, des automatisierten Bahnbetriebes auf den Hauptstrecken des Schienennetzes, erfordert von Anfang an die Berücksichtigung von automatisiert fahrenden Wagen bzw. Wagengruppen. Diese sollen nicht auf den Hauptstrecken verkehren, sondern auf Anschlussbahnen von und zu den Bahnanschlüssen von Produktionsstätten verkehren.

Die ÖBB verfolgt durch ihre Initiativen zur Automatisierung der Betriebsleitzentralen bis 2030 die Umsetzung des ATO auf den Hauptstrecken. Dabei ist allerdings kein Mischbetrieb von entsprechend ausgestatteten Fahrzeugen mit konventionellen Fahrzeugen vorgesehen. Es ist weiterhin geplant, dass in den Triebfahrzeugen TriebfahrzeugführerInnen anwesend sind, welche die Fahrt allerdings nur noch überwachen und in Fällen von Abweichungen eingreifen.

Zur Ermöglichung einer reibungslosen Einbindung von automatisiert fahrenden Güterwagen und Wagengruppen, sollen diese von den Verschubknoten zunächst regulär mit einem Triebfahrzeug zur Anbindung an die Anschlussbahn auf den Hauptstrecken gebracht werden. Dort sollen sich die Wagen bei einem Zwischenhalt vom Zug abkoppeln und danach selbständig zum Bahnanschluss des Transportzieles fahren. Im Bereich des Bahnanschlusses eines Verladers können sich die Wagen eigenständig platzieren bzw. zu Wagengruppen formieren ohne, dass ein entsprechendes Rangierfahrzeug (Lokomotive oder Mehrwegefahrzeug) vorgehalten werden muss.

Mit der Entwicklung der passenden Konzepte für die Antriebstechnik, der Energieversorgung (Batterietechnologie, Brennstoffzelle, etc.), der Kommunikationsformen und der Sicherungstechnik sowie der Zulassung dieser Wagen im Rahmen von künftigen F&E-Vorhaben könnten erhebliche Potentiale des Verkehrsträgers Schiene erschlossen werden. Hiermit könnte der Gütertransport auf der Bahn durch den Wegfall des kostenintensiven Verschubes erheblich wirtschaftlicher durchgeführt werden und damit der Gütertransport von der Straße auf die Schiene verlagert werden.

¹⁰ <https://shift2rail.org/>

¹¹ <https://uic.org/>

6. Zusammenfassung

Die gegenständliche F&E-Dienstleistung betrachtet die sozialen und organisatorischen Auswirkungen der zunehmenden Automatisierung auf den Güterverkehr und die Transportlogistik systemisch. Dabei wurden vor allem die Auswirkungen der Automatisierung auf den Straßen- und Schienengüterverkehr anhand unterschiedlicher Szenarien bis 2045 abgeschätzt, um Barrieren sowie Enabler aufzuzeigen und FTI- und verkehrspolitische Maßnahmen abzuleiten.

6.1. Allgemeine Rahmenbedingungen

Um die Auswirkungen zunehmender Automatisierung auf den Güterverkehr darstellen zu können, wurden die untersuchten Transportkettenkomponenten definiert, die Automatisierungsgrad für verschiedene Transportträger angeglichen, der derzeit herrschende rechtliche Rahmen inklusive Haftung ermittelt, sowie die Mitarbeiterstruktur im Transportwesen einer näheren Betrachtung unterzogen.

6.1.1. Technische Transportkettenkomponenten und deren Automatisierungsgrad

Da die Verkehrsträger Straße, Schiene und teilweise Schiff im Fokus der Betrachtung stehen, wurden die folgenden Transportketten mit den dazugehörigen Transportkettenkomponenten einer genauen Betrachtung unterzogen.

- Innerbetriebliche Logistik
 - Transport zur Rohstoffversorgung (intern)
 - Produktion abgeschlossen -> Lager
 - Zwischenlagerung/Umpacken
 - Lager -> Transporteinheit/Ladungsträger
 - Verladung Ladungsträger
 - Ladungssicherung
- Vorlauf: Transport per Lkw zum Umschlagterminal
 - Ankoppeln von Anhängern/Aufliegern
 - Fahrt zum Terminal
 - Fahrten im Terminal
 - Umschlag Ladungsträger im Zwischenlager
 - Umschlag Ladungsträger für Weitertransport
- Hauptlauf: Transport per Schiene
 - Verschubfahrten zur Zugbildung
 - Zugbehandlung (Langmachen, Entkuppeln, Kurzmachen, etc.)
 - Bremsprobe und Lichtraumüberprüfung vor Abfahrt
 - Eigentliche Zugfahrt (ATO)
- Hauptlauf per Binnenschiff
 - Umschlag Ladungsträger für Weitertransport
 - Ladungssicherung
 - Rangierbetrieb der Schiffe im Hafen
 - Eigentliche Schifffahrt

- Hauptlauf: Transport per Lkw
 - Eigentliche Lkw-Fahrt
 - Wartung der Fahrzeuge
- Nachlauf: Transport per Lkw zum Empfänger
 - Fahrt zum Empfänger
- Nachlauf: Transport per Schiene zum Empfänger
 - Automatisierte Fahrt zu/auf Anschlussbahn
- Distribution: Verteilung in Regionen/Endadressen
 - Fahrt Terminal/Hub zu Lieferadresse
 - Übernahme der Waren/Güter
 - Abholung der Waren/Güter
- Etwaige Sonderfälle

Wenn über Automatisierung im Güterverkehr gesprochen wird, stellt die Existenz verschiedener Automatisierungsstufen für Straße und Schiene ein Hindernis dar. Während für Straßenfahrzeuge durch die SAE sechs Level festgelegt wurden (Level 0 bis Level 5), so gibt es für Schienenfahrzeuge entsprechend der Kategorisierung durch die UITP lediglich fünf Level (Level 0 bis Level 4), die in diesem Fall Grade of Automation (GoA) genannt werden. Für jene Bereiche, die darüber hinausgehen, gibt es keine Kategorisierung. Für die gegenständliche F&E-Dienstleistung wurden für sonstige Bereiche (z.B. Binnenschifffahrt) vier Levels unterschieden (Level 1 bis Level 4).

6.1.2. Rechtliche Rahmenbedingungen

Automatisierung betrifft verschiedene Lebens- und Arbeitsbereiche. Der rechtliche Rahmen spannt sich somit von den technischen Voraussetzungen (Fahrzeugzulassung) bis zur Lenkzeitregelung und den Aufgaben und Pflichten des/r LenkerIn.

Die Fahrzeugzulassung und Typisierung basiert auf dem Kraftfahrzeuggesetz. Insbesondere Software, die laufend aktualisiert wird, stellt bei der Zulassung automatisierter Fahrzeuge eine Barriere dar.

Die derzeit gültige Lenkzeitregelung, die sich auf die EU VO 561/2006 stützt, geht davon aus, dass das Fahrzeug von einem Menschen gesteuert wird. Sie muss durch die zunehmende „passive“ Arbeitszeit des/r LenkerIn überdacht und entsprechend angepasst werden.

Aufgaben und Pflichten von LenkerInnen sind in verschiedenen Rechtsdokumenten geregelt: Straßenverkehrsordnung, Übereinkommen über den Straßenverkehr, Kraftfahrzeuggesetz, Automatisiertes Fahren Verordnung. Während ältere Rechtsvorschriften davon ausgehen, dass die lenkende Person über einen Lenknachweis verfügt, zumindest eine Hand am Steuer hat und das Fahrzeug jederzeit unter Kontrolle hat, wurden mittlerweile Ausnahmegenehmigung für autonomes Fahren definiert. Ebenfalls relevant für autonomes Fahren sind die Regelungen zu geschlossenen Zügen von StraßenbenutzerInnen und die Vorschriften zu Mindestabständen. Diese wurden bislang noch nicht entsprechend adaptiert, die optimale Ausnützung des Straßenraumes bei autonomen Fahren zu ermöglichen.

Ein ebenfalls relevanter rechtlicher Aspekt ist die Haftungsfrage, die durch zunehmende Automatisierung neu aufgerollt werden muss. Das betrifft nicht nur die generelle Schuldfrage bei Unfällen, Schäden oder Diebstählen, sondern genauso mögliche Cyber-Angriffe.

6.1.3. Mitarbeiterstruktur im Transportwesen

In Österreich waren mit Ende 2016 mehr als 200.000 Personen direkt oder indirekt im Bereich Personen- und Güterbeförderung beschäftigt. Wie auch andere Länder, ist man hierzulande mit einem zunehmenden Mangel an Lkw-FahrerInnen und TriebfahrzeugführerInnen konfrontiert, gepaart mit der Überalterung des Personals im Transportsektor (Durchschnittsalter 43 Jahre im Vergleich zu 42 Jahren über alle Sektoren). Gerade die beiden genannten Berufsgruppen haben gegenüber früher aufgrund der vergleichsweise schlechten Bezahlung und den unregelmäßigen Arbeitszeiten stark an Attraktivität eingebüßt. Gleichzeitig sind die Anforderungen, die an diese Berufsgruppen gestellt werden, sehr hoch, da menschliches Versagen weitreichende Konsequenzen mit sich bringt.

Es ergibt sich somit ein Nachwuchsproblem in der Branche, das insbesondere höher qualifizierte Bereiche betrifft. Neben den bereits genannten Berufsgruppen, sind Elektroniker, Ingenieure, IT-ExpertInnen und FahrdienstleiterInnen bereits jetzt sehr stark nachgefragt.

Im Bereich der Binnenschifffahrt sind derartige Auffälligkeiten nicht gegeben, da sich die Beschäftigten genauso wie die Ausbildungsstandorte über Europa verteilen und eine konkrete Länderzuordnung schwer durchzuführen ist. Hier findet jedoch insofern eine Veränderung statt, als dass kleinere Unternehmen zunehmend verschwinden während größere Unternehmen einen Zuwachs an MitarbeiterInnen erfahren.

6.2. Ableitung von Szenarien

Entsprechend der festgelegten Automatisierungsstufen konnte der derzeitige Automatisierungsstand der Transportkettenkomponenten erhoben und das Potential für die Zukunft ermittelt werden. Die Einschätzungen wurden anhand der Ergebnisse von Literaturrecherche, ExpertInnen-Interviews sowie der Einschätzung der AutorInnen dieser F&E-Dienstleistung (bei strittigen Fällen oder Lücken) vorgenommen. Es wurden die bereits gelisteten Komponenten der Transportketten bewertet.

Es wurden drei Szenarien erarbeitet, um die zukünftige Entwicklung besser darstellen zu können. Szenario 1 hat den Zeithorizont 2025, wobei von wenig Veränderung gegenüber dem Jahr 2018 ausgegangen wird. Szenario 2 zeigt eine etwas stärkere Durchdringung an Automatisierung bis zum Jahr 2035. In Szenario 3 wird der Zeithorizont bis 2045 dargestellt und einer Automatisierung, die zu 95 % (entsprechend der möglichen maximalen Automatisierung) umgesetzt ist.

Bei der innerbetrieblichen Logistik sind der Transport zur Rohstoffversorgung (intern) und von der abgeschlossenen Produktion zum Lager in Szenario 3 voll automatisiert (Level 5). Die anderen Komponenten haben ein maximales Potential von Level 4, das bis auf die Ladungssicherung in Szenario 2 und Szenario 3 erreicht wird.

Ein ähnliches Bild zeigt sich beim Vorlauf per Lkw. Hier erreichen die Fahrt zum Terminal und die Fahrt im Terminal in Szenario 3 den maximal möglichen Level 5. Die anderen Transportkomponenten erreichen in Szenario 3 ebenfalls den möglichen Maximallevel 4.

