



Fachtagung „Die Automatisierung der Bahn“

Die 23. Sicherungstechnische Fachtagung an der TU Dresden beschäftigte sich mit einem hochaktuellen Thema und erzielte einen Teilnehmerrekord.

JENS BUDER

Traditionell im September lädt die Professur für Verkehrssicherungstechnik der Technischen Universität Dresden Praxispartner und Interessierte zur Sicherungstechnischen Fachtagung ein. Hierbei werden Forschungserkenntnisse zu aktuellen Themen vorgestellt, Erfahrungen ausgetauscht und auch branchenübergreifend diskutiert. Das Leitthema der in Kooperation mit dem CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik Dresden organisierten Veranstaltung am 28. und 29. September 2017 stellte die Automatisierung von Bahnen in den Mittelpunkt.

In Zeiten von (politischen) Schlagworten wie Automatisierung, Digitalisierung und Industrie 4.0, bei denen öffentlichkeitswirksam, jedoch zumeist nur Forschungsfelder des Verkehrsträgers Straße, z.B. in Form von selbstfahrenden oder elektrisch angetriebenen Kraftfahrzeugen, präsentiert werden, schien es längst an der Zeit, sich gleichgerichtet mit Automatisierungstendenzen im Schienenverkehr zu beschäftigen. Kernfrage war dabei, wie Bahnsysteme für aktuelle Herausforderungen gerüstet sind, welche Innovationen bereits praktisch eingesetzt werden und mit welchen gegenwärtigen Themenschwerpunkten sich Bahnunternehmer, Forschungseinrichtungen, Hersteller sowie andere Beteiligte beschäftigen. Vor Veranstaltungsbeginn bestand wie gewohnt die Möglichkeit, das Sicherungstechnische Labor und das Eisenbahnbetriebsla-

bor zu besichtigen. Gegen Mittag eröffnete **Prof. Dr.-Ing. Jochen Trinckauf** (Inhaber der Professur für Verkehrssicherungstechnik) die Veranstaltung und begrüßte die zahlreichen Teilnehmer aus dem In- und Ausland. Die Aktualität und hohe Praxisrelevanz des Leitthemas zeigte sich am großen Teilnehmerzuspruch: mit über 290 Hörern waren alle verfügbaren Plätze ausgebucht, zudem wurde ein neuer Teilnehmerrekord für die Veranstaltungsreihe erreicht. Mit einer Vorstellung des Tagungsprogramms leitete er die Vorträge ein.

Vorbereitungsstand der Bahnen für Digitalisierung

Die Vortragsreihe eröffnete **Dr. Klaus-Rüdiger Hase** (openETCS Foundation e.V.) mit der interessanten Fragestellung „Sind die Bahnen wirklich auf die Digitalisierung gut vorbereitet?“. Hierzu widmete er sich zunächst den Begriffsdefinitionen Digitalisierung, Automatisierung und Software. Dabei wurden deren Bedeutung für Bahnsysteme und verschiedene Entwicklungsstufen einschließlich ihrer Auswirkungen erläutert. Während Digitalisierung die Voraussetzung zur Automatisierung darstellt, bestehen die Wertschöpfungsprozesse im Schienenfahrzeugbau zunehmend in der Softwareprogrammierung. Dabei erläuterte er u.a., dass komplexe Software, wie sie zunehmend bei Schienenfahrzeugen zum Einsatz kommt und zur Realisierung des automatisierten Fahrens unabdingbar ist, eine Langzeitpflege erfordert, um über Releases kontinuierlich Funktionalitäten zu erweitern und Bugs zu reduzieren. Infolge der Digita-

lisierung unter verstärktem Softwareeinsatz ändern sich jedoch die rechtlichen Voraussetzungen beim Umgang mit Schienenfahrzeugen, da ein gekauftes Schienenfahrzeug formal zwar unter das Eigentumsrecht nach § 903 BGB, die darauf eingespielte Software aber unter das Urheberrecht fällt. Konsequenterweise erwerben die meisten Bahnen kein vollständiges Eigentum mehr an den Fahrzeugen und können somit nicht mehr nach eigenem Belieben mit ihnen über den gesamten Lebenszyklus verfahren. Stattdessen ist der Betreiber durch den Lieferanten von der Einwirkung in die Sache ausgeschlossen, d.h. Softwareweiterentwicklungen bedingen rechtlich und faktisch zwingend eine Mitbeteiligung des Lieferanten/Herstellers. Unter diesen Randbedingungen müssen perspektivisch Veränderungen vorstattengehen, um standardisierte, offene Hardware- und Softwarechnittstellen auf den Markt zu bringen. Nur so kann auch die Obsoleszenzsicherheit innerhalb des Lebenszyklus eines Schienenfahrzeugs gewährleistet werden.

