

EUROPA-FACHBUCHREIHE
für gewerblich-technische Bildung

Grundwissen Bahn

Marks-Fährmann Restetzki Biehounek Hegger Mandelartz

11. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL
Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23
42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 74011



Autoren: Ulrich Marks-Fährmann, Kassel
Klaus Restetzki, Leinburg
Dr. Alexander Biehounek, Nürnberg
Andreas Hegger, Voerde
Marcus Mandelartz, Rommerskirchen

Lektorat: Ulrich Marks-Fährmann, Kassel

11. Auflage 2022

Druck 5 4 3 2

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-8085-4789-2

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2022 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Umschlag- & Bildbearbeitung: Wissenschaftliche PublikationsTechnik Kernstock, 73230 Kirchheim unter Teck
Betreuung der Bildbearbeitung: Verlag Europa-Lehrmittel, Abt. Bildbearbeitung, 73760 Ostfildern
Umschlagkonzept: tiff.any GmbH, 10999 Berlin
Umschlagfoto: © Petair – Fotolia.com
Satz: Wissenschaftliche PublikationsTechnik Kernstock, 73230 Kirchheim unter Teck
Druck: Himmer GmbH Druckerei & Verlag, 86167 Augsburg

Vorwort

Zielgruppe

Das Fachbuch enthält für die Berufsbilder [Eisenbahner/-in der Zugverkehrssteuerung \(EiB Z\)](#) und [Eisenbahner/-in im Betriebsdienst »Lokführer/-in und Transport« \(EiB LT\)](#) die notwendigen Grundkenntnisse.

Das Buch ist im Wesentlichen für den Einsatz in der Berufsschule gedacht, kann aber auch für die betriebliche Aus- und Weiterbildung eingesetzt werden. Dem interessierten Laien wird dieses Buch wertvolle Einblicke in den Eisenbahnbetrieb liefern.

Wohl wissend, dass es Fahrdienstleiter und Fahrdienstleiterinnen usw. gibt, haben wir aufgrund einer besseren Lesbarkeit des Buches auf die Verwendung einer männlichen und weiblichen Schreibweise verzichtet.

Inhalt

Neu eingearbeitet wurden die neuesten Regelungen und deren Auswirkung auf den betrieblichen Ablauf (Stand: Dezember 2021).

Die Kapitel 3, 4 und 8.12 wurden komplett überarbeitet und durch (meist physikalische) Exkurse ergänzt (Übersicht am Ende des Inhaltsverzeichnisses, Seite 10). Im Anhang finden sich nun auch einige englische Fachbegriffe im Eisenbahnwesen.

Methodische Hinweise

Neben [theoretischen Kenntnissen](#) bezieht das Buch ständig [praxisorientierte Beispiele](#) mit ein, um deutlich zu machen, dass sich gerade im Eisenbahnwesen Theorie und Praxis gegenseitig bedingen.

Die Inhalte der Kapitel sind so gestaltet, dass sie sich zur [Selbstarbeit](#) eignen.

Dieses Buch arbeitet mit [Querverweisen](#) (z.B. s. Seite ...). Hiermit wird einerseits den komplexen Berufsbildern Rechnung getragen, andererseits erspart dies beim [selbstständigen Lernen](#) die mühevollen Suche nach notwendigen Hintergrundinformationen.

Eine online abrufbare [kostenlose Ausbildungssoftware](#) unterstützt das eigenständige Lernen. Weitere Informationen hierzu finden Sie auf der vorderen Umschlaginnenseite. Alle Themen, die in der Software behandelt werden, sind im Buch mit dem nebenstehenden Symbol gekennzeichnet.

Neben der kostenlosen Ausbildungssoftware wird ein [Online-Kurs](#) zur Vorbereitung auf die IHK-Zwischen- und Abschlussprüfung angeboten. Hinweise dazu finden sich auf der hinteren Umschlagseite.

Die Autoren haften nicht für materielle noch für immaterielle Schäden, seien sie mittelbar oder unmittelbar, die durch die Nutzung der behandelten Themen und Angaben oder durch fehlerhaft oder nicht vollständige Informationen verursacht werden.

Für Anregungen, Kritik und Verbesserungsvorschläge sind die Autoren dankbar.

Ulrich Marks-Fährmann, E-Mail: marks-faehrmann@iesy.net

Die Autoren

im Februar 2022

**1 Die Eisenbahn als
Transportunternehmen**
11 – 32

**2 Infrastruktur eines
Bahnbetriebes**
33 – 82

3 Bahnfahrzeugtechnik
83 – 178

**4 Bremsen von
Schienenfahrzeugen**
179 – 232

5 Stellwerkstechnik
233 – 278

**6 Fahrten im Bahnhof
im Regelbetrieb**
279 – 314

**7 Zugfahrten auf
der freien Strecke im
Regelbetrieb** 315 – 352

**8 Rangieren,
Bilden von Zügen**
353 – 404

**9 Führen eines Trieb-
fahrzeuges**
405 – 428

**10 Zugfahrten bei techni-
schen und betrieblichen
Abweichungen** 429 – 510

**11 Gefährliche Ereig-
nisse im Bahnbetrieb**
511 – 524

**12 Qualitätsmanage-
ment (QM)**
525 – 540

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
1 Die Eisenbahn als Transportunternehmen	11
1.1 Historische Entwicklung der Eisenbahn	12
1.2 Rechtsgrundlagen und innerbetriebliche Regelungen	18
1.3 Verkehrsleistungen	23
1.3.1 Personenbeförderung	27
1.3.2 Güterbeförderung	29
2 Infrastruktur eines Bahnbetriebes	33
2.1 Mitarbeiter im Bahnbetrieb	34
2.2 Bahnanlagen	38
2.2.1 Oberbau	38
2.2.2 Weichen, Kreuzungen und Kreuzungsweichen	41
2.2.3 Bahnanlagen der Bahnhöfe und der freien Strecke	44
2.2.4 Elektrisch betriebene Strecken (Oberleitung)	48
2.3 Signale	50
2.3.1 Hauptsignale (Hp)	51
2.3.2 Vorsignale (Vr)	53
2.3.3 Kombinationssignale (Ks-Signale)	56
2.3.4 Schutzsignale (Sh)	57
2.3.5 Zusatzsignale (Zs)	59
2.3.6 Langsamfahrsignale (Lf)	60
2.3.7 Anschließender Weichenbereich	63
2.3.8 Sonstige wichtige Signale	64
2.4 Vereinfachte Signallagepläne	65
2.5 Fahrpläne	68
2.6 Bahnsicherungsanlagen	71
2.6.1 Nichttechnisch gesicherte Bahnübergänge	71
2.6.2 Technisch gesicherte Bahnübergänge	72
2.7 Telekommunikation bei den Bahnbetrieben	74
2.7.1 Drahtgebundene Fernsprechverbindungen	76
2.7.2 Drahtlose Fernsprechverbindungen (Funksysteme)	77
2.7.2.1 Zugfunk (Zf)	78
2.7.2.2 Rangierfunk	81
2.7.2.3 Sonstige Funkverbindungen (Auswahl)	82
3 Bahnfahrzeugtechnik	83
3.1 Fahrzeuge, Züge (Begriffe, Definitionen)	84
3.1.1 Triebfahrzeuge (Tfz)	85
3.1.2 Wagen	86
3.1.3 Züge	89
3.1.4 Orientierungsrichtung und Radsatzfolge von Schienenfahrzeugen	92

