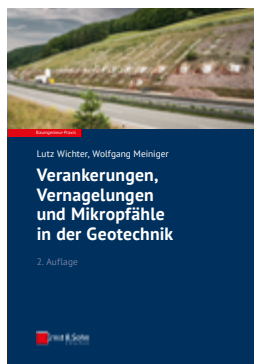


Lutz Wichter, Wolfgang Meiniger

# Verankerungen, Vernagelungen und Mikropfähle in der Geotechnik

- Leitfaden für Bauherren, Planer und Ausführende
- berücksichtigt alle aktuellen Regelwerke
- zeigt Schadensmöglichkeiten auf

Das Buch gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Verankerungs- und Vernagelungstechnik. Es entstand aus der Tätigkeit der Autoren, die seit drei Jahrzehnten mit der Prüfung und Beurteilung von Verankerungen und Vernagelungen beschäftigt sind.



2., aktualisierte Auflage · 2022 ·  
212 Seiten · 180 Abbildungen · 31 Tabellen

Softcover	
<b>ISBN 978-3-433-03249-7</b>	<b>€ 55*</b>
eBundle (Print + ePDF)	
<b>ISBN 978-3-433-03306-7</b>	<b>€ 69*</b>

Verpressanker, Bodennägel und Mikropfähle sind wichtige Konstruktionsmittel des Spezialtiefbaus. Das Buch beantwortet eine Vielzahl von Fragen, die im Zusammenhang mit dem Einsatz von Ankern und Nägeln immer wieder gestellt werden. Es entstand aus der Tätigkeit der Autoren, die viele Jahre mit der Prüfung und Beurteilung von Verankerungen und Vernagelungen beschäftigt waren. Behandelt werden Herstellung und Bauarten von Verpressankern und Bodennägeln, Ankerwerkstoffe und Ankerenteile, die Wirkungsweise von Verpressankern und Nägeln, die Prüfungen an Ankern sowie Überwachungsmöglichkeiten bei verankerten Konstruktionen. Hinweise zur Vermeidung von Schäden bei Verankerungen runden das Werk ab.

## BESTELLUNG

Anzahl	ISBN /	Titel	Preis
	978-3-433-03249-7	Verankerungen, Vernagelungen und Mikropfähle in der Geotechnik	€ 55*
	978-3-433-03306-7	Verankerungen, Vernagelungen und Mikropfähle [...] (Print + ePDF)	€ 69*

## BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de/3249

\* Der €-Preis gilt ausschließlich für Deutschland. Inkl. MwSt.

Privat

Geschäftlich

Bitte richten Sie Ihre Bestellung an:

Tel. +49 (0)30 47031-236

Fax +49 (0)30 47031-240

marketing@ernst-und-sohn.de

\_\_\_\_\_  
Firma, Abteilung

\_\_\_\_\_  
UST-ID Nr.

\_\_\_\_\_  
Name, Vorname

\_\_\_\_\_  
Telefon

\_\_\_\_\_  
Fax

\_\_\_\_\_  
Straße, Nr.

\_\_\_\_\_  
PLZ/Ort/Land

\_\_\_\_\_  
E-Mail

www.ernst-und-sohn.de/3249

\_\_\_\_\_  
Datum/Unterschrift

## Vorwort

Die Technik der Einleitung von Zugkräften in das Gebirge wurde bereits vor mehr als 100 Jahren bei der Firstsicherung im Bergbau mit Kurzankern angewandt. In den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts blieb der Einsatz von Ankern im Bauwesen aber auf Einzelfälle im Felsbau beschränkt. In großem Umfang fanden Verpressanker erst Eingang in das Bauwesen, nachdem im Jahre 1958 der erste Anker im Lockergestein erfolgreich hergestellt worden war. Seitdem haben sich vorgespannte Anker und nicht vorgespannte Nägel zu wichtigen und häufig eingesetzten Konstruktionselementen im Ingenieurbau entwickelt. Ihr Einsatz für dauernde Zwecke ist in Deutschland bauaufsichtlich geregelt.

Auch Vernagelungen von Baugrubenwänden und Böschungen sind seit etwa dem Jahre 1980 fester Bestandteil der Spezialtiefbauverfahren. Das Bauverfahren „Bodenvernagelung“ ist beim Einsatz für Daueraufgaben ebenfalls bauaufsichtlich geregelt worden. Es bietet z. B. bei der Herstellung von Baugruben im Vergleich zu anderen Verfahren häufig Vorteile. Der Einsatz ist allerdings an die Voraussetzung gebunden, dass der Boden über eine kurze Zeit die Herstellung einer ungestützten Steilböschung von 1,5–2,0 m Höhe erlaubt und dass die Baumaßnahme oberhalb des Grundwasserspiegels durchgeführt wird.

Gebirgsanker (Felsbolzen) sind unverzichtbarer Bestandteil der Sicherungsmittel des modernen Tunnelbaus. Ihr Einsatz ist eine Voraussetzung für die Herstellung zahlreicher Großtunnel für den Verkehrswegebau in den letzten beiden Jahrzehnten gewesen. Die Anforderungen an Gebirgsanker unterscheiden sich von denen, die an vorgespannte Verpressanker zu stellen sind. Gebirgsanker werden in Deutschland meist nur für vorübergehende Zwecke eingesetzt. Sollen sie für Daueraufgaben verwendet werden, so müssen sie hinsichtlich der konstruktiven Durchbildung die Anforderungen an den Korrosionsschutz erfüllen, die auch an Daueranker gestellt werden.

