

Heft 1

65. Jahrgang

# Österreichische Zeitschrift für Verkehrswissenschaft – ÖZV

(bis 1989 Verkehrsannalen)

Gedruckt mit Unterstützung unserer Kuratoriumsmitglieder sowie des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

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:      Univ.- Lektor Prof. Mag. Dr. Gerhard H. Gürtlich  
                  Redaktionsbeirat:      ao.Univ. Prof. Dr. Günter Emberger, Univ.-Prof. Dr. Norbert Ostermann,  
                                          em. Univ.-Prof. Dr. Klaus Rießberger, em. Univ.-Prof. Dr. Gerd Sammer,  
                                          Dr. Csaba Székely, Dr. Karl Frohner, Dr. Karl-Johann Hartig,  
                                          Florian Polterauer, MBA  
                                          alle 1090 Wien, Kolingasse 13/7  
                  Redaktion                      Mag. Thomas Kratochvil, Simone Egle

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 € 8,00 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](mailto:office@oevg.at), Homepage: [www.oevg.at](http://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.



# Der verkehrspolitische Standpunkt

Wolfgang WEIGEL

## **Eisenbahn - quo vadis? Eine Bestandsaufnahme der Bahn hinterlässt sowohl im Personen- als auch des Güterverkehrs ein widersprüchliches Bild.**

Im Güterfernverkehr setzt der LKW der Bahn gehörig zu und es gelingt nicht, den Modal Split nachhaltig zu Gunsten der Bahn zu verschieben. Mittelfristig bahnen sich sogar neue Potentiale für die Bevorzugung des LKW an: Wenn es nämlich gelingen sollte, sozusagen Ketten von Lkw-Zügen von einem Fahrerhaus auch zu lenken, mit elektrischem Antrieb, wie man unter <https://www.europa-lkw.de/news-lkw/a44975/6-technologien-revolution-strassengueterverkehr-2030.html> nachlesen kann. Dies würde nämlich dem Argument der gesellschaftlichen Effizienzvorteile der Bahn durch ihre höhere Umweltverträglichkeit zusetzen und zusätzlich die Flexibilität des Lkw am Übergang von der Langstrecke zur Erschließung der Fläche erleichtern. Es werden Stimmen laut, die die laufenden Bauvorhaben im Bereich der ÖBB-Infrastruktur AG angesichts solcher Entwicklungen für ökonomisch entbehrlich erachten.

Um beim Güterverkehr auf der Schiene zu bleiben: Es gibt zur oben erwähnten Perspektive auch ein Kontrastprogramm! Im Projekt der Neuen Seidenstraße mit einer Breitspurstrecke von China nach Europa deutet sich eine Belebung für den Schienengüterverkehr von gewaltigen Ausmaßen an, der die langen und gar nicht so umweltfreundlichen Seewege entbehrlich macht und die Transportzeiten verkürzen würde. Ohne Vernetzung mit den kontinentaleuropäischen Strecken wäre das Vorhaben aber unvollständig. Diese wiederum müssen á la longue so trassiert sein, dass hohe Zuggewichte und entsprechende Huckepack-Verkehre möglich werden, welche heute außer im Korridor von Wien bis Attnang Puchheim und auf Abschnitten des Unterinntals nicht vorhanden sind.

Ehe die Befunde zum Güterverkehr weiter diskutiert werden, noch ein Blick zum Personenverkehr: Österreich kann auf rund 300 Streckenkilometer Hochgeschwindigkeitsstrecken stolz sein und trotzdem gibt es Stimmen, die den weiteren Ausbau, der von der Oberflächenstruktur her sehr viel Tunnelbau erfordert, um zeitgemäßen Trassenverläufen Rechnung zu tragen, für obsolet oder doch überzogen halten (siehe die nie verstummende Kritik am Semmering-Basis- und

am Koralmtunnel). Warum derartige Investitionen unverzichtbar sind und sich dafür wenig Alternativen bieten, wird noch zu erörtern sein. Was indessen zweifellos ernst genommen werden muss, sind Stimmen, welche zwar die Verbindungen durch Hochgeschwindigkeitszüge nicht in Frage stellen, aber darauf hinweisen, dass dadurch für viele Destinationen Umsteigen unvermeidlich wird, und sich die Reisezeiten in Folge dessen weniger verkürzen, was aber in der Öffentlichkeit nicht wahrgenommen und nur von Betroffenen schmerzlich empfunden wird. Dazu kommt, dass ganze Regionen gewissermaßen in einen Windschatten der Hochgeschwindigkeitsstrecken rutschen, wie schon jetzt am Murtal und der Strecke über den Neumarkter Sattel deutlich wird. Hier wirken die Ausbauprogramme direkt auf die Standortqualität und leisten der Agglomerationsbildung Vorschub.

Eine auch nicht ganz unproblematische Baustelle im Personenverkehr ist die Widersprüchlichkeit zwischen Streckenbau und -erhaltung und dem Verkehrsgeschehen. Die Errichtung von Fahrwege legt Planung und Koordinierung nahe, schließen den Markt als Koordinierungsform letztlich aus, und bilden zuletzt ihrer Natur nach „natürliche Monopole“, was wiederum das Erfordernis der Regulierung nach sich zieht. Allerdings sollte der Betrieb auf den Fahrwegen im Wettbewerb erfolgen, wenn es nach den Leitvorstellungen der Ökonomen und den darauf beruhenden Vorgaben der Politik geht. Wobei der Wettbewerb zweierlei bedeutet: Einmal die direkte Konkurrenz zwischen Betreibern auf derselben Strecke bzw. in demselben Netz. Das ist Wettbewerb „in einem Markt“. Und zum anderen der Wettbewerb um bestimmte Strecken und Netze, der sich darin manifestiert, dass die Dienste öffentlich ausgeschrieben und an den Bestbieter vergeben werden – in aller Regel befristet, aber nichtsdestoweniger als „Wettbewerb um einen Markt“.

Eines der Probleme, die sich in diesem Bereich ergeben, rührt daher, dass der Markt durch „vertikal integrierte Unternehmen“ bestimmt wird. Soll heißen: Errichtung und Erhalt der Trassen und der Betrieb darauf liegen in einer unternehmerischen Hand; meistens der eines „ausgegliederten“ Unternehmens, also eines solchen, das privatwirtschaftliche Organisationsformen aufweist aber im Eigentum der öffentlichen Hand ist. Das schafft für diejenigen, die Markteintritt

suchen, Probleme, insofern sie vom Gesamtunternehmen zugunsten der Teilunternehmen, die als Betreiber agieren, benachteiligt werden; zum Beispiel hinsichtlich der gewünschten und zugeordneten Trassen. Sowohl von der Verkehrsplanung als auch im Interesse der Konsumenten ist die Zuweisung von Trassen ein Problem der Eröffnung der Möglichkeit zur Abstimmung von Anschlüssen bzw. der Vernetzung. Selbstverständlich lassen sich solche Fragen zwischen mehreren Betreibern vertraglich regeln. Aber Verträge machen sich nicht von selbst, sondern erfordern einigen Aufwand – sie sind mit erheblichen so genannten Transaktionskosten verbunden. Die fallen zweifellos im unternehmenseigenen zentralen Planungsbüro niedriger aus (die Friktionen großer Bürokratien einmal beiseite).

Die zeitlich befristete Ausschreibung der Bedienung bestimmter Strecken (-abschnitte) ist auch nicht ganz unproblematisch, wie man vor allem aus der ersten Phase der Privatisierungen in Großbritannien weiß: Der Betreiber braucht Rollmaterial, das sich amortisieren können muss, während die Konzession läuft. In dieser Zeit hält der Betreiber aber ein Monopol, dessen Laufzeit im Interesse der Qualität des eingesetzten Materials nicht zu kurz bemessen sein darf. Es ist nun einmal so: Die Zielfunktionen (nicht nur) einer optimierenden Verkehrspolitik sind komplex. Es gilt immer Austauschbeziehungen (so genannte „trade-offs“) zu beachten.

Die Europäische Union macht bezüglich der Eisenbahnpolitik m.E. nicht immer eine glückliche Figur: Sie propagiert und fördert den Wettbewerb (in Märkten und um die Märkte), sie sorgt sich um „transeuropäische Netze“, aber bei der Harmonisierung der technischen Ausrüstung, bei der Potential für „economies of scale“ (Skaleneffekte) reichlich vorhanden wäre, ist sie zurückhaltend: Kein unerheblicher Kostenfaktor, wenn man bedenkt, dass beispielsweise für die notwendige Freizügigkeit in der Verwendung Elektrolokomotiven für unterschiedliche Stromsysteme, unterschiedliche Sicherheitssysteme und unterschiedliche Arten der Fahrdrabtverlegung geeignet sein müssen. Man stelle sich das einmal für die Flugleiteinrichtungen, Start- und Landehilfen im Flugverkehr vor!

Man kann Vieles von dem, was hier angemerkt wurde, mit Partikularinteressen erklären, seien sie privater (also etwa einzelunternehmerischer) oder staatlicher Natur. So genanntes „Rentenstreben“ charakterisiert die Politische Ökonomie als den Einsatz jener als bedroht angesehener Überschüsse zur Verteidigung der eigenen Marktposition, welche naturgemäß von jener des (vollständigen) Wettbewerbs zum eigenen Vorteil abweicht.

Unter den Desiderata, die man im öffentlichen Interesse formulieren kann und soll, sind die bei den folgenden von besonderer Dringlichkeit:

- Dasjenige, welches allen ins „Stammbuch“ geschrieben werden muss, die sich gegen Ausbaupläne der Bahn sträuben: Große und aufwändige Investitionsvorhaben, wie jenes des Bahnbauens, können leicht Opfer des „Echo-Effekts“ werden, wenn nämlich der Zeitpunkt der Erneuerungsinvestitionen verpasst wird, und das bestehende System dysfunktional und damit erhaltungskostenintensiv wird. Die Erneuerungsinvestitionen sollen dann die Möglichkeiten des technischen Fortschritts nutzen. Ersatzinvestitionen auf dem technischen Stand der ursprünglichen Investition sind kontraproduktiv: Positive Beispiele in Österreich sind neben der Neubaustrecke zwischen Wien und Linz aus früheren Zeiten der Ausbau der Schoberpass-Strecke, die Tauern-Südrampe und als Musterbeispiel in unserem Nachbarland Italien die Verbindung durch das Kanaltal nach Tarvis, welche die alte „Poretana“ ersetzt – und aus partikularistischer Obsession nicht ausreichend genutzt wird.
- Das zweite Desiderat lautet, dass es völlig kontraproduktiv ist, der Bahn ihre Kollektivguteigenschaften absprechen zu wollen: Sie ist in gewisser Weise „natürliches Monopol“, also eines, das bis zu einer bestimmten Kapazitätsgrenze sinkende Durchschnittskosten der Nutzung aufweise. Und zugleich besteht ein Netzwerkeffekt. Der Rückbau von Teilen des Netzes mag vordergründig Kosten-Nutzen-Rechnungen standhalten. Aber der Rückbau jedes Elements des Netzes muss Spillover-Wirkungen hervorrufen, weil Verbindungsmöglichkeiten verloren gehen und mit zeitlicher Verzögerung auf die Nachfrage durchschlagen werden. Potentiell wird dadurch der Veränderung des Modal-Split zugunsten des Lkw Vorschub geleistet.

Apropos Modal-Split: Es ist höchstwahrscheinlich nicht so, dass die korrekte Anlastung der Wegekosten den größten Einfluss darauf hat. Es sind ungleiche Logistikkosten, welche im Vordergrund stehen. Es bietet sich an, eingehendere Untersuchungen anzustellen, wie die konkurrierenden Systeme besser zu komplementären Systemen gestaltet werden können, und dies nicht auf Bezirksebene, sondern unter Bedachtnahme auf die Kollektivguteigenschaften leistungsfähiger, unter Einschluss der Umwelt sowie wohlfahrts-optimierender Verkehrs- und Transportsysteme möglichst auf supranationaler Ebene – das Subsidiaritätsprinzip gilt nämlich symmetrisch in beide Richtungen!

# Transitunterstützung als Aufgabe des Bundesheeres?

Rudolf STURMLECHNER

## 1. Aufgabenstellung

Ein Mail des US-Verteidigungsattachés (USAVA) vom 22. September 2016 an die Attachéabteilung des Bundesministeriums für Landesverteidigung (BMLV/Att) brachte einen umfangreichen Beurteilungsprozess in Gang. Der USAVA ersuchte um Genehmigung und Unterstützung eines Transits durch Österreich von bis zu dreitausend amerikanischen Militärfahrzeugen. Geplant sei für Juli 2017 die US-Übung „Saber Guardian 2017“ (SG17) in Ungarn, Rumänien und Bulgarien unter Leitung durch die US-Army Europe (USAREUR) und daher müssten manche der in Deutschland stationierten US-Truppen auf dem Weg nach Ungarn Österreich durchqueren.

Aufgrund des doch national und international zu erwartenden hohen Interesses mussten Inhalt und Wortwahl der Antwort an den USAVA wohl überlegt und mit den nationalen Gesetzen und Bestimmungen in Einklang gebracht werden. In Betracht kämen die generelle Zustimmung, die Zustimmung unter Auflagen oder das Verbot des Transits durch Österreich; die US-Truppen könnten das tschechische und slowakische Staatsgebiet zum Transit nach Ungarn nutzen.

### 1.1 Zuständigkeit

Die generelle Zuständigkeit des BMLV ergab sich aus § 2 (1) des Truppenaufenthaltsgesetzes (TrAufG) BGBl. I Nr. 57/2001 idgF: „Soweit nicht völkerrechtliche Verpflichtungen oder überwiegende außenpolitische Interessen der Republik Österreich entgegenstehen, ist der Bundesminister für Landesverteidigung und Sport im Einvernehmen mit dem Bundesminister für europäische und internationale Angelegenheiten ermächtigt, den Aufenthalt von Truppen zu gestatten.“

Erster Ansprechpartner für den Transit zur SG17 war der USAVA; daher fand die erste Besprechung in der US-Botschaft in Wien bereits am 8. November 2016 statt - mit dem USAVA und einer Delegation der USAREUR aus Wiesbaden.

### 1.2 Erwartungen

Man erwartete sich vom BMLV eine in manchen Bereichen signifikante Unterstützung für den Transit auf allen Verkehrsträgern (Straße, Schiene, Luft, Schiff). Konkret erwünscht ist die Unterstützung beim Durchmarsch durch Österreich (Transitunterstützung) in Form von Host Nation Support jeglicher Art (HNS mit Verkehrsleitung,

Unterkunft, Verpflegung, Betankung, Sanitätsversorgung, Sicherheit usw.), falls ein Aufenthalt von US-Truppen in Österreich erforderlich ist. Es stellte sich hiezu bald heraus, dass militärische Kolonnen für die Fahrt von der deutschen Grenze bei Suben bis zur ungarischen Grenze bei Nickelsdorf (340 km) zumindest einmal aufgetankt werden müssen und zumindest eine lange Ruhepause oder eine Nächtigung benötigen.

Die Folgerung dazu war bald entschieden: Das BMLV wird den US-Kolonnen die Betankung, die Ruhepause und die Nächtigung in den Kasernen entlang der vorgesehenen Marschroute ermöglichen. Es wäre unverständlich gewesen, diese Unterstützung zu verweigern und die US-Fahrzeuge auf diversen Autobahnparkplätzen zu betanken und nächtigen zu lassen. „Rest over Night in a Safe Haven“ (RON) galt es für die US-Truppen sicherzustellen.

### 1.3 Federführung im BMLV

Angesichts des konkreten Bedarfs an Transitunterstützung bzw. HNS fiel die Entscheidung über die federführende Abteilung seitens der betroffenen Sektionen III (Rüstungssektion) und IV (Einsatzsektion) rasch auf die Quartiermeisterabteilung der Sektion III (BMLV/Qu).

Die Quartiermeisterabteilung hatte sich somit federführend der SG17 zu widmen (strategische Planung und Führungsverfahren) und die erforderlichen Unterlagen und Informationen „aktiv“ einzuholen: allgemeine rechtliche Grundlagen inkl. Betrachtung der Frage der Neutralität, Verantwortlichkeiten des BMLV für fremde Truppen, Unterstützungsmöglichkeiten für den Transit und den Aufenthalt von US-Convoys, bestehende Abkommen mit den USA usw.

## 2. Entscheidung

Der Umfang des Transits und die wahrscheinlich hohe nationale und internationale Beachtung in den Medien, in der Politik und in der Bevölkerung erforderten einen ranghohen Entscheidungsträger in der politischen Ebene. Der Transit wurde schließlich durch den Bundesminister für Landesverteidigung und Sport gemäß Truppenaufenthaltsgesetz im Einvernehmen mit dem Außenministerium genehmigt. „Seitens HBM wird zugestimmt, diese Transite im Jahre 2017 zu bewilligen. Diese Bewilligung erfolgt unter der Maßgabe, dass die Transite zum Zweck der Teilnahme an einer Übung in den Ländern Rumä-

nien, Bulgarien und Ungarn durchgeführt werden und die Truppen, Fahrzeuge und Material nicht in einem Konfliktgebiet (z.B. Ostukraine) zum Einsatz kommen.“

### 3. Planung

#### 3.1 Truppenstatut

Als wichtigste Grundlage für eine Kooperation mit den USA ist das „Truppenstatut“ („Status of Forces Agreement“ SOFA) zu nennen. Das „Übereinkommen zwischen den Vertragsstaaten des Nordatlantikvertrags und den anderen an der Partnerschaft für den Frieden teilnehmenden Staaten über die Rechtsstellung ihrer Truppen samt Erklärungen Österreichs“ (BGBl. III Nr. 136/1998) übernimmt das NATO-SOFA „Abkommen zwischen den Parteien des Nordatlantikvertrags über die Rechtsstellung ihrer Truppen“ (BGBl. III Nr. 135/1998) als PfP-SOFA in den Rechtsbestand Österreichs. Darin sind die Rechte und Pflichten von Truppen und Soldaten im Ausland festgeschrieben; beispielsweise das Führen von Waffen und die Kennzeichnung von Fahrzeugen. Von besonderer Bedeutung ist darin die Aufforderung, „to respect the law of the receiving state“ (beispielsweise das Nachtfahrverbot und das Wochenendfahrverbot für LKW und die Schwerlasttransport-Bestimmungen).

#### 3.2 Bestimmungen für in- und ausländische Militärfahrzeuge

Die wichtigsten Bestimmungen von StVO und KFG für Militärfahrzeuge seien auszugsweise angeführt, um auf die aktuelle (unterschiedliche) Wortwahl hinzuweisen.

Nachtfahrverbot / § 42 (6) StVO: „Ausgenommen von diesem Fahrverbot sind Fahrten ... mit Fahrzeugen des Bundesheeres, die zur Aufrechterhaltung des militärischen Dienstbetriebes unumgänglich sind.“

Wochenendfahrverbot / § 42 (3) StVO: „Von den ... angeführten Verboten sind ... unaufschiebbare Fahrten mit Lastkraftwagen des Bundesheeres ... ausgenommen.“

Fahrverbotskalender (z.B. BGBl. II Nr. 110/2017) / § 2 (1) Fahrverbotskalender: „Ausgenommen sind ... unaufschiebbare Fahrten mit Lastkraftwagen, Sattelkraftfahrzeugen oder Lastkraftwagen mit Anhängern des Bundesheeres oder ausländischer Truppen, die sich auf Grund des Truppenaufenthaltsgesetzes, BGBl. I Nr. 57/2001, in Österreich aufhalten.“

Gefahrgutbeförderung / § 1 (3) GGBG: „Dieses Bundesgesetz gilt nicht für die Beförderung gefährlicher Güter ... mit Fahrzeugen, die den Streitkräften (§ 3 Abs. 1 Z 9: Streitkräfte sind

das Bundesheer sowie ausländische Streitkräfte, die sich mit Zustimmung der Republik Österreich im Bundesgebiet befinden) gehören oder der Verantwortung der Streitkräfte unterstehen.“ Anmerkung: Der generelle „Sorgfaltsmaßstab“ und die nationalen ausländischen militärischen Bestimmungen für die Gefahrgutbeförderung gelten sehr wohl!

Sondertransporte / § 97 (3) KFG: „Sondertransporte mit Heeresfahrzeugen werden unter Beachtung des § 40 Abs. 5 nach den vom Bundesminister für Landesverteidigung und Sport entwickelten Regeln für Transportabsicherung und Transportbegleitung durchgeführt. Dabei sind zivile Fahrzeuge, welche Zwecken des Bundesheeres dienen, sowie ausländische Militärfahrzeuge im Rahmen gemeinsam mit dem Bundesheer durchzuführender Einsätze, Übungen oder Ausbildungsmaßnahmen gleichgestellt.“

Kolonnenfahrt („Geschlossene Züge von Straßenbenutzern“) / § 29 (3) StVO: „Wenn eine Verkehrsregelung durch Organe der Sicherheitsexekutive nicht möglich ist, dürfen besonders geschulte und ausgerüstete Soldaten des Bundesheeres ... bei Fahrten ausländischer Militärfahrzeuge im Rahmen gemeinsam mit dem Bundesheer durchzuführender Einsätze, Übungen oder Ausbildungsmaßnahmen ... die zur Gewährleistung von Ordnung, Sicherheit, Leichtigkeit und Flüssigkeit der militärischen Marschbewegung und des übrigen Verkehrs erforderlichen Maßnahmen treffen.“

### 4. Grundlagendokumente der Quartiermeisterabteilung

#### 4.1 Internationale Grundlagen

Gemeinsame wichtige Grundlagendokumente sind die „HNS-Doktrin“ der NATO gemäß AJP4.5(B) und die „Reception, Staging and Onward Movement (RSOM) Procedures“ gemäß ATP-3.13.1(A). In der HNS-Doktrin ist u.a. das „Statement of Requirements“ (SOR) - also der Antrag auf HNS mit den drei Stufen „Initiation – Response – Acceptance“ beschrieben. In den RSOM-Verfahren ist der Bedarf und der Größenumfang eines Convoy Support Centre (CSC) dargestellt.

#### 4.2 Internationale Planungsdokumente

„Planungsweisung“ der Quartiermeisterabteilung: „Dieser Erlass zur logistischen Unterstützung und somit zur Ermöglichung des Transits von US-Truppen durch Österreich dient den beteiligten Dienststellen und Kommanden als umfassende Information über die Grundlagen und die weitere Absicht hinsichtlich der Ermöglichung eines ungehinderten störungsfreien raschen Transits

von US-Truppen durch Österreich zur Übung der USAREUR „Saber Guardian 2017“ (SG17) im Sommer 2017 nach HUN, ROU und BGR (und retour). Die beteiligten Kommanden der oberen Führung werden dadurch in die Lage versetzt, ihre Planungen vorzunehmen und ihre Absicht mit der militärstrategischen Ebene abzustimmen.“

„HNS-Response“ der Quartiermeisterabteilung: Zu jedem einzelnen Punkt der SOR-Initiation musste in der HNS-Response Stellung genommen werden, um die Art und Weise der Transitunterstützung zu detaillieren. Für Leistungen, welche das Bundesheer abgelehnt hatte, musste der Antragsteller vertragliche Lösungen in der Privatwirtschaft suchen; beispielsweise für das Errichten und Betreiben eines Convoy Support Centre (CSC), für das Betanken der US-Convoys und für das Wiederbefüllen der Tankwagen mit dem Diesel-Treibstoff F-34 (das Bundesheer verwendet F-54 für seine Räderfahrzeuge).