3.1.5	Andere Bahnsysteme	94
3.2	Eisenbahnfahrzeuge (Hauptbauteile und Einrichtungen)	95
3.2.1	Der Radsatz	95
3.2.2	Zusammenspiel von Rad und Schiene (Rad-Schiene-System)	97
3.2.3	Wesentliche Bestandteile eines Laufwerks	99
3.2.4	Zug- und Stoßeinrichtungen	101
3.2.5	Übersicht Bremssysteme von Eisenbahnfahrzeugen	104
3.2.6	Untergestell, Lokkasten und Wagenaufbauten	105
3.2.7	Einrichtungen zur Energie- und Informationsversorgung bei Reisezugwagen	107
3.3	Antriebsarten von Triebfahrzeugen	112
3.3.1	Antriebsart Wasserdampf	114
3.3.2	Antriebsart Dieselmotor	115
3.3.2.1	Wirkungsweise des Dieselmotors	116
3.3.2.2	Aufladung eines Dieselmotors	118
3.3.2.3	Bauteile zur Übertragung der Drehbewegung in einem Dieselmotor	119
3.3.2.4	Ventilsteuerung eines Dieselmotors	120
3.3.2.5	Mögliche Anordnungen der Zylinder	120
3.3.3	Antriebsart Elektromotor	121
3.3.3.1	Der Drehstrom-Asynchronmotor	122
3.3.3.2	Bahnstromnetz (Fahrleitungen)	124
3.3.4	Antriebsart Dieselelektrisch	127
3.3.5	Antriebsarten neuerer Entwicklung	128
3.4	Ausrüstungen von Triebfahrzeugen (Auswahl)	130
3.4.1	Bahnräumer (n. EBO § 18)	131
3.4.2	Scheibenwischanlage und Scheibenheizung	131
3.4.3	Einrichtungen zum Geben hörbarer Signale (n. EBO § 18)	131
3.4.4	Geschwindigkeitsanzeiger (n. EBO § 18)	132
3.4.5	Sandungsvorrichtung	133
3.4.6	Sicherheitsfahrschaltung (n. EBO § 18)	133
3.4.7	Einrichtungen der Zugbeeinflussung (n. EBO § 18)	134
3.4.8	Stromversorgung	135
3.4.9	Spurkranzschmierung	138
3.4.10	Druckluftversorgung	138
3.5	Diesel-Triebfahrzeuge	143
3.5.1	»Kraftfluss« in einem Diesel-Triebfahrzeug	144
3.5.2	Schmierölanlage	149
3.5.3	Kraftstoffversorgung von einem Diesel-Triebfahrzeug	151
3.5.4	Motorregelung	154
3.5.5	Kühlanlage	155
3.5.5.1	Aufgaben der Kühlanlage	155
3.5.5.2	Elemente einer Kühlanlage	155
3.5.5.3	Überwachungseinrichtungen in der Kühlanlage	157
3.5.6	Fahr- und Leistungssteuerung	159
3.6	Elektrische Triebfahrzeuge	161
3.6.1	Oberstromkreis (Primärstromkreis)	162
3.6.1.1	Stromabnehmer	162

3.6.1.2	Hauptschalter	166
3.6.1.3	Haupttransformator	166
3.6.1.4	Rückstromkontakt	169
3.6.2	»Kraftfluss« in einem Elektrischen Triebfahrzeug	169
3.6.2.1	Tatzlagerantrieb	170
3.6.2.2	Hohlwellenantriebe	172
3.6.3	Hilfsbetriebe	175
3.6.4	Überwachungseinrichtungen (»Lokschutz«)	175
3.6.5	Fahrsteuerung	176
3.6.5.1	Nachlauf-Steuerung	177
3.6.5.2	Auf-Ab-Steuerung	177
3.6.5.3	Elektronische Zugkraft- und Geschwindigkeitssteuerung	178
4	Bremsen an Eisenbahnfahrzeugen	179
4.1	Grundlagen Bremsen an Eisenbahnfahrzeugen	180
4.2	Bremssysteme an Eisenbahnfahrzeugen	183
4.2.1	Kraftschlüssige Bremsen	183
4.2.1.1	Indirekt wirkende selbsttätige Druckluftbremse	186
4.2.1.2	Direkt wirkende Druckluftbremse (Zusatzbremse)	190
4.2.1.3	Feststellbremse	191
4.2.1.4	Magnetschienenbremse (Mg-Bremse)	193
4.2.2	Verschleißfreie Bremssysteme (z.T. nicht kraftschlüssig)	193
4.2.2.1	Hydrodynamische Bremse (H-Bremse)	194
4.2.2.2	Elektrodynamische Bremse (E-Bremse)	194
4.2.2.3	Wirbelstrombremse (WB)	195
4.2.2.4	Blending	196
4.2.3	Zusätzliche bremswegbeeinflussende Einrichtungen an Eisenbahnfahrzeugen	197
4.2.3.1	Bremsdruckregler	197
4.2.3.2	Druckübersetzer	197
4.2.3.3	Bremsstellungen	198
4.2.3.4	Elektropneumatische (ep-)Bremse	200
4.2.3.5	Schnellbremsbeschleuniger	201
4.2.3.6	Lastabbremmung	202
4.2.3.7	Gleitschutzeinrichtungen	203
4.2.4	Bauteile Bremskupplungen, Absperrhähne	204
4.3	Auslösen von Bremsvorgängen	206
4.3.1	Arten der Bremsungen mit selbsttätigen Druckluftbremsen (n. VDV 757, Ril 915)	206
4.3.2	Fahrgast-Notbremseinrichtungen	208
4.3.3	Rechnerunterstützte Bremssysteme	209
4.4	Bremstechnische Anschriften an Eisenbahnfahrzeugen	211
4.4.1	Anschriften Bremsausrüstungen	211
4.4.2	Anschriften Bremsgewicht	212
4.5	Bremsvermögen eines Zuges (Führen von Wagenliste und Bremszettel)	213
4.6	Bremsproben (Brpr)	220
4.6.1	Arten der Bremsprobe (n. VDV 757)	221
4.6.2	Bremsprobeberechtigte	222

4.6.3	Ausführungsformen der Bremsprobe	222
4.6.4	Verständigung bei Bremsproben	223
4.6.5	Arbeits- und Prüfschritte bei Bremsproben	225
5	Stellwerkstechnik	233
5.1	Zweck und Aufgabe von Stellwerken	234
5.2	Einteilung der Stellwerke	236
5.3	Aufbau und Funktion der Stellwerksarten	238
5.3.1	Mechanisches Stellwerk	238
5.3.2	Elektromechanisches Stellwerk	254
5.3.3	Gleisbildstellwerk (Sp DrS 60)	256
5.3.4	Gleisbildstellwerk (EZMG)	273
5.3.5	Elektronisches Stellwerk (ESTW) – Digitales Stellwerk (DSTW)	275
6	Fahrten im Bahnhof im Regelbetrieb	279
6.1	Fahrwegprüfung (Fpr)	280
6.2	Gleisfreimeldeanlagen	283
6.3	Sicherung der Zugfahrten im Bahnhof	288
6.3.1	Fahrstraße	289
6.3.2	Einstellen einer Fahrstraße (Fahrstraßenbildung) bei den verschiedenen Stellwerksarten	297
6.3.3	Verschlussunterlagen	310
7	Zugfahrten auf der freien Strecke im Regelbetrieb	315
7.1	Fahrordnung auf der freien Strecke	316
7.2	Zugmeldeverfahren	317
7.2.1	Zugmeldeverfahren auf eingleisigen Strecken	318
7.2.2	Zugmeldeverfahren auf zweigleisigen Strecken	323
7.2.3	Ersatz von Zugmeldungen durch technische Meldeeinrichtungen	324
7.3	Sicherung der Zugfahrten auf der freien Strecke	325
7.3.1	Räumungsprüfung (Rp)	326
7.3.2	Nichtselbsttätiger Streckenblock (Felderblock)	327
7.3.3	Nichtselbsttätiger Streckenblock (Relaisblock)	335
7.3.4	Nichtselbsttätiger Streckenblock (Trägerfrequenzblock (71))	336
7.3.5	Selbsttätiger Streckenblock (Selbstblock 60)	336
7.3.6	Selbsttätiger Streckenblock (Zentralblock 65)	340
7.3.7	Selbsttätiger Streckenblock (LZB-Zentralblock)	346
7.3.8	Streckenblock beim ESTW	347
7.4	Zugleitbetrieb (ZLB)	349
8	Rangieren, Bilden von Zügen	353
8.1	Grundbegriffe beim Rangieren	354
8.2	Teilbereiche einer Fahrzeugbewegung beim Rangieren	357
8.2.1	Maßnahmen zur Vorbereitung einer Fahrzeugbewegung beim Rangieren	357
8.2.2	Durchführung einer Fahrzeugbewegung (Fahrt)	359
8.2.3	Maßnahmen nach Beendigung	362