Anker und Nägel sind, wenn sie sachgerecht hergestellt und geprüft wurden, sichere und dauerhafte Konstruktionselemente. Im Zusammenhang mit dem Einsatz treten aber in der Praxis insbesondere dann, wenn hohe Kräfte dauerhaft in den Baugrund abgetragen werden müssen, nicht selten Fragen und auch Vorbehalte auf. Sie sind zum Teil in der Furcht vor Korrosion begründet, zum anderen Teil auch in der vermeintlichen Notwendigkeit, diese Bauteile während der gesamten Einsatzdauer überwachen zu müssen.

Das Buch soll einen Überblick über den Stand der Verankerungs- und Vernalgungstechnik vermitteln. Es entstand aus der Tätigkeit der Autoren, die seit ca. 40 Jahren mit der Prüfung und Beurteilung von Verankerungen und Vernalgungen beschäftigt sind. Die Erfahrungen von Kollegen, die bei zahlreichen Fachveranstaltungen über Anker und Nägel berichtet haben, wurden so weit als möglich eingearbeitet. Das Buch ist für die Praxis gedacht und enthält deshalb eine Anzahl von Tabellen zum Nachschlagen. Es behandelt die Herstellung und Bauarten von Verpressankern, Bodennägeln und Gebirgsankern im Berg- und Tunnelbau, Ankerwerkstoffe und Ankerteile, die Wirkungsweise von Verpressankern und Nägeln, die Prüfungen an Ankern sowie die Überwachungsmöglichkeiten bei verankerten Konstruktionen. Nicht zuletzt soll es Hinweise zur Vermeidung von Schäden bei Verankerungen geben.

Teichland und Wiggensbach,  
im März 2022

*Lutz Wichter und Wolfgang Meiniger*

# Inhaltsverzeichnis

**Vorwort** *V*

- 1 Einleitung** *1*
  
- 2 Entwicklung der Ankertechnik, gültiges technisches Regelwerk, Symbole** *5*
  - 2.1 Entwicklung der Ankertechnik *5*
  - 2.2 Technisches Regelwerk *7*
  - 2.3 Symbole *10*
  
- 3 Herstellung und Bauarten von Verpressankern** *11*
  - 3.1 Ankerbohrverfahren *11*
    - 3.1.1 Bohrungen im Lockergestein *11*
    - 3.1.2 Bohrungen in Fels *13*
    - 3.1.3 Bohrungen gegen drückendes Wasser *13*
    - 3.1.4 Selbstbohrende Anker *14*
    - 3.1.5 Ankereinbau und Verpressen *15*
    - 3.1.6 Nachverpressen *17*
    - 3.1.7 Montage des Ankerkopfes *18*
    - 3.1.8 Spannen und Festlegen *19*
  - 3.2 Bauarten von Verpressankern *20*
    - 3.2.1 Verbundanker *20*
    - 3.2.2 Druckrohranker *22*
    - 3.2.3 Anker mit aufweitbarem Verpresskörper *23*
    - 3.2.4 Anker mit ausbaubarem Zugglied *25*
    - 3.2.5 Anker mit der Möglichkeit zur Regulierung der Ankerkräfte *26*
  
- 4 Ankerwerkstoffe und Ankerbauteile** *29*
  - 4.1 Zugglieder *29*
    - 4.1.1 Zugglieder für Einstabanker *29*
    - 4.1.2 Zugglieder für Litzenanker *29*
    - 4.1.3 Zugglieder für Bündelanker (Mehrstabanker) *32*
    - 4.1.4 Zugglieder aus Stahlrohren *32*

- 4.1.5 Zugglieder aus Edelstahl Rostfrei 32
- 4.1.6 Zugglieder aus Glasfasern 33
- 4.1.7 Zugglieder aus Aramid oder Kohlefasern 33
- 4.2 Ankerköpfe 33
- 4.3 Verpresskörper 35
- 4.4 Korrosionsschutz 36
- 4.5 Abstandhalter 38
  
- 5 Tragfähigkeit von Verpressankern 39**
- 5.1 Tragfähigkeit des Stahlzuggliedes 39
  - 5.1.1 Tragfähigkeit bei vorwiegend ruhender Belastung 39
  - 5.1.2 Tragfähigkeit bei nicht vorwiegend ruhender Belastung 40
  - 5.1.3 Haftverbund von Stahlzuggliedern in Zementmörtel 40
- 5.2 Bodenmechanische Tragfähigkeit von Ankern 41
  - 5.2.1 Krafteintragung vom Anker in den Baugrund 41
  - 5.2.2 Abschätzung der bodenmechanischen Tragfähigkeit 48
  - 5.2.3 Erhöhung der Ankertragfähigkeit durch Nachverpressung 51
  
- 6 Prüfungen an Ankern nach DIN EN 1537 und DIN SPEC 18537 55**
- 6.1 Allgemeines 55
- 6.2 Untersuchungsprüfungen an Ankern 57
- 6.3 Eignungsprüfungen 58
- 6.4 Abnahmeprüfung 65
- 6.5 Gruppenprüfung 67
- 6.6 Schwellbelastungsprüfung 67
- 6.7 Ankerachprüfung 68
  
