

Vorwort zur 4. Auflage

Mit dem Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau Nr. 9/2009 vom 4. Juli 2009 hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) die Einführung der „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“ (ZTV E-StB 09) bekanntgegeben. Das neue Regelwerk wurde von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. erarbeitet, mit den Obersten Straßenbehörden der Länder abgestimmt und gemäß europäischer Richtlinie 98/34/EG notifiziert (Nr. 2007/348/D). Es löst die Ausgabe 1994/Fassung 1997 (ZTV E-StB 94) ab, die sich über 15 Jahre in der Baupraxis bewährt hat.

Mit dieser Bekanntgabe wurde eine grundlegende Überarbeitung des seit über 30 Jahren in der Praxis etablierten Kommentar-Handbuches zu den ZTV E-StB erforderlich. Der Kirschbaum Verlag, Fachverlag für Verkehr und Technik, hat im Einvernehmen mit der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. den Verfasser beauftragt, das neue Regelwerk zu kommentieren. Mit diesem Kommentar-Handbuch war die Aufgabe gestellt, die Neuerungen des Regelwerkes im gesamtheitlichen Zusammenhang mit der innovativen technischen Weiterentwicklung und im Einklang mit dem nationalen und europäischen technischen Normenwerk sowie den Vertrags- und Vergaberegulungen zu erläutern.

Die vorliegende 4. Auflage des Kommentar-Handbuches ist aufgliedert in:

- Teil 1 Leitlinien**
- Teil 2 Kommentar mit Kompendium
Erd- und Felsbau**
- Teil 3 Anhänge**

Die Leitlinien in **Teil 1** beinhalten die wichtigen Grundsätze im gesamtheitlichen Zusammenhang von Entwurfsplanung, Umweltschutz, Auftragswesen und Bauausführung. Damit geben sie Orientierungshilfe bei der Entscheidungsfindung, der Handlungsweise und der Auslegung des ZTV E-Regelwerkes. In Anbetracht der zur Unzahl angewachsenen Fachnormen, Richtlinien und Empfehlungen der verschiedenen Fachinstitutionen sowie der

vertragsrechtlich bindenden Gesetze und Anordnungen legt die Praxis berechtigt Wert darauf, die zu beachtenden Grundsätze im Sinne der erstmals eingeführten Leitlinien übersichtlich erkennen zu können und nicht im Wald der Regelungen aus dem Blickfeld zu verlieren.

Die Kommentierung der ZTV E-StB in **Teil 2** muss zwangsläufig der Gliederung des neuen Regelwerkes folgen, auch wenn diese an einigen Stellen nicht überzeugt. Die Regelungen werden im Einzelnen erläutert, die Zusammenhänge untereinander verdeutlicht, die technischen und wirtschaftlichen Auslegungsspielräume erkennbar gemacht und der Wissens- und Erfahrungsstand in Verbindung mit den relevanten nationalen und europäischen Regelwerken vermittelt. Hierzu ist es notwendig, das fortgeschriebene Fachwissen der Boden- und Felsmechanik sowie des Erd- und Grundbaues in bewährter Weise als Kompendium mit einzubeziehen und durch neue aktuelle Themenbereiche zu erweitern.

Die Regelungen der ZTV E-StB stehen in vertragsrechtlicher Bindung zu den „Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen“ der ATV DIN 18299 und 18300. Wie in der Voraufgabe sind deshalb die wichtigsten Grundregeln aus den beiden ATV-Regelwerken den Kommentartexten vorangestellt, um die Zusammenhänge gesamtheitlich aufzuzeigen. Diese Grundregeln geben nicht den Wortlaut der Normentexte, sondern den prinzipiellen technischen Inhalt wieder. Der Kommentar bildet in seiner inhaltlichen Bindung an die allgemeinen und zusätzlichen technischen Regelungen eine Einheit als Gesamtwerk für Erd- und Felsarbeiten.

Besondere Bedeutung fällt dem Kommentar-Handbuch auch dadurch zu, dass die ZTV- und ATV-Regelungen in nahezu allen Bereichen des Tiefbaues angewendet werden; hierzu gehören z. B. die Bereiche Bauwerksgründungen, Schienenwege, Staudämme, Deiche und Kanäle sowie Rohrleitungsbau. Für Objekte aus diesen Baubereichen sowie aus dem ländlichen Wegebau enthalten die Kommentare wesentliche Grundsätze und Erfahrungen für die Planung und Bauausführung.

Bei der Bearbeitung der Kommentare wurde Wert darauf gelegt, den aktuellen Wissensstand der nationalen Normen- und Richtlinienwerke wie auch die einschlägigen europäischen Fachnormen, soweit diese rechtswirksam im nationalen Bereich umgesetzt sind, zu berücksichtigen. Als Schwerpunktbereiche seien beispielhaft genannt:

- die Fortentwicklung von Bauweisen im Erd- und Felsbau sowie der Verbundbauweisen mit Geokunststoffen und Leichtbaustoffen
- die Einführung des europäischen Normenwerkes über geotechnische Untersuchungen
- das einheitliche europäische Qualitätsprüfkonzept für die Lieferung und Einbauprüfung von Geokunststoffen
- das Sicherheitskonzept der Eurocodes mit den Ergänzungen in DIN 1054 für den Entwurf von Gründungen und geotechnischen Bauwerken.