8.3	Verständigung beim Rangieren	364
8.3.1	Mündliche Verständigung	364
8.3.2	Verständigung durch Signale	364
8.3.3	Schriftliche Verständigung	367
8.3.4	Rangierfunk	367
8.4	Bremsen beim Rangieren (Aufhalten von Fahrzeugen)	373
8.5	Vorsichtswagen	375
8.6	Rangierbahnhöfe	377
8.6.1	Aufgaben und Unterteilung	377
8.6.2	Bremsen im Ablaufbetrieb	378
8.6.3	Rangierzettel	380
8.7	Elektrisch ortsgestellte Weichen (EOW)	381
8.8	Arbeitsunterlagen beim Rangieren	383
8.9	Rangieren auf Hauptgleisen	384
8.10	Funkfernsteuerung von Triebfahrzeugen	385
8.11	Unterscheidung Zugfahrt – Rangierfahrt	387
8.12	Bilden von Zügen	389
8.12.1	Länge des Zuges	389
8.12.2	Radsatzlast (Internationales Lastgrenzenraster)	391
8.12.3	Geschwindigkeiten	393
8.12.4	Gesamtgewicht des Zuges	394
8.12.5	Maßabweichungen von Fahrzeugen	394
8.12.6	Transport gefährlicher Güter	397
8.12.7	Ladungssicherung	399
8.12.8	Sonstige Parameter (Auswahl)	400
8.13	Technische Wagenbehandlung (Wagenprüfung)	401
8.13.1	Wagenprüfer G	401
8.13.2	Wagenprüfung bei Reisezugwagen	403
9	Führen eines Triebfahrzeuges	405
9.1	Vorbereitungs- und Abschlussarbeiten	406
9.2	Bedienen von Bremsenrichtungen an Triebfahrzeugen	409
9.2.1	Führerbremsventil	409
9.2.2	Zusatzbremse	411
9.3	Sicherheitsfahrschaltung (Sifa)	412
9.4	Punkt- und linienförmige Zugbeeinflussung	413
9.4.1	Punktförmige Zugbeeinflussung (PZB)	413
9.4.2	Linienförmige Zugbeeinflussung (LZB)	419
9.5	Europäisches Zugsicherungssystem (ETCS)	421
9.6	Schutzmaßnahmen	424
9.6.1	Schutz gegen elektrische Unfälle	424
9.6.2	Brandverhütung und Verhalten bei Bränden	425
9.7	Maßnahmen bei technischen Unregelmäßigkeiten	427

10	Zugfahrten bei technischen und betrieblichen Abweichungen	429
10.1	Aufträge durch Befehle	432
10.2	Zulassung einer Zugfahrt zurücknehmen	434
10.3	Zurücknahme von Fahrstraßen	436
10.4	Zugfahrten ohne Fahrtstellung eines Hauptsignals	438
10.4.1	Zulassung einer Zugfahrt mit besonderem Auftrag	439
10.4.2	Sicherung des Fahrwegs	439
10.4.3	Sicherung der Zugfahrt auf der freien Strecke ohne Fahrtstellung eines Hauptsignals	442
10.4.4	Fallbeispiel (für SpDrS 60-Stellwerk)	447
10.4.5	Zugfahrten ohne Fahrtstellung des Hauptsignals beim ESTW	449
10.5	Unzulässiges Vorbeifahren an einem Haltsignal	451
10.6	Sperren von Gleisen	454
10.6.1	Sperren von Gleisen der freien Strecke	454
10.6.2	Sperren von Gleisen in einem Bahnhof oder auf einer Abzweigstelle	457
10.7	Abweichen von der Fahrordnung auf der freien Strecke	459
10.8	Sperrfahrten	468
10.8.1	Ablauf einer Sperrfahrt	468
10.8.2	Fahrmöglichkeiten, Signal- und Blockbedienung für Sperrfahrten	471
10.8.3	Beispiel: Sperrung eines Streckengleises und Durchführung einer Sperrfahrt	473
10.8.4	Sperrfahrten beim ESTW-Zentralblock	476
10.9	Fahrten mit Kleinwagen	477
10.10	Störungen an Weichen	479
10.10.1	Weiche kommt nicht in die Endlage	479
10.10.2	Auffahren einer Weiche	483
10.11	Fehler und Störungen an Signalen	486
10.12	Störungen an Gleisfreimeldeanlagen im Bahnhof	490
10.13	Störungen des Streckenblocks	496
10.13.1	Störungen beim Selbstblock 60	496
10.13.2	Störungen beim Zentralblock 65	500
10.13.3	Störungen beim Zentralblock im ESTW	503
10.13.4	Störungen beim Selbstblock im ESTW	505
10.13.5	Störungen beim nichtselbsttätigen Streckenblock	506
10.14	Nachschieben von Zügen	507
11	Gefährliche Ereignisse im Bahnbetrieb	511
11.1	Beobachten von Zügen	512
11.2	Gefährliche Ereignisse im Bahnbetrieb	516
11.3	Das Notfallmanagement (DB AG)	519
11.4	Brand- und Katastrophenschutz in Eisenbahntunneln	522
12	Qualitätsmanagement (QM)	525
12.1	Grundbegriffe/Normen	526
12.2	Grundprinzipien des Qualitätsmanagements	528