„Behördeninformation“ der Quartiermeisterabteilung: Den betroffenen öffentlichen Dienststellen und zuständigen Behörden (BM.I, BM.VIT, ASFINAG, Amt der Landesregierung und Landespolizeidirektion) wurde der Transit der US-Truppen mitgeteilt und über die wichtigsten Transitbestimmungen wurde informiert.

„Durchführungsweisung“ der Quartiermeisterabteilung: Der aktualisierte Sachstand zur Transitunterstützung wurde festgehalten und das Kommando Landstreitkräfte (KdoLaSK) mit der tatsächlichen Durchführung der Transitunterstützung beauftragt. Ein „National Movement Coordination Centre“ (NMCC) hat hierbei eine besondere Aufgabe und Verantwortung bei der Koordinierung aller Transporte und bei der Unterstützung aller Convoys im Sinne des SOR und der HNS-Response.

## 5. Aufträge

Die Quartiermeisterabteilung delegierte die operativen Aufgaben an das Kommando Landstreitkräfte (KdoLaSK).

### 5.1 Aufgaben des Kommando Landstreitkräfte für SG17

Mit Planungsweisung, Erfahrungsbericht zur Movement-Conference, HNS-Response, Behördeninformation und Durchführungsweisung seitens der Quartiermeisterabteilung und mit unzähligen weiteren Informationen und Bestimmungen konnte dem Kommando Landstreitkräfte (KdoLaSK) stufenweise die Verantwortung zur tatsächlichen Unterstützung des US-Transits übertragen werden.

Erforderlich dazu war auch eine temporäre personelle Verstärkung des seitens des KdoLaSK bzw. der beauftragten G4-Abteilung federführend eingeteilten „Referat für Verkehr, Transport und Kraftfahrausbildung“. Zu errichten und zu betreiben war das „National Movement Coordination Centre“ (NMCC) am Standort Belgier-Kaserne in Graz. Hier hatten alle Informationen von der strategischen Ebene BMLV (Quartiermeisterabteilung, Lagezentrum, Kommunikationsabteilung, Abwehr), von den ausländischen betroffenen Stellen (USAVA, 21st Theater Sustainment Command / 21TSC Kaiserslautern im Auftrag der USAREUR, NMCC Deutschland, NMCC Ungarn), von den benachbarten hohen Kommanden (Kommando Luftstreitkräfte und Kommando Logistik), von den inländischen behördlichen Dienststellen (Landespolizeidirektion, ASFINAG usw.) und von den unterstellten Dienststellen (Militärkommanden) zusammenzulaufen und verarbeitet zu werden. Unter anderem waren die Führungs- und die Verbindungsstruktur, die Einzelheiten der Transitunterstützung, die Belange der militärischen Sicherheit, die personelle Verstärkung usw. für das eigene Kommando, für die unterstellten Militärkommanden und für die betroffenen Kasernen anzuordnen.

### 5.2 Aufgaben der betroffenen Militärkommanden für SG17

In erster Linie waren die Militärkommanden OÖ, NÖ und B unmittelbar betroffen, da der Straßen transit zwischen Suben und Nickelsdorf geplant war. Manche Militär-Sonderzüge der USAREUR liefen aber auch über Salzburg und durch Wien, sodass auch diese Militärkommanden betroffen waren. Die Sonderzüge waren durch US-Soldaten begleitet, sonst hätte das Kriegsmaterialgesetz angewendet werden müssen.

Die Führung seitens des jeweiligen Militärkommandos (MilKdo) erfolgte aus dem (übungsweisen) aktivierten Lagezentrum oder mit dem sogenannten „Diensthabenden System“. Gemäß Anordnung KdoLaSK waren die Grenzübergänge temporär gemäß Transitplanung zu überwachen, um die US-Convoys bereits ab der Staatsgrenze „unter Kontrolle“ zu haben. Eine Begleitung bzw. Lotsung der Convoys wurde nicht angeordnet, da dies in die Zuständigkeit der US-Armee fällt. Da aber so mancher Convoy wegen falscher Routenwahl zum Teil erhebliche Verkehrsbehinderungen verursachte, wurde Eskortierung ab der Autobahnabfahrt in die zugeordnete Kaserne angeordnet - für die Strecke zur Zehner-Kaserne in Ried im Innkreis durch das Bundesheer; für die Strecke in die Ostarrichi-Kaserne in Amstetten-Schönbichl durch jene US-Soldaten, welche als

„Permanent Party“ ohnehin in der Kaserne stationiert waren, um das CSC gemeinsam mit der US-Vertragsfirma KBR zu betreiben und um die Convoys für die Ruhepause und für die Nächtigung zu empfangen und zu versorgen (bottled water, meal ready to eat, refuelling etc.)

### 5.3 Aufgaben der betroffenen Kasernkommanden für SG17

Die betroffenen Kasernen (die Zehner-Kaserne in Ried im Innkreis für Betankung, die Ostarrichi-Kaserne in Amstetten mit dem CSC für Betankung und Nächtigung und die Burstyn-Kaserne in Zwölfaxing für Betankung) hatten die Aufgabe, die zugesagte Unterstützung unmittelbar zu leisten; in Ried und Zwölfaxing beschränkte sich dies vor allem auf Zutritt und Einfahrt bei der Wache, auf Weiterleitung zur Tankstelle bzw. zum Betankungsplatz, auf die Möglichkeit zur kurzen Erfrischung und auf die Weiterleitung gemäß Marschplanung inkl. entsprechender Mitteilung an das jeweilige Militärkommando.

In der Ostarrichi-Kaserne in Amstetten war mehr zu leisten - einerseits für die US-Permanent Party (Unterkunft, Verpflegung, Verbindung und Truppenbetreuung) und andererseits für das CSC und die transitierenden Convoys; hier konkret durch Festlegung des Platzes für die Zelte und für die Container des CSC, Vorbereitung der zweiten Kaserneinfahrt auch für große Convoys und Fahrzeuge, Zuordnung der Parkflächen und des Betankungsplatzes, Ausschilderung, Verstärkung der Bewachung der Kaserne und Verbesserung der Sicherheitsmaßnahmen auch entlang des Kasernzaunes für einen „Rest over Night in a Safe Haven“.

### 6. Durchführung (Unterstützung des US-Transits)

Am 1. Juni 2017 begann der US-Transit mit einem Militär-Sonderzug aus Deutschland; mehrere dutzend Sonderzüge und Convoys, etwa 40 Hubschrauber, dutzende Autobusse, aber auch unzählige Einzelfahrzeuge folgten und verlegten über Österreich nach Ungarn. Die Convoys nutzten das CSC in Amstetten gerne, um aufzutanken und sich auszuruhen. Die höchste Anzahl an Nächtigungen in Amstetten betrug knapp 300 Soldatinnen und Soldaten in den letzten Tagen vor dem Beginn der Saber Guardian-Übungsserie; also zwischen 4. und 8. Juli 2017.

Das NMCC in Graz steuerte konkret die Straßen Transporte und veranlasste anhand der Informationen vom NMCC der Deutschen Bundeswehr und von den Grenzübergängen die erforderlichen Maßnahmen des Bundesheeres.

Der Rückmarsch aus dem Übungsraum zurück nach Deutschland begann am 24. Juli 2017 unmittelbar nach Übungsende. Da dafür nur mehr wenige Convoys bzw. Fahrzeuge für den Straßen transit geplant waren, wurde ab dem 27. Juli 2017 durch die US-Vertragsfirma KBR das Convoy Support Centre in der Ostarrichi-Kaserne schrittweise abgebaut. Die Rückgabe des genutzten Geländes in der Ostarrichi-Kaserne vom Kommandanten der US-Permanent Party an das MilKdoNÖ bzw. an das Kasernkommando erfolgte am 7. August 2017 anstandslos.

### 7. Nachbereitung

Die „Final Billing Conference“ konnte daher in weiterer Folge am 24. August 2017 plangemäß in der Hesser-Kaserne am Militärkommando NÖ in St. Pölten unter Leitung BMLV/Qu und G8/KdoLaSK stattfinden. Nach Prüfung der vorhandenen Unterlagen (z.B. Übersichten und Lieferscheine) erfolgte schlussendlich die Bestätigung (Unterschrift) der empfangenen Leistungen durch den Chief International Logistics des 21TSC, sodass die Abschlussrechnung durch G8 / KdoLaSK erstellt und dem USAVA in Wien zur Weiterleitung an das 21TSC zwecks Bezahlung übermittelt werden konnte.

Auch die zusätzlichen kurzfristig beantragten Leistungen des Bundesheeres im Zuge einer Sicherheitslandung eines US-Hubschraubers UH-60 am 27. Juli 2017 in Schenkenbrunn (Bezirk Krems) wurden anstandslos in die Verrechnung integriert.

### 8. Erläuterungen und Bemerkungen

#### 8.1 Nutzen für das Bundesheer

Die Unterstützung für eine fremde Truppe ist nur unter bestimmten Voraussetzungen möglich; diese Unterstützungsmaßnahmen müssen den Aufgaben des Bundesheeres dienen - konkret der Vorbereitung zur „Militärischen Landesverteidigung“ als Teilbereich des Artikel 79 des Bundes-Verfassungsgesetzes. Bei einer gemeinsamen Ausbildung und Übung ist klar ersichtlich, dass diese Ausbildungstätigkeit der Vorbereitung auf die „Militärische Landesverteidigung“ dient. Im konkreten Fall der Unterstützung des US-Transits zur SG17 war die verfassungsrechtliche Zulässigkeit dadurch gegeben, dass Planung, Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung dieser Unterstützungsmaßnahmen als Aus-, Fort- und Weiterbildung zur „allgemeinen Einsatzvorbereitung“ gemäß § 2 Abs. 2 und Abs. 3 des Wehrgesetzes dienen.

Zitat der Planungsweisung: „Die im Zuge der Planung, Vorbereitung, Durchführung und Nachbe-



reitung dieser Unterstützungsmaßnahmen gewonnenen Erkenntnisse, die diesbezügliche Erhöhung der Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten für die befassten Dienststellen und Angehörigen des Bundesheeres und der daraus gewonnene Ausbildungsnutzen dienen bzw. unterliegen der Aus-, Fort- und Weiterbildung im Rahmen der allgemeinen Einsatzvorbereitung auf die militärische Landesverteidigung gemäß § 2 Abs. 2 Wehrgesetz und folglich dem Artikel 9a und dem Artikel 79 B-VG.“

Zitat der Information Nr. 12/2017 der Kommunikationsabteilung (BMLV/Komm): „Durch die Unterstützung des Transits, etwa durch Verkehrsleitung und Logistik, kann das Bundesheer einen Mehrwert in der Ausbildung generieren. Die Unterstützung als logistische Aus-, Fort- und Weiterbildung wird als Gelegenheit für das „On the Job Training“ für das österreichische National Movement Coordination Centre (NMCC) und mitinvolvierte Truppenteile des Bundesheeres genutzt.“

## 8.2 Beschränkungen für das Bundesheer

Die Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten des BMLV (Anm.: Mit BGBl. I Nr. 164/2017 wurde im BMG die Bezeichnung des BMLVS auf BMLV geändert) für fremde Truppen und Soldaten sind

begrenzt - und zwar auf die militärischen Liegenschaften wie Übungsplätze und Kasernen. Außerhalb von Kasernen ist das BMLV grundsätzlich nur für die österreichischen Soldaten zuständig; das Bundesheer besitzt beispielsweise auf einer Autobahn nur für die eigenen Soldaten und Fahrzeuge Verfügungsgewalt. Für ausländische Soldaten und Fahrzeuge auf einer österreichischen Autobahn bleibt der ausländische Staat selbst verantwortlich und nur die österreichischen zuständigen Behörden und Dienststellen (z.B. Polizei und ASFINAG) dürfen bzw. müssen bei Bedarf einschreiten.

Im Falle einer gemeinsamen Übung regelt die gemeinsame Übungsleitung die Zuständigkeiten, sodass z.B. die US-Military Police eine österreichische Kolonne eskortiert. Im Falle des reinen Transit muss aber folglich die US-Übungsleitung bzw. die US-Kommandostruktur die Lotsung ihrer eigenen Kolonnen selbst organisieren. Die diesbezüglichen Bestimmungen der US-Armee, die Vorschriften und Bestimmungen des Bundesheeres und die österreichischen Gesetze und Verordnungen lassen hier einen gewissen Spielraum offen.



# Elektromobilität: Macht der Wandel des Fahrzeugantriebs den Verkehr umweltfreundlich?

Klaus J. BECKMANN, Helmut HOLZAPFEL, Gerd SAMMER

## 1. Jede Form der Energieerzeugung und -nutzung erfordert Aufwand

In der öffentlichen Diskussion wird die Technik des Antriebs von Pkw und Lkw in einen engen Zusammenhang mit den Veränderungen des Weltklimas und der Umwelt gebracht. Es ist ein weltweit anerkanntes Ziel, die Erderwärmung zu begrenzen. Dabei steht die Begrenzung der Emissionen von CO<sub>2</sub> nach dem Vertrag von Paris im öffentlichen Fokus. Ein weiterer zu lösender Schwerpunkt liegt derzeit auf den Stickoxyd-Immissionen durch Kraftfahrzeuge (Kfz) mit Dieselantrieb, woraus sich starke Handlungszwänge ergeben. Aus beiden Zielen resultieren Veränderungserfordernisse der Verkehrs- und Mobilitätskonzepte vor allem in Städten im Bereich der Antriebstechnologie.

Der Verkehr hat einen wesentlichen Anteil an den CO<sub>2</sub>-Emissionen. Man hat in der vergangen Zeit versucht, die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch effizientere Technik der Verbrennungsmotoren zu vermindern. Ein Weg in diese Richtung könnte u.a. der Einsatz von elektrisch angetriebenen Kfz in Verbindung mit moderner Batterietechnik, Brennstoffzellen oder Wasserstoffantrieben sein. Insbesondere diese Entwicklung wird von der öffentlichen Hand zunehmend gefördert, ist in der öffentlichen Diskussion positiv belegt und wird – daraus folgend – von der beteiligten Industrie weiter entwickelt. Es ist jedoch zu hinterfragen, inwieweit die E-Mobilität dem Gesamtziel einer umweltverträglichen Verkehrspolitik dient und mit welchen Nebenwirkungen sie verbunden ist.

Infolge der kaum mehr nachvollziehbaren Diskussionen über Abgaswerte von Dieselmotoren dreht sich die Debatte um die Zukunft des Verkehrs hauptsächlich um die Fahrzeugantriebstechniken, die entweder vorgeschrieben oder quotiert werden sollen. Das gilt insbesondere für den Elektroantrieb, dessen verpflichtende Einführung zu einem bestimmten Zeitpunkt (z.B. 2030) zu einem Schlagabtausch unter Politikern der verschiedenen Parteien führte. Es ist daher notwendig, die Bemühungen um einen effizienteren und umweltfreundlicheren Antrieb von Kfz und deren Begleitumstände wissenschaftlich umfassend zu bewerten sowie Defizite der bisherigen Debatte zu thematisieren und Perspektiven aufzuzeigen.

Es gibt immer nur spezifische und aufgrund komplexer Ketten bei der Produktion und der Nutzung von Energie schwer vergleichbare<sup>1</sup> Vorteile und Nachteile einzelner Energieträger gegenüber anderen. Je nach Standpunkt in der Debatte um künftige Energieträger werden von den verschiedenen Interessenten nur bestimmte Vorteile des einen oder anderen Energieträgers betont. Vielfach gewinnt man den Eindruck, dass bei dieser Diskussion die Gesetzmäßigkeiten der Physik außer Acht gelassen werden. So ist bei der Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Energie energetischer Aufwand notwendig, bei dem in der Regel direkt oder indirekt Schadstoffe emittiert oder nur beschränkt vorhandene Ressourcen verbraucht werden.

Es ist natürlich grundsätzlich von Vorteil, wenn zumindest ein Teil der Kfz mit erneuerbarer Energie betrieben wird (Wasserkraft, Wind-, Solarenergie). In der einschlägigen Diskussion werden jedoch oft Probleme von alternativen Antrieben (Elektrofahrzeuge) nicht beachtet. Im Folgenden wird der in der aktuellen Debatte als Alternative zum Verbrennungsmotor vorrangig behandelte Elektroantrieb auf Batteriebasis hinsichtlich einiger, aber bisher wenig beachteter Nachteile analysiert. Andere E-Antriebsformen, wie z.B. der Brennstoffzellenantrieb, werden hier nicht betrachtet, wenn auch viele der Überlegungen dafür Gültigkeit haben. Dabei werden entsprechende Defizite in den Strategien aufgezeigt, die unbedingt behoben werden müssen.

## 2. Defizite beim Vergleich von Elektroantrieb und anderen Antriebsformen

### 2.1 Vernachlässigung von Größe und Gewicht der Fahrzeuge

Es ist bekannt, dass jeder technische Fortschritt so genannte „Rebound-Effekte“ auslösen kann (vgl. etwa Santarius, Tilman, 2012). So wird beispielsweise die Energieeinsparung durch effizientere Fahrzeugantriebe zumindest teilweise durch eine intensivere Fahrzeugnutzung sowie durch Kauf und Nutzung größerer sowie schwererer Fahrzeuge mit größerer Motorleistung bei annähernd gleich bleibenden Betriebskosten kompensiert. Genau dieser Rebound-Effekt war in den zurückliegenden Jahren an der immer exzessiveren Motorisierung der Pkw zu

beobachten – mit steigenden Fahrzeuggrößen und Leistungskennziffern. Bezüglich der Einführung von Elektrofahrzeugen wird allerdings eine derartige Entwicklung bisher nicht berücksichtigt.

Obwohl heute schon absehbar ist, dass die Durchsetzungsstrategien der Autofirmen nach dem Vorbild des Tesla Modells S darauf abzielen, mit großen und schweren Wagen in den Markt für Elektrofahrzeuge einzusteigen und diese dann als „ökologisch“ zu kategorisieren, werden die entsprechenden Energieverluste durch schiere Größe<sup>2</sup> und Gewicht weder fachlich noch politisch thematisiert<sup>3</sup>. Vorschub für diese Strategie leistet die Gesetzgebung, die einerseits verlangt, vorgegebene Flottendurchschnittswerte beim Verbrauch bzw. CO<sub>2</sub>-Ausstoß einzuhalten, andererseits aber die Emissionen aus E-Antrieb zu Null und aus Hybrid-Antrieb in verfälschender Weise herunter rechnet. Auch ohne die Elektrifizierung von Kfz, aber spätestens damit, besteht ein dringender Anlass, Größe und Gewichte von Personenfahrzeugen zu begrenzen oder wenigstens zu besteuern.

## 2.2 Vernachlässigung der Beschleunigung

Elektrofahrzeuge können aufgrund der Kennlinie ihrer Motoren bei allen Drehzahlen sehr stark beschleunigen. Das wird in allen einschlägigen Publikationen fast ausnahmslos als großer Vorteil gewertet („toller Fahrspaß“ etc.) Dass die mit diesen Fahrzeugen realisierte hohe Beschleunigung aber auch Energie kostet, wird ab und zu nur am Rande erwähnt. Dass diese erhöhte Beschleunigung etwa im urbanen Umfeld gefährlich sein kann, da die Fahrzeuge sich schnell und geräuschlos nähern und somit Fußgängern und Radfahrern oft nicht ausreichend Zeit für Reaktionen zur Vermeidung von Unfällen bleibt, wird kaum angesprochen. Es wird auch nicht berücksichtigt, dass die höhere Beschleunigung zu einem höheren Verschleiß der Fahrbahn und der Reifen mit erhöhten Feinstaubemissionen führt. Eine – technisch problemlose – Begrenzung des Beschleunigungsvermögens von Elektrofahrzeugen ist deshalb dringend erforderlich<sup>4</sup>, aber auch aus Sicherheitsgründen, da das Reaktionsvermögen der Autofahrer einer immer älter werdenden Gesellschaft zukünftig abnehmen wird.

## 2.3 Benutzung des Terminus „emissionsfrei“ oder „lokal emissionsfrei“ für Automobile

Bisher wurde häufig betont, dass Elektrofahrzeuge an Ihrem Einsatzort (z.B. in Innen-

städten) keine Emissionen verursachen, also „emissionsfrei“ seien. Nach den Gesetzen der Physik ist ein emissionsfreies Bewegen großer Massen nicht möglich. Der Tatsache, dass der Strom an einem entfernten Ort produziert wird und dort ggf. „indirekte Emissionen“ entstehen, wird lediglich insofern Rechnung getragen, als von „lokal emissionsfreien“ Fahrzeugen gesprochen wird<sup>5</sup>.

Doch auch diese Bezeichnung ist unzutreffend. Tatsache ist, dass die besonders gefährlichen Emissionen, nämlich Feinstaub, auch beim Betrieb von Elektrofahrzeugen lokal entstehen. Der aufgrund der aktuellen Debatten um den Dieselmotor gut untersuchte Straßenquerschnitt am Neckartor in Stuttgart, wo die Feinstäube bis zurück zur Quelle analysiert wurden, zeigt z.B., dass mindestens 85 % der emittierten Feinstäube der Größe PM 10 nicht aus den Motoren kommen. Es handelt sich auch hier um eine komplexe Problematik<sup>6</sup>. Entsprechende Ergebnisse der Messungen der Landesanstalt für Umwelt- und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) finden sich stets aktualisiert auf der Internetseite der Landesanstalt. Eine gute Zusammenfassung der Erkenntnisse liefert ein Artikel von Christof Vieweg<sup>7</sup>.

## 2.4 Vernachlässigung des Energieverbrauches von Elektrofahrzeugen oder entsprechend der elektrisch zurückgelegten Distanzen von Fahrzeugen mit „Plug in Hybrid“

„Auch für Elektroautos müssen Effizienzstandards eingeführt werden, um zu verhindern, dass kostbarer Ökostrom verschwendet wird“ fordert völlig zu Recht der für die Deutsche Umwelthilfe forschende ehemalige Abteilungsleiter des UBA, Axel Friedrich, in einem Interview<sup>8</sup>.

Ökostrom ist weder zeitlich, noch lokal grenzenlos vorhanden. Nachts bei Windstille ist jede Kilowattstunde besonders wertvoll (dazu später mehr). Dennoch so zu tun, als sei der Verbrauchswert letztlich irrelevant – wie es Ausdrücke wie „Null-Emission“ oder „Zero-Energy“ suggerieren - hat schwerwiegende Folgen. Da dies auch in den offiziellen Verbrauchswerten so übernommen wurde, lohnt es sich natürlich für Hersteller, gerade große und schwere „Verbrenner“ mit hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen durch entsprechend große und schwere (oder noch schwerere) Elektrofahrzeuge zu ersetzen, da sich dann der „Flottenverbrauch“ für die Marke effizient reduziert.

Besonders negativ wirkt sich die Regelung bei „Plug in Hybrid“-Fahrzeugen aus, die im praktischen Betrieb nur dann niedrige Verbrauchs-

werte von Verbrennungskraftstoff erreichen, wenn oft genug „elektrisch“ nachgeladen wird. Selbst der angegebene und im Flottenverbrauch so gerechnete Benzin-/Dieselverbrauch ist durch Überschätzung der elektrisch gefahrenen Strecken, die ebenfalls mit „Zero“ einbezogen werden, hoch unrealistisch. Dabei bleibt die Frage der Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Elektrizität und der spezifischen Verluste ungeklärt. Auch die Verfügbarkeit ausreichender Kapazitäten der Stromnetze für Ladeinfrastrukturen ist nicht automatisch gegeben.

Dringend erforderlich ist die Einführung einer genormten Menge für die CO<sub>2</sub>-Gesamtemissionen.