- 7 Überwachung eingebauter Anker 71**
- 7.1 Optische Kontrollen der sichtbaren Ankerteile 71
- 7.2 Ankerkraftüberwachung mit Abhebeversuchen 72
- 7.3 Im Bohrloch eingebaute Kontrolleinrichtungen 75
  - 7.3.1 Optische Sensoren/Lichtwellenleitersensoren (LWL-Sensoren) 75
  - 7.3.2 Potentialmessungen mit eingebauten Elektroden 76
  - 7.3.3 Reflektometrische Impulsmessungen 76
- 7.4 Überwachung der Ankerkräfte mit fest installierten Kraftmesseinrichtungen 77
- 7.5 Indirekte Überwachung mit Extensometern 79
- 7.6 Prüfung durch elektrische Widerstandsmessungen 79
  
- 8 Schadensmöglichkeiten bei Verpressankern 83**
- 8.1 Schäden durch Korrosion der Stahlzugglieder und Ankerkopfteile 83
- 8.2 Schäden durch konstruktive Mängel des Bauentwurfes 86
  - 8.2.1 Schäden durch ungenügende Berücksichtigung des Schichtaufbaus 87
  - 8.2.2 Fehlender Ansatz des Wasserdrucks 89
  - 8.2.3 Zu schwache Dimensionierung der Kopfaufleger 90

- 8.3 Schäden durch schlecht geplanten Bauablauf 90
- 8.4 Beschädigung von Ankern durch den Transport 91
- 8.5 Beschädigung von Ankern bei der Lagerung und beim Einbau 92
- 8.6 Beschädigung eingebauter Anker durch den Baustellenbetrieb 93
- 8.7 Schäden an Ankern durch aggressive Inhaltsstoffe in Grundwasser und Boden 94
- 8.7.1 Maßnahmen bei hohem Sulfatgehalt 97
- 8.7.2 Maßnahmen bei hohem Gehalt an kalklösender Kohlensäure 99
- 8.7.3 Maßnahmen bei hohem Ammoniumgehalt oder Magnesiumgehalt 99
- 8.8 Schäden durch nicht fachgerechte Herstellung der Anker 100
- 8.8.1 Beschädigung des Korrosionsschutzes beim Einbau 101
- 8.8.2 Ungenügende Begrenzung des Verpresskörpers 101
- 8.8.3 Undichtigkeiten und Bodenaustrag bei der Ankerherstellung gegen drückendes Grundwasser 101
- 8.8.4 Ankerversagen durch fehlende oder zu weit auseinanderliegende Abstandhalter 102
- 8.8.5 Schäden durch zu hohe Verpressdrücke 104
- 8.8.6 Schäden durch nicht haltende Litzenverkeilungen 105
- 8.8.7 Ankerversagen durch ungenügenden Winkelausgleich 110
- 8.8.8 Ankerversagen infolge Bodenauflockerung bei der Kampfmittelerkundung 111
  
- 9 Beispiele für den Einsatz von Verpressankern 113**
- 9.1 Baugrubenwandverankerungen 113
- 9.1.1 Berliner Baugruben im Grundwasser 113
- 9.1.2 Bergseitige Baugrubensicherung für den Neubau der Landesbausparkasse in Stuttgart 113
- 9.2 Verankerte Stütz- und Futtermauern 116
- 9.2.1 Stützmauer Rötteln 116
- 9.2.2 Futtermauern an der BAB A7 bei Aalen 117
- 9.3 Verankerungen von Hängen und Böschungen 121
- 9.3.1 Hangsicherung Zaisersweiher 121
- 9.3.2 Sicherung einer Wohnbebauung auf einem Rutschhang durch verankerte Tiefbrunnen 121
- 9.3.3 Verankerung der Krone eines Autobahndammes 123
- 9.4 Auftriebssicherungen 126
- 9.5 Abgespannte Konstruktionen 128
- 9.5.1 Neckarbrücke in Stuttgart-Hofen 128
- 9.5.2 Kylltalbrücke im Zuge des Baus der BAB A60 128
- 9.6 Ertüchtigung der Staumauer der Talsperre Muldenberg in Sachsen 129
- 9.7 Kavernen 131
- 9.7.1 Kaverne Goldisthal 131
- 9.7.2 Kaverne Kraftwerk Waldeck II 132

- 10 Berechnung von Verankerungen 133**
  - 10.1 Grundsätze 133
  - 10.2 Verankerungen beim Baugrubenverbau und bei Ufersicherungen 133
  - 10.3 Hangsicherungen durch Verankerung 134
  - 10.4 Auftriebssicherungen durch Verankerung 135
  - 10.5 Verankerte Seilabspannungen 135
  - 10.6 Andere Anwendungen 136
  
- 11 Vernagelungen von Boden und Fels 137**
  - 11.1 Verfahrensbeschreibung 137
  - 11.2 Historische Entwicklung und Anwendungsgrenzen 141
  - 11.3 Baurechtliche Aspekte 142
  - 11.4 Nagelwerkstoffe und Zubehör 143
  - 11.5 Bauarten von Nägeln 147
  - 11.6 Herstellung, Transport, Lagerung und Einbau der Nägel 149
  - 11.7 Prüfungen an Nägeln 150
  - 11.8 Schadensmöglichkeiten 153
  - 11.9 Beispiele für Vernagelungen 155
    - 11.9.1 Vernagelte Baugrubenwand an der B29 – Umfahrung Schorndorf 155
    - 11.9.2 Vernagelung eines Hanganschnittes im Glimmerschiefer 155
    - 11.9.3 Böschungsvernagelung im Zuge der B312 bei Reutlingen 158
    - 11.9.4 Erhöhung der Standsicherheit von Bahndämmen durch flächenhafte Bewehrung 158
  