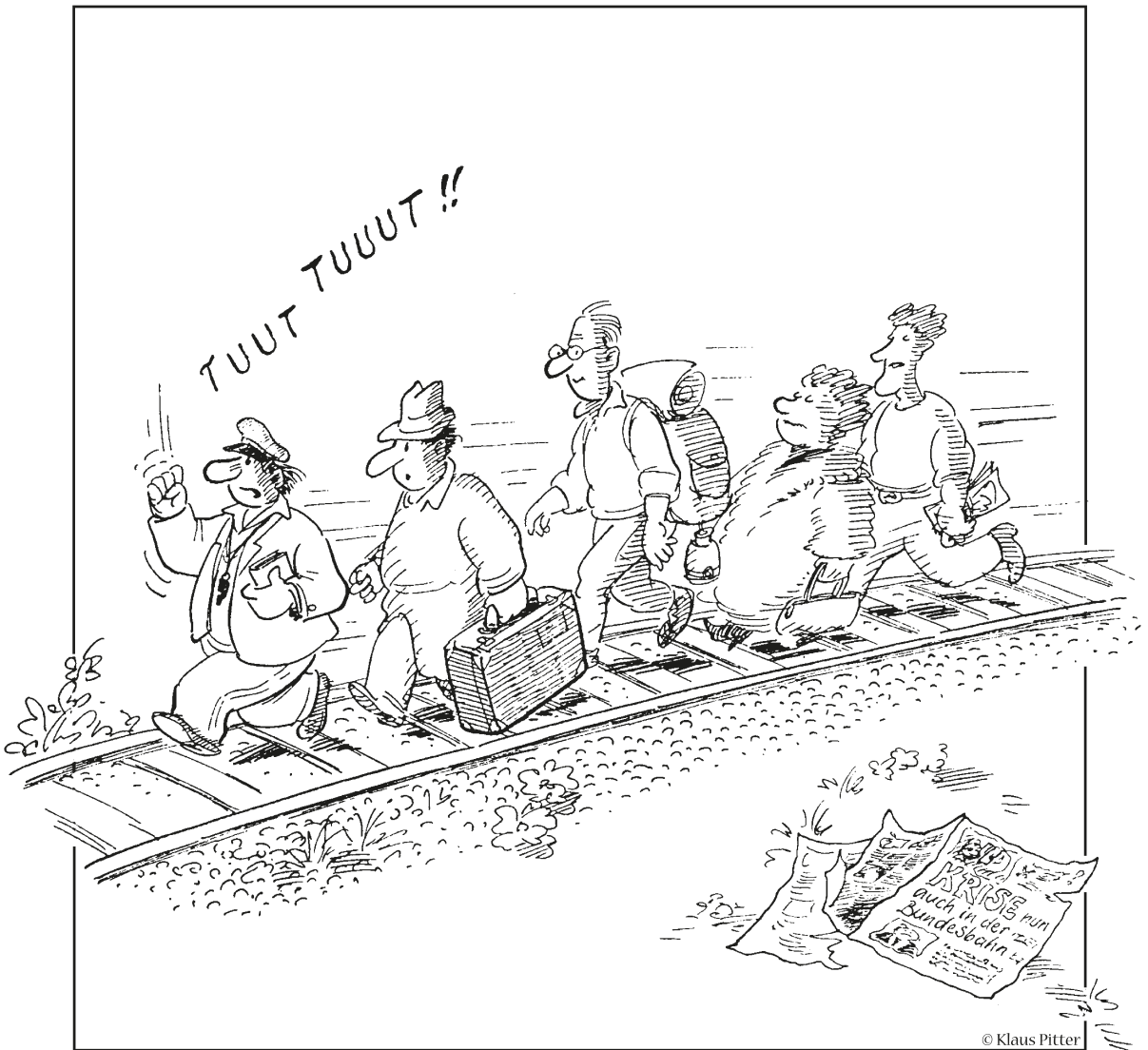
Anhang	541
Englische Fachbegriffe Eisenbahnwesen	542
Literaturhinweise und Fundstellen im Internet	549
Abkürzungsverzeichnis	550
Sachwortverzeichnis	553
Signallageplan Bf Kleinstadt	561

Exkurse

Physikalischer Exkurs: Wirkungsgrad	114
Chemischer Exkurs: Dieselkraftstoff	117
Physikalischer Exkurs: Was versteht man unter »Strom«?	121
Physikalischer Exkurs: Stromarten	122
Physikalischer Exkurs: Drehzahl / Drehmoment	124
Physikalischer Exkurs: Magnetismus	125
Physikalischer Exkurs: Frequenz	125
Physikalischer Exkurs: Der einfache Stromkreis	126
Musikalischer Exkurs: Frequenz und Töne	132
Physikalischer Exkurs: Der Generator	136
Physikalischer Exkurs: Druckluft	138
Physikalischer Exkurs: Geschwindigkeit	148
Chemischer Exkurs: Motoröl	150
Physikalischer Exkurs: Der Transformator	167
Physikalischer Exkurs: Reibung	182
Physikalischer Exkurs: Wirkprinzipien der Verbindungsarten	184
Physikalischer Exkurs: Bremskraft und Haftreibung	186
Physikalischer Exkurs: Masse, Gewichtskraft	392

1

Die Eisenbahn als Transportunternehmen



1.1 Historische Entwicklung der Eisenbahn

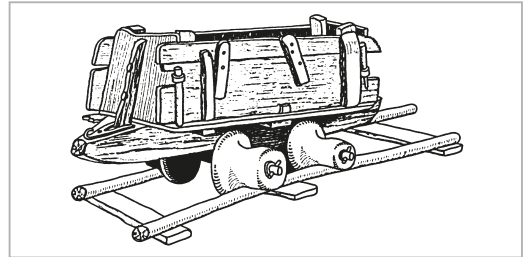
Die Eisenbahn ist das Ergebnis zahlreicher Ideen und Erfindungen von Menschen mehrerer Generationen. Technisch bildet sie ein Zusammenspiel von Fahrzeugen, Gleisen und Signaleinrichtungen, die von Mitarbeitern eines Eisenbahnbetriebes bedient und gesteuert werden. Mensch und Technik wirken zusammen, um Personen und Güter zu befördern.

Schon im Altertum war das Prinzip des Gleises bekannt: In Fels gemeißelte Spurrillen verminderten den Rollwiderstand und boten eine Führung für die Räder von Fahrzeugen. Bereits mittelalterliche Bergwerksbahnen waren Spurbahnen, bei denen Fahrzeug und Fahrweg aufeinander abgestimmt waren, sodass die Fahrzeuge nur auf einem speziellen und begrenzten Fahrweg verkehren konnten. In England wurden diese Grundformen weiterentwickelt und die ersten Vorgänger der heutigen Eisenbahnschiene gegossen. Diese Spurbahnen gelten als die Vorläufer des heutigen Rad-Schiene-Systems (s. Kap. 3.2.2).

Im Laufe der nächsten Jahrzehnte wurden unterschiedliche Schienenformen entwickelt, wobei sich die Breitfußschiene – auch Vignol- oder Normalschiene genannt – durchsetzte. Deren Grundform hat bis heute Bestand (s. Kap. 2.2.1).

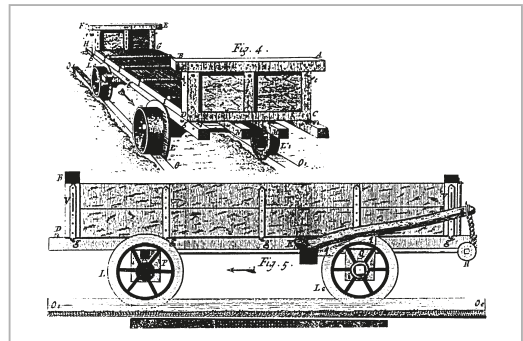
Räder und Wagen standen während der langen Entwicklungsgeschichte stets in Wechselwirkung. So wurden hölzerne Spurkränzzäder durch gusseiserne Räder abgelöst, die wegen ihrer Neigung zu Brüchen beim Gießen und im Betrieb lange Zeit ein Sicherheitsrisiko darstellten. Nach mehreren Entwicklungsstufen wurde 1830 ein Patent für Räder mit schmiedeeisernem Radkranz und Speichen erteilt, die höhere Sicherheit und befriedigende Nutzungsdauer erbrachten.

Wie die ersten spurgebundenen Wege standen auch die ersten Dampfmaschinen im Dienste des Bergbaus. Sie dienten dort zum Antrieb von Pumpen, die das Wasser aus tieferen Schächten förderten. Im Jahr 1765 erfand James Watt die direkt wirkende Dampfmaschine. Über mehrere Entwicklungsstufen (Dampfwagen von Cugnot,



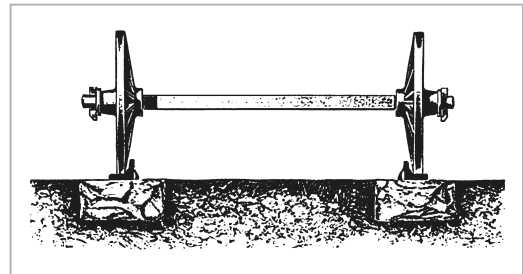
© Hestra-Verlag, Darmstadt

Bild 1: Ein Urahn des Prinzips Spurkranzrad/Schiene: Förderhund und Holzgleis aus dem Goldbergbau von Siebenbürgen (16. Jahrh.)



