

Heft 1

68. Jahrgang

Österreichische Zeitschrift für Verkehrswissenschaft – ÖZV

(bis 1989 Verkehrsannalen)

Gedruckt mit Unterstützung unserer Kuratoriumsmitglieder

Medieninhaber und Herausgeber: Österreichische Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft (ÖVG);
1090 Wien, Kolingasse 13/7, Telefon: +43 / 1 / 587 97 27, Fax: +43/ 1 / 585 36 15

Redaktion: Chefredakteur: Sektionschef i. R. Prof. Mag. Dr. Gerhard H. Gürtlich
 Redaktionsbeirat: ao. Univ. Prof. Dr. Günter Emberger, Univ.-Prof. Dr. Norbert Ostermann,
 Dr. Karl Frohner, Dr. Karl-Johann Hartig, Florian Polterauer, MBA,
 Univ. Prof. Dr. Manfred Gronalt, Univ. Prof. Dr. Peter Veit
 alle 1090 Wien, Kolingasse 13/7
 Redaktion Mag. Thomas Kratochvil, Rebacca Steinacher, BSc BA

Hersteller: OUTDOOR PRINT-MANAGEMENT
 Getreidemarkt 10, 1010 Wien

Bezugsbedingungen:

Der Bezug der Österreichischen Zeitschrift für Verkehrswissenschaft ist an die Mitgliedschaft bei der ÖVG gebunden.

Jahresbeitrag:

Jungmitglieder	€ 18,-
ordentliche Mitglieder (Einzelpersonen)	€ 42,-
fördernde Mitglieder	€ 190,-
Unternehmensmitglieder unter 100 Mitarbeiter	€ 450,-
Unternehmensmitglieder über 100 Mitarbeiter	€ 900,-
Kuratoriumsmitglieder	€ 2.500,-

Darüber hinaus kann die Österreichische Zeitschrift für Verkehrswissenschaft zu einem Kaufpreis von € 12,00 je Einzelheft zuzüglich Versandkosten erworben werden.

Auskünfte erteilt das Sekretariat der ÖVG, 1090 Wien, Kolingasse 13/7,
Telefon: +43 / 1 / 587 97 27, Fax: +43 / 1 / 585 36 15
E-Mail: office@oevg.at, Homepage: www.oevg.at

Die Österreichische Zeitschrift für Verkehrswissenschaft erscheint viermal jährlich.

Manuskripte müssen druckfertig, wenn möglich in einem gängigen Textverarbeitungssystem, verfasst sein. Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Gewähr übernommen werden. Über die Annahme eines Beitrages entscheidet die Redaktion.

Der Nachdruck von Artikeln ist, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redaktion gestattet.

Offenlegung gemäß Mediengesetz:

Ziel der Österreichischen Zeitschrift für Verkehrswissenschaft ist es, die Verkehrswissenschaft zu fördern, verkehrswissenschaftliche, -technische und -politische Themen zu behandeln, Lösungen aufzuzeigen sowie neue Erkenntnisse der verkehrswissenschaftlichen Forschung bekannt zu machen.

Szenarien zur Zukunft der Mobilität

Walter SLUPETZKY

Einleitung

Im Rahmen des **ÖVG-Arbeitskreises „e-mobility“** wurden Überlegungen zur Entwicklung einer strategischen Perspektive der Elektromobilität angestellt. Welche Rolle kann E-Mobilität im Rahmen eines zukünftigen Verkehrssystems spielen? Wie kann sie zur Schaffung dieses zukünftigen Verkehrssystems beitragen? Ein zentraler Ausgangspunkt war dabei die Entwicklung von Szenarien zukünftiger Mobilität.

Seit Mitte des vorigen Jahrzehnts haben sich die Vorstellungen darüber wie zukünftige Mobilität aussehen kann, rasch und grundlegend weiterentwickelt.

Im Rahmen zahlreicher F&E-Projekte wurden die Schwerpunkte dabei vor allem **in drei Feldern** gesetzt:

1. Dekarbonisierung

Die Dekarbonisierung des Verkehrssektors ist angesichts der problematischen Tatsache ständig steigender CO₂-Emissionen ein Gebot der Stunde. In der technischen Entwicklung zur Elektrifizierung von Straßenfahrzeugen wurden große Fortschritte erzielt. Auf der Schiene ist der Betrieb mit Strom schon längst Alltag und sollte konsequent für das ganze Netz vorangetrieben werden. Auch für den Einsatz von synthetischen Kraftstoffen und Wasserstoff zeichnen sich bestimmte Anwendungsgebiete ab (Schwerverkehr, Schifffahrt, Flugverkehr).

2. Automatisierung

Die Automatisierung von Verkehrsmitteln wird gegenwärtig stark von der Autoindustrie betrieben, im öffentlichen Verkehr ist sie schon seit den 1980er-Jahren im Einsatz. Dabei stellen die Automatisierungsstufen 1-3 eher eine Anreicherung des Status Quo dar. Impulse für Innovations sprünge in der Verkehrsorganisation bieten sich ab Stufe 4 und vor allem in der Stufe 5 an. Bei diesen Automatisierungsgraden kann das Fahrzeug auch ohne Insassen fahren, was völlig neue Perspektiven im Mobilitätsmanagement eröffnet. Es wird der digitale Betrieb der gesamten PKW-Flotte möglich. Die Grenzen zwischen Öffentlichem Verkehr und Motorisiertem Individualverkehr lösen sich dabei zunehmend auf, weil der Autobesitz seine Bedeutung verliert. Durch Algorithmen, die das Nutzungsaufkommen berechnen, können die Fahrzeugbestände effizienter genutzt und erheblich reduziert werden.

3. Integration

Hauptziel der Digitalisierung im Verkehrssektor ist die Integration aller öffentlich zugänglichen Verkehrsmittel. Eine Reihe von Forschungsprojekten hat bewiesen, dass diese Zusammenführung von Mobilitätsservices technisch möglich und machbar ist. Die große Heraus-

forderung besteht in der Lösung von Organisations- und Kooperationsfragen. Wer dabei „die Nase vorne“ hat ist noch offen. Werden digitale Plattformunternehmen wie Google das Heft in die Hand nehmen? Oder können die großen Autokonzerne mit ihren neuen Mobilitätsservices, wie z.B. Daimler und BMW mit der Integrationsplattform REACH NOW, Akzente setzen? Oder sind die Öffentlichen Verkehrsunternehmen mit ihren vielfältigen Integrationsprojekten (Wegfinder, City Mobil, Mobimeo, Swiss Pass Mobile) und ihrem Know-how in Sachen Mobilitätsintegration die lachenden Dritten?

Entlang dieser Innovationsachsen zukünftiger Mobilität sind neue Ansätze der Verkehrsorganisation im Entstehen.

Es zeichnen sich insbesondere **drei Szenarien (a - c)** ab, die von unterschiedlichen Playern vorangetrieben werden:

a. Good old Industry reloaded

Ziel dieses von der Autoindustrie geprägten Szenarios ist die Aufrechterhaltung des bestehenden Mobilitätssystems unter Berücksichtigung von Klimawandel und Umweltschutz. Es erfolgen massive Investitionen in Dekarbonisierung und Recycling. Damit soll die Klimaneutralität sowie eine vollständige Kreislaufwirtschaft im Motorisierten Individualverkehr hergestellt werden.

Beispielgebend ist etwa Renault. Der Konzern hat die Verringerung des CO₂-Fußabdrucks zum strategischen Unternehmensziel erklärt¹. Weiters wird an der Implementierung einer Kreislaufwirtschaft gearbeitet. Die Innenausstattung von Fahrzeugen wird aus Recycling-Materialien hergestellt, für alte Autobatterien ein „zweites Leben“ organisiert, neue Fabriken klimaneutral gebaut².

Bei der Automatisierung stehen derzeit Assistenzsysteme im Vordergrund, um den Komfort für die FahrerInnen zu erhöhen. In weiterer Folge soll durch Vollautomatisierung der KundInnenkreis erweitert werden. Personen ohne Führerschein, nicht fahrfähige Personen, u.a.m. können als KäuferInnengruppen erschlossen werden.

Auch wenn mit Carsharing-Angeboten experimentiert wird, kommt es zu keiner Infragestellung des bestehenden Geschäftsmodells. Am Primat des Privatauto-besitzes geht auch in Zukunft kein Weg vorbei. Jedem Menschen sein – klimafreundliches und vollständig recyceltes – Fahrzeug, und ab Automatisierungsstufe 5 auch für bisher unerreichte KundInnensegmente.

In diesem Szenario bleibt der PKW-Bestand hoch, eventuell steigert er sich sogar noch. Dem Öffentlichen Verkehr steht eine sinkende Bedeutung bevor.

Denn automatische Autos sind sicherer, hygienischer und individueller einsetzbar. Am Land können sie Bus- und Bahnverbindungen weitgehend ersetzen. Auch in der Stadt sind die Massenverkehrsmittel durch optimiertes digitales Verkehrsmanagement teilweise substituierbar.

Der Ressourcenverbrauch wird hoch bleiben. Der Fahrzeugbestand nimmt eher zu, der Flächenverbrauch wird steigen, weil Individualfahrzeuge öffentliche Verkehrsmittel ersetzen. Hinter der Leistungsfähigkeit von Mobilität steht ein großes Fragezeichen. Durch den Rückzug des öffentlichen Verkehrs ist mit einer Zunahme von Mobilitätsarmut zu rechnen.

Die Machtbasis von Good Old Industry reloaded ist groß. Autokonzerne mit den höchsten Forschungsbudgets³ weltweit, mit einer stabilen Kapitalbasis und hervorragenden Kontakten in die Politik, sorgen für Wachstum, Beschäftigung und Wohlstand. Die hohen Beschäftigungszahlen garantieren auch den Rückhalt durch die Öffentliche Hand und die Arbeitnehmervertretungen. Autofahrerklubs und Automedien haben ihre Existenz auf dem gegenwärtigen Geschäftsmodell der Autoindustrie aufgebaut.

Es wird sich zeigen, ob diese Macht ausreichend ist, um das bestehende, am Besitz von Privatautos aufbauende Geschäftsmodell für die Zukunft abzusichern. Oder ob sich genau diese starke institutionelle Verankerung als Bumerang erweist, weil notwendige Entwicklungen gebremst und dadurch der Anschluss an die stattfindenden Innovationsprozesse versäumt wird.

b. Silicon Valley

In diesem Szenario wird die Mobilität als Dienstleistung in der Hand von digitalen Plattformunternehmen entwickelt. Der Motorisierte Individualverkehr ist voll automatisiert und wird durch digitales Flottenmanagement gesteuert. Es wird ein individuelles Mobilitätsservice angeboten, bei dem man jederzeit das gewünschte Fahrzeug zur Verfügung hat, ohne es besitzen zu müssen.

Um dieses Szenario zu verwirklichen, werden erhebliche Mittel und Forschungsressourcen in die Automatisierung Stufe 5 investiert⁴, ohne sich lange mit Assistenzsystemen für die abgelaufene Zeit des „selber Fahrens“ aufzuhalten. Die Steuerung der Mietwagenflotten erfolgt mit Hilfe von Satellitennetzwerken, die eine globale Umsetzung dieses Services sicherstellen sollen⁵.

Umweltschutz ist nicht Ziel, sondern Grundvoraussetzung. Es wird als selbstverständlich betrachtet, dass alle Autos elektrisch sind und mit Ökostrom fahren. Durch das neue Geschäftsmodell reduziert sich darüber hinaus der Ressourcenverbrauch deutlich. Nicht mehr der Verkauf vieler Fahrzeuge steht im Vordergrund, sondern deren bestmögliche Auslastung, um die Mieteinnahmen zu maximieren. Es wird größt-

möglicher Komfort bei gleichzeitig optimierter PKW-Flotte geboten.

Dadurch reduziert sich zwar einerseits der Bedarf an öffentlichen Parkplätzen auf nahezu null, da man die wenigen gerade nicht benötigten automatischen Autos in Tiefgaragen abstellen kann. Andererseits werden mehr Fahrbahnen benötigt, da es Teil dieses Geschäftsmodells ist, dass möglichst viel gefahren wird.

Da der PKW im Szenario Silicon Valley öffentlich zugänglich gemacht worden ist, kann er den Bus- und Schienenverkehr weitgehend ersetzen. Kommunen wird empfohlen, ihre öffentlichen Verkehrssysteme nicht mehr weiter auszubauen, da die dafür eingesetzten Steuergelder durch die Vollautomatisierung entwertet werden könnten⁶. Öffentlicher Massentransport reduziert sich auf ein ergänzendes Angebot in einigen wenigen Marktnischen. U-Bahnen, Hochgeschwindigkeitszüge oder Hyperloops können in dieser neuen Verkehrswelt noch eine begrenzte Rolle spielen.

Die Leistungsfähigkeit von Mobilität wird für wenig Wohlhabende prekär. Der Komfort des jederzeit an jedem Ort verfügbaren Mietautos hat seinen Preis. Da nicht mehr öffentlich finanzierte Verkehrsunternehmen sondern private Plattformbetreiber den Verkehr in der Hand haben, müssen staatliche Individualzuschüsse den allgemeinen Zugang zur Mobilität sicherstellen.

Die Rückendeckung für die Betreiber globaler Plattformen aus ihren Herkunftsländern ist stark. Die Regierungen der USA und China setzen ihre Vormachtstellungen ein, um die Ausbreitung dieses neuen Geschäftsmodells zu unterstützen und z.B Steuerbelastungen zu verhindern⁷.

Eine weitere Stärke dieser Unternehmen ist ihre enorm schnelle und flexible Entwicklungsarbeit. Damit können rasch Innovationsvorsprünge aufgebaut werden, die für Mitbewerber uneinholbar sind. Gleichzeitig ist diese Orientierung auf rasche Umsetzung auch riskant. Rasantes Wachstum kann ebenso zum Zusammenbruch führen, wie nicht ausreichend bedachte Sicherheitsfragen oder der Rückzug von Investoren⁸. Wenn die Überwindung dieser Risiken aber gelingt, dann werden digitale Plattformunternehmen eine enorm erfolgreiche, marktbeherrschende Rolle im Verkehrssektor einnehmen.

c. Save the World

Anliegen von Save the World ist die Neuorganisation der Mobilität unter den Prämissen der Nachhaltigkeit und sozialen Verträglichkeit. Der motorisierte Verkehr ist voll automatisiert. Anders als beim Szenario „Silicon Valley“ steht aber nicht das Vermieten von Individualfahrzeugen im Vordergrund, sondern die Integration des ganzen motorisierten Verkehrs, der dann in seiner Gesamtheit öffentlich zugänglich ist. Digitale

Plattformen stellen die Verfügbarkeit von Fahrzeugen in der richtigen Größe, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort sicher.

Damit die Integration der Mobilitätsangebote gelingt, wird durch die Öffentliche Hand eine digitale Mobilitätsinfrastruktur aufgebaut, mit den notwendigen Rechner- und Datenübertragungskapazitäten, Schnittstellen für die Anbieterbindung, Spielregeln für die Infrastrukturnutzung, sowie einer „digitalen Marktordnung“, die allen AnbieterInnen die Teilhabe ermöglicht und Monopolbildungen hintan hält. Mit Hilfe einer Dateninfrastruktur-Gesellschaft, wird die umfassende Integration aller öffentlich zugänglichen Mobilitätsangebote in den Funktionen Information, Routing, Buchung, Ticketing/Zugangsberechtigung und Bezahlung umgesetzt und gesteuert.

Durch Pricing-Modelle wird die Anzahl der benötigten Straßenfahrzeuge stark reduziert. Automatisierte Sammelverkehre, intermodale Verkehrsmittelnutzung und Sharing sind begünstigt. Oberflächenparkplätze werden kaum mehr benötigt, aber auch der Bedarf an Fahrbahnflächen sinkt durch die Förderung des gemeinsamen Fahrens. Der komplette Verkehrssektor ist dekarbonisiert.

Es geht aber nicht nur um die Verfolgung ökologischer Ziele, sondern auch um die soziale Teilhabe aller Menschen an der Mobilität. Einerseits werden durch die Förderung des gemeinsamen Fahrens die Kosten für die NutzerInnen niedrig gehalten. Andererseits sorgt der Aufbau flächendeckender lokaler Sammelverkehre für eine Stärkung des Öffentlichen Linienverkehrs. Nicht Individualzuschüsse gewährleisten daher die Leistungsfähigkeit von Mobilität, sondern Investitionen in allgemein verfügbare Verkehrsinfrastruktur.

Getragen wird „Save the World“ von einer Vielzahl von AkteurInnen. Auf zivilgesellschaftlicher Ebene stehen diesem Szenario Klimaschutz- und Mobilitätsinitiativen, alternative Verkehrsclubs sowie wissenschaftliche Umwelt- und Verkehrsinstitute nahe. Die Verkehrsunternehmen arbeiten an zahlreichen Projekten zur Integration der Mobilität. Die Öffentliche Hand nähert sich schrittweise der Schaffung einer digitalen Mobilitätsinfrastruktur an.

Damit ist der gesellschaftliche Rückhalt groß und er erhöht sich mit jeder Klimademo und jedem Bericht zu neuen Bedrohungen des Ökosystems weiter. Auch wächst das Know-how zur Neuorganisation des Gesamtverkehrssystems in diesem Netzwerk an AkteurInnen rasch, was die Realisierungschancen von „Save the World“ stärkt. Eine große Herausforderung ist jedoch die Fragmentierung der Szene. Die Verankerung der zivilgesellschaftlichen Initiativen in den staatlichen Strukturen nach dem Vorbild der Sozialpartnerschaft ist kaum gegeben. Die Einigung der Verkehrsunternehmen auf eine gemeinsame Integrationsstruktur für ihre Angebote steht aus. Und auch von staatlicher Seite erfolgen die Rahmensetzungen im Sinne dieses Szenarios noch eher zögerlich.

4. Schlussfolgerung

Vergleicht man die drei dargestellten Szenarien, so ergibt sich ein uneindeutiges Bild. Alle drei haben ihre Risiken und Herausforderungen, aber auch Realisierungschancen. Eine Prognose, welches sich verwirklichen wird, ist kaum möglich, obwohl die VertreterInnen des jeweiligen Szenarios vielfach überzeugt sind, dass nur ihres chancenreich ist.

Gemessen am Zielbild einer nachhaltigen Wirtschaft, die das Klima schützt, den Ressourcenverbrauch minimiert und gleichzeitig die soziale Teilhabe sicherstellt, erscheint das Szenario „Save the World“ am zukunftsfähigsten. Seine Herausforderungen liegen im Gelingen der Integration von Mobilität und im Gewinnen der Menschen für die geteilte Nutzung von Verkehrsmitteln.

Im Rahmen des ÖVG-Arbeitskreises „e-mobility“ wird daher der Beitrag von Elektromobilität zur Weiterentwicklung des Verkehrssystems vor dem Hintergrund von „Save the World“ betrachtet. Im Lauf des Frühjahrs 2021 erfolgt die Fertigstellung einer Roadmap 2020-2050, mit deren Hilfe ein Impuls zu den notwendigen Veränderungen in der Mobilität geleistet werden soll.

Literaturverzeichnis:

1. <https://media.renault.at/529>
2. <https://easyelectriclife.groupe.renault.com/de/im-alltag/verbrauch/innovationen-des-neuen-zoe-umweltschonend/>
3. DiePresse.com: F&E-Ranking – Vier österreichische Firmen unter den Top-1000; <https://www.die-presse.com/5107865/fe-ranking-vier-osterreichische-firmen-unter-den-top-1000> (letzter Zugriff: 06.12.2020)
4. vgl. Mario Herger: Der letzte Führerscheinneuling ist bereits geboren, Börsenmedien AG, 2017.
5. vgl. etwa: Gerhard Hegmann: Satelliten für die eigenen Autos; WELT, 05.03.2020
6. Mario Herger: Der letzte Führerscheinneuling ist bereits geboren, Börsenmedien AG, 2017
7. Sonja Peteranderl: „Fast wie ein Mafia-Clan“; Spiegel Netzwelt, 17.11.2019; <https://www.spiegel.de/netzwelt/web/fast-wie-ein-mafia-clan-historikerin-ueber-die-erfolgsformel-des-silicon-valley-a-1294501.html> (letzter Zugriff : 02.12.2020)
oder Clemens Fuest: Digitalisierung und Steuerpolitik, ifo Institut, 2018
oder ZEIT ONLINE: USA brechen Verhandlungen über Digitalsteuer ab, 18. Juni 2020
8. vgl. z.B.: Michael Shamiyeh: Start-ups unter Druck - Auslaufmodell Silicon Valley; derStandard.at, 05.11.2019

HOCHLEISTUNG | PRÄZISION | ZUVERLÄSSIGKEIT

Plasser & Theurer

MACHINE · FLEET · INFRASTRUCTURE

Neues Denken zwischen Machine, Fleet und Infrastructure

Wirtschaftlichkeit bleibt im mechanisierten Gleisbau das dominierende Ziel. Die Themen Nachhaltigkeit, Digitalisierung und lebenslange Betreuung drängen aber immer stärker in den Arbeitsalltag. Wie man diesen Wandel proaktiv mitgestaltet, zeigt Plasser & Theurer. Unter dem Motto „Machine – Fleet – Infrastructure“ erweitert der Komplettanbieter sein Leistungsangebot. Neben innovativen Technologien spielen dabei global durchdachte Services die Schlüsselrolle.



plassertheurer.com    

„Plasser & Theurer“, „Plasser“ und „P&T“ sind international eingetragene Marken

Automatisierte und digitale Services im Mobilitätssektor – Treiber oder Hindernis inklusiver Mobilität?

Yusak SUSILO, Roman KLEMENTSCHITZ, Oliver ROIDER, Michael SKOK

1. Ausgangslage

Aufbauend auf den Ergebnissen und verfügbaren Daten des Forschungsprojektes Églitéplus (Sammer et al. 2012) wurde im Rahmen der Stiftungsprofessur DAVeMoS (Digitalisierung und Automatisierung im Verkehrs- und Mobilitätssystem, BMK Stiftungsprofessur im Rahmen der Ausschreibung Mobilität der Zukunft, MdZ - Stiftungsprofessur 2017) untersucht, inwiefern automatisierte und digitale Services, die Inklusion von Menschen mit Mobilitätseinschränkungen für selbstbestimmtes Reisen vorantreiben können. Für diese Auswertung stand eine Anzahl von 452 Interviews mit Personen mit speziellen Mobilitätsbedürfnissen zur Verfügung, davon 48 mit körperlichen Einschränkungen, 96 mit visuellen Einschränkungen, 107 mit Höreinschränkungen, 48 ältere Personen, 72 Kinder und Jugendliche und 81 Personen mit mangelnder Sprachkompetenz. Im Rahmen der Interviews haben diese Personen insgesamt 4060 durchgeführte Wege berichtet, wobei bei 471 dieser Wege eine oder mehrere Barrieren beschrieben wurden. Zentrale Ausgangssituation ist demnach, die Anforderungen von Menschen mit besonderen Bedürfnissen zu kennen, um analysieren zu können, inwieweit automatisierte und digitale Services im Mobilitätssektor Treiber oder Hindernis inklusiver Mobilität sein können. Wird die Lücke zwischen diesen vulnerablen Gruppen und den nicht beeinträchtigten VerkehrsteilnehmerInnen also tendenziell eher geschlossen oder wird diese weiter aufgehen?

2. Internationaler Vergleich

Die Erwartungen, dass die Qualität der Mobilität für Menschen mit speziellen Mobilitätsbedürfnissen aufgrund automatisierter und digitaler Services im Mobilitätssektor verbessert oder gar erst ermöglicht wird, ist ein viel diskutiertes Thema in der Fachliteratur, sie-

he z.B. Rösler K. (2019), Meyer et al. (2017), Harper C.D. et al. (2016), Saaed et al. (2016) oder Trommer et al. (2016). Dies betrifft einerseits die verbesserte Möglichkeit aktiv und selbstbestimmt mobil zu sein aber auch andererseits den besseren passiven Schutz durch Assistenzsysteme für vulnerable Gruppen (Benetta R. 2019). Auffällig ist dabei das hohe Vertrauen dieser Gruppen in neuen Technologien, vorausgesetzt es gibt adäquate Einschulungen (Rösler K. 2019). Eine weitere Gruppe, die von diesen neuen Möglichkeiten profitiert, sind Personen mit entsprechenden Betreuungsaufgaben. Die Auswirkungen auf diese Gruppe sind neben dem geringeren Einsatz von Betreuungszeit auch die Unterstützung bei der Überwindung von Barrieren am Weg und die Unterstützung bei den komplexeren Wegeketten (z.B. durch adäquate Informationsaufbereitung), die durch die Einbettung der Begleitwege in das eigene Mobilitätsbedürfnis der Begleitpersonen hervorgerufen werden (Knoll 2016).

