

Entwicklung von Regelwerken für den automatisierten Betrieb

Aufbruch in die digitale Zukunft des Nahverkehrs – Erfolgsfaktoren für die Fortschreibung betrieblicher Regelwerke

LARS SCHNIEDER

Eine zunehmende Anzahl von Verkehrsunternehmen wird im nächsten Jahrzehnt Programme zur Erneuerung ihrer sicherungstechnischen Anlagen (BOStrab: Zugsicherungsanlagen) umsetzen. Diese umfassenden Erneuerungsprogramme sollen die Systemtechnik der Verkehrsunternehmen zukunftssicher aufstellen. Oftmals sind mit den Ersatzinvestitionen auch berechtigte Hoffnungen auf eine Steigerung der Kapazität und der Qualität der Betriebsabwicklung verbunden. Diese Effekte in der Praxis tatsächlich zu heben, erfordert die Abkehr von konventionellen Systemen des Fahrens im festen Raumabstand hin zu funkbasierten Systemen, die das Fahren im wandernden Raumabstand unterstützen. Dieser technologische Wandel ist für die Verkehrsunternehmen ein umfassender Veränderungsprozess, der sich vor allem auch in einem fortgeschriebenen betrieblichen Regelwerk äußert.

Der Betrieb von Straßenbahnen wird durch die Bau- und Betriebsordnung der Straßenbahnen (BOStrab) [1] geregelt. Die BOStrab konkretisiert die für den Öffentlichen Personennahverkehr insgesamt gültigen Regeln des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG) für das Verkehrsmittel Straßenbahn [2]. Dienst-anweisungen legen fest, wie die Vorgaben der BOStrab im jeweiligen Verkehrsunternehmen umzusetzen sind [3]. Nachfolgend werden zunächst die grundlegenden Prinzipien beschrieben, die der Erstellung des betrieblichen Regelwerks für eine exemplarische fahrerlose

Linie zugrunde liegen. Es schließt sich eine Darstellung der gewählten Vorgehensweise mit den Meilensteinen und Aufgaben an, die sich in die Logik eines sicherungstechnischen Ausrüstungsprojekts einfügt. Abschließend erfolgt eine Darstellung der Rollen und Verantwortlichkeiten in Bezug auf die Erstellung der betrieblichen Regelwerke.

Prinzipien der Fortentwicklung betrieblicher Regelwerke in einem Erneuerungsprojekt

Die Erstellung der betrieblichen Regelwerke für eine fahrerlose U-Bahn-Linie orientiert sich beispielsweise an mehreren grundlegenden Prinzipien.

Prinzip 1: Frühzeitiger Beginn der projektbegleitenden Ausarbeitung des betrieblichen Regelwerks

Dieses Prinzip ist wichtig, da die systemtechnische Ausprägung einer fahrerlosen U-Bahn-Linie und die betrieblichen Regeln wechselseitig aufeinander bezogen sind. Die gegenseitigen Bezüge stellen sich wie folgt dar:

Auswirkungen des (bestehenden) betrieblichen Regelwerks auf den (zu wählenden) technischen Entwurf
Die bestehenden oder gewünschten betrieblichen Regelungen sind Ausdruck der Anforderungen des jeweiligen Verkehrsunternehmens. Diese Anforderungen wirken sich auf Details der vom Hersteller gewählten technischen Lösung aus. Gerade in der Phase der Pflichtenhefterstellung ist es daher wesentlich, dass Hersteller und Betreiber hier eng und partnerschaftlich zusammenarbeiten (Abb. 1).