Für den Hauptlauf per Schiene stellt entsprechend der UITP-Kategorisierung Level 4 das Maximum dar, das von allen Transportkomponenten in Szenario 3 erreicht wird. Im Fall der Verschubfahrten zur Zugbildung bereits in Szenario 2.

Der Hauptlauf per Binnenschiff kann ebenfalls maximal bis Level 4 automatisiert werden, der für alle Komponenten in Szenario 3 erreicht wird. Im Fall der eigentlichen Schifffahrt ist eine maximale Automatisierung bereits im Jahr 2035 möglich.

Die eigentliche Lkw-Fahrt im Hauptlauf erreicht in Szenario 3 den maximal möglichen Level 5. Die Automatisierung der Wartung der Fahrzeuge gestaltet sich hingegen schwieriger und bewegt sich in Szenario 3 noch auf Level 3 von 4.

Der Nachlauf erreicht im Fall von Lkw und Schiene in Szenario 3 jeweils den maximal möglichen Automatisierungsgrad von Level 5 im Fall der Lkw-Fahrt zum Empfänger und Level 4 im Fall der Fahrt zu/auf der Anschlussbahn.

Hinsichtlich der Distribution kann für die Fahrt vom Terminal/Hub zu Lieferadressen in Szenario 3 die Maximalstufe Level 5 erreicht werden. Die Übernahme und Abholung der Waren/Güter hingegen, erreichen im Jahr 2045 erst Level 3 von 4.

6.3. Wirkungen

Entsprechend den dargestellten Szenarien wurden die sozialen und organisatorisch-verkehrlichen Wirkungen identifiziert. Dieser Bewertung durch die AutorInnen der F&E-Dienstleistung war, wie bei den Szenarien, eine Literaturanalyse und Aufarbeitung der Erkenntnisse durch ExpertInnen-Interviews vorausgegangen.

Als soziale Wirkungsindikatoren wurden Personalbedarf, Arbeitssicherheit, Arbeitszeiten und Qualifikation herangezogen. Aus verkehrlich-organisatorischer Sicht wurden die Wirkungen auf Transportkosten, -zeit und -qualität abgeschätzt.

6.3.1. Soziale Auswirkungen zunehmender Automatisierung

Eine Studie der OECD (2018) geht davon aus, dass die Wahrscheinlichkeit einen Arbeitsplatz durch Automatisierung zu verlieren, quer über alle Jobprofile, in Österreich bei 49 % liegt. Andere Untersuchungen gehen von weniger drastischen Auswirkungen aus und sehen Österreich hinsichtlich der Beschäftigungsanteile und Automatisierbarkeit von Arbeitsplätzen eher im Mittelfeld. Relativ einig ist man sich, dass die Qualifikationsprofile steigen werden und insbesondere schlecht qualifizierte Personen von einer Umstellung betroffen sein werden. Gleichzeitig werden durch die geänderten Abläufe neue Arbeitsplätze geschaffen, insbesondere mit Fokus auf Kontrolle, Überwachung und Koordination. Interessante Gedankenspiele gehen davon aus, dass zukünftig neue Berufsbilder wie beispielsweise RoboterkoordinatorInnen und Algorithmen-VersicherInnen entstehen werden. Man braucht jedoch nicht unbedingt weit in die Ferne zu blicken, denn bereits jetzt sind Mechatroniker, Elektriker und andere Fachkräfte stark gefragt.

Gerade im Bereich hochautomatisiertes Fahren gibt es viel Unsicherheit, inwieweit noch Personal an Board sein wird und welche Tätigkeiten tatsächlich automatisiert ausgeführt werden. Gerade in Teilbereichen wird eine Umstellung auf automatisierten Betrieb noch einige Jahre auf sich warten lassen und zwischenzeitlich Handlungsbedarf hinsichtlich des Abgleichs unterschiedlich automatisierter Transportkettenkomponenten mit sich bringen.

Als großes Potential der Automatisierung im sozialen Bereich ist die Arbeitssicherheit zu nennen, die in vielen Bereichen deutlich steigen wird. Aber nicht nur die Sicherheit am Arbeitsplatz wird steigen, sondern auch physisch belastende Arbeitsprozesse und unvorteilhafte Arbeitszeitregelungen werden abnehmen.

6.3.2. Szenarienbewertung sozialer Auswirkungen

Generell wurde festgestellt, dass der Bedarf an Personal durch einen Rückgang der manuellen Tätigkeiten und wenige aber dafür besser ausgebildete MitarbeiterInnen abnimmt. Durch einen erhöhten Bedarf im Bereich Kontrolle und Überwachung werden gleichzeitig Arbeitsplätze geschaffen, wodurch es sich in den meisten Bereichen nur um eine leichte Abnahme handelt. Zu einem starken Personalabbau kommt es lediglich beim Umschlag der Ladungsträger für den Weitertransport sowie der Wartung der Fahrzeuge. Kaum Auswirkungen auf den Personalbedarf ergeben sich bei der Ladungssicherung, der Fahrt zum Empfänger, der Übernahme und Abholung von Waren/Gütern sowie der Abwicklung von Unfällen. Mehr Personal wird notwendig sein, um Menschen davon abzuhalten Fahrzeuge mutwillig zu behindern.

Zunehmende Automatisierung wirkt in den meisten Bereichen positiv auf die Arbeitssicherheit aus. Eine leichte Zunahme der Arbeitssicherheit ist bei Zwischenlagerung / Umpacken, dem Übergang vom Lager zur Transporteinheit/Ladungsträger, der Ladungssicherung, der eigentlichen Lkw-Fahrt und der automatisierten Fahrt zur/auf die Anschlussbahn zu erwarten. Starke Verbesserungen werden für den Transport zur Rohstoffversorgung (intern), der Fahrt von der abgeschlossenen Produktion zum Lager, dem Ankoppeln von Anhängern/Aufliegern, der Zugbehandlung, der Bremsprobe und Lichtraumüberprüfung vor Abfahrt gesehen.

Die Arbeitszeiten sind auch bei zunehmender Automatisierung für viele Transportkomponenten unverändert. Zu leichten Abnahmen kommt es bei der Verladung der Ladungsträger, der Fahrt zum Terminal, der Fahrt im Terminal, dem Umschlag der Ladungsträger im Zwischenlager und dem Umschlag der Ladungsträger für den Weitertransport. Mit einer leichten Zunahme der Arbeitszeit wird bei der eigentlichen Lkw-Fahrt (Erfordernis von Steuerungspersonal) und der automatisierten Fahrt zur/auf die Anschlussbahn gerechnet, da sich die Automatisierung durch das passive Fahren auf die Lenkzeitregelung auswirken wird.

Mit einer (zumindest leichten) Zunahme der notwendigen Qualifikation ist für alle Transportketten zu rechnen. Insbesondere Umschulungen in Richtung Kontrolle und Überwachung sowie IT-Fertigkeiten stehen an der Tagesordnung. Durch den geringeren Personaleinsatz in Bereichen, ist eine bessere Qualifikation des verbleibenden Personals unumgänglich. Starke Veränderungen werden sich für die Bereiche Zwischenlagerung/Umpacken, Fahrt vom Lager zur Transporteinheit/zum Ladungsträger, die Ladungssicherung und die Fahrt vom Terminal/Hub zur Lieferadresse ergeben.

6.3.3. Verkehrliche-organisatorische Auswirkungen zunehmender Automatisierung

Auf der Straße wird Platooning nach Angabe in verschiedenen europäischen Studien, genauso wie nach Aussage des interviewten Experten von der Asfinag, bereits in naher Zukunft zum Einsatz kommen. Es wird davon ausgegangen, dass Platooning bis 2025 zum Einsatz kommt. Damit einhergehende verschiedene Rahmenbedingungen, die erst geschaffen werden müssen. So sind nicht nur aus rechtlicher, sondern genauso organisatorischer Sicht Voraussetzungen nicht gegeben und Fragen ungeklärt. Insbesondere die Rolle von Platooning-Plattformen ist ungeklärt, wenngleich sie von hohem Stellenwert sind, um kleine und mittlere FrächterInnen nicht zu benachteiligen.

Ebenso ist die Lebensdauer der Assets und deren Auswirkung auf die Durchdringung autonomer Systeme in Betracht zu ziehen, wenn man die Transportkosten, -zeit und -qualität betrachtet. Während „Mischverkehr“ auf der Straße infolge der Lebensdauer von Lkw realistisch erscheint, wird der Schienensektor mit deutlich mehr Aufwand umgestellt werden müssen und nur die Implementierung ausgereifter Systeme langfristig sinnvoll sein.

Ein weiterer Aspekt der Thematik betrifft die zukünftigen Betreiberformen. So besteht die Sorge, dass die in Österreich existierende Kleinteiligkeit der FrächterInnen verschwinden wird und insbesondere größere Unternehmen von einer zunehmenden Automatisierung profitieren. Entwicklungen im Bereich Physical Internet könnten diesen Trend verstärken. Der Bahnbereich wird sich demgegenüber hinsichtlich der Betreiberformen kaum ändern, da dieser bereits von Großunternehmen dominiert wird. Dafür sind für die Bahn noch technologische Voraussetzungen, wie die Mittelpufferkupplung, ausständig, die eine Automatisierung von Transportkettenkomponenten erst ermöglichen. Die Kommunikation zwischen Infrastruktur und rollendem Material ist außerdem eine Voraussetzung in vielen Bereichen. Generell ist im Schienenbereich wesentlich stärker als im Straßenbereich auf eine abgestimmte Vorgehensweise zwischen der Infrastruktur und dem Betrieb zu achten. Eine Analyse aller sinnvoll möglichen Kombinationen von Automatisierung der Einzelkomponenten könnten Synergien zwischen den einzelnen Transportkettenkomponenten zutage bringen.

6.3.4. Szenarienbewertung verkehrlich-organisatorischer Auswirkungen

Wesentliche Kostenfaktoren sind das eingesetzte Personal und die Effizienz der Abläufe. Mit zunehmender Automatisierung sinken die Transportkosten leicht bei der Verladung der Ladungsträger, den Fahrten im Terminal, dem Umschlag der Ladungsträger im Zwischenlager und für den Weitertransport, bei Bremsprobe und Lichtraumüberprüfung vor Abfahrt, der eigentlichen Zugfahrt, dem Umschlag der Ladungsträger für den Weitertransport, den Rangierbetrieb der Schiffe im Hafen, der Wartung der Fahrzeuge und der Fahrt von Terminal/Hub zur Lieferadresse. Zu starken Einsparungen kommt es bei der Fahrt zum Terminal, den Verschubfahrten zur Zugbildung, der Zugbehandlung, der eigentlichen Lkw-Fahrt, der Fahrt zum Empfänger, der automatisierten Fahrt zu/auf Anschlussbahn.

Eine leichte Reduktion der Transportzeit werden die Fahrt von der Produktion zum Lager, vom Lager zur Transporteinheit/dem Ladungsträger, die Fahrten im Terminal, der Umschlag der Ladungsträger im Zwischenlager/für den Weitertransport, die Verschubfahrten zur Zugbildung, die Zugbehandlung und die eigentliche Lkw-Fahrt erfahren. Für alle anderen Transportkettenkomponenten wird von kaum merkbar bzw. keinen Veränderungen ausgegangen.