Demgegenüber stehen die noch nicht geklärten Rahmenbedingungen zur Nutzung automatisierter und digitaler Services im Mobilitätssektor, wie zum Beispiel: Benötigt man einen Nachweis zur Befähigung der Benützung der Systeme, im Speziellen bei automatisierter Fahrzeugen, und wie kann man diesen erlangen? Zusätzlich stellt sich die Frage nach den Kosten zur Anschaffung und Benützung dieser Systeme, die vulnerable Gruppen – hier speziell armutsgefährdete oder in Armut lebende Personen – von der Nutzung ausschließen könnte. Es gibt aber auch Aussagen, dass die Kosten für Mobilität durch Automatisierung und Digitalisierung langfristig sinken werden (Meyer et al. 2017 oder Trommer et al. 2016). Auch wenn in manchen Arbeiten versucht wurde, anhand von Statistiken mobilitätsbeeinträchtigter Gruppen die entsprechenden Zielgruppen zu quantifizieren

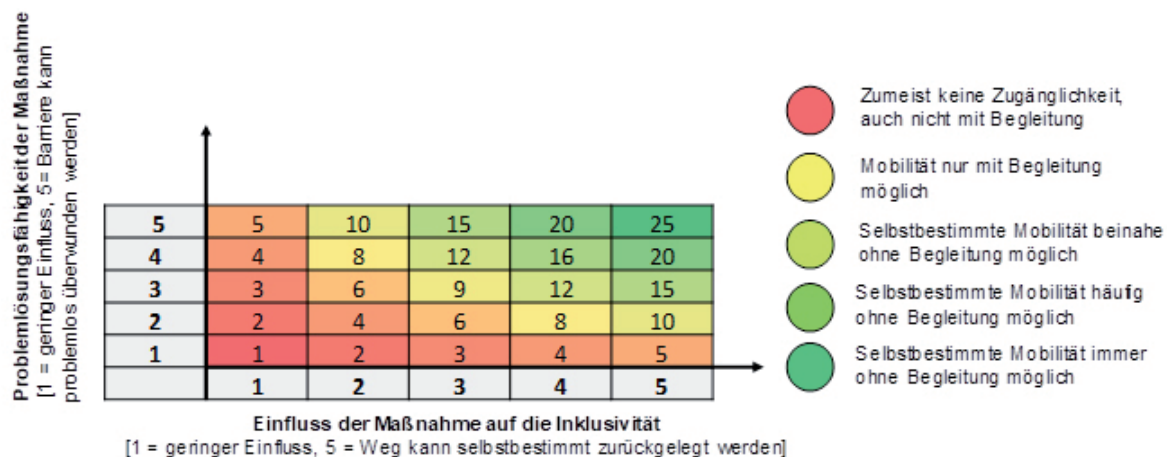


Abbildung 1: Bewertung einer Maßnahme auf Basis ihres Einflusses auf Inklusivität und ihrer Problemlösungsfähigkeit zum Erreichen des Mobilitätsziels eines Weges.

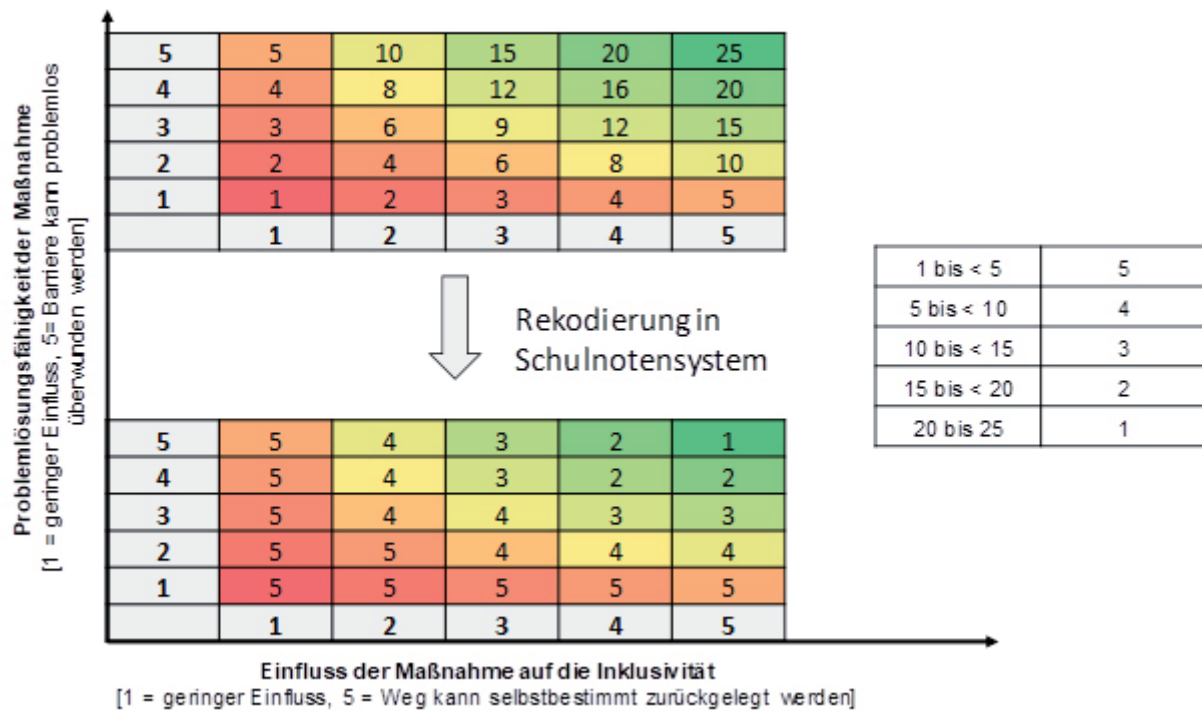


Abbildung 2: Rekodierung der Gesamtpunkteanzahl in eine fünfteilige Skala

(Rösler K. 2019 oder Trommer et al. 2016), liegt derzeit noch keine systematische Betrachtung auf der Ebene konkreter ausgeführter Wege vor, wie in der vorliegenden Analyse durchgeführt.

3. Analysekonzept

Auf Basis einer umfassenden Literaturrecherche bekannter Mobilitätshindernisse wurden in einem ersten Schritt die Angaben der Probanden über aufgetretene Barrieren auf den berichteten Wegen transkribiert und entsprechende Klassen an Mobilitätshindernissen (Barrieren) codiert. Daraus abgeleitet wurde eine Liste von 53 im Wegedatensatz auftretenden Barrieren im öffentlichen Raum zusammengestellt (Tabelle 1). Am häufigsten wurden hier verkehrliche Aspekte im Straßenraum genannt, wie beispielsweise das Überque-

ren einer vielbefahrenen Straße oder die mangelnde barrierefreie Ausgestaltung von Kreuzungsbereichen. Hierbei ist festzuhalten, dass unterschiedliche Mobilitätseinschränkungen von Personen auch unterschiedliche spezielle Anforderungen an die Barrierefreiheit mit sich bringen. In der vorliegenden Untersuchung wurde zwischen folgenden Personengruppen unterschieden (vgl. Sammer et al. 2012):

1. Körperliche Einschränkung: Rollstuhlfahrer, gehingeschränkte Personen;
2. Visuelle Einschränkungen: Personen beeinträchtigter Sehstärke, blinde Personen;
3. Höreinschränkungen: Personen mit beeinträchtigter Hörleistung, gehörlose Personen;

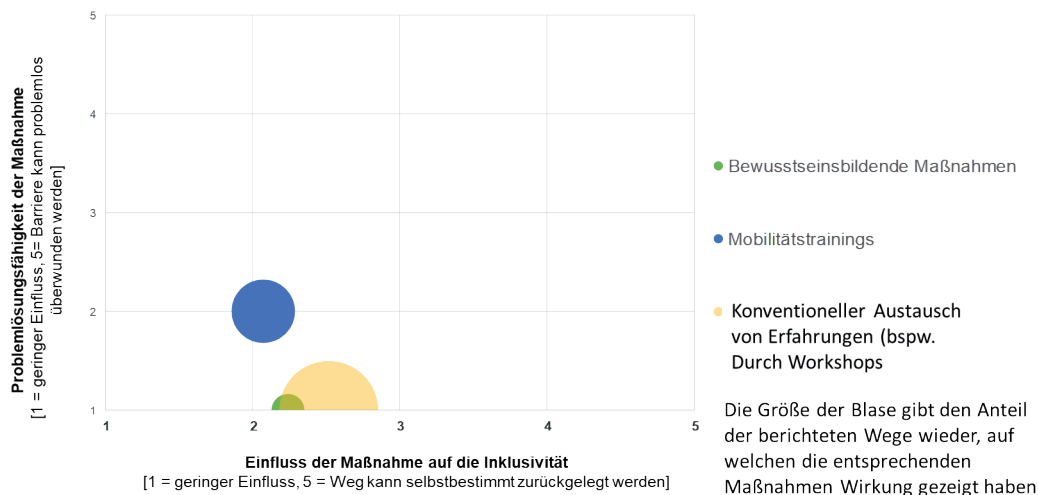


Abbildung 3: Auswertung bestimmter Maßnahmen hinsichtlich Einfluss ihrer Problemlösungsfähigkeit, Barrieren zu überwinden, sowie der Anteil an Wegen, welche durch die Maßnahme beeinflusst worden sind.

4. Mentale Einschränkungen: Personen mit kognitiven Entwicklungsbeeinträchtigungen;
5. Mangelnde Sprachkompetenz: Personen mit Problemen beim Verstehen von akustischen und visuellen Informationen sowie Verständigungsproblemen aufgrund mangelnder Sprachenkenntnisse oder Lernschwierigkeiten;
6. Personen, bei denen eine Begleitperson erforderlich ist: Ältere (gebrechliche) Personen und Kinder.

Die speziellen Anforderungen der unterschiedlicher Personengruppen können dazu führen, dass eine bestimmte Barriere keine, eine schwache, eine mittlere oder eine starke Auswirkung auf die Wegekette oder auf die Gesamtmobilität einer Person hat. Aus diesem Grund wurden die Auswirkungen der einzelnen identifizierten Barrieren auf die sechs definierten Personengruppen bewertet (Tabelle 1).

Auf Basis eines systemischen Ansatzes wurde versucht, sich nicht nur auf das Problem (die Barriere) zu konzentrieren, sondern das ganze System (= Wegekette) zu analysieren und daraus ableitend entsprechend qualifizierte Lösungsansätze bzw. Maßnahmen auszuarbeiten und zu bewerten. Der Effekt der ausgearbeiteten Maßnahmen wurde auf verschiedenen Ebenen betrachtet: Für die Mobilitätsgruppen, für verschiedene Wegetappen (Pre-, On- und Post-trips) sowie für unterschiedliche Verkehrsmittel.

Basierend auf den skizzierten Funktionsmöglichkeiten automatisierter und digitaler Dienste aus dem Projekt AM inklusiv! (Knoll et al. 2020) wurde eine Auflistung von konventionellen und unterstützenden (digitalen oder automatisierten) Technologiemaßnahmen ausgearbeitet, um den Mobilitätsbedürfnissen der Personen entgegen zu kommen. Der Beitrag der jeweiligen Maßnahme zur Nutzbarkeit der Verkehrsinfrastruktur

Barrieren	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Hohe Entfernung von Startpunkt - Haltestelle bzw. Haltestelle - Ziel	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Hindernisse in Fußwegen	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Fahrzeuge in Fußwegen	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Unebene Oberflächen	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Schwache Straßenbeleuchtung	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Schlechter Fußweg (Pflastersteine, Sand, ...)	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Mangel an Fußwegen	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Mangel an barrierefreien Parkplätzen	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Mangel an taktilen Orientierungssystemen (TBI, ...)	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Zu hohe Steigung oder Stiegen	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Allgemeine Sicherheitsbedenken	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Bordsteinkanten	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Geschlossene Fußwege (bspw. infolge von Baustellen)	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Keine taktilen Orientierungssysteme	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Probleme infolge von Lärm	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Probleme bedingt durch Wetter (Nässe, ...)	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Blindenakustik an Kreuzungen fehlt oder funktioniert nicht	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Mangel an (gesicherten) Fußgängerüberquerungen	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Mangelnde Anschlussicherung des ÖPNV	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Schlechte Intervalle / lange Wartezeiten	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Unzureichend zugängliches Transportsystem	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Verlässlichkeit des Transportsystems	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Oftmaliges Umsteigen	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Probleme mit Reservierungen (Rampen, Sitzplätze, ...)	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Keine direkten ÖPNV Routen	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Fahrer vergisst bei Haltestelle zu stoppen	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Unangemessene Umgangweise des Fahrers oder Unwissenheit	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Fahrer ruft Haltestellenname nicht aus	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Mangelnde Kenntnisse des Fahrers betreffend Mobilitätsbedürfnis	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Fahrer weigert sich zu halten	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Sprachbarrieren zwischen Fahrer und Fahrgast	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Spalt oder Stufe zum / im Fahrzeug	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Zu enge Positionierung der Sitzplätze	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Mangel an Beleuchtung innerhalb des Fahrzeuges	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Platzangebot im Fahrzeug mangelhaft	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Fahrzeug für Mobilitätsbedürfnis ungeeignet	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Rollstuhl kann im Fahrzeug nicht befestigt / gesichert werden	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Fahrzeug ist voll bzw. alle Rollstuhlplätze sind belegt	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Fehlende / unzureichend erkennbare visuelle Informationen im Fzg	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Fehlende / unzureichend verständliche akustische Informationen im Fahrzeug	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Rollstuhl zu groß oder zu schwer	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Qualität der Haltestelle unzureichend (Wetterschutz, ...)	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Haltestelle oder Station nicht zugänglich	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Probleme mit Lift oder Rolltreppe	rot	rot	rot	rot	rot	rot
WC-Anlage nicht zugänglich oder nicht vorhanden	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Spalt zwischen Bahnsteig und Fahrzeuge	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Fehlende / unzureichende visuelle Information im Haltestellenbereich	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Fehlende / unzureichende akustische Info im Haltestellenbereich	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Kein barrierefreier Weg zu Haltestelle / Station	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Probleme mit Begleithund	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Schwierigkeiten, im öffentlichen System zu navigieren	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Allgemeine Gesundheitseinschränkungen	rot	rot	rot	rot	rot	rot
Allgemeine Verkehrsprobleme (Erhöhtes Verkehrsaufkommen, ...)	rot	rot	rot	rot	rot	rot

Tabelle 1: Häufig auftretende Barrieren für Personen mit verschiedenen Mobilitätsbedürfnissen. In Abhängigkeit der Mobilitätseinschränkung kann eine Barriere keine / schwache (grün), eine mittlere (gelb) oder eine starke (rot) Auswirkung auf die Zugänglichkeit eines Systems haben. (1): Körperliche Einschränkung; (2) Seheinschränkung; (3) Höreinschränkung; (4) Mentale Einschränkung; (5) Mangelnde Sprachkompetenz; (6) Begleitperson erforderlich.

wird einem von fünf Handlungsfeldern zugeordnet. Diese Handlungsfelder können wiederum in Subkategorien aufgeschlüsselt werden:

1. Richtlinien: Ausbildung und Training, Feedback und Erfahrungsaustausch. Das Handlungsfeld.
2. Fahrzeuginfrastruktur: Ein- und Ausstiegshilfen, Fahrzeugdesign und Kommunikationsinterfaces.
3. Haltestelleninfrastruktur: Einrichtung und Services für eine zugängliche Haltestelle / Station.
4. Informationssysteme Navigations- und Orientierungshilfen, Fahrgastinformationssysteme, Verbindungssicherheit und -qualität, Bestell- und Zahlungsmöglichkeiten.
5. Sicherheit: Verbesserung der Verkehrssicherheit und des allgemeinen Sicherheitsgefühls.

stimmtheit von Personen(gruppen) mit Mobilitätseinschränkungen. Die Problemlösungsfähigkeit hingegen bewertet den Beitrag der Maßnahme zur Lösung der aufgetretenen Barrieren basierend auf den Angaben im Wegedatensatz.

Zur Bewertung der Maßnahmen wurde jeweils eine 5-teilige Klassifizierung angewandt. Der niedrigste Wert der Bewertungsskala bezüglich Inklusivität ist 1 (geringe), der höchste 5 (ausgezeichnete). In Analogie bedeutet bei der Problemlösungsfähigkeit der Maßnahmen der Minimalwert 1 geringen Einfluss und der Maximalwert 5 ausgezeichneter Einfluss zur Befriedigung des konkreten Mobilitätsbedürfnisses.

Die Inklusivität und die Problemlösungsfähigkeit verschiedener Maßnahmen lassen sich übersichtlich in einer Matrix darstellen (siehe Abbildung 1), um in weiterer Folge eine Einschätzung, Bewertung und

Handlungsfeld	Kategorie	Maßnahmen	Typ	Problemlösungsfähigkeit (Weg) [Punkte]	Inklusivität (Maßnahme) [Punkte]	Gesamtbewertung [Schulnoten]	Digitale Applikation möglich? [Ja/Nein]	
Richtlinien	Ausbildung und Training	Bewusstseinsbildende Maßnahmen	K	2,24	1,00	5	J	
		Mobilitätstrainings	K	2,06	2,00	5	J	
		Pre-trip Virtualisierung	A	1,55	3,00	5	J	
	Feedback und Wissensaustausch	Automatisierte Profilierung der Gehsteigqualität	A	1,00	2,00	5	J	
		Automatisierter Austausch von Erfahrungen	A	2,52	2,00	4	J	
		Konventioneller Informationsaustausch	K	2,52	1,00	5	J	
Fahrzeuginfrastruktur	Fahrzeugseitige Ein- und Ausstiegshilfen	Manuelle Rampe, Kneeling, Hublifte	K	3,58	3,00	3	N	
		Automatische Rampen „Tight Docking“	A	4,17	3,00	3	N	
		Automatisierte Hublifte	A	3,40	4,00	3	N	
	Fahrzeugdesign	Bedarfsorientiertes Sitzplatzangebot	A	2,01	4,00	4	N	
		Kommunikationsschnittstellen	Sprache-zu-Braille oder Sprache-zu-Text Kommunikationsschnittstelle	A	2,93	4,00	3	J
			Sprache-zu-Gebärdensprache Kommunikationsschnittstelle	A	4,13	4,00	2	J
			Übersetzer zu leicht verständlicher Sprache	A	5,00	4,00	2	J
	Nachricht an Fahrzeug hinsichtlich Mobilitätsbedürfnissen		A	3,63	3,00	3	J	
	Haltestellen-Infrastruktur	Infrastrukturseitige Ein- und Ausstiegshilfen	Niveaugleiche Eingänge, Rampen oder Lifte	K	3,33	3,00	4	N
			Automatische oder kraftunterstützte Türen	K	4,00	3,00	3	N
Haltestellenbereiche mit ausreichend Platz			K	3,00	3,00	4	N	

Tabelle 2: Evaluierung der Barrierefreiheit konventioneller und unterstützender Maßnahmen bezüglich der Handlungsfelder Richtlinien, Fahrzeuginfrastruktur und Haltestellen-Infrastruktur. Die Anzahl der Punkte repräsentiert den potenziellen Einfluss auf die Barrierefreiheit entsprechend der bereits beschriebenen zugrundeliegenden Skala

K ... Konventionelle Maßnahmen

A ... Assistive/unterstützende (digitale oder automatisierte) Maßnahmen

Punktesystem (Problemlösungsfähigkeit, Inklusivität): 1 ... geringer Einfluss – 5 ... Weg kann selbstbestimmt zurückgelegt werden

Schulnotensystem (Gesamtbewertung): 1 ... höchster Wert, 5 ... niedrigster Wert

Zur Feststellung der Inklusivität einer Maßnahme und ihrer Problemlösungsfähigkeit zur Befriedigung des Mobilitätsbedürfnisses wurden alle Maßnahmen einzeln und auf Wegeebe in Abhängigkeit des gewählten Verkehrsmittels und den Mobilitätsanforderungen einer Person untersucht und analysiert. Inklusivität bewertet die Maßnahme an sich (unabhängig von den in den durchgeführten Wegen angehenden Barrieren), d.h. inwieweit wirkt diese Maßnahme zur Selbstbe-

Priorisierung der Maßnahmen vornehmen zu können. Durch Multiplikation der Bewertung von Inklusivität und Problemlösungsfähigkeit einer Maßnahme ergibt sich eine Gesamtpunkteanzahl, die zur besseren Darstellung bzw. Lesbarkeit in ein Schulnotensystem umcodiert wurde, wobei 1 der beste und 5 der schlechteste zu erreichende Wert ist (siehe Abbildung 2).

Handlungsfeld	Kategorie	Maßnahmen	Typ	Problemlösungsfähigkeit (Weg) [Punkte]	Inklusivität (Maßnahme) [Punkte]	Gesamtbewertung [Schulnoten]	Digitale Applikation möglich? [Ja/Nein]
Informationssysteme	Navigation- und Orientierungssysteme	Verbesserung der taktilen Wegeleitsysteme	K	2,36	3,00	4	N
		Verbesserung der visuellen Wegeleitsysteme	K	2,19	3,00	4	N
		Augmented Reality (AR) Punkt-zu-Punkt Navigation	A	3,00	4,00	3	J
		Akustische Punkt-zu-Punkt Navigation	A	2,94	4,00	3	J
	Fahrgastinformationen	Verbesserung der visuellen Fahrgastinformationssysteme	K	4,00	3,00	3	J
		Verbesserung der akustischen Fahrgastinformationssysteme	K	3,11	3,00	4	J
		Bedarfsabhängige Mobilitätsinfos / Optimierte Routenvorschläge	A	2,01	4,00	4	J
		Fahrzeugbesetzungsgrad / Echtzeitanzeige von Fahrgastfrequenzen	A	3,37	3,00	3	J
		Fahrzeugankunft / -Verspätungen	A	2,17	3,00	4	J
		Fahrzeugtypen / Fahrzeugstandort	A	2,96	3,00	4	J
	Verbindungssicherheit und Verbindungsqualität	Verbesserung der ÖPNV-Intervalle	K	2,81	2,00	4	J
		Priorisierung von Mobilitätsgruppen	A	3,70	3,00	3	J
		Bedarfsabhängige Überquerungs-Einstiegszeiten	A	2,49	3,00	4	J
		Re-Routing Services	A	2,33	3,00	4	J
		Fahrplanabhängige Letzte-Meile-Systeme	A	3,68	5,00	2	J
		Bedarfsabhängige Letzte-Meile-Systeme	A	3,17	5,00	2	J
	Bestell- und Bezahlungssysteme	Mobile Tickets und Bezahlung	A	3,00	3,00	4	J
		Persönliche Unterstützung	K	2,63	1,00	5	N
Sicherheit	Verkehrssicherheit	Blindenakustik	K	4,09	3,00	3	N
		Beleuchtung	K	4,40	3,00	3	N
	Allgemeines Sicherheitsgefühl	Sicherheitsmaßnahmen	K	2,16	1,00	5	N
		Bedarfsabhängige Überquerungs-Einstiegszeiten	A	2,49	3,00	4	J

Tabelle 3: Evaluierung der Barrierefreiheit konventioneller und unterstützender Maßnahmen bezüglich der Handlungsfelder Informationssysteme und Sicherheit. Die Anzahl der Punkte repräsentiert den potenziellen Einfluss auf die Barrierefreiheit entsprechend der bereits beschriebenen zugrundeliegenden Skala.

K ... Konventionelle Maßnahmen;

A ... Assistive/unterstützende (digitale oder automatisierte) Maßnahmen

Punktesystem (Problemlösungsfähigkeit, Inklusivität): 1 ... geringer Einfluss – 5 ... Weg kann selbstbestimmt zurückgelegt werden

Schulnotensystem (Gesamtbewertung): 1 ... höchster Wert, 5 ... niedrigster Wert

Ein Beispiel: Ein konventionelles verbessertes Leit- und Orientierungssystem kann hinsichtlich seiner Inklusivität subjektiv mit 3 bewertet werden. Eine sehingeschränkte Person gibt auf ihrem berichteten Weg an, dass fehlende oder unzureichend erkennbare visuelle Informationen zu Problemen führen. Ein verbessertes konventionelles Leit- und Orientierungssystem könnte in diesem Fall hinsichtlich seiner Problemlösungsfähigkeit subjektiv mit 4 bewertet werden. Durch Multiplikation ergibt sich eine Gesamtpunkteanzahl von 12 bzw. eine Gesamtbewertung nach dem Schulnotensystem von 3.