Weiterhin ist zu erwarten, dass seitens der Verkehrsträger Straße und ggf. Luft der Wettbewerbsdruck auf den Schienenverkehr zunehmen wird. Zudem zeichnet sich auch im Bahnsektor unter den demografischen Randbedingungen ein Fachkräftemangel vor allem bei Triebfahrzeugführern, Zugbegleitern und Fahrdienstleitern ab. Diesem negativen Einfluss kann wahrscheinlich nur mit stärkerer Automatisierung begegnet werden. Hierfür ist es an der Zeit, die rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen zu schaffen.

WEITERE HERAUSFORDERUNGEN BEI MODERNISIERUNG INFRASTRUKTUR

- Technikunabhängige Anforderungsdefinition
- Formalisierung und Digitalisierung der Regelwerke
- Erarbeiten eines zukunftsfähigen technischen Konzeptes
- Entwicklung einer sicheren Ortungstechnik
- Automatische Sicherung der Zugvollständigkeit
- Automatisches Fahren

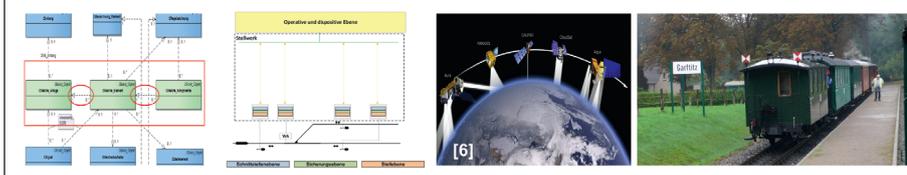


Abb. 1: Herausforderungen bei der Modernisierung der Eisenbahninfrastruktur

Automatisierung und Digitalisierung

Ebenfalls mit den Schlagworten Automatisierung und Digitalisierung beschäftigte sich der Vortrag von **Dr. Ulrich Maschek** (TU Dresden, Professur für Verkehrssicherungstechnik). Neben der allgemeinen Begriffsdefinition stand zunächst ein Abriss der historischen Entwicklung in der Automatisierung der Bahnsteuerung im Mittelpunkt, beginnend 1898 mit Automatischem Block bei der Wuppertaler Schwebebahn. Die Entwicklung zeigte, dass die Bahnen schon immer die technischen Möglichkeiten der jeweiligen Zeit für Automatisierung nutzten.

Der zweite Schwerpunkt des Vortrags lag in der Untersuchung des Begriffs Digitalisierung und deren Anwendung auf die Bahnsteuerung. „Digital“ bedeutet eigentlich „wertdiskret“; „binär“ ist davon ein Spezialfall und be-

trachtet nur zwei Zustände. Von der Elektronik über die Relaisstechnik bis zur Mechanik zeigte der Referent auf, dass im Stellwerk eigentlich schon immer nur wertdiskrete Zustände betrachtet wurden und damit Stellwerke schon immer digital waren. Analoge Messwerte (z.B. Spannung am Gleisstromkreis) werden umgehend in digitale Werte umgesetzt (z.B. mittels Gleisrelais). Somit ist der neue Begriff „Digitale LST“ eigentlich falsch, weil im Stellwerk schon immer nur digitale Zustände verarbeitet wurden. Gemeint ist mit dem Begriff eigentlich eine stärkere und modernere Vernetzung der LST mit standardisierter Bustechnik, standardisierten Schnittstellen und der Trennung von Daten und Energie.

Zum Schluss erläuterte der Referent, was wirklich noch digitalisiert werden muss: So ist für Lastenhefte und Planungsregeln eine stärker-

re Formalisierung nötig, um Eindeutigkeit in den Beschreibungen zu erzeugen. Außerdem können Betriebsprozesse wie z.B. das Zugmeldebuch im Zugleitbetrieb oder die Befehlsübermittlung digitalisiert werden. Das größte Potenzial jedoch steckt in der LST-Planung, deren Schnittstellen zwischen den Beteiligten heute wie vor 100 Jahren aus viel Papier besteht – woran auch die Speicherung in EDV-Formaten nichts geändert hat.

Automatische Steuerung von Bahnen

Im folgenden Vortrag stellte **Daria Bachurina** (CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik) Aspekte zur automatischen Steuerung von Bahnen vor. Ausgehend von Vergleichen zu straßenseitigen Versuchen mit selbstfahrenden Kraftfahrzeugen wurden zunächst mögliche Ziele des automatischen Fahrens von Schienenbahnen präsentiert, z.B. verbesserte Fahrplanangebote sowie nachfragegerechtere Fahrzeugkapazitäten, Attraktivitätssteigerungen und Reduzierung von Personalkosten.