Ein Effizienzstandard für Elektrofahrzeuge könnte etwa der CO<sub>2</sub>-Äquivalenzwert<sup>9</sup> der im RDE-Test verbrauchten Elektroenergie sein. Er wäre auch für „Plug in Hybrid“-Fahrzeuge ein ausreichender Orientierungswert, weil er damit generell den ungünstigen zusätzlichen Benzinverbrauch aufgrund ihres höheren Gewichtes annähernd wiedergibt. Auch die in der EU-Gesetzgebung festgesetzten Höchstwerte müssen in dieser Einheit mit realistischer – und nicht in unerreichbar niedriger - Größenordnung angegeben werden.

### **3. Irrtümer und Fehleinschätzungen bezüglich der Energiebereitstellung**

#### **3.1 Energiebereitstellung für Elektrofahrzeuge kein Problem**

Schon oben wurde erwähnt, dass Ökostrom eine wertvolle Energie ist. Die räumlich und zeitlich unbegrenzte Verfügbarkeit ökologisch erzeugter Elektrizität in jeder gewünschten Menge wird auf absehbare Zeit nicht möglich sein. Zudem gibt es andere Nachfrager nach dieser Energie, etwa im Sektor Raumheizung, wenn das Ziel, CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 völlig zu vermeiden, eingehalten werden soll. Vor allem der Heizenergiebedarf wird auch direkt, insbesondere in Winternächten – trotz Nachtabsenkung – mit dem Energiebedarf für die Aufladung von Fahrzeugen konkurrieren. Das Szenario einer Winternacht ohne Wind im Jahr 2050 zeigt z.B., dass erhebliche Investitionen in Speichereinrichtungen erforderlich sein werden, wenn durchgehend ökologisch erzeugte Elektrizität verfügbar sein soll – und das auch schon ohne die Berücksichtigung des Energiebedarfs von Elektroautos. Neben den Speichereinrichtungen ist allein aufgrund der räumlich vom Verbrauchsort entfernten Produktionsmöglichkeiten von Ökoenergie ein umfassender Netzausbau notwendig, um die Versorgung zu sichern. Viele Ortschaften sind aktuell mit zu niedrigen Anschlusswerten ausgestattet. Es fehlen integrierte Konzepte der Erzeugung, der großräumigen und dezentralen Verteilung, der Speicherung und der

speicher-orientierten Umwandlung (to-liquid / to-gas ...)

Alein die Erzeugung der Gesamtmenge an Energie für Elektrofahrzeuge ist nicht unproblematisch<sup>10</sup>, wenn man unterstellt, dass der bisher verbrauchte fossile Treibstoff vollständig durch Elektroenergie substituiert werden soll. Dennoch sollte es hier mit entsprechenden Anstrengungen – die allerdings sofort beginnen müssten – Möglichkeiten geben, zumal das Szenario „Alle haben ein Elektroauto“ so schnell nicht Realität werden wird.

#### **3.2 Vernachlässigung lokaler und zeitlicher Spitzen der Energienachfrage für E-Mobile**

Die gegenwärtige Diskussion um E-Mobile und E-Mobilität wird vorwiegend von Betriebswirten und Autotechnikern geführt und kaum von Verkehrsplanern, die seit Jahrzehnten die Zusammenhänge zwischen Siedlungsstruktur und der Verkehrsnachfrage mit ihren Veränderungen im tages-, wochen- und jahreszeitlichen Ablauf mit ihren besonders problematischen räumlichen und zeitlichen Spitzen zum Forschungsgegenstand haben. Gäbe es diese Spitzen im Verkehrsaufkommen nicht, kämen wir mit viel weniger Straßen- und Verkehrsraum aus. Die Bewältigung der räumlichen und zeitlichen Spitzen in der Verkehrsnachfrage stellt ein besonderes Problem dar, und das schon ohne geplante Abschaltung aller Kohle-, Gas- und Atomkraftwerke. Dazu fehlen tragfähige Konzepte mit umfassenden Betriebs- wie auch Entwicklungsstrategien.

Den Bemühungen, die Spitzenstunden zu nivellieren, sind - der Alltag zeigt es - enge Grenzen gesetzt. Maßnahmen, wie zeitabhängige Gebühren für die Nutzung von Straßenraum oder Ladeelektrostrom haben immer auch soziale Folgen: Vermögende Menschen können fahren oder laden, wann immer sie wollen, während das für Haushalte mit geringem Einkommen nicht gilt. Ein gleichberechtigter Zugang zur Infrastruktur ist jedoch Teil der Daseinsvorsorge und der sozialen Teilhabe. Daher sind preisliche Maßnahmen nur unter Beachtung sowie Kompensation ihrer sozialen Auswirkungen vertretbar.

Nicht nur saisonal an bestimmten Tagen im Urlaubsreiseverkehr und im Freizeitverkehr an bestimmten Wochenenden, sondern auch zu bestimmten Stunden im täglichen Berufsverkehr treten räumlich und zeitlich extreme Spitzen im Verkehrsaufkommen und somit auch in der Nachfrage nach Elektroenergie für Automobile auf, die in Zukunft nicht einfach abgedeckt werden kann. Ansätze, die vor allem die nächtlichen Ladevorgänge entlasten („Charge at Work“) und im Stromnetz bereits gut versorgte Standorte

nutzen, sind in Entwicklung. Für diese Maßnahmen und die Infrastrukturentwicklung sind jedoch hohe Kosten zu erwarten.

Da der Ladestrom also keineswegs originär „aus der Steckdose“ kommt, werden alle Maßnahmen, die das Verkehrsverhalten betreffen, Automobile in der Nutzung sparsamer oder ihre Nutzung sogar entbehrlich zu machen, durch den Prozess der Elektrifizierung in ihrer Bedeutung noch wichtiger als heute schon. Nicht außer Acht zu lassen ist die europäische und international zu erwartende Entwicklung und Nachfrage nach motorisierten Verkehrsmitteln, die noch weit von einer Sättigung entfernt ist.

3.3 Elektroautos benötigen keine zusätzlichen Energiespeicher im Netz, da sie selber Energiespeicher sind und als solche genutzt werden können

Eindrucksvoll wird immer wieder dargelegt, die Batterien der Elektroautos seien in einem intelligent gesteuerten Elektronetz („smart grid“) doch selbst als Speicher nutzbar. Daher seien große Fahrzeuge mit großen Batterien eher die Lösung als das Problem. Dabei wird übersehen, dass der zeitliche Verlauf des Energiebedarfs für Kraftfahrzeuge mit hoher Wahrscheinlichkeit dies nicht erlaubt: Morgens soll das Elektroauto vollgeladen sein, daher kann es nachts nicht Energie für Licht und - vor allem im Winter - für Heizung und Warmwasser abgeben. Wenn morgens nicht die volle Reichweite zur Verfügung steht, kann möglicherweise das gesamte Tagesprogramm nicht umgesetzt werden.

Die Spitzen der Elektroenergieerzeugung in bestimmten Räumen, etwa die Überschüsse der Windenergie in Norddeutschland, können heute bei weitem noch nicht im Netz in andere Räume, beispielsweise nach Süddeutschland, weitergeleitet werden. Alle Computer eines „smart-grid“ können die Energie einer vollen Batterie eines Fahrzeuges in Kiel nicht nach München schicken, wenn das die Kapazitätsgrenzen des Stromnetzes nicht erlauben. Deshalb muss ein umfassendes Optimierungskonzept, das die zeitliche und räumliche Verteilung der Energieerzeugung, des Energietransportes über Netze und der Energiespeicherung mit der Nachfrage nach Energieverbrauch für Verkehr, Raumheizung, Industrie etc. systemwirksam auf europäischer Ebene erstellt, finanziert und umgesetzt.

#### 4. Konsequenzen

Jede Form von Kraftfahrzeugantrieb verursacht Probleme, das gilt auch für den Elektronantrieb. Erhebliche Anstrengungen müssen national, europäisch und international so bald wie möglich

eingeleitet werden, wenn der E-Antrieb eine konkurrenzfähige sowie ökologisch und sozial verträgliche Mobilität gewährleisten und die Zukunft des E-Antriebes gesichert werden soll. Diese Probleme resultieren insbesondere aus den Ansprüchen hinsichtlich Gewicht, Geschwindigkeit und Beschleunigung der Fahrzeuge einerseits und dem tatsächlichen Energieverbrauch sowie Verkehrsverhalten andererseits.

Einen weiteren Problembereich stellen fraglos die Aufwendungen für Herstellung und Erhalt der Infrastruktur sowie der Energieverbrauch bei der Produktion und Entsorgung von Fahrzeugen und Batterien dar.

Eine Zukunft ohne CO<sub>2</sub>-Emissionen des Kfz-Verkehrs lässt sich definitiv nicht erreichen, wenn von einem Motorisierungsgrad und einer Kilometerleistung in der heute in westlichen Industrieländern bestehenden Größenordnung ausgegangen wird, möglicherweise sogar noch mit Fahrzeugen mit höherem Gewicht und höherer Beschleunigung. Wenn wir den heutigen Motorisierungsgrad in westlichen Industrieländern nur zur Hälfte auf die ganze Welt übertragen, würde die Anzahl der Fahrzeuge auf dem Planeten schon bald von der eben erst erreichten einen Milliarde auf zwei Milliarden Fahrzeuge steigen. Bei Übertragung des vollen Motorisierungsgrades wären es bereits heute mehr als vier Milliarden Autos, eine Anzahl, die alle Vorstellungen einer ökologischen Verträglichkeit sprengt.

Das Ziel der Umstellung des Kfz-Verkehrs auf Antriebe ohne CO<sub>2</sub>-Emissionen ist mittel- und langfristig für den Schutz des Weltklimas und der Umwelt notwendig. Dabei sollten aber die bisherigen Fehleinschätzungen bezüglich des Elektroantriebes vermieden werden. Ohne eine verkehrsreduzierende Siedlungs- und Verkehrsinfrastrukturplanung ist jede zukünftige denkbare automobiler Fortbewegung - auch die elektrische<sup>11</sup> - mit einer global untragbaren Belastung verbunden. Eine Debatte über eine andere Siedlungs- und Verkehrsinfrastrukturplanung, insbesondere auch mit verbesserten Konzepten für den nicht-motorisierten und den öffentlichen Verkehr, aber auch das Problem der nicht vorhandenen Kostenwahrheit für den Verkehrsnutzer, ist daher unbedingt im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung notwendig, genauso wie eine Debatte über Antriebstechniken der Fahrzeuge. Dies ist unpopulär und daher ein verkehrspolitisches Tabu-Thema.

Insgesamt gesehen bedarf es einer Einbindung der Entwicklung von Antriebstechnologien in integrierte Verkehrskonzepte, die nicht nur auf technologischen Innovationen beruhen dürfen, sondern auch Nachfrage- und Verhaltensände-

rungen sowie eine verkehrspolitische Steuerung zur Erreichung der definierten Ziele (z.B. CO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Reduktion) berücksichtigen müssen. Dabei müssen Handlungsansätze zur Reduktion des Verkehrsaufwandes („Suffizienz“) die Handlungsstrategien der Verbesserung der „Effizienz“ und der modalen Verlagerung („Konsistenz“) ergänzen. Auch eine Elektrifizierung von Zweirädern, Lieferfahrzeugen/Lastkraftwagen sowie von derzeit fossil angetriebenen öffentlichen Verkehrsmitteln ist zu integrieren.

#### Verweise:

- 1 Durchaus wesentlich in der Produktionskette von Energie (inklusive Energiespeicher) sind auch soziale Faktoren wie Kinderarbeit, Ölförderung in Naturschutzgebieten etc. Diese werden hier, obwohl durchaus relevant nicht näher behandelt.
- 2 Der Energieaufwand steigt überproportional mit der Größe der Frontfläche.
- 3 Daneben sind Effekte wie der Straßenabrieb zu beachten. Die Straßenzerstörung steigt, grob kalkuliert („Cambridge Road Formula“), mit der 4. Potenz der Achslast, ein doppelt so schweres Fahrzeug verursacht danach um einen Faktor 16 mehr Schäden.
- 4 Sicher wird auch außerorts das Reaktionsvermögen der immer älteren Personen am Steuer in vielen Fällen den möglichen Beschleunigungen nicht gewachsen sein.
- 5 Ein Vergleich der Emissionen bei der Produktion von Strom mit denen bei der motorischen Verbrennung wird hier nicht vorgenommen, die Literatur dazu ist so vielschichtig wie die auch hier unterschiedlichen Sichtweisen.
- 6 Je nach Partikelgröße können wieder Unterschiede auftreten, die etwa auch aufgeladene Benzinmotoren als Verursacher in den Fokus bringen.
- 7 Vieweg, Christof: Feinstaub – Die Motoren sind nicht das Problem, in ZEIT-online (2017).
- 8 vgl. Friedrich, Axel (2017).
- 9 Nach dem jeweils aktuellen Energiemix, damit generell auch ein Impuls für den Ausbau ökologischer Energieproduktion entsteht.
- 10 Vgl. die sicher durchaus in den Einzelheiten diskutierbare, aber in der Schilderung der Problematik völlig korrekte Darlegung des Physikers Vince Ebert (2017) in „Spektrum der Wissenschaft“, der auch auf die zu erwartenden Spitzenbelastungen hinweist.

11 Einige Publikationen, die die Abschaffung des Verbrennungsmotors stattdessen in den Mittelpunkt der Argumentation stellen, sind daher hoch zweifelhaft. Ein genaues Lesen, etwa der Studie des Wuppertal-Institutes für Greenpeace (Rudolph. F. et al, 2017), in der die Abschaffung der Verbrennungsmotoren gefordert wird, offenbart, dass als Voraussetzung für diese Abschaffung für 2035 weniger als die Hälfte der heutigen Motorisierung, leichtere Autos, ein gewaltiger Zuwachs des ÖV und eine Verkürzung der Wege angenommen werden. Das genau sind aber die schwierigen Punkte, die in der Studie höchst unzureichend problematisiert werden. Desgleichen zeigt eine gesamtwirtschaftliche Bewertung der Elektromobilität eine Reihe von nicht außer Acht zulassenden Fragen auf (Raich u. et al, 2012).

#### Quellen:

- Ebert, Vince Was wäre, wenn wir alle elektrisch fahren würden? Spektrum der Wissenschaft, 19.03.2017, im Internet: <http://www.spektrum.de/kolumne/was-waere-wenn-wir-alle-elektrisch-fahren-wuerden/1441400> am 05.09.2017 um 12:05.
- Friedrich, Axel „Das ist nicht machbar“ Interview mit Joachim Wille in der Frankfurter Rundschau 17.08.2015, im Internet: <http://www.fr.de/wirtschaft/dieselskandal-das-ist-nicht-machbar-a-1332659> am 05.09.2017 um 13:30.
- Rudolph, Frederic et al. Verkehrswende für Deutschland - Der Weg zu CO<sub>2</sub>-freier Mobilität bis 2035. Studie des Wuppertal-Institut für Greenpeace, Wuppertal, 2017, im Internet: <https://www.greenpeace.de/presse/publikationen/verkehrswende-fuer-deutschland> am 07.09. 13:13.
- Raich, U.; Sammer, G.; Stark, J. (2012): Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Elektromobilität. e & i Elektrotechnik und Informationstechnik, 3.2012, 162-166; ISSN 0932-383X.
- Santarius, Tilman Der Rebound-Effekt. Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz; Impulse (Hrsg. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH) Nr. 5, Wuppertal, 2012, im Internet: <http://www.santarius.de/967/wachstum-energieeffizienz-rebound-effekt/> am 05.09. 2017 um 14:05.
- Vieweg, Christof Feinstaub - Die Motoren sind nicht das Problem, in ZEIT-online, 17.02.2017, im Internet: <http://www.zeit.de/mobilitaet/2017-02/feinstaub-motoren-luftverschmutzung-reifen-abrieb-bremsen> am 05.09. 2017 um 13:05.





# Prediction and optimization of traffic flow at toll plazas

Robert NEUHOLD, Filippo GAROLLA, Oliver SIDLA, Martin FELLENDORF

## 1. Introduction

Toll plazas are often bottlenecks on motorways leading to inhomogeneity in traffic flow. Drivers have to reduce their speed or stop their car for paying the toll. Besides the location, visibility and design of the toll plaza and the incoming traffic volume, the quality of traffic flow still depends on the driver's behavior in front of the toll plaza (speed, lane choice for payment, lane changes). Vehicles are often queuing at some lanes in front of the toll plaza while other lanes and toll gates are not congested. For example, this traffic situation can be observed on high demanded days in summer on the toll plaza Schönberg in Austria, which is in focus of this study. There is a potential to improve traffic flow and reduce travel times at toll plazas with better information to drivers or traffic management applications. There are several studies dealing with simulating and optimizing traffic flow at toll plazas which will be presented in the following.

Aycin<sup>1</sup> developed a method to estimate capacity of toll plaza in regard to payment methods and vehicle types. When demand exceeds capacity, the method of Aycin<sup>1</sup> allows an estimation of queue lengths and delay times. An application of this method at the toll plaza at the Throgs Neck Bridge over the East River in New York City led to reliable results, which also matched with simulation results of this toll plaza.

Nezamuddin and Al-Deek<sup>2</sup> modeled a toll plaza on a motorway within a greater study area including on- and off-ramps. In the simulation, different rules for lane choice in regard to the preferred payment method per vehicle type were implemented. The simulation showed a more homogenous traffic flow without queuing compared to the simulation without these implemented rules where lots of vehicles used the right lanes for cash payment. Hence, the capacity of the toll plaza could be increased up to 500 veh/h (about 15%).

Radwan and Zarillo<sup>3</sup> analysed capacity and queue lengths at toll plazas in Florida with microscopic traffic flow simulation using the SHAKER method. SHAKER is a macroscopic deterministic queuing model for toll plazas developed by the Center of Advanced Transportation Systems Simulation at the University of Central Florida and is described in Schmitt<sup>4</sup>. Radwan and Zarillo<sup>3</sup> calibrated the SHAKER model by using real data from sever-

al toll plazas in Florida to estimate capacity and queue lengths for different types of toll plazas.

Bains et al.<sup>5</sup> used microscopic simulation to model traffic flow at a particular toll plaza. The model was calibrated with real data from the toll plaza. Two different scenarios to optimize operations at toll plaza were applied: a Number Plate Recognition System increased throughput up to 12% while a segregation of cars and other vehicles increased throughput up to 15% during peak hour. There are several other studies dealing with toll plazas focusing on facility behavior<sup>6</sup>, throughput maximization<sup>7</sup>, macroscopic model based delay estimation<sup>8</sup> and level of service calculation<sup>9</sup>, model development for delay<sup>10</sup>, driving behavior<sup>11</sup> and its transferability to other toll plazas<sup>12</sup>.

Artificial neural networks (ANNs) are frequently applied models to solve the traffic prediction problem. They are mostly used, and well established, for prediction of short term traffic<sup>13,14</sup> (for a comprehensive overview), but rarely for the optimization of traffic flow. ANNs in the context of visual LOS estimation are increasingly used for object detection – the current research field of Deep Learning enables new applications because this type of networks performs high detection rates combined with low false negative rates<sup>15, 16</sup>. Currently their main disadvantage is that they are to computationally intensive than to perform in real-time on CPU implementations. They need to rely on the computing power of large servers or GPU acceleration in order to become fast enough.

Despite the ubiquity of traffic cams, the video based measurement of traffic flow resp. level of service (LOS) is still not wide spread today. A reason for this is mainly the complexity of the associated image processing algorithms. Most of the published algorithms rely on background modeling to register presence of vehicles on a road. The advantage of such methods is their efficient use of CPU resources and thus the ability to easily operate in real-time. A disadvantage of those comparatively simple algorithms is that varying outdoor conditions make robust long-term operation a challenging task in terms of both missed detections and false alarms. Intelligent state-of-the-art computer vision algorithms are therefore needed.

This study is focusing on optimizing traffic flow at the toll plaza Schönberg on the Austrian motorway A13 (state of Tyrol) and was carried out

within the Austrian research project VaMOS. This toll plaza is queuing at some lanes, but often not all lanes, in high demanded days in summer. The toll plaza is located in a challenging section due to 5% gradient, low curve radius and a tunnel next to the toll plaza. These surroundings make it difficult for drivers to orientate and choose the best lane, especially in direction South to Italy where the toll plaza is not visible. Especially in peak times (e.g. holiday traffic in summer) there is an unbalanced choice of lanes.

## 2. Methodology

This study is aimed to predict and optimize traffic flow at the toll plaza Schönberg. The results of these two objectives are presented later in section 3. Here in section 2, the methods and processes are explained to achieve these results. First, an overview of the methodology, and then, traffic prediction, field test, simulation framework and optimization algorithm will be presented.

### 2.1 Overview

The study approach with the several processes is shown in Figure 1. The key element is a traffic flow model of the toll plaza. The inputs for this model are handling data from the toll plaza, camera videos from the field test and results of traffic demand prediction. The prediction is structured into Trend, Long-Term and Short-Term prediction. An optimization algorithm was developed and implemented in the traffic flow model. Simulations with and without optimization will be conducted to figure out the impact of optimization demonstrated with key indicators like travel times and queue lengths.

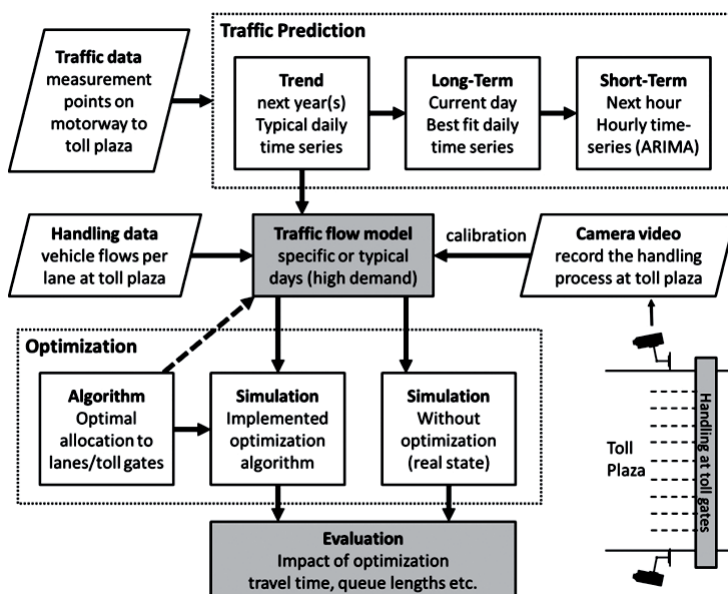


Figure 1: Study approach to predict and optimize traffic flow at toll plazas

### 2.2 Traffic Prediction

The prediction model is based on a three level approach and uses data from measurement points (local detectors) on motorway sections upstream the toll plaza. The aim of the first level (trend prediction) is to generate typical daily time series of traffic volume by using cluster analysis methods. Hourly traffic flows from local detectors in direction to the toll plaza Schönberg over a period of three years are used as input data. The hourly data of each day from six measurement points was formed to daily network time series in direction to the toll plaza. Two measurement points were on the motorway A12 east of the city of Innsbruck, two of them west to Innsbruck and finally, two on the motorway A13 south to Innsbruck, where one is located next to the toll plaza about 300m upstream (MQ\_A13\_1\_010.368). The clustering was realized with a similar to k-means algorithm. The results are merged subsequently with the annual calendar (aggregate days of the year with similar daily time series) to provide a daily prediction in case of expected hourly traffic flows per day over the whole year.