Die Transportqualität, die sich aus der Verlässlichkeit und Pünktlichkeit ergibt, erfährt mit zunehmender Automatisierung eine leichte Steigerung. Bereiche, die keine Veränderungen erfahren sind die Zwischenlagerung/das Umpacken, das Ankoppeln von Anhängern/Aufliegern, die Fahrt zum Terminal, die eigentliche Schifffahrt, die eigentliche Lkw-Fahrt, die Fahrt zum Empfänger, die Fahrt vom Terminal/Hub zu Lieferadressen und die Übernahme der Waren/Güter.

6.4. Handlungsempfehlungen

Im Rahmen der ExpertInnen-Interviews und der Bewertung der künftigen Entwicklung der Automatisierung im Güterverkehr wurden folgende **Handlungsempfehlungen** identifiziert. Diese sind nach den zu involvierenden Ministerien, Interessensvertretungen und Stakeholdern zusammengefasst.

Abstimmung von BMVIT, Sozialministerium und Arbeitnehmervertretungen:

- Beseitigung fehlender legislativer und normativer Grundlagen die sich auf Grund der technischen und organisatorischen Möglichkeiten ergeben, muss bereits zeitnah in Angriff genommen werden. Dabei müssen folgende Punkte in Abhängigkeit des umgesetzten Automatisierungsgrades geregelt werden:
 - o Verantwortung noch anwesender LenkerInnen
 - o Definition der Ruhezeiten aus arbeitsrechtlicher Sicht
 - o (weltweit) grenzübergreifend einheitliche Definition der Haftungsfragen bezüglich der Fahrzeuge, der Systemkomponenten und des Haftungsübertrages bei automatisiertem Wechsel des Verkehrsträgers

Abstimmung der relevanten Ministerien zumindest auf europäischer Ebene

- weltweit einheitliche Regelungen zu Datensicherheit und Datenschutz
- Angleichung der Sicherheitsbestimmungen in Bezug auf Fahrzeugtechnologie, Ausfallsicherheit, etc. muss für Straße und Schiene (derzeit größtenteils SIL4) erfolgen, um die Schiene kostengünstiger betreiben zu können
- Strategien zur Schaffung von Kompatibilität zu bestehenden Systemen der einzelnen Verkehrsträger (Technologien, Schnittstellen, Datenprotokolle, etc.)
- Meinungsbildungsmaßnahmen durch die Politik zur Beseitigung der derzeitigen Informationsdefizite in Bezug auf die Automatisierung im Transportwesen bezüglich:
 - o Technischer Möglichkeiten und Reifegrade inkl. Status Quo der Verkehrsmodi
 - o Rechte und Pflichten des lenkenden, bedienenden und überwachenden Personals automatisierter Fahrzeuge und Hilfsmittel
 - o Chancen für bestimmte Personengruppe durch die Automatisierung geänderten Berufsprofile
 - o Auswirkungen auf den Güterverkehr und das Transportwesen generell (Transportkosten, Effizienzsteigerung, Umweltauswirkungen, etc.)
 - o Mögliche Verbesserungen und Aufwertungen bestehender Berufsbilder im Güterverkehr
- Zeitnahe Entwicklung eines entsprechenden Ausbildungsangebotes zur Gewährleistung der Verfügbarkeit des notwendigen Personal im Bereich der Überwachung, Wartung und Planung des Einsatzes automatisierter Transportsysteme

Transportunternehmen und InfrastrukturbetreiberInnen in Abstimmung mit dem BMVIT

- Klärung der Verantwortung für Infrastruktur und Kompetenzen muss eindeutig und länderübergreifend koordiniert werden:
 - o Vereinheitlichung der Definition der Verantwortungen der Betreiber von Infrastrukturen
 - o Klärung der Frage der Betreiber der Infrastrukturen (Behörden, staatsnahe Unternehmen, etc.)
 - o Klare Aufteilung der Kompetenzen je nach Einsatzgebiet, z.B. Verkehrssteuerung mittels automatisiert fahrender Fahrzeuge durch übergeordnete Behörde
 - o Sicherstellung eines grenzüberschreitenden Verkehrs durch vereinheitlichte Infrastrukturen
- Automatisierung des Umschlages beim Kombinierten Ladungsverkehr
- Ausrüstung vereinheitlichter Güterwagen mit Sensorik und Aktuatoren
- Einsatz automatischer Fahrzeuge im Mischverkehr zur Verkehrssteuerung
- Einführung ATO (Automated Train Operation) mit Augenmerk auf Einbindung hoch automatisiert fahrender Wagen und Wagengruppen
- Erstellung von Migrationsstrategien zur langfristige Einführung und Zulassung eines automatischen Kupplungssystems im Bahnbereich
- Koordinierte Entwicklung von Strategien im Bereich der Cyber Security zur Sicherstellung des ungestörten, sicheren Betriebs künftiger hoch automatisierter Transportsysteme

7. Referenzen

- Allianz pro Schiene (2017): Lokführer: Beruf mit dem größtem Nachwuchsmangel. Artikel vom 19.04.2017 in: Allianz pro Schiene. URL: <https://www.allianz-pro-schiene.de/presse/pressemitteilungen/lokfuhrer-beruf-mit-dem-groesstem-nachwuchsmangel/>
- Arntz, M., Gregory T., Zierahn, U. (2016): The Risk of Automation for Jobs in OECD countries: A Comparative Analysis. OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 189. OECD Publishing. Paris. URL: <http://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>
- Bienfait, B., Zoetardt, P., Barnard, B. (2012): Automatic Train Operation: The Mandatory Improvement for ETC Applications. ASPECT Conference 2012 of the IRSE Institution of Railway Signal Engineers. URL: <http://www.irse.org/knowledge/publicdocuments/2.06%20Bienfait%20-%20Automatic%20Train%20Operation%20for%20ETCS.pdf>
- bmvit (2017): Österreichs Bahnindustrie. URL: <https://www.bmvit.gv.at/service/faktenblaetter/bahnindustrie.pdf>
- Bordelon, J. T. (2016): Why We Need the Human Factor in Modern Shipping. Artikel vom 28.05.2016 in: The Maritime Executive. URL: <http://maritime-executive.com/editorials/why-we-need-the-human-factor-in-modern-shipping>
- Davydenko, I., Gijsbers, G., Leis, M., Maier, D., Verweij, K., Li, X., van der Zee, F. (2009): Investing in the Future of Jobs and Skills. Scenarios, implications and options in anticipation of future skills and knowledge needs. Sector Report Transport and Logistics. S.39. URL: http://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjU7_PK14bYAhVRK1AKHZgJDewQFggpMAA&url=http%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Fsocial%2FblobServlet%3FdocId%3D3655%26langId%3Den&usg=AOvVaw2u6lCLwC0keA6ZK0qQn-Bq
- Dörfelt, S., Scherf, J. (2017): Logistikjobs der Zukunft – Was sich durch Digitalisierung ändert. Artikel vom 30.08.2017 in: MMLogistik. URL: <https://www.mm-logistik.vogel.de/logistikjobs-der-zukunft-was-sich-durch-digitalisierung-aendert-a-635582/>
- Europäische Kommission (2018): MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN. Auf dem Weg zur automatisierten Mobilität: eine EU-Strategie für die Mobilität der Zukunft. Drucksache 185/18. Brüssel. URL: https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2018/0101-0200/185-18.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- Frey, C. B., Osborne, M. (2013): The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? Oxford Martin Programme of Technology and Employment. URL: https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf
- Goos, M., Konings, J., Vandeweyer, M. (2015): Employment Growth in Europe: The Roles of Innovation, Local Job Multipliers and Institutions. Utrecht School of Economics Discussion Paper, Vol. 15, No. 10.
- Harms, S. (2017): Autonome Navigation. Der Kapitän verlässt das fahrende Schiff. Artikel vom 04.04.2017 in: shz.de. URL: <https://www.shz.de/deutschland-welt/netzwelt/der-kapitaen-verlaesst-das-fahrende-schiff-id16511641.html>
- Hirsch-Kreinsel, H. (2015): Digitalisierung von Arbeit: Folgen, Grenzen und Perspektiven. Soziologisches Arbeitspapier Nr. 43/2015. Dortmund. URL: <http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/20151015-Hirsch-Kreinsen-2015-Digitalisierung-von-Arbeit-Soz-Arbeitspapier.pdf>
- Hogarth, T., Wilson, R. (2015): The outlook for skills demand and supply in Europe. In: Dolphin, T. (Hrsg.): Technology, globalization and the future of work in Europe: Essays on employment in a digitized economy. Institute for Public Policy Research. London. S. 17-24.
- Hommers, H. (2017): Die Berufskraftfahrer fehlen. „Wir haben extremen Fahrermangel“. Artikel vom 28.11.2017 in: Weser Kurier – Tageszeitung für Bremen und Niedersachsen. URL: https://www.weser-kurier.de/bremen/bremen-wirtschaft_artikel,-wir-haben-extremen-fahremangel-_arid,1673606.html

- Frey, T. (2017): Lokführermangel in Deutschland. Traumberuf Lokführer – das war mal. Artikel vom 16.08.2017 in: SWR. URL: <https://www.swr.de/marktcheck/lokfuehrermangel-in-deutschland-traumberuf-lokfuehrer-das-war-mal/-/id=100834/did=20112094/nid=100834/1cdrpp9/index.html>
- OECD (2016): Policy Brief on the Future of Work - Automation and Independent Work in a Digital Economy. URL: <https://www.oecd.org/els/emp/Policy%20brief%20-%20Automation%20and%20Independent%20Work%20in%20a%20Digital%20Economy.pdf>
- OECD/ITF (2017): Managing the Transition to Driverless Road Freight Transport. Paris. URL: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/managing-transition-driverless-road-freight-transport.pdf>
- OECD (2018). Policy Brief on the Future of Work. Putting faces to the jobs at risk of automation. URL: <http://www.oecd.org/employment/Automation-policy-brief-2018.pdf>
- Losse, B. (2018): Warum (fast) niemand mehr Lokführer werden will. Artikel vom 29.01.2018 in: Orange by Handelsblatt. URL: <https://orange.handelsblatt.com/artikel/37938>
- Panteia (2015a): Analysis of the trends and prospects of jobs and working conditions in transport. February 2015, Zoetermeer. URL:
- Panteia (2015b): Cost comparison and cost developments in the European road haulage sector. November 2015, Zoetermeer.
- PwC (2012.): Transportation & Logistics 2030. Volume 5: Winning the talent race. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/transportation-logistics/pdf/pwc-tl-2030-volume-5.pdf>
- PwC (2017): Up to 30% of existing UK jobs could be impacted by automation by early 2030s, but this should be offset by job gains elsewhere in economy. Artikel vom 24.03.2017 in PwC. URL: http://pwc.blogs.com/press_room/2017/03/up-to-30-of-existing-uk-jobs-could-be-impacted-by-automation-by-early-2030s-but-this-should-be-offse.html
- PwC (2018): Will robots really steal our jobs? An international analysis of the potential long term impact of automation. URL: https://www.pwc.com/hu/hu/kiadvanyok/assets/pdf/impact_of_automation_on_jobs.pdf
- RailCargo (2018): Zahlen, Daten, Fakten. URL: <http://www.railcargo.com/de/Unternehmen/Zahlen/index.jsp>
- Randelhoff, M. (2017): Automatisierung des Straßengüterverkehrs. Artikel vom 28.08.2017 in: Zukunft Mobilität. URL: <https://www.zukunft-mobilitaet.net/113531/analyse/automatisierung-strassengueterverkehr-selbstfahrende-lkw-autonom-automatisierte-nfz-nutzfahrzeuge/>
- salzburg.ORF (2016): ÖBB suchen Lokführer. Artikel vom 26.10.2016 in: ORF. URL: <http://salzburg.orf.at/news/stories/2805300/>
- Solon, O. (2016): Self-driving trucks: what's the future for America's 3.5 million truckers? Artikel vom 17.06.2016 in: The Guardian. URL: <https://www.theguardian.com/technology/2016/jun/17/self-driving-trucks-impact-on-drivers-jobs-us>
- Spiezia, V., Vivarelli, M. (2000): The analysis of technological change and employment. In: Vivarelli, M., Pianta, M. (Eds), The employment impact of innovation, (pp. 12–25). London: Routledge.
- Ennenbach, C. (2017): Skriptbasierte Schadsoftware lässt das Bedrohungspotenzial deutlich steigen. IT-Sicherheits- und Datenschutzrends 2018 der TÜV TRUST IT GmbH Unternehmensgruppe TÜV AUSTRIA. Artikel vom 05.12.2017 in: TÜV AUSTRIA Newsartikel. URL: <https://www.tuv.at/news/newsartikel/news-single/skriptbasierte-schadsoftware-laesst-das-bedrohungspotenzial-deutlich-steigen/>
- UIC (2015): A Global Vision for Railway Development. Paris. URL: https://uic.org/IMG/pdf/global_vision_for_railway_development.pdf
- UITP (o.J.): Press Kit. Metro Automation Facts, Figures and Trends. URL: <http://www.uitp.org/sites/default/files/Metro%20automation%20-%20facts%20and%20figures.pdf>