Auswirkungen des (zu wählenden) technischen Entwurfs auf das (bestehende) betriebliche Regelwerk

Die vom Hersteller gewählten technischen Lösungen beeinflussen die betrieblichen Regelungen des Verkehrsunternehmens für die Betriebsabwicklung auf der fahrerlosen Linie – insbesondere auch deshalb, weil die Durchführung eines unbegleiteten fahrerlosen Betriebs für den jeweiligen Betreiber oftmals neu ist. In der Phase der Pflichtenhefterstellung ist die Grobarchitektur bereits zum Großteil festgelegt und gilt daher als Randbedingung für alle weiteren Entwurfsschritte im Projekt (Abb. 1). Im weiteren Verlauf des Projekts resultieren zu berücksichtigende Anwendungsbedingungen aus dem Validierungsbericht [4] sowie aus dem im technischen Sicherheitsbericht des Sicherheitsnachweises definierten sicherheitsbezogenen Anwendungsbedingungen [5], die einer unabhängigen Sicherheitsbewertung [6] unterworfen werden.

Prinzip 2: Einbindung aller beteiligten Interessengruppen in den Erstellungsprozess des betrieblichen Regelwerks

Hierbei werden die verschiedenen Interessengruppen frühzeitig identifiziert und ihre Rolle und Mitwirkung bei der Erstellung des betrieblichen Regelwerks festgelegt. Außerdem wird festgelegt, welche Zielgruppen im betrieblichen Regelwerk angesprochen werden müssen (z. B. Instandhaltungspersonal, Fahrdienstleiter (Fdl), Fahrpersonal).

Die Planung und der Betrieb einer fahrerlosen U-Bahn-Linie erfordern das reibungslose und aufeinander abgestimmte Zusammenwirken verschiedener interner Funktionen des Verkehrsunternehmens. Daher wird für die Erstellung des betrieblichen Regelwerks eine interne Arbeitsgruppe unter Leitung eines Koordinierenden des Verkehrsunternehmens einberufen, die sich unter anderem aus Fahrpersonal, Fdl sowie Instandhaltungspersonal für Fahrzeuge (Fz) und Streckeneinrichtungen zusammensetzt. Diese interdisziplinäre Zusammenstellung der Arbeitsgruppe stellt sicher, dass das betriebliche Regelwerk im Konsens verschiedener Unternehmensbereiche erstellt wird und damit im Projektverlauf auf eine höhere Akzeptanz stößt.

Planung und Vorbereitung des Betriebs einer fahrerlosen U-Bahn-Linie erfordern darüber hinaus auch das aufeinander abgestimmte

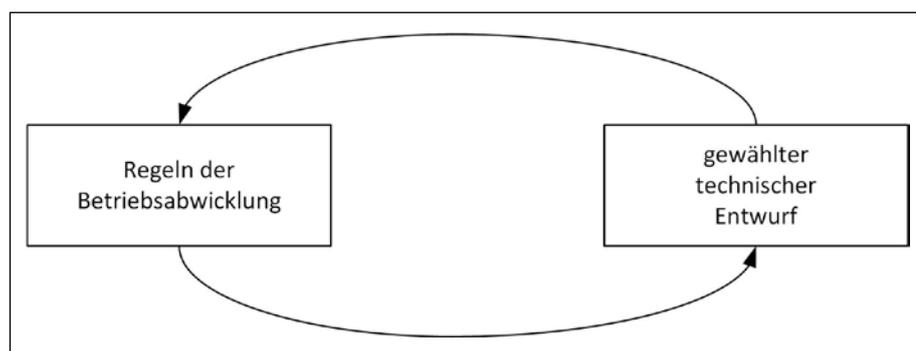


Abb. 1: Wechselseitige Beziehung zwischen betrieblichem Regelwerk und Entwurfsentscheidungen

Zusammenwirken verschiedener Funktionen des Herstellers der sicherungstechnischen Einrichtungen (z.B. Teilsystemverantwortliche) sowie des Fahrzeugherstellers. Zudem müssen weitere externe Interessengruppen mit in den Prozess eingebunden werden. Dies ist beispielsweise die Technische Aufsichtsbehörde sowie Vertreter von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) wie Polizei und Feuerwehr. Abb. 2 stellt den kollaborativen Ansatz der Ausarbeitung des betrieblichen Regelwerks dar.