- 12 Berechnung von Vernagelungen 163**
  - 12.1 Statische Berechnung von Vernagelungen mit einer Außenhaut aus Spritzbeton 163
    - 12.1.1 Nachweis der äußeren Standsicherheit 164
    - 12.1.2 Bemessung der Nägel 168
    - 12.1.3 Bemessung der Außenhaut aus Spritzbeton 170
  - 12.2 Nachweis der Standsicherheit bei der Vernagelung alter Stützmauern aus Naturstein 171
    - 12.2.1 Allgemeines 171
    - 12.2.2 Nachweis der äußeren Standsicherheit 173
    - 12.2.3 Bemessung der Nägel 173
    - 12.2.4 Nachweis der Einleitung der Nagelkopfkkräfte in die Mauern 174
  - 12.3 Vernagelung von rutschgefährdeten Böschungen 175
    - 12.3.1 Vernagelung mit Nägeln oder Zugpfählen 175
    - 12.3.2 Vernagelung mit gleichzeitiger Stabilisierungsinjektion („Injektionsvernagelung“, „Injektionsverdübelung“) 176

<b>13</b>	<b>Zugpfähle</b>	<b>181</b>
13.1	Zugpfähle aus Stabstählen mit aufgerolltem Gewinde	181
13.1.1	Pfähle mit Traggliedern aus Stahl B500B und S555/700 (Gewindepfähle, GEWI-Pfähle)	182
13.1.2	Soiljet-GEWI-Pfähle	183
13.2	Rohrverpresspfähle mit aufgerolltem Gewinde	186
13.2.1	Pfähle mit Traggliedern aus Feinkornbaustahl (Verpresspfähle TITAN)	186
13.2.2	Pfähle mit Traggliedern aus Vergütungsstahl (Verpresspfähle DYWI Drill)	189
13.3	Pfähle mit Traggliedern aus Rundstahl	190
13.4	Bemessung von Zugpfählen	192
13.5	Prüfung von Zugpfählen (statische axiale Probelastungen)	192
13.5.1	Probelastungen an Bauwerkspfählen	192
13.5.2	Prüfregime	194
13.5.3	Auftragung und Beurteilung der Prüfergebnisse	195
13.6	Rammpfähle aus Stahlprofilen (RV-Pfähle, MV-Pfähle) und Gussrohren	195
13.6.1	Rammverpresspfähle (RV-Pfähle) und Mantelverpresspfähle (MV-Pfähle)	195
13.6.2	Rüttel-Injektionspfähle (RI-Pfähle)	196
13.6.3	Pfähle aus duktilem Gusseisen	198
<b>14</b>	<b>Anker und Nägel im Tunnel- und Bergbau</b>	<b>201</b>
14.1	Allgemeines	201
14.2	Bauarten von Gebirgsankern	202
14.2.1	Kunstharzklebeanker	202
14.2.2	Schlitzkeilanker, Gleitkeilanker, Spreizhülsenanker	203
14.2.3	Zementmörtelanker	204
14.2.4	Expansionsanker „Swelllex“	205
14.3	Zugglieder von Gebirgsankern	206
14.3.1	Zugglieder aus Stahl	206
14.3.2	Gebirgsanker aus GFK	206
14.4	Prüfungen an Gebirgsankern	208
	<b>Literatur</b>	<b>209</b>



# 1

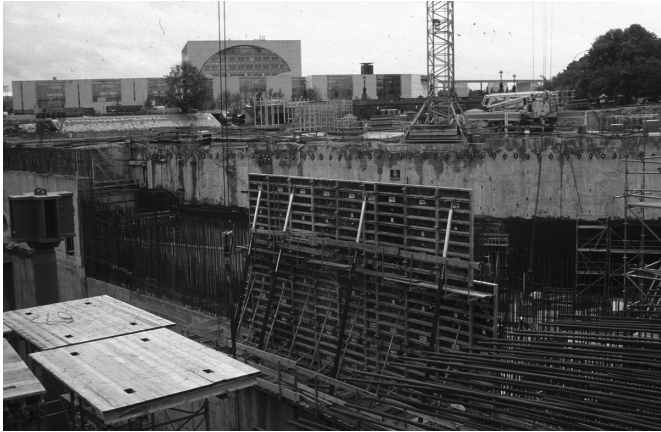
## Einleitung

Mit Verankerungen und Vernagelungen ist es heute möglich, große Zugkräfte in nahezu jeden Baugrund einzuleiten und damit Ingenieurbauwerke zu errichten, die vor der Entwicklung dieser Bauelemente völlig anders ausgefallen wären. Als ein Beispiel seien hier Hängeseilbrücken genannt, deren Seilkräfte vor der Entwicklung der Ankerstechnik ausschließlich durch große Totlasten aufgenommen werden mussten. Noch zu Beginn der Sechzigerjahre des 20. Jahrhunderts zeigte ein Blick in große und tiefe Baugruben zunächst eine Stahlbaustelle: Die Aufnahme der Erd-druckkräfte erforderte eine große Anzahl von Steifen aus schweren Stahlprofilen, die zudem bei größeren Baugrubenbreiten wegen der erforderlichen Knicksicherheit eine Vielzahl vertikaler Stützungen benötigten. Ein wirtschaftliches Arbeiten war in solchen Baugruben kaum möglich, da der Einsatz größerer Geräte durch die Steifen und Stützen verhindert wurde (Abb. 1.1). Ausgesteifte große Baugruben findet man heute kaum noch. Verpressanker haben seit ca. 50 Jahren die Steifen ersetzt (Abb. 1.2).