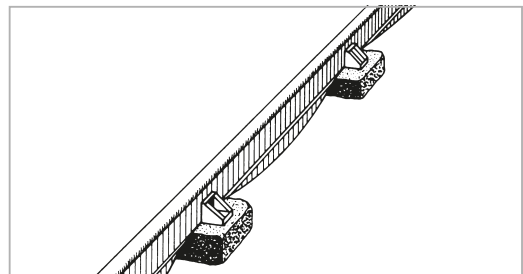
© Hestra-Verlag, Darmstadt

Bild 2: Spurbahn für Steintransport von Ralph Allen, um 1730



© Hestra-Verlag, Darmstadt

Bild 3: Gusseiserne Winkelschiene für Tramroads von John Curr, 1776 (Räder noch ohne Spurkranz, s. Bild 1, S.38)



© Hestra-Verlag, Darmstadt

Bild 4: Schmiedeeiserne Schiene von John Birkenshaw, 1820

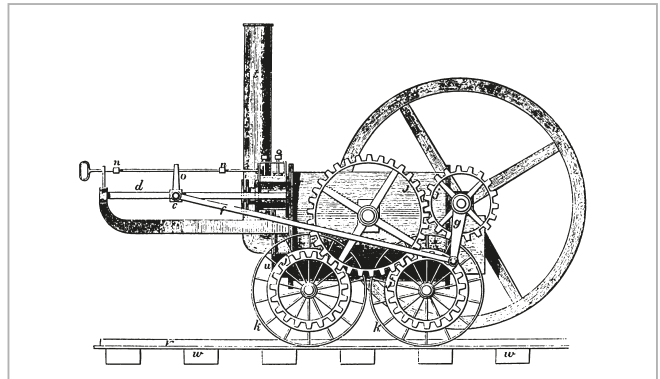
1769) kam es am 21. Februar 1804 zu dem historischen Ereignis: Mit Richard Trevithick am Regler fuhr der erste von einer Lokomotive gezogene Zug der Welt auf einer Bahnstrecke. Er beförderte 10 t Eisen, 5 Wagen und 17 Menschen über neun Meilen (14,5 km) in vier Stunden und 5 Minuten.

Als erste öffentliche Bahn wurde am 27. September 1825 die Eisenbahn Stockton–Darlington eröffnet. Die am 15. September 1830 in Betrieb genommene Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester gilt als Prototyp des Transportsystems Eisenbahn.

Für diese Bahnstrecke hatte George Stephenson 1829 mit der »Rocket« eine sehr brauchbare Dampfmaschine gebaut. Mit diesem Grundmodell belieferte er alle neu entstehenden Eisenbahnen in Europa. So verbreitete sich die Spurweite von 1435 mm (s. Kap. 2.2.1). Auch auf der ersten deutschen Bahnstrecke zwischen Nürnberg und Fürth fand dieses Maß Anwendung. Sie wurde am 7. Dezember 1835 mit der Fahrt der von Stephenson gebauten Lokomotive »Adler« eröffnet. Die Eröffnung dieser Strecke brachte den Durchbruch für die frühen deutschen Eisenbahnen. Durch die Interessen der Einzelstaaten entstanden in mehreren bedeutenden Städten in kürzester Zeit Eisenbahngesellschaften.

Sie versuchten, die Verbindungen zu wichtigen Nachbarstädten einzurichten. Es gab zu der Zeit noch keine landesbezogene oder gar deutschlandweite Netzplanung.

In einem unerhörten Tempo wurde Strecke auf Strecke von privaten Gesellschaften und einigen Staaten vorangetrieben. So wurde bereits im Jahre 1846 eine Streckenbauleistung von 1153 km erreicht. Schon 1850 wurde der Staat Preußen durch eine 1240 km lange Ost-West-Strecke verklammert.



© Hestra-Verlag, Darmstadt

Bild 1: Die erste Dampflokomotive der Welt.
Trevithicks Pen-y-Darran-Lokomotive von 1804



© Hestra-Verlag, Darmstadt

Bild 2: Liverpool–Manchester: Gestreckte Linienführung, flache Streckenneigung, zweigleisige Strecke, Personen- und Güterverkehr, schienenfreie Kreuzungen zwischen Eisenbahn und Straßen



© Deutsche Bahn AG

Bild 3: Eröffnungszug der ersten deutschen Eisenbahn Nürnberg–Fürth (der »Adler«)

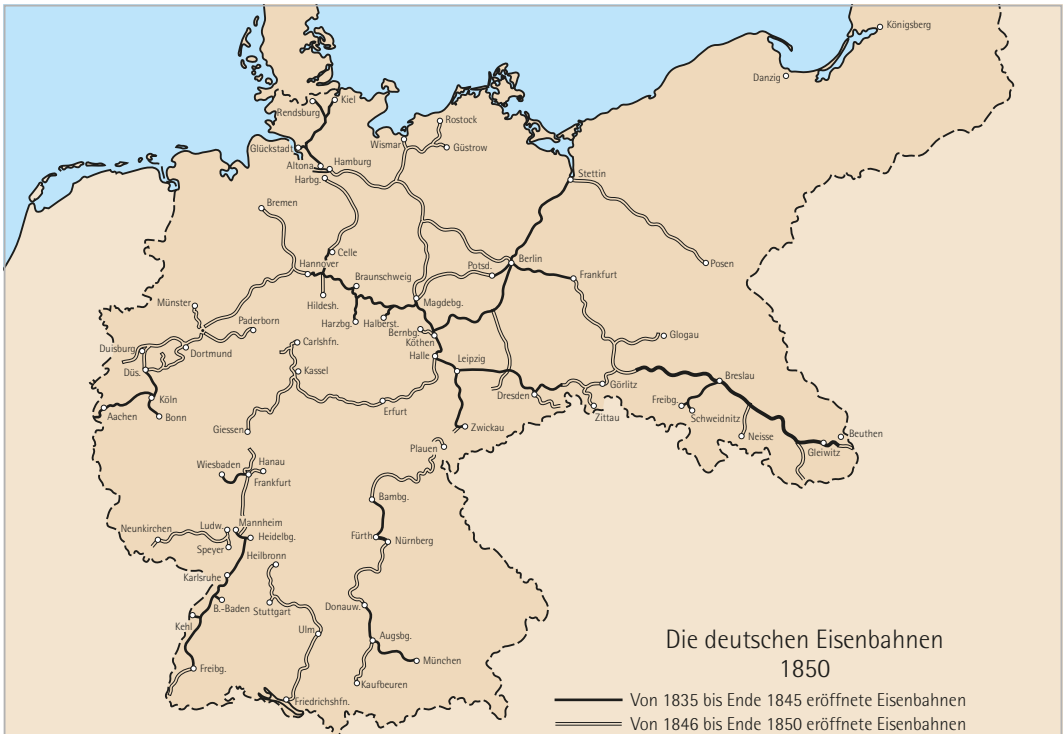


Bild 1: Karte der deutschen Eisenbahnstrecken 1850 (5856 km)

Die Eisenbahn erlaubte durch ihren geringen Rollwiderstand im Rad-Schiene-System (s. Kap. 3.2.2) und die Zwangslenkung durch die Schienen wesentlich größere Zuglängen und damit wesentlich höhere Transportmassen, als sie auf anderen Verkehrswegen möglich waren, und dies bei wesentlich höheren Geschwindigkeiten und niedrigeren Transportkosten.