Prinzip 3: Anlehnung an bewährte Regelungen (evolutionärer Ansatz)

Die Verkehrsunternehmen betreiben in der Regel seit mehreren Jahrzehnten umfassende Verkehrssysteme. Dadurch verfügen sie zumindest für den Automatisierungsgrad 1 (NTO, non-automated train operation) über ein umfassendes und in der Praxis bewährtes Regelwerk. Ggf. wird dieses Regelwerk um einen halbautomatischen Betrieb im Automatisierungsgrad 2 (STO, semi-automated train operation) ergänzt und fortgeschrieben und muss letztlich auf den Automatisierungsgrad 4 (UTO, unattended train operation) angepasst werden (Abb. 2). Dieser evolutionäre Ansatz birgt zwei Vorteile:

- Das Verkehrsunternehmen verfügt bereits über eine lange Erfahrung im Betrieb eines U-Bahn-Systems. Es ist daher davon auszugehen, dass hier alle Details des Regelbetriebs vollumfänglich beschrieben sind (Vollständigkeit des zu erstellenden Regelwerks). Gleiches gilt für eine angemessene Beschreibung des Betriebs auf der Rückfallebene nach relevanten Störfällen („so viel wie nötig, so wenig wie möglich“).
- Die Weiterentwicklung des Regelwerks stellt die Akzeptanz innerhalb des Verkehrsunternehmens sicher. Außerdem können sich im Rahmen der Schulung die Teilnehmenden, die ggf. schon vorher in anderen Unternehmensbereichen des Verkehrsunternehmens aktiv waren, schneller mit den neuen/ergänzten/geänderten Regeln vertraut machen, da diese im Grundsatz bereits bekannten Regelungen nicht widersprechen.

Grundlegender Ablauf der Regelwerkserstellung im Erneuerungsprojekt

Die Erstellung des betrieblichen Regelwerks für die fahrerlose U-Bahn-Linie erfolgt in mehreren aufeinander aufbauenden Phasen. Jede Phase schließt mit einem definierten Qualitätsprüfpunkt ab.

Phase 1

Die Auswirkungen der neuen Systemanforderungen auf die bestehenden betrieblichen Regeln und Vorschriften werden bewertet. Das Ergebnis dieser Phase ist eine erste Version der neuen Betriebsvorschriften und -verfahren zusammen mit einer Liste offener Punkte, die von

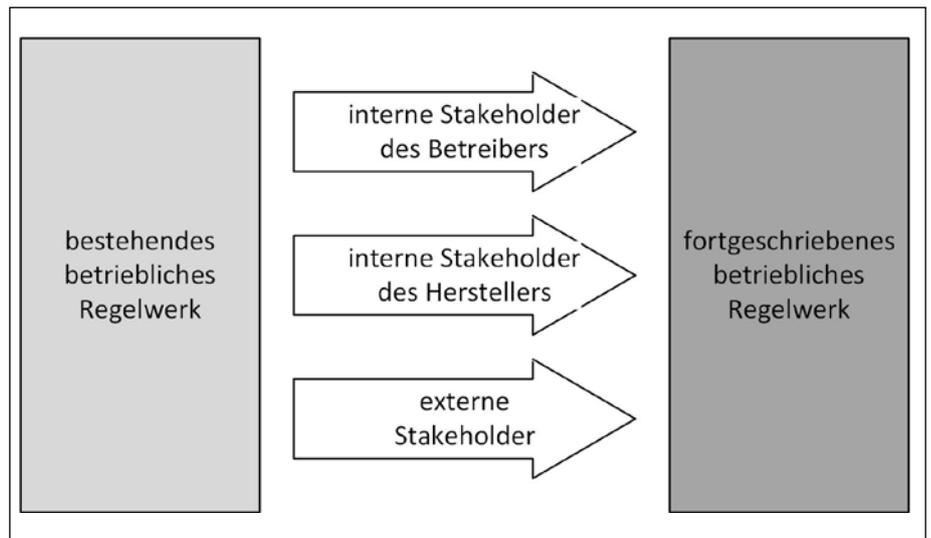


Abb. 2: Partnerschaftliche Zusammenarbeit verschiedener Beteiligter in der Fortentwicklung des bestehenden betrieblichen Regelwerks

einer gemeinsamen Arbeitsgruppe des Betreibers und des Herstellers des Zugsicherungssystems behandelt werden müssen.