4. Bewertung der Maßnahmen

Entsprechend dem beschriebenen Analysekonzept wurden sämtliche Maßnahmen für alle Wege, wo Barrieren jeglicher Art berichtet wurden, evaluiert. Einen ersten Überblick über die Inklusivität bzw. die Problemlösungsfähigkeit einer Maßnahme bietet beispiel-

haft Abbildung 3: Bewusstseinsbildende Maßnahmen können nicht selbstbestimmt (d.h. ohne Beteiligung anderer Personen) durchgeführt werden (Bewertung 1), haben aber einen Einfluss auf die Lösung auftretender Barrieren am Weg (Bewertung 2,24). Die Größe der Blase erklärt den Anteil an Wegen, auf denen die Maßnahme hilfreich zur Problemlösung ist. Im Fall bewusstseinsbildende Maßnahmen sind das 7,7 % der Wege. Im Vergleich dazu hat die Organisation von Workshops eine höhere Bewertung der Problemlösungsfähigkeit (Bewertung 2,42) und einen wesentlich höheren Anteil an Wegen, wo diese Maßnahme einen Einfluss zur Problemlösung hat (70 %).

Im Zuge der Projektausarbeitung sind für sämtliche konventionelle und unterstützende Maßnahmen entsprechende Grafiken erstellt und Analysen durchgeführt worden. Global betrachtet wurde den Maßnahmen Kategorien zugeordnet, welche wiederum Teil eines bestimmten Handlungsfeldes sind. Maß-

nahmen können zwischen (K) konventionell und (A) unterstützend (automatisiert und/oder digital) unterschieden werden. Konventionelle Maßnahmen sind jene barrierefreien Lösungen, welche hinsichtlich ihrer Funktionsweise gut erprobt sind. Zumeist geben klare Richtlinien und Normen ihre Einsatzfelder und ihre technische Ausführung an. Unterstützende (automatisierte und/oder digitale) Maßnahmen sind mit heutigem Stand der Technik (zumeist) technisch realisierbar, hinsichtlich Anwendbarkeit bestehen allerdings noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Zusätzlich wurde das Digitalisierungspotential für jede Maßnahme bestimmt (Tabelle 2 und 3).

5. Schlussfolgerung

Auf Ebene der Handlungsfelder ist die Fahrzeuginfrastruktur der Bereich, wo es die größten Potenziale für eine verbesserte Inklusivität des Verkehrssystems gibt. Viele davon sind assistiv unterstützend und als digitale Applikation umsetzbar. In dieser Gruppe stehen Kommunikationsschnittstellen wie Übersetzung in leicht verständlicher Sprache oder Gebärdensprache besonders hervor. Außerhalb dieses Handlungsfeldes sind Informationssysteme zur ersten/letzten Meile wichtige Maßnahmen, um entsprechende positive Wirkungen zu erzielen.

Die Ergebnisse dieser Analyse werden in einem weiteren Schritt in das Projekt AM inklusive! (Knoll et al. 2020) einfließen. In diesem Projekt werden in weiterer Folge Handlungsempfehlungen für die politische Ebene ausgearbeitet und zur Diskussion gestellt. Es muss ein Anspruch der Verkehrs- und FTI-Politik in Österreich sein, durch jede gesetzte Maßnahme - auch bei jenen Maßnahmen, die nicht vordergründig auf die Verbesserung der Inklusivität des Verkehrssystems abzielen - die Lücke zwischen den nicht beeinträchtigten VerkehrsteilnehmerInnen und den vulnerablen Gruppen mit speziellen Bedürfnissen zu schließen. Die im Rahmen dieser Analyse aufbereiteten Informationen, welche auf die Erfahrungen der unmittelbar betroffenen Personen basieren, sollen dafür einen wesentlichen Beitrag leisten.

Literaturverzeichnis:

1. Bennetta R., Vijaygopalb R., Kottasza R. (2019): Attitudes towards autonomous vehicles among people with physical disabilities, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 127
2. Harper C.D., Hendrickson C., Mangones S., Samaras C., (2016): Estimating potential increases in travel with autonomous vehicles for the non-driving, elderly and people with travel-restrictive medical conditions, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 72, ISSN 0968-090X, <https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.09.003>.

3. Knoll B. (2016): *Mobilität von Personen mit Betreuungsaufgaben Qualitative Studie (Gender Modul) zur österreichweiten Mobilitätshebung „Österreich unterwegs 2013/2014“*, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien
4. Knoll B., Sammer G., Hauger G. (2020) *AM inklusive! Automatisierte Mobilität und Inklusion. Perspektiven, Szenarien und Empfehlungen für die Verkehrs- und FTI-Politik*, Forschungsprojekt im Rahmen von *Mobilität der Zukunft*, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT)
5. Meyer J., Becker H., Bösch P., Axhausen K. (2017), *Autonomous vehicles: The next jump in accessibility? Research in Transportation Economics*, Volume 62, ISSN 0739-8859, <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2017.03.005>.
6. Rösler K. (2019): *Neue Möglichkeiten der Mobilität für ältere und behinderte Menschen*. Beitrag zum Sammelband *Mobility in a Globalized World 2018*, Sucky E., Kolke R. (Hrsg.), University of Bamberg Press
7. Saaed A., Madjid T., Mohsen A., Tracey O. (2016): *Autonomous vehicles: challenges, opportunities, and future implications for transportation policies*, *J. Mod. Transport.* (2016) 24(4):284–303, DOI 10.1007/s40534-016-0117-3
8. Sammer, G., Dangschat J., Kronlachner L. (2008): *ÉGALITÉplus - Ein gleichberechtigter Alltag im Verkehrsgeschehen? Quantifizierung von mobilitätsbeeinträchtigten Personengruppen*, Forschungsprojekt im Rahmen von *ways2go*, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT)
9. Sammer, G., Uhlmann, T., Unbehauen, W., Millonig, A., Mandl, B., Dangschat, J., Mayr, R. (2012): *Identification of Mobility Impaired Persons and Analysis of Their Travel Behaviour as well as their Needs*. *Transportation Research Board 91st Annual Meeting*, JAN 22-26, 2012, Washington, D.C.
10. Trommer S., Kolarova V., Fraedrich E., Kröger L., Kickhöfer B., Kuhnimhof T., Lenz B., Phleps P. (2016): *Autonomous Driving - The Impact of Vehicle Automation on Mobility Behaviour*, Institute for Mobility Research (ifmo);

Developing Effective Planning Approaches for Supporting Green and Reliable Intermodal Transport

Martin HRUŠOVSKÝ

1. Introduction

The growing globalization of the world contributes to the increased complexity of supply chains, which require efficient coordination in order to ensure good performance of operations. (Van Donk, 2008) Although this trend might bring many benefits to companies due to specialization or lower production costs, it also contributes to the increased probability of disruptions. (Blackhurst et al., 2005) As shown by BCI (2019), this also significantly influences transport operations, since transport network disruptions belong to the top five reasons for disturbances in supply chains.

Transport activities play an essential role in a supply chain since they are needed for the movement of raw materials, work-in-process and finished goods between the different actors. Therefore, a lot of various transport optimization models have been developed in order to improve the efficiency of transport, which was mainly expressed in form of transport costs minimization. (Agamez-Arias and Moyano-Fuentes, 2017) However, there are additional issues which are gaining importance in the current discussions with regard to transport planning:

Firstly, the freight transport in Europe is heavily dominated by road transport (Eurostat, 2020), which is perceived as a fast and flexible transport mode, but it often suffers from legal and operational restrictions and disruptions (e.g. driving bans, congested roads) and also significantly contributes to the negative impacts of transport on the environment. In order to mitigate these effects, European Commission (2019) strives towards a shift of freight to alternative transport modes and their combination in multimodal transport chains. However, the usage of these alternatives is relatively low due to various reasons, among others also the reluctance of transport planners to use transport modes which they did not have experience with before. (Vannieuwenhuyse et al., 2003) Moreover, support of multiple transport modes in transport management systems (TMS), which are software systems currently used for transport planning and monitoring, is rather limited. (Seiler, 2012; Demir et al., 2013)

Secondly, the discussions about sustainability of transport, especially its environmental impact, are gaining importance, since transport is the only sector in the European Union (EU) where the total share of CO₂ emissions is increasing. (EEA, 2019) In addition to regulations regarding e.g. emission limits for vehicles, consideration of emissions within the transport plan-

ning could also contribute to the overall reduction of emissions.

Thirdly, surveys show that next to costs transport planners base their decisions also on additional criteria such as flexibility or reliability of transport services. (Vannieuwenhuyse et al., 2003; Reis, 2014) In this context, reliability is mainly related to transport time and on-time delivery, which might be negatively influenced by various disruptions within the transport network (e.g. congestion, road blockage, trees on the track). In order to increase the reliability of the created transport plans, possible disruptions should already be considered in the transport planning phase. Moreover, they should be also monitored during the transport execution phase, so that an adequate and fast reaction is possible if a certain disruption occurs.

In order to address these issues, this article presents a short overview of a transport planning approach for intermodal transport that combines multiple optimization objectives (i.e. transport costs, time, emissions) and takes into consideration possible travel time uncertainties and delays due to various disruptions. The planning approach is divided into various phases which cover the whole transport process as described in the next chapter.

2. Planning approach

Intermodal transport can be defined as the movement of goods which uses two or more transport modes where the goods are transported in one loading unit or road vehicle (e.g. container). (UNECE, 2001) Intermodal transport network therefore combines different transport modes, which have different characteristics in terms of capacity, network density, travel times and speeds, costs, etc. In addition to that, there also exist differences in the departure times: whereas truck transports tend to have more flexible schedules, trains and ships usually run according to a fixed schedule. (Crainic, 2007) This can lead to operational problems if the containers have to use multiple transport services with fixed schedules and one of the services gets delayed due to a disruption so that the subsequent service leaves before the arrival of the delayed service. Therefore it is necessary to avoid (or at least to minimize) the occurrence of these situations if possible and offer a fast alternative solution for the cases where these unplanned delays cannot be avoided. Both options are included in the proposed planning approach, which deals with operational transport planning and its objective is to find an optimal transportation plan for multiple customer orders within an existing intermodal transport network.

Transport disruptions can have different implications. Some of them (e.g. regular congestion due to insufficient road capacity) occur in more or less regular intervals and their expected impact can be predicted, whereas others, mainly caused by unexpected events (e.g. accident, signalling problems, damaged switch), are hardly predictable and can lead to long delays. (Wagner and Bode, 2006) Since they can occur at any point during the transport process, a good TMS software should be able to support all phases of the transport process, including not only the initial optimization of transport plans but also monitoring of unexpected events during transport execution and reactions to these events. Therefore, the proposed planning approach covers all these processes and consists of various components which are presented in Figure 1.

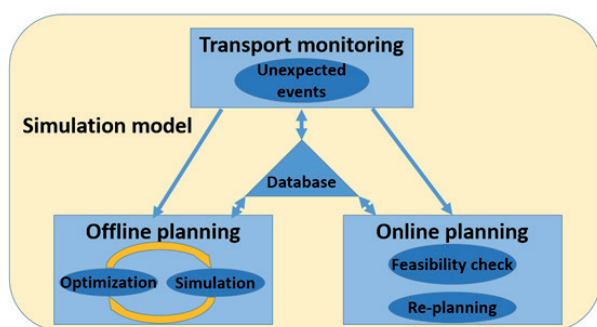


Figure 1: The simulation-optimization model used for planning and its components

As shown in Figure 1, there are three main components which are combined within a simulation model: transport monitoring, offline planning and online planning. The simulation model provides a background for the system and displays the transport network and the ongoing transports consisting of movements of services and containers. The aim of the simulation model is to simulate the development of the transport network based on the decisions of the two planning components and the occurred unexpected events over a longer period (e.g. one month) and in this way enable the evaluation of different planning decisions. The transport monitoring component is responsible for the model execution, which includes calling the offline planning component in regular intervals, updating the database and creating unexpected events which are the trigger for online planning. The database connects all components since it contains all required data including also customers' orders, transport services and their characteristics, created transport plans, unexpected events etc.

The planning itself is divided into two phases as also shown in Figure 1: offline planning and online planning. The aim of offline planning is to find an optimal transport plan for the order of each customer, which consists of the origin and destination of the goods, the number of containers and the desired pick-up and delivery time. The plan is created before the trans-

port of the containers starts and the route can be optimized according to multiple objectives (costs, time, emissions). In addition to that, the aim is to create reliable transport plans, which means that possible travel time uncertainties including small and regular transport disruptions are considered in the model. Offline planning is described in more detail in following Section 2.1.

Whereas smaller disruptions are already considered in offline planning, bigger disruptions with longer durations cannot be included there since the model would require extensive buffer times that are in most cases not necessary. Therefore major disruptions are dealt with in the online planning, which is activated every time when an unexpected event occurs which causes a disruption and infeasibility of the original offline plan. In this case an alternative solution has to be found which ensures that the goods will be delivered to their destination with the minimal possible delay. This solution needs to be found very fast since the result might be the change of the route of the affected service and this has to be done before the vehicle arrives to the location of the disruption. Therefore, in case of online planning only a limited number of alternatives (policies) is considered. A detailed description of online planning can be found in Section 2.2.

The actual simulation process in the presented simulation model starts with the offline planning, which is called in regular intervals (e.g. every day) and creates offline plans for all orders that have to start on the next day. When the plans are created, they are stored in the database and the transports start based on the plans. In addition to that, unexpected events with random locations and durations are created in regular intervals and their effect on the orders and services is investigated. If necessary, online planning is activated for each affected order and an alternative plan is created. At the end of the simulation, the effect of unexpected events and necessary changes in the plans are analysed.

2.1 Offline planning

As already mentioned, the objective of offline planning is to create reliable transport plans for multiple customer orders within an existing intermodal network. Often this is solved using the so-called multi-commodity flow network problems (StadieSeifi et al., 2014), however, these problems are not able to represent the specific characteristics of each transport mode in intermodal networks. Therefore, the service network design (SND) approach can be used as an alternative. In this approach, a service can be defined as a transport connection between an origin and destination which has a certain transport mode, capacity route, speed and price (Andersen et al., 2009; StadieSeifi et al., 2014). In addition to the services, also the nodes representing intermodal terminals that can serve as origin, destination or transshipment point for

the orders can be modelled with their specific costs or transshipment times. However, as shown by SteadieSeifi et al. (2014) and Agamez-Arias and Moyano-Fuentes (2017), the majority of the models only minimize the transportation costs and they are mostly based on deterministic travel times without including any travel time uncertainties. As a consequence, the presented planning approach takes into account two additional factors in order to increase the sustainability and reliability of the plans: emissions caused by the transport operations and travel time uncertainty. Both factors are described in the next two sections before the offline planning model will be shortly presented in following Section 2.1.3

2.1.1 Environmental criteria in optimization

Sustainability is usually understood as a triple bottom line combining economic, ecological and social criteria. (Carter and Rogers, 2008) However, in context of supply chain management and transport planning this term is often reduced to a combination of economic and ecological criteria, which is also called green transport planning. (Dekker et al., 2012; Demir et al., 2014) This is related to the fact that transport has a high negative environmental impact due to releasing high amount of greenhouse gas emissions, which can be measured in form of CO₂-equivalent emissions (CO₂e) if the energy consumption of the vehicle is known. (Kranke et al., 2011) However, the exact calculation of CO₂e emissions and their consideration in optimization models leads to various problems: firstly, the calculation of energy consumption and the released CO₂e emissions depend on various factors that cannot be always exactly estimated for each transport, such as vehicle characteristics, route characteristics, driving behaviour etc. Therefore various microscopic and macroscopic models as well as standardized emission calculators exist, which help to estimate the amount of CO₂e emissions released for a certain transport (see e.g. Demir et al. (2011), Eichseder et al. (2009), IFEU et al. (2016)). As a result, it is advisable to use a specific emissions calculation model for each transport mode and consider as many factors as possible. This is also the case in the proposed planning approach which tries to calculate specific emissions for each service in the network. Details about the used models can be found in Demir et al. (2019).

The second important factor for including the emissions into optimization is the scope of emissions considered. In many cases only direct emissions from combustion of fuel in the vehicle are compared (tank-to-wheel, TTW), however, especially in cases where different modes are compared, also indirect emissions of fuel or energy production should be taken into account, since especially electricity production from different sources can lead to differences between countries. (Kranke et al., 2011) As a result, total

emissions (direct and indirect), also called as well-to-wheel (WTW) emissions, should be included in the calculations.

The third parameter is the integration of emissions objective into the optimization model. Even though the CO₂e emissions are increasingly being recognized as an important objective, they are in vast majority of the cases only optimized in combination with other economic factors, e.g. costs. Therefore methods of multi-objective optimization need to be used here. The easiest method is the weighting method where emissions are expressed in form of emission costs and then different weights can be put to each objective and the resulting solutions can be compared. Although this method can be implemented quite easily, there is high uncertainty about estimating the emission costs per ton of CO₂e emissions and the transport costs often have a much higher weight in the comparisons. These problems can be solved by using more advanced methods, such as weighting method with normalization or ϵ -constraint method that give a better overview of possible solutions and trade-offs between costs and emissions. A good comparison between these methods and their results in intermodal planning context can be found in Demir et al. (2017) and Demir et al. (2019).

2.1.2 Travel time uncertainty

Transport operations can be exposed to several risks (e.g. weather conditions, natural disasters, congestion, low water levels, etc.) which influence their performance in a negative way. If these risks occur in form of unexpected events, they can disrupt the transport process and lead to delays and travel time uncertainties. In this way the reliability of transport is reduced, which can be defined as the probability that an order can be transported to its destination without delay. (Wakabayashi, 2012)

Risks can be classified into various categories according to their severity and probability of occurrence, among others it can be also distinguished between recurrent and disruptive risks. Whereas the first ones usually have rather small and temporary consequences (e.g. congestion during peak hours), the latter ones tend to have large impact and cannot be controlled easily (e.g. natural disaster, major accident). (Chopra and Sodhi, 2014) Depending on the type of risk, different strategies can be used for risk management: in case of recurrent risks, avoidance of critical links or adding operational buffers (e.g. buffer times in transshipment terminals) can be used whereas disruptive risks can be handled only after their occurrence using pre-defined contingency plans. (Jüttner et al., 2003; Colicchia et al., 2010) Since the aim of offline planning is to create transport plans before the start of the transport, it can only include recurring risks by considering travel time uncertainty and checking whether sufficient buffer times are available

on a certain route. Disruptive risks are then handled by online planning which serves as a reaction to an already occurred disruption.

Travel time uncertainty is usually modelled in form of different statistical distributions, which include either standard distributions (e.g. normal, triangular, exponential) or they are based on historical data about travel times on a certain route if this data is available. (Colicchia et al., 2010; Noland and Polak, 2002) Based on these distributions, the probability of on-time arrival for a certain transport service or route can be checked. However, in case of intermodal transport networks, where different services are combined on one route, there exists a high number of possible travel time combinations which makes it impossible to check all of them, since this would require extensive computational times. As a consequence, different sampling approaches can be used, which consider only a limited number of possible travel time scenarios to check the reliability of the transport plans.

One possibility is the sample average approximation (SAA), which approximates the travel time distribution based on a selected number of samples that are then directly integrated into the optimization model to evaluate transport reliability. (Verweij et al., 2003; Luedtke and Ahmed, 2008) However, as tests in Demir et al. (2017) showed, using SAA significantly limits the size of the instances that can be solved and increases the required computational time. As an alternative, simulation can be used which allows to evaluate a higher number of scenarios within a shorter time.

2.1.3 Offline planning approach

In order to integrate CO2e emissions and travel time uncertainty into intermodal transport planning, a hybrid simulation-optimization approach has been developed, which was presented in Hrusovsky et al. (2016). As shown in Figure 2, this approach consists of two steps: a deterministic optimization model and a simulation model.

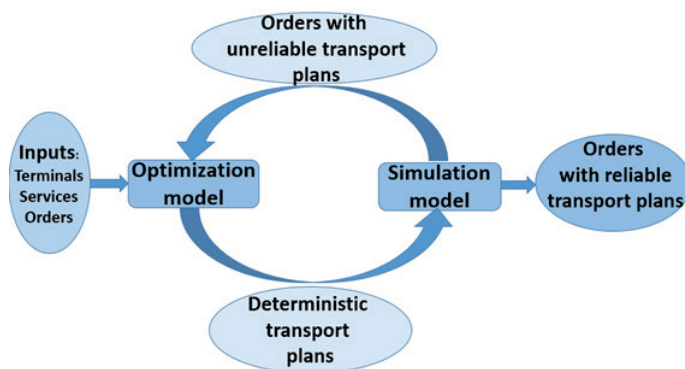


Figure 2: Offline planning approach, adapted from Hrusovsky et al. (2016)

The optimization model is defined as SND model and combines three objectives: transport costs for services and transshipments used by the containers, time

in form of inventory costs for in-transit inventory and penalty costs for delays, and CO2e emissions in form of costs for emissions from transport and transshipments in terminals. The objectives are combined using the weighting method where individual weights can be assigned to each objective according to the planner's preferences. The optimization model considers various constraints regarding the service capacities, transshipments and fixed departure times of the services as well as pick-up and delivery times of the orders. The result of the model are transport plans showing the optimal route for each order based on planned deterministic travel times.

The created transport plan is then sent to the simulation model, which is in the second step used to evaluate the reliability of the proposed routes. In order to achieve this, the model simulates the movements of services and orders, whereby the deterministic travel times from the optimization model are replaced by randomly chosen travel times based on the underlying travel time distribution for each service and it is checked whether the original transport plan can still be executed. If this is not the case because the subsequent service cannot be used due to the delay of the previous service, the original transport plan becomes infeasible and a pre-defined emergency solution is used where the goods are transported by an extraordinary truck service directly to their planned destination at higher costs. The simulation is repeated multiple times for different travel time combinations (up to 1000 runs) and then the reliability of each transport plan is checked based on two criteria – the number of runs in which the plan becomes infeasible and the average additional costs of this infeasibility in comparison to the optimal deterministic solution. If both criteria exceed a certain threshold (e.g. 5%), the transport plan is not reliable and therefore the particular order is sent back to the optimization model where a new plan has to be found. The whole process is then repeated for all unreliable plans until a reliable route is found for each order. In this way offline planning helps to increase the reliability of the plans and reduce the number of potential transport disruptions.

2.2 Online planning

Whereas offline planning aims at increasing the reliability of the plans through inclusion of travel time uncertainty, online (or real-time) planning phase covers mainly unexpected events with major impact that occur shortly before the start or during the transport of orders and cause infeasibility of the plan (e.g. road blockage, derailment of a train, infrastructure damages due to bad weather). As a consequence, re-planning is needed in these cases in order to find a feasible alternative plan. In order to achieve this, two important points need to be taken into account: firstly, the speed of obtaining the solu-

tion is more important than the efficiency of the plan since the vehicle might be already en route and might pass an important waypoint where the route could be changed if the creation of the alternative plan takes too long. (Sato and Fukumura, 2012; Cacchiani et al., 2014) Therefore, usually pre-defined policies (e.g. waiting, rerouting, changing modes) are used in these cases in order to facilitate the re-planning process. (Cadarso et al., 2013; Louwerse and Huisman, 2014) Secondly, transport plans should not be changed too often as it might lead to chaos in the network. Therefore, only infeasible plans should be changed as it is also the case in the presented online planning approach, which was first described in Hrusovsky (2018) and is depicted in Figure 3.

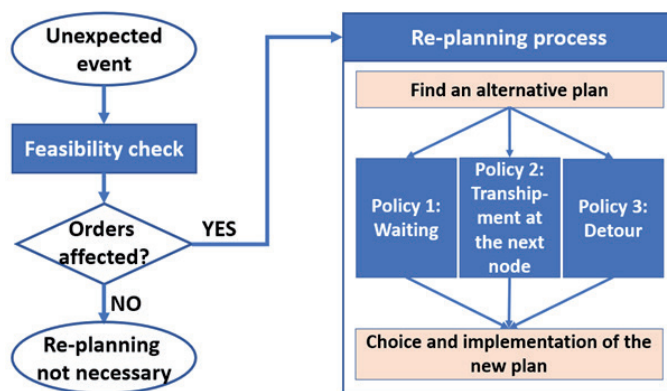


Figure 3: Online planning approach and its components, adapted from Hrusovsky (2018)

As the figure shows, online planning is activated by the occurrence of an unexpected event, which occurs randomly at a certain location and has a certain expected duration. Based on this information, the first task is to identify the effect of this event on the transport services and orders, which is conducted within the feasibility check. Feasibility check identifies the services which have to pass the location of the event during its duration and calculates the delay of the service caused by the unexpected event. Afterwards it is checked whether the affected services transport any orders and whether these orders are affected by the delay so that their plan becomes infeasible. If this is the case, the affected orders require a new plan which has to be found within the re-planning process, for all other orders no re-planning is necessary since their original plan stays feasible despite of the delay. In this way the feasibility check reduces the number of orders that require re-planning which results in less complexity for the re-planning process and leads to less plan changes within the transport network.

