

Claus Göbel · Klaus Lieberenz · Ulrike Weisemann (Hrsg.)

HANDBUCH Erdbauwerke der Bahnen

Planen · Bemessen · Bauen · Instandhalten · Ertüchtigen

3., überarbeitete und erweiterte Auflage



EDITION

Eurail
press



eBOOK
INSIDE
↓

HANDBUCH

Erdbauwerke der Bahnen

Planen · Bemessen · Bauen · Instandhalten · Ertüchtigen

3., überarbeitete und erweiterte Auflage

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. habil. Claus Göbel, Dresden

Prof. Dr.-Ing. Klaus Lieberenz, Dresden

Prof. Dr.-Ing. Ulrike Weisemann, Hochschule für Technik und Wirtschaft, Dresden

Autoren

Dipl.-Geol. Ralph Fischer, DB Netz AG, Frankfurt

Prof. Dr.-Ing. habil. Claus Göbel, Dresden

M.Sc. Steffen Großmann, Hochschule für Technik und Wirtschaft, Dresden

Prof. Dr.-Ing. Klaus Lieberenz, Dresden

Dipl.-Geol. Dr. Michael Molzahn, DB Netz AG, Hamburg

Dipl.-Ing., EURAIL-ING Andreas Schemmel, DB Netz AG, Magdeburg

Dr.-Ing. Dirk Wegener, GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH, Dresden

Prof. Dr.-Ing. Ulrike Weisemann, Hochschule für Technik und Wirtschaft, Dresden

EDITION

Eurail
press

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.de> abrufbar.

Verlag:	GRT Global Rail Academy and Media GmbH Werkstättenstraße 18 D-51379 Leverkusen
Office Hamburg:	Frankenstraße 29, D-20097 Hamburg Tel.: +49 (0) 40 228679 506 Fax: +49 (0) 40 228679 503 Web: www.pmcmedia.com E-Mail: office@pmcmedia.com
Geschäftsführer/ Publisher PMC Media:	Detlev K. Suchanek
Herstellungskoordination:	Dr. Bettina Guiot
Lektorat:	Alexandra Schöner
Vertrieb und Buchservice:	Sabine Braun
Umschlaggestaltung:	TZ-Verlag & Print GmbH, Roßdorf
Umschlagfoto:	Deutsche Bahn AG/Frank Kniestedt
Satz und Druck:	TZ-Verlag & Print GmbH, Roßdorf

© 2022 by PMC Media

3. Auflage 2022

ISBN 978-3-96245-244-5

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen jeder Art, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeisung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Trotz sorgfältiger Recherche war es leider nicht in allen Fällen möglich, die Urheber der Bilder zu ermitteln. Sollten ohne Absicht Bilder in unerwünschter Weise veröffentlicht worden sein, teilen Sie dies bitte dem Verlag mit.

Eine Publikation von


PMC Media
International Publishing

PMC Media ist die Verlagsmarke der
GRT Global Rail Academy and Media GmbH.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	16
Vorwort.....	21
1 Einführung	23
1.1 System Bahn.....	23
1.2 Geschichte des Erd- und Streckenbaus.....	24
1.3 Klimawandel und Grundsätze für nachhaltiges Bauen.....	34
2 Eisenbahntechnische Grundlagen	39
2.1 Schienenbahnen – Rad-Schiene-System	39
2.2 Begriffe.....	42
2.3 Querschnittsgestaltung	47
2.3.1 Grundsätze.....	47
2.3.2 Streckenquerschnitte.....	49
2.3.3 Bahnhofsquerschnitte.....	52
2.4 Beanspruchung des Unterbaus und der Erdbauwerke	54
2.4.1 Überblick	54
2.4.2 Statische Erfassung der Einwirkungen aus Eisenbahnverkehr durch Lastmodelle und Lastbilder	56
2.4.3 Quasistatische Erfassung der Einwirkungen aus dem Verkehr für das gleisnahe Tragsystem durch die Oberbauberechnung.....	69
2.4.4 Vertikalspannungen im Unterbau und Untergrund	76
2.4.5 Erfassung der dynamischen Einwirkungen aus dem Eisenbahnverkehr	84
2.5 Beanspruchung durch Witterungsfaktoren	88
2.5.1 Einführung	88
2.5.2 Einfluss des Frosts.....	89
2.5.3 Einfluss des Wassers	91
2.5.4 Einfluss von Hitze und Sonneneinstrahlung	94
2.5.5 Einfluss von Wind	95

3	Geotechnische Grundlagen	96
3.1	Geotechnische Untersuchungen	96
3.1.1	Ziel und Umfang geotechnischer Untersuchungen	96
3.1.2	Sachverständiger für Geotechnik und Geotechnische Berichte	98
3.1.3	Erkundungsverfahren	99
3.1.4	Georadarverfahren	103
3.2	Benennung, Beschreibung und Klassifizierung der Böden	110
3.2.1	Benennung und Beschreibung der Böden in situ	111
3.2.2	Klassifizierung der Böden	115
3.2.3	Quellfähige Böden	122
3.3	Zustandsbeschreibung.....	123
3.3.1	Dichte	124
3.3.2	Konsistenz	125
3.4	Scherfestigkeit	125
3.4.1	Scherversuche.....	125
3.4.2	Direktscherversuch	126
3.4.3	Einfluss von Porenwasserdrücken.....	127
3.5	Verformungsverhalten	129
3.5.1	Verformungsmoduln.....	129
3.5.2	Druckversuche.....	129
3.5.3	Plattendruckversuche	132
3.5.4	CBR-Versuch.....	137
3.6	Durchlässigkeit und Kapillarität	139
3.6.1	Durchlässigkeit	139
3.6.2	Kapillarität	140
3.7	Filterstabilität	142
3.8	Frostkriterien.....	145
3.8.1	Frostkriterium für Böden.....	145
3.8.2	Frostkriterium für Materialien der Schutzschichten.....	146

3.9	Verdichtung	148
3.9.1	Grundlagen.....	148
3.9.2	Verdichtungsgrad.....	148
3.9.3	Proctorversuch	149
3.9.4	Verdichtungskontrolle.....	150
3.10	Bodenorganismen und Bodenkontamination	152
3.11	Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels	154
3.11.1	Benennung von Fels	154
3.11.2	Beschreibung von Gestein	155
3.11.3	Beschreibung des Gebirges.....	158
3.12	Homogenbereiche nach VOB/C.....	159
4	BIM im Eisenbahnbau unter Beachtung geotechnischer Problemstellungen	163
4.1	Grundlagen	163
4.2	Begriffe.....	164
4.3	Auswirkungen der BIM-Methode auf die Baugrunderkundung.....	165
4.4	Fachmodell Baugrund	165
4.4.1	Das Fachmodell Baugrund im BIM-Kontext	165
4.4.2	Die Entwicklungsstufen des Fachmodells Baugrund	166
4.4.3	Anwendungsfälle	167
4.5	Rollenverteilung	169
4.6	Anwendungsbeispiele	170
4.6.1	Neubaustrecke (NBS) Wallauer Spange	170
4.6.2	Neubaustrecke (NBS) Dresden–Prag	171
5	Geokunststoffe.....	173
5.1	Einführung.....	173

5.2	Rohstoffe und Produkte	176
5.2.1	Rohstoffe	176
5.2.2	Produkte.....	178
5.3	Funktionen von Geokunststoffen	184
5.3.1	Trennen.....	184
5.3.2	Filtern	185
5.3.3	Dränen.....	186
5.3.4	Stabilisieren	186
5.3.5	Bewehren	187
5.3.6	Abdichten	188
5.3.7	Schützen	188
5.4	Anwendung von Geokunststoffen im Eisenbahnbau	189
5.4.1	Übersicht	189
5.4.2	Anwendung als Filterelement in Entwässerungsanlagen des Bahnkörpers (Anwendungsfall 3.3).....	189
5.4.3	Anwendung im gleisnahen Tragsystem	192
5.4.4	Anwendung als Bewehrungselement in Erdbauwerken (Anwendungsfälle 3.7 bis 3.9)	203
5.4.5	Anwendung als Abdichtungselement in Erdbauwerken	207
5.4.6	Anwendung als Schutzelement für Tondichtungs- und Kunststoffdichtungsbahnen (Anwendungsfall 3.13)	208
5.5	Qualitätssicherung.....	209
6	Bemessung geotechnischer Bauwerke	210
6.1	Grundlagen	210
6.2	Geotechnische Kategorien.....	211
6.3	Bemessung geotechnischer Bauwerke nach Eurocode 7 (EC 7)	213
6.3.1	Allgemeines	213
6.3.2	Grenzzustände und Bemessungssituationen.....	214
6.3.3	Einwirkungen, Beanspruchungen, Widerstände	215
6.3.4	Charakteristische und Bemessungswerte	216
6.3.5	Grenzzustände der Tragfähigkeit (ULS).....	220
6.3.6	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (SLS).....	222

6.4	Beobachtungsmethode.....	223
6.4.1	Anwendung der Beobachtungsmethode.....	223
6.4.2	Beispiel für die Anwendung der Beobachtungsmethode bei Abweichungen vom Regelwerk bzw. alternativen Ertüchtigungslösungen.....	224
6.4.3	Beispiel für die Anwendung der Beobachtungsmethode bei Ertüchtigung einer bestehenden Eisenbahnstrecke auf Kippengelände des Braunkohlebergbaus	226
6.5	Gebrauchstauglichkeit von geotechnischen Bauwerken	228
6.5.1	Gebrauchstauglichkeit von Erdbauwerken	228
6.5.2	Gebrauchstauglichkeit von Stützkonstruktionen	239
6.6	Tragfähigkeit von geotechnischen Bauwerken	241
6.6.1	Tragfähigkeit von Erdbauwerken	241
6.6.2	Tragfähigkeit von Stützkonstruktionen	242
6.7	Nachweis der dynamischen Stabilität	248
6.7.1	Dynamische Beanspruchung und Notwendigkeit eines Nachweises	248
6.7.2	Vereinfachte Bewertung der dynamischen Stabilität	249
6.7.3	Rechnerisches Untersuchungs- und Nachweisverfahren.....	254
6.7.4	Bodendynamische Kennwerte	255
6.7.5	Festlegen der repräsentativen Lastenzüge	262
6.7.6	Gleisdynamische Berechnungen	263
6.7.7	Bodendynamische Berechnungen	273
6.7.8	Nachweis der dynamischen Stabilität.....	277
6.8	Bewertung bestehender geotechnischer Bauwerke.....	280
6.8.1	Allgemeines	280
6.8.2	Bewertung nach der Richtlinie 836.....	281
6.8.3	Kategorisierung bestehender geotechnischer Bauwerke	283
6.8.4	Ergänzende Empfehlungen	286
6.9	Berechnungsbeispiele nach EC 7-1/DIN 1054:2021-04.....	287
6.9.1	Beispiel einer Setzungsberechnung.....	287
6.9.2	Berechnungsbeispiele für Erdbauwerke und Stützkonstruktionen.....	293
6.9.3	Berechnungsbeispiel für eine geogitterbewehrte Stützkonstruktion	295
6.9.4	Berechnungsbeispiel für eine Winkelstützmauer	313

