

Innovative Zugleit- und Sicherungstechnik durch Digitalisierung

*Dr. rer.nat. Thomas Strang, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. - DLR,
Institut für Kommunikation und Navigation, Oberpfaffenhofen*

*Dr.-Ing. Joachim Winter, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. – DLR,
Institut für Fahrzeugkonzepte, Stuttgart*

1 Einleitung

Der Fortschritt in der Elektronik sowie der Datenverarbeitung und Kommunikation hat sich in den letzten Jahren beschleunigt und führt dazu, dass immer mehr Daten verfügbar sind, die sinnvoll genutzt werden sollten. Der technische Trend wird derzeit als Digitalisierung 4.0 bezeichnet – wobei 4.0 für die 4. technische Revolution nach der Erfindung der Dampfmaschine steht. Diese 4. Generation unterscheidet sich von der vorhergehenden vor allem durch die Anwendung neuer Konzepte hinsichtlich Datenerfassung und -verarbeitung, Assistenzsysteme, Vernetzung und Integration, Dezentralisierung und Serviceorientierung, Selbstorganisation und Autonomie.

Dieser Trend macht natürlich auch vor den Schienenfahrzeugen und deren Betrieb nicht halt. Perspektivisch wird die Zugleit- und Sicherungstechnik auf die bereits europaweit spezifizierte Ebene des European Train Control System (ETCS) umgestellt, um die vielen länderspezifischen Alt-Signalisierungssysteme in Europa abzulösen und damit eine Vereinheitlichung der Fahrzeugausrüstung zu ermöglichen. Mit ETCS Level 3 ist dadurch neben der Zugsicherung auch die Zugschlusserkennung technisch gelöst.

Aber die Digitalisierung 4.0 im Bahnbereich bietet noch viel mehr. Dieser Beitrag zeigt an einigen Beispielen auf, wohin die Reise in der Zugleit- und Sicherungstechnik gehen wird.

2 Digitalisierung von Systemfunktionen

Klassische Technik der Zugleit- und Sicherheitstechnik setzt ein hohes Maß an kostenintensiver Ausrüstung voraus, sowohl fahrzeug- aber vor allem infrastrukturseitig. Durch konsequente Anwendung von Kernkonzepten der Digitalisierung 4.0 können neue Lösungen für bestehende Herausforderungen geschaffen werden. Diese erfordern teilweise ein systemisches „Umdenken“ klassischer Denkmuster und sind in Ihrer Wirkung nicht nur auf die reine technologische Lösung einer Fragestellung begrenzt. Vielmehr erfordern bzw. ermöglichen sie regelmäßig auch Änderungen z.B. in betrieblichen Abläufen und Fragen der Zertifizierung. Die Digitalisierung von Systemfunktionen bietet bei konsequenter Anwendung ein erhebliches Potential zur Steigerung von Effizienz, Komfort und Sicherheit im gesamten Bahnbereich.

2.1 Kollisionswarnung durch virtuelle Infrastruktur

Ein schönes Beispiel für die Anwendung von Prinzipien der Digitalisierung von Systemfunktionen ist ein innovatives Kollisionswarnsystem, welches durch seine Systemauslegung als „virtuelle Infrastruktur“ neue Wege geht. Es überträgt einen aus der Luftfahrt als TCAS/ADS-B bekannten Ansatz auf den Bahnbereich und basiert auf dem direkten Austausch von Informationen zwischen dem System ausgerüsteten Zügen. Die direkte Kommunikation der Positionen und Geschwindigkeiten zwischen den Zügen schafft mit Hilfe einer elektronischen Streckenkarte ein rechnerbasiertes Situationsbewusstsein, dass die verkehrliche Lage hinsichtlich potentieller Gefährdungen einschätzt und den Triebfahrzeugführer als Assistenzfunktion entsprechend warnt. Das System wurde beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) mit dem Railway Collision Avoidance System (RCAS) entwickelt und bereits 2010 mit der Bayerischen Oberlandbahn und dem Zweiwege-Unimog RailDrIVE des DLR auf der Testanlage in Wildenrath erfolgreich getestet. Inzwischen ist das System durch eine Ausgründung des DLR zum Produkt weiterentwickelt worden und z.B. beim Betreiber

Harzer Schmalspurbahnen (HSB) in Sachsen-Anhalt und Thüringen im täglichen Regeleinsatz. Das weit über den geplanten Einsatzzweck hinausgehende Potential der Technologie wurde in Versuchen im April 2016 mit dem italienischen Betreiber Trenitalia auf der Hochgeschwindigkeitsstrecke Rom – Neapel im Rahmen des EU-Programms HORIZON 2020 im Projekt Roll²Rail deutlich, als sowohl neue Reichweiten- als auch Geschwindigkeitsrekorde erzielt werden konnten.

