

**Lutz Wichter  
Wolfgang Meiniger**

# **Verankerungen und Vernagelungen im Grundbau**

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	1
<b>2</b>	<b>Entwicklung der Ankertechnik</b>	5
<b>3</b>	<b>Herstellung und Bauarten von Verpreßbankern</b>	9
3.1	Ankerbohrverfahren	9
3.1.1	Bohrungen im Lockergestein	9
3.1.2	Bohrungen in Fels	10
3.1.3	Bohrungen gegen drückendes Wasser	11
3.1.4	Selbstbohrende Anker	12
3.1.5	Ankereinbau und Verpressen	13
3.1.6	Nachverpressen	15
3.1.7	Montage des Ankerkopfes	16
3.1.8	Spannen und Festlegen	17
3.2	Bauarten von Verpreßbankern	18
3.2.1	Verbundanker	18
3.2.2	Druckrohranker	20
3.2.3	Anker mit aufweitbarem Verpreßkörper	20
3.2.4	Anker mit ausbaubarem Zugglied	23
3.2.5	Anker mit der Möglichkeit zur Regulierung der Ankerkräfte	24
<b>4</b>	<b>Ankerwerkstoffe und Ankerbauteile</b>	27
4.1	Zugglieder	27
4.1.1	Zugglieder aus Spannstahl	27
4.1.2	Zugglieder aus Baustahl	29
4.1.3	Zugglieder aus Edelstahl Rostfrei	29
4.1.4	Zugglieder aus Glasfasern	30
4.1.5	Zugglieder aus Aramid oder Kohlefasern	31
4.2	Ankerköpfe	31
4.3	Verpreßkörper	34
4.4	Korrosionsschutz	34
4.5	Abstandhalter	36
<b>5</b>	<b>Tragfähigkeit von Verpreßbankern</b>	37
5.1	Tragfähigkeit des Stahlzuggliedes	37
5.1.1	Tragfähigkeit bei vorwiegend ruhender Belastung	37
5.1.2	Tragfähigkeit bei nicht vorwiegend ruhender Belastung	37
5.1.3	Haftverbund von Stahlzuggliedern in Zementmörtel	38
5.2	Bodenmechanische Tragfähigkeit von Ankern	38
5.2.1	Krafteintragung vom Anker in den Baugrund	38
5.2.2	Abschätzung der bodenmechanischen Tragfähigkeit	45
5.2.3	Erhöhung der Ankertragfähigkeit durch Nachverpressung	48

---

<b>6</b>	<b>Prüfungen an Ankern nach DIN 4125</b>	51
6.1	Allgemeines	51
6.2	Prüfungen an Ankern	53
6.2.1	Grundsatzprüfung	54
6.2.2	Eignungsprüfung	54
6.2.3	Abnahmeprüfung	58
6.2.4	Gruppenprüfung	60
6.3	Ankernachprüfung	60
<b>7</b>	<b>Überwachung eingebauter Anker</b>	63
7.1	Optische Kontrollen der sichtbaren Ankerteile	63
7.2	Ankerkraftüberwachung mit Abhebeversuchen	64
7.3	Im Bohrloch eingebaute Kontrolleinrichtungen	66
7.3.1	Optische Sensoren/Lichtwellenleitersensoren	66
7.3.2	Potentialmessungen mit eingebauten Elektroden	67
7.3.3	Reflektometrische Impulsmessungen	67
7.4	Überwachung der Ankerkräfte mit fest installierten Kraftmeßeinrichtungen	68
7.5	Indirekte Überwachung mit Extensometern	70
7.6	Prüfung durch elektrische Widerstandsmessungen	71
<b>8</b>	<b>Schadensmöglichkeiten bei Verpreßankern</b>	75
8.1	Schäden durch Korrosion der Stahlzugglieder und Ankerkopfteile	75
8.2	Schäden durch konstruktive Mängel des Bauentwurfs	77
8.2.1	Schäden durch ungenügende Berücksichtigung des Schichtaufbaus	79
8.2.2	Fehlender Ansatz des Wasserdrucks	80
8.2.3	Zu schwache Dimensionierung der Kopfauflager	81
8.3	Schäden durch schlecht geplante Bauablauf	82
8.4	Beschädigung von Ankern durch den Transport	83
8.5	Beschädigung von Ankern bei der Lagerung und beim Einbau	84
8.6	Beschädigung eingebauter Anker durch den Baubetrieb	85
8.7	Schäden an Ankern durch aggressive Inhaltsstoffe in Grundwasser und Boden	86
8.7.1	Maßnahmen bei hohem Sulfatgehalt	88
8.7.2	Maßnahmen bei hohem Gehalt an kalklösender Kohlensäure	89
8.7.3	Maßnahmen bei hohem Ammoniumgehalt oder Magnesiumgehalt	90
8.8	Schäden durch nicht fachgerechte Herstellung der Anker	91
8.8.1	Beschädigung des Korrosionsschutzes beim Einbau	91
8.8.2	Ungenügende Begrenzung des Verpreßkörpers	91
8.8.3	Undichtigkeiten und Bodenaustrag bei der Herstellung gegen drückendes Grundwasser	92
8.8.4	Ankerversagen durch fehlende oder zu weit auseinanderliegende Abstandhalter	92
8.8.5	Schäden durch zu hohe Verpreßdrücke	93

