

Springer-Lehrbuch



Wolfgang R. Dächroth

Baugeologie

Eine praxisorientierte Anleitung
für Bauingenieure und Geowissenschaftler

Zweite Auflage

Mit 278 Abbildungen

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York London Paris
Tokyo Hong Kong Barcelona Budapest

Professor Dr. WOLFGANG R. DACHROTH
Geologisch-Paläontologisches Institut
Universität Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 234
6900 Heidelberg, FRG

Die erste Auflage erschien 1990 unter dem Titel W. R. Dachroth,
Baugeologie in der Praxis

ISBN-13: 978-3-540-55165-2

e-ISBN-13: 978-3-642-97393-2

DOI: 10.1007/978-3-642-97393-2

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme.

Dachroth, Wolfgang:

Baugeologie : eine praxisorientierte Anleitung für

Bauingenieure und Geowissenschaftler / Wolfgang R.

Dachroth. – 2. Aufl. – Berlin ; Heidelberg ; New York ;

London ; Paris ; Tokyo ; Hong Kong ; Barcelona ; Budapest :

Springer, 1992

(Springer-Lehrbuch)

Frühere Aufl. u. d. T.: Dachroth, Wolfgang: Baugeologie in der Praxis

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1990, 1992

Softcover reprint of the hardcover 2nd edition 1992

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Einbandgestaltung: W. Eisenschink, Heddeshheim

Satz: CSH Computersatz Heidelberg

Druck und Bindearbeiten: Druckhaus Beltz, Hemsbach

32/3145-5 4 3 2 1 0 – Gedruckt auf säurefreiem Papier

*Architecti est scientia pluribus
disciplinis et variis eruditionibus ornata,
cuius iudicio probantur omnia quae ab
ceteris artibus perficiuntur opera. Ea
nascitur ex fabrica et ratiocinatione.*

VITRUVIUS

De Architectura Libri Decem

Vorwort zur 2. Auflage

Zunehmend sind Baufachleute bereit, den Baugrund nicht nur als homogenen Baustoff zu betrachten, sondern auch die von seiner Entstehung, Lagerung und Verwitterung verursachten Inhomogenitäten und Anisotropien zu berücksichtigen. Die baugeologische Beratung setzt nun aber nicht unmittelbar am geologischen Detail ein. Vorrangig ist der Baugrund nach den Kriterien der Ingenieurwissenschaften zu beurteilen. Je nach Art des Bauvorhabens sind entsprechend den bestehenden technischen Regeln Eingruppierungen vorzunehmen und erdstatistische Nachweise zu erbringen. Diese müssen auch mögliche Schwachstellen im Baugrund erfassen.

Das Buch ist für Bauingenieure und Geologen geschrieben und will Studenten dieser Fachrichtungen mit den wichtigsten Bauaufgaben und Baumethoden des Erd- und Grundbaus bekanntmachen. Es werden hierzu die erforderlichen geologischen Untersuchungen und die zu ermittelnden Bodenkenngrößen beschrieben. Fachingenieure und Baugeologen müssen Verständnis für Bauwerk, Bauverfahren, erdstatistische Berechnungen und Kostenfragen aufbringen. Auch der Baugeologe sollte sich die Fachsprache, Denkweise und Berechnungsmethoden der Ingenieure aneignen und in der Lage sein, selbständig erdstatistische Berechnungen und Abschätzungen wirksamer Kräfte durchzuführen. Soweit geologische Besonderheiten vorliegen, die dem Ingenieur nicht bekannt sind, muß er über die Einzelberatung hinaus in das Programm der Planung und Bauausführung eingreifen.

Im vorliegenden Buch werden die Grundkenntnisse der Geologie und Bodenmechanik vorausgesetzt. Die Gefahren des Baugrundes sowie die auch hierauf abgestimmten Untersuchungen sollen weiteren Publikationen vorbehalten bleiben.

Mein Dank gilt den Damen und Herren, die während ihrer Studienzeit in Heidelberg an meinem Buch mitgearbeitet haben, ganz besonders den Herren E. Kohlmeier, Dr. W. Regenber, M. Rimmel, E. Erten, M. Gierens, R. Herzhauser, R. Breu, K. Bender, ferner den Mitarbeitern des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Universität Heidelberg, die mich in meiner Arbeit unterstützt haben. Ich danke den Herren Dipl.-Ing. R. Rosenthal (Straßenneubauamt Kaiserslautern), Dr. H. Locker (Vorarlber-

ger Illwerke AG, Schruns), Dipl.-Ing. Jens Ingwersen (Amt für Land- und Wasserwirtschaft Lübeck) und Dipl.-Ing. M. Herzhauser (BASF Ludwigshafen) für kritische Durchsicht und wertvolle Ergänzungen des Manuskriptes.