Nach Vorstellung ausgewählter U- bzw. Hochbahnen, die bereits wie in Lille, Nürnberg und Dortmund (teilweise) automatisch betrieben werden, konzentrierte sie sich vor allem auf erforderliche Funktionalitäten der Fahrzeugsteuerungen und Infrastrukturausrüstungen, um auch bei Eisenbahnen das automatische Fahren zu ermöglichen. Während hinsichtlich der Fahrzeugausrüstungen beispielsweise Auf- und Abrüst-, Beschleunigungs- und Bremsvorgänge, Selbstabfertigung sowie das Behandeln von Störungen und Notsituationen zu berücksichtigen sind, müssen Infrastrukturanlagen angepasst und modernisiert werden.

Zur Errichtung von Stellwerken mit den zugeordneten Einheiten Schnittstellenebene, Sicherungsebene und Stellebene existieren im Wesentlichen drei verschiedene Konzepte: zentral, semidezentral und dezentral. Diesen sind unterschiedliche Eigenschaften einschließlich Vor-/Nachteilen eigen, die den Teilnehmern erläutert wurden.

Darüber hinaus existieren weitere Herausforderungen bei der Modernisierung der Eisenbahninfrastruktur (Abb. 1). In Abhängigkeit zum realisierten Automatisierungsgrad (GoA 0 bis 4) müssen auch rechtliche Vorgaben sowie Regelwerke für Betrieb und Infrastruktur weiterentwickelt werden. Bisherige Erfahrungen verdeutlichen, dass die Einführung des automatischen Fahrens bei Eisenbahnen kein auswegloses Unterfangen, sondern vielmehr einen notwendigen Fortschritt darstellt, um gegenüber anderen Verkehrsträgern konkurrenzfähig zu bleiben. Dazu gehen aktuelle Forschungen in die richtige Richtung, wobei weitere Fragestellungen, beispielsweise zur Systemarchitektur, Migrationsstrategie, Diskriminierungsfreiheit und tatsächlicher Wirtschaftlichkeit noch zu behandeln sind.

