

Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)
Verpressanker
 Deutsche Fassung EN 1537:1999 + AC:2000

DIN
EN 1537

ICS 93.020

Ersatz für
DIN EN 1537:2000-06

Execution of special geotechnical works – Ground anchors;
 German version EN 1537:1999 + AC:2000

Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Tirant d'ancrage;
 Version allemande EN 1537:1999 + AC:2000

Die Europäische Norm EN 1537:1999 hat den Status einer Deutschen Norm; einschließlich der eingearbeiteten Änderung AC:2000, die von CEN getrennt verteilt wurde.

Nationales Vorwort

Die vorliegende Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)“ (Sekretariat: Frankreich, Vorsitz: Deutschland) in der Arbeitsgruppe WG 2 „Verpressanker“ unter britischer Federführung erarbeitet. Im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. ist hierfür der NABau-Arbeitsausschuss 05.17.00 „Verpressanker“ zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN 4125:1990-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Grundlegende Überarbeitung unter den Gesichtspunkten einer Europäischen Harmonisierung,
- b) Berücksichtigung der Eurocodes,
- c) Berücksichtigung neuer Ausführungstechniken und
- d) Einführung einer detaillierten Ausführungsüberwachung.

Gegenüber DIN EN 1537:2000-06 wurden folgende Berichtigungen vorgenommen:

- EN 1537:1999 + AC:2000-06, die ausschließlich die überarbeitete Deutsche Fassung enthält, übernommen.

Frühere Ausgaben

DIN 4125-1: 1972-06, 1988-03

DIN 4125-2: 1976-02

DIN 4125: 1990-11

DIN EN 1537: 2000-06

Fortsetzung 51 Seiten EN

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)
Verpressanker

Execution of special geotechnical works – Ground
anchors

Exécution des travaux géotechniques spéciaux –
Tirant d'ancrage

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 20. Februar 1998 angenommen.

Die Berichtigung EN 1537:1999 + AC:2000-06 tritt am 22. Juni 2000 zur Einarbeitung in die offizielle Deutsche Fassung der EN in Kraft.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	3	8.3.1 Allgemeines	23
1 Anwendungsbereich	4	8.3.2 Bohrlochprüfung	24
2 Normative Verweisungen	4	8.3.3 Vorverpressung	24
3 Definitionen und Symbole	5	8.3.4 Vorverpressung im Fels	24
3.1 Definitionen	5	8.3.5 Vorverpressung im Boden	24
3.2 Symbole	8	8.3.6 Ankerverpressung	25
4 Notwendige Informationen	9	8.4 Spannen des Verpressankers	25
4.1 Allgemeines	9	8.4.1 Allgemeines	25
4.2 Planung von Ankerarbeiten	9	8.4.2 Spanngeräte	25
5 Baugrunduntersuchungen	11	8.4.3 Spannvorgang	25
6 Baustoffe und Bauprodukte	11	9 Bauüberwachung, Prüfungen und	
6.1 Allgemeines	11	Kontrollen	26
6.2 Zugglied	12	9.1 Allgemeines	26
6.3 Ankerkopf	12	9.2 Messgenauigkeit	26
6.4 Koppelemente	12	9.3 Vorbelastung	27
6.5 Verankerungslänge des Zuggliedes	12	9.4 Prüfverfahren	28
6.6 Abstandhalter und andere Bauteile		9.5 Untersuchungsprüfung	28
im Bohrloch	13	9.6 Eignungsprüfung	28
6.7 Zementmörtel und Zusatzmittel	13	9.7 Abnahmeprüfung	29
6.8 Kunstharzmörtel	14	9.8 Maximale Festlegekraft	29
6.9 Korrosionsschutz des Stahlzuggliedes und		9.9 Ermittlung der rechnerischen freien	
gespannter Stahlteile	14	Stahllänge	29
6.9.1 Allgemeines	14	9.10 Überwachung von Herstellung und	
6.9.2 Kurzzeitanker	15	Prüfung	30
6.9.3 Daueranker	15	9.11 Nachprüfung	30
6.10 Übliche Komponenten und Materialien für		10 Aufzeichnungen	30
den Korrosionsschutz	15	11 Besondere Anforderungen	31
6.10.1 Kunststoffhüllrohre	15	Anhang A (informativ) Elektrische Prüfung	
6.10.2 Schrumpfschläuche	17	des Korrosionsschutzes	32
6.10.3 Dichtungen	18	A.1 Allgemeines	32
6.10.4 Zementmörtel	18	A.2 Elektrische Widerstandsmessung I	
6.10.5 Kunstharze	18	(ERM I)	32
6.10.6 Korrosionsschutzmassen	18	A.3 Elektrische Widerstandsmessung II	
6.10.7 Beschichtungen mit Opfermetallen	18	(ERM II)	34
6.10.8 Andere Beschichtungen auf Stahlteilen	18	Anhang B (informativ) Untersuchungsprüfungen	
6.10.9 Rohre und Kappen aus Stahl	19	am Korrosionsschutz	34
6.11 Aufbringung des Korrosionsschutzes	19	Anhang C (informativ) Hinweise für die	
6.11.1 Allgemeines	19	Abnahmebedingungen für plastische	
6.11.2 Freie Stahllänge und Verankerungslänge		Korrosionsschutzmassen und Beispiele	
des Zuggliedes	19	für Prüfnormen zur Ermittlung der	
6.11.3 Ankerkopf	19	Materialeigenschaften	36
6.12 Prüfung des Korrosionsschutzes bei		Anhang D (informativ) Bemessung von	
Dauerankern durch Systemprüfungen	20	Verpressankern	37
7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung	21	D.1 Allgemeines	37
8 Ausführung	22	D.2 Grenzzustände	37
8.1 Herstellen der Bohrlöcher	22	D.3 Einwirkungen, Baugrundeigenschaften,	
8.1.1 Allgemeines	22	geometrische Größen und	
8.1.2 Bohrverfahren	22	Bemessungssituationen	37
8.2 Herstellung, Transport, Handhabung und		D.4 Bemessungsverfahren	38
Einbau der Zugglieder	23	D.5 Nachweis der Grenzzustände der	
8.2.1 Herstellung	23	Tragfähigkeit	38
8.2.2 Transport, Handhabung und Einbau	23	D.5.1 Grundsätze und Anforderungen	38
8.3 Verpressen	23		