The task of the re-planning process is to find a new transport plan for each affected order based on the current situation in the transport network (i.e. including all known disruptions and delays at the time of re-planning). Since the new plans have to be found quickly, the available network is reduced and includes only services which connect the current location

of the affected service or the terminals on its route with the destination of the affected order. Within this reduced network, three pre-defined policies are used, which will be described in the next paragraphs: waiting, transshipment at the next node and detour. The deterministic optimization model from the offline planning approach is used to find the optimal route for each policy. (Hrusovsky, 2018)

The waiting policy means that the affected service continues on its route as planned but has to wait until the disrupted section is cleared and arrives to its destination with delay. This means that the affected order needs a new plan from the destination of the service which can be found even before the service arrives to the destination and therefore capacities on the newly used services can be reserved.

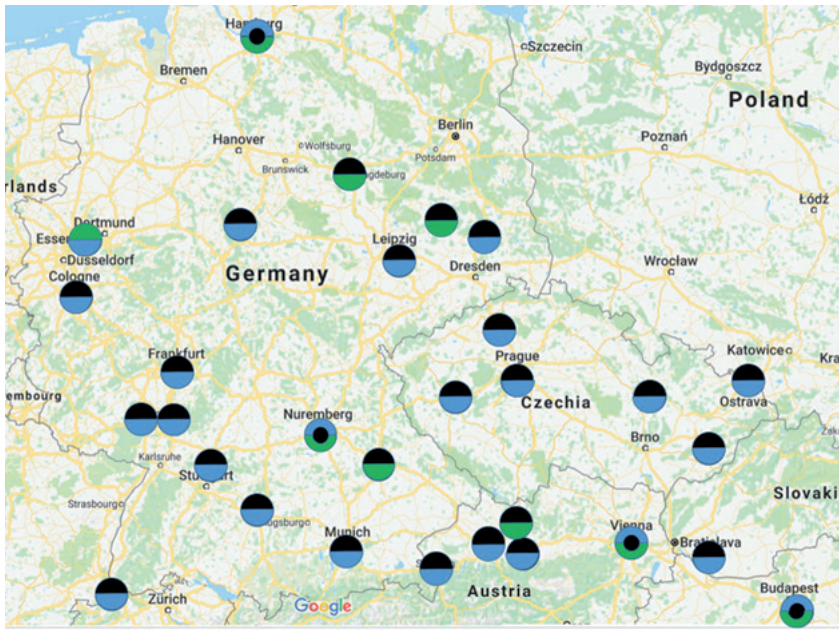
In case of the second policy, transshipment at the next node, the next possible node for transshipment to another service or transport mode is searched for on the route of the affected service. This might be either a regular node of the basic network used by the planned services or any terminal where transshipment between transport modes is possible. This also implies that this policy can be only used if such a terminal exists on the route of the affected service. If this is the case, additional truck services from this terminal to all other basic terminals are added to the network and a new plan for the affected order based on the available connections has to be found.

The third policy deals with the affected service itself and searches for a possible detour which could minimize the delay at its arrival to the destination. On its route, the affected service passes several waypoints where a detour could be started. Therefore, this policy evaluates the potential detours that can be built between the current location of the service and its destination and chooses the detour with the shortest travel time. Similarly to the second policy, this policy can be only used if a potential detour exists.

When the plans for all three policies are created, the proposed routes are compared and the best plan which minimizes the total additional costs and the delay is chosen. Afterwards this plan is implemented and the affected orders continue their way according to the new plan.

3. Computational study

In order to test the proposed planning approach, a case study based on real-world data was developed including 30 important intermodal terminals within Germany, Austria, Czech Republic, Slovakia and Hungary. These terminals are connected through road services, rail services and inland waterway services (IWT), which are mainly following the rivers Danube and Elbe. The locations of the terminals and the modes which are combined in each terminal are depicted in Figure 4.



Intermodal terminals combining:

- Road and rail
- Road and IWT
- Road, rail and IWT

Figure 4: Intermodal terminals and their transport modes, based on Demir et al (2017)

In order to test the planning and the effects of the unexpected events, the simulation model was run for one month (31 days) and included in total 2,792 services. Out of these, 74% were rail services, 21% road services and 5% IWT services. On average there were 90 services per day with higher number of services during the workdays and lower number of services during the weekends. The schedules and travel times of the train and IWT services were created based on Kombiverkehr (2019) and Metrans (2019), road services have flexible departure times and serve as additional services for parts of the network where the coverage with train and IWT services is not sufficient. For each service specific transport costs were calculated based on PLANCO (2007), via donau (2007) and PTV (2019) and also specific CO₂e emissions were calculated as described by Hrusovsky et al. (2016). In order to convert emissions into emission costs, a reference value of 70 EUR/t CO₂e was used.

Transport orders were added to the system on a daily basis and offline planning was repeated every day for all available orders. For each planning cycle a planning horizon of 7 days was considered, which means that on average 10 orders per day were planned that could use 623 services on average. The number of containers was between 1 and 30 per order, inventory costs were 1 EUR/hour of transport time and penalty costs were between 1 and 10 EUR/hour of delay. The planned delivery dates were between 24 and 168 hours after the planned pick-up times of the orders. A detailed description of the case study and its results can be found in Hrusovsky (2018), next paragraphs shortly summarize the most important findings.

When comparing the results for offline planning, the difference in resulting plans for the different optimization objectives can be observed. In total, four cases were compared: in the first case all three objectives were combined with the same weights whereas in the other three cases always only one of the three possible objectives was chosen and the other two had a weight of zero. The results showed that transport costs are clearly dominating in the first case since they are in total much higher than the total time costs and total emission costs. In fact, the difference between combination of all objectives and optimization according to transport costs only was that in the first case buffer times between the consecutive services within a plan were minimized due to the inclusion of

time costs whereas in the second case services on the same route with later departure and therefore longer buffer times were used since time costs were not considered. When comparing the optimal plans for transport costs and for the CO₂e emissions minimizing case, it could be clearly observed that in the latter case electric trains were preferred before road and IWT services sailing upstream, since these services have higher energy consumption than services sailing downstream.

Moreover, the results showed that the CO₂e emissions minimizing solution leads to consolidation of transport orders, since multiple orders tend to use the same service. In case of transport costs minimization this consolidation is less visible since the use of individual road services is much higher. The time needed to obtain the optimal solution was in all three discussed cases less than 720 seconds, whereas it was much higher for the time minimization, where often no solution was found even after one hour. The reason for this could be the fact that if only time is considered, then there are sometimes several possible routes with the same or very similar time costs for each order and therefore much more time is needed to obtain the optimal solution. As a consequence, this case was not used for further analysis.

The offline plans from the first case with all three objectives were used for analysing the online planning module and testing the influence of different categories of unexpected events. This case was chosen due to the minimized buffer times and consequently the higher potential influence of unexpected events in comparison to the other cases. The unexpected events were created in regular intervals on randomly

chosen links within the network and each scenario was repeated 10 times with different event locations. In total four different scenarios with event durations of 2, 6, 12 and 24 hours were analysed as suggested in the available literature. (Burgholzer et al., 2013; Ludvigsen and Klæboe, 2014; Fikar et al., 2016) For the first two scenarios the frequency of events was every two hours whereas three events per day were created for the two scenarios with longer durations. The reason for this was that smaller events with shorter durations usually occur with higher frequency than events with longer durations.

The results of online planning tests showed that the proposed approach delivers solutions within one minute, which fulfils the objective of obtaining the solution quickly. Concerning the delays caused by the unexpected events, it could be observed that the delays were relatively evenly distributed throughout the whole duration of the event and in almost 90% of the cases rail services were affected since they also have the highest share on the used transport services in the network.

When it comes to orders, the results clearly show that delays of two hours only affect about 2% of all orders, which is probably related to the fact that reliable plans were created in the offline planning phase where these shorter delays are already included. In case of delays lasting for 24 hours, about 10% of orders need to be re-planned on average.

Another important point of the analysis were the results regarding the availability and the usage of the three pre-defined re-planning policies from Figure 3. As already described in Section 2.2, Policy 2 (transshipment at the next node) and Policy 3 (detour) might not be available in some cases since they require the availability of transshipment terminals or alternative routes for detours. This was confirmed in the analysis which showed that Policy 2 was available in 78% and Policy 3 only in 49% of the re-planning cases for event durations of 2 hours. This is related to the fact that for such short durations the vehicle is usually very close to the event location and therefore no options for transshipment or detour are available. However, when the event duration increases, the availability of both policies also increases and reaches more than 90% for Policy 2 and more than 80% for Policy 3 for event durations of 24 hours. Policy 1 is available in 100% of the cases since waiting is always possible. Despite of this limited availability, it could be observed that the importance of Policy 3 increases with the increasing event duration as shown in Figure 5. Here it is clearly visible that Policy 1 is dominating for short delays whereas more detours are used for longer delays. Policy 2 has a very low share since the solutions delivered by this policy are usually too expensive.

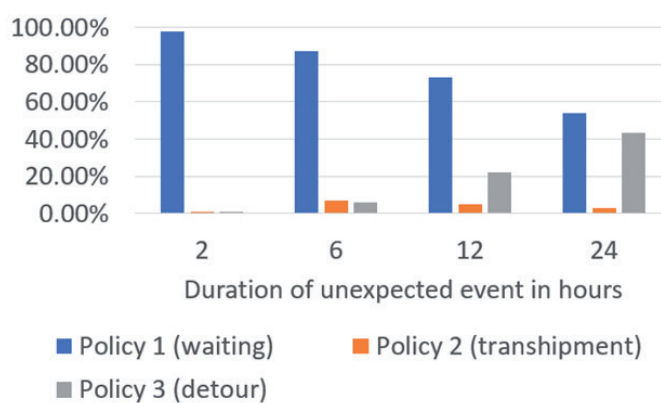


Figure 5: Share of re-planning policies on the implemented online plans

4. Conclusions

Transport planning is becoming more complex due to globalization of transport flows and additional requirements regarding the reliability and minimization of environmental impacts of transport. One possibility to respond to these challenges is to promote the usage of intermodal transport and to support its planning and execution as it was presented in this paper. The most important findings can be summarized in the following points:

- There exist multiple risks that can lead to transport disruptions with negative impact on travel times in different phases of the transport process. Therefore, it is important to distinguish between these risks and to include them into planning in different ways.
- Offline planning creates transport plans and is capable of including smaller disruptions in form of travel time uncertainties. The combination of simulation and optimization enables to evaluate multiple scenarios with different travel time distributions which increases the reliability of the created plans. In addition to that, economic objectives in form of costs and time can be combined with environmental objective of minimizing the CO₂e emissions. Although this is connected with some challenges, taking emissions into account leads to clear preference of transport modes with less negative environmental impacts.
- Online planning can be used as a fast reaction to major disruptions occurring during the transport execution phase when a transport plan becomes infeasible. In order to find an alternative transport plan very quickly, pre-defined policies that reduce the complexity and the number of considered alternatives can be used. As the presented results show, this leads to significant reductions in computational times. Besides that, it could be observed that the waiting policy is used in most of

the cases, but the importance of detour policy is increasing with the increasing duration of the disruption. Transshipment at the next node as the last considered policy is used in only a few cases since the resulting plans are usually too expensive.

Acknowledgement

This paper is a short summary of the PhD thesis submitted by the author at the Institute of Production Management of WU Vienna University of Economics and Business. The author would like to thank to his colleagues, co-authors and supervisors, who significantly contributed to the high quality of the thesis and to the achieved results. These were Prof. Werner Jammerneegg, Prof. Tom Van Woensel and Dr. Emrah Demir.

References:

1. Agamez-Arias, A.-d.-M., Moyano-Fuentes, J. (2017) Intermodal transport in freight distribution: A literature review. *Transport Reviews*, Vol. 37, Issue 6, Pages 782-807.
2. Andersen, J., Crainic, T.G., Christiansen, M. (2009) Service network design with asset management: Formulations and comparative analyses. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 17, Pages 197-207.
3. BCI (2019) BCI Supply Chain Resilience Report 2019 [Online] [Cited 28.9.2020] <https://www.thebci.org/resource/bci-supply-chain-resilience-report-2019.html>
4. Blackhurst, J., Craighead, C., Elkins, D., Handfield, R. (2005) An empirically derived agenda of critical research issues for managing supply-chain disruptions. *International Journal of Production Research*, Vol. 43, Issue 19, Pages 4067-4081.
5. Burgholzer, W., Bauer, G., Posset, M., Jammerneegg, W. (2013) Analysing the impact of disruptions in intermodal transport networks: A micro simulation-based model. *Decision Support Systems*, Vol. 54, Pages 1580-1586.
6. Cacchiani, V., Huisman, D., Kidd, M., Kroon, L., Toth, P., Veelenturf, L., Wagenaar, J. (2014) An overview of recovery models and algorithms for real-time railway rescheduling. *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 63, Pages 15-37.
7. Cadarso, L., Marin, A., Maroti, G. (2013) Recovery of disruptions in rapid transit networks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. Vol. 53, Pages 15-33.
8. Carter, C.R., Rogers, D.S. (2008) A framework for sustainable supply chain management. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 38, Issue 5, Pages 360-387.
9. Chopra, S., Sodhi, M.S. (2014) Reducing the risk of supply chain disruptions. *MIT Sloan Review* [Online] [Cited 24.9.2020] <https://openaccess.city.ac.uk/id/eprint/14261/3/>
10. Colicchia, C., Dallari, F., Melacini, M. (2010) Increasing supply chain resilience in a global sourcing context. *Production Planning & Control: The Management of Operations*, Vol. 21, Issue 7, Pages 680-694.
11. Crainic, T.G. (2007) Service design models for rail intermodal transportation. [Online] [Cited 25.9.2020] <https://www.cirrelet.ca/documentstravail/cirrelet-2007-04.pdf>
12. Dekker, R., Bloemhof, J., Mallidis, I. (2012) Operations research for green logistics – An overview of aspects, issues, contributions and challenges. *European Journal of Operational Research*, Vol. 219, Issue 3, Pages 671-679.
13. Demir E., Bektas, T., Laporte, G. (2011) A comparative analysis of several vehicle emission models for road freight transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 16, Pages 347-357.
14. Demir, E., Bektas, T., Laporte, G. (2014) A review of recent research on green road freight transportation. *European Journal of Operational Research*, Vol. 232, Pages 464-478.
15. Demir, E., Hrusovsky, M., Jammerneegg, W., Van Woensel, T. (2017) Methodological approaches to reliable and green intermodal transportation. In: *Sustainable Logistics and Transportation*. Springer Optimization and Its Applications, Cinar, D., Gakis, K., Pardalos, P. (Eds.), Pages 153-179, Springer.
16. Demir, E., Hrusovsky, M., Jammerneegg, W., Van Woensel, T. (2019) Green intermodal freight transportation: bi-objective modelling and analysis. *International Journal of Production Research*, Vol. 57, Issue 19, Pages 6162-6180.
17. Demir, E., Van Woensel, T., Bharatheesha, S., Burgholzer, W., Burkart, C., Jammerneegg, W., Schygulla, M., Ernst, A. (2013) A review of transportation planning tools. [Online] [Cited 28.9.2020] <https://cordis.europa.eu/docs/projects/cnect/5/318275/080/deliverables/001-GET-ServiceD51AReviewofTransportationPlanning-Toolsv21.pdf>
18. EEA (2019) Greenhouse gas emissions by aggregated sector. [Online] [Cited 24.9.2020] <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/ghg-emissions-by-aggregated-sector-5#tab-dash-board-02>
19. Eichlseder, H., Hausberger, S., Rexeis, M., Zallinger, M., Luz, R. (2009) Emission factors for the model PHEM for the HBEFA version 3. [Online]

- [Cited 20.9.2020] https://www.hbefa.net/e/documents/HBEFA_31_Docu_hot_emissionfactors_PC_LCV_HDV.pdf
20. European Commission (2019) The European Green Deal [Online] [Cited 28.9.2020] https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf
 21. Eurostat (2020) Freight transport statistics – modal split [Online] [Cited 28.9.2020] https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Freight_transport_statistics_-_modal_split
 22. Fikar, C., Hirsch, P., Posset, M., Gronalt, M. (2016) Impact of transalpine rail network disruptions: A study of the Brenner Pass. *Journal of Transport Geography*, Vol. 54, Pages 122-131.
 23. Hrusovsky, M. (2018) Green intermodal transport planning under consideration of relevant supply chain risks. PhD Thesis, WU Wien.
 24. Hrusovsky, M., Demir, E., Jammernegg, W., Van Woensel, T., 2016. Hybrid simulation and optimization approach for green intermodal transportation problem with travel time uncertainty. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, Vol. 30, Pages 486-516.
 25. IFEU, Berne, I., Hannover, I. (2016) Ecological transport information tool for worldwide transports – methodology and data updates. [Online] [Cited 20.9.2020] https://www.ecotransit.org/download/ETW_Methodology_Background_Report_2016.pdf
 26. Jüttner, U., Peck, H., Christopher, M. (2003) Supply chain risk management: Outlining an agenda for future research. *International Journal of Logistics Research and Applications*, Vol. 6, Issue 4, Pages 197-210.
 27. Kombiverkehr (2019) Fahrplan Kombiverkehr Direktzüge [Online] [Cited 10.11.2019] https://www.kombiverkehr.de/de/service/kunden/downloads/fahrplan_46
 28. Kranke, A., Schmied, M., Schön, A.D. (2011) CO₂-Berechnung in der Logistik. Verlag Heinrich Vogel.
 29. Louwerse, I., Huisman, D. (2014) Adjusting a railway timetable in case of partial or complete blockades. *European Journal of Operations Research*, Vol. 235, Pages 583-593.
 30. Ludvigsen, J., Klaeboe, R. (2014) Extreme weather impacts on freight railways in Europe. *Natural Hazards*, Vol. 70, Pages 767-787.
 31. Luedtke, J., Ahmed, S. (2008) A sample approximation approach for optimization with probabilistic constraints. *SIAM Journal on Optimization*, Vol. 19, Issue 2, Pages 674-699.
 32. Metrans (2019) Intermodal services – departures of Metrans regular trains [Online] [Cited 10.11.2019] <https://www.metrans.eu/779-intermodal-services/train-departures-1>
 33. Noland, R.B., Polak, J.W. (2002) Travel time variability: A review of theoretical and empirical issues. *Transport Reviews*, Vol. 22, Issue 1, Pages 39-54.
 34. PLANCO (2007) Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße. [Online] [Cited 8.11.2019] https://www.bafg.de/DE/08_Ref/U1/02_Projekte/05_Verkehrstraeger/verkehrstraeger_lang.pdf?__blob=publicationFile
 35. PTV (2019) PTV Map&Guide. [Online] [Cited 9.11.2019] <https://www.ptvgroup.com/en/solutions/products/ptv-mapandguide/>
 36. Reis, V. (2014) Analysis of mode choice variables in short-distance intermodal freight transport using an agent-based model. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 61, Pages 100-120.
 37. Sato, K., Fukumura, N. (2012) Real-time freight locomotive rescheduling and uncovered train detection during disruption. *European Journal of Operational Research*, Vol. 221, Pages 636-648.
 38. Seiler, T. (2012) Operative transportation planning: Solutions in consumer goods supply chains. Physica Verlag Heidelberg.
 39. SteadieSeifi, M., Dellaert, N.P., Nuijten, W., Van Woensel, T., Raoufi, R. (2014) Multimodal freight transportation planning: A literature review. *European Journal of Operational Research*, Vol. 233, Issue 1, Pages 1-15.
 40. UNECE (2001) Terminology on combined transport. [Online] [Cited 25.9.2020] <https://www.unecce.org/fileadmin/DAM/trans/wp24/documents/term.pdf>
 41. Van Donk, D.P. (2008) Challenges in relating supply chain management and information and communication technology: An introduction. *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 28, Issue 4, Pages 308-312.
 42. Vannieuwenhuysse, B., Gelders, L., Pintelon, L. (2003) An online decision support system for transportation mode choice. *Logistics Information Management*, Vol. 16, Pages 125-133.
 43. Verweij, B., Ahmed, S., Kleywegt, A.J., Nemhauser, G., Shapiro, A. (2003) The sample average approximation method applied to stochastic routing problems: A computational study. *Computational Optimization and Applications*, Vol. 24, Issues 2-3, Pages 289-333.

44. via donau (2007) Manual on Danube Navigation. via donau
45. Wagner, S.M., Bode, C. (2006) An empirical investigation into supply chain vulnerability. *Journal of Purchasing & Supply Management*, Vol. 12, Issue 6, Pages 301-312.
46. Wakabayashi, H. (2012) Travel time reliability indices for highway users and operators. In: *Network reliability in practice*. Levinsons, D.M., Henry, X.L., Bell, M. (Eds.), Pages 79-97, Springer.

H₂-Pionierprojekt ÖBB – Testbetrieb eines Wasserstoffzuges

Bertram LUDWIG

1. Einleitung

Für eine klimafreundliche Mobilität der Zukunft führt an alternativen Antriebstechnologien kein Weg vorbei: Im „Pionierprojekt Wasserstoffzug“ haben

- die ÖBB deshalb einen Wasserstofftriebzug des Herstellers Alstom im regulären Fahrgastbetrieb getestet. Bewähren musste sich der Zug vor allem auf Nebenbahnen, die nicht für eine Elektrifizierung vorgesehen sind.
- Bereits jetzt werden rund 90 Prozent der Verkehrsleistungen im Personenverkehr in Österreich mit Elektrotraktion geführt. Rund drei Viertel des gesamten ÖBB-Netzes sind bereits elektrifiziert, bis 2030 sollen es 85 Prozent sein.

Die ÖBB selbst haben sich das ambitionierte Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2030 im Mobilitätsbereich CO₂-neutral zu sein. Um dieses Ziel zu erreichen werden zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie konkrete Umsetzungsprojekte vorangetrieben. Neben Erfahrungen mit batterieelektrischen Bussen (z.B. ÖBB-Postbus in Vorarlberg), batterieelektrischen Pkw (z.B. der ÖBB Rail & Drive Carsharing Flotte) haben die ÖBB auch Erfahrungen beim Testbetrieb des elektrohybriden Batteriezugs „Cityjet Eco“ gesammelt. Der Cityjet Eco fährt auf elektrifizierten Abschnitten mit einem Stromabnehmer, auf nicht elektrifizierten Abschnitten wird Traktionsenergie aus dem Batteriesystem bezogen. Mit dieser Technologie sind

bis zu 80 km nicht elektrifizierte Strecke überwindbar. Insgesamt war der „Cityjet Eco“ mehr als zwei Jahre im Betrieb unterwegs und hat in diesem Zeitraum mehr als 50 000 Kilometer im reinen Batteriemodus zurückgelegt.

2. ÖBB Pionierprojekt H₂

Im Zuge des Pionierprojektes H₂-Aspangbahn haben die ÖBB erstmals einen Wasserstoffzug des Typs „Coradia iLint“ des Herstellers Alstom auf einem dafür prädestinierten, nicht-elektrifizierten, gebirgigen Streckennetz im südlichen Niederösterreich auf der inneren und äußeren Aspangbahn sowie auf der Strecke zwischen Wiener Neustadt und Puchberg sowie Gutenstein getestet.

Die Streckeneigenschaften in Österreich, waren gegenüber dem bisherigen Einsatzgebiet (v. a. Norddeutschland) durch geringe Bogenradien von bis zu unter 120 m, Gradienten von bis zu 45 % sowie Höhendifferenzen von mehr als 300 m gekennzeichnet. Der Probebetrieb erfolgte im regulären Personenverkehr von 12. September bis 26. November 2020.