7	Planung und Ausführung geotechnischer Bauwerke	324
7.1	Einführung.....	324
7.2	Planungsgrundsätze.....	328
7.2.1	Konstruktionsgrundsätze	328
7.2.2	Neubaustrecken	330
7.2.3	Bestehende Eisenbahnstrecken	334
7.3	Querneigung von Planien	338
7.4	Vorbereitung der Oberfläche Untergrund	338
7.5	Regelanforderungen an die Schutzschicht und den Unterbau/Untergrund	339
7.5.1	Abzusichernder Tragbereich.....	339
7.5.2	Regelanforderungen an die Dichte	340
7.5.3	Regelanforderungen an die Verformungsmoduln	341
7.5.4	Bodenbehandlung mit Bindemitteln	346
7.5.5	Erdbaukonzepte	349
7.5.6	Randwege	352
7.6	Eisenbahndämme	352
7.6.1	Dammschüttstoffe	352
7.6.2	Damböschungen	355
7.6.3	Einbau und Verdichtung	356
7.7	Eisenbahnanschnitte	359
7.8	Eisenbahneinschnitte	359
7.8.1	Einschnitte im Lockergestein.....	359
7.8.2	Einschnitte im Festgestein.....	362
7.9	Sicherungsmaßnahmen an Böschungen.....	367
7.9.1	Bautechnische Sicherungsmaßnahmen an Lockergesteinsböschungen.....	367
7.9.2	Biologische Sicherungsmaßnahmen an Lockergesteinsböschungen.....	369
7.9.3	Uferschutz an Lockergesteinsböschungen.....	375
7.9.4	Sicherungsmaßnahmen an Felsböschungen	378
7.10	Übergänge zwischen Erd- und Kunstbauwerken.....	388
7.10.1	Problemstellung	388
7.10.2	Ausbildung der Übergänge	389

7.11	Einbauten und ergänzende Anlagen.....	393
7.11.1	Arten.....	393
7.11.2	Kabeltrassen.....	394
7.11.3	Absturzsicherungen	398
7.11.4	Zuwegungen.....	399
7.12	Qualitätssicherung.....	399
7.12.1	Dichte und Verformungsmoduln	399
7.12.2	Einbaugeometrie.....	405
7.13	Ausblick Digitales Bauen.....	406
8	Schutzschichten.....	410
8.1	Funktion und Ausbildung von Schutzschichten.....	410
8.2	Entscheidung für eine Planumsverbesserung.....	411
8.3	Lage und Dimensionierung von Schutzschichten.....	416
8.3.1	Anordnung und Auswahl der Korngemische	416
8.3.2	Bestimmung der Dicke von Schutzschichten	419
8.4	Schutzschichtmaterialien	431
8.4.1	Gesteinskörnungen.....	431
8.4.2	Korngemische	431
8.4.3	Gütesicherung	440
8.4.4	Filter- und Trennstabilität	441
8.5	Schutzschichten mit Zusatzmaßnahmen	444
8.5.1	Geokunststoffe	444
8.5.2	Bodenbehandlung mit Bindemitteln unter Schutzschichten.....	446
8.5.3	Mechanische Bodenverbesserung	452
8.5.4	Bodenaustausch.....	453
8.5.5	Abdichtungsmaßnahmen in Wasserschutzgebieten	453
8.6	Einbau von Schutzschichten.....	460
8.6.1	Gleisloser und gleisgebundener Einbau.....	460
8.6.2	Qualitätssicherung	463

9	Entwässerung des Bahnkörpers	466
9.1	Aufgabe und Notwendigkeit.....	466
9.2	Wasser im Boden.....	466
9.2.1	Erscheinungsformen des Wassers	466
9.2.2	Entwässerbarkeit der Böden	468
9.3	Grundsätze der Entwässerung.....	470
9.3.1	Naturnahe Entwässerung.....	470
9.3.2	Rechtliche Einordnung und Regelwerke	471
9.4	Ableitung des Oberflächenwassers	475
9.4.1	Schutzschicht und Planum	475
9.4.2	Bahngräben.....	476
9.4.3	Mittenentwässerung.....	479
9.5	Tiefenentwässerungen	480
9.5.1	Aufgaben und Anordnung.....	480
9.5.2	Sickerrohrleitungen	482
9.5.3	Filter	486
9.5.4	Schächte	495
9.5.5	Sammelleitungen	498
9.5.6	Kunststoffrohre	499
9.6	Versickerung und Versickerungsanlagen.....	501
9.7	Kombinierte Entwässerung	504
9.8	Sonstige Entwässerungselemente.....	506
9.9	Vorflut	507
9.9.1	Grundsätze.....	507
9.9.2	Vorflutanlagen	508
9.10	Entwässerung sonstiger Bahnanlagen	509
9.10.1	Gleis- und Weichenanlagen von Bahnhöfen	509
9.10.2	Bahnsteige und Bahnübergänge.....	512
9.10.3	Böschungen	514

9.11	Instandhaltung von Entwässerungsanlagen	518
9.11.1	Dokumentation der Anlagen.....	518
9.11.2	Instandhaltungsdurchführung.....	518
9.12	Hydraulische Bemessung	519
9.12.1	Klimawandel	521
9.12.2	Berechnungswassermenge.....	523
9.12.3	Bahngrabenquerschnitt.....	527
9.12.4	Rohrleitungen	529
10	Querungen	530
10.1	Grundsätze und Einführung	530
10.1.1	Überblick	530
10.1.2	Definitionen und Regelwerke.....	531
10.1.3	Bemessung	532
10.1.4	Übersicht der Herstellverfahren	534
10.1.5	Planungsgrundlagen	537
10.2	Querungen in offener Bauweise.....	542
10.2.1	Rahmenartige und Gewölbedurchlässe.....	542
10.2.2	Rohre.....	544
10.2.3	Wellstahlrohre	545
10.2.4	Kabelquerungen	546
10.3	Querungen in grabenloser Bauweise.....	548
10.3.1	Übersicht und Randbedingungen.....	548
10.3.2	Rohrvortriebsverfahren.....	549
10.3.3	Spülbohrverfahren	553
10.3.4	Vorpressungen mit Fertigteilen	554
10.4	Ertüchtigungsverfahren bei Bestandsleitungen mit Randbedingungen	554
10.5	Setzungen, Überwachung und Gleismonitoring	558
11	Stützkonstruktionen	561
11.1	Einführung.....	561
11.2	Massive Stützkonstruktionen.....	562

11.3	Wandartige Stützkonstruktionen	563
11.4	Flexible Stützkonstruktionen.....	566
11.4.1	Gestaltung, Wirkungsweise, Anwendung und Einteilung	566
11.4.2	Gabionenwände	568
11.4.3	Raumgitterwände	569
11.4.4	Geogitterbewehrte Stützkonstruktionen	570
11.4.5	Bewehrte-Erde-Stützkonstruktionen	573
11.5	Konstruktive Böschungssicherungen.....	575
11.5.1	Gestaltung, Wirkungsweise, Anwendung und Einteilung	575
11.5.2	Stützscheiben	577
11.5.3	Verankerungen (Rückverhängungen)	578
11.5.4	Böschungsvernagelungen.....	579
11.5.5	Bodenvernagelung (vernagelte Bodenkörper).....	580
11.6	Randwegkonstruktionen	580
11.6.1	Gestaltung, Wirkungsweise, Anwendung und Einteilung	580
11.6.2	Pfosten mit Ausfachungen als Randwegkonstruktionen	582
11.6.3	Geogitterbewehrte Stützkörper als Randwegkonstruktionen	584
11.7	Temporäre Gleissicherungen	584
11.7.1	Gestaltung, Wirkungsweise und Anwendung	584
11.7.2	Sicherungsbereiche	585
11.7.3	Einteilung der temporären Gleissicherungen.....	586
12	Ertüchtigung der Fahrweggründung und der Erdbauwerke.....	590
12.1	Ertüchtigungskonzepte	590
12.2	Notwendigkeit der Ertüchtigung	594
12.3	Einteilung der Ertüchtigungsverfahren der Fahrweggründung	596
12.3.1	Einteilung der Ertüchtigungsverfahren nach <i>Ril 836 (2022)</i>	596
12.3.2	Sohlbewehrung in Dämmen auf wenig tragfähigem Untergrund	603
12.4	Bodenaustauschverfahren	604
12.4.1	Üblicher Bodenaustausch	604
12.4.2	Bodenaustausch mit einem Vorschubgerät	605

12.4.3	Bodenaustausch mit Rüttelkästen und Stahlrohren	608
12.4.4	Bodenaustausch im Dammfußbereich (Reibungsfüße).....	611
12.5	Mechanische und hydraulische Bodenverbesserung.....	612
12.5.1	Wirkungsweise und Überblick über die Bodenverbesserungsverfahren	612
12.5.2	Tiefenverdichtung, Rütteldruckverdichtung.....	613
12.5.3	Mineralstoffsäulen, Rüttelstopfsäulen	615
12.5.4	Vertikaldränagen und Konsolidierungsverfahren	626
12.5.5	Dynamische Intensivverdichtung	636
12.6	Tiefreichende Bodenstabilisierungen	638
12.6.1	Überblick über die Bodenstabilisierungsverfahren	638
12.6.2	Fräs-Misch-Injektions-Verfahren	639
12.7	Verpfählungen.....	646
12.7.1	Anwendung und Wirkungsweise.....	646
12.7.2	Stabilisierungssäulen.....	646
12.7.3	Geokunststoffummantelte Säulen	652
12.8	Geokunststoffbewehrte Erdkörper auf punkt- oder linienförmigen Traggliedern	657
12.8.1	Tragverhalten	657
12.8.2	Begriffe	657
12.8.3	Wirkungsweise	659
12.8.4	Entwurf und Konstruktion des geogitterbewehrten Erdkörpers.....	660
12.8.5	Berechnung und Bemessung.....	661
12.8.6	Bauausführung	661
12.8.7	System mit tiefliegender Bewehrung	662
12.8.8	System mit hochliegender Bewehrung	662
12.8.9	Berechnungsbeispiel für geokunststoffbewehrte Erdkörper auf Fertigmörtel- Stopfsäulen	663
12.8.10	Anwendungsbeispiel	665
12.9	Stahlbetonplatten auf Pfählen.....	667
12.9.1	Wirkungsweise und Tragverhalten.....	667
12.9.2	Bemessung und Nachweise	668
12.10	Ertüchtigung der Erdbauwerke	669
12.10.1	Notwendigkeit der Ertüchtigung.....	669
12.10.2	Schäden an Lockergesteinsböschungen.....	670