Mit der Entwicklung des Bauverfahrens Bodenvernagelung vor etwa 40 Jahren wurde es möglich, Baugruben auszuheben und die Sicherung der Baugrubenwände mit Spritzbeton und Zuggliedern aus Baustahl während des Aushubs vorzunehmen.



**Abb. 1.1** Ausgesteifte Baugrube.



**Abb. 1.2** Verankerte Baugrubenwand in Berlin.

Ramm- und Bohrarbeiten mit schwerem Gerät zur Einbringung von Verbauträgern von der Geländeoberfläche aus wurden überflüssig, wenn die Baugrundverhältnisse den Einsatz des neuen Verfahrens ermöglichten. Auch bei der Bodenvernagelung geht es darum, Zugkräfte in den Baugrund einzuleiten.

Die moderne Tunnel- und Bergbautechnik setzt in großem Umfang Gebirgsanker ein. Die sogenannte Systemankerung der Firste und Ulme großer Tunnel und Kavernen ist eines der wichtigsten Sicherungsmittel der heute in Europa fast ausschließlich angewandten Spritzbetonbauweise, die man auch als Neue Österreichische Tunnelbauweise (NÖT) bezeichnet. Auch hier ist es erst durch den Einsatz von Ankern in Verbindung mit dem Sicherungsmittel Spritzbeton möglich geworden, beim Tunnelvortrieb auf Steifen weitgehend zu verzichten und für den Ausbruch und die Sicherung große Maschinen einzusetzen. Die zahlreichen seit etwa dem Jahr 1980 in Deutschland ausgeführten Tunnelbauten für Neubaustrecken der Bahn und für leistungsfähige Fernstraßen und Ortsumgehungen wären, ebenso wie die neueren Tunnel der Alpenquerungen, ohne den Einsatz von Gebirgsankern kaum mit angemessenem Aufwand möglich gewesen.

Die Einleitung von Zugkräften in den Baugrund und die dafür erforderlichen Materialien, Verfahren und Prüfvorschriften sind der Gegenstand dieses Buches. Der Begriff „Anker“ wird im Bauwesen häufig sowohl für vorgespannte als auch für nicht vorgespannte Bauteile verwendet. Die mechanische Wirkungsweise und auch das technische Regelwerk lassen es aber sinnvoll erscheinen, zwischen Verpressankern, Bodennägeln, Gebirgsankern und Zugpfählen zu unterscheiden (siehe Abb. 1.3).

Tab. 3.1 Übliche Ankerbohrverfahren.

Bezeichnung des Bohrverfahrens	Verrohrung	Spülung	Haupteinsatzgebiete
Rammbohrung	Ja	Nein	Locker bis mitteldicht gelagerte nichtbindige Böden (Einsatz auch bei Bohrungen gegen drückendes Grundwasser)
Drehschlagbohrung, Außenhammer	Nein	Luft	Fels
Drehschlagbohrung, Senkhammer	Nein	Luft	Fels, feste bindige Böden ohne Wasser
Überlagerungsbohrung	Ja	Luft Wasser	Vor allem in nichtbindigen und bindigen, wenig standfesten Böden
Schneckenbohrung	Nein	Nein	In standfesten bindigen Böden oder weichem Fels
Kernbohrung	Ja	Wasser	Fels, Beton, in Ausnahmefällen bindige Böden

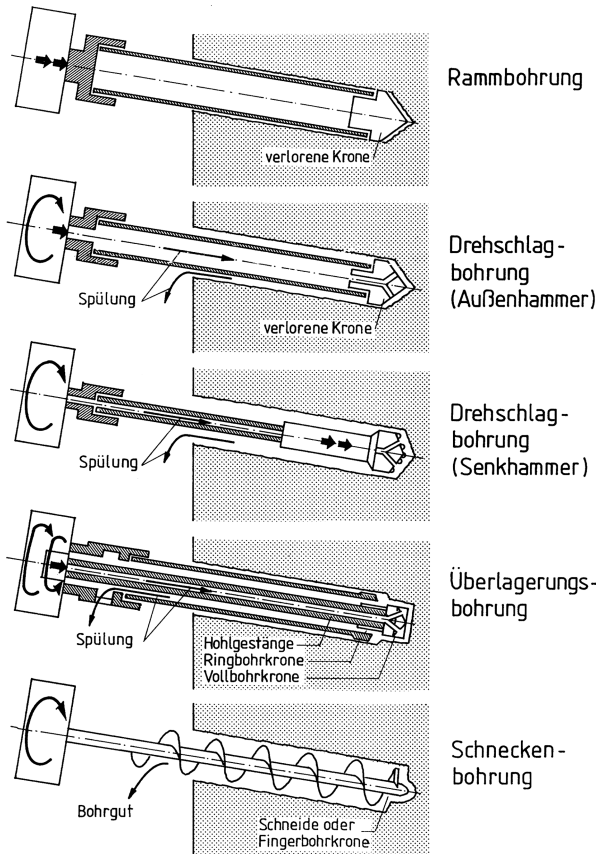


Abb. 3.1 Prinzip der Ankerbohrverfahren.