Erklärtes Ziel des Projektes war es, Erfahrungen in technischer, betrieblicher und wirtschaftlicher Sicht mit dem Wasserstoffzug zu sammeln. Es ist kein Zufall, dass der Wasserstoffzug auf genau diesen nicht elektrifizierten Strecken (Abbildung 2) getestet wurde, beträgt die Reichweite des eingesetzten Vorseilenmodells doch rund 600 Kilometer und kann daher



Abbildung 1: Wasserstoffzug auf der Strecke (© Max Wegscheider)

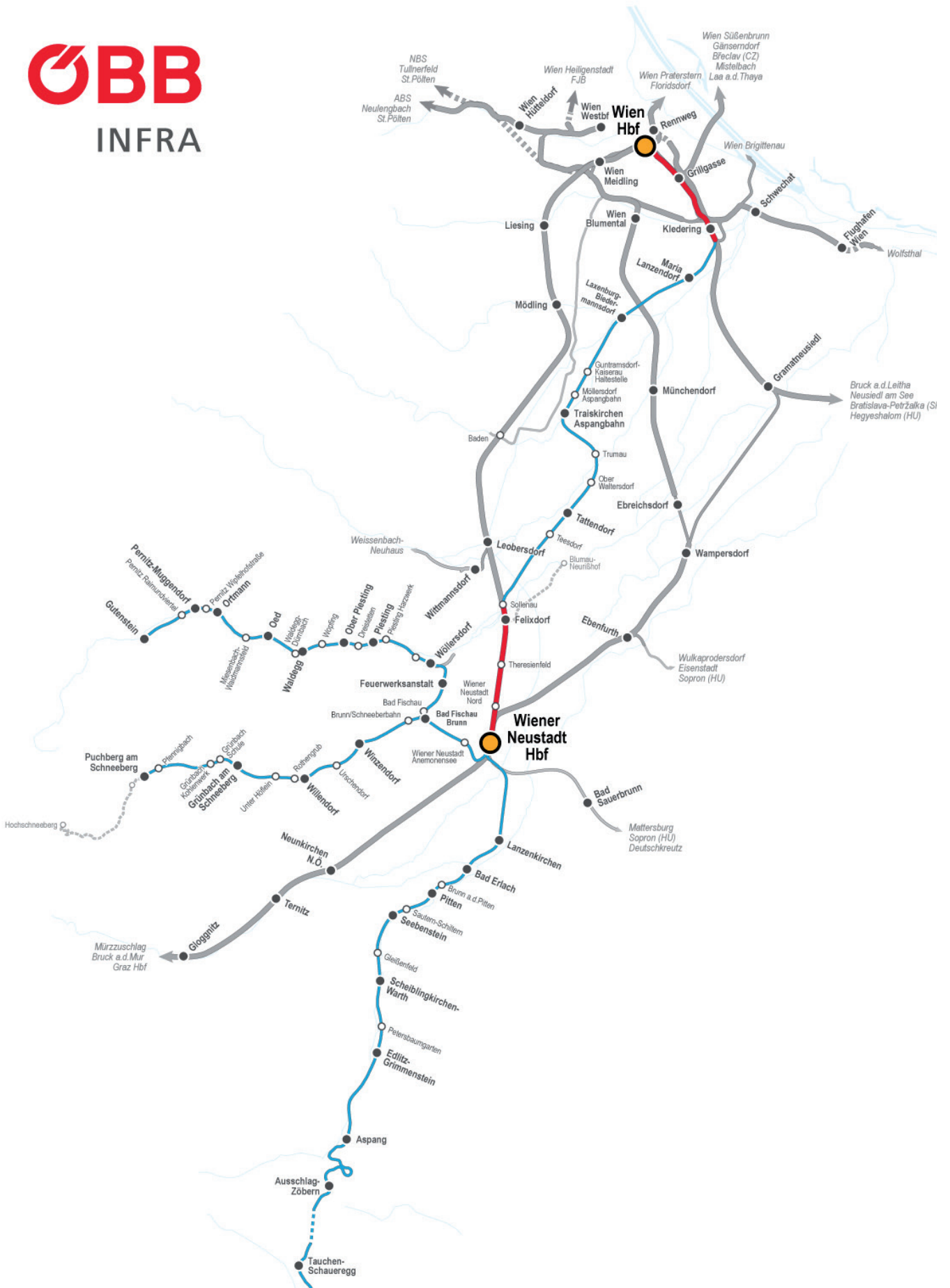


Abbildung 2: Streckengrafik, blau: Teststrecke des Wasserstoffzuges (Quelle: ÖBB-Infrastruktur AG)

ein Dieselfahrzeug ersetzen. Bisher waren Wasserstoffzüge vor allem auf flachen Strecken, zum Beispiel in Norddeutschland und den Niederlanden im Einsatz. Durch den Test auf topographisch anspruchsvollen Strecken im Süden von Niederösterreich wurde der Wasserstoffzug nun auch auf alpinen Strecken „auf Herz und Nieren“ geprüft.

3. Fahrzeug

Im Rahmen des Projektes wurde eine Bauartgenehmigung des Alstom iLint Fahrzeugs gemäß dem österreichischen Eisenbahngesetz (EisbG) § 32a angestrebt. Nachdem das Fahrzeug bereits in Deutschland eine entsprechend äquivalente Bauartgenehmigung erhalten hatte, wurde die Genehmigung durch die Verfügbarkeit entsprechender Nachweise erleichtert.

Der Aufbau des Fahrzeuges (z.B. Wagenkasten) unterscheidet sich nicht wesentlich von anderen Triebzügen. Wesentliches Unterscheidungsmerkmal ist, dass das im Probetrieb eingesetzte Fahrzeug ein zweiteiliges Brennstoffzellen-Batterie-Hybrid-Fahrzeug ist und je Wagenkasten über Wasserstoffspeicheranlage auf dem Dach sowie eine Traktionsbatterie (Lithium-Ionen) im Unterflurbereich verfügt.

Um Sicherheitsbedenken bereits rechtzeitig auszuräumen, wurden zahlreiche Maßnahmen getroffen, wie beispielweise ein bereits für Deutschland verfügbares Einsatzmerkblatt adaptiert, sowie die lokalen Feuerwehren eingebunden.

4. Wasserstoffversorgung

Beim Pionierprojekt wurde eine temporäre, mobile Wasserstofftankstelle am ÖBB-Standort Wiener Neustadt eingesetzt. Diese bestand aus einem Flüssigwasserstofftrailer mit kryogenem, tiefkaltem Wasserstoff, einem Verdichter und Verdampfer sowie einem Dispenser. Die Wasserstofftankstelle war bereits vor dem Projekt in Wiener Neustadt an verschiedenen Aufstellungsorten in Deutschland betrieben worden. Die Errichtung der Tankstelle in Wiener Neustadt erfolgte auf Betriebsgrund der ÖBB, somit fiel deren Bewilligung unter das österreichische Eisenbahngesetz.

Die temporäre Errichtung der Tankstelle unterlag damit einer Erklärung gemäß § 40 EisbG und war somit genehmigungsfrei. Für die § 40-Erklärung wurde zusätzlich ein Gutachten des TÜV Süd für die temporäre Errichtung einer H₂-Tankstelle hinzugezogen. Als Sicherheitsmaßnahmen wurden unter anderem elektrische Einrichtungen entfernt, die nicht zum Betrieb der Tankstelle erforderlich waren sich aber in unmittelbarem Bereich der Tankstelle befanden, sowie die Aufstellungsfläche der Tankstelle entsprechend befestigt (betoniert).

Für den Betrieb von FCEV-Fahrzeugen wird Wasserstoff benötigt, jedoch kommt Wasserstoff in der

Natur nur in gebundener Form vor, etwa im Wasser oder Kohlenwasserstoffen. Wasserstoff ist also keine Primärenergiequelle, sondern muss erst aus anderen Energieträgern erzeugt werden. Zurzeit wird der größte Anteil der Wasserstoffherstellung durch Reformierungsprozesse von fossilen Kohlenwasserstoffen realisiert. Grüner Wasserstoff, also Wasserstoff, welcher aus erneuerbaren Primärenergiequellen erzeugt wurde, wie beispielsweise durch Elektrolyse mittels Aufspaltung von Wasser durch erneuerbaren Strom in Wasserstoff und Sauerstoff, ist in Europa nur in geringem Maße verfügbar.

Damit zeigt sich auch eine der wesentlichsten Herausforderungen dieser Technologie: Zwar ist die Fahrzeugtechnologie schon weit fortgeschritten, grüner Wasserstoff für den Betrieb dieser Fahrzeuge allerdings nicht in ausreichender Menge verfügbar. Für zukünftige Anwendungen der Wasserstofftechnologie bei der ÖBB ist jedoch klar, dass Wasserstofftechnologie nur dann genutzt werden soll, wenn es sich um grünen Wasserstoff handelt.

5. Fahrzeugbetrieb

Mit dem Einsatz des Fahrzeuges zeigen sich die ÖBB nach Abschluss der Testphase zufrieden. Die Leistungsanforderungen wurden erfüllt, der Fahrplan konnte eingehalten werden, und das Fahrzeug verfügte zu jeder Zeit über ausreichend Wasserstoffreserven, um Verspätungen und Streckenunterbrechungen ohne Einschränkungen im Fahrgastkomfort abzudecken. Trotz der Länge und anspruchsvollen Topographie absolvierte der Wasserstoffzug die Strecken problemlos. Wichtige Erkenntnisse brachten im Hinblick auf den Energieverbrauch auch verschiedene klimatische Bedingungen während der Testperiode – von hochsommerlichen Temperaturen bis hin zu Minusgraden.

Da es sich bei dem eingesetzten Fahrzeug um ein Vorieserienfahrzeug handelte, war der Einsatz auch mit einigen Unterbrechungen zur technischen Untersuchung des Fahrzeuges verbunden. Bedauerlicherweise kam es auch zu einer Unterbrechung des Probetriebs am 19.11.2020, ausgelöst durch einen Unfall auf einer technisch gesicherten Eisenbahnkreuzung. Auch in diesem Fall bewährte sich jedoch die über das gesamte Projekt hinweg bestehende Zusammenarbeit zwischen den Projektverantwortlichen auf Seite der ÖBB (konkret waren folgende Konzerngesellschaften involviert: ÖBB-Personenverkehr AG, ÖBB-Holding AG, ÖBB-Infrastruktur AG, ÖBB-Technische Services GmbH, ÖBB-Produktion GmbH) sowie des Industriepartners (Alstom). Durch eine rasche Reaktion aller Partner konnte das Fahrzeug bereits einige Tage später wieder in den Regelbetrieb aufgenommen werden. Insgesamt war das Fahrzeug 48 Tage im Planbetrieb im Einsatz und hat dabei eine Strecke in der Länge von rd. 15 000 Kilometer zurückgelegt.

6. Bilanz

Die während des Probetriebs gesammelten Erfahrungen werden nun im Detail ausgewertet und im Rahmen einer wissenschaftlichen Studie, gemeinsam mit dem Austrian Institute of Technology (AIT) sowie dem HyCentA in den nächsten Monaten evaluiert.

Die Erkenntnisse daraus dienen als Handlungsempfehlungen für einen möglichen zukünftigen Einsatz von Wasserstoffzügen bei den ÖBB beziehungsweise als Grundlage für das Ziel der ÖBB bis 2030 im Mobilitätsbereich CO₂-neutral zu sein.

Unterstützt wurde das Projekt zum einen durch den Klima- und Energiefonds. Zum anderen wurde mit der VERBUND AG ein weiterer Projektpartner gewonnen, welcher den während des Probetriebs verwendeten Wasserstoff grün zertifizierte. Durch die Kooperation mit wissenschaftlichen Partnern – Shift2Rail Joint Undertaking, Austrian Institute of Technology, HyCentA – wird zusätzlich sichergestellt, dass die Betrachtung der Wasserstofftechnologie auch aus verschiedenen wissenschaftlichen Blickwinkeln erfolgt.

Rechtliche Rahmenbedingungen für Tests von automatisierten Fahrzeugen in Österreich

Vera BALTZAREK

1. Einleitung

Vom Einsatz automatisierter Fahrzeuge (in der Folge abgekürzt AF) im Straßenverkehr werden eine Reduktion der Unfallzahlen, mehr Effizienz im Verkehr, weiters Inklusion bisher wenig mobiler Nutzergruppen sowie - bei Dekarbonisierung des Antriebs - auch positive Effekte auf die Umwelt und das Klima erwartet. Allerdings sind die Sicherheitsbedenken gegenüber automatisierten Systemen nach wie vor groß. Dementsprechend schränken rechtliche Vorgaben das vollautomatisierte Fahren (SAE Level 5)¹ drastisch ein. Diese Limitierungen sind jedoch problematisch. Die Gesetzgebung beim automatisierten Fahren wie prinzipiell bei allen komplexen sozio-technologischen Innovationen sollte natürlich allfälligen Risiken vorbeugen. Sie sollte jedoch nicht so weit der raschen Entwicklung von Innovationen nachhinken, dass sie diese Innovationen verhindert. Sie sollte sie vielmehr unter Wahrung aller berechtigten Sicherheitsinteressen ermöglichen bzw. deren Einsatz erleichtern.

Der Artikel stellt nach einer kritischen Bewertung des rechtlichen Status quo-Verbesserungsvorschläge vor. Dieser basiert ausschließlich auf öffentlich zugänglichen Informationsquellen. Leider sind diese manchmal unvollständig oder sie werden - trotz des Hinweises auf mögliche Up-Dates - nicht aktualisiert.

2. Internationale Regelungen

Bis 2016 verhinderten gesetzlichen Rahmenbedingungen in Österreich sogar das Testen von AF auf öffentlichen Straßen zur praxisnahen Verifizierung und Validierung der Technologie und somit zu ihrer Optimierung.

Um den zeit- und kostenaufwändigen Nachweis zu erbringen, dass automatisierte Fahrfunktionen den Ansprüchen an funktionale und IT-Sicherheit entsprechen und somit serienmäßig auf dem Markt eingeführt werden können, müssen sich AF einer Reihe von Tests unterschiedlicher Arten unterziehen:

1. virtuell, mittels Simulator oder digitalem Zwilling²
2. mittels Prototypen in geschlossenen Testumgebungen mit geringem Motorisierungsgrad wie z.B. auf Firmen-, Klinik- oder Universitätsgelände, Parkhäusern, Flughäfen, Militärbasen
3. in spezifischen Testumgebungen im öffentlichen Raum. Solche Testumgebungen sind etwa das ALP Lab auf steirischen Teilstrecken der A2, oder die oberösterreichischen Testregion DigiTrans, wo auf einem geschlossenen Testgelände bei St. Valentin,

aber auch auf dem Autobahnkreuz A1/A7 unterschiedlichste Verkehrs- und Logistikszenerarien getestet werden.

4. Feldtests werden als offene Tests im öffentlichen Raum unter mehr oder weniger realen Verkehrsbedingungen im Mischverkehr mit anderen, konventionell motorisierten oder unmotorisierten Verkehrsteilnehmern durchgeführt.³ Im „Reallabor“ können zusätzlich zum Stand der Technologie noch die Mensch-Maschine-Interaktion, die Auswirkungen von AF auf das Verkehrssystem und die Akzeptanz der neuen Technologie durch die potenziellen Nutzer studiert werden.

Vereinfacht gesagt, werden die Testformen von der ersten bis zur vierten Stufe immer komplexer, immer technisch anspruchsvoller, da sie sich realen Verkehrssituationen immer mehr annähern - auch wenn die öffentlichen Straßenstücke, auf denen getestet wird, meist verkehrsberuhigt sind. Die Pilotversuche werden aus Sicherheitsgründen auch immer mehr reguliert - und teurer. Aber für die Öffentlichkeit immer sicht- und „erlebbarer.“

Bis 2016 war das Pilotieren von AF auf Straßen mit öffentlichem Verkehr rechtlich nicht möglich, obwohl Strategiepapiere wie die deutsche „Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren“ aus 2015 oder der österreichische „Aktionsplan Automatisiertes Fahren“ vom Juni 2016 oder später die EU-Strategie „Auf dem Weg zur automatisierten Mobilität“ vom Mai 2018⁴ den Wunsch nach verstärkter Testtätigkeit nicht nur mit dem Füllen noch bestehender Wissenslücken begründeten, sondern auch mit wirtschaftlichen Argumenten wie der Förderung der Wettbewerbsfähigkeit der eigenen Unternehmen und des (supra)nationalen Wirtschaftsstandorts oder mit dem Hinweis, Testerkenntnisse könnten maßgebliche Grundlagen für verkehrspolitische Entscheidungen liefern.

Das Hindernis für Experimente im öffentlichen Raum besteht nach wie vor im WIENER ÜBEREINKOMMEN ÜBER DEN STRASSENVERKEHR. Am 08.11.1968 wurde es in Wien von einer UN-Konferenz beschlossen, die damit den grenzüberschreitenden Straßenverkehr erleichtern und die Sicherheit auf den Straßen durch die Annahme weltweit einheitlicher Verkehrsregeln erhöhen wollte. Nach der Ratifikation 1981 ist das Wiener Übereinkommen in Österreich seit August 1982 in Kraft. Die USA oder China ratifizierten dagegen bis heute nicht, das Vereinigte Königreich nur mit Vorbehalten.⁵ Daher gilt das Übereinkommen nicht bzw. nur teilweise in diesen Ländern. Das Testen von AF auf öffentlichen Straßen ist daher dort sehr

viel leichter möglich. Das verschafft z.B. den USA einen wirtschaftlichen Vorsprung, da das Pilotieren von AF zur Verbesserung der eingesetzten Technologie und damit der internationalen Konkurrenzfähigkeit der Unternehmen, die AF entwickeln und einsetzen, dient.

Das Wiener Übereinkommen weist dem Fahrer eine aktive Rolle in der Fahrzeugführung zu. Im Artikel 1, Abs. v wird der „Lenker“ definiert als „jede Person, die ein Kraftfahrzeug oder ein anderes Fahrzeug (Fahrräder eingeschlossen) lenkt.“ Der Artikel 8 beschreibt die Pflichten des Lenkers genauer. Laut Abs. 1 muss jedes Fahrzeug, wenn es in Bewegung ist, einen Lenker haben. Jeder Lenker muss entsprechend Abs. 3 „körperlich und geistig in der Lage sein zu lenken.“ Er muss (gemäß Abs. 4) auch die „erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten“ dazu haben (d.h. eine Fahrausbildung absolviert haben). Vor allem aber muss jeder Lenker gemäß Abs. 5 „dauernd sein Fahrzeug beherrschen können.“ Abs. 6 schreibt vor, dass der Lenker „alle anderen Tätigkeiten als das Führen seines Fahrzeugs vermeiden“ muss. Artikel 13 Abs. 1 bestätigt diese Pflichten. Damit ist der Einsatz vollautomatisierter Fahrzeugsysteme mit der Wiener Straßenverkehrskonvention unvereinbar.

Ab 2013 strebte Österreich gemeinsam mit Deutschland, Italien, Frankreich und Belgien aus wirtschaftlichen Interessen eine Anpassung des Übereinkommens an den technologischen Fortschritt an.⁶ Anstoß der Diskussion war GOOGLES massives Lobbying für sein selbstfahrendes Auto in den US-Bundesstaaten, damit diese per Gesetz Tests der AF auf öffentlichen Straßen zuließen. Aus Angst, gegenüber den USA wirtschaftlich ins Hintertreffen zu geraten, weil in Europa wohl die Technologie vorhanden war, aber das rechtliche Rahmenwerk fehlte, ergriff eine Gruppe von EU-Mitgliedern die Initiative für eine Änderung des Wiener Übereinkommens. Diese sollte sicherstellen, dass Fahrzeuge aller Automatisierungsgrade künftig einsetzbar seien.

Die „Working Party on Road Traffic Safety“ der UNECE (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE), die international verbindliche Regeln für die technische Zulässigkeit von Fahrzeugen schafft, beschloss daher 2014 einen neuen Absatz 5 b des Artikels 8.⁷ Nach Zustimmung aller Konventionsstaaten trat die Änderung im März 2016 in Kraft. Ihr zufolge sind automatisierte Fahrzeugsysteme dann mit der Wiener Straßenverkehrskonvention vereinbar, wenn der Lenker jederzeit die manuelle Kontrolle übernehmen oder das System ausschalten kann („when such systems can be overridden or switched off by the driver“). D.h. es muss weiterhin ein Fahrer an Bord sein. Darüber hinaus sind automatisierte Systeme nunmehr konventionskonform, wenn sie den Vorgaben anderer internationaler Abkommen über die Zulassung von Fahrzeugen entsprechen. Gemeint sind damit vor allem UNECE-Regelungen über einheitliche technische

Standards für die KFZ-Zulassung. Hochautomatisierte Fahrzeuge (SAE Level 4) ohne dauernde Überwachung des Fahrers, der anderen, „nicht-automobilen Tätigkeiten“ nachgehen kann, sind völkerrechtskonform, vollautomatisierte Fahrzeuge ohne Fahrer (SAE Level 5) sind aber auch nach der erfolgten Anpassung durch das Wiener Übereinkommen nicht erlaubt.

Die gewählte legislative Konstruktion erscheint manchen Juristen als der falsche Weg. EISENBERGER, GRUBER, HUBER, LACHMAYER kritisieren etwa, dass letztlich technische Vorschriften über den erlaubten Einsatz von AF entscheiden. Damit delegiere der neue Artikel „gesellschaftspolitisch relevante Fragen, darunter ökonomische, soziale, ökologische, verkehrspolitische und verkehrssicherheitstechnische, de facto und de iure auf eine rein technisch orientierte Ebene.“⁸

Die Studie der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (ACATECH)⁹ äußerte sich 2016 ebenfalls kritisch: Für sie besteht weiterer Handlungsbedarf. Um fahrerloses Fahren rechtlich zu ermöglichen, müsste das Fahrzeugsystem unter allen Umständen als alleinige Kontrollinstanz die Fahrzeugführung gewährleisten. Das ist jedoch im Rahmen des gegenwärtig geltenden Wiener Übereinkommens unmöglich. Daher sei eine weitere Anpassung der Konvention nötig. Die deutsche Bundesregierung nahm diesen ACATECH-Vorschlag auf und wurde in UNECE-Arbeitsgruppen aktiv, um die Weiterentwicklung des Wiener Übereinkommens in Bezug auf höhere Automatisierungsstufen voranzutreiben.¹⁰ Ähnlich - erfolglos - reagierte die EU.¹¹

SCHLIMME¹² dagegen sieht zwar in der überarbeiteten Version des Wiener Übereinkommens nun keinen „Hemmschuh einer weiteren Automatisierung des Straßenverkehrs“ mehr, dafür

„bilden nun die ECE-Regeln [vor allem ECE R 79] den zentralen, begrenzenden Faktor des zulassungsfähigen Automatisierungsumfangs. Sie halten in ihrer derzeitigen Fassung ähnlich restriktive Vorgaben bereit wie einst das Wiener Übereinkommen vor dem Inkrafttreten der Modifikation. In materieller Hinsicht hat sich durch die Novellierungsmaßnahmen des Wiener Übereinkommens demzufolge wenig geändert. In verfahrenstechnischer Hinsicht kann in diesem Zusammenhang jedoch von einer wegweisenden Umgestaltung des zulassungsrechtlichen Genehmigungsverfahrens gesprochen werden. Die Anforderungen an die Zulassungsfähigkeit von Fahrassistenzsystemen lassen sich nun einheitlich dem ECE-Abkommen entnehmen. Es ist davon auszugehen, dass die dort enthaltenen Regeln sehr viel dynamischer und schneller an den technischen Fortschritt angepasst werden als die Bestimmungen des Wiener Übereinkommens. [...] Eine entscheidende Hürde auf dem Weg zur Verwirklichung der Vision des autonomen Fahrens ist also genommen.“

Nach Meinung des Würzburger Ordinarius für Strafrecht HILGENDORF, Leiter der Forschungsstelle RobotRecht und Mitglied der deutschen „Ethik-Kommission Automatisiertes und vernetztes Fahren“, gilt das Wiener Übereinkommen „als völkerrechtlicher Vertrag für die Autofahrer und PKW-Hersteller in den einzelnen Staaten ohnehin nicht unmittelbar.“ Die Zulässigkeit automatisierter Fahrfunktionen bemesse sich vielmehr weiterhin an den nationalen Regelungen im Straßenverkehrsrecht, welche zunächst unverändert vom Leitbild eines das Fahrzeug beherrschenden menschlichen Fahrers ausgingen. „Eine Änderung des Wiener Übereinkommens ändert an dieser Rechtslage erst einmal nichts. Erforderlich ist vielmehr eine Umsetzung der neuen völkerrechtlichen Vorgaben in das nationale Recht.“¹³

3. Österreichische Regelungen

3.1 Kraftfahrzeuggesetz (KFG) 1967

In Österreich regelt das KFG 1967 die Lenkerpflichten. § 102 Abs. 1 bis 3 KFG verpflichtet den Lenker, das Lenkrad während des Fahrens mit mindestens einer Hand festzuhalten. Daher war eine Novellierung des KFG nötig,¹⁴ damit in Österreich die vom „Aktionsplan Automatisiertes Fahren“ vom Juni 2016 als Priorität genannte Rechtsgrundlage für Tests von AF auf öffentlichen Straßen, d.h. außerhalb von privaten, geschlossenen Testgeländen geschaffen werden konnte.