Eine gewichtige Ergänzung der Kommentierung ergab sich aus den erstmals und zeitgleich vom BMVBS eingeführten „Technischen Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau des Straßenbaues“ (Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 8/2009 vom 4. Juli 2009). In diesem Zusammenhang konnten

- die Nutzung neuer Baustoffe,
- die Verwertung von Bodenmaterialien und Baustoffen mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen,
- besondere Sicherheitsbauweisen und
- Maßnahmen zur Bodenreinigung, Schadstoffminderung und Schadstoffabdichtung

in die Kommentierungen einbezogen werden.

Teil 3 des Kommentar-Handbuches bilden die **Anhänge A1 bis A8**.

A1 fasst die bodenmechanischen Grundlagen für die Auswahl und Dimensionierung sowie Frostsicherung von Fahrbahnbefestigungen, insbesondere für die Bauweisen der RStO und der Flugbetriebsflächen zusammen.

A2 gibt einen Überblick der für Bauwerksgründungen und geotechnische Bauwerke erforderlichen Sicherheitsnachweise nach Grundlage in DIN EN 1997 und DIN 1054. Die Regelungen der ZTV E betreffen in diesem Zusammenhang insbesondere den Dammbau, die Einschnittböschungen, die Baugru-

ben für Gründungen und die geotechnischen Bauwerke mit Bewehrungselementen.

A3/A4/A5 beinhalten informative bzw. datenspezifische Hilfsmittel für die Anwender des ZTV E-Regelwerkes und der Kommentare.

Der Anhang **A6** gibt Hinweise zum Schrifttum:

Unter **A6.1** sind übersichtshalber die allgemeinen Bestimmungen und Bedingungen, die bei der Vergabe und Ausführung von VOB-Bauleistungen im Tiefbaubereich zu beachten sind, zusammengestellt.

Die unter **A6.2** zitierte Grundlagenliteratur dient der allgemeinen Orientierung und umfasst ausgewählte Titel, die das betreffende Fachthema ganzheitlich behandeln. Sie steht in Bezug zu den erstellten Kommentaren und berücksichtigt auch älteres Schrifttum, das seine Bedeutung über Jahrzehnte behalten hat und bereits bei der Erstausgabe des ZTV E-Kommentars im Jahre 1979 als Grundlage hilfreich war. Die Reihenfolge dieser Literatur ist chronologisch nach Erscheinungsjahren geordnet.

Die Übersicht in **A6.3** enthält die Seitenhinweise auf das fachspezifisch verwendete Schrifttum. Diese Literatur wurde in der 4. Auflage aufgrund der differenzierten Aufgliederung des neuen ZTV E-Inhaltes den Kommentaren jeweils direkt angegliedert. Sie umfasst eine Auslese authentischer nationaler und europäischer bzw. internationaler Fachnormen, Vorschriften, Richtlinien und Empfehlungen sowie von Veröffentlichungen zu besonderen Themen. Diese Literaturlauslese untermauert den jeweiligen Kommentarinhalt und dient der informativen Erläuterung des allgemeinen Wissensstandes.

Die Anhänge **A7** und **A8** enthalten namentlich einzelne Institutionen mit ihren Abkürzungen sowie das Stichwortverzeichnis mit Seitenangaben zur Auffindung der Sachthemen.

Herzlich danken möchte der Verfasser allen, die durch Anregung und Hinweise sowie durch die zur Verfügung gestellten Farbbilder zur Fortentwicklung des neuen Kommentars beigetragen haben.

Rudolf Floss
Rottach-Egern im November 2011

Inhaltsverzeichnis

Teil 1 Leitlinien

L1 Leitlinien zum Auftragswesen	23
L1.1 Gesetzliche und vertragsrechtliche Bindungen	23
L1.2 Europäische Vergaberichtlinien und Eurocodes	23
L1.3 Vergabe und Abwicklung von Verträgen	25
L1.4 Leistungsbeschreibung	29
L2 Leitlinien zum Umweltschutz	32
L2.1 Gesetzgebung	32
L2.2 Naturschutz und Landschaftspflege	33
L2.3 Schutz der Gewässer und des Grundwassers	34
L2.4 Schutz des Bodens	35
L2.5 Altlasten	35
L2.6 Verwertung von Baustoffen mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen	36
L3 Leitlinien zur Entwurfsplanung und Bauausführung	37
L3.1 Planungs- und Koordinierungsziele	37
L3.2 Geotechnische Erkundung und Untersuchung	39
L3.3 Baustoffe	40
L3.4 Entwässerung der Baufelder	42
L3.5 Abtrag und Auftrag von Boden und Fels	43
L3.6 Einschnittböschungen	44
L3.7 Dammbauwerke	46
L3.8 Anlage und Schutz von Erdplanien	47
L3.9 Bodenbehandlung mit Bindemittel	48
L3.10 Erd- und Entwässerungsarbeiten an Bauwerken	49
L3.11 Baugruben und Leitungsgräben	50
L3.12 Entwässerung und Abdichtung von Verkehrsflächen	52
L3.13 Frostsicherung der Fahrbahnbefestigungen	53
L3.14 Integrale Qualitätssicherung	54