Phase 2

In der zweiten Phase implementiert der Hersteller die neue Systemlösung und führt Testaktivitäten im Labor durch. In der Regel kommt der Kunde in die Räumlichkeiten des Herstellers, um sich ein Bild von den erzielten Fortschritten zu machen. Dies wird als Factory Acceptance Test (FAT) bezeichnet. Während des FAT läuft das System in einer simulierten Umgebung, in der eine erste Version der Betriebsleitstelle in Betrieb ist. Dieser Aufbau kann zur Validierung der ersten Version der Betriebsvorschriften und -verfahren verwendet werden. Das Ergebnis ist eine zweite Version der neuen Betriebsvorschriften und -verfahren zusammen mit einer aktualisierten Liste der offenen Punkte.

Phase 3

Bei typischen sicherungstechnischen Projekten wird der Betreiber höchstwahrscheinlich Schuleinrichtungen für das Personal der Betriebsleitzentrale [7] und für die Fahrer [8] bestellen. Beide Einrichtungen werden zu einem bestimmten Zeitpunkt betriebsbereit sein. Während der Schulungen werden die Fahrer und das Personal der Betriebsleitzentrale mit dem neuen System sowie mit den neuen Betriebsregeln und -verfahren vertraut gemacht. Dies ist eine gute Gelegenheit, die neuen Betriebsvorschriften weiter zu validieren. Das Ergebnis ist eine dritte Version der Betriebsvorschriften und -verfahren zusammen mit einer aktualisierten Liste der offenen Punkte.

Phase 4

Für die Durchführung von Integrationstests wird eine Teststrecke eingerichtet. Das Personal des Betreibers wird auf der Teststrecke zum

ersten Mal mit dem neuen Zugsicherungssystem interagieren. Dies ist der erste Schritt von einer simulierten Umgebung zu realen „physischen“ Anlagen. Dies ist besonders wichtig für Betriebsvorschriften und -verfahren zu Wartungsaspekten. Aus diesem Grund bieten die Tests auf der Teststrecke weitere Möglichkeiten für die Validierung des neuen Regelwerks. Ergebnisse sind eine vierte Version der Betriebsvorschriften und -verfahren sowie eine aktualisierte Liste der offenen Punkte.

Phase 5

Das neue Zugsicherungssystem wird umfassenden Testaktivitäten in der realen Betriebsumgebung unterzogen. Das Personal des Betreibers, sowohl an Bord der Züge als auch in der Betriebsleitzentrale, wird diese Aktivitäten gemeinsam durchführen. Eventuell fehlende Regelungen, Fehler oder missverständliche Formulierungen können so erkannt und behoben werden. Dies ist die letzte Chance, das Regelwerk zu validieren, bevor das System in den Echtbetrieb geht. Das Ergebnis dieser Phase ist der fünfte (und letzte) Satz von Betriebsvorschriften und -verfahren. Offene Fragen werden an die Betriebsphase weitergeleitet und müssen im Rahmen der regelmäßigen Aktualisierungen des Regelwerks durch den Betreiber behandelt werden.

Für die Arbeiten in jeder der oben genannten Phasen müssen die Aufgaben klar zugewiesen werden. Dies kann durch Matrizen erreicht werden, aus denen hervorgeht, wer verantwortlich ist, wer rechenschaftspflichtig ist, wer unterstützend tätig ist und wer informiert werden muss (RACI-Matrix). Wenn dies zu einem frühen Zeitpunkt in einem Projekt vereinbart wird, verläuft die Aktualisierung der Betriebsvorschriften und -verfahren reibungslos, und der Erfolg des Projekts ist sichergestellt.