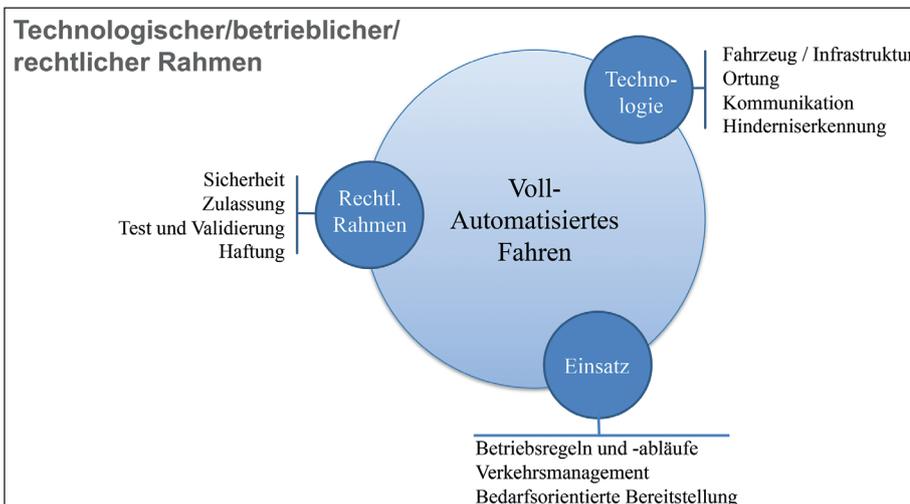


Abb. 2: Rahmenbedingungen für die Automatisierung des Bahnbetriebs

Migration zur Vollautomatisierung des Bahnbetriebs

Technologisch-funktionale Aspekte, verschiedene Einführungsansätze sowie allgemein zu berücksichtigende Mensch-System-Interaktionen bei der Etablierung des vollautomatischen Bahnbetriebs standen im Mittelpunkt des folgenden Beitrags. Dabei betonte **Dr. Michael Meyer zu Hörste** (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt), dass der praktische Einsatz nach definierten Betriebsregeln und -abläufen maßgeblich von rechtlichen Rahmenbedingungen und vorhandenen Technologien abhängt (Abb. 2). Während zahlreiche Technologien bezüglich Infrastruktur- und Fahrzeugsteuerung sowie teilweise der Interaktionen zwischen Fahrzeug und Infrastruktur bereits verfügbar und betriebserprobt sind, besteht weiterhin Forschungsbedarf bei den Themen hochgenaue und zuverlässige Ortung, zuverlässige Kommunikation, Hindernis-/Umfeldererkennung und Cyber-Security für bahnspezifische Anwendungen. Jedoch werden diese Themenfelder bereits angegangen. Ein großes Problem stellen die betrieblichen und rechtlichen Rahmenbedingungen hinsichtlich Sicherheit, Zulassung, Test und Validierung sowie Haftungsfragen dar. Diese müssen zwingend auch an den technischen Fortschritt angepasst werden, um Voraussetzungen für den vollautomatischen Bahnbetrieb zu schaffen. Dabei beispielsweise Tests für entsprechende (Sicherheits-)Nachweise zu definieren und zu standardisieren sowie divergierende Anforderungen des Zivil- und Strafrechts zu erfüllen. Für die weitere Automatisierung von Bahnen biete das European Train Control System (ETCS) eine solide Grundlage, wobei drei verschiedene Migrationsansätze infrage kommen. Die Varianten verfügen über spezifische Vor- und Nachteile, die abzuwägen sind. Egal wie die Entscheidung ausfällt: Die Einführung des vollautomatischen Bahnbetriebes wird neue Anwendungsfälle und Geschäftsmodelle ermöglichen.

Erfahrungen der automatisierten U-Bahn Nürnberg

Trotz der teilweise schwierigen Randbedingungen konnten den Tagungsteilnehmern erste Praxiserfahrungen eines in Deutschland automatisch betriebenen Bahnsystems detaillierter vorgestellt werden. Dazu berichtete **Matthias Striebich** (Verkehrs-Aktiengesellschaft Nürnberg, VAG) aus Sicht des Betriebs und der Instandhaltung von den Erkenntnissen aus der schrittweisen Einführung des automatischen U-Bahnbetriebs. Dabei betonte er, dass die Automatisierung des U-Bahnbetriebs, unter „rollendem Rad“ ohne Totsperrung und unter den Anforderungen der Mischbetriebsfähigkeit, ein sowohl technisch anspruchsvolles als auch spannendes Projekt darstellte. Trotz anfänglicher Skepsis vor allem seitens der Öffentlichkeit läuft das System nach anfänglichen „Kinderkrankheiten“ nun sehr stabil und zuverlässig. Dies führt zu hohen Pünktlichkeitswerten und verbunden mit neuen perso-

nellen Ressourcen für den Kundenservice zu hohen Fahrgastzufriedenheitswerten. Somit zieht die VAG insgesamt ein positives Fazit. Gleichzeitig bedeuten der Aufbau des Systems und die Instandhaltung unter Berücksichtigung des automatischen Betriebs nicht zu vernachlässigende Mehraufwände. Zurückblickend lagen in Nürnberg mit geplantem Neubau der Linie U3 und der ohnehin erforderlichen Beschaffung von Neufahrzeugen günstige Rahmenbedingungen vor. Die ursprünglich mit der Automatisierung der U-Bahnlinien U2 und U3 formulierten Ziele (Abb. 3) wurden weitestgehend erreicht, wobei Effekte wie Energieeinsparungen und Fahrgastzuwächse aufgrund von Begleiteffekten nicht quantifizierbar sind. Beispielsweise stehen Energieeinsparungen durch optimierte Fahrweisen und bessere Energieverbräuche höhere Energieverbräuche infolge schwerer Fahrzeuge und deren Rechnerausstattung gegenüber. Veränderte Aufgaben wurden den früheren Fahrzeugführern zugewiesen, die nun neben Störungsmanagement und Tätigkeiten im Bahnhof bzw. am Fahrzeug auch im Bereich Fahrgastservice eingesetzt werden und durch ihre sichtbare Anwesenheit das Sicherheitsgefühl erhöhen. Erforderliche technische Entwicklungen, wie z.B. Videoüberwachung des Bahnsteiggleises, können auch zur Sicherheitserhöhung im konventionellen Bahnbetrieb eingesetzt werden. Nachteilig sind die Auswirkungen bei Störungen und die Bedingungen für die Instandhaltung. Aufgrund des fehlenden Fahrzeugführers steht im Störfall ggf. ein Zug so lange, bis ein Mitarbeiter vor Ort ist und ihn manuell weiterfährt. Höhere Anforderungen an die Verfügbarkeit sowie zusätzliche Technik erhöhen den Instandhaltungsaufwand. Außerdem können viele Instandhaltungsmaßnahmen nicht mehr bei laufendem Betrieb durchgeführt werden. Nichtsdestotrotz fällt das Fazit der VAG durchweg positiv aus.