VDI (2017) VDI Nachrichten Ausgabe Nr.40 vom 06.10.2017

Wiegmann, D. (2015): Das Auto wird zum Unfallverursacher. Artikel vom 23.03.2015 in: WELT. URL: <https://www.welt.de/motor/article138697227/Das-Auto-wird-zum-Unfallverursacher.html>

WKO (2017a): Arbeitszeittabelle: Lenkzeiten. Stand 19.10.2017. Infos zu den Definitionen (Bestimmungen aus der EU VO 561/2006 bzw. dem Kollektivvertrag für das Güterbeförderungsgewerbe). URL: https://www.wko.at/branchen/transport-verkehr/gueterbefoerderungsgewerbe/Arbeitszeittabelle_Lenkzeiten.html

WKO (2017b): Lenker von Verordnungsfahrzeugen: Ruhezeiten. Lenkpause - tägliche Ruhezeit - wöchentliche Ruhezeit - Ruhepause – Einsatzzeit. Stand 29.12.2017. URL: https://www.wko.at/service/arbeitsrecht-sozialrecht/Lenker_von_Verordnungsfahrzeugen_Ruhezeiten.html

ZRK (2016): Jahresbericht 2016. Europäische Binnenschifffahrt Marktbeobachtung. Zentralkommission für die Rheinschifffahrt in Partnerschaft mit der Europäischen Kommission. URL: https://www.ccr-zkr.org/files/documents/om/om16_II_de.pdf

Perrin, N. (2017): Erfolgreicher Schienengüterverkehr für die Schweiz im Jahr 2030. Die Sicht SBB Cargo. Ittigen.

Jahn, C. (2017): Automatisierungs- und Autonomieprozesse in der Schifffahrt. Vortragsveranstaltung des Nautischen Vereins zu Bremerhaven, 07.09.2017. Bremerhaven

Ethik-Kommission (2017): Automatisiertes und Vernetztes Fahren. Eingesetzt durch den Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur. Bericht, Juni 2017.

BMVI (2017): Masterplan Schienengüterverkehr. Berlin

RIS (2018): Gesamte Rechtsvorschrift für Straßenverkehrsordnung 1960, Fassung vom 05.03.2018

Winterhagen, J. (2016): Automatische Fahrkolonnen - <http://www.faz.net/aktuell/technik-motor/motor/technik-fuer-lastwagen-automatische-fahrkolonnen-14462724.html>

Fraunhofer IML, Daimler AG, DB Mobility Logistics AG (2014): Zukunftsbilder Transport und Logistik 2030. Dortmund, Stuttgart, Frankfurt a.M.

Frisoni, R.; Dall'Oglio, A.; Nelson, C.; Long, J.; Vollath, C.; Ranghetti, D. & McMinimy, S. (2016): Self-Piloted Cars: the future of road transport? Steer Davies Gleave & European Parliament, Committee on Transport and Tourism. Available at: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/573434/IPOL_STU\(2016\)573434_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/573434/IPOL_STU(2016)573434_EN.pdf) [Accessed 2nd November 2016].

TNO (2016): Vision of Truck Platooning 2025. Den Haag.

8. Abkürzungsverzeichnis

AGV	Automated Guided Vehicles
ATO	Automated Train Operation
AutomatFahrV	Automatisiertes Fahren Verordnung
BGBI	Bundesgesetzblatt
BIM	Building, Information, Modeling
DSVO	Datenschutzverordnung
DTO	Driverless Train Operation
ECDIS	Electronic Chart Display and Information Systems
ETCS	European Train Control System
F&E	Forschung & Entwicklung
FTI	Forschung, Technologie und Innovation
GoA	Grade of Automation
GPS	Global Positioning System
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
KFG	Kraftfahrgesetz
KLV	Kombinierten Ladungsverkehr
MIV	motorisierter Individualverkehr
OEMS	Original Equipment Manufacturer (Erstausrüster)
RFID	Radio-Frequency Identification
SAE	Society of Automotive Engineers
SIL	Safety Integrity Level (Sicherheits-Integritätslevel)
STO	Semi-Automatic Train Operation
StVO	Straßenverkehrsordnung
TÜV	Technischer Überwachungsverein
UITP	Union Internationale des Transports Publics (Internationale Verband für öffentliches Verkehrswesen)
UNECE-WP29	United Nations Economic Commission for Europe - World Forum for Harmonization
UTO	Unattended Train Operation

9. Anhang

9.1. Leitfaden für ExpertInnen-Interviews

SozA – Soziale und organisatorische Auswirkungen zunehmender Automatisierung im österreichischen Güterverkehrssystem Leitfaden für ExpertInnen-Interviews

- Zielgruppe:** Expertinnen und Experten im Kontext sozialer und organisatorischer Auswirkungen zunehmender Automatisierung im österreichischen Güterverkehrssystem
- Methode:** Face-to-face Interviews (in Ausnahmefällen: Telefonische Interviews)
- Struktur:**
- Teil A: Persönlicher/betrieblicher Hintergrund
 - Teil B: Verlagerungseffekte und Wechselwirkungen
 - Teil C: Soziale und organisatorische Chancen und Risiken
 - Teil D: Umsetzungshorizont der Teilbereiche, Treiber und erforderliche Rahmenbedingungen
 - Teil E: Potenziale durch F&E
 - Teil F: Abschließende Fragen
- Dauer:** Ca. 60 Minuten

Einleitung im Interview:

Die F&E-Dienstleistung soll die sozialen und organisatorischen Auswirkungen der zunehmenden Automatisierung auf den Güterverkehr und die Transportlogistik aus systemischer Sicht betrachten. Dabei sollen vor allem die Auswirkungen der Automatisierung auf den Straßengüterverkehr und Schienengüterverkehr anhand unterschiedlicher Szenarien bis 2040 betrachtet und daraus FTI- und verkehrspolitische Maßnahmen abgeleitet sowie Barrieren und Enabler aufgezeigt werden.

Hintergrund zum Projekt „SozA“:

- Kurztitel: SozA
- Langtitel: Soziale und organisatorische Auswirkungen zunehmender Automatisierung im österreichischen Güterverkehrssystem
- Finanzierung: Studie des bmvit, abgewickelt über die FFG
- Projektlaufzeit: 12 Monate (bis Februar 2018)
- Ausschreibung: MdZ 7. Ausschreibung (2016)
- ProjektpartnerIn: Austrian Institute of Technology, HERRY Consult GmbH

Allgemeine Angaben zum Interviewten

Nr.	Frage	Antwort
G.1	Name der InterviewpartnerIn	
G.2	Position im Unternehmen	
G.3	Organisation/Unternehmen	
G.4	Abhaltungsort des Interviews	
G.5	Datum, Uhrzeit (von-bis)	
G.6	InterviewerIn	

Teil A: Persönlicher/betrieblicher Hintergrund

Nr.	Frage	Antwort
A.1	Bitte beschreiben Sie kurz Ihr Unternehmen (Branche, Größe, Schwerpunkte) sowie Ihre Tätigkeitsfelder.	
A.2	Welche Entwicklungen fallen Ihnen als erstes ein, wenn sie an Automatisierung im Güterverkehr denken?	
A.3	Was fällt Ihnen als erstes ein, wenn Sie an soziale Auswirkungen zunehmender Automatisierung im österreichischen Güterverkehrssystem denken?	
A.4	Was fällt Ihnen als erstes ein, wenn Sie an organisatorische/verkehrliche Auswirkungen zunehmender Automatisierung im österreichischen Güterverkehrssystem denken?	
A.5	Mit welchen betrieblichen Automatisierungsentwicklungen rechnen Sie aus heutiger Sicht?	
A.6	In welchem Zeithorizont werden diese Entwicklungen schätzungsweise stattfinden?	

Teil B: Verlagerungseffekte und Wechselwirkungen

Nr.	Frage	Antwort
B.1	In welchen Bereichen ihres Unternehmens erwarten Sie Verlagerungseffekte und welche Verkehrsträger sind betroffen? A) Schiene B) Straße C) Schiff D) Verloader E) Terminal	
B.2	Welche Wechselwirkungen zwischen den Modi/Bereichen werden sich Ihrer Meinung nach auf Grund unterschiedlicher – Entwicklungsgeschwindigkeiten ergeben?	
B.3	Mit welchen Barrieren bei der Einführung von Automatisierung fördernden Technologien rechnen Sie in Ihrem Unternehmen?	
B.4	<i>Was braucht es um diese Barrieren zu überwinden? (Rahmenbedingungen: rechtliche, politische, technologische, organisatorische, ökonomische, soziale, etc.)</i>	
B.5	<i>AK, WKÖ, Austriatech, div. Initiativen: Welche Auswirkungen auf das Gesamtverkehrssystem können sich durch die Verlagerungen und Wechselwirkungen ergeben</i>	

Teil C: Soziale und organisatorische Chancen und Risiken

Nr.	Frage	Antwort
C.1	Wie würde sich die zunehmende Automatisierung in Ihrem Betrieb auf die <ul style="list-style-type: none"> • Transportkosten • Transportzeit • Transportqualität • Pünktlichkeit der Transporte auswirken?	
C.2	Die Automatisierung welcher Teilbereiche (Liste vorlegen) trägt am meisten zu den oben genannten Auswirkungen (unterschieden nach Kosten/Zeit(Qualität/Pünktlichkeit) bei?	