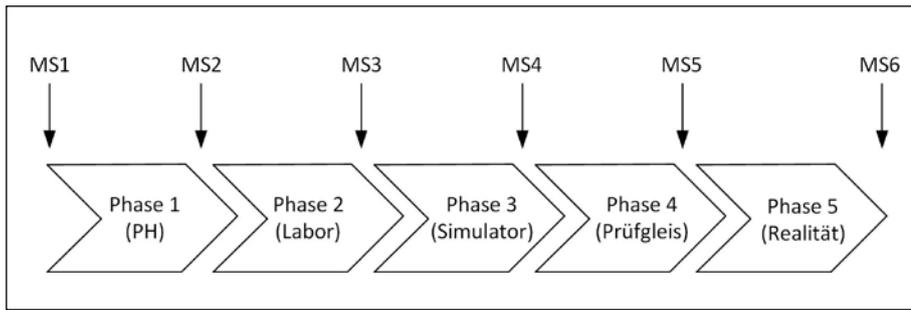


Abb. 3: Grundlegender Ablauf der Regelwerkserstellung im Projekt

Rollen und Verantwortlichkeiten der Regelwerkserstellung im Erneuerungsprojekt

An der Erstellung der betrieblichen Regeln im Projekt der Ertüchtigung einer Linie für den unbegleiteten fahrerlosen Betrieb wirken verschiedene Rollen mit. Die Mitwirkenden repräsentieren dabei jeweils die verschiedenen Interessengruppen.

Interne Stakeholder des Verkehrsunternehmens

An der Ausarbeitung des Regelwerks zu beteiligende interne Stakeholder des Verkehrsunternehmens und ihre Aufgaben:

Koordinator des Verkehrsunternehmens
 Koordiniert die Betreiberaktivitäten in Bezug auf die Anpassung des betrieblichen Regelwerks, stimmt die Umsetzung der zu regelnden Sachverhalte mit den Fachbereichen des Betreibers ab, koordiniert die Freigabe des Regelwerks durch den Betriebsleiter des Verkehrsunternehmens, stimmt sich mit den verschiedenen internen Fachbereichen des Verkehrsunternehmens ab, kommuniziert die

Abstimmungsergebnisse termingerecht an den Hersteller.

Fachbereiche des Verkehrsunternehmens
 An der Einführung des fahrerlosen Betriebs sind viele unterschiedliche Funktionen im Unternehmen beteiligt (Sicherungstechnik, Fz, Betrieb, Infrastruktur etc.). Die Bedürfnisse der Fachbereiche werden im Rahmen der Koordination aufgegriffen und fließen in die Weiterentwicklung des Regelwerks ein.

Betriebsleiter
 Das Verkehrsunternehmen hat einen Betriebsleiter zu bestellen. Diese Person ist bei allen Entscheidungen, die die Betriebsführung beeinflussen, einzubeziehen; dies umfasst insbesondere das betriebliche Regelwerk. Außerdem gibt sie das betriebliche Regelwerk in letzter Instanz frei [1].

Interne Stakeholder des Herstellers

An der Ausarbeitung des Regelwerks zu beteiligende interne Stakeholder des Herstellers und ihre Aufgaben:

Koordinator des Herstellers
 Koordiniert in dieser Rolle die Herstelleraktivitäten in Bezug auf die Anpassung des betrieblichen Regelwerks, formuliert die zu regelnden Sachverhalte und leitet diese zur Umsetzung im Regelwerk an den Koordinierenden des Verkehrsunternehmens weiter.

Fachbereiche der Hersteller
 Überführen die Pflichtenheftanforderungen in ein Produktkonzept und weisen das korrekte funktionale Verhalten und das Verhalten des Systems im Fehlerfall nach. Hieraus resultieren sicherheitsbezogene Anwendungsregeln, die ggf. im betrieblichen Regelwerk berücksichtigt werden müssen.