12.10.3	Sanierung von Böschungsschäden.....	672
12.10.4	Dammverbreiterungen	673
12.10.5	Einschnittserweiterungen	677
12.11	Monitoring.....	681
12.11.1	Grundlagen.....	681
12.11.2	Messverfahren	682
12.11.3	Anwendungsbeispiele	683
13	Instandhaltung	688
13.1	Grundlagen	688
13.2	Instandhaltungskonzept.....	690
13.3	Bauwerksklassen der Erdbauwerke und sonstigen geotechnischen Bauwerke.....	696
13.4	Durchführen von Inspektionen.....	700
13.5	Wartung und Instandsetzung	703
13.5.1	Gleisunterbau und -untergrund	703
13.5.2	Entwässerungsanlagen	706
13.5.3	Erdbauwerke (Dämme/Einschnitte)	708
13.5.4	Sonstige geotechnische Bauwerke (Durchlässe, Stützbauwerke, Schutzwände)...	711
13.6	Digitalisierung der Instandhaltung	714
13.7	Instandsetzung/Erneuerung.....	714
	Das Autorenteam.....	717
	Quellenverzeichnis	720
	Stichwortverzeichnis.....	746
	Inserentenverzeichnis	758

Abkürzungsverzeichnis

ABS	Ausbaustrecke
AIA	Auftraggeberinformationsanforderungen
ALV	Anlagenverantwortlicher
ATV	Allgemeine technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen
BAP	BIM-Abwicklungsplan
BezL	Bezirksleiter
BezL Fb	Bezirksleiter Fahrbahn
BIM	Bauwerksinformationsmodellierung (Building Information Modeling)
BM	Bodenmaterial
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMS	Bodenmischsäule
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BRS	Betonrüttelsäule
BS-A	Außergewöhnliche Bemessungssituation
BS-P	Gebrauchszustand
BSS	Beton-Stopfsäule
BÜB	Bauüberwachung
BW-Kl.	Bauwerksklasse
CBR-Versuch	Californian Bearing Ratio
CDE	Common Data Environment
CPT	Drucksondierung (Cone Penetration Test)
CSV	Coplan-Stabilisierungs-Verfahren (Combined Soil Stabilisation with Vertical Columns)
CU-Versuch	Undränkter Scherversuch
D-Versuch	Dränkter Scherversuch
DB AG	Deutsche Bahn AG
DGGT	Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V.
DGM	Digitales Geländemodell
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
DP	Rammsondierung (Dynamic Probing)
DN	Nenndurchmesser
DYNIV	Dynamische Intensivverdichtung
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EBA-PSV	EBA-Prüfsachverständiger

Ebw.	Erdbauwerk
EN	Eignungsnachweis
ERA	Europäische Eisenbahnagentur (European Railway Agency, jetzt: European Union Agency for Railways)
EWKI	Entwässerungsklasse
Fb	Fachbeauftragter
FB TuE	Fachbeauftragter für Tunnel- und Erdbauwerke
FBS	Fertigbeton-Stopfsäule
FDP	Vollverdrängerpfahl (Full Displacement Pile)
FDVK	Flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle
FE-Berechnung	Finite-Elemente-Berechnung
FEM	Finite-Elemente-Methode
FF	Feste Fahrbahn
FMI-Verfahren	Fräs-Misch-Injektions-Verfahren
FSS	Fertigmörtel-Stopfsäule
FSS	Frostschuttschicht
FÜ	Fremdüberwachung(s-Prüfungen)
GBR-C	Geosynthetische Tondichtungsbahn
GBR-P	Kunststoffdichtungsbahn
GEC	Geokunststoffummantelte Säulen (Geotextile Encased Columns)
GEO-2	Grenzzustände des Bodens, bei denen das Nachweisverfahren 2 angewendet wird
GES	Grafisches Entscheidungssystem
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
GGR	Geogitter
GK	Geotechnische Kategorie
GLEW	Gleisentwässerung
GOK	Geländeoberkante
GP	Geotextile Verbundstoffe
GRK	Geotextilrobustheitsklasse
GSY	Geokunststoffe
GTD	Geosynthetische Tondichtungsbahn
GTX-NW	Geovliesstoff
GTX-W	Geogewebe
GW	Grundwasser
HDD	Horizontal Directional Drilling
Hg	Höchstgeschwindigkeit

HGT	Hydraulisch gebundene Tragschicht
HOS	Hochofenschlacke
HPQ	Herstellerbezogene Produktqualifikation
HSS	Hydraulisch gebundene Stopfsäule
HZ-Verfahren	Hydro-Zementations-Verfahren
IBV	Inbetriebnahmeverantwortlicher
IFC	Datenstandard „Industrial Foundation Classes“
IIS	Integriertes Inspektionssystem
IPBES	Weltbiodiversitätsrat (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services)
KDB	Kunststoffdichtungsbahn
KG	Korngemisch
KIB	Konstruktiver Ingenieurbau
KKS	Kathodischer Korrosionsschutz
KTS	Kiestragschicht
LFG	Leichtes Fallgewichtsgerät
LP	Teilsickerrohr (Locally Perforated Pipe), auch TS
MDV	Vom Hersteller angegebener Wert (Manufacturer's Declared Value)
MHGW	Mittlerer höchster Grundwasserstand
MIP	Mixed-In-Place
MKS	Mehrkanalschreiber
MP	Mehrzweckrohr (Multipurpose Pipe), auch MZ
MVS	Mechanisch verbesserte Schicht
NA	Nationaler Anhang (einer Norm)
NMS	Nassmörtelsäule
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
OFTS	Oberfläche Tragschicht
OFU	Oberfläche Untergrund
OK	Oberkante
ORE	Forschungs- und Versuchsanstalt des Internationalen Eisenbahnverbands UIC
ORS	Ortbetonrüttelsäule
OSS	Ortbetonstopfsäule
PA	Polyamid
PE	Polyethylen

PE HD	Polyethylen HD
PE LD	Polyethylen LD
PES	Polyester
PET	Polyester
PI	Planum
Plv	Planumsverbesserung
PP	Polypropylen
PSI	Polysuccinimid-Granulat
PSS	Planumsschutzschicht
PVA	Polyvinylalkohol
QBV	Qualifizierte Bodenverbesserung
RBS	Rüttel-Betonsäule
RC-Stoffe	Recycling-Stoffe
RDG	Radar Detectible Geotextiles
RDV	Rütteldruckverfahren
ROB-Pfahl	Rüttel-Ortbeton-Pfahl
RSB-Säule	Rüttel-Stopfbeton-Säule
RSL	Radsatzlast
RSS	Rüttelstopfsäule
RSV	Rüttelstopfverfahren
RSVv-Säule	Rüttelstopfverdichtungssäule
S-CPT	Seismische Drucksondierung (Seismic Cone Penetration Test)
SchO	Schotteroberbau
SDR	Standard Dimension Ratio
SDV	Lieferantentypischer Siebdurchgang
SE	Streckeneinstufung
SfM	Schicht aus frostunempfindlichem Material
SFS	Schnellfahrstrecke
SGV	Schienengüterverkehr
SLS	Grenzzustand/Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (Serviceability Limit State)
SO	Schienenoberkante
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SRI	Starkregenindex
SSW	Schallschutzwand
StbW	Stützbauwerke

STR	Grenzzustand des Versagens oder sehr großer Verformungen des Tragwerks oder seiner Einzelteile, einschließlich der Fundamente, Pfähle, Kellerwände usw. nach DIN 1054:2021-04
STS	Schottertragschicht
SwOK	Schwellenoberkante
SwUK	Schwellenunterkante
SWS	Stahlwerksschlacke
TE	Tiefenentwässerung
TiP	Tight in Pipe
TMS	Trockenmörtelsäule
ToB	Tragschichten ohne Bindemittel
TP	Vollsickerrohr (Totally Perforated Pipe), auch VS
TS	Tragschicht
TSI	Technische Spezifikationen für die Interoperabilität
UBA	Umweltbundesamt
UIC	Internationaler Eisenbahnverband (Union Internationale des Chemins de fer)
UiG	Unternehmensinterne Genehmigung (Deutsche Bahn AG)
UK	Unterkante
UKF	Unterkante Fundament
ULS	Grenzzustand/Nachweis der Tragfähigkeit (Ultimate Limit State)
UU-Versuch	Undränkter Scherversuch
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
VSS	Vermörtelte Stopfsäule
VVS	Vollverdrängungsbohrschnecke
VzG	Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten der Deutschen Bahn
WPK	Werkseigene Produktionskontrolle
ZiE	Zulassung im Einzelfall (Eisenbahn-Bundesamt)
ZV	Zertrümmerungsversuch gemäß DBS 918 062
Zw	Zwischenlage
Zwp	Zwischenplatte

Vorwort

Etwa mit den 1970-Jahren begann eine kontinuierliche Auseinandersetzung mit den Problemen des Eisenbahnunterbaus, insbesondere mit der Tragfähigkeit des Systems Oberbau – Unterbau – Untergrund sowie der Entwässerung des Bahnkörpers mit dem Ziel, eine ständig ausreichende Qualität des Gleises zu sichern. In der Folge wurden beim Neubau, dem Ausbau oder der Ertüchtigung und Instandhaltung unserer Eisenbahnstrecken zunehmend die aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse der Geotechnik und des Erdbaus berücksichtigt. Diese Entwicklung spiegelte sich auch im Schrifttum mit den Fachbüchern „Eisenbahnunterbau“ (Göbel/Richter, 1988), „Der Eisenbahnunterbau“ (Göbel/Lieberenz/Richter, 1996) sowie dem Handbuch „Erdbauwerke der Bahnen“ (Göbel/Lieberenz, 2004, 2013) wider.