The idea of the long-term prediction (second level) is that the form of the time series of the current day has been found on one day in the last three years. Therefore, hourly flows of the last hours of the current day will be compared with all daily time series from the last three years. Within pattern matching, the best fit daily time series can be identified, which gives a traffic demand prediction for the next hours of the current day. The pattern matching will be done by applying least-square estimation to find the best fit daily network time series. Thereby, the two measurement points on the motorway A13 which are nearer to the toll plaza, are higher weighted within the network time series as the other measurement points on the motorway A12.

The third level contains a short-term prediction which uses traffic flows in 5min intervals from the last two hours from the measurement point shortly in front of the toll plaza (MQ\_A13\_1\_010.368). The prediction is also linked with the result of long-term prediction. This means that the sum of intervals in the short-term prediction has to be equal with the long-term prediction. Based on the estimated traffic demand for the next hour from long-term prediction, the traffic flow for the next twelve 5min intervals (one hour) will be predicted by using an autoregressive integrated moving average model (ARIMA). These models are often used to predict univariate or multivariate

time series<sup>17</sup>. Such ARIMA models are linear dynamic systems where the time series will be modeled by stochastic processes.

### 2.3 Simulation Framework

As a basis for the optimization part, a microscopic traffic model was built up for the toll plaza Schönberg in Tyrol on the motorway A13 in direction south to Italy. The model was realized with the microscopic traffic flow simulation software PTV Vissim. Traffic flow and behavior in the model will be calibrated by measured handling data from the toll plaza over three years (number of vehicles per toll gate lane and time). Different models for typical days are created. Traffic demand and the driving routes in the model were determined based on the analysis of handling data of these typical days. This means, that the driver's choice of toll gate lanes can be taken directly from the measured handling data to reconstruct the real traffic situation on these days.

In terms of modeling handling processes at toll gates in the traffic flow model, handling times per vehicle were analyzed in detail for several lane types (gates for card or cash paying, video detection lane for passenger cars with annual ticket). As a result, a time distribution function for passing the toll gate per lane type are achieved and implemented in the traffic model.

The study is here focused on days with high traffic demand, where problems in toll gate operations are common (e.g. Saturdays in summer with high amount of holiday traffic). The final calibration of a traffic model of one particular day was done by a comparison with the video data from the field test. Therefore, queue lengths and lane changing behavior in front of the toll plaza were derived from the video and compared with simulation results. As needed, some upgrades and changes were made afterwards in the traffic model.

### 2.4 Field test

A real-time capable prototype measurement system has been developed and installed at the toll plaza Schönberg for demonstration purposes. The system observed the traffic flow at the toll plaza in real-time over a period of three months (see camera view in Figure 2). These measurements were used for calibrating the traffic model, in which the effectiveness of the proposed optimization framework has been evaluated.

For measurements in metric units and the compensation of perspective distortion, camera calibration is needed. It allows quantitative analysis of the detection results. For the purpose of this study, this is mainly the measurement of distances and

queue lengths. A well-established camera calibration allows us to project every image point to its corresponding world point on the ground plane and vice versa. By using a satellite image as reference, all cameras are bound to the same world-coordinate system. The center of this system is in the middle of the checkout area (East-West orientation) at the toll plaza.



Figure 2: The toll plaza as observed by the cameras. The occupancy on each of the lanes is measured and aggregated. With known camera calibration, a very good estimate of the length of vehicle queues can be measured

Our camera calibration process is based on Tsai's method<sup>18</sup>, which uses corresponding point sets from the camera, the ground plane satellite image, and basic information about the imaging sensor to establish a mapping from image to world co-ordinates. Due to the monocular setup, a calibration can only take place on a preset elevation above the ground plane, which is typically the street level.

### 2.5 Optimization Algorithm

The method of the optimization algorithm is generally based on measured queue lengths and will be described later on in this section. The queue lengths can be measured in real (directly at the toll plaza) or in simulation within the traffic model of the toll plaza Schönberg. The algorithm is suitable for implementation and evaluation at a random toll plaza in real, but this was not possible at the toll plaza Schönberg within the project

VaMOS due to regulatory reasons. Therefore, the proposed optimization algorithm was implemented only in the simulation framework in which the evaluation of optimization has been conducted.

Given the layout of the toll plaza considered in our experiment (see aerial view in Figure 3 left), we choose to exclude from our optimization algorithm the first lane, reserved for trucks, and the lanes dedicated to the video tolling, because these are forced choices for the drivers. We focus, instead, on the central lanes of the plaza among which a driver can choose, and try to influence that choice in a way that optimizes the distribution of vehicles on the toll plaza.

To do so, we measure the traffic situation at the toll plaza in real-time, then decide what to do – how and if guiding signals for drivers should be created. Since a new evaluation of the traffic situation is done in a fixed interval (typically 5min), the system always adapts to changing situations, which is important considering the fact that only a fraction of the drivers will react to visual signaling when they approach the toll plaza. Due to missing observations we had to assume the value of this fraction. In this study, we suggest that 20% of drivers will react to the visual signaling. The following two sections describe the measurement-signaling control loop more in detail.

### 2.5.1 Measurement of the occupancy state of the plaza in real-time

Our vehicle detection approach is an appearance based modeling with area based feature computation and a subsequent classification algorithm<sup>19, 20</sup>. The goal here is to differentiate background (empty road) from foreground (vehicle presence). Depending on the camera mounting position, camera optics and road geometry, a road section can contain a vehicle of arbitrary scale, orientation and position, a part of a vehicle, several vehicles etc. As can be seen in Figure 3, there is a big variation of vehicle appearances; the classical object detection approach is not very well suited for these scenarios, especially in dense traffic. Instead we try to determine whether vehicles are present in a section of the road using a set of robust HOG descriptors<sup>21</sup>. Based on the learned distribution of feature values, a Support Vector Machine (SVM) decides whether a section on the road is occupied by a vehicle, or empty<sup>22</sup>.

The detector needs to be trained on a manually labeled set of positive and negative image samples. To this end we have evaluated three different strategies:

- Individual pre-trained classifier that was trained specifically for the target camera geometry

- Generic pre-trained classifier that was built using training data from various scenes
- Mixed approach

The advantage of the first method is the highest classifier quality (accuracy). The drawback is that one needs to manually annotate data for each camera position. This can be critical in the case of a larger set of cameras. The second method does not require data annotation at all, however, the detection quality is worse in this case, as the classifier operates on completely “unseen” data. Finally, the mixed approach is a combination of the first and the second ones. We run the generic classifier on a new dataset, collect misclassifications, add them to the generic dataset of labeled images and re-train the classifier. This is a good tradeoff which allows to reach high classification accuracy and to reduce annotation time significantly.

Factors reducing the quality of occupancy detection resp. the localization accuracy are mainly:

- Occlusions
- Perspective distortion in the distant areas of the plaza
- Problems with inaccurate detection - due to the good detection quality these can normally be ignored

In terms of camera resolution, occupancy could be detected up to 120 m, in practice mainly due to occlusion and perspective distortion, the practical use of the method is restricted to about 90 m.

The lane occupancy detector including the calibration information allows us to create a real-time map of the lane state over the whole toll plaza. In order to compute the queue lengths, for each lane we define a set of measurement points at a fixed interval along the middle of the lane. For each of these points, we then algorithmically define a rectangle with fixed aspect ratio that represents the ideal bounding box around a vehicle, whose front is on the measurement point. Each rectangle is used to extract a sub-image from the camera frame, which is then fed to the HOG detector. Applying this process to all rectangles, we obtain a list of detections, each representing whether the rectangle contains a vehicle or not. We define the beginning of the queue starting from the toll plaza and moving backwards along the lane until the first point in the detections is found before a “sufficiently large” hole, i.e., a section of the detections list where enough adjacent rectangles are detected as not occupied. The “sufficiently large” hole definition allows for parametrization of the sensitivity of the measuring system with regard to erroneous occupancy detections.

A per-frame queue length is measured as the distance in meters between the toll plaza checkout point and the detected beginning of the queue. For each lane, the global queue length is finally obtained by applying exponential smoothing to the sequence of per-frame queue lengths. Tuning the exponential decay allows us to refine the sensitivity of the system with regard to fast changes in queue lengths.

The camera images can be mapped to a satellite image using the known image to world mapping, this is shown in Figure 3. This allows us to create a real-time birds eye view of the state of traffic over the whole toll plaza.

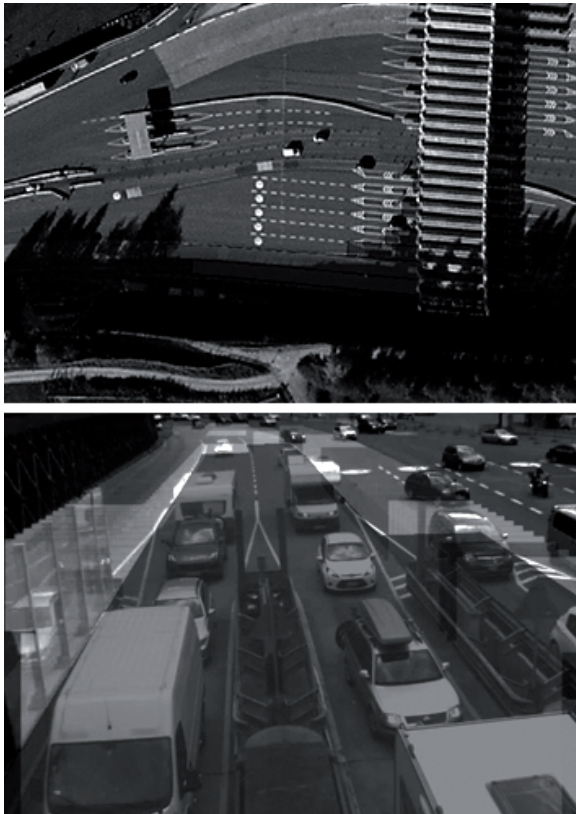


Figure 3: Results of the occupancy detection algorithm based on the camera observation.

### 2.5.2 Control the flow for optimization

Once queue lengths for each lane have been computed, the next step is to decide if, and which control signal should be issued in order to improve the flow of traffic. Given the complexity of the toll plaza layout, we group neighboring lanes into the three key areas left, middle and right. The representative queue of each area is then the longest queue measured in the lanes included in the respective area:

$$Queue_a(t) = \max_{l \in LaneSplit(a)} (Queue_l(t)), \quad a \in Areas$$

where  $LaneSplit(a)$  is the set of lanes assigned to the area  $a$ .

We define five possible control signals (arrows), ideally implemented as variable signs hanging above the lane at a suitable distance to the checkout area. The signals in terms of arrows have been chosen to be simple to represent, and to maximize the likelihood that drivers observe and follow them:

- Signal Middle-Left Arrow: drivers should prefer lanes in the central-left part of the toll plaza and avoid the right side
- Signal Middle Arrow: drivers should prefer lanes in the central part of the toll plaza and avoid both sides
- Signal Middle-Right Arrow: drivers should prefer lanes in the central-right part of the toll plaza and avoid the left side
- Signal Left-Right Arrow: drivers should prefer lanes in the sides of the toll plaza and avoid the central part
- Off: no signal is shown to the incoming drivers

The choice of what signal to show in the next time interval is done periodically according to the following algorithm, whose only parameters are the activation threshold (AT) and deactivation threshold (DT):

PROCEDURE optimization(  $AT$ ,  $DT$  ):

FOR EACH timestep  $t$ :

// Initialization

- 1) FOR EACH  $a \in Areas$ :
  - a.  $Activated_a(t) = Queue_a(t) > AT$
  - b.  $Deactivated_a(t) = Queue_a(t) < DT$

// Selection of activation action

- 2) IF (all  $Activated(t)$  are True):  
 $action(t) = Off$
- 3) ELSE IF (all  $Activated(t)$  are False):  
 $action(t) = action(t - 1)$
- 4) ELSE: Select the action that moves traffic away from the areas for which  $Activated$  is True

// Selection of deactivation action

- 5) IF (any  $Deactivated(t)$  is True):  
Select the action that restores traffic to the areas excluded by  $action(t - 1)$
- 6) Apply  $action(t)$

In point 4) of the algorithm above, the choice is done so to move away cars from areas that are becoming congested (e.g., if only  $Activated_{Left}(t)$  and  $Activated_{Right}(t)$  are True, the chosen action will be "Middle").

Similarly, in point 5) the choice considers the activation flags at the previous time step and the current deactivation flags to determine the correct action to restore traffic to free areas (e.g., if only  $Activated_{Left}(t-1)$ ,  $Activated_{Right}(t-1)$  and  $Deactivated_{Left}(t)$  are True, the chosen action is "Middle-Left" to restore traffic in the left area of the toll plaza).

### 3. Results & Evaluation

The results of this study are shown in the next sections structured into traffic prediction and optimization results.

#### 3.1 Results of traffic prediction

The cluster analysis within the first level of traffic prediction (trend prediction) achieved results of twenty typical daily time series over the six measurement points in direction to the toll plaza (s. Figure 4). The rightmost measurement point (MQ\_A13\_1\_010.368) is near to the toll plaza, and so its time series represent the hourly demand per typical day for the toll plaza. Due to the relationship with the annual calendar, it is possible to predict the expected hourly traffic flows for all days in the future. Cluster 20 for example, the time series with the highest volumes at the toll plaza, is linked to the last three Saturdays in August plus the Saturday at Whitsun.

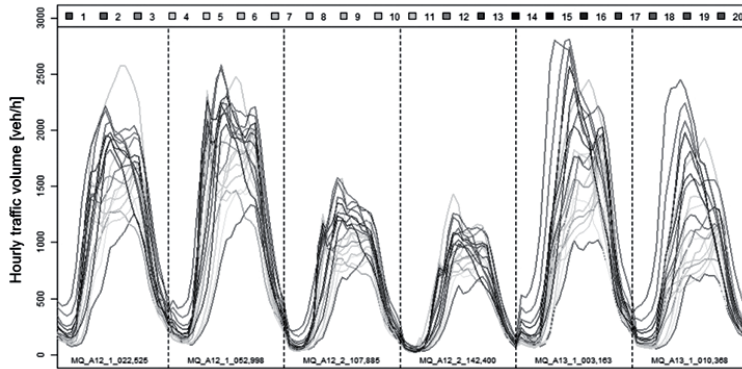


Figure 4: Typical daily network time series for each of the 20 clusters; they consist of daily time series over six motorway measurement points in direction to the toll plaza Schönberg in Tyrol on the motorway A13

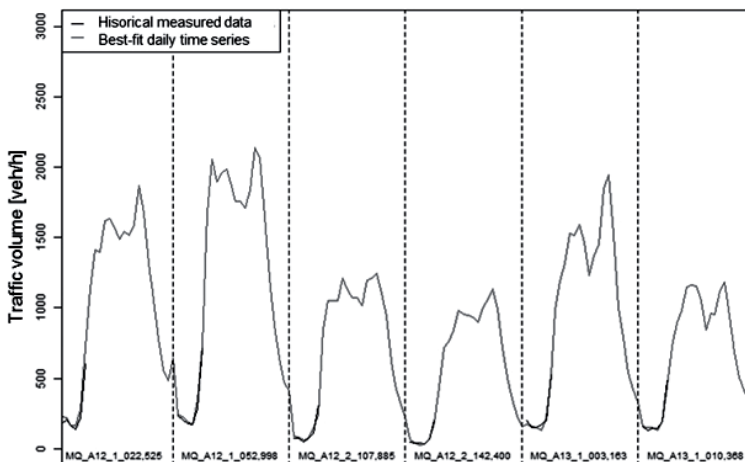


Figure 5: Long-term prediction for June 17th 2016 with current daily network time series till 10am (black) and best fit daily network time series (red) for the whole day; the rightmost measurement point MQ\_A13\_1\_010.368 shows the prediction of the remaining hours of the day for the toll plaza Schönberg

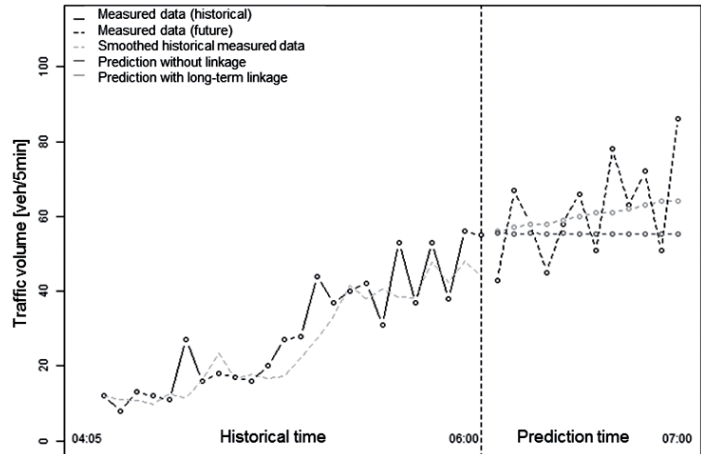


Figure 6: Long-term prediction for June 11th 2016 with current time series till 10am (black) and best fit time series (red) for the whole day including the next hours

The result of the second level of prediction (long-term) is one daily time series for the predicted day based on the pattern matching. Due to the extended data source over three years, a high number of historic daily time series are available and allows therefore a reliable prediction of traffic volumes for the next hours. As an example, the result of long-term-prediction for June 17th 2016 is shown in Figure 5 including current data till 10am. By analyzing all hours of prediction with the real data for that day showed that the mean error of predicted volumes per hour is between 6.5 and 15.5%.

Finally, at the third level of prediction (short-term) the traffic flow in 5min intervals for the next hour are provided using an ARIMA model. Exemplarily in Figure 6, the short-term prediction is shown again for the June 17th 2016. Thereby, the green line represents the prediction linked with the long-term prediction (Figure 5) and the red line the prediction without this linkage. The green and red line are both based on the grey line which is the smoothed time series of historical measured data from the ARIMA model. By comparing predicted with measured data, we can clearly see that the green line is more suitable for prediction than the red one. For this example, the mean error of prediction for this hour (6:00-7:00) is 10 veh/5min (about 16%).

#### 3.2 Optimization results

The optimization results (queue lengths and travel times) will be demonstrated within one particular day, the 2nd of June 2017 which was the Saturday at Whitsun. The cluster analysis within the trend prediction showed that this day is typically a high traffic demanded day at the toll plaza

in direction south to Italy. There were about 35000 vehicles passing the toll plaza in direction to Italy at the 2nd of June 2017, and the peak hour has been between 4pm and 5pm (2670 veh/h).

In Figure 7, the queue lengths of the lanes 1 to 5 are plotted as time series from 10am to 10pm based on simulation results with and without implemented optimization algorithm. There is no queue at lane 1 (rightmost lane), because this lane is reserved for trucks which don't have to stop there and secondly, the truck flow is generally low at Saturdays. It can be seen that the queue lengths vary essentially between different lanes over the day. This phenomenon was also observed in the camera videos. It seems that the optimization is able to lower some peaks of queue lengths.

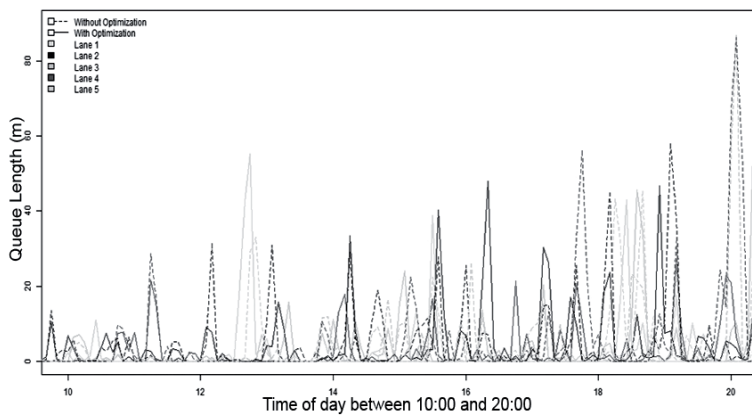


Figure 7: Queue lengths of different lanes at toll plaza Schönberg in direction to Italy for June 2nd 2017

In order to quantify the impact of optimization, we look in Table 1 at some statistical indicators of the queue lengths from the most demanded lanes (2, 3, 4, 5 and 13) at the toll plaza at that day. At Lane 2 the optimization reduces high queue lengths significantly (-17% for median and -24% for 75% quantile). Also at Lane 3 and 4, the maximum and 90% quantile of the queue length can be reduced essentially. There were no improvements in traffic flow due to the optimization for Lane 5 and 13 (video lane for annual ticket) for this day.

Queue Lengths [m]		Median	75% Quantile	90% Quantile	Maximum
Lane 2	Not Optimized	0,18	2,46	8,518	58,16
	Optimized	0,15	1,88	7,762	47,97
	Deviation	-17%	-24%	-9%	-18%
Lane 3	Not Optimized	0,03	1,71	7,316	86,97
	Optimized	0	1,78	5,628	62,83
	Deviation	-	4%	-23%	-28%
Lane 4	Not Optimized	0	0,77	7,374	86,13
	Optimized	0	1,04	5,126	27,46
	Deviation	-	+35%	-30%	-68%
Lane 5	Not Optimized	0	0,01	1,928	45,39
	Optimized	0	0,13	2,102	55,26
	Deviation	-	-	+9%	+22%
Lane 13 (video lane)	Not Optimized	2,88	11,97	31,986	120
	Optimized	2,97	12,11	32,29	120
	Deviation	+3%	+1%	+1%	0%

Table 1: Queue lengths of different lanes at toll plaza Schönberg in direction to Italy for June 2nd 2017

Finally, the impact of the optimization algorithm was analyzed by looking at the travel times for the 2nd of June 2017. The travel time is shown as time series from 10am to 10pm in Figure 8 left and as boxplot in Figure 8 right. There are no big differences in travel time for simulation with and without optimization. The time series are very similar over the day. The boxplots show that travel times could only be reduced from 77.7 to 77.2 in median seconds for passing the toll plaza (-0.6%).

#### 4. Conclusion

In this study, a traffic prediction model and a traffic flow optimization algorithm for toll plazas on motorways were developed. Both developments were applied at the toll plaza Schönberg (Tyrol, Austria) on the motorway A13 in direction south to Italy. Within the trend prediction twenty typical daily time series were determined and linked with the annual calendar. Hence, toll plaza operators get an overview of the expected traffic flows over the day for all days in the future. Furthermore, operators obtain the flows for the next hours more in detail within the long-term prediction, which can be a useful information to organize opening and closing of particular toll gate lanes.

The field test in real showed that it is able to monitor all 13 lanes of the toll plaza by four cameras. Within image processing the queue lengths of each lane could be derived in real-time from the cameras, which are the input for the optimization algorithm. The proposed optimization algorithm was trained with both simulated data from the traffic model and real-detected data from the field test. The optimization algorithm was implemented in the simulation framework to evaluate the impact on traffic flow (queue lengths, travel times).

The result of optimization is a recommendation to drivers to move to certain areas of the toll plaza due to the queue lengths at the toll gate lanes. We suggest in this study that 20% of drivers will follow these recommended signals (e.g. arrow left to move to left lanes of toll plaza), because we did not have real experiences.

The evaluation was done exemplarily for the 2nd of June 2017 (Saturday at Whitsun 2017). The improvements in traffic flow due to the optimization for that day were very low. We only noticed reduced peak queue lengths at some lanes at the toll plaza. The travel times were nearly the same whether implemented algorithm

or not. However, more days are necessary here to evaluate the optimization algorithm in general and will be done in the future within the project VaMOS. Also an implementation of the algorithm in real is desirable to verify the drivers follow rate (if it is 20%) and finally, to evaluate the potential of optimization in real. Also it would be interesting to apply this research study at different toll plazas, the proposed methods of prediction and optimization are easily to transfer therefore.