Teil 2 Kommentar mit Kompendium Erd- und Felsbau

1 Allgemeines	58
1.1 Geltungsbereich	58
Kommentar	
1 Technische Vertragsbedingungen und normative Regelwerke	59
1.1 Bestandteile	59
1.2 ATV-Regelwerk	59
1.3 ZTV-Regelwerk	60
1.4 Technische Lieferbedingungen	61
1.5 Technische Prüfbedingungen	62
1.6 Richtlinien und Empfehlungen	62
2 Regelungen für europäische Bauprodukte	63
3 Regelungen für Spezialtiefbauarbeiten	63
4 Regelungen für Ingenieurbauten (ZTV-ING)	64
5 Literatur zu Vertrags-, Vergabe- und Baurecht	64

1.2	Begriffsbestimmungen	65
	Kommentar	
1	Terminologie des Fahrbahnaufbaus	66
2	Grundbegriffe	68
1.3	Vorbereitende und baubegleitende Arbeiten	69
	Kommentar	
1	Zustandserfassung des Baufeldes	70
2	Beräumung des Baufeldes	71
3	Sicherung von Hohlräumen	71
1.4	Baustoffe	73
	Kommentar	
1	Baustoffe und Baustoffgemische	74
2	Umweltverträglichkeit	75
3	Wiederverwertbarkeit von Baustoffen und Baustoffgemischen	75
4	Sicherungsmaßnahmen	76
1.5	Ausführung	78
	Kommentar	
1	Auswahl von Bauverfahren und Baugeräten	80
2	Baustellenverordnung	81
3	Ausführung von Wasserhaltungen	81
4	Technische Regelwerke/Literatur	82
1.6	Prüfungen	83
	Kommentar	
1	Erdbautechnische Qualitätsprüfungen	86
1.1	Prüfung der Eignung und fertigen Leistung	86
1.2	Organisation der Prüfungen	86
2	Prüfstellen	87
3	Güteüberwachung nach ZTV-ING	88
4	Technische Regelwerke	89
1.7	Annahme von Prüflosen	90
	Kommentar	
1	Prüflos	90
2	Freigabe von Teilleistungen	90
1.8	Mängelansprüche	91
	Kommentar	
1	Zuweisung der Verantwortlichkeit für Mängel	91
2	Baugrundrisiko	93

3	Abnahmeverfahren	94
4	Abzüge bei Minderleistungen	94
5	Verjährungsfrist	94
6	Erklärung von Bedenken und Behinderungen	95
7	Literatur	95
1.9 Abrechnung		96
Kommentar		
1	Bauabrechnung	97
2	Bohrarbeiten für Baugrundaufschlüsse	98
3	Bodenaustausch	98
4	Spülarbeiten	99
5	Mehrmassen infolge Bodensetzungen	99
6	Abrechnung von Geokunststoffen	100
7	Abrechnung von Bindemitteln	100
8	Technische Regelwerke/Literatur	101
2 Geotechnische Untersuchungen		104
2.1 Allgemeines		104
Kommentar		
Vorbemerkung		105
1	Organisation der geotechnischen Untersuchungen	105
2	Geotechnischer Bericht	107
2.2 Art und Umfang der Aufschlüsse		108
Kommentar		
1	Vor- und Hauptuntersuchungen	109
1.1	Zielsetzung	109
1.2	Geotechnische Kategorien	109
1.3	Baubegleitende Untersuchungen	110
1.4	Untersuchungen bei Nebenangeboten	111
2	Abstand und Tiefe der Erkundungen	111
2.1	Richtwerte für die Abstände	111
2.2	Richtwerte für die Erkundungstiefen	111
3	Spezielle Untersuchungsbereiche	113
2.3 Untersuchungsverfahren		115
Kommentar		
1	Erkundungs- und Aufschlussverfahren	116
1.1	Luftbilddaufnahmen	116
1.2	Kartierungen	119
1.3	Schürfungen	119
1.4	Stollen und Schächte	119
1.5	Bohrungen	121
1.6	Sondierungen	121