<b>9</b>	<b>Beispiele für den Einsatz von Verpreßbankern</b>	95
9.1	Baugrubenwandverankerungen	95
9.1.1	Berliner Baugruben im Grundwasser	95
9.1.2	Bergseitige Baugrubensicherung für den Neubau der Landesbausparkasse in Stuttgart	96
9.2	Verankerte Stütz- und Futtermauern	98
9.2.1	Stützmauer Rötteln	98
9.2.2	Futtermauern an der BAB A 7 bei Aalen	99
9.3	Verankerungen von Hängen und Böschungen	103
9.3.1	Hangsicherung Zaisersweiher	103
9.3.2	Sicherung einer Wohnbebauung auf einem Rutschhang durch verankerte Tiefbrunnen	106
9.3.3	Verankerung der Krone eines Autobahndamms	106
9.4	Auftriebssicherungen	110
9.5	Abgespannte Konstruktionen	111
9.5.1	Neckarbrücke in Stuttgart-Hofen	111
9.5.2	Kylltalbrücke im Zuge des Baus der BAB A 60	113
9.6	Ertüchtigung der Staumauer der Edertalsperre	114
9.7	Kavernen	116
9.7.1	Kaverne Goldisthal	116
9.7.2	Kaverne Kraftwerk Waldeck II	117
<b>10</b>	<b>Berechnung von Verankerungen</b>	121
10.1	Grundsätze	121
10.2	Verankerungen beim Baugrubenverbau und bei Ufersicherungen	122
10.3	Hangsicherungen durch Verankerung	122
10.4	Auftriebssicherungen durch Verankerung	123
10.5	Verankerte Seilabspannungen	124
10.6	Andere Anwendungen	124
<b>11</b>	<b>Vernagelungen von Boden und Fels</b>	125
11.1	Verfahrensbeschreibung	125
11.2	Historische Entwicklung und Anwendungsgrenzen	129
11.3	Baurechtliche Aspekte	130
11.4	Nagelwerkstoffe und Zubehör	130
11.5	Bauarten von Nägeln	133
11.6	Herstellung, Transport, Lagerung und Einbau der Nägel	134
11.7	Prüfungen an Nägeln	136
11.8	Schadensmöglichkeiten	138
11.9	Beispiele für Vernagelungen	141
11.9.1	Vernagelte Baugrubenwand an der B 29 – Umfahrung Schorndorf	141
11.9.2	Vernagelung eines Hanganschnittes im Glimmerschiefer	141
11.9.3	Böschungsverriegelung im Zuge der B 312 bei Reutlingen	145

---

<b>12</b>	<b>Berechnung von Vernagelungen</b> .....	147
12.1	Statische Berechnung von Vernagelungen mit einer Außenhaut aus Spritzbeton .....	147
12.1.1	Nachweis der äußeren Standsicherheit .....	147
12.1.2	Bemessung der Nägel .....	149
12.1.3	Bemessung der Außenhaut aus Spritzbeton .....	150
12.2	Nachweis der Standsicherheit bei der Vernagelung alter Stützmauern aus Naturstein .....	151
12.2.1	Allgemeines .....	151
12.2.2	Nachweis der äußeren Standsicherheit .....	153
12.2.3	Bemessung der Nägel .....	153
12.2.4	Nachweis der Einleitung der Nagelkopfkräfte in die Mauern .....	154
12.3	Vernagelung von rutschgefährdeten Böschungen .....	154
12.3.1	Vernagelung mit Nägeln oder Zugpfählen .....	154
12.3.2	Vernagelung mit gleichzeitiger Stabilisierungsinjektion („Injektionsverriegelung“, „Injektionsverdübelung“) .....	156
<b>13</b>	<b>Zugpfähle</b> .....	159
13.1	Zugpfähle aus Stabstählen mit aufgerolltem Gewinde .....	159
13.2	Rammpfähle aus Stahlprofilen (RV-Pfähle, MV-Pfähle) .....	161
13.3	Rüttel-Injektionspfähle (RI-Pfähle) .....	163
13.4	Soiljet-GEWI-Pfähle .....	164
<b>14</b>	<b>Anker und Nägel im Tunnel- und Bergbau</b> .....	167
14.1	Allgemeines .....	167
14.2	Bauarten von Gebirgsankern .....	168
14.2.1	Kunstharzklebeanker .....	168
14.2.2	Spreizhülsenanker .....	168
14.2.3	Zementmörtelanker .....	170
14.2.4	Expansionsanker „Swellex“ .....	171
14.3	Zugglieder von Gebirgsankern .....	171
14.3.1	Zugglieder aus Stahl .....	171
14.3.2	Gebirgsanker aus kunststoffgebundenen Glasfasern .....	173
14.4	Prüfungen an Gebirgsankern .....	178
<b>Anhang 1</b>	Liste der gültigen Zulassungsbescheide für Daueranker, Bodennägel und Verpreßpfähle .....	179
<b>Anhang 2</b>	Tabelle 1/Anlage 1 zur allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6 vom 25.09.1998: Einteilung der Stahlsorten nach Festigkeitsklassen und Widerstandsklassen gegen Korrosion sowie typische Anwendungen für Bauteile und Verbindungsmittel .....	187

<b>Anhang 3</b>	Auszug aus DIN 50 929 Teil 3 zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit bzw. zur Festlegung der Einsatzgrenzen für Stähle in aggressiven Wässern .....	189
<b>Anhang 4</b>	Auszug aus DIN 4030 Teil 1 .....	195
<b>Anhang 5</b>	Liste der vom Deutschen Institut für Bautechnik autorisierten Überwachungsstellen für die Durchführung von Eignungsprüfungen an Dauerankern .....	197
<b>Literaturverzeichnis</b>	.....	199
<b>Stichwortverzeichnis</b>	.....	201