Der österreichische Gesetzgeber hat sich nicht für einen der Formulierung des Wiener Übereinkommens entsprechenden neuen Passus im KFG entschieden, sondern für eine Verordnungsermächtigung für das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) bzw. das aktuelle Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) zur Bewilligung von Tests auf Basis der §§ 34 Abs. 6 und 102, Abs. 3a und 3b KFG 1967.

Dieser Weg wurde im Gegensatz zu anderen Staaten eingeschlagen. Deutschland novellierte etwa sein Straßenverkehrsgesetz im Juni 2017 und fügte die neuen Paragraphen 1 a bis 1 c über „Kraftfahrzeuge mit hoch- oder vollautomatisierter Fahrfunktion“ (Level 3) ein, bzw. §§ 63 a und 63 b über die Datenverarbeitung in solchen KFZ.¹⁵

Die österreichische 33. KFG-Novelle vom 01.08.2016 mit dem neu eingeführten § 102, Abs. 3 a und 3 b erlaubt dem Lenker, „bestimmte Fahraufgaben im Fahrzeug vorhandenen Assistenzsystemen oder automatisierten oder vernetzten Fahrsystemen [zu] übertragen, sofern [das] durch Verordnung [des BMVIT] vorgesehen [ist und] sofern diese Systeme genehmigt sind oder den in der Verordnung festgelegten Anforderungen für Testzwecke entsprechen.“ Es wird aber daran erinnert, dass der Lenker „stets verantwort-

lich [bleibt], seine Fahraufgaben wieder zu übernehmen.“

Die schon die Anpassung des Wiener Übereinkommens kritisierenden österreichischen Juristen sind auch mit dieser KFG-Novelle unzufrieden. Das zeigen die Titel zweier Artikel von LACHMAYER, der wie Iris EISENBERGER als Spezialist für Technikrecht Mitglied des Expertenrats für automatisiertes Fahren war. Der Professor der Sigmund Freud Privatuniversität Wien erkennt „rechtliche Grauzonen“¹⁶ oder „rechtsstaatliche Defizite“¹⁷ in der 33. KFG-Novelle. Weil Testfahrten als Ausnahmekonzept zu verstehen sind, das daher zeitlich, räumlich, aber auch in Hinblick auf die Menge der betroffenen Fahrzeuge von vornherein zu beschränken sei und der Genehmigung, der Überwachung und der Kontrolle bedürfe, akzeptiert LACHMAYER die strukturelle Ungleichbehandlung im Vergleich zum Regelfall.

Er hat jedoch drei verfassungsrechtliche Bedenken. Zuerst sieht er kompetenzrechtliche Probleme. Die Wahrnehmung der Fahraufgaben beziehe sich auf die gesetzliche Steuerung des Fahrverhaltens im Straßenverkehr, die durch die Straßenverkehrsordnung (StVO) geregelt ist. Daher müsste die Ausnahme in der StVO (insbes. § 45) normiert sein, bzw. auf die Vollzugskompetenz der Länder Bezug nehmen. Zweitens gehen LACHMAYER im Bewilligungsverfahren das rechtliche Gehör und die Akteneinsicht der Antragsteller und deren Rechtsschutz ab. Drittens fehle die rechtliche Bestimmtheit, d.h. sowohl im KFG wie in der StVO brauche es weitergehende, stärkere gesetzliche Determinierung. Er moniert besonders eine Konkretisierung der Regelungen betreffend Datenverarbeitung (Unfalldaten), Vorgaben an die Testfahrer oder die Ausgestaltung des Bewilligungsverfahrens.¹⁸

In dem von LACHMAYER und EISENBERGER herausgegebenen Sammelband „Autonomes Fahren und Recht“ geht LACHMAYER¹⁹ noch härter mit der 33. KFG-Novelle ins Gericht. Er nennt sie „minimalistisch“, „unzureichend“, „ohne klare Spielregeln“. Das schaffe Rechtsunsicherheit. Daher werde die Gesetzgebung

„dazu genötigt, auf jede technologische Neuerung wiederum – reflexartig – Anpassungen vorzunehmen, anstatt im Sinne eines Gesamtkonzepts regulatorische Rahmenbedingungen zur Verfügung zu stellen, die technologieoffen und innovationsfördernd ausgestaltet sind.“

Insgesamt würde LACHMAYER statt der Integration von Regelungen betreffend automatisierte Fahrfunktionen in bestehende Gesetze die Erlassung eines eigenständigen Gesetzes, etwa eines AutomatFahrG bevorzugen. In diesem im Jahr 2017 vorgeschlagenen neuen Gesetz könnten alle Regelungen für Testfahrten von AF thematisch zusammengefasst und konkretisiert werden.²⁰ 2019 wird LACHMAYER einen noch

weiter gehenden Vorschlag machen, nämlich ganz allgemein zum Erproben aller innovativen Mobilitätskonzepte (von AF bis zu Bedarfsverkehr, Mobility as a Service usw.) per eigenem Gesetz „Experimentier-räume“ zu schaffen. Auf diesen Vorschlag wird unten näher eingegangen werden.

3.2 Verordnung des Bundesministers für Verkehr, Innovation und Technologie über Rahmenbedingungen für automatisiertes Fahren (AutomatFahrV)

Auf der gesetzlichen Grundlage der 33. KFG-Novelle wurde dem BMVIT bzw. dem aktuellen BMK das Recht eingeräumt, per Verordnung zum automatisierten Fahren auf öffentlichen Straßen (AutomatFahrV)²¹ vom 19.12.2016 Tests zur Validierung von automatisierten Fahrzeugen und Advanced Driver Assistance Systems zu bewilligen. Hier finden sich weit mehr Regelungen als in der KFG-Novelle - allerdings immer noch wenig konkret und vor allem ohne gesetzliche Grundlage, wie LACHMAYER²² beanstandet.

Testungen unterliegen laut AutomatFahrV einer Reihe von Einschränkungen. Getestet werden dürfen derzeit – nach Antrag des Testbetreibers und Test-erlaubnis durch Bescheinigung des BMVIT/BMK - auf öffentlichen Straßen unter realen Bedingungen, d.h. im Mischverkehr

- nur drei Anwendungsfälle lt.§§ 7-9 AutomatFahrV: „Autobahn-Pilot mit automatischem Spurwechsel“, „autonomer Kleinbus“ und „selbstfahrendes Heeresfahrzeug“. Außerhalb der Autobahnen und Schnellstraßen darf auf Straßen mit öffentlichem Verkehr nur der „autonome Kleinbus“ getestet werden.
- Testbetreiber können Fahrzeughersteller, Systementwickler und Forschungseinrichtungen als Leiter von Konsortien sein. Bei Digibus, dem ersten Testbetrieb mit automatisierten Shuttlebussen in Österreich in Koppl/Salzburg im Jahr 2017, war der Testbetreiber die SALZBURG RESEARCH FORSCHUNGSGESELLSCHAFT m.b.H., bei auto.Bus-Seestadt (Aspern/Wien, ab 2018) ist es das Austrian Institute of Technology G.m.b.H. Erst seit der Novelle der AutomatFahrV vom März 2019 dürfen laut dem neuen § 7, Abs. 2 autonome Kleinbusse auch von „Verkehrsunternehmen und Betreibern von Kraftfahrlinien“ getestet werden.²³
- Tests sind nur möglich in bestimmten Fahrsituationen, die vom Testbetreiber vorher genau definiert werden müssen. Bei Digibus sollte z.B. hoch- bis vollautomatisiertes Fahren auf einer zweispurigen Straße mit Gegenverkehr, Reagieren auf unterschiedliche Hindernisse, Einbiegen aus einer Seitenstraße an einer unregelmäßigen Kreuzung, Linksabbiegen an unregelmäßigen Kreuzungen mit Gegenverkehr, Ein-/Ausfahrten in/aus Bushalte-

stellen, Verhalten an unregelmäßigen Fußgänger-übergängen getestet werden. Insgesamt sind das recht einfache Fahrmanöver.

- Tests sind beschränkt auf bestimmte Arten von Straßen (beim „autonomen Kleinbus“ nur auf einer vordefinierten Teststrecke).
- Prinzipiell dürfen sie erst nach Information bzw. Zustimmung des zuständigen Straßenerhalters bzw. der Landeshauptmannschaft bei niederrangigen Straßen stattfinden
- mit Fahrzeugen zur Personenbeförderung der Klassen M1 bis M3 (mit 8 – 15 Sitzplätzen, die von den Fahrgästen während der Fahrt eingenommen werden müssen)
- bis zu bestimmten Geschwindigkeiten (maximal 20 km/h im „Autonomen Kleinbus“)
- nach dem Nachweis von bereits real (auf Testgeländen), virtuell und experimentell gefahrenen Testkilometern (beim „autonomen Kleinbus“ sind das 1.000 Testkilometer, für Autobahnen sind wegen des größeren Sicherheitsrisikos aufgrund der höheren Geschwindigkeit die Anforderungen höher (10.000 Testkilometer)
- nur in Anwesenheit eines besonders geschulten Testfahrers/so genannter Operators (mit Führerscheinplicht) im Testfahrzeug. Er bleibt verantwortlich, die Lenkeraufgabe im Notfall, nach Aufforderung durch das technische System wieder zu übernehmen.
- Das Testfahrzeug muss mit einer Notfallvorrichtung ausgestattet sein, mit der das automatisierte Fahren deaktiviert werden kann.
- Es muss auch einen Datenspeicher (Black Box) besitzen, der im Schadensfall eine detaillierte Unfallrekonstruktion und vor allem eine Verteilung der Haftung gewährleisten soll.
- Für den Testbetreiber gelten die gesetzlichen Haftungsverpflichtungen. Der Nachweis des Versicherungsschutzes durch einen Haftpflichtversicherer ist im Testfahrzeug mitzuführen.
- Die Personenbeförderung hat während des Testzeitraums unentgeltlich zu erfolgen.
- Die Bescheinigung des BMVIT ist befristet. Eine Verlängerung oder Erweiterung des Testbetriebs ist nur nach neuerlichem Testantrag möglich.
- Nach Abschluss des Tests muss der Testbetreiber binnen eines Monats einen Bericht vorlegen. Gemäß § 1, Abs. 6 ist das BMVIT „insbesondere unverzüglich über kritische Situationen bzw. Unfälle und deren Ursachen zu informieren, die während der Testfahrten vorgefallen sind.“

Abbildung 1 erklärt schematisch das Prozedere der Testbewilligung.

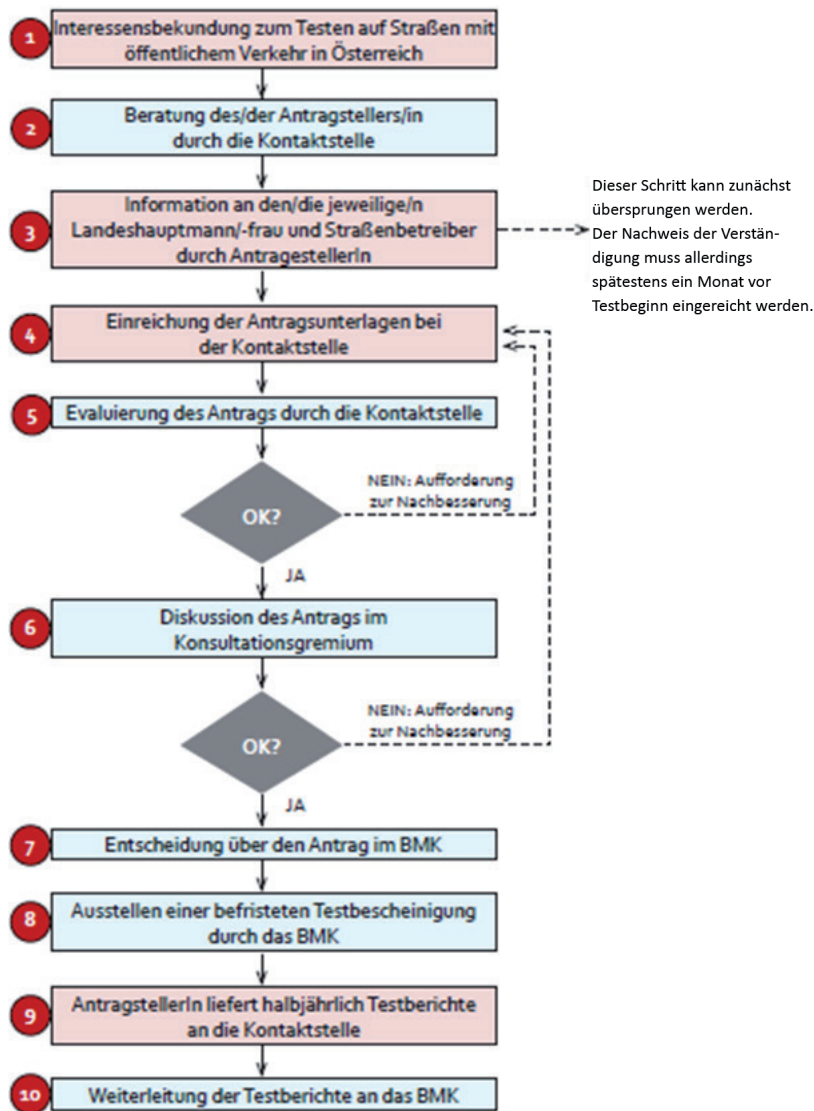


Abbildung 1 Ablauf von Tests von fortgeschrittenen automatisierten Fahrzeugen/Funktionen gemäß AutomatFahrV (Quelle: <https://www.austriatech.at/de/testen-kontaktstelle>, 27.02.2021)

Der Antragsteller kann sich rechtliche und technische Beratung und Unterstützung bei der AUSTRIATECH Gesellschaft des Bundes für technologiepolitische Maßnahmen GmbH holen. Als eine „mit speziellem Sachverstand ausgestattete Institution“²⁴ ist die AUSTRIATECH mit Monitoringaufgaben im Bereich der Fortentwicklung intelligenter Verkehrssysteme betraut. Im Juni 2016 wurde bei ihr die nationale „Kontaktstelle für automatisiertes Fahren“ eingerichtet.²⁵ An diese ist an einem von vier Terminen pro Jahr (z.B. 2021 am 29.04., 05.07., 29.09 oder 10.12.) der Testantrag zu richten. Diese sehr eingeschränkte Antragsmöglichkeit ist lt. EISENBERGER et al. „für Verwaltungsverfahren äußerst ungewöhnlich.“²⁶ Wie übrigens vieles am „organisatorischen Setting.“ So sei das „Bescheinigungsverfahren“ ein „rechtliches Mischverfahren“, eine Art „unechtes Anmeldeverfahren, legislativ und strukturell missglückt, [ja] dysfunktional und verfassungswidrig“, das

Begriffe wie „Antragstellung, Bescheinigung, Testgenehmigung“, die aus verschiedenen Typen von Zulassungsverfahren stammen, miteinander verknüpft.

Nach der Evaluierung des Antrags durch die Kontaktstelle wird dieser dem ebenfalls quartalsmäßig tagenden „Expertenrat für automatisiertes Fahren“ vorgelegt. Aus der Abbildung 1 über das Testprozedere könnte der Eindruck entstehen, die Diskussion im „Konsultationsgremium“ sei ein verpflichtender Schritt, bei dem verbindliche Entscheidungen getroffen werden. Dem ist jedoch nicht so. Der Expertenrat besteht aus wechselnden unabhängigen Fachleuten mit rechtlicher und technischer Expertise, wie z.B. Vertretern des BMVIT/BMK, des Austrian Institute of Technology AIT, der Technischen Universität Wien oder der Universität für Bodenkultur Wien, des Kuratoriums für Verkehrssicherheit, der Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, des TÜV, des Versicherungsverbands und Interessensvertretern wie ÖAMTC/ARBÖ, Arbeiterkammer und Industriellenvereinigung. Diese Information findet sich im März 2021 seit mindestens 2018 unverändert auf der BMVIT/bzw. BMK-Homepage²⁷, obwohl sich die Zusammensetzung des Expertenrats in der Zwischenzeit mehrfach änderte und einige der genannten Institutionen gar nicht mehr vertreten sind.

Aufgabe des Expertenrats ist Politikberatung, nicht das Treffen von Entscheidungen. Entscheidungen trifft allein der für den Verkehr zuständige Bundesminister, der im Bedarfsfall den Expertenrat dem Antragsverfahren zur Unterstützung beziehen kann. EISENBERGER et al. halten es daher für sinnvoller, entweder nur die AUSTRIATECH oder nur das BMVIT/BMK mit dem Verfahren zur Durchführung von Tests zu betrauen oder die Involvierung des Expertenrats in das Verwaltungsverfahren gesetzlich zu regeln.

Seit August 2017 bietet auch der „Code of Practice“²⁸ eine nicht rechtsverbindliche Handlungsanweisung für Testbetreiber, die seit Oktober 2020 in ihrer fünften Version vorliegt. EUSTACCHIO²⁹ und EISENBERGER, GRUBER, HUBER, LACHMAYER³⁰ lehnen es jedoch ab, zentrale rechtliche Fragestellungen im „Code of Practice“ zu regeln. Sie sehen einen Widerspruch zwischen der Tatsache, dass der Code of Practice einerseits den breitesten regulatorischen Rahmen im Vergleich zum KFG oder der AutomatFahrV

vorgibt, andererseits seine Einhaltung nur eine freiwillige Selbstverpflichtung des Antragstellers ohne gesetzliche oder ordnungsförmige Ermächtigung sei, da es sich hier um „soft law“ handle.

„Der Gesetzgeber überlässt es demnach privatrechtlichen Vereinbarungen zwischen dem BMVIT und dem jeweiligen Unternehmen, das die Testinfrastruktur betreiben möchte, die Anforderungen für Testzwecke zu konkretisieren. Das ist nicht nur aus rechtsstaatlichen, sondern auch aus demokratiepolitischen Gründen bedenklich.“

Allerdings, räumt LACHMAYER ein, könne der „Code of Practice“ als „potentielle, rechtspolitische Inspirationsquelle dienen, um für die gesetzliche Ebene weitere Regulierungsnotwendigkeiten zu reflektieren.“³¹

Der Prozess von der Einreichung bis zur Ausstellung einer Testbescheinigung durch das BMVIT/BMK dauert lt. AUSTRIATECH durchschnittlich ein bis drei Monate. Diese Angaben sind recht optimistisch, meist dauern die Verfahren länger. Beim Bewilligungsverfahren für das Projekt SURAAA (Smart Urban Region Austria Alps Adriatic) in Klagenfurt und Pörttschach/Kärnten waren es sieben Monate, beim Projekt Digibus vier Monate. Die Differenz rechtfertigt AUSTRIATECH mit ihren Rückfragen beim Antragsteller, dessen entsprechenden Nachbesserungen im Testantrag und den Pausen zwischen den Expertenrat-Sitzungen. Für BERNASCH³², CEO von VIRTUAL VEHICLE, einem weltweit führenden Grazer Forschungszentrum für die Fahrzeugindustrie, dauert das Verfahren viel zu lang: eine Woche oder maximal 10 Tage ab Antragstellung müsse das Ziel sein, sonst könnte die Industrie auf andere Teststrecken z.B. in den USA, UK oder in das neue Testgebiet ZalaZone in Zalaegerszeg/Ungarn ausweichen.

Möglich ist laut AutomatFahrV auch die Vorführung von AF zu Demonstrationszwecken. Diese „Show Cases“ im Rahmen eines größeren einschlägigen Events dauern nur einen Tag oder maximal eine Woche. Digibus wurde z.B. während der Salzburger Verkehrstage am 19.10.2016 vorgestellt. Beim Folgeprojekt Digibus Austria und beim auto.Bus - Seestadt geschah das während der Transport Research Arena (TRA), Europas größter Verkehrsforschungskonferenz in Wien vom 16.-19.04.2018. Der auto.Bus-Seestadt konnte auch während eines internationalen Treffens von Verkehrsattachés im Rahmen der österreichischen EU-Präsidentschaft am 20.07.2018 seine „Fahrkünste“ demonstrieren. Um solche Show Cases durchführen zu können, ist das gleiche Verfahren wie bei Tests zu durchlaufen. Allerdings kann die Bescheinigung schon innerhalb eines Monats ausgestellt werden.

Da die Rechtsentwicklung mit dem technologischen Fortschritt mithalten muss, definiert sich die AutomatFahrV als dynamisch, d.h. es besteht die Option, die Verordnung im Laufe der Zeit ständigen Novellierungen zu unterziehen, wenn Testbetreiber Interesse

an neuen, durch die AutomatFahrV nicht geregelten Testfällen haben sollten.³³ Bei einem von mir besuchten Workshop in Koppl/Salzburg am 05.06.2018 diskutierten daher Testbetreiber, Vertreter der Länder und betroffenen Städte, von Forschungseinrichtungen, SIEMENS, MAGNA Steyr und AUSTRIATECH folgende Punkte, die aus ihrer Sicht in einer Verordnungsnovelle berücksichtigt werden sollten:

1. Ermöglichung von Tests durch Verkehrsunternehmen
2. Streichen des Passus „keine kommerziellen Fahrten“
3. Ausweitung der Beförderungsmöglichkeiten für weitere Personengruppen (Rollstuhlfahrer, Kinder, Personen mit Kinderwägen)
4. Präzisierung der einzuhaltenden Bestimmungen für M1/M2-Fahrzeuge
5. Aufnahme von Regelungen zu serienreifen und auf dem Markt verfügbaren Fahrassistenzsystemen wie z.B. automatische Einparksysteme oder Spurhalte-systeme, die heute bereits in Fahrzeugen von TESLA, AUDI, BMW, DAIMLER oder HYUNDAI eingebaut sind, die aber aktuell in Österreich nicht angewendet werden dürfen, da der Lenker immer mindestens eine Hand am Lenkrad haben muss.
6. Abschwächung der Formulierung „Das System muss daher in der Lage sein, alle Fahrsituationen automatisch zu bewältigen.“ Mit dem derzeitigen Stand der Technik (max. SAE Level 3, bedingte Automatisierung) sei diese Forderung nicht erfüllbar. So bezeichnet etwa REHRL, ein erfahrener Testbetreiber, die Testfahrzeuge als „Prototypen in der Forschungs- und Entwicklungsphase“³⁴, die von einem regulären Alltags- bzw. Linienbetrieb noch weit entfernt seien.

De facto wurden die Punkte 1 und 5 der Liste oben in der ersten Novelle der AutomatFahrV, die am 11.03.2019 in Kraft trat, umgesetzt. So wird nach dem Abschnitt 2 über „Anwendungsfälle für Testzwecke“ ein neuer Abschnitt 3 über „Anwendungsfälle für genehmigte Systeme in Serie“ eingeführt. Er erlaubt einmal das Verwenden einer automatischen Einparkhilfe in PKWs bei maximal 10 km/h. Allerdings mit Auflagen: Der Lenker muss wohl nicht mehr „den Lenkerplatz [einnehmen] und die Lenkvorrichtung [während des Fahrens] mit mindestens einer Hand“ festhalten. Er muss sich jedoch „in unmittelbarer Nähe zum Fahrzeug“ befinden und „den Ein- und Ausparkvorgang überwachen.“ Mittels einer Notfallvorrichtung muss er das System bei „einer kritischen Situation unverzüglich“ deaktivieren oder übersteuern können.

Zusätzlich darf ein „Autobahn-Assistent mit automatischer Spurhaltung“ in PKWs, LKWs oder Bussen aktiviert werden, wobei der Lenker beide Hände vom

Lenkrad nehmen darf. Auch hier gibt es Einschränkungen: Der „Autobahn-Assistent“ darf seinem Namen entsprechend ausschließlich auf Autobahnen und Schnellstraßen verwendet werden. Dazu muss der Lenker „vor einem Spurwechsel, vor Baustellenbereichen“ und vor dem Abfahren von der Autobahn „rechtzeitig“ wieder die Fahraufgabe übernehmen. Wie beim automatischen Einparken muss der Lenker in kritischen Situationen unverzüglich eine Notfallvorrichtung betätigen und wieder selbst fahren.