2 Bohrtechnik und Probenentnahme	125
2.1 Allgemeine Anforderungen	125
2.2 Güteklassen und Entnahmetechnik für Bodenproben	126
2.3 Güteklassen und Entnahmetechnik für Felsproben	127
2.4 Probenentnahme in schadstoffbelasteten Böden	132
2.5 Dokumentation der Bohrergebnisse	132
3 Erkundung der Grundwasserverhältnisse	134
4 Entnahme von Bodenproben in freiliegenden Profilen	138
5 Labor- und Feldversuche	140
6 Geophysikalische Untersuchungen	140
6.1 Anwendung	140
6.2 Seismik	140
6.3 Schwingungsmessungen	143
6.4 Geoelektrik	144
6.5 Radiometrik	145
6.6 Geomagnetik	147
6.7 Georadar	147
7 Geotechnische Messungen	148
7.1 Ziele und Aufgaben	148
7.2 Methodisches Vorgehen	148
7.3 Messtechnische Verfahren	149
7.4 Anwendungsbeispiele: Dammbauwerke und Böschungen	156
7.5 Anwendungsbeispiele: Baugruben- und Stützwände	156
7.6 Normative Regelwerke	158

2.4 Beschreibung der Baugrundverhältnisse 159

Kommentar	
Vorbemerkung	161
1 Baugeologische Übersicht	161
1.1 Sedimente	161
1.2 Sedimentgesteine	163
1.3 Eruptivgesteine	163
1.4 Metamorphe Gesteine	163
2 Boden	164
2.1 Benennung und Beschreibung (DIN EN ISO 14688-1)	164
2.2 Bodengruppen (DIN 18196)	166
2.3 Bodenkenngößen	170
2.4 Unterteilung nach bindigen/nichtbindigen Eigenschaften	170
2.5 Wasser im Boden	172
2.6 Geotechnische Eignung	172
3 Fels und Gestein	177
3.1 Felsmechanisches Modellverhalten	177
3.2 Benennung und Beschreibung (DIN EN ISO 14689-1)	177
3.3 Trenflächen und Verwitterungsmerkmale	178
3.4 Festigkeit und Formänderung von Gestein	181
3.5 Festigkeit und Formänderung von Fels	181
3.6 Wasser im Fels	181
3.7 Geotechnische Eignung	183
4 Technische Regelwerke/Literatur zu Abschnitt 2.1 bis 2.4 ZTV E-StB	189

3	Boden und Fels, Geokunststoffe und Leichtbaustoffe	192
3.1	Einstufung von Boden und Fels	192
	Kommentar	
	Vorbemerkung	192
1	Klassifizierungsmerkmale	195
1.1	Grundmerkmale	195
1.2	Einflussmerkmale	195
1.3	Einfluss von Wasser	197
1.4	Klassifizierung und Beschreibung	198
1.5	Zusammenfassen mehrerer Klassen	198
1.6	Einflusskriterien Klasse K1 bis K7	199
2	Klassifizierung von Tunnelausbruchmaterial	203
3	Boden- und Felsklassifikation für andere Gewerke (VOB/C)	204
4	Technische Regelwerke/Literatur	206
3.1.3	Beurteilung der Frostempfindlichkeit und der Frostbeständigkeit	207
	Kommentar	
1	Frostempfindlichkeit der Böden	209
1.1	Physikalisch-mineralchemische Einflussfaktoren	209
1.2	Granulometrische Kriterien	210
1.3	Klassifikation der Frostempfindlichkeit	210
1.4	Frostverhalten von Boden- und Baustoffmaterialien mit Fremdstoffen	212
2	Frosteigenschaften der Felsgesteine	212
3	Prüfung der Frostempfindlichkeit und Frostbeständigkeit	213
3.1	Manuelle Verfahren	213
3.2	Frostversuche und Kriterien	213
3.3	Untersuchungen des Mineralbestandes	214
3.4	Frostbeständigkeit von Gestein	215
4	Technische Regelwerke/Literatur	216
3.2	Böden und Baustoffe nach den TL BuB E-StB	217
	Kommentar	
1	Verwertung von Bodenmaterialien und Baustoffen mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen	219
1.1	Rahmenbedingungen für die Verwertung	219
1.2	Technische Lieferbedingungen	219
1.3	Bodenmaterialien mit Fremdstoffen	220
1.4	Baustoffe aus Recycling-Aufbereitungen	220
1.5	Industrielle Abfallstoffe und Nebenprodukte	221
2	Technische Sicherungsmaßnahmen	225
2.1	Bodenreinigung	225
2.2	Immobilisierung durch Schadstoffbindung	226
2.3	Einkapselung bzw. Abdichtung von kontaminierten Bodenbereichen	227
3	Technische Regelwerke/Literatur	228
3.3	Geokunststoffe	229
	Kommentar	
1	Geosynthetische Baustoffe und Produktgruppen	235
1.1	Produkt- und funktionspezifische Unterteilungen	235

1.2	Geotextilien	236
1.3	Geogitter	237
1.4	Dichtungselemente	237
1.5	Dränelemente (Geodräns)	238
2	Funktionsspezifische Eigenschaften	239
2.1	Beständigkeit	239
2.2	Widerstand gegen mechanische Beanspruchung	239
2.3	Filter- und Dräneigenschaften	241
3	Verlegetechnik	242
4	Qualitätssicherung	243
5	Hinweise auf Bauweisen	244
6	Technische Regelwerke/Literatur	245