Rangierbahnhof der Zukunft – Automatisierung im Güterverkehr

Von Einflüssen der Digitalisierung und Automatisierung auf den Güterverkehr, möglichen

Vereinfachungen der Rangierprozesse und Visionen zur zukünftigen Gestaltung von Rangierbahnhöfen berichtete **Baseliyos Jacob** (DB Cargo). Infrastrukturelle Voraussetzungen hierfür bilden ein sogenanntes Sensorgate, das von einfahrenden Zügen die Wagen automatisch erfasst, Kupplungsroboter sowie selbstfahrende Rangierlokomotiven. Eine wesentliche Voraussetzung stellt die digitale Prozesssteuerung dar. Hieraus werden Rangierlokomotiven sowie sämtliche Ressourcen der Infrastruktur einschließlich Weichen in Echtzeit gesteuert und Prozesse papierlos begleitet. Über ein digitales Kundenzentrum können Informationen in die vernetzte Wertschöpfungskette gegeben werden, wie z.B. der aktuelle Wagenstandort oder die voraussichtliche Zustellzeit. Weiterhin ermöglicht eine vernetzte Wartung die Identifizierung von Schwadwagen bzw. Wagen mit Wartungsaufträgen über Sensoren und die anschließende Zuführung zur Werkstatt.

Bis zur Umsetzung dieser Visionen wird noch etwas Zeit vergehen, dennoch existieren bereits einige erfolgversprechende Forschungsprojekte. Exemplarisch ist hierfür die vollautomatische Rangierlokomotive (VAL) zu nennen. Diese benötigt zusätzliche Sensoren u.a. zur Hinderniserkennung. Nach erfolgter Anforderungsanalyse existiert hierfür bereits ein Demonstrator als umgebaute Rangierlokomotive der Baureihe 296. Ist der Versuchsbetrieb erfolgreich abgeschlossen, können weitere Schritte in die Wege geleitet werden, u.a. Prototypkonstruktion, Zulassung, Erprobung des Abdruckbetriebs bis hin zur Serienproduktion der VAL. Zudem sind weitere Themenfelder zu erforschen, z.B. offene Systemschnittstellen für den digitalisierten und automatisierten Eisenbahnbetrieb, Securityaspekte digitaler Eisenbahnsteuerungen sowie Schnittstellenbetrachtungen zu und innerhalb der Leit- und Sicherungstechnik.

Neue Chancen für bewährte Ansätze

Ausgehend von den seit jeher existierenden Bedürfnissen der Automatisierung, deren Ziele sich in der Bahnbranche mit Steigerung



Abb. 3: Ausgewählte Ziele der Automatisierung bei der VAG

Eine Automatisierung des gesamten Bahnbetriebs ist prinzipiell möglich – aber...

Bereich	U-Bahn-Verkehr	Schienerfernverkehr
Fahrzeuge	Unternehmenseigene Fahrzeuge, begrenzte Anzahl von Typen	Verschiedene Betreiber mit zahlreichen Fahrzeugtypen (Neu- und Altfahrzeuge)
Infrastruktur	Begrenztes Streckennetz, einfaches Layout	Existierende Infrastruktur, sehr komplex
Umgebungsbedingungen	Geschütztes Netz und zugangsbeschränkt	Öffentlich zugänglich, z. B. an Bahnübergängen
Betrieb	Personenverkehr	Urbane Verkehr, Hochgeschwindigkeits-, Regional- und Güterverkehr
System	Proprietäre Lösungen, ein Hersteller, integrierte ATP / ATO-Lösung	Interoperabel, ATO over ETCS

Tab. 1: Vergleich von Randbedingungen zur Automatisierung von U-Bahn- und Schienenfernverkehr

der Leistungsfähigkeit und Reduzierung der Lebenszykluskosten zusammenfassen lassen, verdeutlichte **Dr. Markus Pelz** (Siemens), dass weltweit die Nachfragen nach höherer Automatisierung im Bahnbetrieb sehr groß und die für die Umsetzung erforderlichen Fragestellungen nicht grundsätzlich neu sind. Diese erfahren „nur“ eine Renaissance und müssen unter aktuellen Randbedingungen neu bewertet werden.