In den vergangenen zehn Jahren sind auf diesem Fachgebiet ein großer Wissenszuwachs und neue Entwicklungen eingetreten, deren Berücksichtigung eine gründliche inhaltliche Überarbeitung und wesentliche Erweiterung des bisherigen Umfangs erforderten. Dies betrifft insbesondere die

- Neuaufnahme der Kapitel „BIM im Eisenbahnbau unter Beachtung geotechnischer Problemstellungen“, „Geokunststoffe im Eisenbahnbau“ und „Querungen“
- Erweiterung des Kapitels „Stützkonstruktionen“ und die Neuaufnahme des Berechnungsbeispiels „Winkelstützmauer“ mit vergleichenden numerischen Berechnungen
- Neustrukturierung und Erweiterung des Kapitels „Ertüchtigung der Fahrweggründung und der Erdbauwerke“
- Erweiterung des Kapitels „Instandhaltung“ mit vertiefenden Inhalten zur Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung
- Aufnahme aktueller Grundsätze zum Klima- und Umweltschutz sowie zur Nachhaltigkeit im Eisenbahnbau
- differenzierte Bewertung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit bestehender Erdbauwerke
- Neuaufnahme von Ausführungsbeispielen zur Ertüchtigung bestehender Eisenbahnstrecken für höhere Fahrgeschwindigkeiten und/oder Achslasten

Entsprechend ist das Bearbeitungsteam um drei neue Fachautoren und Frau Prof. Dr.-Ing. Ulrike Weisemann als Herausgeberin erweitert worden.

Die wichtigste Vorschrift für die Erdbauwerke der Eisenbahn ist die Richtlinie 836 der DB Netz AG „Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten“. Diese Richtlinie erschien mit ihrer 8. Aktualisierung 2022 in einer Zusammenstellung aller Richtlinien neu als „Handbuch 83601“, in dem es die bisherigen Modulbezeichnungen nicht mehr gibt. Das vorliegende Werk berücksichtigt bereits die aktuelle Fassung dieses Handbuchs. Auch andere Richtlinien der DB Netz AG wurden bereits oder werden zukünftig als Handbuch herausgegeben. Deswegen wird in diesem Übergangsprozess in der gesamten 3. Auflage noch einheitlich die Bezeichnung „Ril“ verwendet.

An der Bearbeitung der 3. Auflage des Handbuchs „Erdbauwerke der Bahnen“ waren ausgewiesene Fachleute sowohl des Eisenbahnbaus als auch der Geotechnik beteiligt. Dadurch konnte – ausgehend von den eisenbahntechnischen und geotechnischen Grundlagen sowie ihrer gegenseitigen Durchdringung und Beeinflussung – eine ganzheitliche Betrachtung des Tragsystems Oberbau – Unterbau – Untergrund unter den Einwirkungen der Verkehrsbelastung erreicht werden. Sowohl die Ergebnisse umfangreicher Messungen, insbesondere während der Ertüchtigung bestehender Eisenbahnstrecken für höhere Fahrgeschwindigkeiten und/oder Achslasten, als auch vergleichende numerische Berechnungen führten zu neuen theoretischen Erkenntnissen und praktischen Erfahrungen, vor allem bezüglich der dynamischen Stabilität des Tragsystems. Ferner konnte durch die konsequente Anwendung der Beobachtungsmethode, eine differenzierte Bewertung der Tragfähig-

keit und Gebrauchstauglichkeit bestehender geotechnischer Bauwerke sowie durch den Einsatz gleisnaher Lösungen eine wesentliche Verringerung des bautechnischen Aufwands im Eisenbahnbau erzielt werden. Diese wirtschaftlich relevante Entwicklung wird durch mehrere neu in das Buch aufgenommene Ausführungsbeispiele der Ertüchtigung bestehender Eisenbahnstrecken belegt.

Der Klimawandel und die globale Erwärmung der Erdatmosphäre stellen mit ihren Folgen unzweifelhaft eine der größten Bedrohungen der Menschheit dar. Zur Lösung der damit verbundenen Probleme müssen alle Bereiche der Gesellschaft und der Wirtschaft einen Beitrag leisten, nicht zuletzt das Verkehrswesen. Die Deutsche Bahn AG nimmt mit der Konzernstrategie „Starke Schiene“ und der „Grünen Transformation“ mit den Handlungsfeldern Klimaschutz, Naturschutz, Ressourcenschutz, Lärmschutz und soziale Verantwortung ihre Aufgaben als größter Verkehrsdienstleister immer stärker wahr. Das vorliegende Werk will diesen Prozess fördern und einen Beitrag zur Nachhaltigkeit des Bauens und Fahrens auf unseren Eisenbahnstrecken leisten. Insofern ziehen sich Anforderungen und Hinweise an den Klima- und Umweltschutz sowie die Nachhaltigkeit im Eisenbahnbau durch das gesamte Buch.

Auch der ständig zunehmenden Bedeutung der Digitalisierung mit BIM im Planungsprozess wird in diesem Buch Rechnung getragen. Das neu aufgenommene Kapitel 4 stellt dabei nicht nur die aktuelle Entwicklung auf diesem Gebiet dar, sondern zeigt auch durch Ausführungsbeispiele die unmittelbare Anwendung von BIM bei geotechnischen Fragestellungen in der Eisenbahnpraxis.

Wir wenden uns mit diesem Handbuch vorrangig an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Bahnen und alle in der Planung und Ausführung geotechnischer Bauwerke der Eisenbahn tätigen Fachkolleginnen und Fachkollegen. Aber auch für Studierende und in der Weiterbildung Tätige soll unser Handbuch als praxisorientierte Handlungsempfehlung und Nachschlagewerk eine wertvolle Hilfe sein.

Zur besseren Lesbarkeit wird in diesem Buch auf eine ständige gleichzeitige Verwendung weiblicher und männlicher Sprachformen verzichtet und nachfolgend nur das generische Maskulinum verwendet. Damit sind aber alle Geschlechter gleichermaßen gemeint.

Trotz intensiver Recherchen und größter Sorgfalt bei der Manuskriptbearbeitung sind inhaltliche Fehler nicht gänzlich auszuschließen. Die Autoren und der Verlag können dafür keine Haftung übernehmen. Falls Fehler gefunden werden, bitten wir um eine Information. Auch für kritische Hinweise und Anregungen zur Verbesserung des Buchinhalts wären wir dankbar.

Die Arbeit von acht Autoren und Herausgebern an einem Buch stellte eine logistische und organisatorische Herausforderung dar. Wir bedanken uns deshalb vor allem bei den Autoren für ihre Mitarbeit, aber auch bei der DB Netz AG für wichtige Informationen zum aktuellen Stand der Vorschriften. Für die kritische Durchsicht und Zuarbeit bei ausgewählten neuen Inhalten danken wir auch den Herren M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Silvio Klügel (Kapitel 1 und 9), Dr.-Ing. Jörg Bauer (Kapitel 4), Dr.-Ing. Lars Vollmert (Kapitel 5), Dr.-Ing. Michael Arnold (Kapitel 6), Dipl.-Ing. Georg Padberg (Kapitel 10) sowie Prof. Dr. Thomas Neidhart und Dipl.-Ing. Thomas Weber (Kapitel 12).

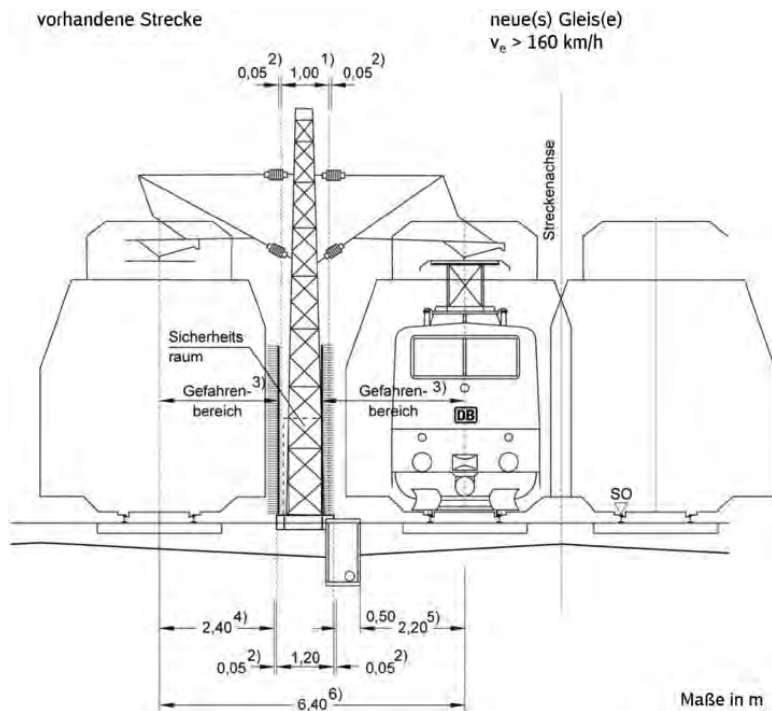
Der GEPRO Ingenieurgesellschaft für Geotechnik, Verkehrs- und Tiefbau und Umweltschutz mbh gebührt unser besonderer Dank für die Hilfe bei der zeichnerischen Fertigung der Abbildungen sowie für vielfältige fachliche Anregungen und Unterstützungen. Dem Verlag danken wir für die jederzeit angenehme und verständnisvolle Zusammenarbeit, insbesondere Frau Alexandra Schöner für die lektorale Betreuung des Buchs.

Dresden, im Juni 2022

Ulrike Weisemann

Claus Göbel

Klaus Lieberenz



1) Breite der Nachspann-Vorrichtung

2) Einbautoleranz für Maste

3) 2,50 m bei $v_e \leq 160$ km/h, 3,0 m bei $v_e > 160$ km/h

4) 2,75 m bei voller Überhöhung mit Neigung zum Mast, einschließlich 0,5 m für die Tiefenentwässerung

5) Arbeitsbereich der Bettungs-Reinigungsmaschine

6) Der Gleisabstand von 6,40 m gilt auch in überhöhten Gleisabschnitten, wenn die Tiefenentwässerung zwischen der nicht überhöhten Schiene (Bogeninnenseite) und dem Mastfundament angeordnet wird.

Bei $v_e > 160$ km/h auf der vorhandenen Strecke muss der Gleisabstand 6,80 m betragen, weil dann die Gefahrenbereiche mit jeweils 3,00 m zuzüglich des Sicherheitsraums mit 0,80 m maßgebend werden.