Nr.	Frage	Antwort
C.3	Wie würde sich die zunehmende Automatisierung in Ihrem Betrieb auf die Beschäftigten/Jobprofile auswirken?	
C.4	Die Automatisierung welcher Teilbereiche (Liste vorlegen) trägt am meisten zu den oben genannten Auswirkungen (Beschäftigte/Jobprofile) bei?	
C.5	Wie soll Ihrer Meinung nach die Qualifikation der Beschäftigten in Zukunft sichergestellt werden?	
C.6	Planen Sie Qualifizierungsmaßnahmen in Ihrem Betrieb?	
C.7	<i>AK, WKÖ, Austriatech, div. Initiativen: Welche Schulungsmaßnahmen gibt es/sind geplant? Wer soll diese durchführen (betrieblich /überbetrieblich)?</i>	

Teil D: Umsetzungshorizont der Teilbereiche, Treiber und erforderliche Rahmenbedingungen

Nr.	Frage	Antwort
D.1	Welche Teilbereiche (Liste mit den Teilbereichen aus der Matrix vorlegen!) der Transportlogistik in Ihrem Unternehmen werden Automatisierungsschritte erfahren?	
D.2	In welcher Abfolge (bezüglich der oben genannten Teilbereiche) sind in Ihrem Unternehmen Implementierungen von Automatisierung im Umfeld von Logistik und Transport geplant?	
D.3	Wovon hängt die Abfolge ab?	
D.4	<i>AK, WKÖ, Austriatech, div. Initiativen: In welchem Zeithorizont werden die Teilbereiche umgesetzt (kurz-, mittel- und langfristig)?</i>	
D.5	<i>AK, WKÖ, Austriatech, div. Initiativen: Wovon hängt die Abfolge ab? Worauf basiert Ihre Einschätzung?</i>	

Teil E: Potenziale durch F&E

Nr.	Frage	Antwort
E.1	Welchen Forschungsbedarf in den Teilbereichen (Liste vorlegen und jeden für das Unternehmen relevanten Teilbereich abfragen) sehen Sie? In welchem Bereichen speziell?	
E.2	Welche Rahmenbedingungen / Lösungen sind vor einer Umsetzung zu schaffen?	<input type="checkbox"/> technologische Rahmenbedingungen Begründung: <input type="checkbox"/> organisatorische Rahmenbedingungen Begründung: <input type="checkbox"/> soziale Rahmenbedingungen Begründung: <input type="checkbox"/> rechtliche Rahmenbedingungen Begründung: <input type="checkbox"/> ökonomische Rahmenbedingungen Begründung: <input type="checkbox"/> politisch Rahmenbedingungen Begründung: <input type="checkbox"/> Andere Rahmenbedingungen:

Teil F: Abschließende Fragen

Nr.	Frage	Antwort
F.1	Dürfen wir Ihren Namen als TeilnehmerIn an dieser ExpertInnenbefragung im Rahmen dieser Studie für das bmvit angeben?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
F.2	Dürfen wir Ihr Unternehmen angeben?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
F.3	Haben Sie Interesse an einer weiteren Einbindung in die Studie im Rahmen eines Workshops?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein

Abschluss des Interviews/Dank & Ausblick

9.2. Szenarienbewertung sozialer Auswirkungen infolge zunehmender Automatisierung

9.2.1. Innerbetriebliche Logistik

Im folgenden Abschnitt wird die Szenarienbewertung für die einzelnen Transportkettenkomponenten der innerbetrieblichen Logistik vorgenommen:

- Tabelle 3: Transport zur Rohstoffversorgung (intern)
- Tabelle 4: Produktion abgeschlossen -> Lager
- Tabelle 5: Zwischenlagerung/Umpacken
- Tabelle 6: Lager -> Transporteinheit/Ladungsträger
- Tabelle 7: Verladung Ladungsträger
- Tabelle 8: Ladungssicherung

Tabelle 3: Transport zur Rohstoffversorgung (intern)

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	weniger manuelle Tätigkeiten, stärker gesteuert	höhere Arbeitssicherheit	-	Personalbedarf im Bereich Kontrolle/Überwachung
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	2	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S2 Bewertung	-1	2	0	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S3 Bewertung	-2	4	0	2

Tabelle 4: Produktion abgeschlossen -> Lager

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	weniger manuelle Tätigkeiten; stärker gesteuert	höhere Arbeitssicherheit	-	Personalbedarf im Bereich Kontrolle/Überwachung
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	2	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0	0

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S2 Bewertung	-1	2	0	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S3 Bewertung	-2	4	0	2

Tabelle 5: Zwischenlagerung/Umpacken

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	wenige aber besser ausgebildete MitarbeiterInnen; neue Jobprofile verdrängen ungelernstes Personal	geringere körperliche Belastung	-	neue Jobprofile
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	1	0	2
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S2 Bewertung	-1	1	0	2
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S3 Bewertung	-1	1	0	2

Tabelle 6: Lager -> Transporteinheit/Ladungsträger

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	Mitarbeiterbedarf sinkt und geänderte Arbeitszeiten; Personen werden verstärkt für andere Tätigkeiten eingesetzt	geringere körperliche Belastung	Änderung der Arbeitszeit (geringere Rüstzeiten, längere Fahrtzeit)	Umschulung des Personals
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	1	0	2
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S2 Bewertung	-1	1	0	2
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S3 Bewertung	-1	1	0	2

Tabelle 7: Verladung Ladungsträger

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	Mitarbeiterbedarf sinkt und geänderte Arbeitszeiten; Personen werden verstärkt für andere Tätigkeiten eingesetzt	geringere körperliche Belastung	Änderung der Arbeitszeit (geringere Rüstzeiten, längere Fahrtzeit)	Umschulung des Personals
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	-1	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S1 Bewertung	-2	0	-1	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3	3
S2 Bewertung	-3	0	-3	3
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3	3
S3 Bewertung	-3	0	-3	3

Tabelle 8: Ladungssicherung

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	wenige aber besser ausgebildete MitarbeiterInnen; neue Jobprofile verdrängen ungelernstes Personal	geringere körperliche Belastung	-	neue Jobprofile
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	1	0	2
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S1 Bewertung	-1	1	0	2
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S2 Bewertung	-2	2	0	4
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3	3
S3 Bewertung	-3	3	0	6

9.2.2. Vorlauf (Transport per Lkw zum Umschlagterminal)

Im folgenden Abschnitt wird die Szenarienbewertung für die einzelnen Transportkettenkomponenten des Transports per Lkw zum Umschlagterminal (Vorlauf) vorgenommen:

- Tabelle 9: Ankoppeln von Anhängern/Aufliegern
- Tabelle 10: Fahrt zum Terminal
- Tabelle 11: Umschlag Ladungsträger in Zwischenlager
- Tabelle 12: Umschlag Ladungsträger für Weitertransport

Tabelle 9: Ankoppeln von Anhängern/Aufliegern

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	weniger manuelle Tätigkeiten; stärker gesteuert	höhere Arbeitssicherheit	-	Personalbedarf im Bereich Kontrolle/Überwachung
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	2	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S1 Bewertung	-1	2	0	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S2 Bewertung	-2	4	0	2
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3	3
S3 Bewertung	-3	6	0	3

Tabelle 10: Fahrt zum Terminal

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	weniger FahrerInnen für Weg zum Terminal; weniger Personal vor Ort dafür Überwachung notwendig	-	Abnahme der Arbeitszeit	Personalbedarf im Bereich Kontrolle/Überwachung
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	-1	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S1 Bewertung	-1	0	-1	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S2 Bewertung	-2	0	-2	2
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3	3
S3 Bewertung	-3	0	-3	3

Tabelle 11: Umschlag Ladungsträger in Zwischenlager

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	nur noch wenige KranführerInnen bzw. KranführerInnen in Kontrollzentrum und für mehrere Kräne zuständig	-	Abnahme der Arbeitszeit	höhere Anforderung an jene im Kontrollzentrum durch Wechsel zwischen Kränen
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	-1	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S2 Bewertung	-1	0	-1	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S3 Bewertung	-1	0	-1	1

Tabelle 12: Umschlag Ladungsträger für Weitertransport

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	nur noch wenige KranführerInnen bzw. KranführerInnen in Kontrollzentrum und für mehrere Kräne zuständig	-	Abnahme der Arbeitszeit	höhere Anforderung an jene im Kontrollzentrum durch Wechsel zwischen Kränen
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	-1	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S2 Bewertung	-1	0	-1	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S3 Bewertung	-1	0	-1	1

9.2.3. Hauptlauf (Transport per Schiene)

Im folgenden Abschnitt wird die Szenarienbewertung für die einzelnen Transportkettenkomponenten des Transports per Schiene (Hauptlauf) vorgenommen:

- Tabelle 13: Verschubfahrten zur Zugbildung
- Tabelle 14: Zugbehandlung (Langmachen, Entkuppeln, Kurzmachen, etc.)
- Tabelle 15: Bremsprobe und Lichtraumüberprüfung vor Abfahrt
- Tabelle 16: Eigentliche Zugfahrt (ATO)

Tabelle 13: Verschubfahrten zur Zugbildung

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	weniger TriebfahrzeugführerInnen d.h. nur bei Spezialfahrten vor Ort und ansonsten im Kontrollzentrum	-	-	TriebfahrzeugführerInnen mit veränderten Jobprofilen in Richtung Rangieren und Überwachung
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S2 Bewertung	-1	0	0	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S3 Bewertung	-1	0	0	1

Tabelle 14: Zugbehandlung (Langmachen, Entkuppeln, Kurzmachen, etc.)

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	weniger Verschubpersonal; Kontrollinstanzen notwendig	höherer Arbeitssicherheit	-	Personal für Kontrolle notwendig
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	2	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S1 Bewertung	-1	2	0	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3	3
S2 Bewertung	-3	6	0	3
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	4	4	4	4
S3 Bewertung	-4	8	0	4

Tabelle 15: Bremsprobe und Lichtraumüberprüfung vor Abfahrt

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	weniger Verschubpersonal; Kontrollinstanzen notwendig	höherer Arbeitssicherheit	-	Personal für Kontrolle notwendig
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	2	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S1 Bewertung	-1	2	0	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S2 Bewertung	-2	4	0	2
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	4	4	4	4
S3 Bewertung	-4	8	0	4

Tabelle 16: Eigentliche Zugfahrt (ATO)

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	weniger Triebfahrzeug- führerInnen dafür Überwachung im Kontrollzentrum durch Personen notwendig und evtl. Mechaniker an Board oder für flexiblen Einsatz (für den Fall von Gebrechen auf der Strecke)	-	-	Verlagerung des Jobprofils in Richtung Überwachung/Steuerung; Bedarf an Mechanikern, der technische Komponente des Triebfahrzeug- führerInnen-Profiles übernimmt
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S1 Bewertung	-1	0	0	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S2 Bewertung	-2	0	0	2
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	4	4	4	4
S3 Bewertung	-4	0	0	4

9.2.4. Hauptlauf (Transport per Binnenschiff)

Im folgenden Abschnitt wird die Szenarienbewertung für die einzelnen Transportkettenkomponenten des Transports per Binnenschiff (Hauptlauf) vorgenommen:

- Tabelle 17: Umschlag Ladungsträger für Weitertransport
- Tabelle 18: Ladungssicherung
- Tabelle 19: Rangierbetrieb im Hafen
- Tabelle 20: Eigentliche Schifffahrt

Tabelle 17: Umschlag Ladungsträger für Weitertransport

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	nur noch wenige KranführerInnen bzw. KranführerInnen in Kontrollzentrum und für mehrere Kräne zuständig	-	-	höhere Anforderung an jene im Kontrollzentrum durch Wechsel zwischen Kränen
Ordinalskalierte Basisbewertung	-2	0	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S2 Bewertung	-2	0	0	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S3 Bewertung	-4	0	0	2

Tabelle 18: Ladungssicherung

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	Fachpersonal für Spezialfälle erforderlich; Kontrollpersonal notwendig	weniger Arbeitsplätze, die körperliche Arbeit erfordern	-	Ausbildung in Richtung Spezialfälle und Kontrolle/Überwachung
Ordinalskalierte Basisbewertung	0	1	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S1 Bewertung	0	1	0	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3	3
S2 Bewertung	0	3	0	3
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	4	4	4	4
S3 Bewertung	0	4	0	4