Externe

An der Ausarbeitung des Regelwerks zu beteiligende Externe und ihre Aufgaben:

Behörden und Organisationen mit Sicherheitsverantwortung (BOS)
 Die Organisationen nehmen öffentliche Aufgaben zur Gefahrenabwehr oder Schadensbekämpfung wahr. Hierbei handelt es sich beispielsweise um die Polizei und die Feuerwehr. Ihre Beteiligung ist insbesondere hinsichtlich möglicher Notfallszenarien und zu betrachtender Konzepte für die Fremddretung relevant.

Gutachter
 Die Technische Aufsichtsbehörde kann sich in der Wahrnehmung ihrer Sicherheitsaufsicht unabhängiger Sachverständiger bedienen. Diese werden regelmäßig über den Fortschritt der Erarbeitung des betrieblichen Regelwerks informiert. Etwaige Auflagen aus den Gutachten fließen bei Bedarf in die Weiterentwicklung des betrieblichen Regelwerks ein.

		Koordinator Hersteller	Betriebsleiter	Gutachter	Aufsichtsbehörde	Fachbereiche Verkehrsunternehmen	Koordinator Verkehrsunternehmen	Fachbereiche Hersteller
Grundlegendes Regelwerk	Bereitstellung Baseline (aktuelle Regelwerke)	I	A	I	I	I	R	I
	Identifikation und Formulierung abweichend zum aktuellen Regelwerk zu beschreibender Sachverhalte	R	I	I	I	C	I	C
	Formulierung und Abstimmung möglicher Regelungen im betrieblichen Regelwerk mit internen Fachbereichen des Betreibers sowie Abstimmung mit Beteiligten von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS)	C	C	I	I	C	R	I
...

Tab. 1: Auszug aus der tabellarischen Zuweisung von Verantwortungen zu den Rollen im Prozess der Erstellung des betrieblichen Regelwerks für eine fahrerlose U-Bahn-Linie

Technische Aufsichtsbehörde (TAB)

Aufsichtsbehörde des betreffenden Bundeslandes, die den sicheren und ordnungsgemäßen Betrieb des Verkehrsunternehmens überwacht. Etwaige Anforderungen der TAB müssen im betrieblichen Regelwerk berücksichtigt werden.

Die Verantwortlichkeiten sind exemplarisch in der RACI-Matrix (Tab. 1) dargestellt. Hierfür stehen die einzelnen Buchstaben für den jeweiligen Grad der Einbindung der beteiligten Personen (R – Responsible; A – Accountable; C – Consulted; I – Informed).

Fazit

Die Gestaltung der betrieblichen Regelwerke ist nur ein Teil eines umfassenden sicherungstechnischen Erneuerungsprogramms, das in der Regel mit einer grundlegenden Strategieentscheidung zu der verwendeten Technologie beginnt und in die Planung der konkreten Umsetzung mündet. Insofern spielt für die Entwicklung des betrieblichen Regelwerks auch die Auswahl der Migrationsstrategie eine wesentliche Rolle. So erlaubt beispielsweise die Doppelausrüstung von Fz mit dem alten und dem neuen Zugbeeinflussungssystem eine schrittweise Erneuerung der sicherungstechnischen Infrastruktur. Hierbei verfügt jede Bauphase – im Gegensatz zu einer möglichen streckenseitigen Doppelausrüstung – über ein einheitliches Betriebskonzept. Es gibt in keinem Streckenabschnitt einen Mischbetrieb mit verschiedenen Zugbeeinflussungssystemen. Dies ist eine wesentliche Vereinfachung des betrieblichen Regelwerks. Neben der Migrationsstrategie kommt auch der zeitlichen und räumlichen Planung der Baumaßnahmen eine Bedeutung zu. So ist es ratsam, die Einführung des neuen Zugbeeinflussungssystems zunächst in einem peripheren Streckenbereich vorzusehen. Hier werden noch keine dichten Fahrplankontakte gefahren und mögliche Störungen im Betriebsablauf durch Probleme in der Startphase möglichst reduziert. ■