3.4 Leichtbaustoffe 246

Kommentar

1	Anwendungen	246
2	Baustoffe	247
2.1	Holzabfallstoffe	247
2.2	Flugaschen	249
2.3	Expandierte Polystyrol-Hartschaumstoffe (EPS)	249
3	Technische Regelwerke/Literatur	251

4 Einschnitte und Dämme¹⁾ 254

4.1 Lösen und Laden 254

Kommentar

Vorbemerkung	254	
1 Koordinierung der Arbeiten	257	
1.1	Baustellen- und Betriebsbedingungen	257
1.2	Zwischenlagerung von Boden	257
1.3	Seitenentnahmen und Ablagerungsflächen	258
2 Einsatz und Leistung der Arbeitsverfahren	259	
2.1	Schürfarbeit im Flachbaggerbetrieb	259
2.2	Greifarbeit	263
2.3	Reißarbeit	263
2.4	Sprengarbeit	264
2.5	Spülarbeit	265
3 Auflockerung und Überverdichtung von Boden und Felsgestein	265	
4 Toleranzen bei Abtragsprofilen	267	

4.2 Fördern 268

Kommentar

1 Vergleich der Regelungen in DIN 18300 und Abschnitt 4.2 ZTV E-StB	268	
2 Förderverfahren	269	
3 Einflussgrößen und Kriterien für die Befahrbarkeit	270	
4 Technische Optionen für Förderwege	273	
4.1	Übersicht	273
4.2	Erdstraßen	273
4.3	Verbesserung durch Kalk	276

1) Technische Regelwerke/Literatur zu Abschnitt 4.1 bis 4.8 ZTV E-StB 345

4.4	Verfestigung mit Bindemitteln	277
4.5	Ungebundene und mechanisch stabilisierte Tragschichten	277
4.6	Tragschichten mit Geokunststoff-Bewehrungen	278
4.7	Gabionen-Tragschichten	278
4.8	Fahrbahn-Platten	278
4.3	Einbau und Verdichten	279
	Kommentar	
1	Dammbau	283
1.1	Vorbereitung des Dammauflagers	283
1.2	Dammaufbau	284
1.3	Baustoffe	286
1.4	Eigenverformung verdichteter Dammschüttungen	286
2	Einbau- und Verdichtungsregeln	287
3	Probeverdichtung	290
4	Maßnahmen bei Regenwetter	292
5	Einsatz und Leistung der Verdichtungsgeräte	294
5.1	Einsatzbereiche	294
5.2	Leistungsermittlung	294
5.3	Wirkungsweise der Verdichtungsgeräte	296
6	Einbau und Verdichten von Felsgestein	302
7	Hydromechanische Erdbautechnik (Spülverfahren)	303
7.1	Anwendung	303
7.2	Ausführung	304
7.3	Ablagerungsflächen	304
4.3.2	Anforderungen an das Verdichten	306
	Kommentar	
1	Verdichtungseigenschaften der Böden	308
1.1	Grundlagen	308
1.2	Grobkörnige Böden	308
1.3	Feinkörnige Böden	310
1.4	Gemischtkörnige Böden	311
2	Verdichtungsanforderungen	312
2.1	Verdichtungsgrad D_{Pr}	312
2.2	Luftporenanteil	313
2.3	Begriffe Mindestanforderung/Grenzquantil	313
2.4	Anforderungen in Tabelle 2 ZTV E-StB	313
4.4	Planum	316
	Kommentar	
1	Anforderungen an die Bauausführung	317
2	Schutzmaßnahmen gegen ungünstige Witterung	319
4.5	Verformungsmodul	322
	Kommentar	
1	Bodenspezifische Bewertung	323
1.1	Einflussgrößen	323
1.2	Grobkörnige Böden	324
1.3	Feinkörnige Böden	325
1.4	Gemischtkörnige Böden	326

2	Bewertung für den Fahrbahnaufbau	327
2.1	Aufbaukriterium für standardisierte Bauweisen	327
2.2	Frostsichere Planumsschicht (F1-Böden)	329
2.3	Frost- und witterungsempfindliche Planumsschicht (F2-/F3-Böden)	329
2.4	Verbesserte Planumsschicht	330
3	Dynamischer Verformungsmodul E_{vd}	331
<hr/>		
4.6	Wasserabfluss	332
	Kommentar	
1	Entwurfsplanung	333
2	Fassung und Ableitung von Oberflächenwasser	334
3	Rohrleitungen – Durchlässe	335
4	Hydraulische Berechnung	336
5	Rückhaltung und Reinigung von Wasser	338
<hr/>		
4.7	Bankett	341
	Kommentar	
1	Witterungseinfluss in den Bankettzonen	341
2	Herstellen der Bankette	342
3	Wiederverwendung des Bankettmaterials	342
<hr/>		
4.8	Arbeiten bei und nach Frostwetter	344
	Kommentar	
1	Vorbedingungen für Winterarbeiten	344
2	Empfehlungen für die Ausführung	345
<hr/>		
5	Oberbodenarbeiten	350
	Kommentar	
1	Verwendung und Behandlung von Oberboden	351
2	Begrünung ohne Oberbodenandeckung	353
3	Schutz von Aufwuchs	353
4	Technische Regelwerke/Literatur	353
<hr/>		
6	Böschungen	356
	Kommentar	
1	Ursachen von Bewegungen und Rutschungen	359
2	Feldaufnahme von Rutschungen	361
3	Bodenerosion und Erosionsschutz	363
4	Instabilität durchströmter Schichten	365
5	Entwurfsgrundsätze beim Böschungsbau	365
5.1	Einflussfaktoren	365
5.2	Einschnittsböschungen	366
5.3	Dammböschungen	367