Abb. 2.16: Fernbahngleise neben vorhandener Strecke; Umbau der vorhandenen Oberleitung mit Stahlmasten (ohne Überhöhung) gemäß RIL 800.0130 (2018)

2.4 Beanspruchung des Unterbaus und der Erdbauwerke

2.4.1 Überblick

Schienenverkehrswege sind linienförmige Bauwerke, die durch statische und dynamische Belastungen aus dem Zugverkehr sowie durch Witterungseinflüsse wie Regen, Schnee, Frost und Sonneneinstrahlung hoch beansprucht werden.

Die Lasten aus dem Zugverkehr werden von den Fahrzeugen über die Schienen, die als Lauf- fläche und zur Spurführung dienen, in die Fahrbahn eingetragen. Die aus dem Tragen, Föhren und Bewegen zwischen Rad und Schiene sowie aus Temperatur entstehenden Vertikal- sowie horizontalen Quer- und Längskräfte (Abb. 2.1) müssen vom Oberbau, Unterbau und Untergrund schadlos aufgenommen und abgetragen werden, um eine jederzeit sichere Betriebsführung mit hohem Komfort zu gewährleisten. Der Oberbau aus Gleisrost und Bettung

bzw. Tragplatte sichert dabei durch eine entsprechende Rahmensteifigkeit sowie durch seine Durchschub-, Längs- und Querverschiebewiderstände vorrangig die Aufnahme von Quer- und Längskräften.

Die Vertikalkräfte hingegen erzeugen Spannungen, die in das Tragsystem Bettung/Tragplatte – Unterbau – Untergrund eingetragen und in ihm schadlos abgetragen werden müssen (Kapitel 2.4.4).

Das Tragsystem ist außerdem so zu bemessen, dass die infolge der Verkehrslasten entstehenden elastischen und plastischen Formänderungen bestimmte vorgegebene Grenzwerte nicht überschreiten (Kapitel 6). Für Schienenverkehrswege ist dabei zu beachten, dass

- die Einwirkungen stark schwanken und von den verkehrenden Zügen, vom Oberbauzustand, der Geschwindigkeit und von der Witterung abhängig sind sowie
- die Festigkeiten der Baustoffe für das Gleis zwar relativ konstant sind, aber die der Bettung, des Unterbaus und des Untergrunds infolge des inhomogenen Baugrunds, der schwankenden hydrologischen Verhältnisse und der spannungs- und dehnungsabhängigen mechanischen Eigenschaften der Korngemische zeitlichen und örtlichen Veränderungen unterliegen.

Unter der vertikalen Radkraft Q bzw. der Radsatzkraft $P = 2 \cdot Q$ erfährt die Schiene bzw. das Gleis eine elastische Verformung („Einfederung“). Diese bewirkt im Zusammenhang mit der Biegesteifigkeit der Schiene als elastisch gelagerter Träger eine Übertragung der Radkraft auf mehrere Schwellen (Lastverteilung) und eine Verminderung der Stützpunktkraft und der Schotterterpressung (Abb. 2.17). Die Einfederung darf allerdings nicht zu groß sein, um die zulässigen Biegespannungen in der Schiene nicht zu überschreiten.

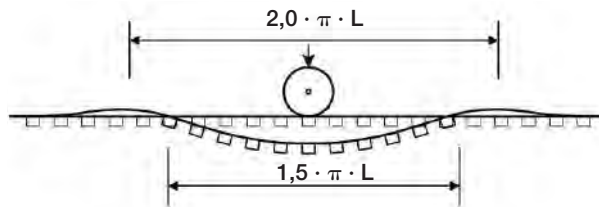


Abb. 2.17: Darstellung der lastverteilenden Wirkung durch die elastische Einsenkung des Gleisrosts

Als Feder- und Dämpfungselement wirkt im klassischen Schottergleis (ohne elastische Elemente) vor allem die Bettung im Zusammenhang mit dem Unterbau und Untergrund. Das Verformungsverhalten der Schichten unter den Schwellen kann durch den Bettungsmodul C beschrieben werden (Kapitel 2.4.3).

Beim schotterlosen Oberbau (FF) wird das Gleis auf einen wesentlich steiferen, setzungs- und verformungsarmen Unterbau mit gebundenen Tragplatten und Tragschichten gegründet, so dass hochelastische Elemente als Feder- und Dämpfungselement unter der Schiene bzw. unter der Schwelle notwendig werden.

Aber auch auf Aus- und Neubautrecken mit Schotteroberbau ist zu beachten, dass der Unterbau aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen (Kapitel 7) relativ setzungs- und verformungsarm hergestellt wird und die Gefahr der Schotterüberbeanspruchung besteht, wenn nicht zusätzliche elastische Elemente angeordnet werden.

Für die Benennung von Fels werden in Tab. 3.16 wertvolle Hinweise für die am häufigsten vorkommenden Gesteinsarten gegeben.

Sedimentgestein							
Korngröße	silikatisch	biogen		vulkanisch	kohlenstoff- haltig	Evaporite	
		kaum porös	porös				
> 20 mm	Brekzie- Konglomerat	Kalkstein oder Dolomit	Kalkrudit	vulkanisches Brekzie- Agglomerat		Halit Anhydrit Gips Travertin	
6,3–20 mm							
2–6,3 mm							
0,63–2 mm	Sandstein Grauwacke		Kalkarenit	Tuff			
0,2–0,63 mm							
63–200 µm							
2–63 µm	Siltstein		Kalksiltstein Kreide	feiner Tuff	Kohle Lignit		
< 2 µm	Tonstein, Pelit		Kalklutit	sehr feiner Tuff			
Magmatite				Metamorphite			
Korngröße	hellfarben (säurehaltig)	wechselnd hell- bis dunkelfarben	dunkelfarben (basisch)	geschiefert	sonstige		
grob > 5 mm	Granit	Diorit	Gabbro	Gneis	Marmor		
mittel 1–5 mm	Mikro-Granit	Mikro-Diorit	Dolerit	Schiefer	Quarzit		
fein 0,5–1 mm	Rhyolith	Andesit	Basalt	Tonschiefer	Hornfels		
krypto-kristallin < 0,5 mm		vulkanisches Glas/Obsidian					

Tab. 3.16: Leitfaden zum Benennen von Fels (Tabelle A.1 aus DIN EN ISO 14689:2018-05)

3.11.2 Beschreibung von Gestein

Für die Beschreibung des Gesteins sind die Klassifikationsmerkmale

- Farbe,
- Korngröße,
- einaxiale Druckfestigkeit,
- Verwitterung und Veränderung,
- Kalkgehalt und
- Zerfall

heranzuziehen.

Farbe: Die Beschreibung der Farbe eines Gesteins kann mithilfe der Kategorien Helligkeit, Sättigung und Farbton an frischen Gesteinsbruchflächen nach Tab. 3.17 erfolgen. In der Regel ist damit eine aussagekräftige Beschreibung der Gesteinsfarbe möglich. Um den subjektiven Einfluss zu minimieren, sollte zusätzlich eine Farbtabelle verwendet werden. Falls erforderlich, können noch Bezeichnungen wie gefleckt, gesprenkelt oder meliert hinzugenommen werden.

dritte Beschreibung (Helligkeit)	zweite Beschreibung (Sättigung)	erste Beschreibung (Farbton)
hell – dunkel	rötlich	rot
	blassrosa	rosa
	blassorange	orange
	gelblich	gelb
	bräunlich	cremeweiß
	grünlich	braun
	bläulich	grün
	gräulich	blau
		weiß
		grau
		schwarz

Tab. 3.17: Bezeichnungen für die Beschreibung von Helligkeit, Sättigung und Farbton (Tabelle 1 aus DIN EN ISO 14689:2018-05)

Korngröße: Die Angaben zur Korngröße beziehen sich auf die durchschnittliche Größe der im Gestein vorherrschenden Kristalle, Minerale und Felsfragmente. Diese Größen können mit dem Schema in Tab. 3.16 bestimmt werden. Auch für die Beschreibung der mineralogischen Zusammensetzung (Gesteinsmatrix) kann Tab. 3.16 verwendet werden. Im Allgemeinen ist es ausreichend, die Korngröße mit dem Auge abzuschätzen, gegebenenfalls unterstützt durch eine Handlupe.

Einaxiale Druckfestigkeit: Die Ermittlung der einaxialen Druckfestigkeit erfolgt an entnommenen Bohrkernen und anderen Gesteinsproben im Labor mit den in DIN 18141:2014-05 angegebenen Verfahren. Dabei sind Proben mit einer Druckfestigkeit von < 0,6 MPa als Boden zu klassifizieren. Eine Abschätzung der Druckfestigkeit von Gesteinen im Gelände kann nach Tab. 3.18 vorgenommen werden.

6.7.2 Vereinfachte Bewertung der dynamischen Stabilität

Für Schotteroberbau mit $v \leq 200$ km/h sind bei Verbleib von schwingungsempfindlichen Böden im Unterbau zumindest vereinfachte Bewertungen der Untergrundverhältnisse aufgrund von belegbaren Erfahrungen entsprechend der Planungshilfe „Vereinfachte Bewertung der dynamischen Stabilität von bestehenden Strecken“ (DB Netz AG, 2018a) erforderlich.

Bei den vereinfachten Bewertungen wird auf Basis der Streckenkenntnis, visueller Beurteilungen und Auswertungen von Inspektionsberichten und Gleissmessschrieben sowie üblichen Baugrunduntersuchungen abgeschätzt, ob ein Streckenabschnitt dynamisch offensichtlich unkritisch ist oder ob tiefergehende Untersuchungen notwendig sind. Dazu sind

- die örtliche Situation, d. h. Streckenzustand einschließlich Nutzungseinschränkungen (Kapitel 6.7.2.1),
- die vorgesehenen Nutzungsänderungen (Kapitel 6.7.2.2),
- die Charakteristik der Weichschicht und der Überdeckung (Kapitel 6.7.2.3) sowie
- das Verhältnis Überdeckung zur Mächtigkeit der Weichschicht (Kapitel 6.7.2.4)

zu erfassen und zusammenfassend zu beurteilen (Kapitel 6.7.2.5).

6.7.2.1 Streckenzustand einschließlich Nutzungseinschränkungen

Auf Grundlage vorliegender Nutzungserfahrungen ist unter Verwendung der in Tab. 6.6 enthaltenen Checkliste planerisch zu beurteilen, ob **Nutzungseinschränkungen** vorhanden oder zu erwarten sind.