QUELLEN

- [1] Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung vom 11. Dezember 1987 (BGBl. I S. 2648), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 1. Oktober 2019 (BGBl. I S. 1410)
- [2] Personenbeförderungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. August 1990 (BGBl. I S. 1690), zuletzt geändert durch Artikel 23 des Gesetzes vom 2. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 56)
- [3] Schröter, R.: Dienstanweisungen nach BOS/Strab, Der Nahverkehr 7+8/2008, S. 29 – 36
- [4] DIN EN 50128:2012-03: Bahnanwendungen – Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme – Software für Eisenbahnsteuerungs- und Überwachungssysteme; Deutsche Fassung EN 50128:2011
- [5] DIN EN 50129:2019-06: Bahnanwendungen – Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme – Sicherheitsbezogene elektronische Systeme für Signaltechnik; Deutsche Fassung EN 50129:2018 + AC:2019
- [6] DIN EN 50126-1:2018-10: Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) – Teil 1: Generischer RAMS-Prozess; Deutsche Fassung EN 50126-1:2017
- [7] Schult, J.; Rege, G.; Carroué, C.: Betriebs- und Stellwerkssimulation BEST bei der üstra Hannoversche Verkehrsbetriebe AG, SIGNAL+DRAHT (107) 4/2015, S. 18–21
- [8] Dydak, P. (2019): Warum Fahr simulatoren? Vorteile und Grenzen dieses technischen Hilfsmittels bei der Aus- und Weiterbildung, Der Nahverkehr 1+2/2019, S. 12–15
- [9] Schnieder, L.: Communications-Based Train Control (CBTC) – Komponenten, Funktionen, Betrieb, 3. Auflage, Springer Verlag (Berlin), 2022



Prof. Dr.-Ing. habil. Lars Schnieder

Chief Executive Officer (CEO)

ESE Engineering und Software-Entwicklung GmbH, Braunschweig
lars.schnieder@ese.de

Handbuch Bremstechnik von Eisenbahnfahrzeugen

Theorie – Konstruktion – Betriebseinsatz

Das **neue Referenzwerk** für die Bremstechnik stellt neue **gesetzliche Regelwerke** vor, die in den letzten Jahren zur **Herstellung der Interoperabilität im europäischen Eisenbahnverkehr** entstanden sind. Dabei werden die an die Bremskomponenten gestellten Anforderungen erläutert.



**Neuerscheinung
Dezember 2023!**

1. Auflage Dez. 2023,
Hrsg. Dieter Jaenichen,
320 Seiten, Hardcover,
ISBN 978-3-96245-259-9,
Print mit E-Book Inside € 89,-
[www.trackomedia.com/
bremstechnik](http://www.trackomedia.com/bremstechnik)

MIT
E-BOOK
INSIDE

**Mehr Infos und Bestellung:
www.trackomedia.com**



**Neuaufgabe
Oktober 2023!**



Handbuch Erdbauwerke

Print mit E-Book Inside € 89,-*
[www.trackomedia.com/
erdbauwerke](http://www.trackomedia.com/erdbauwerke)

MIT
E-BOOK
INSIDE

Kommentar zur Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO)

Print mit E-Book Inside € 98,-*
[www.trackomedia.com/
ebokommentar](http://www.trackomedia.com/ebokommentar)

MIT
E-BOOK
INSIDE

* Preise inkl. MwSt, zzgl. Versand

BESTELLUNGEN:

Tel.: +49 7953 718-9092
Fax: +49 40 228679-503
E-Mail: office@trackomedia.com
Online: www.trackomedia.com

PER POST:

GRT Global Rail Academy and
Media GmbH / Trackomedia
Kundenservice
D-74590 Blaifelden