Als problematisch wird von Experten weiterhin angesehen, dass es aktuell keine der legislativen Form der AutomatFahrV vergleichbare Regelung in anderen Ländern gibt, obwohl schon 2017 „auf EU-Ebene zumindest 12 Mitgliedstaaten die Erprobung automatisierter Fahrzeuge (SAE Stufe 3 und höher) auf öffentlichen Straßen ermöglicht“ haben³⁵.

Ein internationaler Rechtsvergleich des BMVIT³⁶ kam im August 2018 zum Schluss, dass es „in allen EU-Mitgliedsstaaten und in den meisten anderen Staaten weltweit“ der AutomatFahrV dennoch inhaltlich entsprechende Regelungen gibt. So müssen Tests in allen untersuchten Staaten von einer staatlichen Stelle bewilligt werden. Vollautomatisiertes Fahren (SAE Level 5) ist nicht möglich, da bei allen Tests ein „Notfall- oder Sicherheitsfahrer“ nötig ist. Ob der so genannte „Operator“ im oder außerhalb des AF z.B. in einer Leitzentrale anwesend ist, ist unterschiedlich geregelt. Er muss im Fall, dass das automatisierte System an seine Grenzen gerät, wieder die Kontrolle übernehmen bzw. es übersteuern können. International sind neben einer verpflichtenden Haftpflichtversicherung für die Testfahrten auch Datenaufzeichnungsgeräte im Fahrzeug üblich, um eruieren zu können, wer/was bei einem Unfall tatsächlich lenkte. Ebenso allgemein erforderlich sind aus Kontrollgründen auch ausführliche Testberichte, die allerdings außerhalb Österreichs schon während der Testphase und nicht erst im Nachhinein abzugeben sind.

4. In Österreich auf Basis der geltenden Rechtsordnung bisher durchgeführte Tests

Das folgende Resümee basiert auf einer Zusammenstellung der Angaben der auf Straßen mit öffentlichem Verkehr testenden Unternehmen/Einrichtungen durch das BMVIT vom März 2020.³⁷ Sie zeigt die der internationalen Entwicklung³⁸ entsprechende Zunahme der Testzahlen besonders beim Use Case „autonomer Kleinbus“ zwischen 2016 und 2019. Dieser Bus wird meist als Shuttle auf der ersten/letzten Meile, d.h. als Zubringer zum/Abholer vom öffentlichen Verkehr geführt. 2020 wurden durch die Covid-19 Pandemie die Durchführung der meisten bereits geplanten Tests bzw. Neuplanungen erschwert oder sogar verhindert. Social Distancing zur Eindämmung der Pandemie verlangte eine starke Reduktion der Passagierzahlen in den „autonomen Kleinbussen“. Vor allem aber erzeugte die mit der Ausbreitung von COVID-19 verbunde-

ne Wirtschaftskrise Interessens- und Investitionsverschiebungen bei den Fahrzeugherstellern weg von automatisierten hin zu konventionellen, elektrifizierten Fahrzeugen. Wenn die Automatisierung vorangetrieben wird, dann weniger im Personen- als im Güterverkehr.

In Österreich machte sich zusätzlich die Neustrukturierung des Verkehrsministeriums bemerkbar, das seinen Schwerpunkt auf Klimapolitik mittels Dekarbonisierung und weniger auf Automatisierung legt. 2021 laufen zudem mehrere Testprojekte wie z.B. Digibus Austria und auto.Bus-Seestadt aus. Ob daher im Sommer 2021 wieder verstärkt getestet wird, ist noch unklar. Ein Ausbleiben von Tests wäre im Sinn einer kontinuierlichen technischen, aber auch einer damit hoffentlich einhergehenden rechtlichen Weiterentwicklung zu bedauern.

Seit 2016 wurde laut den Unterlagen des BMVIT/BMK erst einmal vom Amt für Rüstungs- und Wehrtechnik des Bundesministeriums für Landesverteidigung ein Test von „selbstfahrenden Heeresfahrzeugen“ eingereicht, der 2018 auf dem Truppenübungsplatz Allentsteig, d.h. nicht auf einer öffentlichen Straße stattfand.

Der „Autobahn-Pilot mit automatischem Spurwechsel“ wurde schon häufiger getestet, nämlich einmal von AVL List G.m.b.H (2016) und vier Mal von MAGNA STEYR Engineering AG & CO KG (2017, 2018 und 2019). 2018 wurde auch der Antrag von VIRTUAL VEHICLE Forschungsgesellschaft m.b.H. genehmigt. Alle Tests der Unternehmen des steirischen Automobilclusters fanden in der Testumgebung ALP.Lab und vor allem auf mit digitaler Infrastruktur aufgerüsteten Teilstücken der Autobahnen A1, A2 und A9 statt.

Am häufigsten wurden ein oder maximal zwei Testfahrzeuge gleichzeitig im Rahmen des Use Case „autonomer Kleinbus“ auf öffentlichen Straßen getestet. Drei Projekte, Digibus (in Koppl/Salzburg, 2016-2017) und sein Nachfolgeprojekt Digibus Austria (in Koppel/Salzburg und Wiener Neustadt/Niederösterreich, 2018-2020), auto.Bus-Seestadt/Wien (2018-2020) und SURAAA (Smart Urban Region Austria Alps Adriatic, in Klagenfurt und Pörtlach/Kärnten, 2018-2020) pilotierten insgesamt 6 Showcases von ein bis sieben Tagen zwischen 2016 und 2018. Dazu kamen 11 einige Wochen dauernde Testperioden auf etwas längeren Routen mit mehreren Haltestellen zwischen 2017 und 2020. Insgesamt testete das österreichische Leitprojekt Digibus bzw. Digibus Austria am frühesten und intensivsten (8 von insgesamt 17 Tests und Showcases).

5. Österreichische Änderungsvorschläge

In Österreich wird somit automatisiertes Fahren in Österreich auch im internationalen Vergleich recht häufig getestet, obwohl es strengen rechtlichen Ein-

schränkungen unterliegt. Da der Forschungsbedarf groß ist und die technische Entwicklung rasant fortschreitet, werden immer wieder Vorschläge gemacht, wie die Rechtsordnung besser als bisher auf Innovationen im Mobilitätsbereich reagieren könnte - immer wieder mit dem Hinweis auf wirtschaftliche Überlegungen, aus Sorge um die Konkurrenzfähigkeit des Standorts Österreich als Testregion.³⁹

Im Folgenden wird näher auf drei Studien im Auftrag des BMVIT eingegangen, die einen aktualisierten, flexiblen und gleichzeitig einfach umsetzbaren Rahmen für verschiedenste Testtätigkeiten entwickeln.

Derzeit verlangt jede technologische Neuerung nach einem neuen Testfall, der erst im Wege einer Gesetzesanpassung bzw. einer Änderung/Ergänzung der AutomatFahrV umgesetzt werden müsste. Selbst eine Erweiterung der AutomatFahrV um einzelne weitere Anwendungsfälle würde nicht zielführend sein, da

- vollautomatisiertes Fahren (SAE Level 5) ohne Änderungen auf gesetzlicher Ebene (insbesondere sind KFG und StVO zu novellieren) bis hin zur völkerrechtlichen Ebene (Anpassung der Wiener Straßenverkehrskonvention) allein auf Basis einer Verordnung nicht umgesetzt werden kann
- die technischen Funktionen und deren Umsetzung je nach Fahrzeughersteller variieren
- eine genaue Abgrenzung der Klassen der Testfahrzeuge, die ja noch Prototypen sind, bzw. der technischen Funktionen nicht immer eindeutig möglich ist
- das Genehmigungsverfahren zu lange dauern würde, wenn vor einer neuen Testdurchführung erst rechtliche Maßnahmen wie eine Novellierung der AutomatFahrV gesetzt werden müssten.

Daher müssen dringend grundsätzlichere Überlegungen angestellt und ein neuer Rechtsrahmen entwickelt werden wie etwa in der folgenden transdisziplinären Studie der Rechtswissenschaftler LACHMAYER und EISENBERGER gemeinsam mit dem langjährigen Leiter des Projekts Digibus Austria, REHRL.

5.1 Extra Law – Mobility

Anders als der Praktiker REHRL, der meint, die rechtliche Frage könne „nicht pauschal beantwortet“ werden, entwerfen LACHMAYER und EISENBERGER nach einer kritischen Analyse der derzeit gültigen „kaskadenhaften Normsetzung“⁴⁰ über KFG – AutomatFahrV – Testantrag – Code of Practice samt anlassbezogenem Novellierungsmodell ein „einheitliches Gesamtkonzept in Form von Experimentierräumen, in denen von einer Vielzahl von einzelnen Normen [wie z.B. gesetzliche Kompetenzverteilung im Verkehrsbereich, KFG, StVO, Personenbeförderungs- und Kraftfahrlinienrecht] gleichzeitig und gesetzesüber-

greifend zur Umsetzung eines Forschungsvorhabens abgewichen werden kann.“⁴¹

Dieser „Experimentierraum“ wäre keineswegs ein rechtsfreier Raum, eine „gesetzliche Blankoausnahme“, sondern eine Abweichung von bestehenden Rechtsvorschriften mit folgenden Eigenschaften:

- zeitlich begrenzt (Höchstdauer gesetzlich vorgegeben, Verlängerung/Wiederholung potenziell möglich)
- räumlich limitiert (bestimmter Straßenabschnitt, Kennzeichnungspflicht für das AF und den Testbereich)
- inhaltlich beschränkt (quantitative Einschränkung der absoluten oder relativen Zahl der Straßenabschnitte)/Versuche; Wahrung des Verhältnisses Regel-Ausnahme; qualitative Einschränkung auf bestimmte Straßentypen)
- hinreichend klar und bestimmt
- sachlich gerechtfertigt.

Internationale und europarechtliche Vorgaben wären genauso einzuhalten wie innerstaatliche verfassungsrechtliche und rechtsstaatliche Rahmenbedingungen. Ziel des am besten in einem eigenständigen Gesetz geregelten Experimentierräumen wäre ausschließlich die Ermöglichung der Erprobung neuer Verkehrstechnologien und Mobilitätskonzepte unter „Identifikation und Berücksichtigung materienspezifischer Ziele“ wie etwa Verkehrs- und Betriebssicherheit, Gewährleistung einer klaglosen, sicheren und geordneten Verkehrsabwicklung, Umweltschutz, Verbraucher- oder Wettbewerbsschutz. Eine genaue Zieldefinition im Gesetz, klare Begriffsbestimmungen, stringente prozedurale Vorgaben für Tests, Rechtsschutz für Antragsteller und Parteien sowie Berichts- und Evaluierungspflichten würden zur gewünschten Einschränkung des Spielraums der Verwaltung und zu deren Kontrolle beitragen.

5.2 Studie zur Erarbeitung eines Katalogs an Testscenarien für ein vereinfachtes Testprozedere automatisierter Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen in Österreich

Im November 2019 legten die beiden Testregionen DigiTrans und ALP.lab ein neues organisatorisches Konzept des Testbewilligungsverfahrens als kurzfristige Lösung des Rechtsproblems vor. Mittel- und langfristige setzen sie wie die Autoren von Extra Law – Mobility auf die Schaffung von Experimentierräumen.

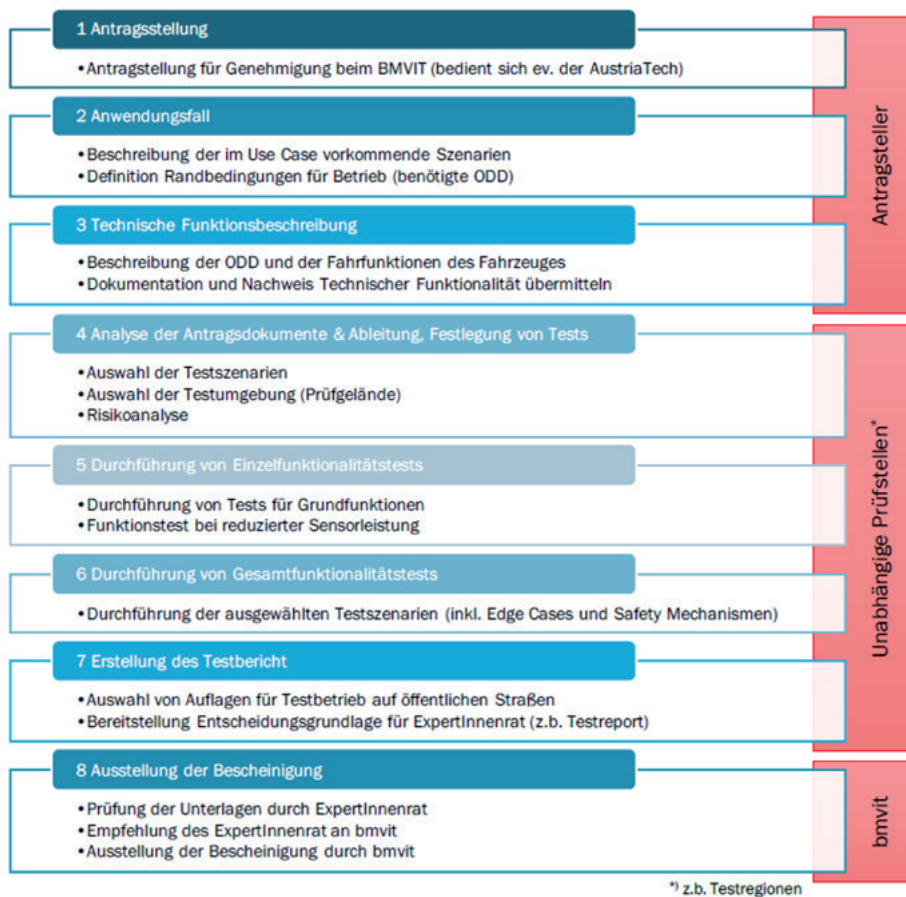


Abbildung. 2: Ablauf von Tests von fortgeschrittenen automatisierten Fahrzeugen/Funktionen gemäß Vorschlag von DigiTrans und ALP.Lab (Quelle: Studie Testszenarien, 2019, 10)

Im Vergleich zum bisherigen Prozedere will der Vorschlag der beiden Testregionen rascher und flexibler innovative Fahrfunktionen zum Test zulassen. Neu ist die Einführung einer unabhängigen, objektiven Prüfstelle. Anders als beim aktuellen Verfahren, bei dem der Expertenrat eingeschaltet werden kann, muss das Fachgutachten der unabhängigen Prüfstelle („Testreport“) eingeholt werden. Dass die zwei Testregionen selbst gerne die Gutachterrolle übernehmen und sich damit aufwerten würden, ist aus ihrer Sicht verständlich. Sie verweisen allerdings auch auf andere, internationale Betreiber von Testumgebungen oder das globale Netzwerk von Organisationen, die sich mit dem Testen, der Standardisierung und Zertifizierung von neuen Mobilitätsystemen und Services beschäftigen wie die International Alliance for Mobility Testing and Standardization (IAMTS) oder Institutionen wie den deutschen oder österreichischen TÜV als mögliche Prüfstelle.

Durch die Zusammenarbeit von Antragsteller und Prüfstelle bei der Beschreibung des Anwendungsfalls und der Auswahl der konkreten Testkriterien und vor allem durch das verpflichtende Gutachten dieser Prüfstelle wäre die Sicherheit aller Beteiligten gewährleistet. Dazu könnte auch der Aufbau einer eigenen Austrian Operational Design Domain (A-ODD) dienen. Diese lebende Datenbank könnte einen Prüfkatalog für konkrete Anwendungsfälle und die dafür nötige

Einsatzumgebung (ODD) sowie einen Szenarienkatalog für zu testende Fahrmanöver und Verkehrssituationen beinhalten. Damit könnte sich die Anzahl der benötigten Tests drastisch reduzieren. Schließlich läge dem Bewilligungsbescheid des BMVIT/BMK, der detaillierter als bisher ausfallen könnte, fundiertes Expertenwissen zugrunde. Wenn die Tests rasch und gut ablaufen, würde das auch die Nutzerakzeptanz für innovative Mobilitätskonzepte steigern.

Es sei hier noch kurz darauf verwiesen, dass das österreichische Forschungsprojekt AHEAD (Unabhängige Evaluierung und Adaptierung des Testprozesses automatisierter Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen)⁴² unter der Leitung des Kuratoriums für Ver-

kehrssicherheit zwischen September 2020 und April 2022 auf Basis internationaler Best Practice-Beispiele ebenfalls Testszenarienkataloge samt Bewertungskriterien für die Auswahl von Szenarien entwickeln will. Zur Prüfung der Mindestanforderungen an Sensorik, Aktorik, Safety- und Security-Aspekten bei automatisierten Fahrzeugen will es ein Konzept analog zur §57a Begutachtung vorlegen. Anders als LACHMAYER und EISENBERGER, aber wie DigiTrans und ALP.Lab setzt AHEAD nicht auf eine völlige Neugestaltung des Rechtsrahmens, sondern will sich mit einer Adaptierung, d.h. Flexibilisierung und Modernisierung des derzeitigen Bescheinigungsprozesses begnügen.

5.3 Harmonisierung von Tests mit automatisierten Shuttles. Arbeitsdokument zum Workshop Harmonisierung von Testabläufen und Testdaten

Dieses von der AUSTRIATECH im Dezember 2020 veröffentlichte Dokument ist der Studie von DigiTrans und ALP.Lab oder dem Projekt AHEAD durchaus ähnlich: Es entwickelt keine neuen Regelungen, sondern will die bestehenden effizienter gestalten, indem die Vorgangsweise beim Testen vereinheitlicht wird.

Dafür gibt es zahlreiche internationale Vorbilder. Sie reichen von den EU Forschungsprojekten PEGASUS, TrustVehicle, L3Pilot oder HEADSTART oder den EU Forschungsnetzwerken CARTRE oder ARCADE⁴³ zu den Standardisierungsversuchen im Rahmen des High Level Structural Dialogue on Automated and Connected Driving zwischen den Mitgliedstaaten von EU und

EFTA, der Europäischen Kommission und den Verbänden der Automobil und Telekommunikationsindustrie z.B. am 14./15.09.2017 in Frankfurt/Main.⁴⁴ Noch einen Schritt weiter in Richtung Internationalisierung geht das Trilateral Impact Assessment Framework for Automation in Road Transportation, das als Ergebnis einer Kooperation zwischen der EU, den USA und Japan im April 2018 vorgelegt wurde.

AUSTRIATECH empfiehlt ebenso zur Erleichterung und Intensivierung der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit eine Vereinheitlichung der gesammelten Testdaten und deren Ablage auf einer gemeinsamen FlowMotionPlatform, wie sie Digibus Austria bereits benutzt. Dieses österreichische Leitprojekt sollte als Referenzmodell auch für die einheitliche Definition von Begriffen rund um das Testen von AF sowie von Leistungsindikatoren zur Projektevaluation bzw. als Benchmarking für künftige Projekte dienen. Standardisieren könnte man zudem die Beschilderung der Teststrecken und Testfahrzeuge, die Anforderungen an die physische wie digitale Infrastruktur oder die Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmern. Eine verstärkte Kooperation zwischen verschiedenen Testprojekten würde bei Schonung der personellen, finanziellen und zeitlichen Ressourcen mehr Erkenntnisse bringen. Diese könnten wiederum einfließen in die Formulierung einer langfristigen österreichischen Teststrategie.

6. Deutsches Vorbild

Bei der Neugestaltung des Rechtsrahmens für AF könnte auch Deutschland Modell stehen. Mitte Februar 2021 hat die deutsche Bundesregierung einen Gesetzesentwurf des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur „zum autonomen Fahren zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes“ gebilligt, der bis Mitte 2021 vom Bundestag beschlossen werden soll.⁴⁵ Um „für die Zwischenzeit bis zur unionsrechtlichen Harmonisierung“ als Vorreiter weltweit Standards zu setzen, will die deutsche Regierung erstmals „autonomen Kraftfahrzeuge (Stufe 4)“ erlauben, im öffentlichen Straßenverkehr im gesamten Bundesgebiet im Regelbetrieb zu fahren. Level 4 bedeutet, dass beim Betrieb der autonomen Fahrfunktion keine fahrzeugführende Person mehr eingreift. Gerät das AF jedoch an seine Systemgrenzen, fordert es den physisch anwesenden Fahrer oder eine externe Kontrollinstanz zur Übernahme der Lenkeraufgaben auf. Bleibt eine Reaktion aus, kann das System - anders als bei Level 3 - selbst das Fahrzeug in einen „risikominimalen Zustand“ versetzen, z.B. am Straßenrand zum Stehen bringen. Passagiere können zudem jederzeit einen Nothalt veranlassen.

Neu am Gesetzesentwurf ist auch, dass weder Betriebsbereiche noch unterschiedliche Anwendungsfälle vorab abschließend konkret geregelt werden. Das soll grundsätzlich eine Vielzahl von Einsatzberei-

chen und Szenarien ermöglichen und einen möglichst großen Aktionsraum schaffen für das Erproben von AF wie das ausdrücklich mehrmals erwähnte Entwickeln neuer Mobilitätslösungen wie autonome Shuttles im Mikro-ÖV oder Bedarfsverkehr im ländlichen Raum. Die bisher üblichen Einzelgenehmigungen der unterschiedlichen Bundesländer samt diverser Ausnahmen und Auflagen wären fortan unnötig. Um mit dem Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr vereinbar zu sein, wird der stets eingriffsbereite Sicherheitsfahrer im AF durch eine sogenannte „technische Aufsicht“ ersetzt. Das wäre eine natürliche Person außerhalb des Fahrzeugs, etwa in einer Leitzentrale, die das AF - oder selbst mehrere AF gleichzeitig - nicht ständig überwachen, aber weiterhin jederzeit bereit sein müsste, automatisierte Funktionen zu deaktivieren oder bestimmte Fahrmanöver freizugeben. Da die „technische Aufsicht“ für den sicheren Einsatz von AF verantwortlich wäre, müsste für sie eine Haftpflichtversicherung abgeschlossen werden.

Wie es österreichische Juristen immer wieder forderten, definiert der deutsche Gesetzesentwurf genau das Prozedere: Die zentral zuständige Genehmigungsbehörde ist das Kraftfahr-Bundesamt. Falls andere Behörden wie etwa die KFZ-Zulassungsbehörde oder Landesbehörden (für die Festlegung von Betriebsbereichen) betroffen sind, sind die Ermächtigungsgrundlagen ihrer Agenden ebenfalls im neuen Gesetz geregelt.

7. Fazit

Abschließend soll noch einmal LACHMAYER⁴⁶ zitiert werden, der im Zusammenhang mit den rechtsstaatlichen Defiziten der aktuellen Regelung zu Testfahrten schreibt:

„Die Entwicklung rechtlicher Vorgaben für Testfahrten erscheint indes nicht unmöglich. Es bedarf aber – im Gegensatz zum bestehenden Rechtsrahmen – einer wesentlich tiefergehenden Auseinandersetzung mit der Thematik, [denn] die Regelung der Testfahrten ist nur als Beispiel für die Gesamthematik des automatisierten und vernetzten Fahrens zu begreifen. [...] Testfahrten sind ein wichtiger, aber doch nur ein Zwischenschritt hin zur rechtlichen Erlaubnis des automatisierten Fahrens im regulären Straßenverkehr. [Dafür sind] zahlreiche weitere Regelungen erforderlich.“

Der Hinweis auf die „tiefergehende Auseinandersetzung“ ist wichtig. Sie kann sich nicht nur auf Juristen beziehen sondern an ihr müssen sich die Politik, die Verkehrsplanung, die Wirtschaft sowie die Gesamtgesellschaft beteiligen, um die Einführung von automatisierten Fahrzeugen, wenn sie denn kommen, mitzugestalten.

Heute scheint vollautomatisiertes Fahren von KFZ auf Straßen mit öffentlichem Verkehr noch weit weg zu

sein. Weiter weg auf jeden Fall als automatisierter schienengebundener Verkehr in einem geschlossenen Verkehrsraum. Das Militär, das in anderen Staaten Innovationstreiber ist, dürfte in Österreich wegen seiner knappen finanziellen Mittel nicht in Betracht kommen. Der hochkomplexe städtische Straßenverkehr dürfte besonders in historisch gewachsenen Siedlungsräumen mit engen, verwinkelten Gassen mit vielen unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern für AF weniger geeignet sein als Autobahnen mit einfacheren, vorhersehbaren Verkehrssituationen ohne Kreuzungen, Gegenverkehr oder Ampeln. Die Geschwindigkeit ist dort wohl höher als in der Stadt, jedoch sind Straßenmarkierung und Straßenzustand meist in besserem Zustand und von den Sensoren der AF besser verwertbar. Digitale Infrastruktur kann die Kommunikation der Fahrzeuge untereinander oder mit der Infrastruktur unterstützen und die Überwachung und Steuerung des Verkehrsflusses erleichtern. Die Sicht ist freier und vor allem gibt es keine unbe-rechenbaren „Störfaktoren“ wie Fußgänger oder Radfahrer.

