

# Automatisierung optimiert das Rad-Schiene-System

*Elisabeth Decker, AutoRail Initiative<sup>1</sup>*

## 1 Bahnautomatisierung ist (fast) so alt wie die Bahn selbst

Erste Patente für mechanischen Gleit- und Schleuderschutz von Eisenbahnfahrwerken datieren zurück bis 1907. Die automatische Zugbeeinflussung Indusi (heute: PZB) ist über einhundert Jahre alt. Bereits 1930 veröffentlichte das „Komitee für automatische Zugsteuerung“ des amerikanischen Eisenbahnverbandes die Definition der automatischen Zugsicherung als System, das den Zug automatisch anhält oder dessen Geschwindigkeit ohne Mitwirkung eines Lokführers steuert. Seither hat Fernsteuerungs- und Automatisierungstechnik kontinuierlich Einzug gehalten in die Weiterentwicklung des Bahnsystems. Ohne Automatisierung hätte das Bahnsystem seine intermodale Wettbewerbsfähigkeit eingebüßt. Angesichts der Automatisierungserfolge konkurrierender Verkehrsträger bis hin zu fahrerlosen Robotaxis, Robocoptern und Drohnen ist eine Automatisierungsinitiative im europäischen Bahnsystem essenziell, um die Wettbewerbsfähigkeit des Bahnsystems zu erhöhen.

## 2 Die bahnspezifische Überlegenheit ist unerreichbar und zugleich Auftrag zur Automatisierung

Es gibt Stimmen, die den Ersatz der Bahn durch die Straße mit deren Automatisierung und Elektrifizierung vorhersagen. Diese übersehen, dass die Bahn Systemvorteile aufweist, die für die konkurrierenden Verkehrsträger unerreichbar sind:

- Energie: Bis zu 5-fach geringerer Energieverbrauch durch Rad-Schiene im Gegensatz zu Gummireifen-Asphalt
- Sicherheit: zentral gesteuertes Bahnsystem mit robuster Sicherheitstechnik im Gegensatz zu autonom sensorassistierten Straßenfahrzeugen
- Mikroplastik: Die Grundwasser- und Nahrungsverseuchung durch Mikroplastik resultiert zu einem Drittel aus Reifenabrieb. Das Bahnsystem verursacht hingegen kein Mikroplastik.
- Makroklima/ Elektrifizierung: Das Bahnsystem ist bereits weithin elektrifiziert und wesentlich einfacher und robuster elektrifizierbar als die Straße.
- Mikroklima: Der Herdplatteneffekt durch asphaltversiegelte Straßen entfällt im Bahnsystem. Der Flächenverbrauch bezogen auf die erzielbare Verkehrsleistung ist im Bahnsystem deutlich geringer. Zudem sind Bahnkörper aufnahmefähig für Niederschläge, die auf Straßen rasch zu Überschwemmungen führen.
- Zuverlässigkeit, Robustheit, Resilienz: Das spurgeführte Bahnsystem ist bei solider Technik, ausreichender Instandhaltung und professionellem Betrieb wesentlich verfügbarer als Straße und Luftfahrt. Dies ist auch ein wichtiger Systemvorteil für die Militärlogistik – bei allem Bedauern über hierzu wachsende Sachzwänge.
- Komfort: Züge weisen WCs und weitere Serviceeinrichtungen auf, die im Straßenverkehr nicht standardmäßig anzutreffen sind. Fahrgäste können sich im Zug gefahrlos frei bewegen, da die Maximalverzögerungen Rad-Schiene-bedingt deutlich geringer sind als auf der Straße.

Die Systemvorteile der Bahn sind für konkurrierende Verkehrsträger unerreichbar. Das wirtschaftliche Potenzial der Bahn muss hingegen durch weitere Automatisierung besser genutzt werden, um im Kostenwettbewerb der Verkehrsträger bestehen zu können.

## 3 Moderne Technik muss durch modernes Recht flankiert werden

Automatisierung schreitet in allen Lebensbereichen voran. Von Kommunikation über Software bis hin zur Mobilität – Assistenzsysteme und KI sind auf dem Vormarsch. Der Automatisierungsgrad in Kraftfahrzeugen hat ein Niveau erreicht, das das Eingreifen durch Menschen oft überflüssig und zunehmend sogar gefährlich macht.