### Acknowledgement

This study is part of the project VaMOS and is financially supported by the Austrian network operator ASFINAG and by the FFG, the Austrian Research Promotion Agency of the Austrian Federal Ministry for Transport, Innovation and Technology (BMVIT). The FFG administrates the COMET – Competence Centers for Excellent Technologies – programme.

### Literature:

1. Aycin M.; „Simple Methodology for Evaluation Toll Plaza Operations“, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board Jan 2006, Vol. 1988, pp. 92-101.
2. Nezamuddin N., Al-Deek H.; „Developing Microscopic Toll Plaza and Toll Road Corridor Model with Paramics“, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board Dec 2008, Vol. 2047, pp. 100-110.
3. Radwan E., Zarillo M.; „Calibration and Validation of Shaker and TNCC for Deployment on Florida's Turnpike“, Florida Department of Transportation, Final Report, Tallahassee, 2009.
4. Schmitt D. T.; “Modeling Toll Plaza Performance – Decision Support System for Operators – SHAKER”, Thesis, University of Massachusetts Dartmouth, 2003.
5. Bains M. S., Arkatkar S., Anbumani K. S., Subramaniam S.; “Optimizing/Modelling toll way operation using micro simulation: case study Sanand toll plaza, Ahmedabad, Gujrat, India”, Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D. C., 2017.
6. Sahin I., Akyildiz G.; “Examination of upstream and downstream traffic features of the Bosphorus Bridge toll plaza in Istanbul”, Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D. C., 2005.
7. Spiliopoulou A. D., Papamichail I., Papageorgiou M.; “Real time toll plaza management for throughput maximation”, Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D. C., 2008.
8. Ozmen-Ertekin D., Ozbay K., Mudigonda S., Cochran A. M.; „A Simple Approach to Estimating Changes in Toll Plaza Delays“, Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D. C., 2008.
9. Klodzinski J., Al-Deek H. M.; “Proposed Level of Service Methodology for Toll Plazas”, Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D. C., 2002.
10. Lin F. B.; “A delay model for planning analysis of main-line toll plazas”, Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D. C., 2001.
11. Al-Deek H. M., Mohamed A. A., Radwan E. A.; “A new model for the evaluation of traffic operations”, Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D. C., 2000.
12. Klodzinski J., Al-Deek H. M.; “Transferability of a Stochastic Toll Plaza Computer Model”, Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D. C., 2002.
13. Kirby H. R., Watson S. M., Dougherty M. S.; “Should we use neural networks or statistical models for short-term motorway traffic forecasting?” International Journal of Forecasting, 13(1), 1997, pp. 43-50.
14. Van Lint J. W. C., Hoogendoorn S. P., van Zuylen H. J.; „Accurate freeway travel time prediction with state-space neural networks under missing data.“ Transportation Research Part C: Emerging Technologies 13 (5), 2005, pp. 347-369.
15. Cireşan D. C., Meier U., Masci J., Gambardella L. M., Schmidhuber J.; “Flexible, High Performance Convolutional Neural Networks for Image Classification“, in IJCAI'11 Proceedings of the Twenty-Second international joint conference on Artificial Intelligence - Volume Two, 2011, pp. 1237-1242.
16. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E.; “Imagenet classification with deep convolutional neural networks“, in Advances in Neural Information Processing Systems 25, 2012, pp. 1106-1114.
17. Dreistler M., Neusser K.; „Prognose uni- und multivariater Zeitreihen“, in Mertens P. & Rässler S.: Prognoserechnung, 7th edition, Physica-Verlag, Heidelberg, 2012, pp. 225-256.



18. Tsai R. Y.; "An Efficient and Accurate Camera Calibration Technique for 3D Machine Vision", in Proceedings of IEEE Conference on Computer, Vision and Pattern Recognition, Miami Beach, 1986.
19. Lipetski Y., Loibner G., Ulm M., Ponweiser W., Sidla O.; „Real-time traffic jam detection and localization running on a smart camera“, SPIE Proceedings Volume 9026, Video Surveillance and Transportation Imaging Applications, 2014.
20. Sidla O., Lipetski Y.; „Methods for vehicle detection and vehicle presence analysis for traffic applications“, SPIE Proceedings Volume 9026, Video Surveillance and Transportation Imaging Applications, 2014.
21. Dalal N., Triggs B.; "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection", in Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, San Diego, 2005, pp. 886-893.
22. Cristianini N., Shawe-Taylor J.; "An Introduction to Support Vector Machines and other kernel-based Learning methods", Cambridge University Press, 2000.



# Detection of Temporal Patterns and Events in Time-Dependent Acceleration Data

Alexander LITZELLACHNER

## 1. Introduction

Public means of transport become more and more attractive to the citizens of most modern cities<sup>1</sup>. In Vienna, there have been 26 % more passengers in 2015 than 10 years before using the public transportation net of the local public transportation operator Wiener Linien<sup>2</sup>. Metro systems play an important role in urban transportation<sup>3</sup>. Due to the increasing demand for urban transportation, public transportation operators need to focus more and more on maintenance and asset management. Reliable operation of their assets, like rails and trains are the foundation of their businesses. To assess the quality of their rails, Wiener Linien bought a so-called rail test car (RTC) in 2003. This is a special train equipped with multiple advanced sensors, running the metro tracks six times a year after the closing hour to determine track failures, like wrong track spacing, torsions, broken rails and other kinds of attrition which may be a risk to proper operation. So the existing condition monitoring of the rail infrastructure refer primarily to the geometry of the tracks and rails. For the prioritization of the investment and maintenance budget, these measurements provide very security-related evaluations. The ride comfort of the customer in the whole chain of interactions (ground – substructure – rails – train – seat – passenger) does not get evaluated directly, albeit this would be very useful information for public transportation operators, aiming to maximize the customer's experience to reach a higher ridership.

Based on the fact that smartphones are ubiquitous and incorporate a multitude of sensors, the idea of "Rail Shock Recording" (RSR) was born. RSR is a new, promising approach to assess and analyse the rail condition and the passenger's ride comfort by making use of the various sensors installed in the passengers' smartphones. The built-in accelerometer and gyroscope sensors are able to precisely measure motion data, which can be stored on the mobile device by existing apps. But in order to link specific events to a certain location in the metro net, the position of the passenger has to be obtained first. As there is no GPS signal underground, this is no trivial endeavour.

The analysis of the available smartphone sensor data is the core focus of this research work. The main research question is: Is it possible to detect

temporal patterns and events, like bends, acceleration and bad switches in dirty, time-dependent motion data, recorded by smartphone sensors of public transportation passengers in order to obtain speed and localization?

## 2. Data Acquisition

In order to conduct this study, eight smartphones were acquired, which differ in quality, brand and model, so it is possible to gain knowledge about different qualities of sensors and how this affects the resulting data. The more expensive models have a higher maximum sampling rate. The cheaper models, on the other hand, are usually not equipped with a gyroscope which is needed to measure rotation.

Then, the proprietary Android app "Sensor Kinetics Pro"<sup>4</sup> was installed and configured on the mobile devices, which is capable to read all available sensors on the respective smartphone, record the data and save it to the device storage. Sensor Kinetics Pro is able to access the following smartphone's sensors:

3D sensors	Derived 3D sensors	Scalar sensors
Accelerometer	Gravity sensor	Ambient temperature
Gyroscope	Linear acceleration	Proximity sensor
Magnetometer	Rotation sensor	Light sensor
		Pressure sensor
		Relative Humidity

Table 1: Accessible sensors by Sensor Kinetics Pro

In this work, we restrict ourselves to the accelerometer and gyroscope only, as they are sufficient for investigating the given hypothesis. Both of them capture the sensor data in a time series with three readings X, Y, Z (unit: ms<sup>2</sup>) to each point of time t (unit: ms), corresponding to their three axes: The x-axis is aligned in the direction of travel, the y-axis is aligned transversely and the z-axis is aligned perpendicularly to the direction of travel.

With those smartphones, a total of 6 measuring runs were executed. These rides were carried out on the lines U1 and U3 of the Viennese metro network. Measuring runs in the tram network were waived, as high-quality and exactly located comparative data was required and the availability of such data was much better regarding the metro network.

Before the first measuring run, all eight phones were mounted onto a wooden board, to ensure that all eight phones are exposed to the same jars and vibrations and that they are aligned equally. One of the measuring runs was carried out on board of Wiener Linien's RTC during a test run on the route from Roßauer Lände to Reumannplatz. Figure 1 shows the installation of the eight smartphones in the RTC while the sensors recorded:



Figure 1: Installation of the smartphones on board of the RTC while recording

The ride's duration was 15 minutes, wherein a distance of 5.33 km was covered. The other 5 measuring runs were carried out on board of normal metro trains as we know them. The first step in order to analyse the data was to synchronise it spatially, meaning that each point of time  $t$  of each output file refers to the same location on the tracks. Since it was not possible to make all smartphones start recording at the exact same point of time, this step is mandatory. The recording process was started phone by phone manually, so each relative timeline of phone  $H(x+1)$  starts a few seconds later than the timeline of phone  $Hx$ . Since there is no GPS signal available in the underground, this was no option too. Instead, after starting the recording process of all smartphones, we decided to intensely hit the board three times. These three significant peaks at the accelerometer data, which of course occurred at the very exact same location for all phones, were then put on top of one another by visual analysis, correcting the relative time variable. The results are depicted in Figure 2.

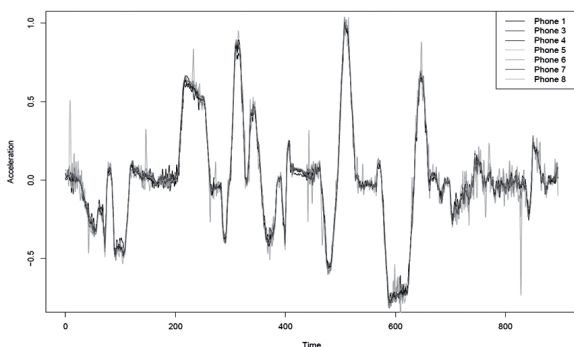


Figure 2: Accelerometer readings (y-axes) from the smartphones

The graph depicts the measurement results of the previously mentioned RTC run and shows that the

readings (here the Y axes of the acceleration sensors) of the smartphones overlap each other largely. Despite LOESS smoothing, smartphone H5 frequently shows some significant outliers. Since all other phones, including the RTC, do not measure these outliers, these are probably erroneous measurements due to poor sensor quality. Smartphone H2 crashed during the RTC run and is thus not present in this plot.

In order to standardize our time series data, all readings from the smartphones and the RTC were shifted by subtracting the mean and then scaled by dividing by the standard deviation. Also the variances of the readings of the smartphones are rather different. In order to make systematic divergences more visible and to mitigate the impact of the vibrations caused by the RTC's diesel engine, we smoothed the data by applying the LOESS filter.

### 3. Comparison of smartphone data and RTC-data

As already mentioned, the readings from the smartphone sensors are very similar to each other despite different sensor quality. This too visualizes the following correlation coefficient matrix in Figure 3. In this matrix, the correlation coefficients regarding the unsmoothed acceleration readings from all project smartphones (H1-H8, H2 failed) and the RTC are depicted. The high correlation coefficients in the matrix between 0.722 and 0.985 indicate the strong similarity of the phone values among each other. Particularly noteworthy are the strong correlations between the project phones H6 and H7, which are of the same model type. This confirms the hypothesis that the same smartphone models come nearly to the same measurement results.

As already shown in Figure 2, not only the measured values of the smartphones are very similar to one another, but the measured values also correlate strongly with those of the RTC. The correlation between the gyroscope data of the RTC and those of the smartphones lies between 0.953 and 0.968. This is shown in Figure 3, depicting the gyroscope data:

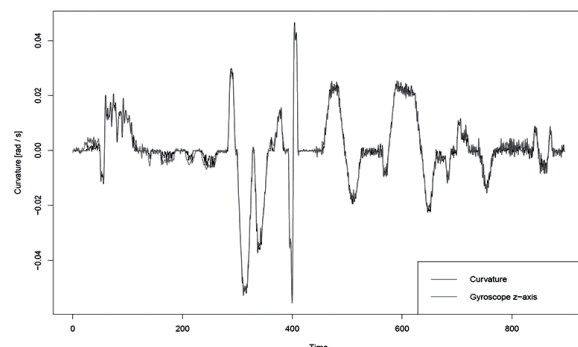


Figure 3: Gyroscope readings from the RTC compared to those from H8

This is a valuable finding because it confirms the hypothesis that smartphones are capable to measure about the same as the RTC.

#### 4. Estimation of Speed by Means of the Smartphone Accelerometer Data

Theoretically, acceleration is the derivation of speed and the location is the integral of speed, since speed is nothing other than the change, i.e. the derivation, of the location. Thus, to get an estimation of speed, the acceleration data from the axis in the direction of travel has to be integrated. Unfortunately, since we do not have perfect data, but always a more or less strong noise, this approach is not feasible in practice. Integrating this noise leads to ever more severe errors the longer the estimate runs. However, Hämmerle found out in<sup>5</sup> that it is possible to estimate the speed using the measured values of the accelerometers of the smartphones and applying the GAM model, a non-linear regression method in R with automatic smoothing function:

“To determine non linear dependencies and to summarize the influence of the acceleration data on the speed prediction, with the help of smoothing functions, the generalized additive model is applied. This approach [...] allows to apply smoothing functions to every variable. Combining all of them together provides a more sufficient estimation.”

Applying the GAM model as proposed by Hämmerle on the acceleration data of all our phones leads to Figure 4.

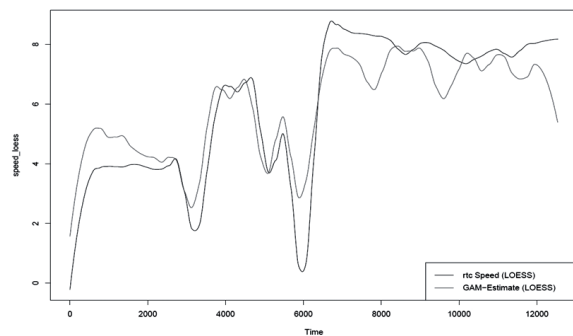


Figure 4: Estimation of speed using the smartphone acceleration data and actual speed

As can be seen in the plot, speed changes of the train can be determined rather well by means of the acceleration sensors. However, to the absolute, actual speed (black line) of the RTC, there is still a relatively strong deviation. There are several possible reasons for this:

Again, we do not have perfect data, but a more or less strong noise, depending on the sensitivity of the sensors. These fluctuations affect the accuracy of the model output.

Only the x- and y-axes of the acceleration sensors are taken into account for this estimation. These axes are, of course, by far the most significant axes, but the z-axis of the acceleration sensors is not irrelevant. If, for example, the train travels downhill, the train is no longer horizontal and the gravitational force no longer acts exclusively on the z-axis of the acceleration sensor but also on the x-axis, which is aligned in the direction of travel. In this case, gravity would lead to biased measurement results. A three-dimensional estimate with gravity taken into account would be much more complex and could be the aim of future work on this topic.

In the case of accelerometers, a bias caused by various factors (e.g. temperature fluctuations, magnetic field) is compensated internally at runtime before the actual transmission of the readings.<sup>6</sup> The compensation via the magnetic field sensor might worsen the data in our case, as the geomagnetic field, which this sensor relies on, is severely disturbed in the area of the metro tracks by the power rails.

#### 5. Detection and Classification of Bends

In order to investigate whether driven bends can be detected and predicted by the smartphone sensors, we firstly attempted to detect and classify the bends by means of the RTC curvature readings. Because if the bends were not recognizable by the data of the RTC, they certainly would not be recognizable by the smartphones' data. The result is visualized in the following plot:

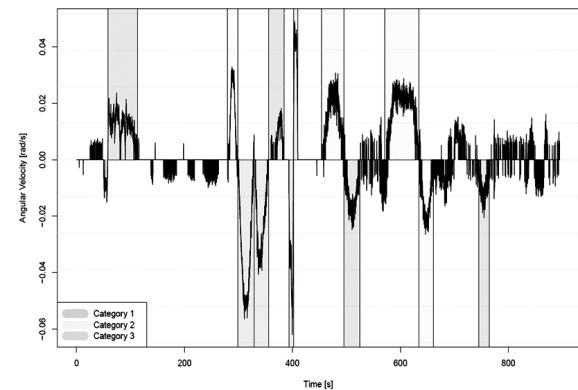


Figure 5: Classification of bends based on the RTC curvature readings

The readings in Figure 6 are the so-called “curvature” data of the RTC. This is nothing other than the readings of the gyroscope sensors of the RTC, which have been modified by various internal optimizations (e.g. standstill detection) by the proprietary software of the RTC. We have now classified the bends assumed in the measurement data into three categories: light bends (blue), medium bends (green) and strong bends (red). The classification was based on the standard deviation, which can be seen by the grey horizontal lines in the plot. Slight

bends are in the 1 to 2-fold range of standard deviation, medium bends in 2 to 3-fold range, and strong bends are classified as those exceeding 3-fold standard deviation.

Then these readings were compared with those of the smartphones. As we have already seen in Figure 3, the measurement data of the smartphones overlap almost completely with those of the RTC. Thus, we can conclude that the smartphones measure bends in about the same way as the RTC. In order to check whether the identified bends are indeed driven bends, we plotted the measured data of the zaxis of H8's gyroscope using the geographic information system software QGIS<sup>7</sup> over Wiener Linien's track geometries on the Vienna map, which leads to Figure 6.

Deflections of the measured data into the negative range, i.e. right bends, are divided into red areas. Analogously, deflections of the measured data into the positive range, i.e. left bends, are divided into blue areas. As can be easily seen, the measured data exactly matches the course of the route.

This confirms the hypothesis that bends can be identified by smartphones. Switches on the track are visualized as yellow dots. The crossed double switch on the interchange track near Stephansplatz is the reason for the strong peaks at timestamp 400 in Figure 5 (bends 6 and 7).

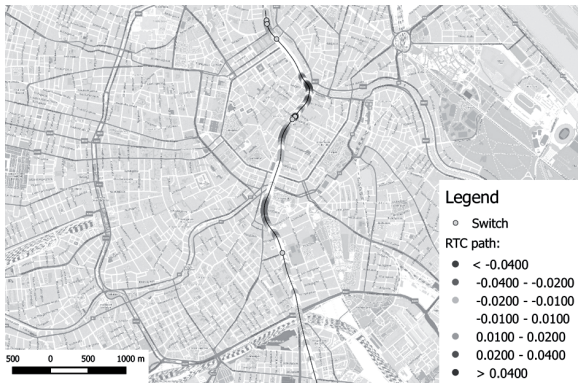


Figure 7: Smartphone gyroscope data visualized on the driven path

## 6. Estimation of the Travelled Path via Sensor Fusion

Additionally, a further step has been made and attempts are being made to reconstruct the travelled route/path solely on the basis of the smartphone measurement data. For the reconstruction of a driven path one needs on the one hand the driven bends or curvature data (see Figure 3) and the speed at each point of time  $t$  which we have already estimated before. Simple integration from 0 to timestamp  $t$  yields the angle  $\alpha$  at timestamp  $t$  relative to timestamp 0 in rad. Thus, the direction

of travel at timestamp  $t$  is given by multiplying the initial direction, which is set to  $(1,0)$ , with the 2-dimensional rotation matrix  $R$ , which is used to perform a rotation in Euclidean space and is – according to<sup>8</sup> – defined as

$$R = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix}$$

If the distance travelled in a time interval (which results directly from the speed) is repeatedly plotted in the direction of travel as just explained, the path shown in Figure 7 is obtained.

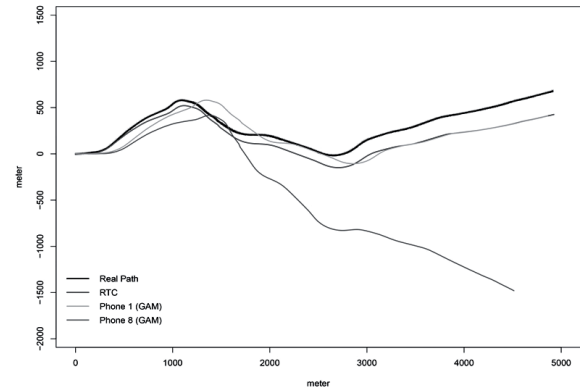


Figure 7: Estimation of the travelled path by use of smartphone sensors

The black line in Figure 7 shows the real travelled path, i.e. depicts exactly the same path shown in Figure 6. The red line shows an estimation of the travelled path by means of the RTC sensors, combined with the actual speed of the RTC. The green and blue lines show an estimate of the travelled path from the phones H1 and H8 respectively solely with the means of their smartphone sensors, as explained before. Obviously, the estimated path from phone H1 is much closer to the actual path than the estimate from phone H8. Since both smartphones were mounted together on the wooden board during the RTC run and thus the same forces should have appeared on them, we can conclude that the difference originates from the sensor quality. H1 is a much newer and also more expensive smartphone than H8 is and thus its more advanced technology includes more sensible and higher quality sensors.

There is still a clear deviation of the estimated H1 path (green) and the actual path (black), but the bends are clearly recognizable and also the path distance is not very different from the actual path. There are several reasons, why the RTC estimation (red line) is closer to the actual path, than the smartphone estimations. Firstly, the speed does not have to be estimated for the RTC, as it knows its speed from the speedometer very accurately. Secondly, the quality of the sensors of the RTC plays a role, since the bias compensation is better here than on the smartphone sensors. On the smartphones, this bias leads to a continuous drift,

which is increasing with time, which is clearly noticeable at the H8 estimation (blue).

Since for the two smartphone estimations, two different sensor types delivered their data as input of the estimations, namely accelerometer and gyroscope, one speaks of sensor fusion. By making use of the concept presented in this subchapter and the assumption that the starting point is known (e.g. localization of the respective station via GPS or Bluetooth beacons in the station), it is theoretically feasible to estimate the passenger's current position. Being able to localize a passenger underground opens the doors to more advanced use cases, by linking the position to security related or driving-comfort related information, such as:

- How loud (microphone) did the passengers experience the ride at position X? If limits have been exceeded: Why and what can be done?
- How cold/warm was it (thermometer)?
- How bright/dark was it (light sensor)?
- What is relevant to the passenger and what can be done to increase riding comfort and what is not relevant to the passenger but must be improved because it is relevant to their safety?

The answer to these questions may be the content of further research based on these findings and contribute significantly to the satisfaction of the passengers of Wiener Linien and providers of public transport in general. In the future, pressure sensors/barometers as well as moisture sensors/hygrometers and much more will be included as standard equipment for smartphones, which will allow further interesting analyses.

## 7. Prediction of Bends by Use of Linear Regression

As we already found out, the gyroscope sensor is by far better suited to detect bends, but since the majority of smartphones do not have a gyroscope built in as of today, we have to accommodate by using what nearly every smartphone has, namely the accelerometer. Visually analyzing and comparing the RTC curvature with the smartphone accelerometer y-axis data of each phone results in Figure 8.

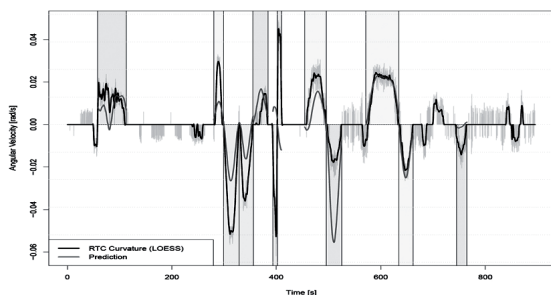


Figure 8: RTC curvature vs accelerometer y-axes from all phones

It is easy to see that there is some kind of relationship between the RTC curvature and the accelerometer y-axes of the smartphones. Most of the bends are also recognizable in the accelerometer data. However, there are two exceptions:

Firstly, between timestamp 210 and 260, there is a rather strong and long event recognizable in the acceleration data, looking like there should be a bend. But according to the curvature, there is no bend on this location. When considering the speed, this paradox can be solved. Exactly in that timeframe, the RTC speed (orange line in Figure 9) dropped to zero, i.e. halted. However, this standstill took place exactly in a right bend after the station Schottenring, resulting to the RTC lying in the bend. Rail track bends are constructed in a way so that one of the two strings is elevated in the bend, which is called "superelevation", similarly to roads. Superelevations counteract the centrifugal force by raising the outer string throughout the length of the bend as Figure 9 depicts.