Die steigende Nachfrage nach Industrieprodukten (Stahl, Lokomotiven, Wagen- und Maschinenbau etc.) und die sprunghafte Ausdehnung des Handels erforderten neue Transportmöglichkeiten für große Mengen von Rohstoffen, Halb- und Fertigprodukten über große Entfernungen.

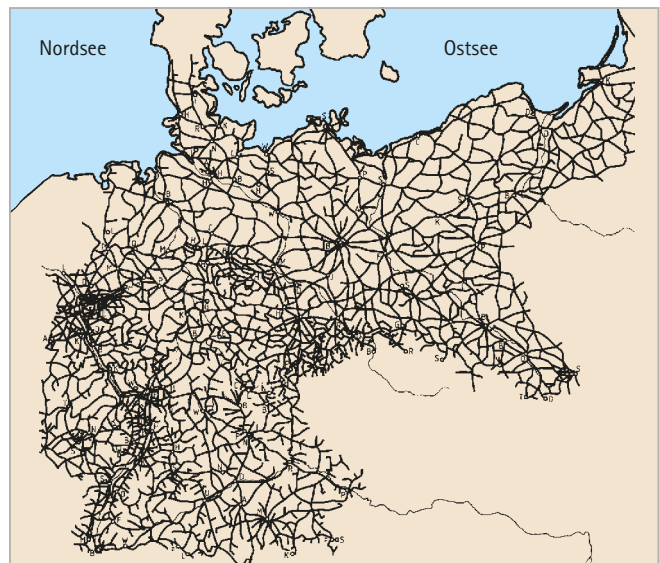


Bild 2: Das deutsche Eisenbahnnetz Ende 1913

Daher wurde in Riesenschritten das Streckennetz ausgebaut, sodass 1913 täglich auf dem 58 933 km langen Netz der deutschen Länderbahnen durchschnittlich 50 300 Züge mit 5 Millionen Fahrgästen und 1,85 Millionen Tonnen Gütern verkehrten.

Die industrielle Revolution und die Revolution im Transportwesen standen durch die sprunghafte Expansion des Eisenbahnwesens in einem engen Zusammenhang. Der Staat griff regelnd ein, was letztlich zur Entstehung eines deutschlandweiten Eisenbahnnetzes, zur Anwendung einheitlicher betrieblicher Bestimmungen und am 21. April 1920 zur Bildung einer nationalen Eisenbahngesellschaft führte.

Die technische Entwicklung ging in großen Schritten voran. Einerseits wurde die Technik der Dampflokomotive ständig weiter entwickelt, andererseits wurden neue Antriebsarten erschlossen. Die erste elektrische Lokomotive der Welt wurde im Jahre 1879 auf der Berliner Gewerbeausstellung vorgestellt. Diese von Werner von Siemens gebaute Lokomotive erreichte eine Geschwindigkeit von 7 km/h. Bereits 1903 erzielten elektrische Versuchsfahrzeuge auf der Strecke Marienfeld-Zossen eine Geschwindigkeit von 210 km/h.

Die ersten Versuche, den Dieselmotor auch für Lokomotiven nutzbar zu machen, gehen auf Rudolf Diesel selbst zurück, der 1908 eine Diesellokomotive entwarf. Die erste Großdiesellokomotive ging 1912 in Betrieb, dieselhydraulische Lokomotiven wurden ab 1935 gebaut. Diesel-Schnelltriebwagen, wie der legendäre »Fliegende Hamburger«, Strecken-Dieselloks und die Entwicklung von Kleinlokomotiven für den Rangierbetrieb zeigten auf, wohin der Weg der nächsten Jahrzehnte gehen sollte: weg von der Dampflokomotive, hin zu elektrischen und dieselbetriebenen Lokomotiven.

In der zweiten Hälfte des vorherigen Jahrhunderts wuchs der Autoverkehr immer stärker an und verdrängte zunehmend den Schienenverkehr. Ein umfangreicher Ausbau des Straßen- und insbesondere des Autobahnnetzes sowie die Fortschritte im Automobilbau begünstigten den Individualverkehr. Die Entwicklung der Eisenbahntechnik verlangsamte sich, der Eisenbahnverkehr verlor immer stärker an Attraktivität. Viele ländliche Eisenbahnstrecken wurden aufgegeben, auch wegen einem veralterten Wagenpark und Streckenausrüstung der damaligen Bundesbahn.

Um im Wettbewerb mit dem Auto und dem Flugzeug bestehen zu können, mussten die Eisenbahnen ab den 1970er Jahren den Komfort und die Geschwindigkeit der Züge wieder steigern. 1965 wurden die ersten Lokomotiven für eine Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h in Dienst gestellt, doch der Bau entsprechender Schnellfahrstrecken (SFS) war sehr mühsam und teuer.



© Deutsche Bahn AG

Bild 1: Schnelltriebwagen Bauart »Hamburg«, Baujahr 1935 (Nachfolger des »Fliegenden Hamburgers«)



© Deutsche Bahn AG

Bild 2: Konkurrenz verschiedener Verkehrsträger: ICE3-Züge, Autobahn, Flugzeug

Einen großen Fortschritt brachte ab Anfang der 1990er Jahre der Einsatz des ICE, der mit Klimatisierung, druckdichten Kabinen, ruhigem Wagenlauf etc. einen bis dahin nicht erreichten Fahrkomfort bei einer Höchstgeschwindigkeit von bis zu 280 km/h bot. Auf der Strecke Köln–Frankfurt erreicht heute der ICE3 inzwischen sogar eine Reisegeschwindigkeit von 300 km/h.

Seit der Privatisierung der DB erlebt die Eisenbahn in Deutschland den größten Umbruch ihrer bisherigen Geschichte. Aus den ehemaligen Staatsbetrieben Bundesbahn und Reichsbahn soll ein modernes, marktorientiertes und börsenfähiges Dienstleistungsunternehmen werden. Zugleich wächst die Bedeutung privater Unternehmen, die als Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) Zugfahrten im Güter- wie im Personenverkehr anbieten (s. Bild 3) bzw. als Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) eigene Streckennetze betreiben.

Dies geschieht traditionell im Bereich der Werk- und Hafenbahnen, wo beispielsweise die Ruhrkohle ein eigenes Streckennetz von 465 km betreibt, aber in zunehmenden Umfang auch im Personennahverkehr. Die politischen Forderungen nach einem diskriminierungsfreien Zugang zum Schienennetz und dessen bessere europäische Verzahnung führen dazu, dass im Güter- wie im Personenverkehr zunehmend auch nicht-DB-eigene Eisenbahngesellschaften eine größere Rolle spielen. Im Personennahverkehr geschieht dies insbesondere dann, wenn bestehende Streckenlizenzen neu ausgeschrieben werden oder wenn alte Strecken von ihrer Schließung bedroht sind bzw. sogar bereits aufgegebene Strecken reaktiviert werden sollen.



© Deutsche Bahn AG

Bild 1: InterCityExpress (ICE 1) BR 401



© Deutsche Bahn AG

Bild 2: InterCityExpress 3 (ICE 3) BR 403



© TUBS / Wikimedia CC-BY-SA-3.0

Bild 3: Regionalbahnzüge der NordWestBahn, Eurobahn und Westfalenbahn im Hauptbahnhof Bielefeld

Die Modernisierung der Bahn erfordert umfangreiche Investitionen, so wurden in den ersten 15 Jahren nach der Privatisierung allein in das Streckennetz der DB ca. 70 Milliarden Euro investiert. Zugleich wurde die Struktur der DB grundlegend verändert. Die Tätigkeitsfelder Personenverkehr, Güterverkehr und Infrastruktur wurden unter dem Dach der DB AG zu eigenständigen Unternehmen.