WOLFGANG DACHROTH

Inhaltsverzeichnis

Teil 1 Gründung von Bauwerken

1.1	Gründungsarten	1
1.1.1	Flächengründungen	1
1.1.2	Pfahlgründungen	5
1.2	Belastung des Baugrundes nach Tabellenwerten	8
1.2.1	Belastung von Flächengründungen	8
1.2.2	Belastung von Pfahlgründungen	11
1.3	Belastung des Baugrundes auf Basis erdstatistischer Berechnungen	16
1.3.1	Stand sicherheitsnachweis gegen Grundbruch bei ebenem Gelände	17
1.3.2	Stand sicherheitsnachweis bei geböschtem Gelände	19
1.3.3	Stand sicherheitsnachweis gegen Gelände- und Böschungsbruch	20
1.4	Setzung von Bauwerken und Spannungsverteilung im Baugrund	24
1.4.1	Setzungsberechnung mit Hilfe geschlossener Formeln	26
1.4.2	Setzungsberechnung mit Hilfe lotrechter Spannungen im Boden	28
1.4.3	Berechnungsbeispiele	31
1.4.4	Ungleiche Setzungen	35
1.4.5	Maßnahmen gegen unterschiedliche Setzungen	36
1.4.6	Berechnung des Setzungsanteils aus einer Grundwasserabsenkung	37
1.4.7	Bestimmung der Setzungszeiten	37
1.5	Spannungsverteilung in der Gründungssohle	37
1.5.1	Wechselwirkung zwischen Baugrund und Bauwerk	38
1.5.2	Bettungsmodulverfahren	39
1.5.3	StEIFENmodulverfahren	40

Schriftenverzeichnis siehe 3.9

Teil 2 Baugruben und Gräben

2.1	Aushub von Baugruben	42
2.1.1	Festlösen durch Reißen	44
2.1.2	Festlösen durch Sprengen	46
2.1.3	Gebirgsschonendes Profilsprengen	48
2.1.4	Gebirgsschonendes Gewinnsprengen	49
2.1.5	Gebirgsschonendes Sprengen mit Expansionsmitteln	56
2.1.6	Zerkleinern von übermäßigem Haufwerk und Abbau von Felsrippen	57
2.2	Wasserhaltung und Grundwasserabsenkung	57
2.2.1	Wasserhaltung mit Fangdämmen	58
2.2.2	Offene Wasserhaltung	60
2.2.3	Grundwasserabsenkung mit Brunnen	63
2.2.4	Unterdruckentwässerung	65
2.2.5	Grundwasserabsenkung bei gespanntem Grundwasserspiegel	67
2.2.6	Hydraulischer Grundbruch	70
2.2.7	Erosionsgrundbruch	72
2.3	Geböschte Baugruben	73
2.4	Baugruben mit Verbau	75
2.4.1	Senkrechter Verbau	75
2.4.2	Waagerechter Verbau	75
2.4.3	Trägerbohlwände	76
2.4.4	Mechanisierter Verbau	78
2.4.5	Spundwandverbau	80
2.4.6	Ortwände	81
2.5	Unterfangungen	81
	Schriftenverzeichnis siehe 3.9	

Teil 3 Sicherung von Hängen und Böschungen

3.1	Vorkehrmaßnahmen zur Stabilisierung von Böschungen	84
3.1.1	Entwässerung	84
3.1.2	Böschungssicherung mit ingenieurbio- logischen Bauweisen	84
3.1.3	Böschungssicherung durch Pflaster	86
3.1.4	Böschungssicherung durch Futtermauern	87
3.1.5	Böschungssicherung durch Spritzbeton	89