Noch zögert die Gesetzgebung, die Verantwortung vollständig auf Maschinen zu übertragen. Doch in der Praxis geschieht dies schon längst und seit Jahrzehnten. So wenig, wie Autofahrer das Anti-Blockier-System (ABS) ausschalten können, kann die Bahn nicht auf leistungsfähige und sichere Gleitschutzsysteme verzichten. Automatische Fahr- und Bremssteuerung (AFB) und

---

<sup>1</sup> AutoRail wurde im Juni 2025 als unabhängige europäische Initiative gegründet, um Automatisierungsprojekte im Schienenverkehr sichtbar zu machen, zu vernetzen und zu fördern. Der Fokus liegt auf dem EU-weiten Dialog zwischen Praxis, Forschung und Industrie.

Automatic Train Operation (ATO) von Zügen werden durch sichere Zugbeeinflussungssysteme wie das europäische ETCS überwacht.

#### 4 Fahrerlose Bahnsysteme sind längst etabliert

Fahrerlose Bahnsysteme sind weltweit Realität und in vielen Weltregionen auf dem Vormarsch. Das Bahnsystem als eindimensionales Verkehrssystem ist prioritär automatisierungsaffin. Die folgenden Anwendungen zeigen, wie vielfältig und erfolgreich der Betrieb bereits heute ist:

- People mover in den USA seit 1964, in der ersten Generation bis 1996 in mehr als 6000 Fahrzeugbetriebsjahren keinerlei Personenunfall
- Docklands Railway in UK
- U-Bahnen auf nahezu 2000 km Linienlänge weltweit, auch ohne Bahnsteigtüren, wie z. B. in Nürnberg
- Abdrücklokomotiven in Rangierbahnhöfen
- Rio Tinto: Fahrerlose Schwerstgüterzüge
- Fahrerlose Züge auch in Russland und China
- Maglev-Strecken

Verbindendes Merkmal und der Unterschied zu autonom verkehrenden Kraftfahrzeugen sind eine zentrale Verkehrssteuerung mit direktem steuerndem Durchgriff auf die Züge durch die ATO.

#### 5 Gescheiterte Anwendungen in Deutschland?

Bereits 1964 machte die DB Versuche mit in Doppeltraktion ferngesteuerten fahrerlosen Rangierlokomotiven der damaligen Baureihe V60. Es dauerte danach mehr als 20 Jahre, bis die DB nach einer Betriebserprobung serienmäßig Rangierlokomotiven auf Funkfernsteuerung umbaute.

Eine fahrerlose Rangierlokomotive der DB wurde Ende der 1990er Jahre gemeinsam mit der RWTH Aachen als „selbsttätig signalgeführtes Triebfahrzeug“ (SST) im VW-Werksbahnhof erprobt. Erst 30 Jahre später gerieten fahrerlose Züge wieder in den strategischen Fokus der DB.

#### 6 Chancen

Die wachsende Verfügbarkeit von Verkehrs- und Betriebsdaten im Bahnsystem schafft erhebliche Verbesserungspotenziale. Diese können durch einen höheren Automatisierungsgrad nutzbar gemacht werden. Zentrale Vorteile sind:

- Die zentrale Verkehrssteuerung sorgt für den ungehinderten Verkehrsfluss auf der Schiene ohne „stop & go“: Bremsverschleiß und Energieverbrauch werden minimiert, wenn Züge „wie ein Förderband“ kapazitätsoptimiert im Bremswegabstand fahren
- Für jeden individuell gebildeten Zug stehen heute spezifische Zugdaten zur Verfügung. Diese können in validierten Software-Tools genutzt werden, um zugspezifische Sicherheitsgrenzwerte zu ermitteln. Dadurch lassen sich Zug- und Bremskraftbegrenzungen, die bisher auf pauschalen Worst-Case-Annahmen beruhen, zugspezifisch anpassen – insbesondere im Hinblick auf entgleisungskritische Längsdruckkräfte. So kann das bislang ungenutzte Potenzial an Längsdruckkraftreserven bei vielen Zügen für eine verbesserte Fahrdynamik nutzbar gemacht werden. Die erprobte „TrainDy“-Software, die von den Bahnen innerhalb der UIC entwickelt wurde, könnte als App in weiterentwickelten Bahnbetriebsverfahren regulär genutzt werden.
- Mit einer zugdatenbasierten Modellierung können Änderungen der Zug- und Bremskräfte zugspezifisch optimiert und automatisch gesteuert werden. Damit sind Streck- und Staucheffekte bei Transitionen zwischen Bremsen und Beschleunigen sowie Schwingungen des Mehrkörpersystems Zug sicher beherrschbar bei gleichzeitiger Ausnutzung der Längsdruckkraftreserven.
- In einem fernerem Zielzustand nähert sich die Modellierung dem „digitalen Zwilling“ an. Individuelle Verschleißzustände von Fahrweg und Fahrzeugen sowie die aktuellen Umgebungsbedingungen wie Adhäsion, Wind, Zugbegegnungen und Störungen werden dynamisch abbildbar und prozessual integrierbar. Damit entsteht der wirklichkeitsnah optimierte dynamische Fahrplan, also das Fernziel einer optimierten ATO.

In der Entwicklungsroadmap zum digitalen Zwilling für automatisierte Züge sollten zugspezifische und gleisbogenradienabhängige Fahr- und Bremskraftgrenzwerte ermittelt werden – einschließlich der Transitionen (Kraftänderungen, Gleisüberhöhungsrampen, etc.). Bei

der gleisbogenabhängigen Wagenkastensteuerung (Neigezüge) tut man dies, indem die Komfortgrenzwerte von den Fahrsicherheitsgrenzwerten entkoppelt sind. Ein Beispiel für eine sofort mögliche Ausnutzung von Reserven kann darin bestehen, Leerreisezüge ohne Komfortkriterium zu fahren, also mit erhöhter zulässiger Querschleunigung und damit höherer Geschwindigkeit in Gleisbögen. Übertragen auf Automatisierungspotenziale lässt die Kenntnis der Zugbildung nicht nur höhere Längsdruckkräfte als die heute auf den worst case gedeckelten Grenzwerte zu, sondern kann auch topographiebezogen höhere dynamische Veränderungen der Zug- und Bremskräfte ermöglichen. Entscheidend ist die Abbildung von realem Zug und realer Strecke als Gesamtsystem für eine Optimierung der Zug- und Bremskraftregelung, die Menschen überfordern würden, jedoch Maschinen in hoher Komplexität und ausreichender Sicherheit überlassen werden können.

## 7 Ausblick

Aktuelle Projekte in der EU für fahrerloses Fahren im Güterverkehr (DB Cargo auf der ProRail-Betuweline in Niederlanden) und im Regionalverkehr (AZD auf der Kopidlno-Versuchsstrecke für ATO in Tschechien) bieten die Chance, neben der Erprobung von Perzeptionssystemen auch die betrieblichen Vorgaben für Zugfahrten zu modernisieren.

Dieser Beitrag will dazu anregen, neue ATO-Projekte neben der technischen Innovation auch für eine Weiterentwicklung und Neubewertung betrieblicher Traktions- und Bremsvorgaben für Zugfahrten zu nutzen.



Abb. 1: Der Versuchszug EDITA der AZD auf der ETCS überwachten ATO-Versuchsstrecke Kopidlno – Dolci Busov der AZD hat zwischen April und Oktober 2025 bereits über 3000 Kilometer unfallfrei im fahrerlosen Fahrgastbetrieb zurückgelegt

## 8 Quellen

- [1] <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/002914098/publication/US845633A?q=pn%3DUS845633A> Abgerufen am 18.11.25
- [2] Funkferngesteuerter Rangierbetrieb, Die Bundesbahn/9-10, 1964
- [3] <https://www.azd.cz/en/press-releases/azds-autonomous-train-has-already-run-3000-kilometers-with-passengers>