

# Inhaltsverzeichnis

<b>Mitglieder des Arbeitskreises AK 1.6 „Numerik in der Geotechnik“ . . .</b>	<b>V</b>
<b>Vorwort . . . . .</b>	<b>VII</b>
<b>1      <b>Allgemeiner Teil . . . . .</b></b>	<b>1</b>
1.1     Allgemeine Berechnungsgrundlagen . . . . .	1
1.1.1   Numerisches Modell . . . . .	1
1.1.2   Berechnungsausschnitt, Anfangs- und Randbedingungen .	1
1.1.3   Diskretisierung . . . . .	3
1.1.4   Anfangszustand . . . . .	5
1.1.5   Simulation von Bauzuständen. . . . .	6
1.1.6   Nichtlineare Berechnungen . . . . .	7
1.1.6.1   Vorbemerkungen. . . . .	7
1.1.6.2   Iterationsstrategien . . . . .	8
1.1.6.3   Konvergenzverhalten der numerischen Lösung . . . . .	9
1.1.6.4   Zeitabhängige Prozesse . . . . .	10
1.2     Stoffmodelle und Materialkennwerte für Lockergestein . .	11
1.2.1   Vorbemerkungen. . . . .	11
1.2.2   Häufig verwendete Stoffmodelle . . . . .	11
1.2.2.1   Linear-elastische Stoffmodelle . . . . .	11
1.2.2.2   Stoffmodelle mit veränderlichen Elastizitätsmodul . . . .	12
1.2.2.3   Elastisch-ideal-plastische Stoffmodelle . . . . .	13
1.2.2.4   Elasto-plastische Stoffmodelle mit isotroper Verfestigung .	15
1.2.2.5   Erweiterte Stoffmodelle. . . . .	16
1.2.3   Bestimmung der Materialparameter . . . . .	18
1.2.3.1   Allgemeines . . . . .	18
1.2.3.2   Festigkeitsparameter . . . . .	18
1.2.3.3   Steifigkeitsparameter . . . . .	19
1.3     Stoffmodelle und Materialkennwerte für Festgestein. . . .	20
1.3.1   Vorbemerkungen. . . . .	20
1.3.2   Diskretisierung von Trennflächen . . . . .	20
1.3.3   Spannungs-Dehnungsverhalten und Zeiteffekte. . . . .	22
1.3.4   Versagenskriterien . . . . .	23
1.3.4.1   Versagen auf Trennflächen . . . . .	24
1.3.4.2   Kontinuum . . . . .	25
1.3.5   Bestimmung der Materialparameter . . . . .	26

1.4	Berücksichtigung von Wasser im Baugrund . . . . .	27
1.4.1	Vorbemerkungen. . . . .	27
1.4.2	Grundwasserberechnungen (ungekoppelte Analyse) . . . .	28
1.4.2.1	Modellbildung . . . . .	28
1.4.2.2	Diskretisierung und Randbedingungen . . . . .	29
1.4.3	UndrÄnierte und drÄnierte Analyse . . . . .	32
1.4.4	Konsolidation (gekoppelte Analyse). . . . .	33
1.4.5	Kluftwasserströmung . . . . .	34
1.4.6	Bestimmung der DurchlÄssigkeit . . . . .	35
<b>2</b>	<b>Baugruben und BÖschungen im Lockergestein. . . . .</b>	<b>37</b>
2.1	Vorbemerkungen. . . . .	37
2.2	Numerisches Modell, Berechnungsausschnitt, Anfangs- und Randbedingungen, Diskretisierung. . . . .	38
2.3	Berücksichtigung des Grundwassers . . . . .	41
2.3.1	Allgemeines . . . . .	41
2.3.2	Simulation der Grundwasserabsenkung im numerischen Modell. . . . .	41
2.3.3	Sonstiges. . . . .	42
2.4	Numerische Simulation des Baugrubenverbaus . . . . .	43
2.4.1	SpundwÄnde, Bohrpfahl- und SchlitzwÄnde und im Düsenstrahlverfahren hergestellte VerbauwÄnde . . . . .	43
2.4.1.1	SpundwÄnde . . . . .	43
2.4.1.2	BohrpfahlwÄnde . . . . .	43
2.4.1.3	SchlitzwÄnde . . . . .	45
2.4.1.4	Im Düsenstrahlverfahren hergestellte VerbauwÄnde . . . .	47
2.4.2	FrostwÄnde . . . . .	47
2.4.3	TrÄgerverbau . . . . .	49
2.4.4	Bodenvernagelung. . . . .	52
2.4.5	Verpressanker und Steifen . . . . .	53
2.5	Sicherung der Baugrubensohle . . . . .	54
2.5.1	Allgemeines . . . . .	54
2.5.2	Tiefliegende Dichtsohlen . . . . .	54
2.5.3	Hochliegende Dichtsohlen . . . . .	55
2.6	Stand sicherheitsberechnungen . . . . .	56
2.6.1	Vorbemerkungen. . . . .	56
2.6.2	Vorgehensweise zur Bestimmung der Stand sicherheit . . .	57
2.6.3	Hinweise zur Modellbildung bei Stand sicherheitsberechnungen . . . . .	59
2.6.3.1	Allgemeines . . . . .	59