**Abb. 3.2** Modernes Ankerbohrgerät mit Gestängemagazin.

### 3.1.2 Bohrungen in Fels

Bohrungen in hartem Fels werden meist drehschlagend mit Luftspülung hergestellt. Als Bohrwerkzeug wird ein Senkhammer (Imlochhammer) mit Warzenbohrkrone oder auch ein Außenhammer eingesetzt. In besonderen Fällen ist die Bohrkrone als Exzenter ausgebildet, mit dem der Bohrlochdurchmesser ab einer bestimmten Tiefe vergrößert werden kann. Bei tieferliegendem Felshorizont wird im Bereich der nicht standfesten Lockergesteinsschichten eine Verrohrung eingedreht (Überlagerungsbohrung) und mit Erreichen des Felshorizontes lediglich mit dem Imlochhammer weiter gebohrt. Manche Felsarten, die hinsichtlich ihrer Härte an der Grenze zum Lockergestein anzusiedeln sind, lassen sich auch ohne Spülung mit einer Schnecke und aufgesetzter Felsbohrkrone bohren.

### 3.1.3 Bohrungen gegen drückendes Wasser

Die Ankerherstellung gegen drückendes Wasser hat in Deutschland vor allem bei den zahlreichen Großbauten nach der Wiedervereinigung in Berlin an Bedeutung gewonnen. Der Berliner Baugrund mit seinen kohäsionslosen Fein- und Mittelsanden stellte die Ankertechnik dabei vor besondere Probleme. Die Sandböden neigen auch bei geringen Leckagen am Bohrlochmund zum Ausfließen aus dem Bohrloch mit dadurch hervorgerufenen Geländesetzungen. Aber auch in anderen geologischen Verhältnissen ist die Ankerherstellung gegen drückendes Wasser schwierig und nicht selten mit finanziellen Verlusten verbunden. Neben der technischen Aufgabe, das Bohrloch während des Bohrens und danach abzudichten, ist auch die Herstellung eines tragfähigen Verpresskörpers gegen das drückende Wasser nicht einfach. Sofern möglich sollte man deshalb versuchen, die Ankerbohrungen über dem Grundwasserspiegel anzusetzen.

Beim Abteufen einer Ankerbohrung gegen drückendes Grundwasser muss der Durchgang durch die Baugrubenwand und das bergseitige Ende der Verrohrung

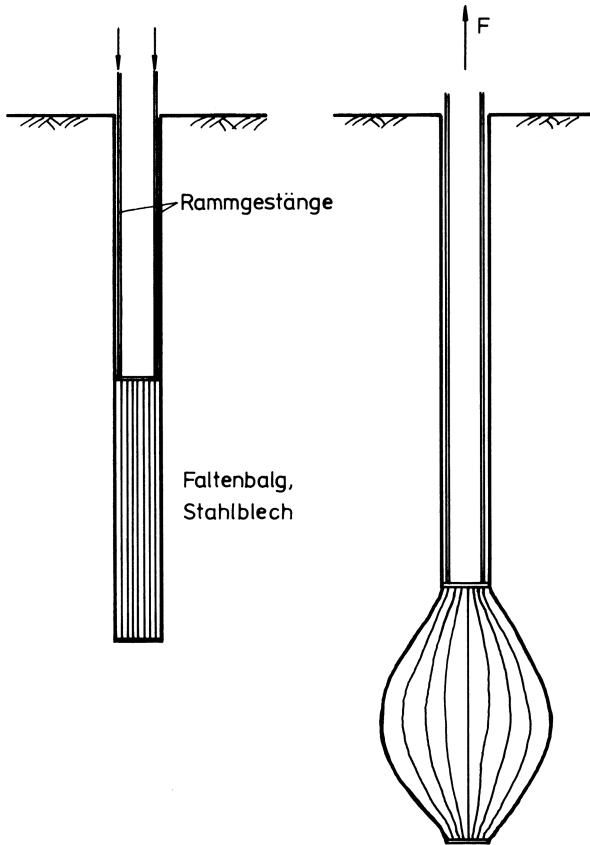


Abb. 3.13 Konstruktionsprinzip eines Ankers mit aufweisbarem Verpresskörper.



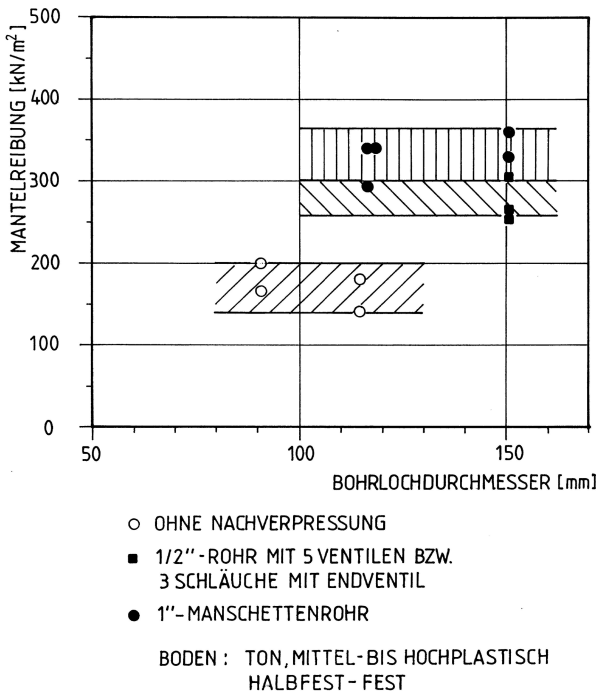
Abb. 3.14 Aufweitkörper mit Bohrspitze vor dem Einbau.