6 Böschungen in Böden	368
6.1 Berechnung der Standsicherheit	368
6.2 Regelformen	369
6.3 Böschungsneigungen	370
7 Böschungen in Fels	372
7.1 Böschungsneigungen	372
7.2 Herstellen von Felsböschungen durch Reißarbeiten	372
7.3 Herstellen von Felsböschungen durch Sprengarbeiten	372
7.4 Wirkung von Sprengerschütterungen	374
8 Sicherungsmaßnahmen	377
8.1 Allgemeine Hinweise	377
8.2 Entwässerungsmaßnahmen	378
8.3 Sicherung durch ingenieurbio-logische Maßnahmen	379
8.4 Erdbautechnische Sicherungen	383
8.5 Konstruktive Böschungssicherungen	384
8.6 Schutzmaßnahmen an verwitterungsempfindlichen Böschungen	387
9 Technische Regelwerke/Literatur	389

7 Abdichtungen 392

Kommentar

1 Spezifische Einwirkungen auf das Grundwasser	394
2 Verlagerung straßenspezifischer Stoffe in den Untergrund	395
3 Sicherheitsbewertung der Maßnahmen zum Grundwasserschutz	396
4 Bautechnische Maßnahmen in Wasserschutz-zonen	397
5 Technische Optionen für Abdichtungen	401
5.1 Allgemeine Anforderungen	401
5.2 Mineralische Flächenabdichtungen	402
5.3 Kunststoffdichtungsbahnen (KDB)	404
5.4 Geosynthetische Tondichtungsbahnen (GTD)	405
5.5 Asphalt-Dichtungsschichten	406
5.6 Systembeispiele	406
6 Technische Regelwerke/Literatur	408

8 Sickeranlagen und Filterschichten 412

Kommentar

1 Hydrodynamische Stabilität durchströmter Schichten	414
1.1 Einflussgrößen	414
1.2 Filtereffekte	415
1.3 Erosion	417
1.4 Suffusion	417
1.5 Kolmation	418
1.6 Setzungsfließen	418
1.7 Auftrieb und hydraulischer Grundbruch	418
2 Sickeranlagen	419
3 Sickerrohrleitungen	420
4 Versickerung von Oberflächenwasser	421
5 Filterschichten	423
6 Geotextile Filter- und Dränelemente	423
7 Schutzmaßnahmen gegen Versinterung und Verockerung	424
8 Technische Regelwerke/Literatur	425

9 Baugruben und Leitungsgräben 428

Kommentar

1 Herstellen von Baugruben und Gräben	431
1.1 Anlage	431
1.2 Schutz und Sicherung der Sohlflächen	432
1.3 Böschungen	433
1.4 Normverbau	434
1.5 Wasserhaltung und Dränage	436
2 Leitungsbau	437
2.1 Geometrie der Grabenprofile	437
2.2 Baustoffe für die Leitungs- und Verfüllzone	438
2.3 Einbau und Verdichten	439
2.4 Spartenspezifische Regeln	441
2.5 Leitungen und Werkstoffe	445
2.6 Traglast von Rohren und Lastannahmen	445
2.7 Bemessung	449
2.8 Bodenkennwerte für Verformungs- und Stabilitätsnachweise	450
3 Unterfangung und Sicherung angrenzender baulicher Anlagen	452
4 Tiefe Baugrubenumschließungen	455
4.1 Wandsysteme	455
4.2 Spundwandumschließung im Grundwasser	460
5 Tiefbauwerke im Grundwasser	463
5.1 Stand der Technik	463
5.2 Beanspruchung und Bemessung	464
5.3 Betontechnologie	465
6 Technische Regelwerke/Literatur	466