Thus, the RTC stood slightly tilted and the Earth's gravity pulled on the acceleration sensor downwards all the time while in the bend, even at standstill. As there are no rotational forces while standstill, this bend is not that recognizable in the RTC curvature as the others are.

Secondly, another remarkable observation is that there is a positive correlation noticeable between the RTC curvature and the smartphone acceleration data in all bends except the two strong bends resulting from the double switch around timestamp 400. There, the correlation seems to be negative. This is because the tracks around the switches do not have one elevated string as it is the case in bends and thus, the only force working on the acceleration sensor is the one which occurs when suddenly changing the direction while crossing. This by the inertia torque caused centrifugal force acts into the opposite direction, as Figure 9 depicts.

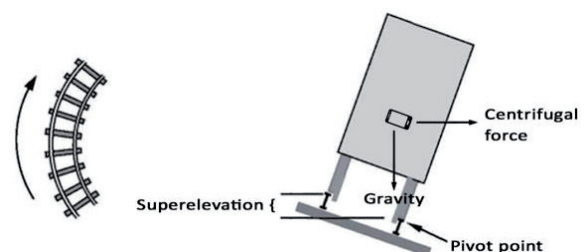


Figure 9: Working forces on a train in a right-hand bend

However, each bend is perceived differently strong by the acceleration compared to the RTC curvature. There are several possible reasons. On the one hand, the magnitude of the deflection perceived by the accelerometer is mainly dependent on the already mentioned superelevation

of the tracks. The higher the superelevation, the stronger the deflection perceived by the accelerometer, since gravitation pulls more downwards the y-axis, the more tilted the train is. Thus, different superelevations lead to different peaks in the accelerometer readings. On the other hand, the deflections are also dependent on the speed. The higher the speed while in the bend, the more the centrifugal force counteracts against the Earth's gravity regarding the accelerometers y-axis.

In order to predict bends based on the accelerometer data, a multiple linear regression on all 3 axes of the acceleration sensor was conducted:  $Curvature_t = \beta_0 + x_t\beta_1 + y_t\beta_2 + z_t\beta_3 + \epsilon_t$

The model is estimated for each bend individually: All the accelerometer readings from the current phone except the respective bend are used as training data and the readings from the current bend are used as test data. The result is depicted in Figure 10 e.g. for smartphone H6.

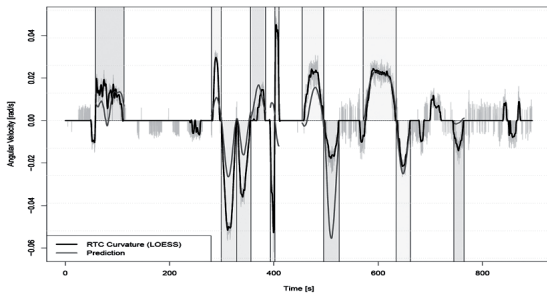


Figure 10: Bend prediction based on multiple linear regression on x-, y- and z-axes of H6 accelerometer

Considering the resulting bend predictions, it can be concluded that most of our 12 declared bends were also predicted by our linear regression model. Exceptions are again the two bends 6 and 7 at the double switch, which get predicted in the wrong direction because of the above in detail explained reasons, and the last bend, which is strongly underestimated. The reason for this is that this bend was already weakly recognized by the accelerometer sensors in contrast to the RTC curvature, which could be due to the already mentioned lower superelevation, leading to less gravitational force detected by the accelerometer or to the higher speed of the RTC in this bend, leading to more Coriolis force detected by the RTC curvature gyroscope.

Generally, most of the bends can be predicted by the smartphone acceleration sensors, but the quality of the bends cannot be predicted reliably except the bends 5, 10 and 11, which were predicted relatively accurately.

It can be concluded that the relationship between the RTC curvature and the smartphone accelerometers cannot be explained solely by a linear

model. However, there may be a non-linear relationship.

## 8. Detection of Railway Switches by Use of SCARM Filter

To test, if accelerometers are capable of detecting railway switches, we undertook several test runs on the U1 metro line to Leopoldau between the stations Nestroyplatz and Praterstern. There are two switches, which are clearly perceptible when crossing them:



Figure 11: Tested switches on the U1 towards Leopoldau

During the first test run, the board with the smartphones was placed on the floor of the passenger compartment. If switches are not recognizable with the smartphones lying on the floor, they for sure are not recognizable if the phones are held in the hand. Then, we applied the SCARM filter on the z-axis of the resulting smartphone acceleration data, i.e. the axis actually directed to the track. Plotting the SCARM outputs for smartphone H1 leads to Figure 12. The following SCARM parameters were used: right.width  $r = 8$ , min.left.width = 24, max.width = 200.

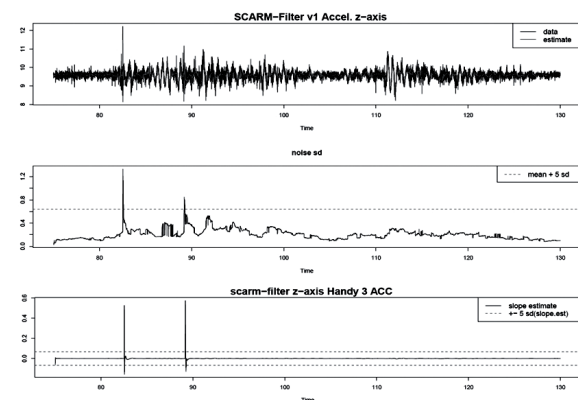


Figure 12: Detection of switches via SCARM (smartphones on the floor)

The first plot shows the raw smartphone acceleration data (black line), as well as a smoothing using adaptive median regression (red line). The



second plot shows the estimated standard deviation of the noise (black line) as well as the mean plus 5-fold standard deviation of the noise (red line). Obviously, this area is significantly exceeded twice, with Timestamp 83 and 89. These are our two switches, which are easy to distinguish. We deliberately chose a rather small  $r$  parameter, so that the switches would get detected as part of the signal and not as a patch of outliers.

The third plot shows the residuals between the raw data and the smoothing of the first plot, and here too, an area of the 5-fold standard deviation over it, which again clearly shows the two switches, especially the first one. The output “slope estimate” in the fourth plot contains the used slope estimations for the signal filtering, i.e. the estimations on the left-hand window after a possible adjustment of the window-width.<sup>9</sup>

In another measuring run on the same track the test was repeated, but the board with the smartphones was held in the hands this time. The new evaluation using SCARM filter yields the following plots for H1:

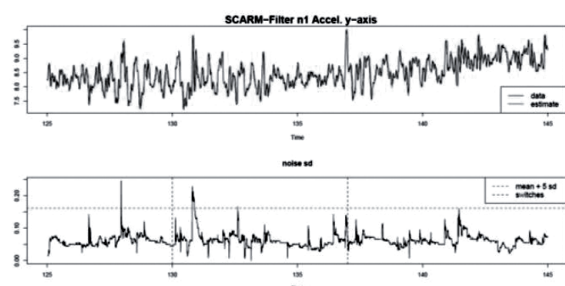


Figure 13: Detection of switches via SCARM (smartphones held in hands)

As can be seen in Figure 13 the noise prevails now. In its second plot, the two vertical, blue-dotted lines show the position of the same switches as before. In these areas, only noise and unidentifiable signals are recognizable. Reliable assignment of local outliers is no longer possible.

Thus it can be concluded that - under the given conditions - switches can be detected with the acceleration sensors of the smartphones only if the smartphone is rigidly installed in the train or is located at the floor of the passenger compartment. If the smartphone is held in the hand, the switches are no longer reliably identifiable. The human body absorbs the vibrations too strongly. This also applies to slight track damage or wear marks such as grooves in the tracks, which we were not able to isolate from the noise in the accelerometer data. The hypothesis that (light)

track damages are identifiable by passengers' smartphones must therefore be rejected on the basis of the available results. However, it must be added that the sample size was pretty low in this study, as performing additional runs would have been below the scope of a master thesis. This and several other suggestive investigations mentioned during this chapter could be part of follow-up studies.

## References:

1. Zeng W., Fu C., Müller Arisona S., Erath A., Qu H. Visualizing Mobility of Public Transportation System. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 2, Issue 12, Pages 1833-1842, 2014.
2. Wiener Linien. Entwicklung der Fahrgastzahlen der Wiener Linien. [Online] 2016. [Cited: 08 08 2017.] [https://www.wienerlinien.at/media/files/2017/fahrgastzahlen-grafik\\_203832.jpg](https://www.wienerlinien.at/media/files/2017/fahrgastzahlen-grafik_203832.jpg).
3. Qin F., Jia H. Optimizing Pricing Function for Metro in a Competitive Public Transport System. 2007 IEEE International Conference on Automation and Logistics, Pages 1187-1192, 2007.
4. Innoventions Inc. Sensor Kinetics Pro. [Online] [Cited: 21 10 2016.] <http://play.google.com/store/apps/details?id=com.innoventions.sensorkineticspro>.
5. Hämmerle C. Vergleich von Mobiltelefonsignalen und Untersuchung von deren Prognosefähigkeit für Gleischarakteristiken. Vienna University of Technology, Bachelor Thesis, 2017.
6. Android Developers API Guide. Motion Sensors. [Online] [Cited: 28 07 2017.] [https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors\\_motion.html#sensors-motion-gyro](https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_motion.html#sensors-motion-gyro).
7. QGIS. Ein freies Open-Source-Geographisches-Informationssystem. [Online] [Cited: 28 07 2017.] <https://www.qgis.org>.
8. Slabaugh G.G. Computing Euler angles from a rotation matrix. [Online] [Cited: 04 08 2017.] [www.staff.city.ac.uk/~sbbh653/publications/euler.pdf](http://www.staff.city.ac.uk/~sbbh653/publications/euler.pdf).
9. Fried R., Schettlinger K., Borowski M. Package 'robfilter'. Robust Time Series Filters. [Online] 2015. [Cited: 19 07 2017.] <https://cran.r-project.org/web/packages/robfilter/robfilter.pdf>.



### **Bahnlogistiklösungen von Innofreight für die zukunftssichere Versorgung von rohstoffintensiven Industriebetrieben**

Die technische Trennung von Eisenbahnchassis und das Transportgut aufnehmendem Waggonaufbau ist ein bereits seit geraumer Zeit bekanntes Prinzip und hat sich seit der Etablierung des ISO-Containers im Überseeverkehr und seit der Benützung von Wechselaufbauten auch im Bahnverkehr durchgesetzt. Eine bedeutende Neuerung für Ladegüter des Rohstoffsektors entsprechend diesem Prinzip mit einem sehr hohen Grad der Spezialisierung hinsichtlich der einzelnen Kundenbedürfnisse und einem Kranz logistischer Dienstleistungen rund um solche Verkehrslösungen hat die obersteirische Firma Innofreight aus Bruck a. d. Mur geschaffen. Über dieses Thema hat der Inhaber von Innofreight, Dipl.-Ing. **Peter Wanek-Pusset**, berichtet am 18. Oktober 2017 im Rahmen des Vortragszyklus „Verkehrsinfrastruktur“, veranstaltet von der Sparte Industrie in der Wirtschaftskammer Österreich, der Bundesvereinigung Logistik Österreich und der Österreichischen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft im Haus der Kaufmannschaft am Wiener Schwarzenbergplatz.

Zur Firmengeschichte von Innofreight ist zu sagen, dass dieses Unternehmen seit 15 Jahren besteht und sich spezialisiert hat auf innovative Lösungen für den Gütertransport auf der Schiene und darauf aufbauende Logistikkonzepte. Dabei wird immer ausgegangen von den spezifischen Bedürfnissen einer Benutzerfirma bzw. von den einer Industriesparte eigenen Bedürfnissen. Von einer Idee zum fertigen Konzept, über dessen Erprobung zur endgültigen Realisierung und anschließenden Serviceleistungen wird alles durch die Firma Innofreight besorgt. Dabei kommt es zu durchaus originellen Lösungen in der Zusammenarbeit mit den einzelnen Kunden unter Einbeziehung von Be- und Entladung und örtlicher Besonderheiten. Wenn man sich fragt, warum zur Gewinnung von Bahntransporten oder deren Erhaltung die Eisenbahnunternehmen selbst nicht in gleicher erfolgreicher Weise, wie Innofreight, tätig werden, so gibt es dafür die Erklärung, dass für Eisenbahnunternehmen die Last ihrer alten Erfahrungen, aber auch die engen Vorschriften, wie sie seitens der internationalen Organisation der Eisenbahnen seit langem bestehen und nur mühsam und langsam weiter entwickelt werden, eine Einschränkung

darstellen, welche eine junge, aufgeschlossene und technisch, wie logistisch innovative Firma, wie Innofreight, gar nicht zu beachten hat oder die den Blickwinkel für Neuerungen dort jedenfalls nicht einschränken. Allein wenn man die Entwicklung in der Materialwirtschaft betrachtet, so ist das alte Material Stahl inzwischen durch Innovationen der Stahlerzeuger ein hochfestes Produkt geworden und erlaubt eine bedeutende Gewichtsersparnis im Waggon- und Behälterbau, was bei den traditionellen Vorschriften der Eisenbahnen noch nicht voll angekommen ist, geschweige denn, dass neuere Entwicklungen bei der Stahlerzeugung etwa bei der voestalpine von deren Konkurrenz, beispielsweise in Frankreich über die dortige Eisenbahn in den internationalen Bahngremien behindert werden, was aber die Innofreight gar nicht kümmern braucht.

Innofreight hat inzwischen in ihrer relativ kurzen Geschichte ca. 10.000 Container angeschafft bzw. vorher entwickelt, hat mehr als 50 spezielle Entladestapler im Einsatz und sechs spezifische Entlade - Anlagen im Betrieb und garantiert damit in 14 Ländern Europas einen problemlosen und prozesssicheren Betrieb bei den betreffenden Kunden. 50 eigene Mitarbeiter sind operativ im Einsatz und wenn dies im Ausland der Fall ist, dann sprechen diese Mitarbeiter auch die Sprache des dortigen Kunden. Täglich sind rund 100 Ganzzüge mit Innofreight-Aufbauten für die Kunden im europäischen Bahnnetz im Einsatz. Pro Jahr werden auf diese Weise ca. 15 Mill. t Massengüter transportiert, was etwa 1 Million Containerladungen entspricht. Der Umsatz für die Leistungen von Innofreight wird sich 2017 auf rd. 75 Mill. € belaufen. Der größte private Waggonvermieter, die deutsche VTG mit über 50.000 Mietwaggons, hat jüngst eine Kooperation mit Innofreight aufgenommen, womit die technische und logistische Lösungskompetenz von Innofreight mit der umfassenden Marktkenntnis der VTG sich gegenseitig befruchten werden.

Grundsätzlich wird als Basismodell des Geschäftes betrachtet:

- Innofreight investiert in Behälter sowie in die Be- und Entladetechnik,
- das Eisenbahnunternehmen kauft oder mietet die Inno-Waggons (von Innofreight) und mietet Aufbauten,
- der Endkunde wickelt den Betrieb vor Ort ab (Be- und Entladung).

Der Stand der Modernisierung des Güterwagenparks der Eisenbahnen in Europa bietet auch einen gewaltigen Ansatzpunkt für die Bestrebungen von Innofreight. Das durchschnittliche Alter der Güterwaggons der Bahnen in Europa beträgt 40 Jahre, was allein zeigt, dass hier modernes Material wenig vorhanden ist, auch wenn die Verhältnisse bei den ÖBB mit einem Durchschnittsalter der Güterwaggons von 28 Jahren etwas besser ist.



Abb. 1: Inno Waggon Sgns light/Leichtbau 60 ft Containertragwagen Normalspur

Die Tragwaggons von Innofreight werden dahingehend konstruiert und beschafft, dass entweder das Ladegewicht optimiert wird (für schwere Ladegüter) oder das Ladevolumen optimiert werden soll (für leichte Ladegüter). Da alle Waggons unter Verwendung hochfester Stähle in Leichtbauweise gebaut werden und den Bedingungen der EU-Bauartprüfungen entsprechen, so besitzt beispielsweise der Normalspurwaggon des Typs Sgns light mit zwei Drehgestellen (= 4 Achsen), bestimmt für leichte Ladegüter, bei 16,5 t Eigengewicht eine Nutzlänge von 60 Fuß = 3 Container zu 20 Fuß. Das höchstzulässige Ladegewicht beträgt bei diesem Waggon für die Streckenklasse D (= 22,5 t Radsatzlast) 73,5 t, der Waggon ist für den Güterschnellverkehr zugelassen (S-lauffähig).

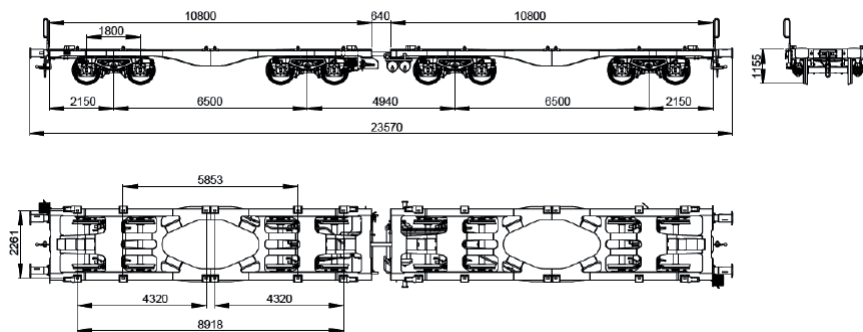


Abb. 2: Inno Waggon 66 ft - Meterlast 8 t/m

Für schwere Güter steht die Waggontype Sgrrs zur Verfügung. zwei Waggons zu je zwei Drehgestellen weisen in kurz gekuppelter Art eine Ladelänge von 2 x 10,80 m auf (= 66 Fuß). In der Konfiguration von zwei Behältern für das Ladegut Blechcoils, versehen mit Coilmulden, beträgt in diesem Fall die höchstzulässige Zuladung 142 t pro Doppelwaggon. Hier ist die Meterlast der beladenen Waggons von Bedeutung, sie beträgt

acht t/m. Es wird daher die Massenleistungsfähigkeit der Eisenbahn im Gütertransport voll ausgenutzt, wobei man, je nach Bedarfslage, mit Leichtbauwaggons das maximale Ladegewicht zu erzielen sucht oder die maximale Ladelänge, das ist das größte Ladevolumen, anstrebt. Für die Aufnahme des Ladegutes werden die der Bedarfslage entsprechenden Behälter (Container) in Sonderbauweise, Tanks für Flüssiggüter, Rungenpaletten für Stahlbrammen oder Rundholz gebaut. Ergänzt wird dies in logistischer Gesamtschau durch die Schaffung der im Einzelfall am besten geeigneten Weise der Beladung und Entladung, bezogen auf die betreffenden Ladegüter und die vorhandenen örtlichen Verhältnisse und Bedürfnisse. Dieser individuelle Denkansatz ist durchaus auch maßgebend für den Erfolg des ganzen logistischen Systems.



Abb. 3: Aktuelle Auslieferungen Erzwagen für SZ Cargo

Inzwischen wird das Innofreight-System auch ausgeweitet auf Bahnnetze abseits der Eisenbahn-Normalspur. Ab dem 4. Quartal 2017 werden Waggons für die russische Breitspur der finnischen Eisenbahnen ausgeliefert. Sie dienen einerseits der Beförderung von Flüssiggütern mittels Innofreight-Tankcontainern, andererseits für rieselfähige Güter (Industrie-Mineralien) in geschlossenen Behältern und Kranentladung per Kippvorgang. Für die iberische Breitspur (Spanien und Portugal) werden ebenso bereits für diese Netze geeignete Tragwaggons gebaut.

In der Folge des Vortrags zeigt Dipl.-Ing. Wanek-Pusset eine Reihe kennzeichnender Beispiele für die Anwendung des Innofreight-Systems in der Praxis. Für die Erzversorgung der Hochöfen der voestalpine in Donawitz mit der Herkunft vom steirischen Erzberg in Eisenerz werden Container verwendet, die oben offen per Kran beladen werden und am Zielort am Waggon stehend über

Seitenklappen für die schlagartige Selbstentladung in Tiefbunker eingesetzt werden. Die Container sind oben offen, sie können aber für den Winterbetrieb oben mit Planen verschlossen werden, damit das Ladegut nicht durchfeuchtet wird und bei Minustemperaturen zu Klumpen friert und so nur schwer entladen werden kann. Ein Doppelwaggon (= 4 Drehgestelle / 8 Achsen) befördert so 138 t Erz. In Donawitz betreibt Innofreight aber auch eine selber mit 7 Mill. € investierte, am voest-Gelände befindliche Entladeanlage für Erz und Kohle, wobei das Ladegut in diesem Fall in geschlossenen Behältern befördert wird, die Behälter einzeln per Kran vom Waggon abgenommen und über einen Kippvorgang entleert werden sowie das Ladegut dann über Förderbänder in die entsprechenden Zwischenlager am Werksgelände gelangen kann. Die Entladung eines Behälters (Abnehmen, Kippen, wieder Aufsetzen) dauert nur 2 ½ Minuten. Pro Schicht wird ein Mann beschäftigt, was den Einsatz von nur drei Leuten in drei Schichten rund um die Uhr bedeutet. Man hat damit die Möglichkeit einer hohen Differenzierung der Behandlung verschiedener Erzsorten am gleichen Zielort, weil auch die Beschickung der Hochöfen jeweils mit einer Mischung diverser Erzsorten aus verschiedenen Herkünften erfolgt. Inzwischen erfolgt die Erzversorgung von Donawitz zu 100 % nach dem Innofreight-System, weil die Erzzüge um 30 % mehr Ladefähigkeit haben wegen der Leichtbauweise der Waggons und der besseren Nutzung der Zuglänge. Auch bei der voest in Linz sind Container von Innofreight im Einsatz, wobei der Antransport von Erz bei der voest in Linz dominiert wird von der Binnenschiffahrt für ukrainisches Erz und für überseeisches Erz via Rotterdam. In Donawitz, wo die Möglichkeit des billigen Wassertransports fehlt, verbessert das intelligente Innofreight-System die Kostenlage der Rohstoffversorgung und trägt damit zur Standortsicherung bei.