In vielen Fahrzeugen, selbst in Volumenfahrzeugen der Kompaktklasse wie etwa einem VW Golf, sind schon heute viele Fahrassistenzsysteme verfügbar. Sie werden in Zukunft noch stärker ausgebaut werden und so einen evolutionären Übergang zu AF ermöglichen. Diese vor allem von den etablierten Fahrzeugherstellern vorangetriebene Entwicklung dürfte allerdings eher individuell genutzten Fahrzeugen zugutekommen. Wird das Fahren in AF bequemer und hoffentlich sicherer, wird der Verkehr noch dichter und die Fahrleistung noch höher werden. Das ist klimaschädlich, sozial und politisch nicht erwünscht. Daher wird auf die kollektive Nutzung in „autonomen Kleinbussen“ im Mikro-ÖV gesetzt. Ihr Einsatz vor allem im ländlichen Raum mit schlechter Funkdatenabdeckung ist aber technisch viel anspruchsvoller. Daher ist die adäquate rechtliche Unterstützung von Tests solcher AF umso dringlicher.

Literaturverzeichnis:

1. Die US-amerikanische Technikervereinigung SAE definierte schon 2014 fünf Stufen/Level der Automatisierung. Diese reichen von Level 0, auf dem ausschließlich der Mensch für alle Fahrtätigkeiten zuständig ist, bis zum Level 5, bei dem ein technisches System ohne jeden menschlichen Eingriff in allen Verkehrssituationen alle Fahrfunktionen übernimmt. Dieses Level wird als vollautomatisiert bezeichnet. Oft wird auch vom fahrerlosen Fahren gesprochen, da der Mensch nicht mehr Lenker des Fahrzeugs, sondern bloß Passagier ist.
2. Die Grazer Forschungsgesellschaft JOANNEUM RESEARCH stellte z.B. im Dezember 2020 ein Testverfahren mittels digitalem Zwilling vor. Siehe <https://www.joanneum.at/digital/aktuelles/news/news-detail/testen-von-automatisierten->

fahrzeugen-auf-oeffentlichen-strassen-in-oesterreich (02.03.2021)

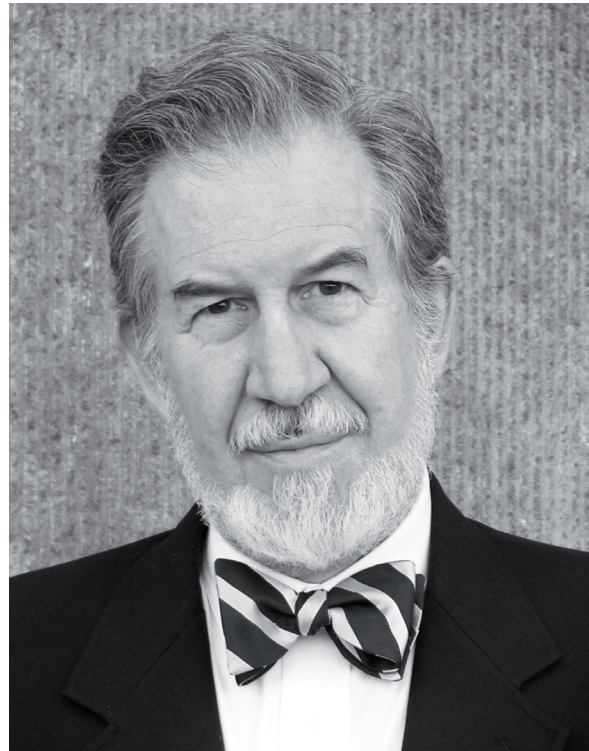
3. Zu den unterschiedlichen Testmethoden vgl. BALTZAREK V., 2019, Automatisiertes Fahren in der Stadt – Abschätzung möglicher Auswirkungen der Einführung von automatisierten Fahrzeugen auf die Stadt und die Stadtplanung. Beiträge zu einer ökologisch und sozial verträglichen Verkehrsplanung 1/2019, Wien, 130 ff
4. BMVI.DE (Hg.), 2015, Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren. Leitanbieter bleiben, Leitmarkt werden, Regelbetrieb einleiten, Berlin; BMVIT (Hg.), 2016, Automatisiert-Vernetzt-Mobil: Aktionsplan Automatisiertes Fahren, Wien;
- EU KOMMISSION (Hg.), 2018, Auf dem Weg zur automatisierten Mobilität: eine EU-Strategie für die Mobilität der Zukunft, Brüssel
5. Lt. UNITED NATIONS, 2021, Treaty Collection. Status of Treaties, Convention on Road Traffic
https://treaties.un.org/pages/ViewDetailsIII.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XI-B-19&chapter=11&Temp=mtdsg3&lang=en (26.02.2021)
6. vgl. SCHREURS M.A., STEUWER S.D., 2015, Autonomous Driving – Political, Legal, Social and Sustainability Dimensions. In: MAURER M., GERDES J.C., LENZ B., WINNER H. (Hg.), 2015, Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Berlin, Heidelberg 151-173, bes.162
7. vgl. UNITED NATIONS, ECONOMIC AND SOCIAL COUNCIL, 2014, Report of the sixty-eighth session of the Working Party on Road Traffic Safety, Annex, 9. www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2014/wp1/ECE-TRANS-WP1-145e.pdf (27.02.2021)
8. EISENBERGER I., GRUBER C., HUBER A., LACHMAYER K., 2016, Automatisiertes Fahren. Komplexe regulatorische Herausforderungen. ZEITSCHRIFT FÜR VERKEHRSRECHT (ZVR) 10 (Oktober 2016) 383-392, bes. 385
9. vgl. ACATECH (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften), 2016, Neue autoMobilität. Automatisierter Straßenverkehr der Zukunft, München, 79
10. vgl. BMVI.DE (Hg.), 2017, Bericht zum Stand der Umsetzung der Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren, Berlin, 5
11. vgl. z.B. die Erklärung der 28 EU-Verkehrsminister in Amsterdam, 14./15.04.2016 („Declaration of Amsterdam. Cooperation in the field of connected and automated driving“). <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2016/04/29/declaration-of-amsterdam-cooperation-in->

- the-field-of-connected-and-automated-driving (27.02.2021).
12. SCHLIMME H.C., 2016, Zulassungsrechtliche Probleme automatisierter Kraftfahrzeuge, Berlin, 26. Ähnlich auch LOHMANN M.F (2016), Automatisierte Fahrzeuge im Lichte des Schweizer Zulassungs- und Haftungsrechts (= Robotik und Recht 7), Baden-Baden, bes. 76 f, 80 f, 87 f
 13. HILGENDORF E., 2015, Automatisiertes Fahren und das Recht. ZEITSCHRIFT FÜR VERKEHRSRECHT (ZVR) Sonderheft 12a (2015), 469-472, bes. 470
 14. vgl. dazu Regierungsvorlage und Beilagen zur 33. KFG-Novelle, https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XXV/I/I_01192/index.shtml (27.02.2021) und Parlamentsdebatte https://www.ris.bka.gv.at/Dokument.wxe?Abfrage=BgbIAuth&Dokumentnummer=BGBLA_2016_I_67 (27.02.2021)
 15. vgl. StVG (Straßenverkehrsgesetz) i.d.g.F. <https://www.gesetze-im-internet.de/stvg/BJNR004370909.html> (20.02.2021)
 16. LACHMAYER K., 2017 a, Rechtliche Grauzonen durch autonomes Fahren. WIRTSCHAFT UND UMWELT (Mai 2017), 18-21
 17. LACHMAYER K., 2017 c, Verkehrsrecht: Rechtsstaatliche Defizite der Regelungen zu Testfahrten. In: EISENBERGER I., LACHMAYER K., EISENBERGER G.(Hg.), 2017, Autonomes Fahren und Recht, Wien, 147-167. Vgl. auch LACHMAYER K., 2017 b, Von Testfahrten zum regulären Einsatz automatisierter Fahrzeuge. Verkehrsrechtliche Herausforderungen. ZEITSCHRIFT FÜR VERKEHRSRECHT (ZVR) Sonderheft 12 a (Dezember 2017), 515-520
 18. Ähnlich auch bei EISENBERGER, GRUBER, HUBER, LACHMAYER, 2016, 388 (siehe Endnote 8). Sie halten die Novelle für „konzeptionell ausbaufähig. Diesbezüglich sei nur auf die mangelnde Definition von ‚automatisierten oder vernetzten Fahrsystem‘ verwiesen.“
 19. LACHMAYER, 2017 c, 147 f, 151
 20. vgl. LACHMAYER, 2017 b, 518. In der Nationalratsdiskussion über die KFG-Novelle hatte der Grün-Abgeordnete WILLI ähnlich argumentiert, worauf seine Partei – als einzige – gegen die Novelle stimmte.
 21. AUTOMAT-FAHR-V, 2016, BGBLA_2016_II_402, ausgegeben 19.12.2016
 22. vgl. LACHMAYER, 2017 c, 151, 159 f
 23. AUTOMAT-FAHR-V, 2019, Verordnung des Bundesministers für Verkehr, Innovation und Technologie über Rahmenbedingungen für automatisiertes Fahren StF: BGBl. II Nr. 402/2016, Änderung BGBl. II Nr. 66/2019.
 24. EISENBERGER I., LACHMAYER K., SAN NICOLO S., 2018, Verfahren zur Durchführung von Testfahrten automatisierter Fahrzeuge. Zeitschrift für Energie- und Technikrecht (ZTR) 02(2018), 67-78, bes. 75
 25. Zur Kontaktstelle Automatisiertes Fahren siehe <https://www.austriatech.at/de/kontaktstelle-automatisiert/> (20.02.2021).
 26. EISENBERGER et al., 2018, 71 und 74 f. Siehe Endnote 24. Von hier stammen auch die folgenden Zitate.
 27. https://www.bmk.gv.at/themen/mobilitaet/alternative_verkehrskonzepte/automatisiertesFahren/faq/testen/rat.html (07.03.2021)
 28. BMK (Hg.), 2020, Code of Practice. Tests von automatisiertem Fahren auf Straßen mit öffentlichem Verkehr, (5.Version).
- AUSTRIATECH schreibt auf <https://www.austriatech.at/de/testen-kontaktstelle/> (27.02.2021): „Die Einhaltung des Code of Practice ist eine weitere Anforderung, an die sich alle Testorganisationen einhalten sollen um ein sicheres Testen zu ermöglichen.“ (Hervorhebung der Autorin)
29. vgl. EUSTACCHIO A., 2017, Automatisiert zum Recht. ZEITSCHRIFT FÜR VERKEHRSRECHT (ZVR) Sonderheft 12 a (Dezember 2017) 509-515, bes. 510
 30. EISENBERGER, GRUBER, HUBER, LACHMAYER, 2016, 388. Vgl. auch LACHMAYER, 2017 c, 151, 159, 165. Siehe Endnoten 8 bzw. 17
 31. LACHMAYER, 2017 c, 166
 32. Jost BERNASCH wird zitiert in ROHRACHER M., 2018, Bericht zum AnachB-Forum von GSV in Kooperation mit IST Vienna Region „Automatisierte Mobilität – öffentliche Hand als Zuseher, Moderator oder Akteur“, Wien 27.09.2018. https://www.gsv.co.at/?page_id=466 (27.02.2021)
 33. Vgl. AUSTRIATECH, 2018, Automatisiertes Fahren in Österreich. Monitoringbericht 2017, Wien, 10. Auch 2021 heißt es auf der AUSTRIATECH – Seite zum Testprocedere (<https://www.austriatech.at/de/testen-kontaktstelle/>): „Tests auf öffentlichen Straßen, die über den Umfang der Anwendungsfälle der AutomatFahrV hinausgehen, sind derzeit in Österreich nicht möglich. Die Kontaktstelle sammelt gerne den entsprechenden Bedarf, um diesen gegebenenfalls in den Prozess der Ausweitung der Testmöglichkeiten einfließen zu lassen. Unternehmen, die solche Tests durchführen wollen, sollten sich daher in einer frühen Planungsphase an die Kontaktstelle wenden.“

34. ZANKL C., REHRL K., 2018, Digibus 2017. Erfahrungen mit dem ersten selbstfahrenden Shuttlebus auf öffentlichen Straßen in Österreich, Salzburg, 38
35. BMVI.DE (Hg.), 2017, „Maßnahmenplan automatisiertes und vernetztes Fahren“ des 2. Hochrangigen Strukturierten Dialogs am 14./15. September 2017 in Frankfurt/Main, 2. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/massnahmenplan-automatisiertes-und-vernetztes-fahren.html> (27.02.2021)
36. BMVIT (Hg.), 2018, Automatisiertes Fahren auf Straßen mit öffentlichem Verkehr – Rechtliche Rahmenbedingungen im Vergleich, Wien, bes. 4, 35
37. BMVIT (Hg.), 2020, Testberichte. Tests auf Straßen mit öffentlichem Verkehr in Österreich gemäß der Automatisiertes Fahren Verordnung. Zeitraum 2016 - März 2020, Wien
38. Zur internationalen Testentwicklung siehe Global Atlas of Autonomous Vehicles der BLOOMBERG ASPEN Initiative on Cities and Autonomous Vehicles, (<https://avsincities.bloomberg.org/>), der zwischen seinem ersten und dem letzten Erscheinen, d.h. zwischen 2017 und November 2019 eine Zunahme der weltweiten Tests von automatisierten Fahrzeugen in Städten um 1/3 auf 136 Tests feststellte. Ähnlich auch HAGENZIEKER M.P., BOERSMA R., NUNEZ VELASCO J.P., ÖZTÜRKER M., ZUBIN I., HEIKOOP P., 2020, Automated buses in Europa: An Inventory of Pilots, Version 0.5. Die Experten der TU Delft/NL konstatieren eine europaweite Intensivierung der Test von automatisierten Kleinbussen ab 2016. Besonders 2018 und 2019 stiegen die Zahlen auffällig.
39. Vgl. z.B. die unten erwähnten Studien über Test-szenarien (2019), 5,11; bzw. über Testharmonisierungen (2020), 44 f
40. EISENBERGER et al., 2018, 75. Siehe Endnote 24
41. LACHMAYER K., EISENBERGER I., REHRL K., 2019, Extra Law – Mobility. Experimentierräume im Verkehrs- und Mobilitätsrecht. Interdisziplinäre Studie zur Erarbeitung eines neuen (Rechts-) Rahmens für die Erprobung neuer Verkehrstechnologie und Mobilitätskonzepte für Österreich. Wien. Zu LACHMAYER, EISENBERGER siehe Teil 1: Rechtswissenschaftliche Analyse des bestehenden Rechtsrahmens, 6, 167 ff. Ähnlich auch LACHMAYER, EISENBERGER, Teil 3: Inhaltliches Konzept und Umsetzungsplan. Zu REHRL vgl. Teil 3: Anwendungsfälle im Bereich Verkehr und Mobilität, 16
42. <https://ahead-project.at/> (01.03.2021) und <https://projekte.ffg.at/projekt/3791257> (01.03.2021)
43. Vgl. dazu <https://knowledge-base.connectedautomateddriving.eu/projects/> bzw. die Homepages der einzelnen Projekte
44. Siehe Endnote 35
45. BMVI.DE (Hg.), 2021, Gesetz zum autonomen Fahren. Gesetzesentwurf der Bundesregierung samt Begründung. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/gesetz-zum-autonomen-fahren.html> (15.03.2021)
46. LACHMAYER K., 2017 c, Verkehrsrecht: Rechtsstaatliche Defizite der Regelungen zu Testfahrten. In: Eisenberger I., LACHMAYER K., EISENBERGER G., 2017, Autonomes Fahren und Recht, Wien, 147-167, bes.167

KommR Dkfm. Harald BOLLMANN †

Die Österreichische Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft verabschiedet sich von ihrem Ehrenmitglied KommR Dkfm. Harald Bollmann.



Harald Bollmann trat nach seinem Studium an der damaligen Hochschule für Welthandel und umfangreicher Auslandserfahrung 1965 in das Familienunternehmen, die Internationale Spedition Carl Ohly, ein und war ab 1970 in der Funktion des geschäftsführenden Gesellschafters tätig. Seit 1975 war er Mitglied des Vorstands des Zentralverbandes Spedition & Logistik, seit 1981 war er Vize-Präsident und seit 2012 dessen Ehrenpräsident. Er war Obmann der „Bundesparte Transport & Verkehr“ in der Wirtschaftskammer Österreich, Mitglied des „Erweiterten Präsidiums der Wirtschaftskammer Österreich“ und Pastpräsident der Union der Europäischen Wirtschaftskammern.

Jahrzehntelang war er ein engagiertes Mitglied der Österreichischen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft und wurde 2002 für seine Verdienste mit der Ehrenmitgliedschaft ausgezeichnet. Darüber hinaus war er für viele Jahre als Rechnungsprüfer tätig, stand Präsidium und Vorstand mit Rat und Tat zur Seite und diente als hervorander Botschafter zur Wirtschaftskammer Österreich.

Für seine herausragenden Leistungen wurde Harald Bollmann im Jahre 1998 mit dem Großen Ehrenzeichen und 2003 mit dem Großen Silbernen Ehrenzeichen für Verdienste um die Republik Österreich ausgezeichnet. 2020 wurde Harald Bollmann für sein Lebenswerk als erfolgreicher Unternehmer und Interessensvertreter mit dem Hermes Verkehrs-Logistik-Preis ausgezeichnet.

Mit viel Überzeugungskraft engagierte er sich für das Weiterbestehen der Lehrkanzel für Transportwirtschaft an der Wirtschaftsuniversität Wien, die dringend nötige Basisforschung auf höchstem Niveau für die Transportwirtschaft und Logistik durchführt. Das Institut wurde im Jahr 2012 zur bestem Ausbildungsstätte für Supply Chain Management weltweit gewählt.

Die Österreichische Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft wird ihrem Ehrenmitglied KommR Dkfm. Harald Bollmann ein ehrendes Andenken bewahren.

Wir stellen vor

Neues aus Paul Pietsch Verlage, Hauptstätter Straße 149, D-70178 Stuttgart, www.paul-pietsch-verlage.de

C-160 Transall

Gerhard LANG

Die Transall C-160 ist nach wie vor das deutsche Transportflugzeug schlechthin und unverkennbar in seiner militärischen Auslegung. Entwickelt und gebaut in den 60er-Jahren bewährte sich die Maschine in zahlreichen Auslandsmissionen und wird bis heute eingesetzt. Angefangen von der Entwicklung bis hin zu den technischen Daten liefert Gerhard Lang mit diesem Band die aktuellste Gesamtdarstellung der „Trall“. Entwickelt und gebaut durch das deutsch-französische Konsortium Transporter Allianz, dem die Transall auch ihren Namen verdankt, wird die Maschine bis heute in Deutschland, Frankreich und der Türkei eingesetzt. Bekannt wurde das Flugzeug unter anderem durch Hilfsflüge im Rahmen humanitärer Einsätze primär in Afrika. In kleinerem Umfang wurde das Flugzeug auch zivil eingesetzt, beispielsweise in Malaysia im Personentransport sowie in Frankreich zum Transport von Postsendungen.

Das vorliegende Werk umfasst 144 Seiten und 160 Abbildungen.

Überschall-Passagierjets - Vergangenheit - Zukunft

Andreas SPAETH

Überschall-Passagierflugzeuge strahlen bis heute eine „magische Faszination“ aus. Technisch höchst anspruchsvoll, elitär und ästhetisch stellen sie die absolute Spitze der Luftfahrtentwicklung dar. Bisher gelang nur drei Nationen der Bau und Betrieb solcher Hochleistungsmaschinen: der ehemaligen Sowjetunion und Frankreich/Großbritannien. Neue Technologien versprechen nun die Wiedergeburt dieser faszinierenden Flugzeuge. Andreas Spaeth stellt hier die Geschichte der Überschall-Passagierfliegerei dar. Es gilt die Feststellung: Bei Überschall steht das Prestige im Vordergrund, weniger die Wirtschaftlichkeit.

Das vorliegende Werk umfasst 224 Seiten und 185 Abbildungen.

Zwei Werke für den Luftfahrthistoriker.

Geheimprojekte der Luftwaffe 1939 - 1945

Martin KAULE / Stefan BÜTTNER

Das Dritte Reich brachte eine Vielzahl von technischen Leistungen hervor, die oftmals im Geheimen in gigantischen unterirdischen Bunkersystemen entwickelt und getestet wurden. Nach Ende des Zweiten Weltkrieges waren die Siegermächte überaus interessiert an den Leistungen der deutschen Forscher und Konstrukteure und viele Entwicklungen wurden sofort übernommen und als Basisarbeiten verwendet, vor allem in der Flugzeugtechnik und beginnenden Raumfahrt. In dieser aktualisierten und überarbeiteten Neuauflage beleuchten die Autoren diesen luftfahrthistorischen Themenkomplex mit erstklassigem Bildmaterial, das sie in vielen Jahren zusammengetragen und teils selbst fotografiert haben.

Das vorliegende Werk umfasst 224 Seiten und 225 Abbildungen.

Die V2 - Entwicklung - Technik - Einsatz

Murray R. BARBER

Im Jahre 1942 flog die weltweit erste funktionsfähige Großrakete mit Flüssigkeitsantrieb. Diese war ein Projekt des Zweiten Weltkrieges, technisch in jeder Hinsicht völliges „Neuland“. Das Team um Dr. Werner von Braun legte mit dem Bau des euphemisch bezeichneten „Großgerätes“ den Grundstein für die gesamte Raketenentwicklung in den 50er und 60er Jahren. In letzter Konsequenz führte dies zur erfolgreichen Mondlandung der Amerikaner im Jahre 1969. Diese mit seltenen Bildern und herausragenden Grafiken ausgestattete Dokumentation schildert in bislang nicht dagewesener Tiefe die Entwicklung und spart auch nicht den ursprünglichen Verwendungszweck, den verheerenden Kriegseinsatz der als V2 („Vergeltungswaffe 2“) bezeichneten Großrakete, aus.

Das vorliegende Werk umfasst 336 Seiten und 600 Abbildungen.

Kolonne - Die Deutsche Reichsbahn im Dienste der Sowjetunion

Michael REIMER / Lothar MEYER / Volkmar KUBITZKI

Als „Kolonnenwesen“ wurde der Transport von Reparations-Gütern durch die Deutsche Reichsbahn - DR aus dem Gebiet der sowjetischen Besatzungszone in die Sowjetunion bezeichnet. Neben Lokomotiven wurden Gleise, Fahrleitungen und ganze Industrieanlagen aus der späteren DDR in die Sowjetunion abtransportiert. Wie diese Güter in die UdSSR gelangten, wie diese Transporte organisiert wurden und unter welchen Bedingungen die Betroffenen arbeiten mussten, lag lange Zeit im Dunkel der Geschichte. Dieses Buch, für das die Autoren auch Zeitzeugen befragten, bietet einen umfassenden Überblick über dieses eher dunkle Kapitel deutscher Eisenbahngeschichte.

Das vorliegende Werk umfasst 176 Seiten und 150 Abbildungen.

Berlin Nordkreuz - Bau - Geschichte - Gegenwart

Bernd KUHLMANN

Nach der Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten entstand im Norden Berlins mit den Stationen Gesundbrunnen, Bornholmer Straße und Schönhauser Allee ein wichtiges Schienenkreuz, dessen Bedeutung im Vergleich zu Süd- und Ostkreuz etwas unterschätzt wird. Das als Nordkreuz geplante Bauvorhaben war nach dem neuen Nord-Süd-Fernbahn-Tunnel das größte Neubauprojekt von Berlins Eisenbahnen seit 1990. Mit über 350 Abbildungen dokumentiert dieser Band ein faszinierendes Kapitel Berliner Verkehrs- und Stadtgeschichte. Dabei vollzieht Bernd Kuhlmann den Bau und das Wachstum des Berliner Nordkreuzes, spart aber auch die Vergangenheit nicht aus. Vom gleichen Autor erschien bereits das Werk „Vom Rostkreuz zum Ostkreuz - Berlins großer Eisenbahnknoten“.

Das vorliegende Werk umfasst 160 Seiten und 350 Abbildungen.