	Seite		Seite
D.5.2 Charakteristischer innerer Ankerwiderstand	39	E.3.2 Eignungsprüfung – Ankerkraftaufbringung	43
D.5.3 Charakteristischer Herausziehwiderstand des Ankers	40	E.3.3 Abnahmeprüfung – Ankerkraftaufbringung	44
D.6 Nachweis der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	40	E.3.4 Messung des Spannkraftabfalles	44
Anhang E (informativ) Beispiele für Ankerprüfverfahren	41	E.4 Prüfverfahren 3	44
E.1 Allgemeines	41	E.4.1 Untersuchungsprüfung – Ankerkraftaufbringung	44
E.2 Prüfverfahren 1	41	E.4.2 Eignungsprüfung – Ankerkraftaufbringung	45
E.2.1 Untersuchungsprüfung – Ankerkraftaufbringung	41	E.4.3 Abnahmeprüfung – Ankerkraftaufbringung	45
E.2.2 Eignungsprüfung – Ankerkraftaufbringung	42	E.4.4 Messung des Kriechverhaltens und der charakteristischen Kraft	46
E.2.3 Abnahmeprüfung – Ankerkraftaufbringung	42	E.5 Allgemeine Tabellen für Ankerkraftaufbringung – Prüfverfahren 1, 2 und 3	49
E.2.4 Messung des Kriechverhaltens	42	Anhang F (informativ) Beispiele für Protokollblätter	50
E.3 Prüfverfahren 2	43		
E.3.1 Untersuchungsprüfung – Ankerkraftaufbringung	43		

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR betreut wird.

Das Aufgabengebiet von CEN/TC 288 umfasst die Normung der Verfahren zur Ausführung von geotechnischen Arbeiten (einschließlich Prüfungen und Überwachungsverfahren) und der erforderlichen Materialeigenschaften. CEN/TC 288/WG 2 wurde beauftragt, eine Norm auf dem Gebiet der Verpressanker zu erstellen, in der alle mit dem Baugrund durch Verpressmörtel verbundenen und gespannten Anker behandelt werden.

Das Dokument wurde in Anlehnung an ENV 1997-1 „Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik; Teil 1: Allgemeine Regeln“ erarbeitet. Abschnitt 7 „Bemessung und Nachweise“ dieser Norm behandelt nur die Aspekte, die zur Erfüllung der Konstruktion des Ankersystems während der Ausführung von Verpressankern zu berücksichtigen sind. In der Norm werden jedoch die Anforderungen an Ausführung und Überwachung ausführlich behandelt. Der informative Anhang D enthält detaillierte Ausführungen über die Bemessung von Verpressankern.