Inhaltsverzeichnis	XI	
3.2	Erddruck	89
3.3	Konstruktive Hang- und Böschungssicherungen	99
3.4	Stützmauern	100
3.4.1	Winkelstützmauern	103
3.4.2	Schwergewichtsmauern	105
3.4.3	Raumgitterkonstruktionen	106
3.4.4	In sich verankerte Mauern (Schlaufenwände)	110
3.4.5	Bodenvernagelung	111
3.4.6	Bewehrte Erde	111
3.4.7	Stützbauwerke aus TEXSOL	115
3.4.8	Stützmauern aus Drahtgeflechtbehältern mit Füllung aus frostbeständigem Steinmaterial	116
3.5	Stützwände	117
3.5.1	Pfahlwände	120
3.5.2	Schlitzwände	122
3.5.3	Stabilisierung von Erdwänden durch stützende Flüssigkeiten	122
3.5.4	Wände aus säulenförmigen Hochdruck- injektionskörpern	123
3.5.5	Schmalwände	124
3.5.6	Spundwände	124
3.6	Erd- und Felsanker	124
3.6.1	Mechanisch wirkende Anker	125
3.6.2	Klebeanker	125
3.6.3	Verpreßanker	126
3.7	Verankerte Konstruktionen zur Sicherung von Felsböschungen	132
3.8	Geotechnische Grundlagen für die Bemessung verankerter Konstruktionen	132
3.9	Schriftenverzeichnis zum Thema Gründungen, Baugruben, Böschungen	139
3.9.1	Zeitschriften, Periodika	139
3.9.2	Normen, Empfehlungen, Richtlinien	139
3.9.3	Literatur	140

Teil 4 Straßenbau

4.1	Planung und Anlage von Straßen	144
4.2	Bodenerkundung im Straßenbau	149

4.2.1	Morphologie	150
4.2.2	Geologie	151
4.2.3	Hydrogeologie	151
4.2.4	Abschätzen des Wasserabflusses	153
4.2.5	Geotechnische Beschreibung der einzelnen Bodenschichten	153
4.3	Beurteilung von Boden- und Felsarten im Erdbau	156
4.3.1	Benennung der Bodenarten nach DIN 4022 Blatt 1	156
4.3.2	Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke nach DIN 18196	157
4.3.3	Boden- und Felsklassen nach DIN 18300	160
4.3.4	Geologische Untersuchungen als Grundlage für eine Klassifizierung im Felsgestein	161
4.3.5	Klassifizierung nach dem Merkblatt über Felsgruppenbeschreibungen für bautechnische Zwecke im Straßenbau	165
4.3.6	Beurteilung von Boden- und Felsarten für den Einbau	170
4.3.7	Massenbedarf und Auflockerung	175
4.3.8	Dichte des aufgelockerten Bodens beim LKW-Transport	176
4.3.9	Beurteilung der Frostempfindlichkeit	178
4.4	Baugeologische Beurteilung und erdstatische Nachweise	181
4.4.1	Hohlräume im Untergrund	181
4.4.2	Quellfähige Gesteine im Untergrund	182
4.4.3	Sicherheit gegen Geländebruch und Gleiten	182
4.4.4	Zusammendrückbare Schichten im Untergrund	183
4.4.5	Böschungsneigung im anstehenden Lockergestein	183
4.4.6	Böschungen im Felsgestein	187
4.5	Herstellen von Geländeeinschnitten und Böschungen	192
4.6	Bodenverdichtung im Straßenbau	193
4.6.1	Wirkungsweise von Verdichtungsgeräten	195
4.6.2	Bodenverbesserung und Bodenverfestigung im Straßenbau	201
4.6.3	Bodenverbesserung und Bodenverfestigung mit Kalk	202
4.6.4	Bodenverbesserung und Bodenverfestigung mit Zement	208
4.6.5	Bodenverfestigung mit bituminösen Bindemitteln	213
4.7	Frostschäden und Frostsicherheit im Straßenbau	219

4.8	Der Bau von Verkehrsdämmen	223
4.8.1	Setzung und Eigenkonsolidation von Dämmen	224
4.8.2	Gleitsicherheit von Dämmen	225
4.8.3	Grundbruchsicherheit von Dämmen	227
4.8.4	Sicherheit gegen Böschungsbruch	227
4.9	Straßenbau in Mooregebieten	233
4.9.1	Geologische Untersuchungen in Mooregebieten	233
4.9.2	Standssicherheit für Dämme im Moor	236
4.9.3	Setzungsberechnungen für Dämme im Moor	241
4.9.4	Beschleunigung des zeitlichen Ablaufs der Setzungen durch den Einbau von Vertikaldräns	241
4.9.5	Bauweisen für den Straßenbau auf der Mooroberfläche	244
4.9.6	Bauweisen mit vollständiger Beseitigung des Moores	246
4.9.7	Stabilisierung der Aufstandsfläche von Verkehrsdämmen	251
4.9.8	Pfahlkonstruktion und Brücken	252
4.10	Bauüberwachung	252
4.11	Schriftenverzeichnis zum Straßenbau	256
4.11.1	Zeitschriften, Periodika	256
4.11.2	Technische Vorschriften, Richtlinien, Normen, Merkblätter	256
4.11.3	Literatur	257