Bei Fortschreiten der Bahnautomatisierung sind betriebliche wie technische Sichtweisen gleichermaßen zu berücksichtigen, wie es beispielsweise in der Vergangenheit bei der Entwicklung von Stellwerken und Zugbeeinflussungssystemen bereits der Fall war. Eine Automatisierung des gesamten Bahnbetriebs ist dabei grundsätzlich möglich, jedoch müssen Unterschiede beispielsweise zwischen U-Bahnen und Schienenfernverkehr (Tab. 1) berücksichtigt werden.

Durch die Evolution der Sicherungstechnik, ausgehend vom mechanischen Stellwerk über Relaisstellwerke bis hin zu Elektronischen Stellwerken, existieren bereits Strukturen für eine Bahnautomatisierung 4.0. Durch diese werden unter Einsatz von Cloud-Technologien u. a. mit höheren Rechnerleistungen und intermodaler Leittechnik praktisch unbegrenzte Stellentfernungen möglich. Die Realisierung der Betriebsleittechnik als „in the cloud-System“ ist dabei bereits als Service bei der Gornegratbahn im Einsatz.

Weiterhin laufen bereits erste Praxisversuche zur Automatisierung von Zugfahrten. Durch den Einbau zusätzlicher Sensorik und Komponenten in vorhandene Triebfahrzeuge konnte in Praxisversuchen nachgewiesen werden, dass ein exakteres Heranfahren zum Kuppeln möglich ist.

Vor einem Wechsel der Technologien und flächendeckender Einführung des automatisierten Fahrens sind jedoch verschiedene Fragestellungen zu beantworten. Das betrifft beispielsweise die Zukunftssicherheit der angedachten Lösung und Gegenüberstellungen der (erwarteten) Investitionskosten mit den (langfristigen) Betriebskosteneinsparungen unter Berücksichtigung der beabsichtigten

Leistungsfähigkeitssteigerung durch Automatisierung.

Zusammenfassend wurde herausgestellt, dass aufgrund des technischen Fortschritts und der weltweit großen Nachfrage die vollständige Automatisierung der Bahnen möglich ist. Zudem kann auch in der Logistikbranche aufgrund des absehbaren Lkw-Fahrermangels mit einer weiteren Bedarfssteigerung gerechnet werden. Deswegen kommt es nun darauf an, zukunftssträchtige Lösungen des Schienengüterverkehrs mit hoher Flexibilität und größeren Kapazitäten unter intelligenter Nutzung bewährter Ansätze anzubieten. Dabei sind zunächst Lücken für eine durchgängig automatisierte Produktion Bahn zu schließen, da eine flächendeckende Automatisierung kurz und mittelfristig nicht möglich ist.

Rechnergestütztes Zugmeldebuch

Über die Innovation eines rechnergestützten Zugmeldebuchs (rZmb), wie es bei der Borkumer Kleinbahn im Einsatz ist, berichtete deren Eisenbahnbetriebsleiter **Theodor Robbers**. Ausgehend von einer kurzen Vorstellung der Borkumer Kleinbahn erläuterte er dabei zunächst Grundlagen zum Zugleitbetrieb, nach dem die jeweilige Betriebsituation in einem Zugmeldebuch zu dokumentieren ist. Mit zunehmender Bedeutung der Digitalisierung und IT-gestützter Verfahren stellte sich berechtigt die Frage, ob und wie ein solches Zugmeldebuch auch elektronisch geführt werden kann.

Konsequenterweise befindet sich bereits seit dem Jahr 2008 das rZmb im Einsatz. Zunächst war dies jedoch nur im Probebetrieb als „offline-Variante“ möglich, Papiervordrucke dienten als Rückfallebene und als Auflage mussten Papierausdrucke zum jeweiligen Dienstschluss erzeugt werden. Diese mit der Landeseisenbahnaufsicht abgestimmte Verfahrensweise wurde in den folgenden Jahren weiterentwickelt; unter anderem war eine Technische Unterstützung des Zugleitbetriebs (TUZ) nachzurüsten. In diesem Rahmen erfolgte auch die Weiterentwicklung des rZmb, sodass sich seit 2017 beide Systeme im Einsatz befinden.

Diese prüfen sich gegenseitig, d. h. Streckeninformationen aus der TUZ werden an das rZmb übergeben; umgekehrt fließen betriebliche Informationen an die TUZ zurück.

Zusammenfassend zog der Referent ein durchweg positives Fazit für den Einsatz des rZmb. Hinsichtlich der Zugleitung können Zugfolge und Rangierdienste auf Basis der Eingabedaten und des Zeitstempels ihrer Erzeugung rechtssicher dokumentiert und für die Betriebsleitung sowie Dispositionszwecke in Form elektronisch erzeugter Unterlagen in einem „Datenraum“ abgelegt werden. Bei Bedarf können die elektronischen Daten in gedruckten Ausführungen ausgegeben und analysiert werden.