2.6.3.2	Stoffmodelle für Standsicherheitsberechnungen. . . . .	60
2.6.3.3	Bauteile (Strukturelemente) . . . . .	60
<b>3</b>	<b>Gründungen und Baugrundverbesserung . . . . .</b>	<b>61</b>
3.1	Gründungen . . . . .	61
3.1.1	Vorbemerkungen. . . . .	61
3.1.2	Berechnungsausschnitt, Diskretisierung. . . . .	63
3.1.3	Stoffmodell . . . . .	66
3.1.4	Simulation des Bauablaufs. . . . .	68
3.1.5	Auswerten und Beurteilen der Berechnungsergebnisse. . . . .	70
3.2	Baugrundverbesserung . . . . .	71
3.2.1	Vorbemerkungen. . . . .	71
3.2.2	Bodenaustausch . . . . .	71
3.2.3	Verbesserung durch Verdichten. . . . .	71
3.2.3.1	Statische Verfahren (Konsolidation). . . . .	71
3.2.3.2	Dynamische Verfahren . . . . .	72
3.2.4	Bewehren . . . . .	73
3.2.4.1	Baugrundverbesserung durch Materialzugabe mit Verdrängung. . . . .	73
3.2.4.2	Baugrundverbesserung durch Materialzugabe ohne Verdrängung. . . . .	75
<b>4</b>	<b>Tunnelbau unter Tage . . . . .</b>	<b>77</b>
4.1	Vorbemerkungen. . . . .	77
4.2	Berechnungsausschnitt, Anfangs- und Randbedingungen, Diskretisierung . . . . .	78
4.3	Simulation der Bauverfahren . . . . .	82
4.3.1	Bauverfahren . . . . .	82
4.3.2	Spritzbetonbauweise . . . . .	83
4.3.3	Schildvortrieb und Rohrvorpressungen . . . . .	90
4.3.4	Gefrierverfahren . . . . .	92
4.4	Auswertung und Beurteilung der Berechnungsergebnisse. . . . .	95
4.5	Rückkopplung zwischen Berechnung und Messung . . . . .	96
<b>5</b>	<b>Qualitätsmanagement und Dokumentation numerischer Berechnungen . . . . .</b>	<b>99</b>
5.1	Vorbemerkungen. . . . .	99
5.2	Stellenwert numerischer Berechnungen innerhalb des Projektablaufes . . . . .	100