Die Steuerung des Netzes erfolgt heute in zunehmenden Maß über 7 **Betriebszentralen (BZ)** + der DB Netz.

Der Güterverkehr wird von DB Cargo organisiert, die auch international agiert und sich nicht mehr auf Verkehrsleistungen der Schiene beschränkt. Die Kundenbetreuung erfolgt durch den bundesweit tätigen Kundenservice in Duisburg, der rund um die Uhr erreichbar ist. Zugleich wurde die Anzahl der Güterverkehrsstellen, an denen der Kunde sein Gut auf einen Güterwagen verladen kann, drastisch reduziert, während die Zahl der Umschlagbahnhöfe, die dem Verladen von Containern dienen, massiv erhöht wurde (s. Kap. 8.6).

Eine Ausweitung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit wird derzeit vor allem durch technische Probleme, wie unterschiedliche Stromsysteme und abweichende Sicherungssysteme erschwert. Abhilfe sollen hier Lokomotiven, die grenzüberschreitend eingesetzt werden können, und GSM-R (s. Kap. 2.7.2) bringen, ein System, das eine europaweit einheitliche Zugsteuerung und Überwachung erlaubt.



Bild 1: Betriebszentralen der DB-Netz AG



Bild 2: Netzleitzentrale (NLZ) Frankfurt am Main

© Deutsche Bahn AG

1. Skizzieren Sie in groben Zügen die Entwicklung der Eisenbahn in Deutschland!
2. Weshalb fahren die Eisenbahnen in den meisten europäischen Ländern auf einer Spurweite von 1435 mm?
3. Welche wirtschaftliche Bedeutung hatte die Entwicklung der Eisenbahn?
4. Vor welchen Herausforderungen stehen Bahnbetriebe heute (s. auch Kap. 1.3)?
5. Welche Aufgaben erfüllen die sieben Betriebszentralen und die Netzleitzentrale der DB AG?



1.2 Rechtsgrundlagen und innerbetriebliche Regelungen

Der Eisenbahnbetrieb in Deutschland stützt sich auf eine große Zahl von Gesetzen, Verordnungen, internationalen Verträgen, Richtlinien und anderen innerbetrieblichen Regelwerken, die nicht nur den »Betrieb«, sondern auch z. B. Eisenbahnbauten u. v. m. reglementieren.

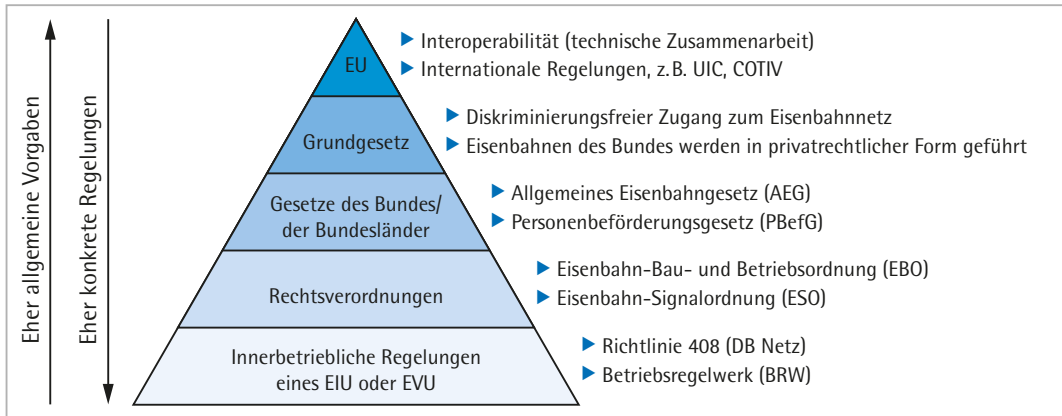


Bild 1: Übersicht über Rechtsgrundlagen und Regelungen für einen »Eisenbahnbetrieb« (Rechtspyramide)

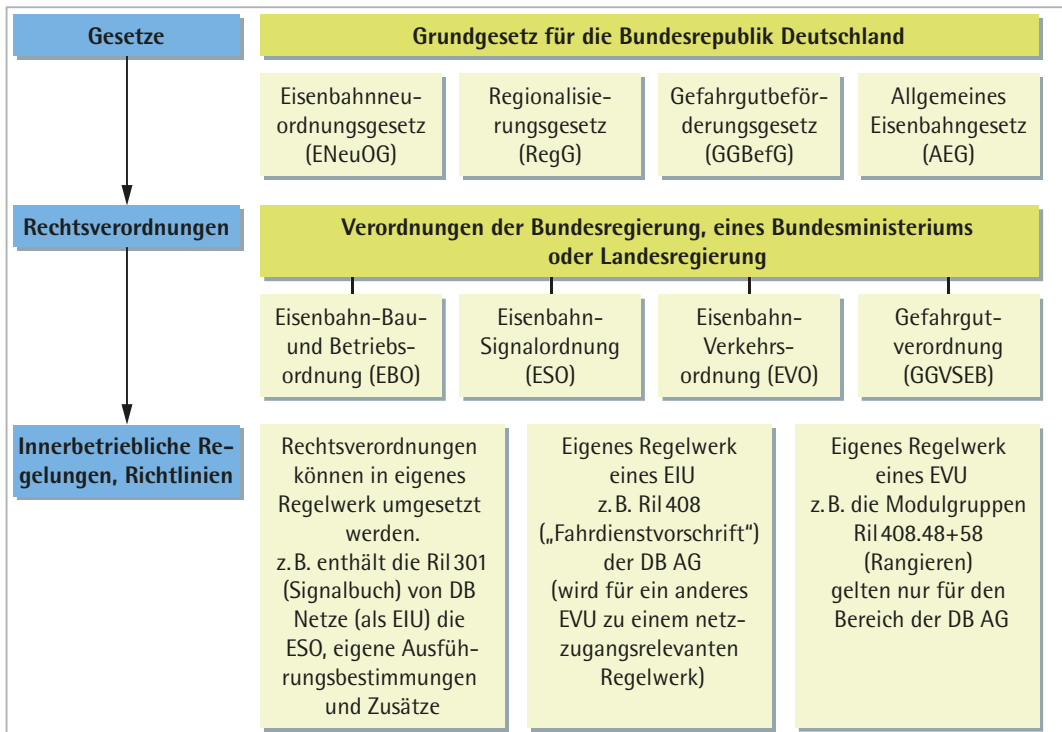


Bild 2: Zusammenfassende Übersicht über Rechtsgrundlagen und innerbetriebliche Regelungen

Das Grundgesetz (GG) befasst sich in Artikel 87e, 106a und 143a ausdrücklich mit der Eisenbahn. Art 87e GG bestimmt u. a., dass die Eisenbahnen des Bundes als Wirtschaftsunternehmen in privatrechtlicher Form geführt werden.

Der Bund darf diese verkaufen, wenn dies ein Gesetz erlaubt, dabei müssen aber die Bereiche Bau, Unterhaltung und Betrieb der Schienenwege mehrheitlich beim Bund verbleiben. Art. 106a GG befasst sich mit Bundeszuschüssen zur Finanzierung des Personennahverkehrs, Art. 143a GG befasst sich mit der Kompetenz des Bundes bei der Privatisierung der bundeseigenen Bahnunternehmen.