Die Norm wurde von einer Arbeitsgruppe erarbeitet, die aus Delegierten aus zehn Ländern besteht; sie beruht auf zehn bestehenden nationalen und internationalen Ausführungsnormen.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind folgende Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für den Einbau, die Prüfung und die Überwachung von Dauer- und Kurzzeitankern, deren Tragfähigkeit geprüft wird. Ein Anker besteht aus einem Ankerkopf, einer freien Ankerlänge und einer Kräfteintragungslänge, die mit dem Baugrund durch Verpressmörtel verbunden ist. Die Bezeichnung „Baugrund“ beinhaltet sowohl Boden als auch Fels.

Die Planung und die Bemessung von Verpressankern erfordern Erfahrung und Kenntnisse auf diesem Spezialgebiet. Diese Aspekte werden in ENV 1997-1, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln* nur kurz behandelt. Ein Anhang zu dieser Norm behandelt die Bemessung von Verpressankern ausführlicher.

Einbau und Prüfung erfordern erfahrene Facharbeiter und eine qualifizierte Überwachung. Diese Norm kann die Kenntnisse von Fachleuten und den Sachverstand von erfahrenen Grundbauunternehmen, die zur Umsetzung der Norm erforderlich sind, nicht ersetzen.

Diese Norm befasst sich nicht mit anderen Verankerungsverfahren wie Zugpfählen, Schraubbohrpfählen, mechanischen Verankerungen, Bodennägeln, Spreizhülsenankern oder Zuggliedern mit Ankerwänden.

Die Grundlagen der Ankertechnik werden in dieser Norm festgelegt und definiert. Sofern Ankersysteme von den im Text festgelegten Grundlagen abweichen, besteht die Möglichkeit, diese nach schriftlicher Genehmigung durch den Technischen Bauherrenvertreter anzuwenden.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

ENV 206, *Beton – Eigenschaften, Herstellung, Verarbeitung und Gütenachweis.*

EN 445, *Einpressmörtel für Spannglieder – Prüfverfahren.*

EN 446, *Einpressmörtel für Spannglieder – Einpressverfahren.*

EN 447, *Einpressmörtel für Spannglieder – Anforderungen für üblichen Einpressmörtel.*

ENV 1991-1-1, *Eurocode 1: Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1: Grundlagen der Tragwerksplanung.*

ENV 1992-1-1, *Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau.*

ENV 1992-1-5, *Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-5: Allgemeine Regeln – Tragwerke mit Spanngliedern ohne Verbund.*

ENV 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau.*

ENV 1994-1-1, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundbauwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln – Bemessungsregeln für den Hochbau.*

ENV 1997-1:1994, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln.*

prEN 10138, *Spannstähle.*

EN 45014, *Allgemeine Kriterien für Konformitätserklärungen von Anbietern.*

3 Definitionen und Symbole

3.1 Definitionen

Die Hauptbegriffe sind mit denen der Eurocodes identisch. Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Definitionen:

3.1.1

Anker

en: anchor

fr: tirant d'ancrage

Einbauelemente, die eine aufgebrachte Zugkraft auf eine tragfähige Schicht im Baugrund übertragen

3.1.2

Ankerkopf

en: anchor head

fr: tête d'ancrage

Teil des Verpressankers, der die Zugkraft vom Zugglied auf die Auflagerplatte oder das Bauwerk überträgt

3.1.3

Abnahmeprüfung

en: acceptance test,

fr: essai de réception

Belastungsprüfung an jedem Anker zur Überprüfung der Einhaltung der Abnahmekriterien

3.1.4

Rechnerische freie Stahllänge

en: apparent tendon free length

fr: longueur libre équivalente

Aus der Ankerprüfung errechnete Länge des Zuggliedes zwischen dem Verankerungspunkt des Zuggliedes an der Spannvorrichtung und einem Punkt am Zugglied

3.1.5

Absetzmaß

en: bleed

fr: ressuage

Trennung von Wasser und Zementleim im Absetzversuch

3.1.6

Bohrlochdurchmesser

en: borehole diameter

fr: diamètre de forage

Durchmesser des Bohrlochs, entsprechend den Bohrkronen oder dem Verrohrungsdurchmesser, ohne Berücksichtigung von Aufweitungen

3.1.7

Charakteristischer innerer Ankerwiderstand

en: characteristic internal anchor resistance

fr: résistance interne caractéristique du tirant

Charakteristische Bruchkraft des Ankerzuggliedes

3.1.8

Technischer Bauherrenvertreter

en: client's technical representative

fr: représentant technique du client

Vertreter des Bauherrn, der mit allen Aspekten der Ankeranwendung vertraut und zugleich Fachmann auf dem Gebiet der Verpressankertechnik ist