5.2.1	Modellbildung . . . . .	100
5.2.2	Projektphasen und Verwendungszweck der numerischen Berechnungen . . . . .	102
5.2.3	Projektbasis . . . . .	103
5.2.4	Analyseplan . . . . .	104
5.2.5	Interpretation der Ergebnisse . . . . .	106
5.3	Prüfbarkeit numerischer Berechnungen . . . . .	106
5.4	Aufbau und Wahrung der Fachkompetenz. . . . .	107
5.5	Berechnungsdokumentation. . . . .	108
5.5.1	Externe Dokumentation . . . . .	108
5.5.2	Interne Dokumentation . . . . .	109
<b>6</b>	<b>Literatur . . . . .</b>	<b>111</b>
<b>Beiblatt 1: Baugruben . . . . .</b>		<b>115</b>
1	Einleitung . . . . .	115
2	Dicht gelagerter Sand . . . . .	116
2.1	Geometrie und Berechnungsphasen . . . . .	116
2.2	Materialkennwerte. . . . .	118
2.3	Ergebnisse. . . . .	120
3	Locker gelagerter Sand . . . . .	123
3.1	Geometrie und Berechnungsphasen . . . . .	123
3.2	Materialkennwerte. . . . .	123
3.3	Ergebnisse. . . . .	125
4	Weicher Boden – Klei. . . . .	127
4.1	Geometrie und Berechnungsphasen . . . . .	127
4.2	Materialkennwerte. . . . .	128
4.3	Ergebnisse. . . . .	132
5	Überkonsolidierter Boden – Mergel . . . . .	134
5.1	Geometrie und Berechnungsphasen . . . . .	134
5.2	Materialkennwerte. . . . .	135
5.3	Ergebnisse. . . . .	137
6	Ermittlung der Sicherheit gegen Geländebruch . . . . .	140
7	Zusammenfassung. . . . .	142
<b>Beiblatt 2: Gründungen . . . . .</b>		<b>145</b>
1	Geometrie . . . . .	145
2	Berechnungsphasen . . . . .	148

3	Materialkennwerte. . . . .	149
4	Ergebnisse. . . . .	152
5	Bewertung. . . . .	169
<b>Beiblatt 3: Berechnungsdokumentation . . . . .</b>		<b>171</b>
	Aufbau einer Berechnungsdokumentation . . . . .	171
	Deckblatt. . . . .	171
	Inhaltsverzeichnis. . . . .	171
	Änderungschronik . . . . .	171
	Erläuterungsbericht . . . . .	171
1	Aufgabenstellung . . . . .	172
2	Modellierung . . . . .	172
2.1	Hinweise zum Finite-Elemente-Modell . . . . .	172
2.2	Hinweise zu den verwendeten Stoffmodellen. . . . .	172
3	Berechnungsdurchführung. . . . .	173
3.1	Hinweise zu Berechnungsvarianten (falls vorhanden) . . . . .	173
3.2	Hinweise zu Berechnungsphasen . . . . .	173
4	Berechnungsergebnisse . . . . .	173
4.1	Vergleich und Bewertung der Berechnungsvarianten (falls vorhanden). . . . .	173
4.2	Ergebnisse einzelner Berechnungsphasen . . . . .	174
4.3	Maßgebliche Ergebnisse . . . . .	174
5	Zusammenfassung. . . . .	174
	Anlagenteil (bei einer Berechnungsvariante) . . . . .	175
A1	Modellierung . . . . .	175
A1.1	Allgemeine Informationen (Mindestangaben). . . . .	175
A1.2	Modellgeometrie. . . . .	175
A1.3	Lasten und Randbedingungen . . . . .	176
A1.4	Materialdaten. . . . .	176
A1.5	Vernetzung . . . . .	177
A2	Berechnungen. . . . .	177
A2.1	Berechnungsablauf . . . . .	177
A2.2	Berechnungsphasen . . . . .	178
A3	Berechnungsergebnisse . . . . .	178
A3.i	Berechnungsergebnisse für jede (i-te) Berechnungsphase . . . . .	178
A3.n+1	Zusätzliche Berechnungsergebnisse . . . . .	179
	Anlagenteil bei mehreren Berechnungsvarianten. . . . .	180

A2	Berechnungen. . . . .	180
A.2.1	Überblick über die Berechnungsvarianten . . . . .	180
A.2.2	Berechnungsabläufe. . . . .	180
A.2.i.1	Berechnungsablauf für i-te Berechnungsvariante . . . . .	180
A.2.i.2	Berechnungsphasen für i-te Berechnungsvariante. . . . .	180
A3	Berechnungsergebnisse . . . . .	180
A3.i	Berechnungsergebnisse für i-te Berechnungsvariante. . . . .	181
A3.i.j	Berechnungsergebnisse für jede (j-te) Berechnungsphase . . . . .	181
A3.i.m+1	Zusätzliche Berechnungsergebnisse . . . . .	181