Tabelle 19: Rangierbetrieb im Hafen

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	Überwachungspersonal im Kontrollzentrum notwendig; evtl. Steuermann/-frau an Board notwendig, um Sensorikfehler zu korrigieren (Hindernis zu nah am Schiff wird nicht angezeigt)	-	-	stärkere Verlagerung der Ausrichtung auf Kontrolltätigkeiten; Tätigkeitsprofil der Steuermänner stärker auf Rangieren im Hafen als Überfahrten
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S1 Bewertung	-1	0	0	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3	3
S2 Bewertung	-3	0	0	3
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	4	4	4	4
S3 Bewertung	-4	0	0	4

Tabelle 20: Eigentliche Schifffahrt

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	eklatant weniger Boardpersonal notwendig; Personal zur Behebung kleinerer Gebrechen bzw. für Eingriffe im Fall einer Übernahme durch hacken nach wie vor erforderlich (sehr technisches Jobprofil)	-	-	Schulung in technischen Bereichen (Gebrechensbehebung, Cyber Kriminalität) wird umfassender
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S2 Bewertung	-2	0	0	2
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S3 Bewertung	-2	0	0	2

9.2.5. Hauptlauf (Transport per Lkw)

Im folgenden Abschnitt wird die Szenarienbewertung für die einzelnen Transportkettenkomponenten des Transports per Lkw (Hauptlauf) vorgenommen:

- Tabelle 21: Eigentliche Lkw-Fahrt
- Tabelle 22: Wartung der Fahrzeuge

Tabelle 21: Eigentliche Lkw-Fahrt

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	auf Autobahn unbemannt und menschliche FahrerIn ab der Anschlussstelle (Last Mile; Hub and Spoke-System); Wartung +Spezial-Transporte nach wie vor mit Personal; kurzfristig zu wenige Lkw-FahrerInnen durch e-Commerce; langfristig weniger Jobs im Bereich FahrerInnen und mehr in der Kontrolle und im Service;	weniger manuelle Tätigkeiten	Zunahme der Arbeitszeit	verändertes Berufsanforderungsprofil durch IKT und Internationalisierung (IT-Wissen und Sprachen wichtiger); Lehrpläne/Ausbildung muss angepasst werden an neue Anforderungen; gute Konzentrationsfähigkeit und Problemlösungskompetenz
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	1	1	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S1 Bewertung	-1	1	1	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S2 Bewertung	-2	2	2	2
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3	3
S3 Bewertung	-3	3	3	3

Tabelle 22: Wartung der Fahrzeuge

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	Reduktion der MitarbeiterInnenzahl; automatisierte Arbeitsabläufe soweit möglich jedoch weiterhin manuelle Tätigkeiten wie Instandsetzung und Austausch der Komponenten durch geschultes Fachpersonal; neue Jobprofile	-	-	Lehrpläne/ Ausbildung muss angepasst werden an neue Jobprofile
Ordinalskalierte Basisbewertung	-2	0	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S2 Bewertung	-2	0	0	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3	3
S3 Bewertung	-6	0	0	3

9.2.6. Nachlauf (Transport per Lkw zum Empfänger)

Im folgenden Abschnitt wird die Szenarienbewertung für den Transport per Lkw zum Empfänger (Nachlauf) vorgenommen:

- Tabelle 23: Fahrt zu Empfänger (Produktion, etc.)

Tabelle 23: Fahrt zu Empfänger (Produktion, etc.)

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	kurzfristige Erhöhung des Bedarfs möglich (e-Commerce); langfristig weniger Lkw-FahrerInnen notwendig außer für Spezialtransporte; verstärkter Einsatz von Personen im Bereich Security/Überwachung	-	-	Umschulung von Lkw-FahrerInnen erforderlich
Ordinalskalierte Basisbewertung	0	0	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S1 Bewertung	0	0	0	1

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S2 Bewertung	0	0	0	2
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3	3
S3 Bewertung	0	0	0	3

9.2.7. Nachlauf (Transport per Schiene zum Empfänger)

Im folgenden Abschnitt wird die Szenarienbewertung für den Transport per Schiene zum Empfänger (Nachlauf) vorgenommen:

- Tabelle 24: Automatisierte Fahrt zu/auf Anschlussbahn

Tabelle 24: Automatisierte Fahrt zu/auf Anschlussbahn

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	weniger TriebfahrzeugführerInnen notwendig; erforderliche Steuerung über Kontrollzentrum schafft neue Arbeitszentrum; evtl. mehr Mechaniker notwendig	weniger manuelle Tätigkeiten	Zunahme der Arbeitszeit	neue Arbeitsplätze im Kontrollzentrum erfordern entsprechendes Schulungsangebot; evtl. mehr MechanikerInnenbedarf, um TriebfahrzeugführerInnen ersetzen zu können
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	1	1	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S2 Bewertung	-2	2	2	2
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3	3
S3 Bewertung	-3	3	3	3

9.2.8. Distribution (Verteilung in Regionen / Endadressen)

Im folgenden Abschnitt wird die Szenarienbewertung für die einzelnen Transportkettenkomponenten Verteilung in Regionen / Endadressen (Distribution) vorgenommen:

- Tabelle 25: Fahrt Terminal/Hub zu Lieferadresse
- Tabelle 26: Übernahme der Waren/Güter
- Tabelle 27: Abholung der Waren/Güter

- Tabelle 28: Abwicklung Unfälle (techn. Gebrechen)

Tabelle 25: Fahrt Terminal/Hub zu Lieferadresse

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	kurzfristiger Anstieg des Bedarfs an FahrerInnen durch e-Commerce; langfristiger Abbau von Arbeitsplätzen durch stärkere Bündelung bzw. Automatisierung; Jobs entstehen im Bereich Security/Überwachung	-	-	Umschulung von FahrerInnen für Tätigkeiten im Security/Überwachungsbereich (Profil Konzentrationsfähigkeit, Problemlösungskompetenzen)
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	0	2
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S1 Bewertung	-1	0	0	2
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S2 Bewertung	-2	0	0	4
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3	3
S3 Bewertung	-3	0	0	6

Tabelle 26: Übernahme der Waren/Güter

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	unterstützende Technologien führen zu weniger komplexen Tätigkeiten; Bereich kaum von Jobabbau betroffen	-	-	evtl. mehr IT-Wissen der MitarbeiterInnen gefragt (Schulung)
Ordinalskalierte Basisbewertung	0	0	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S2 Bewertung	0	0	0	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S3 Bewertung	0	0	0	2

Tabelle 27: Abholung der Waren/Güter

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	unterstützende Technologien führen zu weniger komplexen Tätigkeiten; Bereich kaum von Jobabbau betroffen	-	-	evtl. mehr IT-Wissen der MitarbeiterInnen gefragt (Schulung)
Ordinalskalierte Basisbewertung	0	0	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S2 Bewertung	0	0	0	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S3 Bewertung	0	0	0	2

Tabelle 28: Abwicklung Unfälle (techn. Gebrechen)

Indikator	Personalbedarf	Arbeitssicherheit	Arbeitszeit	Qualifikation
Qualitative Bewertung	evtl. Einsatz von Drohnen für Erstaufnahme jedoch nach wie vor überwiegend durch Menschen	-	-	Jobprofil ändert sich ggf. geringfügig, falls Drohnen zur Dokumentation eingesetzt werden
Ordinalskalierte Basisbewertung	0	0	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1	1
S2 Bewertung	0	0	0	0
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2	2
S3 Bewertung	0	0	0	1

9.3. Szenarienbewertung organisatorischer Auswirkungen infolge zunehmender Automatisierung

9.3.1. Innerbetriebliche Logistik

Im folgenden Abschnitt wird die Szenarienbewertung für die einzelnen Transportkettenkomponenten der innerbetrieblichen Logistik vorgenommen:

- Tabelle 29: Transport zur Rohstoffversorgung (intern)
- Tabelle 30: Produktion abgeschlossen -> Lager
- Tabelle 31: Zwischenlagerung/Umpacken
- Tabelle 32: Lager -> Transporteinheit/Ladungsträger
- Tabelle 33: Verladung Ladungsträger
- Tabelle 34: Ladungssicherung

Tabelle 29: Transport zur Rohstoffversorgung (intern)

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Gleichbleibend (Personalreduktion wird durch Investments ausgeglichen, da neue Systeme (z.B. automatisierte Förderbänder) installiert werden müssen; außerdem werden innerbetriebliche Vorgänge zumeist noch nicht zu den Transportkosten hinzugerechnet)	Gleichbleibend, da meist keine komplexen Vorgänge automatisiert werden und damit kaum Zeitgewinn erreicht werden kann	Steigt, da die Abläufe systematisiert werden und damit Ausfälle reduziert werden können, jedoch nicht sehr stark, da überwiegend wenig komplexe Vorgänge betroffen sind
Ordinalskalierte Basisbewertung	0	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S2 Bewertung	0	0	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S3 Bewertung	0	0	2

Tabelle 30: Produktion abgeschlossen -> Lager

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Gleichbleibend (Personalreduktion wird durch Investments ausgeglichen, da neue Systeme (z.B. automatisierte Förderbänder) installiert werden müssen; außerdem werden innerbetriebliche Vorgänge zumeist noch nicht zu den Transportkosten hinzugerechnet)	Reduziert sich bei fixen Abläufen, kann sich bei temporären kurzfristigen Spezial-Anforderungen etwas erhöhen	Die Sicherheit steigt, da sich Ausfälle und Fehlläufe durch Systematisierung reduzieren, die Pünktlichkeit ist gleichbleibend bis leicht steigend bei fixen Abläufen (Routineoperationen laufen planmäßiger ab)
Ordinalskalierte Basisbewertung	0	-1	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S2 Bewertung	0	-1	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S3 Bewertung	0	-2	2

Tabelle 31: Zwischenlagerung/Umpacken

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Hat keinen Einfluss auf den eigentlichen Transport	Hat keinen Einfluss auf den eigentlichen Transport	Hat keinen Einfluss auf den eigentlichen Transport
Ordinalskalierte Basisbewertung	0	0	0
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S2 Bewertung	0	0	0
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S3 Bewertung	0	0	0

Tabelle 32: Lager -> Transporteinheit/Ladungsträger

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Gleichbleibend, da zwar weniger, dafür aber besser ausgebildete MitarbeiterInnen benötigt werden und darüber hinaus zusätzliche Infrastruktur notwendig ist	Reduziert sich bei fixen Abläufen, kann sich bei temporären kurzfristigen Spezial-Anforderungen etwas erhöhen	Die Sicherheit steigt, da sich Ausfälle und Fehlläufe durch Systematisierung reduzieren, die Pünktlichkeit ist gleichbleibend bis leicht steigend bei fixen Abläufen (Routineoperationen laufen planmäßiger ab)
Ordinalskalierte Basisbewertung	0	-1	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S2 Bewertung	0	-1	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S3 Bewertung	0	-1	1

Tabelle 33: Verladung Ladungsträger

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Sinken, da MitarbeiterInnen für andere Tätigkeiten (z.B. kommissionieren u.Ä.) eingesetzt werden können - Umschulungskosten sind zu berücksichtigen	Kaum Auswirkung, da dieser Vorgang nur einen geringen Anteil an der gesamten Transportzeit hat und die Automatisierung die Vorgänge bei gleichbleibenden restlichen Rahmenbedingungen (Platz, Verladeinfrastruktur etc.) nur gering beschleunigen kann	Die Sicherheit steigt, da sich Ausfälle und Fehlläufe durch Systematisierung reduzieren, die Pünktlichkeit ist gleichbleibend bis leicht steigend bei fixen Abläufen (Routineoperationen laufen planmäßiger ab)
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S1 Bewertung	-1	0	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3
S2 Bewertung	-3	0	3
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3
S3 Bewertung	-3	0	3