Seite 6
EN 1537:1999 + AC:2000

3.1.9 Koppelement

en: coupler
fr: coupleur

Vorrichtung, um Teillängen von Stabstählen oder Litzen, die das Ankerzugglied bilden, zu verbinden

3.1.10 Grenzkriechmaß

en: creep limit
fr: vitesse limite de fluage

Maximal zulässiges Kriechmaß für eine bestimmte Kraftstufe

3.1.11 Kritische Kriechkraft

en: critical creep load
fr: traction critique de fluage

Ankerkraft, die dem Ende des ersten geradlinigen Astes des Diagramms Kriechmaß gegen Ankerkraft entspricht

3.1.12 Vorbelastung

en: datum load
fr: traction de référence

Ankerkraft, ab der die Verschiebung des Ankerkopfes während einer Belastungsprüfung gemessen wird. In der Regel gilt ein Wert von 10 % der Prüfkraft

3.1.13 Korrosionsschutzumhüllung

en: encapsulation
fr: protection

Korrosionsschutz, der zumindest auf die Verankerungslänge des Zuggliedes aufgebracht wird

3.1.14 Herausziehwiderstand des Ankers

en: external anchor resistance
fr: résistance externe du tirant

Widerstand eines Ankers an der Grenzfläche zwischen Baugrund und Verpresskörper

3.1.15 Krafteintragungslänge

en: fixed anchor length
fr: longueur de scellement du tirant

Planmäßige Länge eines Ankers, in der die Kraft über einen Verpresskörper auf den umgebenden Baugrund übertragen wird

3.1.16 Freie Ankerlänge

en: free anchor length
fr: longueur libre du tirant

Abstand zwischen dem spannseitigem Ende der Krafteintragungslänge und der Verankerung des Zuggliedes am Ankerkopf

3.1.17 Verpressmörtel

en: grout
fr: coulis

Erhärtendes Material, das die Kraft vom Zugglied auf den Baugrund in der Krafteintragungslänge überträgt sowie das restliche Bohrloch füllen kann und/oder zum Korrosionsschutz beiträgt

3.1.18**Untersuchungsprüfung**

en: investigation test

fr: essai préalable

Belastungsprüfung zur Ermittlung des maximalen Herausziehwiderstandes eines Ankers an der Baugrund-Verpresskörper-Fuge und der Eigenschaften des Ankers im Gebrauchslastbereich

3.1.19**Grenzkraftabfall**

en: load loss limit

fr: perte de tension admissible

Zulässiger Gesamtkraftabfall am Ende einer festgelegten Beobachtungszeit

3.1.20**Festlegekraft**

en: lock-off load

fr: traction de blocage

Kraft, die unmittelbar nach dem Spannen auf den Ankerkopf aufgebracht wird

3.1.21**Daueranker**

en: permanent anchor

fr: tirant d'ancrage permanent

Anker mit einer geplanten Lebensdauer von mehr als zwei Jahren

3.1.22**Prüfkraft**

en: proof load

fr: traction d'épreuve

Maximale Kraft, die während der Prüfung auf einen Anker aufgebracht wird

3.1.23**Eignungsprüfung**

en: suitability test

fr: essai de contrôle

Belastungsprüfung zur Bestätigung der Eignung einer gegebenen Ankerkonstruktion für gegebene Baugrundbedingungen

3.1.24**Systemprüfung**

en: system test

fr: essai de système

An einem Ankersystem durchgeführte Prüfung zum Nachweis der Fähigkeit eines Ankers, die geforderten Eigenschaften zu erfüllen

3.1.25**Kurzzeitanker**

en: temporary anchor

fr: tirant d'ancrage provisoire

Anker mit einer geplanten Lebensdauer von weniger als zwei Jahren

3.1.26**Zugglied**

en: tendon

fr: armature

Teil des Verpressankers, der die Zugkraft von der Krafteintragungslänge zum Ankerkopf überträgt

Seite 8

EN 1537:1999 + AC:2000

3.1.27**Verankerungslänge des Zuggliedes**

en: tendon bond length

fr: longueur de scellement de l'armature

Länge des Zuggliedes, die direkt mit dem Verpresskörper verbunden ist und die die aufgebrachte Zugkraft überträgt