Ausgehend von den Erfahrungen stehen die Chancen nicht schlecht, auch bei anderen im Zugleitbetrieb betriebenen Bahnen elektronische Zugmeldebücher einzusetzen. Auch die Digitalisierung und elektronische Dokumentation anderer Vordrucke (z. B. Befehle) scheinen nach Klärung offener Fragen hinsichtlich rechtlicher Voraussetzungen und praktischer Verfahrensweisen in nicht so ferner Zukunft möglich.

Automatisierung der Gleisbaustellensicherung

Ein anderes Anwendungsfeld der Automatisierung im Bahnsektor stellte **Elena Kosukhina** (TU Dresden, Professur für Verkehrssicherungstechnik) vor, zu deren Forschungsfeldern auch die Sicherung von Gleisbaustellen gehört. Relevanz erlangt das Thema einerseits aus der großen Anzahl von täglich ca. 600 Arbeitsstellen sowie dem hohen zu erwartenden Schadensausmaß bei Versagen der Sicherungsmaßnahmen. Durch geänderte Verfahrensweisen seit dem Jahr 2000 konnte die Anzahl der Unfälle reduziert werden. Ein kausaler Zusammenhang besteht dabei zur Einführung des sogenannten RIMINI-Verfahrens (Verfahren zur risikominimalen Sicherung von Gleisbaustellen), dessen Schritte differenziert in Sicherung vor Fahrten im Arbeitsgleis bzw. Nachbargleis in Abb. 4 dargestellt sind. Trotz der Sicherheitserhöhung kommt es dennoch zu zehn bis 15 tödlichen Unfällen pro Jahr, wobei menschliches Fehlverhalten in der Planung und Durchführung der Gleisbaustellensicherung im In- und Ausland als Hauptursache gilt. Konsequenterweise sind Maßnahmen zur weiteren Sicherheitserhöhung zu entwickeln, wobei sowohl feste Absperrungen als auch eine weitere Automatisierung von Sicherungsprozessen eine bedeutsame Rolle spielen. Ein daraus abgeleitetes Verfahren wird als SCWS (Signal Controlled automatic track Warning System) bezeichnet und stellt ein sicherungsanlagenabhängiges Warnsystem als Weiterentwicklung zu SAS (Signalabhängige Arbeitsstellen-Sicherungsanlagen) und eine Modifizierung gegenüber ATWS (Automatische Warnsysteme) dar. Unter Einsatz von Zugortungssys-

temen sind damit sichere und zeitgerechte Warnsignalausgaben bzw. Arbeiten unter Signaldeckung im Einklang mit kürzeren Montage- und Demontagezeiten möglich. Erste Feldversuche fanden diesbezüglich in Österreich und Belgien statt.

Im Funktionsprinzip des SCWS werden ohnehin vorhandene Informationen der Leit- und Sicherungstechnik abgegriffen, in einer Zentrale ausgewertet und zur automatischen Warnsignalausgabe auf der Arbeitsstelle weiterverarbeitet. Als Datenquellen zum Informationsabgriff kommt grundsätzlich die Sicherungstechnik oder die Leittechnik infrage (Tab. 2). Zur Umsetzung des neuartigen Verfahrens sind weitere Faktoren zu berücksichtigen, wie beispielsweise zukünftige Stellwerksarchitekturen, satellitengestützte Ortungssysteme sowie die Weiterentwicklung von Sicherungsregeln.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des automatischen Fahrens

Der abschließende Vortrag beschäftigte sich mit den Auswirkungen eines automatisierten Bahnbetriebs hinsichtlich wirtschaftlicher Aspekte. Hierzu erläuterte **Dr. Anselm Ott** (McKinsey) neben Einflussfaktoren für das Betriebsergebnis auch bisherige Erfahrungen aus verschiedenen Projekten.

Nachdem weltweit bereits zahlreiche U-Bahnen automatisch fahren, sind technische Entwicklungen weitestgehend reif, um auch bei Eisenbahnen dazu überzugehen. Neben der Zugintegritätsprüfung stellt vor allem die automatische Zugerennung zur Differenzierung zwischen Personen- und Güterzügen und anderen Sondertransporten eine Herausforderung dar. Unter anderen, einfacheren Voraussetzungen konnten bei automatisch betriebenen U-Bahnsystemen vor allem durch höhere Fahrwegkapazitäten Einsparungen gegenüber herkömmlichen Systemen beobachtet werden. Diese Effekte lassen sich jedoch nicht hart wirtschaftlich messen. Tendenziell werden weltweit neu- oder ausgebaute U-Bahn-Netze zunehmend automatisch betrieben.