Tabelle 34: Ladungssicherung

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Kaum Änderung, da Sicherungskosten entweder durch Personalkosten oder durch Systemkosten anfallen, die in Ihrer Höhe ähnlich zu bewerten sind	Kaum Änderung, da der Sicherungsvorgang und die Kontrolle so und so entsprechende Zeit beansprucht	Sicherheit steigt, da sich Ausfälle durch Systematisierung reduzieren; Pünktlichkeit steigt geringfügig, da durch optimierte Sicherung ein Nachbessern der Ladungssicherung (gegebenenfalls auch während der Fahrt) nicht mehr erforderlich sein wird und damit entsprechende Verzögerungen wegfallen
Ordinalskalierte Basisbewertung	0	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S1 Bewertung	0	0	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S2 Bewertung	0	0	2
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3
S3 Bewertung	0	0	3

9.3.2. Vorlauf (Transport per Lkw zum Umschlagterminal)

Im folgenden Abschnitt wird die Szenarienbewertung für die einzelnen Transportkettenkomponenten des Transports per Lkw zum Umschlagterminal (Vorlauf) vorgenommen:

- Tabelle 35: Ankoppeln von Anhängern/Aufliegern
- Tabelle 36: Fahrt zum Terminal
- Tabelle 37: Fahrten im Terminal
- Tabelle 38: Umschlag Ladungsträger in Zwischenlager
- Tabelle 39: Umschlag Ladungsträger für Weitertransport

Tabelle 35: Ankoppeln von Anhängern/Aufliegern

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Keine Änderung, solange nicht der/die FahrerIn eingespart wird (erst dadurch kann Einsparung erzielt werden, wird nur dieser Vorgang automatisiert hat der/die FahrerIn weniger zu tun, kann die Zeit aber kaum anders nutzen)	Keine Änderung, Vorgang benötigt auch automatisiert seine Zeit	Kaum Änderung (wenige Ausfälle durch menschliches Versagen bekannt)
Ordinalskalierte Basisbewertung	0	0	0
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S1 Bewertung	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S2 Bewertung	0	0	0
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3
S3 Bewertung	0	0	0

Tabelle 36: Fahrt zum Terminal

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Deutliche Reduktion: Wegfall Mitarbeiter wird durch Erhöhung Lkw-Kosten nicht wettgemacht (Anschaffungskosten müssten sich sehr deutlich erhöhen, um Personaleinsatzkosten aufzuwiegen)	Gleich, da im Vor- und Nachlauf Lenk- und Ruhezeiten nicht so relevant sind und somit die Fahrtzeit durch den Wegfall von Ruhezeiten nicht reduziert werden können	Erhöhung der Transportsicherheit nur denkbar, wenn der gesamte Straßenverkehr (auch MIV) automatisiert ist und damit menschliche Fehler ausgeschlossen werden, sonst kaum Änderungen da Unfälle nicht ausgeschlossen werden können, diese im Mischverkehr eventuell sogar steigen); Pünktlichkeit steigt kaum, da Staus (durch Überlastung) mittels Automatisierung nicht verhindert werden können (außer bei 100 % Automatisierung und automatisierter, gesamtverkehrsoptimierter Steuerung aller Fahrzeuge)
Ordinalskalierte Basisbewertung	-2	0	0
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S1 Bewertung	-2	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S2 Bewertung	-4	0	0
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3
S3 Bewertung	-6	0	0

Tabelle 37: Fahrten im Terminal

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Reduktion ähnlich wie bei der Fahrt zum Terminal, aber nur möglich, wenn auch Eingang und Ausgang inkl. Admin-Erfassung etc. automatisiert ist und Lkw nicht "händisch" angemeldet werden muss und die Steuerung durch das Terminalsystem übernommen wird.	Kann sinken, wenn die gesamten Abläufe im Terminal automatisiert gesteuert werden und damit eine gezielte Abwicklung erfolgt und auch die Auslastung des Terminalsystems gleichmäßiger gestaltet werden kann	Kann steigen, da durch die Automatisierung Fehler im Terminal vermieden werden und so sowohl die Sicherheit als auch die Pünktlichkeit erhöht wird
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	-1	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S1 Bewertung	-1	-1	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S2 Bewertung	-2	-2	2
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3
S3 Bewertung	-3	-3	3

Tabelle 38: Umschlag Ladungsträger in Zwischenlager

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Sinken durch effizientere Ausnutzung der Umschlagseinrichtung und Reduktion der MitarbeiterInnen, jedoch erhöht sich der Bedarf an IT-MitarbeiterInnen im Terminal, was die Kostenreduktion etwas reduziert	Kein Einfluss, da sich Umschlag immer an den Zügen orientiert	Steigt, da Ausfälle durch falsches (schlechtes) Handling von Ladungsträgern minimiert wird und damit Ausfälle reduziert werden und da im Zuge der Automatisierung auch die genauen Standorte der Ladungsträger im Terminal immer bekannt sind und durch eine optimierte Sortierung die einzelnen Ladungsträger immer zeitgerecht "gefunden" und umgeschlagen werden können
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	-1	0	1
S2 Bewertung	1	1	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	-1	0	1
S3 Bewertung	1	1	1

Tabelle 39: Umschlag Ladungsträger für Weitertransport

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Sinken durch effizientere Ausnutzung der Umschlagseinrichtung und Reduktion MitarbeiterInnen, jedoch erhöht sich der Bedarf an IT-MitarbeiterInnen im Terminal, was die Kostenreduktion etwas reduziert	Kein Einfluss, da sich Umschlag immer an den Zügen orientiert	Steigt, da Ausfälle durch falsches (schlechtes) Handling von Ladungsträgern minimiert wird und damit Ausfälle reduziert werden und da im Zuge der Automatisierung auch die genauen Standorte der Ladungsträger im Terminal immer bekannt sind und durch eine optimierte Sortierung die einzelnen Ladungsträger immer zeitgerecht "gefunden" und umgeschlagen werden können
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S2 Bewertung	-1	0	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S3 Bewertung	-1	0	1

9.3.3. Hauptlauf (Transport per Schiene)

Im folgenden Abschnitt wird die Szenarienbewertung für die einzelnen Transportkettenkomponenten des Transports per Schiene (Hauptlauf) vorgenommen:

- Tabelle 40: Verschubfahrten zur Zugbildung
- Tabelle 41: Zugbehandlung (Langmachen, Entkuppeln, Kurzmachen, etc.)
- Tabelle 42: Bremsprobe und Lichttraumüberprüfung vor Abfahrt
- Tabelle 43: Eigentliche Zugfahrt (ATO)

Tabelle 40: Verschubfahrten zur Zugbildung

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Sinken deutlich: Verschub ist personalintensiv und damit teuer, fahrerlose Systeme reduzieren die Kosten	Sinken bei weiterer Automatisierung und damit Optimierung der Zugbildung, da Züge schneller und optimierter zusammengestellt werden können. Können im Einzelfall aber auch steigen (kann gewollt sein) wenn dies dem Systemoptimum dient	Steigt: Verschubfehler, die zu Ausfällen führen, werden reduziert (im besten Fall komplett ausgeschaltet); intelligente Wagons (Tracking, automatisierte Statusmeldungen etc.) unterstützen auch die Zugbildung und erhöhen damit die Verlässlichkeit auf der Wagenebene; darüber hinaus erhöht sich die Abfahrtsgenauigkeit (Fehler in der Zugbildung, die korrigiert werden, verzögern die planmäßige Abfahrt)
Ordinalskalierte Basisbewertung	-2	-1	0
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S2 Bewertung	-2	-1	0
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S3 Bewertung	-2	-1	0

Tabelle 41: Zugbehandlung (Langmachen, Entkuppeln, Kurzmachen, etc.)

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Sinken deutlich: Zugbehandlung ist personalintensiv und damit teuer; darüber hinaus kann eine mit der Automatisierung einhergehende weitere Automatisierung der Zugbildung die Verschubwege optimieren und damit auch Verschublokomotiven schonen und einsparen	Reduktion: der automatische Vorgang nimmt zwar ähnliche Zeit in Anspruch wie der händische, aber die Abfolge der Vorgänge kann deutlich erhöht werden	Steigt, da Fehler bei der Zugbehandlung und damit Ausfälle reduziert werden (das automatisierte System ist immer gleich wachsam), selbstüberwachende Wagons ermöglichen Schadensfrüherkennung und reduzieren Ausfälle während des Betriebs)
Ordinalskalierte Basisbewertung	-2	-1	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S1 Bewertung	-2	-1	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3
S2 Bewertung	-6	-3	3
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	4	4	4
S3 Bewertung	-8	-4	4

Tabelle 42: Bremsprobe und Lichtraumüberprüfung vor Abfahrt

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Sinken: Kontrollen sind nicht so personalintensiv wie die eigentliche Zugbehandlung	Reduktion: der automatische Vorgang nimmt zwar ähnliche Zeit in Anspruch wie der händische, aber die Abfolge der Vorgänge kann deutlich erhöht werden	Steigt, da Fehler bei den Kontrollen und damit Ausfälle reduziert werden (das automatisierte System ist immer gleich wachsam)
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S1 Bewertung	-1	0	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S2 Bewertung	-2	0	2
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	4	4	4
S3 Bewertung	-6	0	4

Tabelle 43: Eigentliche Zugfahrt (ATO)

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Sinken geringfügig durch Einsparung der TriebfahrzeugführerInnen (geringfügig, weil Anteil TriebfahrzeugführerInnenkosten an den gesamten Kosten des Schienenhauptlaufes relativ gering sind), aber nur wenn die TriebfahrzeugführerInnen in den Unternehmen nicht geparkt werden; Wird aber teilweise durch Überwachungs- und IT-Personal in den Überwachungszentralen wieder wettgemacht	Kaum Änderung, wenn im bestehenden System gefahren wird; Wenn das Zugleitsystem automatisiert wird (ETCS Stufe "100") und damit Kapazitäten steigen, kann ein geplantes Beiseitestellen des Güterverkehrs wegen Vorfahrt des Personenverkehrs reduziert werden und damit eventuell planmäßige Fahrzeiten reduziert werden. Das einfache und schnelle Buchen von Trassen (Voraussetzung: Digitalisierung des Schienennetzes) erhöht die Systemflexibilität und reduziert damit die Gesamtzeit von der Buchung bis zur Beistellung der Ware	Ausfälle durch menschliches Versagen können etwas reduziert werden (sind aber bereits auf einem geringen Niveau); Durch Digitalisierung des Schienennetzes im Zusammenspiel mit vernetzten und intelligenten Wagons (Tracking und Zustandsanalyse) erhöht sich die Verlässlichkeit (reduziert sich die Fehleranfälligkeit und Ausfallsrate). Pünktlichkeit steigt im Falle der Automatisierung des gesamten Zugleitsystems und damit steigenden Kapazitäten und damit reduzierten außerplanmäßige Aufenthalte von GV (z.B. wegen PV-Vorfahrt)
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S1 Bewertung	-1	0	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S2 Bewertung	-2	0	2
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	4	4	4
S3 Bewertung	-4	0	3

9.3.4. Hauptlauf (Transport per Binnenschiff)

Im folgenden Abschnitt wird die Szenarienbewertung für die einzelnen Transportkettenkomponenten des Transports per Binnenschiff (Hauptlauf) vorgenommen:

- Tabelle 44: Umschlag Ladungsträger für Weitertransport
- Tabelle 45: Ladungssicherung
- Tabelle 46: Rangierbetrieb im Hafen
- Tabelle 47: Eigentliche Schifffahrt

Tabelle 44: Umschlag Ladungsträger für Weitertransport

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Sinken durch effizientere Ausnutzung der Umschlagseinrichtung und Reduktion MitarbeiterInnen, jedoch erhöht sich der Bedarf an IT-MitarbeiterInnen im Hafen und eventuell notwendiger Zusatzinfrastruktur (höhere Kosten)	Kaum Einfluss, da Umschlag nur geringfügig wenn überhaupt beschleunigt werden kann	Steigt im Fall Containerumschlag, da Ausfälle durch falsches (schlechtes) Handling von Ladungsträgern minimiert wird und damit Ausfälle reduziert werden; Ändert sich kaum im Fall von Bulk (da Beschädigungswahrscheinlichkeit bereits jetzt kaum gegeben)
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S2 Bewertung	-1	0	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S3 Bewertung	-2	0	2

Tabelle 45: Ladungssicherung

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Kaum Änderung, da Sicherungskosten so und so anfallen (entweder MitarbeiterIn oder automatisiertes System) – Vorteil des automatisierten Systems: kann gezielter und flächendeckender eingesetzt werden	Kaum Änderung, da Kontrolle so und so Zeit beansprucht	steigt geringfügig, da Ausfälle durch automatisierte Sicherung reduziert werden und Sicherung verbessert und weniger fehlerhaft durchgeführt wird und einheitlich kontrolliert werden kann; Reduziert Beschädigungen und erhöht Pünktlichkeit durch Reduktion von außerplanmäßigen Stopps bei Vorfällen auf Grund schlechter Ladungssicherung
Ordinalskalierte Basisbewertung	0	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S1 Bewertung	0	0	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3
S2 Bewertung	0	0	3
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	4	4	4
S3 Bewertung	0	0	4

Tabelle 46: Rangierbetrieb im Hafen

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Sinkt durch Reduktion Personalkosten etwas (Zusatzkosten für Überwachung und IT)	Kaum Änderung, da Rangierbetrieb kaum Einfluss auf die Gesamtzeit hat und nicht wesentlich beschleunigt werden kann	Steigt: Rangierfehler, die zu Ausfällen führen, werden reduziert (im besten Fall komplett ausgeschaltet), dies reduziert Schäden an der Ware und erhöht die Pünktlichkeit
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S1 Bewertung	-1	0	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3
S2 Bewertung	-3	0	3
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	4	4	4
S3 Bewertung	-4	0	4

Tabelle 47: Eigentliche Schifffahrt

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Sinken kaum, da in der Schifffahrt die Personalkosten anteilig nicht so wichtig sind, wie z.B. auf der Straße	Keine Änderung	Vereinzelte Schiffsunglücke können eventuell reduziert werden (menschliches Versagen), sind aber auch im Bestand eher die Ausnahme; Pünktlichkeit wird nicht erhöht, da diese beim Binnenschiff vor allem von der Schiffbarkeit (Wasserstand, Eis) abhängt
Ordinalskalierte Basisbewertung	0	0	0
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S2 Bewertung	0	0	0
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S3 Bewertung	0	0	0

9.3.5. Hauptlauf (Transport per Lkw)

Im folgenden Abschnitt wird die Szenarienbewertung für die einzelnen Transportkettenkomponenten des Transports per Lkw (Hauptlauf) vorgenommen:

- Tabelle 48: Eigentliche Lkw-Fahrt
- Tabelle 49: Wartung der Fahrzeuge

Tabelle 48: Eigentliche Lkw-Fahrt

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Deutliche Reduktion: Wegfall Fahrpersonal + Wegfall der Lenk- und Ruhezeiten wird durch Erhöhung Lkw-Anschaffungskosten und des benötigten IT-Personals nicht wettgemacht (Im Fernverkehr (mit AT-FahrerInnen-Kosten) müssten sich die Anschaffungskosten ca. verdreifachen um Personaleinsatzkosten aufzuwiegen); Zusätzliche Reduktion des Energieverbrauch durch verbrauchsoptimierte Fahrweise bei automatisiertem Fahren und bei Platoons	Reduktion, da Lkw durchgehend fahren können und nicht mehr durch die Sozialvorschriften für die FahrerInnen eingeschränkt werden.	Erhöhung nur denkbar, wenn der gesamte Straßenverkehr automatisiert ist und damit menschliche Fehler ausgeschlossen werden, sonst kaum Änderungen da Unfälle nicht ausgeschlossen werden können; Keine Erhöhung der Pünktlichkeit, da Staus durch Überlastung nicht verhindert, durch intelligente Verkehrssteuerung max. abgemindert werden können
Ordinalskalierte Basisbewertung	-2	-1	0
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S1 Bewertung	-2	-1	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S2 Bewertung	-4	-2	0
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3
S3 Bewertung	-6	-3	0

Tabelle 49: Wartung der Fahrzeuge

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Leichte Reduktion durch geringeren Verschleiß (verschleißoptimierte Fahrweise des Automaten), sowie punktgenaue Wartung und damit geringere Reparatur	Keine Änderung	Erhöhung der Pünktlichkeit durch Reduktion des Fahrzeugausfalles, da Wartung besser gesteuert werden kann und damit "unerwartete" Defekte reduziert werden
Ordinalskalierte Basisbewertung	-1	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S2 Bewertung	-1	0	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3
S3 Bewertung	-3	0	3

9.3.6. Nachlauf (Transport per Lkw zum Empfänger)

Im folgenden Abschnitt wird die Szenarienbewertung für den Transport per Lkw zum Empfänger (Nachlauf) vorgenommen:

- Tabelle 50: Fahrt zu Empfänger (Produktion, etc.)

Tabelle 50: Fahrt zu Empfänger (Produktion, etc.)

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Deutliche Reduktion: Wegfall des Fahrpersonals wird durch Erhöhung Lkw-Anschaffungskosten nicht wettgemacht (Anteil an der Gesamtstrecke zwar nicht so hoch, aber Personalkosten im Vor- und Nachlauf anteilmäßig höher als im Hauptlauf); Zusätzliche IT-Back Office-Personalkosten gleichen FahrerInnenreduktion nicht aus	Annähernd gleichbleibend, da im Vor- und Nachlauf Lenk- und Ruhezeiten nicht so relevant sind (kürzere Strecken / Umläufe)	Erhöhung nur denkbar, wenn der gesamte Straßenverkehr automatisiert ist und damit menschliche Fehler ausgeschlossen werden, sonst kaum Änderungen da Unfälle nicht ausgeschlossen werden können; Keine Erhöhung der Pünktlichkeit, da Staus durch Überlastung nicht verhindert, durch intelligente Verkehrssteuerung max. abgemindert werden können
Ordinalskalierte Basisbewertung	-2	0	0
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S1 Bewertung	-2	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S2 Bewertung	-4	0	0
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3
S3 Bewertung	-6	0	0

9.3.7. Nachlauf (Transport per Schiene zum Empfänger)

Im folgenden Abschnitt wird die Szenarienbewertung für den Transport per Schiene zum Empfänger (Nachlauf) vorgenommen:

- Tabelle 51: Automatisierte Fahrt zu/auf Anschlussbahn

Tabelle 51: Automatisierte Fahrt zu/auf Anschlussbahn

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Sinken deutlich durch Einsparung von TriebfahrzeugführerInnen (aber nur wenn die TriebfahrzeugführerInnen in den Unternehmen nicht geparkt werden); Deutlich weil Personal in Relation zu Transportmenge im Vergleich zum Zug im Hauptlauf mehr Anteil an den Gesamtkosten hat (kürzere Züge außer bei Ganzzügen); Wird aber teilweise durch Überwachungs- und IT-Personal in den Überwachungszentralen wieder wettgemacht, Überwachungsaufgaben können aber vom Personal, das für den Hauptlauf zuständig ist, übernommen werden; Einsatz autonomer Waggons auf ASB reduziert Kosten deutlich	Kaum Änderung, da an der Anschlussbahn nach wie vor nach den aktuellen Bestimmungen gefahren werden wird (egal ob autonom oder nicht)	Ausfälle durch menschliches Versagen können reduziert werden (sind aber bereits auf einem geringen Niveau)
Ordinalskalierte Basisbewertung	-2	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S2 Bewertung	-4	0	2
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3
S3 Bewertung	-6	0	3

9.3.8. Distribution (Verteilung in Regionen / Endadressen)

Im folgenden Abschnitt wird die Szenarienbewertung für die einzelnen Transportkettenkomponenten der Verteilung in Regionen / Endadressen (Distribution) vorgenommen:

- Tabelle 52: Fahrt Terminal/Hub zu Lieferadresse
- Tabelle 53: Übernahme der Waren/Güter
- Tabelle 54: Abholung der Waren/Güter

Tabelle 52: Fahrt Terminal/Hub zu Lieferadresse

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Deutliche Reduktion: Wegfall des Fahrpersonals wird durch Erhöhung Lkw-Kosten nicht wettgemacht (Anteil an der Gesamtstrecke zwar nicht so hoch, aber Personalkosten im Vor- und Nachlauf anteilmäßig höher als im Hauptlauf) Zusätzliche IT-Back Office-Personalkosten gleichen FahrerInnenreduktion nicht aus; Back Office-Funktion kann teilweise vom Personal, das den Hauptlauf betreut, mit übernommen werden	Annähernd gleichbleibend, da in der Distribution Lenk- und Ruhezeiten nicht so relevant sind (kürzere Strecken / Umläufe)	Erhöhung nur denkbar wenn der gesamte Straßenverkehr automatisiert ist und damit menschliche Fehler ausgeschlossen werden, sonst kaum Änderungen da Unfälle nicht ausgeschlossen werden können; Keine Erhöhung der Pünktlichkeit, da Staus durch Überlastung nicht verhindert, durch intelligente Verkehrssteuerung max. abgemindert werden können
Ordinalskalierte Basisbewertung	-2	0	0
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S1 Bewertung	-1	0	1
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S2 Bewertung	-2	0	2
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	3	3	3
S3 Bewertung	-3	0	3

Tabelle 53: Übernahme der Waren/Güter

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Keine Änderung, da dieser Arbeitsschritt von den FahrerInnen vorgenommen wird (Einsparung bereits bei der Fahrt berücksichtigt) – sollte nur dieser Vorgang automatisiert sein, kann kaum eingespart werden	Keine Änderung	Kleine Änderung
Ordinalskalierte Basisbewertung	0	0	0
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S2 Bewertung	0	0	0
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S3 Bewertung	0	0	0

Tabelle 54: Abholung der Waren/Güter

Indikator	Transportkosten	Transportzeit	Transportqualität
Qualitative Bewertung	Keine Änderung, da dieser Arbeitsschritt von den FahrerInnen vorgenommen wird (Einsparung bereits bei der Fahrt berücksichtigt) – sollte nur dieser Vorgang automatisiert sein, kann kaum eingespart werden	Keine Änderung	Ein „sanfterer“ Umgang mit den zu befördernden Gütern (im Vergleich zur Abwicklung durch das Fahrpersonal) bei der Abholung kann die Sicherheit der Waren etwas erhöhen
Ordinalskalierte Basisbewertung	0	0	1
S1 Veränderung des Automatisierungsgrades	0	0	0
S1 Bewertung	0	0	0
S2 Veränderung des Automatisierungsgrades	1	1	1
S2 Bewertung	0	0	1
S3 Veränderung des Automatisierungsgrades	2	2	2
S3 Bewertung	0	0	2