INGENIEURLEISTUNGEN

Geotechnische Begutachtungen

Wir erkunden den Baugrund und erstellen Empfehlungen, damit Sie mit Sicherheit bauen können.

Beratungs- und Prüfleistungen

Wir stehen Ihnen mit unserem Fachwissen und Erfahrungen beratend zur Seite und unterstützen Sie bei Prüfungen.

Planungen und Berechnungen

Wir entwickeln Lösungen nach Ihren Anforderungen für eine sichere und kosteneffiziente Umsetzung.

Messungen und Bauüberwachung

Wir kontrollieren die Ausführung, damit Sie Sicherheit haben, dass die Qualität gewährleistet ist.



ZUR HOMEPAGE

GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH
Caspar-David-Friedrich-Straße 8
01219 Dresden

☎ 0351 87775-0

☎ 0351 87775-55

✉ info@gepro-dresden.de



GEPRO
Ingenieurgesellschaft für Geotechnik, Verkehrs- und Tiefbau und Umweltschutz mbH

www.gepro-dresden.de

GEPRO hat die Autoren bei der Neufassung dieses Buches unterstützt und viele der Zeichnungen gefertigt.

Planerische Aufgabe	Erläuterung/Vorgehensweise
Erfassung des Streckenzustands	visuelle Erfassung durch Streckenbegehung, Einzelheiten siehe Tab. 6.7
Aufnahme von Hinweisen auf Weichschichten	Auffälligkeiten aufgrund der Geländesituation (Topografie, Morphologie) und des Bewuchses erfassen
Beurteilung des Schwingungsverhaltens des Gleises und des Unterbaus	visuelle und taktile Erfassung von Zugvorbeifahrten auf dem Planum, ggf. auch an Böschungen
Auswertung des Instandhaltungsaufwands	Einholen von Informationen über den Instandhaltungsaufwand bei den anlagenverantwortlichen Stellen (Fachbeauftragte Oberbau und Fachbeauftragte Erdbau)
Beurteilung der Gleislage und von Langzeitverformungen bei Weichschichten	messtechnische Auswertung der Gleislage (Gleismessschriebe/ILS), Erfassung langweiliger Gleislagefehler durch geodätische Vermessung (Längsnivellement) oder Einsatz des EM-Sat mit erweiterter Auswertung von digitalen Längshöhenmessdaten der Gleisgeometrieprüfung (Kipper et al., 2013)
Bewertung der Standsicherheit	Überprüfen der Notwendigkeit und bei Erfordernis Durchführung von Standsicherheitsuntersuchungen nach Maßgabe der <i>Ril 836.7001</i>
Auswertung vorhandener Baugrunduntersuchungen	vorhandene Baugrunduntersuchungen hinsichtlich erforderlicher Bodenparameter nach Kapitel 6.7.2.3 auswerten
ggf. Veranlassung zusätzlicher Baugrunduntersuchungen zur Feststellung des Schichtaufbaus und der Bodenzustandsgrößen	Ist erkennbar, dass nähere (z. B. rechnerische oder versuchstechnische) Untersuchungen erforderlich werden, sollten Baugrunduntersuchungen auch die Erfassung bodendynamischer Kenngrößen in Betracht ziehen. → Planungshilfe „Rechnerisches Verfahren“ (DB Netz AG, 2018b)

Tab. 6.6: Checkliste planerische Aufgaben zur Bewertung des Streckenzustands (aus DB Netz AG, 2018a)

Trackopedia

www.trackopedia.info

**Gleisbau und Fahrwegtechnologie:
Fachwissen für alle –
jederzeit und frei
zugänglich**

Trackopedia ist eine der größten lexikalischen B2B-Wissens-Plattformen für die Themen rund um Bahninfrastruktur, Fahrwegtechnologie sowie Gleisbau und -instandhaltung. Mit dem aktuellen Stand der Technik, stetig erweitert mit der Expertise von ausgewiesenen Fachleuten.



www.trackopedia.info
auch deutschsprachig
verfügbar!

Trackopedia – powered by PMC Media

Kontakt und Anregungen:

Tel.: +49 40 228679-500

E-Mail: office@pmcmedia.com


PMC Media
International Publishing

7.5.5 Erdbaukonzepte

Beim Bau von **Neubaustrecken mit Fester Fahrbahn** müssen zur Gewährleistung einer dauerhaften Genauigkeit der Gleislage sehr hohe Anforderungen an die Fahrweggründung der FF-Konstruktion gestellt werden. Diese Gründungsebene ist konstruktiv so zu gestalten, dass

- über den gesamten Nutzungszeitraum der Neubaustrecke die Grenzwerte für Setzungen, Setzungsdifferenzen oder Hebungen nach Kapitel 6.5.1.6 nicht überschritten werden sowie
- in Längsrichtung der Strecke möglichst gleichmäßige Auflagerbedingungen geschaffen und diese zwischen Kunst- und Erdbauwerken mithilfe von Übergangsbereichen angepasst werden (Kapitel 7.10).

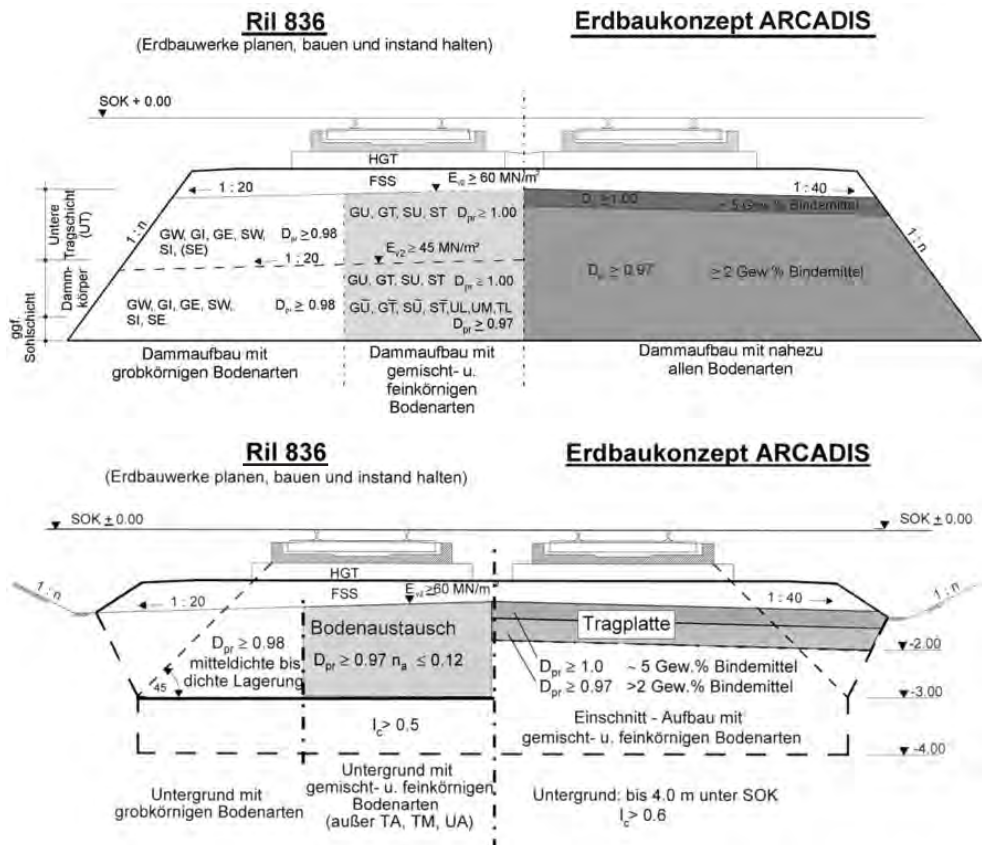


Abb. 7.12: NBS Köln–Rhein/Main – Erdbaukonzept für die Damm- und Einschnittsbereiche (Dürrwang et al., 2005)

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurde erstmalig für die NBS Köln–Rhein/Main ein neuartiges Erdbaukonzept umgesetzt, das seinen Schwerpunkt auf die Behandlung der Böden mittels hydraulischer Bindemittel legt (Abb. 7.12). Somit konnten für den Dammaufbau nahezu alle Bodenarten verwendet werden. In den Einschnittsbereichen konnte durch die ausgeführte Tragplatte auf einen Bodenaustausch verzichtet bzw. dieser reduziert werden. Auch in den Hinterfüllbereichen von Kunstbauwerken wurde das Dammschüttmaterial abgestuft mit

Bindemittel behandelt (Kapitel 7.10). Für diese Strecke konnte die Gebrauchstauglichkeit unter langjährigem Eisenbahnbetrieb nachgewiesen werden (*Dürrewang et al., 2005*).

Diese guten Erfahrungen wurden daraufhin beim Erdbau auf weiteren Neubaustrecken umgesetzt. So wurde z.B. bei der VDE 8.2, NBS Erfurt–Halle/Leipzig eine Optimierung für die dort herrschenden Baugrundverhältnisse vorgenommen. Während die Dammschüttungen vorwiegend mit Bindemitteln im Sinne einer qualifizierten Bodenverbesserung versehen wurden, wurden für die Einschnitte und die geländegleichen Streckenbereiche die in der Tab. 7.6 erläuterten drei Varianten der qualifizierten Bodenverbesserung ausgeführt. Abb. 7.13 zeigt das Einfräsen des hydraulischen Bindemittels in den anstehenden Untergrund.



Abb. 7.13: VDE 8.2, NBS Erfurt–Halle/Leipzig – Einfräsen des hydraulischen Bindemittels in den Untergrund

Mit derartigen Erdbaukonzepten ergeben sich für Neubaustrecken folgende Vorteile:

- Die Setzungen der Dämme (Eigensetzungen und Lastsetzungen) sind vernachlässigbar klein.
- Die verbesserten Böden besitzen die Eigenschaft eines „Erdbetons“, das heißt, sie sind sehr homogen und weisen hohe Eigenverformungsmodul auf.
- Im Untergrund und in den Übergangsbereichen auftretende Restsetzungen werden vergleichmäßig.
- Im Sinne eines umweltschonenden Bauens können fast alle Bodenarten verwendet werden.

Zu beachten ist jedoch, dass sich durch die Bindemittelzugabe die Gefahr der Versinterung von Entwässerungsanlagen erhöht und hier entsprechende Maßnahmen gemäß Kapitel 7.11.2 einzuplanen sind.