10 Hinterfüllen und Überschütten von Bauwerken 470

Kommentar

Vorbemerkung	476
1 Massive Widerlager- und Stützwände	476
1.1 Bauwerksformen	476
1.2 Zusammenhang Erddruck – Wandbewegung	477
1.3 Konstruktionsbedingte Erddruckannahmen	481
1.4 Seitendruck auf Bauteile	483
1.5 Wasserdruck	484
1.6 Zeitpunkt der Hinterfüllung	484
1.7 Baustoffe	485
1.8 Einbau und Verdichten	486
1.9 Entwässerung	487
2 Ausgleich von Wandbewegungen und Setzungsdifferenzen	491
2.1 Schadensursachen	491
2.2 Flach gegründete Stütz- und Widerlagerwände	492
2.3 Überschüttete Bauwerke	493
2.4 Tief gegründete Stütz- und Widerlagerwände	494
3 Gewölbe aus Stahlbeton-Fertigteilen	495
4 Gewölbedurchlässe aus Stahlprofil-Fertigteilen	496
4.1 Systeme	496
4.2 Lastannahmen und Bemessung	496
4.3 Bettungsbereich	497
4.4 Anforderungen an den Füllboden	497

5	Tragverhalten von Anker- und Nagelsystemen	498
5.1	Verbund-Tragsysteme mit Verpressankern	498
5.2	Verbund-Tragsysteme mit Erdnägeln	502
6	Raumgitter-Stützkonstruktionen	503
7	Erdstützkörper nach dem Prinzip „Terre Armée“	505
7.1	Aufbau	505
7.2	Last- und Erddruckannahmen	505
7.3	Stabilitätsnachweise	506
7.4	Anforderungen an den Füllboden und den Einbau	507
8	Trag- und Stützkörper mit Geokunststoffen als Bewehrung	508
8.1	Bauweisen	508
8.2	Verbundwirkung Boden – Bewehrung	509
8.3	Verformungs- und Bruchmechanismen	510
8.4	Berechnungsmodelle	512
8.5	Bemessung und Sicherheitnachweise	513
8.6	Baustoffe und Bauelemente	514
8.7	Entwässerung der Baukörper	518
9	Technische Regelwerke/Literatur	519
11	Schutzwälle	522
	Kommentar	
1	Bauweisen	523
2	Erdwälle	524
2.1	Baustoffe	524
2.2	Einbauen und Verdichten	524
2.3	Aufgesetzte Lärmschutzwand	524
2.4	Oberbodenarbeiten und Bepflanzung	525
3	Sanierung von Erdwällen	525
4	Technische Regelwerke	525
12	Bodenbehandlung mit Bindemitteln	528
	Kommentar	
1	Anwendung	538
1.1	Bodenverfestigungen	538
1.2	Bodenverbesserungen	540
1.3	Temperatureinfluss	540
1.4	Qualitätsanforderungen bei der Bauausführung	540
2	Bauverfahren	541
2.1	Baumischverfahren	541
2.2	Zentralmischverfahren	542
2.3	Bauverfahren nach Fertigerprinzip	542
2.4	Probeverfestigung	542
3	Eignung der Bindemittel	543
3.1	Normative Bindemittel	543
3.2	Bodenspezifische Eignung der Bindemittel	543
4	Bodenverbesserung mit Kalk	548
5	Behandlung schadstoffbelasteter Böden mit Bindemittel	549
6	Technische Regelwerke/Literatur	549

13 Maßnahmen zur Verbesserung von wenig tragfähigem Untergrund und Unterbau 552

Kommentar

1 Entscheidungsgrundsätze für bautechnische Lösungen	557
1.1 Neubau von Verkehrswegen	557
1.2 Ausbau vorhandener Verkehrswege	558
1.3 Bauwerke	558
2 Instabilität der Dämme	559
2.1 Grundbrüche	559
2.2 Böschungsbrüche	560
2.3 Oberflächenerosion	561
2.4 Durchströmung und ansteigendes Grundwasser	561
3 Dämme auf erstkonsolidiertem Untergrund	562
3.1 Bodenphysikalische Eigenschaften	562
3.2 Konsolidationstheorie	562
3.3 Setzungsmessergebnisse von ausgeführten Dämmen	565
3.4 Standsicherheitsnachweise	567
4 Austausch weicher Schichten	570
4.1 Teilaustausch	570
4.2 Vollaustausch	571
4.3 Verdrängung weicher Schichten	572
4.4 Moorsprengverfahren	573
5 Konsolidierungsverfahren	573
5.1 Statische Vorkonsolidierung	573
5.2 Dynamische Vorkonsolidierung	575
5.3 Tiefendräng	576
6 Baugrundstabilisierungen	578
6.1 Tiefenverdichtung	578
6.2 Pfahlsäulen	581
6.3 Injektionen	583
7 Dammgründungen und Tragschichten mit Geokunststoff-Bewehrung	584
7.1 Dammgründungen mit Sohlbewehrung	584
7.2 Verbundtragsysteme aus Sohlbewehrung und vertikalen Tragelementen	588
7.3 Bewehrung ungebundener Tragschichten und Schüttlagen	590
8 Sonderbauweisen	593
8.1 Brücken- und Pfahlkonstruktionen	593
8.2 Dämme aus Leichtbaustoffen	594
8.3 Sohlplatten	594
8.4 Faserarmierte Dämme	595
8.5 Stabilisierung durch Stahlprofile	596
9 Technische Regelwerke/Literatur	596