Schwarz empfiehlt, bei Bohrlochdurchmessern von 140–160 mm die Gebrauchskraft für Anker in verschiedenen Gesteinen wie folgt abzuschätzen:

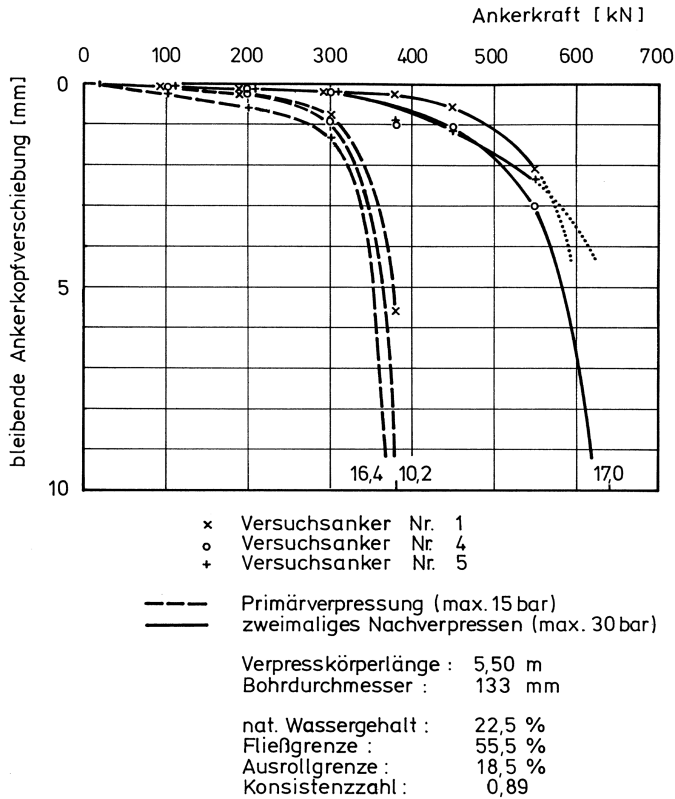
- mergeliger Sandstein, schiefriger Tonstein – zul.  $F = 120 \text{ kN/m}$ ,
- Grauwacke, harter Tonstein – zul.  $F = 250 \text{ kN/m}$ ,
- Tonschiefer – zul.  $F = 300 \text{ kN/m}$ .

### 5.2.3 Erhöhung der Ankertragfähigkeit durch Nachverpressung

Der Erfolg von Nachverpressungen zur Erhöhung der Ankertragfähigkeit lässt sich nicht immer genau vorhersagen. Er hängt in erster Linie vom Boden ab, wird aber in gleicher Weise auch von den Verpressmengen und -drücken, dem Zeitpunkt des Aufsprengens des Verpresskörpers, der Anordnung der Ventile usw. beeinflusst. Grundsätzlich ist mehrmaliges, unter Umständen örtlich gezieltes Nachverpressen mit moderaten Verpressdrücken und einer Begrenzung der Verpressmengen gegenüber einer einmaligen Nachverpressung mit hohen Verpressmengen und -drücken vorzuziehen. Zudem ist eine Nachverpressung nur in Böden mit bindigem Charakter, in weichen oder mürben Felsarten (insbesondere bei Tonbindung) und in geklüftetem Fels sinnvoll. In Sanden und Kiesen ohne (oder mit nur einem geringen Anteil) Kornfraktion im Ton-/Schluffbereich reicht eine sorgfältige Primärverpressung zur Erzielung der bestmöglichen Tragfähigkeit aus. Ebenso reicht



**Abb. 5.13** Einfluss verschiedener Nachverpresssysteme auf die erzielbare Mantelreibung bei mittel- bis hochplastischen Tonen.



**Abb. 5.14** Einfluss der Nachverpressung auf die Ankertragfähigkeit in einem schluffigen Ton.

eine Verfüllung des Bohrloches mit Zementsuspension in ungeklüfteten kompakten Felsarten aus, wenn durch das Bohrverfahren gewährleistet ist, dass sich an der Bohrlochwandung keine Schmierfläche durch Bohrschmand ausbildet. In beiden Fällen lässt sich der Verpresskörper der Primärverpressung bzw. Verfüllung zudem gar nicht oder nur mit Schwierigkeiten aufsprengen.

Durch die Nachverpressung wird eine Erhöhung der Radialspannung im Umkreis des Verpresskörpers und damit eine Erhöhung der aufnehmbaren Scherspannungen entlang des Verpresskörpers erreicht. Die mögliche Erhöhung der Tragfähigkeit lässt sich im Einzelfall nur schwer vorhersagen. Meist ist die Tragfähigkeit nach einer Nachverpressung um 20–35 % größer als davor. Es sind bei günstigen Bedingungen aber auch schon Erhöhungen der Tragfähigkeit um 50 % erzielt worden. Die Ergebnisse von Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Parameter auf den Erfolg einer Nachverpressung sind in Abb. 5.13 dargestellt.