Aber auch bei **Ausbaustrecken sowie größeren Erd- und Tiefbaumaßnahmen** im Bestandsnetz bietet es sich an, auf Basis von geotechnischen Vorerkundungen Erdbaukonzepte zu entwickeln, die zum Ziel haben, eine hohe Verwertungsquote im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes zu erreichen. Gerade in Anbetracht knapper werdender natürlicher Ressourcen und eingeschränkter Deponiekapazitäten ist das ein wichtiges Gebot.

Neben der Aufbereitung von Böden mit Bindemitteln ist das Ziel dieser Erdbaukonzepte, Böden mit unterschiedlichen Eigenschaften getrennt voneinander auszuheben und hochwertig wiederzuverwerten. Dabei ist zusätzlich zur geotechnischen die umwelttechnische Eignung zu berücksichtigen. Wichtige Hinweise zum ressourcenschonenden Bauen werden dazu in *Schuhmacher (2021)* gegeben.

Basierend auf vorhandenen Gleisbaumaschinen werden seit ca. 1960 Maschinen und Systeme entwickelt, die Planumsschutzschichten ohne Gleisrückbau einbauen können. Ab 1983 kam mit der PM 200-1 die erste eigenständige Plv-Maschine zum Einsatz, die mit einer Aushubkette den geschädigten Boden und den Schotter ausbaute, gesondert zugeführten Kiesel- und Sand sowie gereinigten Altschotter und Neuschotter einbaute und die PSS sowie den Schotter verdichtete. Damit begann eine maschinentechnische und bautechnische Entwicklung, die zu einer immer ausgefeilteren Mechanisierung, zu einem zunehmenden Material-Recycling und zu einer immer höheren Einbauqualität führte (Lieberenz/Piereder, 2012). Die Entwicklung der Planumsverbesserung bei Umbau im Fließbandverfahren ist bildhaft in Schachner (2017) dargestellt.

Beim gleisgebundenen Einbau von Schutzschichten können grundsätzlich folgende Arbeitsgänge unterschieden werden:

- Anheben des vorhandenen Gleises und Ausbau des Altschotters (Abb. 8.26)
- Reinigen des Altschotters
- Herstellen der erforderlichen Höhenlage, Ebenheit und Querneigung des Planums
- Verlegen eines Geokunststoffs und Einbau der Schutzschicht (Abb. 8.27)
- Planieren und Verdichten der Schutzschicht (Abb. 8.28)
- Aufbringen des gereinigten oder des Neuschotters (Abb. 8.29)
- Ablegen des angehobenen Gleises
- Einbringen von Verfüllschotter
- Verdichten des Schotters sowie Stopfen und Richten des Gleises



Abb. 8.26: Anheben des Gleises und Aushub des Altschotters



Abb. 8.27: Verlegen eines Geokunststoffs und Einbau der Schutzschicht



Abb. 8.28: Einbau der Schutzschicht und Verdichten



Abb. 8.29: Aufbringen des Neuschotterers

11 Stützkonstruktionen

Claus Göbel, Dirk Wegener

11.1 Einführung

Der Begriff für Tragwerke, welche Geländesprünge, Böschungen oder natürliche Hänge abstützen, die ohne eine Stützung nicht standsicher wären, wird in der Literatur und den Vorschriften nicht einheitlich gebraucht. In *DIN EN 1997-1:2014-03* und *DIN 1054:2021-04* werden diese Tragwerke vorwiegend als „Stützbauwerke“ und in der *Ril 836 (2022)* und *EBGEO (2010)* vorwiegend als „Stützkonstruktionen“ bezeichnet. Da sich die folgenden Ausführungen vorrangig auf den Eisenbahnbau beziehen und die Randwegkonstruktionen mit einschließen, wurde der *Ril 836 (2022)* gefolgt und der Begriff „Stützkonstruktionen“ gewählt.

Stützkonstruktionen werden vorrangig durch Erd- und Wasserdrücke belastet und leiten diese Kräfte über ihre Stützwirkung in den Untergrund ab. Für den Entwurf, die Bemessung und Ausführung von Stützkonstruktionen der Bahnen gelten die Festlegungen der *Ril 836 (2022)*, der *DIN EN 1997-1:2014-03*, der *DIN 1054:2021-04* sowie der dort angegebenen weiteren Vorschriften. Die Bemessung von Stützkonstruktionen und die Nachweisführung ihrer Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit werden im Kapitel 6 behandelt.

Von entscheidender Bedeutung für die Beanspruchung von Stützkonstruktionen an Eisenbahnstrecken ist ihre Lage zu den Gleisen. Dabei ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen ihrer Lage oberhalb und unterhalb der Gleise. Stützkonstruktionen, die seitlich neben und **oberhalb** von Eisenbahngleisen und damit außerhalb des Stützbereichs von Eisenbahnverkehrslasten nach Bild 1 der *Ril 836.2001 (Ril 836, 2022)* bzw. Abb. 2.24 angeordnet sind, werden in der Regel nur statisch beansprucht. Liegen die Stützkonstruktionen hingegen direkt **unter den Gleisen** und damit innerhalb des Stützbereichs von Eisenbahnverkehrslasten, müssen zusätzlich dynamische Einwirkungen aus dem Zugverkehr bei der Bemessung berücksichtigt werden.



Abb. 11.1: Unterteilung der Stützkonstruktionen und Stützmaßnahmen

Die für die Eisenbahn relevanten Stützkonstruktionen wurden in Abb. 11.1 vorrangig nach ihrer Konstruktion und Wirkungsweise geordnet und in Gruppen eingeteilt, wobei im Wesentlichen der Unterteilung in *Ril 836 (2022)* gefolgt wurde:

- massive Stützkonstruktionen
- wandartige Stützkonstruktionen
- flexible Stützkonstruktionen
- konstruktive Böschungssicherungen
- Randwegkonstruktionen

Eine andere Unterteilung kann nach der Nutzungsdauer vorgenommen werden, wobei in Stützkonstruktionen für „dauernde Zwecke“ (Permanentbauwerke) und für „zeitlich begrenzte Zwecke“ (temporäre Bauwerke) unterschieden wird. In der *Ril 836 (2022)* wird ferner zwischen Stützkonstruktionen und Stützmaßnahmen unterschieden. Mit **Stützmaßnahmen** werden im Wesentlichen temporäre Gleissicherungen bezeichnet, welche der zeitweiligen Stützung von niedrigen Geländesprüngen neben Eisenbahngleisen oder im Nahbereich von Gleisen dienen. Ihre Anwendung erfolgt in der Regel nach empirisch festgelegten eisenbahnspezifischen Bedingungen.

Stützkonstruktionen können sowohl an Neubaustrecken als auch an bestehenden Eisenbahnstrecken erforderlich werden. Bei Neubaustrecken ergibt sich ihre Notwendigkeit vorrangig aus der höhenmäßigen Anpassung der Streckengradiente an die Morphologie des Geländes sowie aus der Abstützung von Geländesprüngen gegenüber anderen Verkehrswegen oder Bauwerken. Bei der Verbesserung/Ertüchtigung von Erdbauwerken bestehender Eisenbahnstrecken werden Stützkonstruktionen vor allem dann notwendig, wenn die vorhandene Planumsbreite unzureichend ist und eine Planumsverbreiterung ohne zusätzlichen Grunderwerb erreicht werden soll. Dann können Stützkonstruktionen bei Dammverbreiterungen und Einschnittserweiterungen erforderlich werden.

Für jeden Anwendungsfall ist in der Entwurfspraxis vom Planer in Abhängigkeit von den geometrischen, geotechnischen, betrieblichen und zeitlichen Bedingungen die zweckmäßigste und wirtschaftlichste Art der Stützkonstruktion auszuwählen. Zur Unterstützung dieser Vorauswahl werden in den Tab. 11.1 bis 11.6 für alle Stützkonstruktionen und Stützmaßnahmen eisenbahnspezifische Empfehlungen gegeben. Diese Tabellen enthalten Informationen zur Gestaltung und Wirkungsweise, Empfehlungen für die Anwendung im Eisenbahnbau sowie wichtige Vorschriften und Zulassungen für den Entwurf, die Bemessung und die Ausführung.

Für einige Stützkonstruktionen werden nach *Ril 836 (2022)* besondere Zulassungen gefordert. Das kann eine „Unternehmensinterne Genehmigung“ (UiG) der Deutsche Bahn AG und/oder eine „Zulassung im Einzelfall“ (ZiE) des Eisenbahn-Bundesamts sein. Diese Zulassungen werden nachfolgend mit „UiG“ und „ZiE“ gekennzeichnet.

Bezüglich der Einstufung von Stützkonstruktionen in eine Geotechnische Kategorie (GK) enthält *DIN 1054:2021-04* folgende Festlegungen:

- Stützkonstruktionen bis 2 m Höhe des Geländesprungs können in die Geotechnische Kategorie GK 1 eingestuft werden, sofern hinter den Stützkonstruktionen keine hohen Auflasten wirken.
- Stützkonstruktionen bis 10 m Höhe des Geländesprungs sind der Geotechnischen Kategorie GK 2 zuzuordnen.
- Stützkonstruktionen mit mehr als 10 m Höhe des Geländesprungs sowie Stützkonstruktionen, welche dicht neben verschiebungs- oder setzungsempfindlichen Bauwerken angeordnet werden, sind in die Geotechnische Kategorie GK 3 einzustufen.