Allgemein stellt die Automatisierung – nicht nur von Bahnen, sondern auch des Straßen-

Sicherung vor Fahrten im Arbeitsgleis	Sicherung vor Fahrten im Nachbargleis
Signalabhängige Arbeitsstellen-Sicherungsanlagen (SAS)	
Sperrung aus Unfallverhütungsgründen (UV-Sperrung)	
-	Feste Absperrung (FA)
-	Automatische Warnsysteme (ATWS) mit integrierter FA
ATWS mit technischer Detektion	
-	ATWS mit Handschalter
Benachrichtigung von Arbeitsstellen auf der freien Strecke	
Sicherungsposten	Absperrposten/Sicherungsposten



Abb. 4: Sicherung von Gleisbaustellen nach RIMINI

verkehrs – eines der wichtigsten Investitionsfelder dar. Unter diesen günstigen Voraussetzungen gilt es, vor allem die Wirtschaftlichkeit von Transportketten bzw. Verkehrssystemen zu verbessern. Exemplarisch werden beim Straßengüterverkehr Einsparungseffekte von ca. 20% erwartet, beispielsweise durch fahrerloses Fahren und gleichmäßigere Geschwindigkeiten. Konsequenterweise entsteht hierdurch auch ein Kostendruck auf den Schienengüterverkehr, sollen nicht noch weitere Modal-Split-Anteile an die Straße verlorren gehen. Gegenmaßnahmen stellen exemplarisch eine Stärkung des Containerverkehrs sowie die Einführung des automatischen Fahrens dar. Hierzu laufen erste Versuche, beispielsweise bei der Rio Tinto-Eisenbahn in Australien. Erzielte Erfahrungen und Effekte können dann auch im Schienenpersonenverkehr und Schienengüterverkehr zur Anwendung kommen. Eine Prognose zu konkreten Größenordnungen der Einsparungseffekte fällt jedoch schwer.

Resümee und Ausblick

Die große Teilnehmerresonanz und die Inhalte der vorgestellten Vorträge verdeutlichten, dass die Automatisierung des Schienenverkehrs ein hochaktuelles Thema ist. Durch die Anwendung neuer Ansätze zur Ausrüstung von Infrastrukturen und Betriebsführung aus den Forschungsschwerpunkten Digitalisierung und Industrie 4.0 lassen sich Abläufe optimieren und langfristig Kosten reduzieren.

Damit ist eine wesentliche Voraussetzung erfüllt, um die Konkurrenzfähigkeit des Verkehrsträgers Schiene gegenüber anderen, v.a. der Straße, langfristig zu gewährleisten und die systembedingten Vorteile weiterhin nutzen zu können.

Die zweitägige Veranstaltung diente einem umfangreichen Gedankenaustausch in Form von Vorträgen und vertiefenden Gesprächen. Es zeigte sich, dass bei der Automatisierung der Bahnen aktuelle Entwicklungen in die richtige Richtung gehen. Obwohl bisher noch kein Durchbruch gelungen ist, waren sich alle einig, dass Investitionen in weitere Forschungen diesbezüglich sinnvoll und zukunftsfruchtig sind. Abschließend dankte Professor Trinckauf allen Teilnehmern für das rege Interesse und dem Organisationsteam für die gelungene Veranstaltung.

Auch im Jahr 2018, voraussichtlich am 27. und 28. September, wird die Fachtagungsreihe fortgesetzt. Nähere Informationen sind rechtzeitig wie gewohnt auf den Webseiten der Professur für Verkehrssicherungstechnik unter tu-dresden.de/vst zu finden.

Aspekt / Inf.-Quelle	Stellwerk	Leittechnik
Schnittstelle	Standardbedienschnittstelle im ESTW	LAN im Integrationsbereich II
Zugortung	gleisfreimeldeabschnittsgenau	zugfolgeabschnittsgenau
flächendeckende Einführung	nicht möglich mit Alttechnik	nahezu möglich
Nachweis der Rückwirkungsfreiheit	aufwendig	leicht
Risiken	Ortung in der Rückfallebene (selten)	Fehler des Fdl Keine Erfassung von Rangierfahrten Rechtzeitigkeit der Warnsignalausgabe

Abgriff der Informationen aus dem Stellwerk wird empfohlen

Tab. 2: Informationsquellen zur Sicherung von Gleisbaustellen durch SCWS



Dr.-Ing. Jens Buder

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Verkehrssicherungstechnik, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, TU Dresden
jens.buder@tu-dresden.de