Allgemein lässt sich sagen, dass Nachverpressungen neben einer Erhöhung der Tragfähigkeit eine deutliche Verbesserung der Kriechbeiwerte  $k_s$  bewirken und dass die bleibenden Ankerkopfverschiebungen reduziert werden (Abb. 5.14). Der Aufwand für das Nachverpressen kann allerdings erheblich sein und den Nutzen deut-

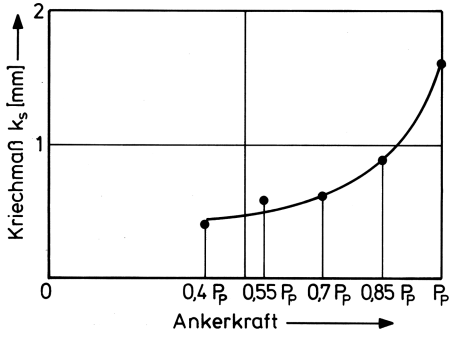


Abb. 6.7 Darstellung des Kriechmaßes als Funktion der Ankerkraft.

Tab. 6.3 Beobachtungszeiten, zulässige Verschiebungen und Kriechmaße bei der Prüfkraft  $P_p$  von Eignungsprüfungen.

	Kurzzeitanker		Daueranker	
	Nichtbindiger Boden und Fels	Bindiger Boden	Nichtbindiger Boden und Fels	Bindiger Boden
Prüfkraft (DIN 1054:2010-12)	$1,1P_d$	$1,1P_d$	$1,1P_d$	$1,1P_d$
Versuch mit Mindestbeobachtungszeit bei Erfüllung der Bedingung:				
$t_a$ [min]	10	20	20	60
$t_b$ [min]	30	60	60	180
Verschiebung:				
$\Delta s = s_b - s_a$ [mm]	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$
Versuch mit verlängerter Beobachtungszeit:				
$t_b$ [min]	$\geq 30$	$\geq 60$	$\geq 120$	$\geq 720$
Kriechmaß $k_s$ [mm]	$\leq 2,0$	$\leq 2,0$	$\leq 2,0$	$\leq 2,0$

2 mm annimmt. Abbildung 6.7 zeigt den Zusammenhang zwischen Kriechmaß und Ankerkraft.

In Tab. 6.3 sind die Beobachtungszeiten, zulässigen Verschiebungen und Kriechmaße bei Eignungsprüfungen nach DIN EN 1537 zusammengestellt.

Die Linie R-S nach der „alten“ DIN 4125 im unteren und mittleren Lastbereich zur Beurteilung der elastischen Verschiebungen entfällt nach DIN EN 1537. Sie wird ersetzt durch die Regelung, dass oberhalb einer Last von  $0,7P_p$  die elastischen Verschiebungen zwischen den Grenzlinien  $a$  und  $b$  liegen müssen.

## 6.4 Abnahmeprüfung

Jeder Bauwerksanker ist nach DIN EN 1537 einer Abnahmeprüfung zu unterziehen. Die Prüfkraft ergibt sich nach DIN 1054:2010-12 zu  $P_p = \gamma_a \cdot P_d$ . Der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_a$  für den Verpresskörperwiderstand beträgt 1,10 nach DIN 1054. Die Kraft



## 7

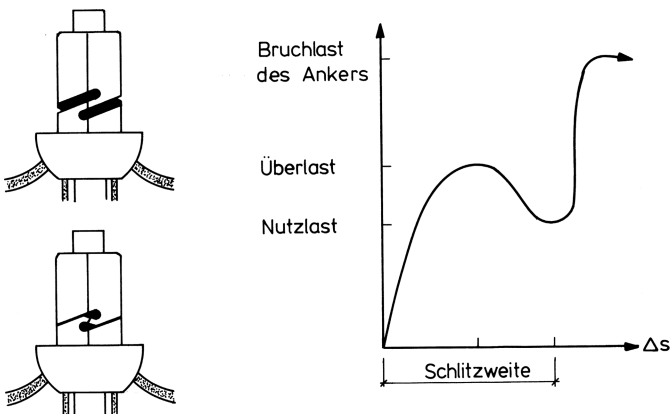
## Überwachung eingebauter Anker

### 7.1 Optische Kontrollen der sichtbaren Ankerteile

Die am wenigsten aufwändige Art der Überwachung von Ankern ist die Inaugenscheinnahme der Ankerköpfe. Allerdings gibt eine solche Inaugenscheinnahme keine Informationen über den Zustand des Stahlzuggliedes oder gar die Ankerkraft. Allenfalls lässt sich erkennen, wenn Anker gerissen sind oder wenn z. B. Litzen durch die Verkeilung gerutscht sind. Da der Ankerkopf hinsichtlich des Korrosionsangriffes am meisten gefährdet ist, machen solche Kontrollen Sinn, auch wenn man bei Dauerankern die Schutzkappe abnehmen muss, um sie durchzuführen.

Für Nägel und leichte Einstabanker hat die Industrie für die optische Überprüfung verschiedene Kontrollelemente entwickelt, mit denen man eine Überlastung erkennen kann. Die Firma Dywidag bietet für ihre dünneren Gewindestähle (GEWI-Stähle) eine geschlitzte Kontrollmutter an, die anstelle einer üblichen Mutter aufgeschraubt werden kann (Abb. 7.1). Bei einer definierten Belastung schließt sich der Schlitz, weil der untere Teil der Mutter über das Gewinde gezogen wird.

Insbesondere für Gebirgsanker im Bergbau wurde von der Bergbau-Forschung GmbH (Essen) ein Distanzelement entwickelt, das zwischen Anker Mutter und Ankerplatte montiert wird (Abb. 7.2). Das Bauteil aus Grauguss ist außen mit Emaille



**Abb. 7.1** Kontrollmutter für die Überlasterkennung bei GEWI-Zuggliedern.