11.2 Massive Stützkonstruktionen

Massive Stützkonstruktionen nach Tab. 11.1 sind die ältesten bekannten Stützkonstruktionen. Sie sind flach gegründet und beziehen ihre Stützwirkung zur Aufnahme des Erddrucks vorrangig aus der Eigenlast des Bauwerks (Gewichtsmauern) oder aus den Eigenlasten des Bauwerks und des aufliegenden Bodens (Winkelstützmauern). Die resultierenden Kräfte aus den Eigenlasten und Erddrücken werden über die Sohlpressung und Sohlreibung in der Mauersohle in den Untergrund abgeleitet. Konstruktive Maßnahmen wie Rückverankerungen, Kragplatten oder Schleppplatten können zur Verringerung der Bauwerksabmessungen beim Neubau

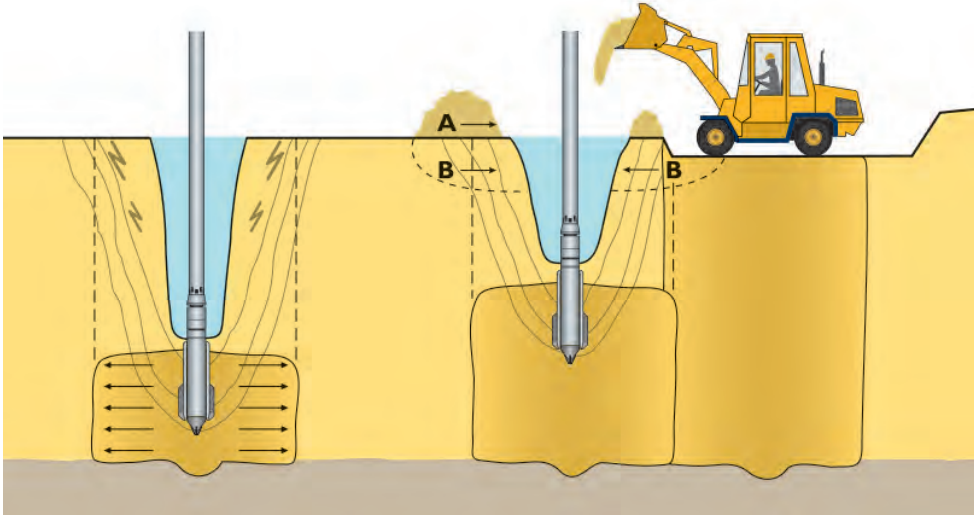


Abb. 12.15: Arbeitsschritte beim Rütteldruckverfahren – links: Einvibrieren des Rüttlers und anschließendes Verdichten, rechts: Nachfüllen des Absenktrichters durch (A) angefahrenes Bodenmaterial mittels Radlader oder (B) mit vorhandenem umgebenden Bodenmaterial (aus Keller, 2021)

Die Rütteldruckverdichtung wird im Eisenbahnbau vor allem beim Neubau von Eisenbahnstrecken eingesetzt, wenn die Lagerungsdichte der anstehenden nichtbindigen Böden im Untergrund erhöht oder vergleichmäßigt werden muss. Dabei dürfen durch die bei der Rütteldruckverdichtung entstehenden Schwingungen keine Verformungen an benachbarten Bauwerken auftreten. Die Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeiten zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Gebäude nach *DIN 4150-3:2016-12* sind einzuhalten.

Bei der Anwendung der Rütteldruckverdichtung zur Erhöhung der Lagerungsdichte von Erdbauwerken bestehender zweigleisiger Eisenbahnstrecken muss sichergestellt werden, dass die eingetragenen Schwingungen zu keinen ungünstigen Veränderungen der Gleislage im Betriebsgleis führen. Die Gleislage ist deshalb ständig zu überwachen. Falls notwendig, ist die Fahrgeschwindigkeit durch Einrichtung einer Langsamfahrstelle zu verringern. Im Zweifelsfall wird eine Probeverdichtung empfohlen. Alternativ kann das Bauverfahren durch Abschirmungsmaßnahmen, z. B. durch die Anordnung von Spundwänden, realisiert werden.

12.5.3 Mineralstoffsäulen, Rüttelstopfsäulen

12.5.3.1 Wirkungsweise der Rüttelstopfsäulen

Böden mit einem Feinkornanteil von mehr als 15% lassen sich durch Vibration allein nicht mehr wirksam verdichten. Für diese Böden ist die Rüttelstopfverdichtung (RSV) geeignet, bei der Mineralstoffsäulen erzeugt werden, die üblicherweise als Rüttelstopfsäulen (RSS) bezeichnet werden. Durch Vibration des Tiefenrüttlers und Verdrängung entsteht zunächst ein Hohlraum im anstehenden Boden. Nach Erreichen der Endtiefe wird der Hohlraum mit Schotter oder Kies verfüllt, wobei gleichzeitig der Rüttler unter Vibration gezogen wird. Das Zugabematerial wird dadurch verdichtet und seitlich in den Boden gedrückt. Im Untergrund entstehen dadurch grobkörnige Säulen, die als Rüttelstopfsäulen bezeichnet werden. Mit den Rüttelstopfsäulen können folgende Wirkungen erzielt werden:

- Verdrängung des anstehenden Bodens beim Einbringen der Tiefenrüttler und dadurch Verdichtung des umgebenden Bodenbereichs
- Lastkonzentration über den Säulen und damit höhere Lastabtragung über die Säulen gegenüber dem umgebenden Boden, wodurch die Belastungen im Umgebungsbereich der Säulen und damit die Setzungen reduziert werden („Lastumlagerung“)
- zusätzliche Wirkung der Rüttelstopfsäulen als Vertikaldränagen zur schnelleren Wasserableitung und Beschleunigung der Konsolidierung

In der *DIN EN 14731:2005-12* ist die Planung, Ausführung, Prüfung und Kontrolle der Baugrundverbesserung durch das Tiefenrüttelverfahren geregelt.

Die Rüttelstopfverdichtung hat sich als eines der am häufigsten angewendeten Verfahren sowohl zur Ertüchtigung des Untergrunds beim Neubau von Eisenbahnstrecken als auch bei der Ertüchtigung der Fahrweggründung bestehender Eisenbahnstrecken, oft auch in Kombination mit notwendigen Dammverbreiterungen, erwiesen.

Wenn während der Arbeiten im Baugleis der Eisenbahnbetrieb auf dem Betriebsgleis nicht unterbrochen werden darf, ist die Sicherung der Lagestabilität des Betriebsgleises und eine permanente Überwachung der Gleislage und des Porenwasserdrucks zwingend erforderlich. Ein Beispiel für die Herstellung von Rüttelstopfsäulen unter Aufrechterhaltung eines eingleisigen Bahnbetriebs bei geringmächtigen Weichschichten von ca. 0,5 m unter 4–5 m Bodenüberdeckung auf der ABS Hamburg–Berlin im Streckenabschnitt Wittenberge–Dergenthin zeigt *Kempfert (1996)*.

Werden hingegen mächtige Weichschichten mit geringer Überdeckung mittels Rüttelstopfsäulen ertüchtigt, ist aufgrund des Porenwasserdruckanstiegs und die zu erwartenden größeren Verformungen durch die RSV davon auszugehen, dass während der Tiefenverdichtungsarbeiten der Eisenbahnbetrieb im benachbarten Betriebsgleis unterbrochen werden muss, d.h. die Arbeiten nur in Sperrpausen erfolgen können. Neben einer umfassenden Qualitätskontrolle der hergestellten Säulen sollte die Gleislage des Betriebsgleises ständig visuell und messtechnisch überwacht werden. Ebenso sollte bei hohem Grundwasserstand der Porenwasserdruck gemessen und das Betriebsgleis erst nach Abbau des Porenwasserdrucks wieder in Betrieb genommen werden.

12.5.3.2 Herstellung von Rüttelstopfsäulen

Für die Herstellung von Rüttelstopfsäulen werden heute vorwiegend Schleusenrüttler verwendet, die an einer Tragraupe geführt werden. Weil die Tragraupe einen zusätzlichen Andruck („Aktivierung“) auf den Rüttler ausüben kann, wird sie auch als Aktivierungsraupe bezeichnet. Der Schleusenrüttler weist am oberen Ende eine Schleuse auf, über die das nichtbindige Zugabematerial in einen Vorratsbehälter gelangt. Als Zugabematerial wird zumeist Schotter oder Kies mit Körnungen von 2 bis 80 mm verwendet. Schleuse und Vorratsbehälter werden durch einen Materialkübel von etwa 1 m³ Fassungsvermögen, der am Mast hochgefahren wird, gefüllt. Nach Schließung der Schleuse wird ein Luftdruck von etwa 2 bar auf das Zugabematerial aufgebracht und der Rüttler bis zur tragfähigen Schicht unter Vibration eingefahren. Zusätzlich zur Eigenlast des Rüttlers und der Aufsatzrohre kann durch die Tragraupe eine Vertikalkraft von bis zu 250 kN aktiviert werden.

Um dem Wissenszuwachs und den neuen technischen Entwicklungen der vergangenen zehn Jahre im Eisenbahnbau Rechnung zu tragen, wurde dieses Handbuch komplett überarbeitet sowie der bisherige Umfang wesentlich erweitert, woran ausgewiesene Fachleute sowohl des Eisenbahnbaus als auch der Geotechnik mitgewirkt haben. Ausgehend von den eisenbahntechnischen und geotechnischen Grundlagen, ihrer gegenseitigen Durchdringung und Beeinflussung sowie unter Einbeziehung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und praktischer Erfahrungen konnte dadurch eine ganzheitliche Betrachtung des Tragsystems Oberbau – Unterbau – Untergrund unter den Einwirkungen des Eisenbahnverkehrs erreicht werden. Dabei wurde die Fassung des Handbuchs 83601 mit Stand 01. Mai 2022 umfassend berücksichtigt.

Die wichtigsten Erweiterungen und Ergänzungen gegenüber der 2. Auflage lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Neuaufnahme der Kapitel „BIM im Eisenbahnbau bei geotechnischen Problemstellungen“, „Geokunststoffe im Eisenbahnbau“ und „Querungen“
- Erweiterung des Kapitels „Stützkonstruktionen“ und Neuaufnahme des Berechnungsbeispiels „Winkelstützmauer“ mit vergleichenden numerischen Berechnungen
- Neustrukturierung und Erweiterung des Kapitels „Ertüchtigung der Fahrweggründung und der Erdbauwerke“
- Erweiterung des Kapitels „Instandhaltung“ mit vertiefenden Inhalten zur Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung
- Aufnahme aktueller Grundsätze zum Klima- und Umweltschutz sowie zur Nachhaltigkeit im Eisenbahnbau
- differenzierte und praxisnahe Bewertung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit bestehender Erdbauwerke
- Neuaufnahme von Ausführungsbeispielen der Ertüchtigung bestehender Eisenbahnstrecken für höhere Fahrgeschwindigkeiten und/oder Achslasten
- Vertiefung der theoretischen und praktischen Erkenntnisse zur dynamischen Stabilität des Systems Oberbau – Unterbau – Untergrund

Dieses Handbuch soll vorrangig den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Bahnen, aber auch allen am Neubau, dem Ausbau, der Ertüchtigung und der Instandhaltung von Eisenbahnstrecken beteiligten Fachkolleginnen und Fachkollegen, den in der Weiterbildung Tätigen sowie den Studierenden als praxisorientierte Handlungsempfehlung und Nachschlagewerk eine wertvolle Hilfe sein.

Extra: Dank des kostenlosen enthaltenen E-Books stehen Nutzern eines Endgeräts mit PDF-Reader (PC, Tablet, Smartphone) die Inhalte des Werks auch elektronisch und mit Suchfunktion zur Verfügung.

ISBN 978-3-96245-244-5



9 783962 452445