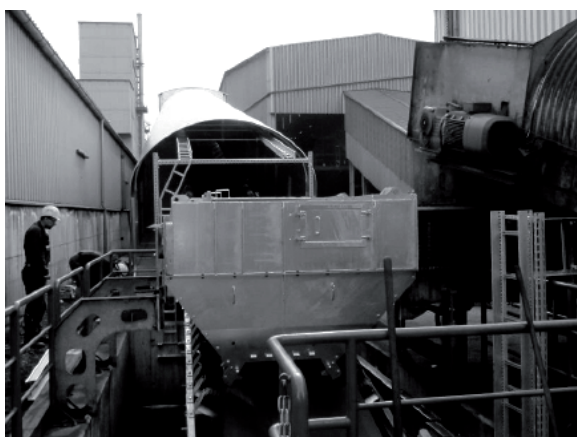


Abb. 4: Mon Tainer XXM, Selbstentladeanlage

Zur Aufnahme der Ladegüter werden nicht nur Behälter verwendet, sondern auch mit Rungen versehene Paletten, die über die entsprechenden

Corner-Fittings am Tragwaggon fixiert sind. Alle Tragwaggons haben solche Corner-Fittings, die allesamt den ISO-Normen entsprechen und in den entsprechenden Abständen am Waggonchassis vorhanden sind. Es können damit die Tragwaggons auch alle genormten ISO-Container aufnehmen. Unter den Rungenpaletten des Innofreight-Systems gibt es Ausführungen mit kurzen Rungen für schwere Langgüter mit bis zu 12 m Länge, wie Rohre, Brammen, lange Konstruktionsteile. Paletten mit (bis 3,5 m) langen Rungen auf den Waggons dienen dem Rundholztransport, werden aber auch verwendet für Rohre mit großem Durchmesser. Spezialpaletten mit Mulden dienen dem Transport großer Drahtrollen, wie sie im Drahtwerk der voestalpine in Donawitz hergestellt werden. Solche Muldenpaletten für Drahtrollen werden auch zur Ausnutzung der Ladefähigkeit der Waggons 2 x hoch gestapelt transportiert. Behälter mit Mulden in geschlossener Bauweise dienen dem Transport von Blechcoils, die vor Nässe geschützt werden müssen, wobei ein Doppelwaggon eine Zuladung von 142 t aufnehmen kann. Die Mulden der Behälter sind längsseits verstellbar, so dass alle Einzelmaße der Coils bis 45 t Gewicht transportsicher verstaut werden können. Innofreight nimmt sich inzwischen auch der Versorgung von thermischen Kraftwerken mit Brennstoffen an. So wurde ein volumsoptimierter Schwerlastcontainer entwickelt für den Transport von Stein- und Braunkohle, der über einen Kippvorgang entladen wird, entweder über eine stationäre Entladeanlage oder mittels eines mobilen Drehentladestaplers. Ein Doppelwaggon nimmt eine Zuladung von 139 t auf. Tschechische Kraftwerke werden auf diese Weise flexibel mit Brennstoff verschiedener Herkunft versorgt. Polnische Kraftwerke beziehen auf diese Weise (Entladung per Drehentladestapler) Biomasse aus dem benachbarten Weissrussland.



Abb. 5: Palettensystem Rohrtransporte mit 60 ft Waggons

Die Rationalisierung von Baustofftransporten steht ganz am Beginn der Entwicklung von Innofreight. Für das Gipskartonwerk Knauf in Bad Aussee wurden seinerzeit die bereits erlahmten Bahntransporte nach und nach wieder gewonnen, weil man ein maßgeschneidertes Transportsystem entwickelte, das am Werksgelände flexibel einsetzbar war, wie das beim LKW der Fall ist. So konnten Fertigwaren wieder per Bahn transportiert werden, aber auch diverse Vorprodukte, wie Gips, Kies und ähnliches per Bahn in Eingang genommen werden und am Werksgelände, ähnlich dem LKW-Transport, zu differenzierten Entladepunkten gebracht werden. Das Werk Bad Aussee von Knauf benützt nun inzwischen dank der getroffenen Modernisierungen beim Wareneingang und Warenversand zu rd. 80 % die Eisenbahn. Die Baustofftransporte per Innofreight-System nahmen auch sonst beachtlich zu, insbesondere für Sand und Kies. So wird die Großbaustelle des neuen Stuttgarter Hauptbahnhofs (Stuttgart 21) mit Sand und Kies in Doppelwaggons von 139 t Zuladung effizient versorgt. Aber auch die Entsorgung von kontaminierter Erde hin zu den Deponiepunkten oder Aufarbeitungsstandorten erfolgt nach dem Innofreight-System. Ähnlich dem Erztransport wird Kalkstein und Hüttensand in Behältern für die schlagartige Selbstentladung auf Waggons befördert, wobei hier der Doppelwaggon ein Ladevolumen von 70 m<sup>3</sup> mit einer höchstzulässigen Zuladung von 134 t bietet. Die ÖBB – Infrastruktur AG selbst benützt den Innofreight-Rocktainer XXL für den Gleisbau und die Gleiserneuerung zum Transport von Gleisschotter, wobei die Ausführung der Behälter variable Schüttpositionen ermöglicht, so dass der Schotter völlig exakt zur definitiven Einbaustelle gelangt. Der Doppelwaggon ermöglicht eine Zuladung von 136 t Gleisschotter. Schließlich gibt es ab Juni 2017 Container für chemische Schüttgüter, wobei der Stahlbehälter mit einer Spezialbeschichtung zur Aufnahme von ätzenden Materialien versehen ist und ein pneumatisch zu öffnendes Schwenkdach aufweist. Damit werden Kali und Salz transportiert bei einer Höchstzuladung von 120 t pro Doppelwaggon.



Abb. 6: Drahtrollentransporte

Die Papier- und Zellstoffindustrie zählt ebenso zu den Benützern von Innofreight-Transportlösungen. Holzhackschnitzel, Biomasse und Alt-

papier werden in Containern verladen. Ein Tragwaggon von 60 Fuß Ladelänge ermöglicht in drei Containern à 20 Fuß die Zuladung von 64 t Ladegut. Die Entladung erfolgt meist per Stapler mit Kippdreh – Vorrichtung und ermöglicht damit besonders die platzsparende Unterbringung dieser Güter auf Freilagerplätzen. Der Rundholztransport unter Verwendung von Rungenpaletten auf Tragwaggons wurde bereits erwähnt. Die Zellstoff- und Papierfabrik der Firma Mondi in Ruzomberok in der Nordslowakei wird so aus der Ukraine mit Rundholz versorgt, wobei ein Waggon der Type Sgns light (zwei Drehgestelle) bei Streckenklasse D (22,5 t Radsatzlast) 70 t zuladen kann. Kurzholz, in offenen Containern quer geschichtet, ermöglicht bei 30 Fuß Containerlänge und zwei Containern auf dem vorgenannten Tragwaggon Type Sgns light bei Streckenklasse D eine Ladegewicht von 66 t pro Waggon. Das Zellstoffwerk Pöls in der Obersteiermark bezieht so kostengünstig Holz aus Ungarn. Die schwedische Papierindustrie ist Kunde bei Innofreight, wobei in Einzelfällen bis zu 25 % mehr Nettozuladung pro Ganzzug erreicht werden konnten, verglichen mit vorher benutzten Transportlösungen. Innofreight entwickelt auch Tankcontainer (Inno Tank), wobei am Beginn dieser Entwicklung die Slurry-Transporte für die Papierfabrik Gratkorn der Fa. Saapi in der Steiermark stehen. Slurry ist ein Zwischenprodukt in der Papiererzeugung, das in Papierkonzernen mit mehreren spezialisierten Werken als Transportgut zwischen den Werken anfällt



Abb. 7: Rock Tainer INFRA

Der Handel mit agrarischen Gütern reiht sich unter die Benützer von Innofreight-Transportlösungen ein. Getreide wird in geschlossenen Behältern verladen, geht in Ganzzügen in den Export und kann im Zielbereich via Containerterminal auf LKW umgeladen werden und erreicht so auch dezentral gelegene Mühlen und Verarbeitungsbetriebe, wo die Entladung über die Schmalseite des Behälters per Kippvorgang erfolgt. Zuckerrüben werden in offenen Behältern (Wood Tainer XXL) verladen und können in der Zuckerfabrik per Stapler mit Drehentladung so entleert werden, so dass auf einer vorhandenen

Freilagerfläche möglichst viel an Menge untergebracht werden kann. Die herkömmliche Entladung per Wasserkanone ist ebenfalls möglich. Schließlich dienen intermodal verwendbare 30 Fuß-Container in sauberer, geschlossener Bauweise dem Transport von verpacktem Zucker auf Normpaletten.



Abb. 8: Agro Tainer für Getreide und Zuckertransporte

Abschließend stellte der Vortragende noch fest, dass mittelfristig für die Modernisierung des Güterwagenparks der europäischen Eisenbahnen 50.000 Waggons benötigt würden. Es wäre sinnvoll, hier das Prinzip der Trennung von Fahrgestell und Aufbau vorzunehmen. Der Tragwaggon soll für schnelle Laufleistungen und hohe Tragfähigkeit (Leichtbauweise) ausgelegt sein. Der Aufbau soll jeweils für das betreffende Ladegut und dessen Behandlung vor und bei der Beladung bzw. bei und nach der Entladung bestens nach gesamtlogistischer Betrachtung geeignet sein. So kann das System Eisenbahn im Güterverkehr auch in der Zukunft bestehen!

Die Diskussion war von den beeindruckenden Mitteilungen im Vortrag geprägt. Es war zu erfahren, dass Innofreight sehr stark auf technische Eigenentwicklungen setzt. Man besitzt allein dadurch inzwischen 45 Patente. Alle Fertigungen (Waggons, Behälter etc.) werden durch Dritte besorgt. Das Basisgeschäft ist die Vermietung von Waggons und Containern, teils auch der Umschlag, aber bewirkt wird dadurch eine ganz besonders intensive Kundenbindung, wobei auch Großfirmen, wie die voestalpine oder die Papierkonzerne Innofreight inzwischen als Partner von hoher Bedeutung ansehen. Der Firmeneigner von Innofreight ist Dipl. Ing. Peter Wanek-Pusset selber. Die Finanzierung erfolgt ausschließlich über österreichische Banken. Als Sicherheiten dienen die Anlagegüter (Waggons, Container), aber absolut auch das Geschäftsmodell an sich, das den Banken zusagt! Das Material wird in 10 Jahren abgeschrieben. Die Waggons von Innofreight sind nicht nur für Ganzzüge geeignet, sondern bewähren sich auch im Mischverkehr mit traditionellem Wagenmaterial. Alle Behälter entsprechen in den relevanten Teilen den ISO-Standards (Abmessungen, Corner Fittings, Belastungen). Der Ganzzugsverkehr allerdings zeigt die Vorzüge des Innofreight-Systems in besonderer Weise.

## Antwerpen – europäischer Seehafen und Chemiehafen der Superlative

Die österreichische Volkswirtschaft ist sehr außenhandelerorientiert, wie das für ökonomisch hoch entwickelte, aber kleinere Volkswirtschaften durchaus typisch ist. Auch der Handel mit überseeischen Gebieten ist dabei nicht zu unterschätzen und von großer Bedeutung. Er soll auch nach dem Willen der Wirtschaftspolitik ausgeweitet werden. Deswegen sind die betreffenden Seehäfen, welche in der Abwicklung dieser Verkehrsströme nach und von Übersee eingeschaltet sind, für die österreichische Wirtschaft von großer Wichtigkeit. Sieht man vom Import von Erdöl ab, so betrug der Import und Export von Gütern aus und nach Übersee im Jahr 2016 rd. 20 Mill. t. Die dafür im Einsatz befindlichen Seehäfen sind Koper mit 6,2 Mill. t Österreich-Umschlag und danach kommen in der Reihenfolge drei etwa der Menge nach gleich bedeutende Häfen von je rd. 3 Mill. t Österreich-Gut, nämlich Hamburg und Rotterdam mit je 3,1 Mill. t und Antwerpen mit 3 Mill. t Umschlag für Österreich. Antwerpen ist daher für Österreich ein wichtiger Umschlagshafen im Übersee-Verkehr. Um hinsichtlich dieses Hafens die aktuelle Entwicklung zu erfahren, erfolgte am 29. November 2017 im Haus der Kaufmannschaft am Wiener Schwarzenbergplatz eine Vortragsfolge zum oben genannten Thema, veranstaltet im Rahmen des Vortragszyklus „Verkehrsinfrastruktur“ durch die Sparte Industrie der Wirtschaftskammer Österreich, der Bundesvereinigung Logistik Österreich und der Österreichischen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft. Es sprach der neu bestellte Repräsentant des Hafens Antwerpen für Österreich und Ungarn, Mag. **Walter Holzhammer**, und dessen Kollege für Deutschland, Dipl. Volkswirt. **Elmar Ockenfels**. Herr Holzhammer schilderte die aktuelle Entwicklung Antwerpens, des zweitgrößten Hafens Europas (nach Rotterdam) und Herr Ockenfels beschäftigte sich in seinem Referat mit Antwerpen als Chemiehafen, eine besondere Spezialität dieses großen Welthafens mit ebenso speziellen Einrichtungen und Logistik-Anlagen für diese Wirtschaftssparte.

Mag. Walter Holzhammer kommt aus einer beruflichen Vergangenheit als Spediteur und wurde zum Schifffahrtssachmann innerhalb der Hamburger Großreederei Hapag-Lloyd. Antwerpen ist ein Flusshafen, vergleichsweise weit innerhalb des Festlandes, ähnlich wie Hamburg mit der Elbe. Der Fluss Schelde ist der Zugang zum Hafen Antwerpen vom Meer aus, wobei die Mündung der Schelde vollständig im Nachbarstaat der Niederlande liegt. Das historische Zentrum Antwerpens, welches auch große kulturelle Bedeutung für Belgien besitzt, besonders für den flämischen Landesteil, ist der alte Kern auch des Hafens, der sich seit den Zeiten Napoleons flussabwärts der

Schelde weiter entwickelt hat und inzwischen an der rechten Scheldeseite die Grenze zu den Niederlanden erreicht hat. Der jüngere Ausbau erfolgt an der linken Seite der Schelde, ebenso in Richtung der niederländischen Grenze, wobei hier noch etwas Geländereserven vorhanden sind. Dieser großzügige Ausbau nach dem Zweiten Weltkrieg bis in die Gegenwart hat auch die Verlegung ganzer Dörfer nötig gemacht. So ist das Hafengebiet von Antwerpen inzwischen auf 12.068 Hektar angewachsen. Es sind dort rd. 900 Unternehmen tätig, die direkt 60.000 Arbeitsplätze bieten, mit Zulieferern kommen indirekt weitere rd. 80.000 Arbeitsplätze dazu. Eine Statistik weist aus, dass vom Hafen Antwerpen aktuell insgesamt 142.654 Arbeitsplätze abhängen, was 3,7 % aller belgischen Arbeitsplätze ausmacht. Damit ergibt sich ein entsprechend hoher Beitrag zum belgischen Bruttosozialprodukt, nämlich 4,7 %. Der Mengenumschlag in Antwerpen 2016 belief sich auf 215 Mill. t, darunter im Containerverkehr 10,2 Mill. TEU (= 117,9, Mill. t) bei einer Umschlagskapazität im Containerverkehr von 15 Mill. TEU, die aber weiter ausgebaut wird. Der Hafen Antwerpen ist nach Rotterdam, in Umschlagszahlen gemessen, der zweitgrößte Hafen Europas und einer der größten Häfen der Welt. Er ist modern ausgebaut und organisiert und weist eine große Leistungsvielfalt auf. Es wird erwartet, dass die Umschlagszahlen im Jahr 2030 bei 300 Mill. t liegen werden.

Technisch gesehen ist der Hafen Antwerpen größtenteils ein Schleusenhafen. Die Hafenbecken sind von der Schelde aus für die Schiffe über teils riesige Schleusen zu erreichen. Das hat den Vorteil geregelter, das heißt gleicher Wasserstände, was den Umschlag erleichtert. Die Schleusen in Antwerpen sind die größten der Welt (Kalloschleuse, Zandvlietschleuse, Berendrechtschleuse). Allerdings hat die Zunahme der Schiffsgrößen bewirkt, dass man inzwischen dazu übergegangen ist, nicht weiter extrem kapitalaufwendige Schleusen zu errichten, sondern von der Schelde direkt zugängliche Umschlagsanlagen in den jüngsten Hafenbereichen vorzusehen (Nordzee- und Europa-Terminal am rechten Scheldeufer, Deuranckdock am linken Scheldeufer). Die gegenwärtig größten Containerschiffe, die Antwerpen anlaufen, fassen 20.500 TEU („Maersk Madrid“, Länge 400 m, Breite 59 m, Tiefgang 16m, 212.440 BT). Aber Schiffe mit einem Fassungsvermögen von 22.000 TEU sind bereits im Bau. So wird endgültig der Zugang zum Hafen Antwerpen über die Schelde zum Kriterium. Auf der Westerschelde können stromauf Schiffe mit einem Tiefgang bis maximal 16 m den Hafen anlaufen, stromab ist das Limit 15,2 m Tiefgang. Arbeiten zur künstlichen Eintiefung der Schelde werden durchgeführt, was aber immer das Einverständnis der Niederlande erfor-

dert.

Wie bei allen großen Häfen wird die Konzentration der großen Reedereien mit ihrer zunehmenden Nachfragemacht zum Problem. Hatten im Jahr 2014 noch 18 Großreedereien Antwerpen im Containerverkehr bei 9 Mill. TEU Umschlag angefahren, sind es 2016 bei 10,1 Mill. TEU nur mehr 10 Reedereien. Neben einem Konkurs (Hanjin) wurde die Anzahl durch Fusionen (mergers) reduziert. Diese verbliebenen Reedereien haben sich zu drei Konsortien zusammengeschlossen (The Alliance, Ocean Alliance, 2 M), die geschäftlich und operativ eng zusammen arbeiten.

Die Verkehrslage Antwerpens ist exzellent: Im Umkreis von 500 km Luftlinie sind 60 % der gesamten Kaufkraft Europas konzentriert. Der Hafen selber ist auf drei Seiten von einem Autobahnring umschlossen, von welchem alle einzelnen Hafenteile direkt zugänglich sind. Dieser Ring hat im Zentrum des großen Hafengebiets eine Autobahnverbindung unter der Schelde hindurch (Liefkenshoek-Tunnel), wodurch kurze Transfers per LKW im Hafen gewährleistet sind. Im Süden der Stadt unterquert der Autobahnring ebenfalls die Schelde (Kennedy-Tunnel). Vom Autobahnring weg gehen sieben Fern-Autobahnen bis in die Nachbarstaaten (Niederlande, Deutschland, Frankreich). Der Hinterlandverkehr erfolgt bei Seegütern zu 52 % auf der Straße (56 % des Containerverkehrs).

Groß ist die Bedeutung der Binnenschifffahrt. Antwerpen ist durch die Kanalverbindung von der Oosterschelde zur Rheinmündung (Rhein-Schelde-Kanal) funktional ein Rheinhafen. 37% des Hinterlandsverkehrs beim Seehafengut werden per Binnenschiff transportiert (38% im Containertransport). Wöchentlich legen in Antwerpen 950 Binnenschiffe an, welche regelmäßige Verbindungen nach 85 Destinationen in sieben europäischen Ländern unterhalten (im Containerverkehr: 222 Shuttledienste pro Woche). Auch die Eisenbahn-Anbindung des Hafens ist sehr gut. Der Hafen verfügt mit dem Verschiebebahnhof Antwerpen-Noord über eine entsprechend moderne Installation und alle Hafenteile sind gut per Bahn erschlossen. Wichtig ist auch die neue Bahnverbindung unter der Schelde zwischen den Hafenteilen links und rechts des Flusses parallel zum Autobahntunnel. Im Hinterlandverkehr verfügt die Bahn bei Seegütern über einen Anteil von 8% (6 % im Containerverkehr). Das bedeutet immerhin ein Aufkommen von 130 beladenen Zügen pro Tag oder 20 Mill. t pro Jahr. Die Hafenverwaltung möchte den Bahnanteil deutlich erhöhen, gleichfalls den Anteil der Binnenschifffahrt und bei steigenden Umschlagsmengen die Werte des Straßenverkehrs möglichst nicht wachsen lassen. Es wird erwähnt, dass man kürzlich in



Zusammenarbeit mit der Rail Cargo Austria eine Direktzug-Verbindung Antwerpen-Linz eingerichtet habe. Überdies verfügt der Hafen Antwerpen über ein dichtes Netz von Rohrleitungen quer über Belgien tief ins Rheinland nach Deutschland und in die Niederlande. Die Rohölzufuhr für die Raffinerien und Werke der Großchemie in Antwerpen erfolgt über Pipeline aus Rotterdam, wo die Supertanker aller Größen anlegen können. Das Rohrleitungsnetz ist ausgelegt für alle Arten flüssiger Massenchemikalien und Gase mit einer Länge von rd. 1.000 km. Die Hafengesellschaft ist Mitbesitzerin des Rohrleitungsnetzes.

Im Hafen Antwerpen legen täglich rd. 40 Überseeschiffe an. Insgesamt waren dies im Jahr 2016 14.473 seegängige Schiffe. Die bereits erwähnten 214,7 Mill. t Umschlagsgut im Jahr 2016 teilen sich auf die einzelnen Gütergruppen auf, wie folgt:

- 118,0 Mill. t Containergut (10 Mill. TEU),
- 70,0 Mill. t Flüssiggut in loser Form,
- 14,3 Mill. t konventionelles Ladegut (breakbulk),
- 12,4 Mill. t trockenes Massengut
- 214,7 Mill. t

Betrachtet man die Entwicklung dieser Güterarten seit 1990, so gab es gewaltige Anteilsverschiebungen. Bei einem verdoppelten Gesamtumschlag bis 2015 von 102 Mill. t auf 208 Mill. t stieg der Containerverkehr von 16,2 % auf 54,4 %, das flüssige Massengut nahm zu von 25,4 % auf 32,0 %, während das trockene Massengut abnahm von 32,0 % auf 6,7 % und das konventionelle Ladegut von 26,4 % auf 6,7 % sank. Das bewirkte, dass der Hafen seine Umschlagsanlagen andauernd anpassen musste. Die Containeranlagen wurden gewaltig ausgeweitet, zuletzt besonders am linken Scheldeufer mit völlig neuen Hafenteilen. Die gegenwärtig fünf großen und für Seeschiffe zugänglichen Containerterminals (drei am rechten, zwei am linken Scheldeufer) sind technisch am letzten Stand und hoch effizient. Ein Kran kann 40 Container pro Stunde umsetzen. Ein Großschiff kann in 48 Stunden mit 7.000 Containern gelöst bzw. beladen werden. Die Umschlagfirmen sind Großbetriebe.

Die 16 Terminals für den Flüssiggut-Umschlag sind mit einer Tanklager-Kapazität von 7,2 Mill. m<sup>3</sup> ausgestattet und sind das Rückgrat des Chemiehafens und Industriestandorts Antwerpen. Die 15 Terminals für konventionelles Ladegut (breakbulk) sind mit Lagerhäusern von 6,3 Mill. m<sup>2</sup> Nutzfläche versehen und weisen zusätzlich eine Silolager-Kapazität von 680.000 m<sup>3</sup>, hauptsächlich für Kunststoffe, auf. Mit seinen rd. 200 Schiffsabfahrten für konventionelles Ladegut im Monat ist Antwerpen praktisch Weltmarktführer in

dieser Sparte. In diesem Zusammenhang muss auch erwähnt werden, dass Antwerpen der größte Hafen für die Lagerung und Verteilung von Kaffee ist, drei Anarbeitungszentren für die Zurichtung von Eisen und Stahl im Hafen besitzt, was den Hafen zum Spezial-Umschlagplatz für diese Güter qualifiziert und dass eine ähnliche Position beim Umschlag von Früchten eingenommen wird, was gestützt wird durch das Vorhandensein von Kühlhäusern mit 2 Mill. m<sup>2</sup> Lagerfläche. Die 12 Terminals für trockenes Massengut besitzen gedeckte oder ungedeckte Lagerflächen im Ausmaß von 1,43 Mill. m<sup>2</sup>. Der Umschlag von Kraftfahrzeugen in Antwerpen umfasst drei spezielle Umschlagsanlagen mit einer Kapazität von 2 Mill. PKW pro Jahr (Umschlag 2016: 1,189.568 PKW, davon 50 % im Hafen noch extra behandelt). Hier ist die Abstellmöglichkeit von Fahrzeugen ein wichtiges Kriterium, was die österreichische Firma Hödlmayer als großen Vorzug ansieht.