Auch durch die Strukturreform der Bundeseisenbahnen im Jahre 1994 – die größten deutschen Eisenbahnbetriebe, die Deutsche Bundesbahn (DB) und die Deutsche Reichsbahn (DR) wurden rechtlich vereinigt und gemeinsam in die Deutsche Bahn Aktiengesellschaft (DB AG) umgewandelt –, die Entstehung »neuer Eisenbahnbahnen« und die »Europäisierung« des Eisenbahnwesens wurden viele rechtliche und innerbetriebliche Regelungen erlassen.

- ▶ Das Eisenbahnneuordnungsgesetz (ENeuOG) regelt als umfassendes Artikelgesetz den gesamten Prozess der Bahnreform von 1994. Das ENeuOG umfasst Neuregelungen und Veränderungen in rund 130 einzelnen Gesetzen und Verordnungen.
- ▶ Das Regionalisierungsgesetz (RegG) dient der Sicherstellung einer ausreichenden Verkehrsbedienung im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV). Dieser muss von den Bundesländern organisiert werden.
- ▶ Das Gefahrgutbeförderungsgesetz (GGBefG) regelt den Transport von Stoffen und Gütern, von deren Beförderung besondere Gefahren für Menschen, Tiere und die übrige Umwelt ausgehen können.
- ▶ Gemäß AEG § 2 (Allgemeines Eisenbahngesetz) sind Eisenbahnen öffentliche Einrichtungen oder privatrechtlich organisierte Unternehmen, die unterschiedliche Aufgaben erfüllen:

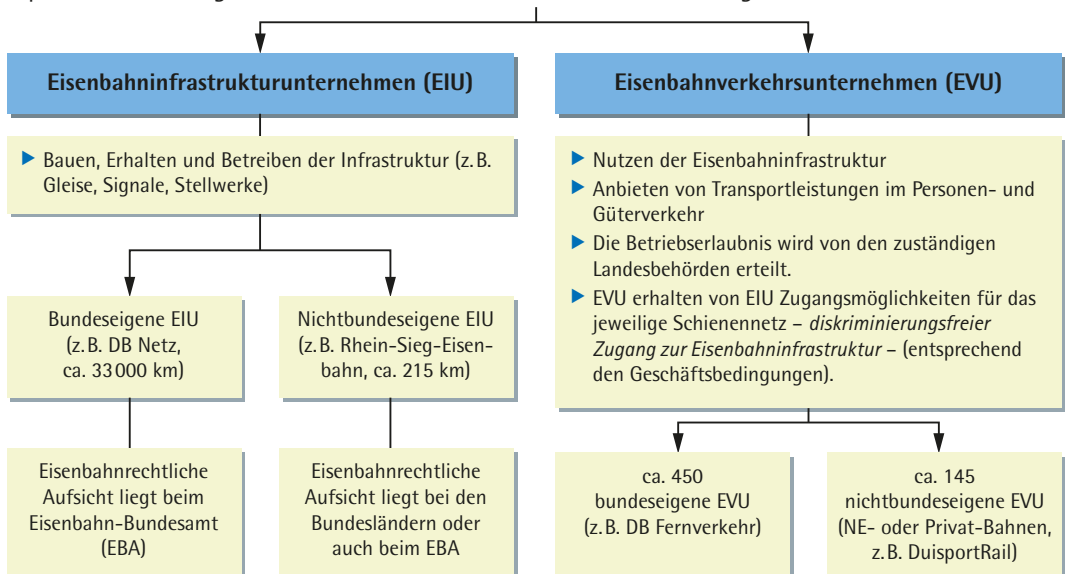


Bild 1: Gelände der Rhein-Sieg-Eisenbahn (EIU)

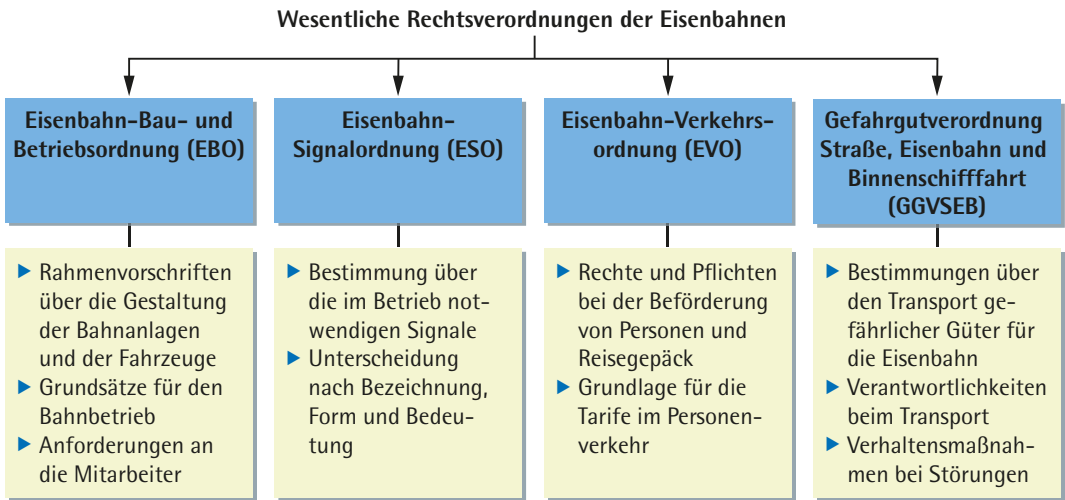


Bild 2: Güterzug der Duisport Rail (EVU)

© Axel Kirch / Wikimedia CC-BY-SA-4.0

© Rob Dammers / Wikimedia CC-BY-SA-2.0

- ▶ Im Grundgesetz (GG) ist festgelegt, dass
 - der Bund die ausschließliche Gesetzgebung über den Verkehr von Eisenbahnen hat, die ganz oder mehrheitlich im Eigentum des Bundes stehen (Art. 73),
 - durch Gesetze die Bundesregierung, ein Bundesminister oder die Landesregierungen ermächtigt werden können, Rechtsverordnungen (allgemeinverbindliche Gesetze ohne ein formales Gesetzgebungsverfahren) zu erlassen (Art. 80).



Diese Rechtsverordnungen können von den Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) und Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) so übernommen werden oder in einem eigenen Regelwerk umgesetzt werden.

So wird z. B. die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) von der Deutschen Bahn AG als DS 300 (Drucksache 300) herausgegeben und die Ril 301 (Signalbuch) – herausgegeben von DB Netze (als EIU) – enthält die ESO und ergänzt sie durch eigene Ausführungsbestimmungen und Zusätze (s. Kap. 2.3).

Nun können sich Eisenbahnstrukturunternehmen (EIU) eigene Regelungen (Richtlinien – Ril, Vorschriften u.Ä.) geben. Für den Bereich der DB AG sind dies z. B.

- ▶ Ril 408 (Fahrdienstvorschrift)
- ▶ Ril 301 (Signalbuch)
- ▶ Ril 483 (Zugbeeinflussungsanlagen bedienen)

Damit nicht jedes Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) eigenständig geltende Regeln in eigene Regeln überführen muss, hat der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) aus bewährten Regeln das »Betriebsregelwerk (BRW) für EVU« entwickelt (s. Bild 1, S. 21).

So haben zahlreiche Eisenbahnverkehrsunternehmen der Deutschen Bahn AG das »Betriebsregelwerk für EVU« komplett oder wie die DB Regio AG auch teilweise für das Zugbegleit- und Rangierpersonal eingeführt (s. Bild 2, S. 21).

Zusätzlich zu »weißen« und »blauen« Modulen muss bzw. kann das EVU noch eigene Regelungen aufstellen und an die Mitarbeiter im Bahnbetrieb verteilen (s. Bild 3, S. 21).