Teil 5 Tunnelbau

5.1	Geologie und Tunnelbau	260
5.1.1	Regional-geologische Bestandsaufnahme	262
5.1.2	Baugeologische Untersuchung	263
5.1.3	Hydrogeologie und Tunnelbau	267
5.1.4	Gasführung im Gebirge	269
5.1.5	Gebirgswärme	271
5.1.6	Geotechnische Beschreibung des Gebirges	273
5.2	Gebirgsklassifikation	274
5.2.1	Gebirgsklassifikation nach Lauffer	274
5.2.2	RQD-System (Rock Quality Designation, Deere 1973)	277
5.2.3	RMR-Gebirgskennwert (Rock Mass Classes and their Ratings, Bieniawski, 1973,1977)	278
5.2.4	Q-Gebirgsqualitätswert (Rock Quality Value, Barton et al. 1974)	278

5.2.5	Ausbruchsklassifizierung nach dem Standardleistungsbuch StLB 007	278
5.2.6	Gebirgsklassifikation nach ÖNORM B 2203	282
5.3	Gebirgsdruck im Tunnel- und Stollenbau	282
5.3.1	Primäre Spannungsverteilung im unverritzten Gebirge	285
5.3.2	Sekundäre Spannungsverteilung im verritzten Gebirge infolge Schaffung des Hohlraumes	287
5.3.3	Tertiäre Spannungsverteilung infolge Ausbauwiderstand und Fülldruck	291
5.3.4	Quartäre Spannungsverteilungen durch benachbarte Baumaßnahmen	291
5.4	Tunnelbau im Festgestein	291
5.4.1	Ausbruch und Störung des Gleichgewichtes	291
5.4.2	Vortriebsarten	296
5.4.2.1	Der Sprengvortrieb	296
5.4.2.2	Tunnelvortriebmaschinen	298
5.4.2.3	Hydraulik-Tunnelbagger	301
5.5	Grundsätze des modernen Tunnelbaus	301
5.5.1	Neue Österreichische Tunnelbauweise	301
5.5.2	Vollausbruch oder Teilausbruch	303
5.6	Verbau- und Sicherungsmaßnahmen	304
5.6.1	Holz- und Stahlverbau	305
5.6.2	Spritzbeton	308
5.6.3	Ankersicherung	310
5.6.4	Vereisungsverfahren	312
5.6.5	Der Bau großer Felshohlräume/Kavernen	314
5.6.6	Schachtbau	317
5.7	Tunnelvortrieb im grundwassererfüllten Gebirge	322
5.7.1	Beeinträchtigung der Standfestigkeit des Gebirges	324
5.7.2	Beeinträchtigung der Haltbarkeit der Tunnelkonstruktion	324
5.7.3	Arbeitserschweris	325
5.8	Tunnelbau im Lockergestein	325
5.8.1	Schildbauweise	326
5.9	Meßtechniken im Tunnelbau	330
5.9.1	Nivellement	331
5.9.2	Konvergenzmessungen	331
5.9.3	Extensiometermessungen	333

5.9.4	Deflektometer-Messungen	334
5.9.5	Messungen der Ankervorspannung	334
5.9.6	Spannungsmessungen	335
5.9.7	Plattendruckversuche	337
5.9.8	Dilatometermessungen	337
5.10	Tunneldokumentation	338
5.11	Schriftenverzeichnis zum Tunnelbau	340
5.11.1	Zeitschriften, Periodika	340
5.11.2	Technische Vorschriften, Richtlinien, Empfehlungen	340
5.11.3	Literatur	341

Teil 6 Wasserbau

6.1	Wildbachverbauung	345
6.1.1	Maßnahmen im Erosionstrichter	346
6.1.2	Maßnahmen zur Stabilisierung auf dem Schwemmkegel	351
6.2	Regulierung von Bach- und Flußläufen	355
6.2.1	Gewässerkunde	355
6.2.2	Baumaßnahmen beim Flußbau	358
6.2.3	Renaturierung und naturnaher Wasserbau	364
6.3	Küstenschutz	366
6.3.1	Deckwerke als Küstenschutz	369
6.3.2	Strandauffüllungen als Küstenschutz	373
6.3.3	Buhnen als Küstenschutz	378
6.4	Hochwasserschutz	383
6.4.1	Deichbau	383
6.4.2	Kreuzungsbauwerke an Deiche	386
6.5	Stauanlagen, Wehre und Talsperren	388
6.5.1	Wehre	390
6.5.2	Talsperren	393
6.5.3	Veränderungen und Gefahren in der Landschaft – Ökologie	395
6.5.4	Geologische Untersuchungen bei der Planung von Talsperren	397
6.5.5	Baumaßnahmen zur Behandlung des Sperren- untergrundes	405
6.5.6	Staumauern	408
6.5.7	Staudämme	410