Es wird berichtet, dass der Hafen Antwerpen und die dort tätigen Firmen eine gute Zusammenarbeit pflegen mit der Stadtverwaltung und den regionalen Behörden, den Gewerkschaften und Interessensgruppen sowie mit wissenschaftlichen und forbildungsorientierten Institutionen. Umweltschutz und Nachhaltigkeit haben ihren Stellenwert.

Die Kunden des Hafens Antwerpen sitzen in allererster Linie in Belgien und den Niederlanden sowie im deutschen Bundesland Nordrhein-Westfalen. Der Hinterlandverkehr mit der Dominanz des LKW-Verkehrs und der Binnenschifffahrt stützen das. In weiterer Hinsicht befinden sich die Hafenkunden in den deutschen Bundesländern Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg bis hin in die nördliche Schweiz. Bayern mit dem Städtedreieck München-Augsburg-Nürnberg hat auch noch Stellenwert. Man möchte das Hafenhinterland aber zusätzlich deutlich erweitern um Österreich, Tschechien und Polen. Der Ganzzug Antwerpen-Linz wurde bereits erwähnt, wo von Linz aus Wien und Graz im Weiterleitungsverkehr erreicht werden, aber auch Ungarn und die Slowakei. Dieser seit kurzem eingerichtete Zug soll neben Containern auch konventionelle Waggons befördern. Zwei weitere Ganzzugs-Relationen bestehen ab Antwerpen nach Lobositz (Lovosice) in Tschechien und nach Kulm in Polen und von dort weiter nach Warschau, Krakau und Breslau. Neu bearbeitet sollen Ungarn und die Slowakei werden.

Der Vortrag von Herrn Ockenfels beschäftigte sich mit Antwerpen als sehr bedeutendem Standort der Chemischen Industrie, was nur im Zusammenhang mit dem Seehafen zu würdigen ist. In Belgien gibt es mit der Firma Solvay seit langem eine Weltfirma der Chlorchemie, die selbstver-

ständig einen prominenten Werksstandort im Hafen Antwerpen besitzt. Dazu kommen die Ölraffinerien, die ursprünglich den Hafen für ihre Rohölversorgung benützten, aber mit der zunehmenden Größe der Rohöltanker nun versorgt werden von dem für Supertanker leicht zugänglichen Hafen Rotterdam über eine nach Antwerpen führende Pipeline. Im Hafen Antwerpen arbeiten auf diese Weise die vier Erdölraffinerien der Ölfirmen Belgian Refining Company/Gunvenor Petroleum (Verarbeitungskapazität: 110.000 barrels/day), Total (360.000 barrels/day), Exxon Mobil (330.000 barrels / day) und ATPC (55.000 barrels/day), wobei letztere Spezialerzeugnisse rund um den Asphalt herstellt. Dazu kommen die Chemieriesen BASF und Total, welche drei Crack-Anlagen im Hafen Antwerpen betreiben, die ebenfalls das Rohöl aus Rotterdam erhalten und die in den betreffenden Werksteilen allein 2,3 Mill. t Äthylen pro Jahr herstellen, das wiederum Ausgangsprodukt zahlreicher Endprodukte aus Kunststoff ist und auch teils per Pipeline weiter transportiert wird bis in die Niederlande und das deutsche Rheinland. Insgesamt werden im Hafen Antwerpen auf diese Weise 40 Mill. t Rohöl pro Jahr verarbeitet.

In diesem größten europäischen Cluster für die Produktion und Distribution von chemischen und petrochemischen Produkten sind praktisch alle großen Chemiefirmen vertreten, beispielsweise zu den bereits genannten noch Bayer, Dow Chemical, British Petrol, Chevron Phillips, Lanxess, Eurochem, Henkel, Eastman, Degussa, Air Liquide, Monsanto, Ineos, FRX Polymers, Lubrizol und auch Borealis, die in Linz ihre Zentrale hat. Im Hafen Antwerpen erzeugen die dortigen chemischen Werke insgesamt einen Durchsatz von 69 Mill. t flüssiger Produkte und 20 Mill. t chemischer Erzeugnisse praktisch aller Art im

Jahr. Es gibt eine hohe Anzahl von durch die Agglomeration und die Zusammenarbeit benachbarter Firmen resultierender Synergien, welche den Standort auszeichnen. In den Werken direkt werden 12.000 Personen beschäftigt. Aber auch Hafenbetriebe haben neben dem Umschlag noch zusätzliche Wertschöpfung beizustellen. Dies betrifft insbesondere die Lagerung und Distribution der betreffenden Erzeugnisse. So ist die Hafenfirma Katoen Natie spezialisiert auf die Lagerung und Warenverteilung für Polymere. Weitere sieben Firmen sind ebenfalls auf diesem Spezialgebiet tätig. Andere Hafenfirmen betreiben die vier speziellen Terminals für den Import und die anschließende Tanklagerung von Äthylen. Bemerkenswert ist, dass alle diese Firmen, wie bereits erwähnt, untereinander verbunden sind, durch ein Netz spezialisierter Rohrleitungen von einer Länge von 1.000 km innerhalb des ganzen Hafen- und Industriegebiets.

Die abschließende Diskussion mit dem Auditorium beschäftigte sich anfangs mit der neu gestarteten Bearbeitung des Hinterlands des Hafens in Mitteleuropa und der Direktzüge in gemischter Form mit Containern und konventionellen Wagenladungen. Hier liegt noch keine breite Erfahrung vor. Es wurde jedoch hervorgehoben, dass der Bahnverkehr innerhalb des Hafens von Antwerpen durch verschiedene private Traktionsanbieter besorgt würde. Eingehend wurde auch die Position Antwerpens im konventionellen Seeverkehr gewürdigt, insbesondere im Projektgeschäft, wo auch diverse Anlageteile verschiedener Provenienz im Hafen zum gemeinsamen Versand zusammen geführt werden können, oft auch noch im Hafen die eine oder andere Behandlung erfahren (Teilmontage, seemäßige Verpackung und dergleichen). Hier besitzt Antwerpen jedenfalls eine recht gute Position!

## Wir stellen vor

**Verlag Holzhausen GmbH, 1110 Wien, Leberstraße 122, [www.verlagholzhausen.at](http://www.verlagholzhausen.at)**

### **EISENBAHN BILDERALBUM Band 18**

Die Deutsche Reichsbahn in der Ostmark 1938 - 1945

Band 2 der Trilogie „100 Jahre Staatseisenbahnen in Österreich“

Alfred HORN

Band 18 der Eisenbahn Bilderalben-Reihe befasst sich mit der Tätigkeit der Deutschen Reichsbahn zwischen 1938 und 1945 auf dem zu dieser Zeit als „Ostmark“ bezeichneten vormaligen Staatsgebiet Österreichs. Die mangelnde Vergangenheitsbewältigung der Österreichischen Bundesbahnen - ÖBB, die sich darauf berief, das es von 1938 bis 1945 keine österreichischen Eisenbahnen gab, sondern nur eine Deutsche Reichsbahn - DRB, die für alles verantwortlich ist, wird in der vorliegenden Zusammenstellung untersucht und beschrieben. Denn auch dieser Zeitabschnitt ist Teil der Eisenbahngeschichte und daher für die Nachwelt zu dokumentieren. Bis zur Übernahme der BBÖ durch die DRB im Jahre 1938 waren die Österreichischen Bundesbahnen durch jahrzehntelange Korruption ihrer Führungskräfte und politische Misswirtschaft ein am Bankrott schrammendes Unternehmen, das durch die Eingliederung in die DRB vor dem finanziellen Zusammenbruch gerettet wurde. Die DRB übernahm eine rückständige Bahn deren Infrastruktur im Wesentlichen noch aus der Zeit der kkStB stammte. Die DRB leitete umgehend ein umfassendes Ausbau und Erneuerungsprogramm ein; grundsätzlich war jedoch die gesamte Tätigkeit der DRB von Anfang an von kriegswirtschaftlichen Überlegungen geprägt. Das Buch befasst sich in umfassender Form und reich illustriert mit der Zeit der DRB in Österreich vom euphorischen Anfang bis zum katastrophalen Ende. Ausführlich beschrieben wird u.a. das politische Umfeld, der Personalsektor, Betriebsführung, Fahrplan, Elektrifizierung, Unfälle, besonders eingehend aber der Fahrzeugsektor mit der großen Zahl von Lokomotivzugängen, die Geschichte der Kriegslokomotivbeschaffungen, Fahrzeugstatistik und ebenso die Kriegszerstörungen von Bahnanlagen und Fahrzeugen.

Das vorliegende Werk umfasst 320 Seiten sowie zahlreiche, auch bisher teils unbekannte, Abbildungen.

**Neues aus der Eisenbahn-Kurier-Verlag GmbH, Lörracher Straße 16, D - 79115 Freiburg/Breisgau, [alexandra.weber@eisenbahn-kurier.de](mailto:alexandra.weber@eisenbahn-kurier.de); [www.eisenbahn-kurier.de](http://www.eisenbahn-kurier.de)**

### **Das große Hamburger Eisenbahn-Album**

Dirk LAWRENZ

Im Jahr 1842 begann das Zeitalter der Eisenbahnen in Hamburg. Am 5. Mai dieses Jahres nahm die Hamburg-Bergedorfer Eisenbahn ohne Einweihung den Betrieb auf und beförderte Feuerwehrmänner und Geräte zum „Großen Brand“ nach Hamburg und nahm auf der Rückfahrt Obdachlose mit aufs Land. Seit damals hat sich die Stadt an der Elbe zu einer Eisenbahnmetropole entwickelt, die mit ihrem Hafen einen immer größer werdenden Verkehrsstrom bewältigt und gleichzeitig als Drehscheibe zwischen Skandinavien und Südeuropa sowie zwischen den Beneluxstaaten und Osteuropa fungiert. Dieses Band bringt eine großen Auswahl an Bildern und Dokumenten, welche die unglaubliche Vielfalt der Eisenbahnen Hamburgs dokumentieren.

Das vorliegende Werk umfasst 180 Seiten und 280 Abbildungen.

### **Straßen- und Stadtbahnen in Deutschland**

Band 18: Sachsen (Teil 1)

Michael KOCHEMS

Der Schwerpunkt im östlichen Sachsen liegt ganz klar auf dem vielfältigen Betrieb in der Landeshauptstadt Dresden, der in seiner Geschichte mehrere Betriebe zum heutigen Unternehmen vereinte. Doch auch abseits der Großstadt gibt es in der Region bis heute interessante Straßenbahnen zu sehen – von der Überlandbahn im Kirnitzschtal über die Museumspferdebahn in Döbeln bis zum kleinen Betrieb in Görlitz, direkt an der Grenze zu Polen.

Darüber hinaus rollten früher auch Bahnen in den Städten Freiberg, Meißen, Riesa und Zittau, die alle bereits lange vor dem Zweiten Weltkrieg ihren Verkehr einstellten.

Das vorliegende Werk umfasst 304 Seiten, ca. 300 Abbildungen und einen eigenen Farbteil.

## **Die Baureihe 103. Band 2: Einsatz der Serienloks, Versuchsdienst und Verbleib**

Christian WOLF/Christian ERNST/Uwe CLASEN

Band 2 knüpft nahtlos an den Band 1 an, widmet sich vor allem der Einsatzgeschichte der 145 Serienloks (1031) und schreibt diese bis in die heutige Zeit fort. Weitere Kapitel widmen sich den Einsätzen der Baureihe 103 im Versuchsdienst, der Ausmusterung sowie dem Verbleib der heute noch existierenden bzw. aktiven Maschinen. Auch die einzige 103 im Einsatz bei einer NE Bahn – die Lokomotive 103 222 der Firma Rail-Adventure – findet hier ihren gebührenden Platz. Eine umfangreiche Statistik mit den wichtigsten Daten aller 1030 und 1031 bildet den Abschluss des zweiten Bands.

Eine in vielen Bereichen neue oder erweiterte Bebilderung – in weiten Teilen in Farbe und natürlich in gewohnter EK-Qualität – macht diesen Doppelband zum aktuellen Standardwerk der Baureihe.

Das vorliegende Werk umfasst 272 Seiten sowie 475 Abbildungen und einen eigenen Farbteil.

### **Zeitschrift: EK-Special:**

Die DB vor 25 Jahren: 1992

Der traditionelle EK-Rückblick auf das Geschehen der Deutschen Bundesbahn vor 25 Jahren erinnert in der neuesten Ausgabe an die wichtigsten Ereignisse des Jahres 1992. Hervorragende Abbildungen zahlreicher Fotografen lassen die Erinnerungen an die Reichbahn des Jahres 1992 noch einmal wach werden.

### **Zeitschrift: EK-Special:**

Die DR vor 25 Jahren: 1992

Der traditionelle EK-Rückblick auf das Geschehen der Deutschen Reichsbahn vor 25 Jahren erinnert in der neuesten Ausgabe an die wichtigsten Ereignisse des Jahres 1992. Zahlreiche Daten und die obligatorische Beheimatungsstatistik aller Triebfahrzeuge einschließlich der Indienststellungen, Umbauten und Ausmusterungen ergänzen den Jahresrückblick. Hervorragende Abbildungen zahlreicher Fotografen lassen die Erinnerungen an die Reichbahn des Jahres 1992 noch einmal wach werden.

## **Die Reko-50 der DR**

Dirk LENHART/Dietmar SCHLEGEL/Gerald GROSS

Die Baureihe 50 zählt zu den bekanntesten deutschen Dampflokomotiven. Die Deutsche Reichsbahn der DDR ließ zwischen 1957 und 1962 insgesamt 208 Maschinen rekonstruieren und mit einem Neubau-Ersatzkessel ausrüsten. Mehr als

60 Lokomotiven erhielten einen Giesl-Flachejektor. Die jetzt als Baureihe 5035-37 bezeichneten Maschinen wurden bis 1978 vorwiegend in der Reichsbahndirektion Magdeburg, aber auch in den Direktionen Dresden und Schwerin eingesetzt. In den Jahren 1966/67 und 1970/71 baute man 72 Rekolokomotiven der Baureihe 5035-37 auf Ölhauptfeuerung um und bezeichnete diese als Baureihe 5050. Zum Einsatz kamen die ölgefeuerten 50er in den Direktionen Greifswald, Schwerin und Halle. Insgesamt „stolze“ 73 Exemplare der 50er Rekolokomotiven sind heute noch in Deutschland und im europäischen Ausland erhalten und ein paar wenige sind sogar einsatzfähig.

Das vorliegende Werk umfasst 276 Seiten sowie 393 Abbildungen.

## **Verkehrsknoten Würzburg**

Thomas NAUMANN/Ferdinand von RÜDEN

Der Bildband „Verkehrsknoten Würzburg“ begleitet den Leser durch die wechselvolle Geschichte der urkundlich erstmals im Jahr 704 erwähnten Residenzstadt am Main, vor allem aber durch die Zeit der Weltkriege und Wirtschaftskrisen, die Zeit des Wiederaufbaus der vom Zweiten Weltkrieg schwer gezeichneten Stadt. Selbstverständlich finden auch der Straßenverkehr sowie Leben und Alltag breite Berücksichtigung. Würzburg war und ist einer der wichtigsten Knotenpunkte im Netz der Deutschen Bahnen, entsprechend groß war die Vielfalt an Triebfahrzeugen, die hier im Laufe der Jahrzehnte angetroffen wurden. Neben hochinteressanten historischen Aufnahmen mit Dampflokomotiven, elektrischen und Dieseltriebfahrzeugen auf den von Würzburg ausgehenden Strecken sowie mit Straßenbahnen, Bussen und Schiffe auf dem Main geben einen einzigartigen Überblick über das Verkehrsgeschehen in Würzburg.

Das vorliegende Werk umfasst 112 Seiten sowie ca. 180 sw-Abbildungen.

## **Die letzten Altbauelloks der Deutschen Bahn. Band 2. Die Baureihen 152, 160, 163, 169, 175, 191, 193 und 194**

Frank LÜDECKE

In Band 2 der Dokumentationsreihe über die letzten Altbauelloks der Deutschen Bundesbahn widmet sich Frank Lüdecke den Baureihen 152, 160, 163, 169, 175, 191, 193 und 194. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Zeitraum ab der Einführung des neuen Nummernschemas am 1. Januar 1968 bis zum Einsatzende im Jahr 1988. Bis auf die kleinen 169 und die schweren Güterzugloks der Baureihen 193 und 194 mit ih-

ren wuchtigen Vorbauten war diesen Exoten mit ihren altertümlichen Lokomotivkästen ein Charakteristikum gemeinsam: Der Stangenantrieb, der an die zeitliche Nähe dieser alten Elloks zur Dampflokepoche erinnerte!

Frank Lüdecke dokumentiert die ausklingende Epoche dieser uralten Maschinen mit technischen Daten, Einsatzgeschichte, Lebensläufen (Fabrikdaten, Beheimatungen, Ausmusterung und Verbleib) und einem umfangreichen Bildteil mit Motiven berühmter Bildautoren. Dabei liegt der Fokus des Statistikeils wiederum auf den Baureihen, von denen derzeit kein EK-Baureihenbuch erhältlich ist.

Das vorliegende Werk umfasst 248 Seiten und ca. 400 Abbildungen.

### **Unterwegs mit der Taigatrommel. Die Reichsbahn-V 200 in Ostthüringen**

Vor über 20 Jahren im Sommer 1994 endete in Ostthüringen der Einsatz der DR-V 200, die ab 1970 als Baureihe 120 und ab 1992 als Baureihe 220 wegen ihres ursprünglichen extrem lauten Geräuschpegels schnell den Namen „Taigatrommel“ erhielt. Anfangs von Eisenbahnfreunden wegen ihrer eigenwilligen Erscheinung kaum beachtet, wuchs die Fangemeinde der uralten, robusten und beim Personal sehr beliebten Güterzuglokomotive schnell an. Spätestens nach der deutschen Wiedervereinigung gehörten die mittlerweile in die Jahre gekommenen Maschinen zu den absoluten Favoriten vieler Eisenbahnfreunde.

Der Band erinnert in eindrucksvollen schwarz-weißen Bildern und Farbaufnahmen an die große Zeit der V 200 in Ostthüringen und dem angrenzenden Westsachsen. Zu erleben sind die unvergessene DR-V 200 in den dortigen Bahnbetriebswerken, auf den Strecken zwischen dem Saale

und Elstertal und dem Altenburger Land, im Vogtland und dem Thüringer Oberland sowie auf der legendären Werkbahn der ehemaligen SDAG Wismut, wo der Einsatz der letzten „Trommel“ erst im Jahr 2001 endete.

Das vorliegende Werk umfasst 96 Seiten sowie ca. 100 sw- und Farbabbildungen

### **Erlebnisbahnen Jungfrau Region**

Urs JOSSI/Beat MOSER

Die Jungfrau-Region im Herzen der Schweizer Alpen, inmitten atemberaubender Viertausender, gilt als Bergbahnparadies sondergleichen und kann gleich mit mehreren Rekorden aufwarten: Jungfraubahn - höchstgelegener Bahnhof Europas auf dem Jungfrauojoch auf 3.454 m.ü.M.; Wengernalpbahn - längste Zahnradbahn Europas von Lauterbrunnen über die 2.061 m.ü.M. gelegene Kleine Scheidegg am Fuß der weltberühmten Eigernordwand nach Grindelwald; Bergbahn Lauterbrunnen – Mürren, älteste noch in Betrieb stehende elektrische Bahn der Schweiz; Schynige Platte-Bahn – die nostalgische Zahnradbahn der Jungfrau Region, verkehrt als einzige Bergbahn der Schweiz noch ausschließlich mit über 100-jährigen elektrischen Lokomotiven und sorgfältig restaurierten Personenwagen aus der Anfangszeit der Bahn.

Ausdrucksstarke Bilder nehmen den Leser mit auf eine Bilderreise mit historischen und modernen Zugkompositionen, Standseil- und Gondelbahnen hinauf zu den Gletschern inmitten zahlreicher bekannter Berge. In kurzen Texten wird die wechselvolle Geschichte der verschiedenen Bahnen von den Anfängen bis in die heutige Zeit informativ geschildert.

Das vorliegende Werk umfasst 128 Seiten und 183 Abbildungen, überwiegend in Farbe.



# ZUG UM ZUG

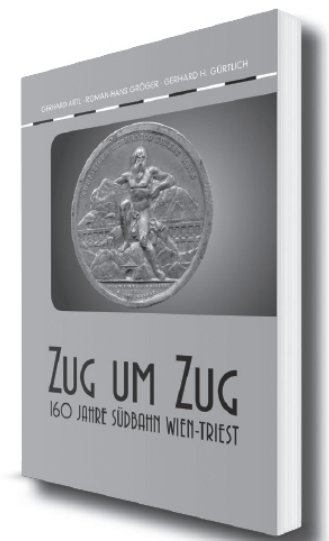
160 JAHRE SÜDBAHN WIEN-TRIEST

*Das Werk*

Die k.k. priv. Südbahn-Gesellschaft war seit dem Ende der 1850er-Jahre eine der bedeutendsten Eisenbahngesellschaften Europas und eines der größten privaten Unternehmen Österreichs mit weitreichenden Interessen und Beteiligungen in verschiedenen Regionen und Branchen der Habsburgermonarchie. Die Südbahn-Gesellschaft wurde ein Imperium mit erstaunlicher Langlebigkeit.

„Franz Joseph I., Kaiser von Österreich, hat für Mensch und Ware das Adriatische mit dem Deutschen Meere verbunden.“ Im Jahre 1857 war es erstmals möglich, die Strecke Wien-Triest durchgehend mit der Eisenbahn zu befahren. Das 160-Jahre-Jubiläum begründete die Herausgabe einer neuen Dokumentation über die Südbahn. Neben den anlassbezogenen Beiträgen zum Südbahn-Jubiläum werden auch Themen im Umfeld der Südbahn und ergänzende Themen beleuchtet, um ein ausgewogenes Verhältnis zwischen der wissenschaftlichen Aufarbeitung der Eisenbahnhistorie und ergänzenden Informationen aus dem Umfeld schaffen zu können.

34 Autoren gehen in 29 teilweise recht unterschiedlichen Beiträgen der Südbahn als Eisenbahnverbindung und der Südbahn-Gesellschaft als Imperium nach.



Gerhard ARTL | Roman-Hans GRÖGER |  
Gerhard H. GÜRTLICH

**ZUG UM ZUG**

*160 Jahre Südbahn Wien-Triest*

532 Seiten | 17 x 24 cm

Softcover | EUR 29,00

ISBN: 978-3-903207-05-9

Erscheinungstermin: 18.12.2017



Verlag Holzhausen GmbH  
1110 Wien, Leberstraße 122  
[www.verlagholzhausen.at](http://www.verlagholzhausen.at)  
[buch.verlagholzhausen.at](http://buch.verlagholzhausen.at)  
[shop.verlagholzhausen.at](http://shop.verlagholzhausen.at)

[www.facebook.com/HolzhausenVerlag](https://www.facebook.com/HolzhausenVerlag)  
[http://twitter.com/HolzhausenVlg](https://twitter.com/HolzhausenVlg)

Tel.: +43 (0) 1 / 740 95 - 452

Fax.: +43 (0) 1 / 740 95 - 111

E-Mail: [office@verlagholzhausen.at](mailto:office@verlagholzhausen.at)