2.2 Brake by Wire(less)

Die Hauptdruckleitung ist auch heute noch das Rückgrat des Zuges hinsichtlich der Bremsen. Dennoch zeigen auch jüngste Vorfälle, wie wartungsintensiv und trotzdem fehleranfällig dieses Prinzip auch heute noch ist. Durch Ergänzung durch eine robuste Intra-Zug-Funkkommunikation kann eine kostengünstige aber sehr wirksame Rückfallebene geschaffen werden. Auch diese Kommunikation wurde bei den Versuchen im April 2016 mit Trenitalia bereits erfolgreich getestet. Dieser Schritt der Digitalisierung wird perspektivisch den Verzicht auf die Hauptdruckluftleitung erlauben. Die Bremsen werden lokal elektrisch und über den ganzen Zug koordiniert bedarfsgerecht angesteuert. Diese wesentlich flexiblere Funktion brake-by-wire(less) ermöglicht ein erheblich verbessertes Bremsvermögen – die Bremshundertstel werden Geschichte. Durch Anpassung an die spezifische Fahrsituation, und gepaart mit den im DLR-Projekt Zug der Zukunft (Next Generation Train – NGT) vorgeschlagenen Einzelrädern mit rad-nahen Motoren, deren Demonstrator-Entwicklung im EU-Projekt Roll²Rail vorangetrieben wurde, und damit generatorischer Bremse ergibt sich ein reaktionsstarkes Allrad-Fahrzeug für die Eisenbahn. Das Fahren im relativen Bremsabstand wird möglich.

2.3 Dynamisches Flügeln

Das elektronisch Kuppeln von Teilzügen selbst unterschiedlicher Gattungen wie Personen- und Güterzüge ermöglicht es, den Streckendurchsatz ohne aufwendige Infrastrukturmaßnahmen zu erhöhen, Züge bahnsteiglängengerecht zu kürzen oder richtungsbezogen zu teilen. Das Stärken und Schwächen der Züge kann dann auch während der Fahrt erfolgen, was durch den Begriff „Dynamisches Flügeln“ ausgedrückt wird, im Gegensatz zum statischen Flügeln in einem Bahnhof wie es zugsichernd unter Sondersignal derzeit im Bahnhof durchgeführt wird. Dieses innovative Verfahren wird im EU-Joint Undertaking Shift²Rail ab 2018 spezifiziert. Eine wichtige Funktion fahrzeugseitig für die elektronische Kupplung ist die Funk-Kommunikation zwischen den beteiligten Fahrzeugeinheiten. Es ist offensichtlich, dass hierzu nur höchst zuverlässige Funk-Kommunikationsverfahren zum Einsatz kommen können, u.a. mit spezifizierten Redundanzen und Rückfallebenen. Die hierzu im vorgenannten EU-Projekt Roll²Rail durchgeführten Validierungsfahrten auf der Basis der eigentlich für Straßenfahrzeuge entwickelten, WLAN-ähnlichem IEEE 802.11p Fahrzeug-zu-Fahrzeug Kommunikationstechnik kann hier nur ein erster Schritt sein. Die Kommunikation zwischen den Zugteilen erfolgt in Analogie ebenfalls mit der gleichen Funktechnik. Zudem wird so das Fahren im relativen Bremsabstand unterstützt. Eine Energieübertragung erfolgt nicht. Ebenso ermöglicht die direkte Kommunikation der Züge mit modernen Weichen eine hohe Geschwindigkeit der sicheren Überfahrt auch bei Berücksichtigung von späten Weichenumläufen.

2.4 Fahrzeugseitige Datenkommunikation

Die fahrzeugseitig vorhandenen Daten stehen zukünftig auch für erweiterte Funktionen zur Verfügung. Es werden austauschbare Funktionsgeräte im Sinne aus der Luftfahrt bekannter line-replaceable-units (LRU) mit standardisierten Schnittstellen („plug-and-play“) angestrebt. Die historische Trennung der Traktions- von den Signalisierungsdaten im Train Control and Management System (TCMS) wird unter Wahrung aller Sicherheitskriterien (Safety and Security) aufgelöst. Die Fahrzeuggeräte können am Funk-Datenbus über den Nachrichtenkopf (header) bestimmen, ob die zugehörige Nachricht für sie bestimmt ist. Damit können auch neue Funktionen in der Lebenszeit eines Fahrzeuges ohne aufwendige Homologation implementiert werden.