14 Prüfung der erzielten Qualität 600

Kommentar

1 Geotechnisches Prüfwesen	612
2 Methoden für das Prüfen der Bodenverdichtung	613
2.1 Allgemeine Grundsätze	613
2.2 Methode M1: Vorgehensweise gemäß statistischem Prüfplan	614
2.3 Methode M2: Flächendeckende und arbeitsintegrierte dynamische Prüfmethode	615
2.4 Methode M3: Überwachung des Arbeitsverfahrens	618

3	Prüfverfahren zur Ermittlung von Verdichtungskenngrößen	620
3.1	Verdichtungskenngrößen	620
3.2	Prüfverfahren	620
3.3	Sondierverfahren	621
3.4	Setzungsmaß von Schüttlagen	623
4	Prüfverfahren zur Ermittlung von Verformungskenngrößen	624
4.1	Statischer Plattendruckversuch (DIN 18134)	624
4.2	Dynamischer Plattendruckversuch	627
4.3	Fahrspurtiefe („proof rolling“, Abrollversuch)	628
4.4	Elastische Radeinsenkung (Benkelman-Messverfahren)	629
5	Prüfungen an Boden-Bindemittel-Gemischen	629
5.1	Eignungsprüfungen	629
5.2	Qualitätsprüfungen bei Bauausführung	631
6	Prüfungen bei Bauwerkshinterfüllungen	633
7	Technische Regelwerke/Literatur	633

15 Dokumentation der Qualitätssicherung 638

Kommentar	639
------------------	-----

Anhänge der ZTVE-StB 09

Anhang 1:	Abzüge bei Nichteinhaltung von Anforderungen bei Bodenverfestigungen	640
Anhang 2:	Baustoffeingangsprüfung bei Geokunststoffen	642
Anhang 3:	Kontrollprüfungen bei Geokunststoffen	644
Anhang 4:	Auszüge aus: Einstufung in Boden- und Felsklassen (nach VOB – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten, ATV DIN 18300, Ausgabe Oktober 2006)	645
Anhang 5.1:	Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke (nach DIN 18196, Ausgabe Juni 2006)	647
Anhang 5.2:	Plastizitätsdiagramm mit Bodengruppen (nach DIN 18196, Ausgabe Juni 2006)	650
Anhang 6:	Technische Regelwerke	651

Teil 3 Anhänge

A1	Fahrbahnbefestigungen: Bodenmechanische Entwurfsgrundlagen	658
A1.1	Aufbau von Fahrbahnbefestigungen	658
A1.2	Frostsicherung	671
A1.3	Flugbetriebsflächen	682
A1.4	Messverfahren für Fahrbahn-Untersuchungen	684
A1.5	Schwingungsdynamische Indikatoren	685
A1.6	Technische Regelwerke/Literatur	688
A2	Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau	691
A2.1	Einführung	691
A2.2	Grenzzustände DIN 1054/EC7	692
A2.3	Grundbegriffe des Sicherheitskonzeptes	694
A2.4	Einwirkungen und Beanspruchungen	695
A2.5	Widerstände	696
A2.6	Sicherheitsklassen	696
A2.7	Lastfälle	697
A2.8	Teilsicherheitskonzept	697
A2.9	Gründungen	697
A2.10	Geotechnische Bauwerke mit flexiblen Bewehrungselementen	698
A2.11	Technische Regelwerke	699
A3	Bodenklassifikationen	701
A3.1	DIN 18196 Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke (Übersicht)	701
A3.2	Unified Soil Classification System (USC) des U.S. Bureau of Reclamation ..	702
A3.3	Bodenklassifikation der American Association of State Highway Officials (AASHO) im Vergleich mit USC	703
A4	Kenngößen für Boden und Fels	704
A4.1	Informative Erfahrungswerte für Bodenkenngrößen nach DIN 1055-2	704
A5	Boden- und felsmechanische Versuchstechnik	707
A5.1	Labor- und Feldversuche	707
A5.2	Empfehlungen Versuchstechnik Fels/Gesteine (DGGT)	712
A5.3	Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels – TP BF-StB (FGSV)	712
A5.4	Zusammenstellung der Verdichtungs- und Wassergehaltskenngrößen mit formelgemäßen Definitionen	713
A5.5	Umrechnungsformeln für Verdichtungs- und Wassergehaltskenngrößen	714
A6	Schrifttum	715
A6.1	Übersicht der allgemeinen Bestimmungen und Bedingungen für die Vergabe und Ausführung von Bauleistungen	716
A6.2	Auswahl informativer Grundlagenliteratur über Grundbau, Boden- und Felsmechanik (chronologisch)	717
A6.3	Übersicht des in den Kommentaren eingegliederten fachspezifischen Schrifttums	718
A7	Institutionen	720
A8	Stichwortverzeichnis	721