6.5.8	Kontrollmessungen an Absperrbauwerken	413
6.6	Kanäle und Leitungen	415
6.6.1	Querschnittsgestaltung und Wasserdurchfluß	416
6.6.2	Erosionsschutz und Dichtungskonzepte	419
6.6.3	Erdarbeiten bei Kanal- und Leitungsbau	421
6.6.4	Baugrunduntersuchung für erdverlegte Rohrleitungen	422
6.6.5	Einbringen von Rohrleitungen in geschlossener Bauweise	423
6.6.6	Baugrunduntersuchung für das Einbringen von Rohr- leitungen in geschlossener Bauweise	428
6.7	Landwirtschaftlicher Wasserbau	430
6.7.1	Maßnahmen der Entwässerung	432
6.7.2	Maßnahmen zur Bewässerung	435
6.8	Schriftenverzeichnis zum Wasserbau	442
6.8.1	Zeitschriften, Periodika	442
6.8.2	Technische Vorschriften, Normen, Empfehlungen	442
6.8.3	Literatur	442

Teil 7 Abfallentsorgung und Deponietechnik

7.1	Halden und Kippen	446
7.2	Klärteiche	448
7.3	Abwasserversenkung	451
7.4	Abfallbeseitigung	457
7.4.1	Hausmüll	457
7.4.2	Sondermüll	457
7.5	Standortbeurteilung bei Deponien	459
7.5.1	Geologische Verhältnisse	460
7.5.2	Hydrogeologische Standortkriterien	460
7.5.3	Deponiearten	464
7.5.4	Multibarrierenkonzept	465
7.5.5	Anforderungen an Untertagedeponien	467
7.5.6	Bewertung der wichtigsten Gesteine für Untertagedeponien	468
7.6	Ausbildung der Deponiebasis	470
7.6.1	Deponiebasisabdichtung	470
7.6.2	Eignungsprüfungen	473

7.6.3	Versuchsfelder für die mineralische Basisabdichtung	477
7.6.4	Einbau der mineralischen Basisabdichtung	477
7.6.5	Qualitätskontrolle der Deponiebasisabdichtung	478
7.6.6	Sicker- und Schutzschichten, Dränagen	480
7.6.7	Ausbildung der Basisabdichtung in den Deponiewänden	481
7.6.8	Vertikale Abdichtung von Deponien und Altlasten	481
7.7	Einbau fester und halbfester Abfälle	484
7.7.1	Bodenmechanische Kenngrößen für Müll/Abfall	486
7.7.2	Sicherheit gegen Böschungsbruch von Müllhalden	487
7.7.3	Spreizdruckuntersuchung bei Müllhalden	488
7.7.4	Grundbruchsicherheit	488
7.7.5	Setzungsberechnung bei Müllhalden	489
7.7.6	Kontrollmessungen	489
7.8	Oberflächenabdichtung	492
7.9	Deponiegas	493
7.9.1	Entgasung der Deponien	496
7.9.2	Technische Entgasung	497
7.9.3	Nachweis von Deponiegas	489
7.10	Menge und Zusammensetzung von Sickerwässern aus Mülldeponien	500
7.11	Altablagerungen, Altstandorte, Altlasten	504
7.11.1	Schadstoffausbreitung durch hydraulische Strömung (Konvektion)	504
7.11.2	Schadstoffausbreitung durch Diffusion in der flüssigen Phase	505
7.11.3	Schadstoffausbreitung durch Gasmigration	507
7.11.4	Schadstoffausbreitung durch Diffusion in der Gasphase	508
7.11.5	Gefährdungsabschätzung der Altablagerungen	508
7.11.6	Bautechnische Lösungen für Abdichtungssysteme an Altstandorten und Altdeponien	510
7.12	Schriftenverzeichnis Abfallentsorgung und Deponietechnik	515
7.12.1	Zeitschriften, Periodika	515
7.12.2	Richtlinien, Merkblätter, Empfehlungen	515
7.12.3	Literatur	515
	Subject Index	519