2.5 Komfortfunktionen

Mit der zunehmenden Verwendung elektronischer Komponenten und dem steigenden Strombedarf für Fahrgäste oder der Überwachung von Gütern insbesondere bei der Klimatisierung stoßen die Fahrzeuge schon bald an die Grenzen (bei 15 KV ca. 1,2 MW) dessen, was per Pantograph an Leistung im Stillstand aus der ein-drahtigen Oberleitung gezogen werden kann, ohne den Pantographen nachhaltig zu schädigen. Deshalb ist nach einer energieeffizienten Traktion der zweitgrößte Verbraucher in den Fokus zu rücken. Seine bisherigen Funktionen sind durch Digitalisierung zu dezentralisieren und mit neuen Funktionen zu ergänzen. Ein Beispiel ist die Temperierung, Belüftung und Luftfeuchte abhängig vom Sonnenstand und der Beschattung des Fahrzeuges über Infrarot-Heizelemente und dimmbare Fensterscheiben zu unterstützen. Des Weiteren können organische Leuchtelektrodioden (OLED) den Energieverbrauch um 30 % absenken und bauen zudem mit 3 mm extrem flach, was für Doppelstock-Fahrzeuge wie NGT HST und AeroLiner3000 sehr wichtig ist. Das zugehörige Energiemanagement ist eine sehr komplexe Aufgabe, die über die Zuglänge gesehen sehr unterschiedliche Zustände erzeugt. Der Datenaustausch mit den führenden Zugteilen und die Kenntnis der so genannten Streckenmöblierung aus der digitalen Streckenkarte können die Reaktionsgeschwindigkeiten auf Änderungen der Beschattung signifikant erhöhen.

2.6 Aus vorausschauendem wird automatisches Fahren

Die bereits seit circa dem Jahr 2000 verfügbare „vorausschauende Fahrweise“ als Fahrerassistenz ermöglicht es, dem Triebfahrzeugführer Geschwindigkeitsangaben als Empfehlung zu geben, um den Fahrplan möglichst energieeffizient einhalten zu können oder – bei Güterzügen in der Energiebilanz besonders wichtig – einen Kreuzungspunkt ohne Halt zu passieren. Die Empfehlungen können fahrzeugseitig aufgrund einer digitalen Streckenkarte und des Fahrplans oder mit Zeitfenster-Vorgaben eines Verkehrsmanagements gerechnet werden. Durch Zug-zu-Zug Kommunikation kann dem Triebfahrzeugführer die vollständige verkehrliche Situation auf der von ihm befahrenen Strecke angezeigt werden und so eine noch bessere Energiebilanz durch auf den gesamten Verkehrsfluss abgestimmte Fahrweise erzielt werden. Basierend auf dieser Grundfunktion und ETCS Level3 (oder auch LZB) kann das TCMS anstatt der Empfehlung an den Triebfahrzeugführer auch direkt die Traktion ansteuern, um automatisch fahren zu können. Dazu müssen nach heutiger Betriebs- und Sicherungsphilosophie streckenseitig die Bahnübergänge und Bahnsteige zusätzlich gesichert werden. Die Fahrzeugüberwachung kann in einer Zugleitstelle zusammengefasst werden. Die Weichen werden durch das elektronische Stellwerk (radio block centre – RBC) umgestellt.

2.7 Autonomes Fahren

In einem weiteren Automatisierungsschritt könnten Fahrzeuge sich ihren Weg zu einem vorgegebenen Zielort durch Kommunikation mit der Leitstelle und anderen Zügen autonom und selbstorganisierend suchen, indem sie Fahrstraßen beantragen, sichern und belegen. Damit würden konventionelle Stellwerke dezentralisiert. Auch die Disposition sowie die Zusammenstellung von mehreren angetriebenen Güterwagen (NGT Cargo) zu Verbänden und das Abkoppeln für den industriellen Bahnanschluss erschließen durch dezentrale sichere Verfahren neue Dimensionen zur Effizienzsteigerung des Schienenverkehrs.

3 Zusammenfassung

Die Etablierung neuer Kommunikationsverfahren ermöglicht völlig neue Wege in der Leit- und Sicherungstechnik der Zukunft. Es wurden Beispiele angeführt, die aufzeigen, durch welche Maßnahmen Steigerungen hinsichtlich Effizienz, Komfort und Sicherheit eingeleitet werden können. Diese Liste ist nicht abschließend und stellt nur einige der Potentiale vor, welche sich durch Digitalisierung 4.0 ergeben.