3.1.28**Freie Stahllänge**

en: tendon free length

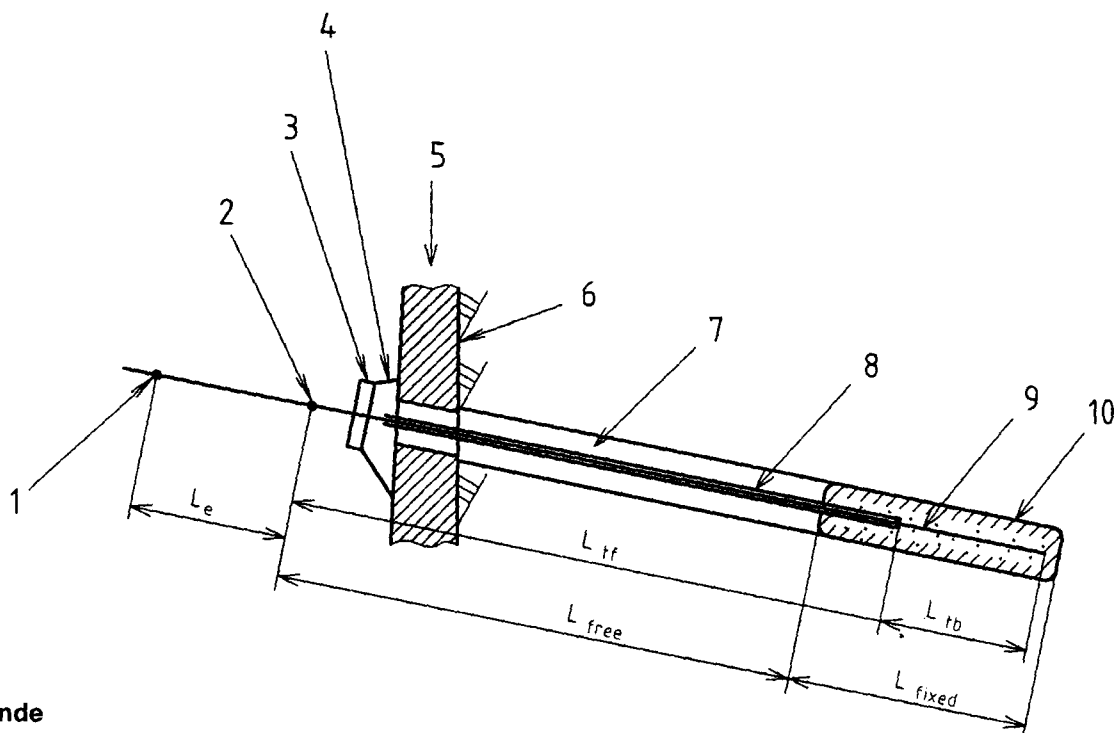
fr: longueur libre de l'armature

Länge des Zuggliedes zwischen dem Ankerkopf und dem Anfang der Verankerungslänge des Zuggliedes

Ein typischer Anker ist in Bild 1 dargestellt.

3.2 Symbole

A_t	Querschnittsfläche des Zuggliedes
E_d	Bemessungswert der Wirkung einer Einwirkung
$E_{d,dst}$	Bemessungswert der Wirkung einer destabilisierenden Einwirkung
$E_{d,s}$	Bemessungswert der Wirkung einer stabilisierenden Einwirkung
E_t	Elastizitätsmodul des Zuggliedes
f	Reibungsverlust, als prozentualer Anteil von P_p ausgedrückt
f_{tk}	charakteristische Zugfestigkeit des Zuggliedes
$f_{t0,1k}$	charakteristische Spannung des Stahlzuggliedes bei 0,1 % bleibender Dehnung
f_r	bezogene Rippenfläche eines gerippten oder profilierten Drahtes oder Stabes
k_s	Kriechmaß
k_l	Kraftabfallmaß
L_{app}	rechnerische freie Stahllänge
L_e	Länge des Zuggliedes, gemessen von der Verankerung des Zuggliedes im Ankerkopf bis zum Verankerungspunkt in der Spannvorrichtung
L_{fixed}	Krafteintragungslänge
L_{free}	freie Ankerlänge
L_{tb}	Verankerungslänge des Zuggliedes
L_{tf}	freie Stahllänge
P	Ankerkraft
P_a	Vorbelastung
P_c	kritische Kriechkraft
$P_{c'}$	Näherungswert für die kritische Kriechkraft
P_o	Festlegekraft
P_p	Prüfkraft
P_{tk}	charakteristische Bruchkraft des Zuggliedes
$P_{t0,1k}$	Tragkraft an der charakteristischen Spannung des Stahlzuggliedes bei 0,1 % bleibender Dehnung
R_a	äußerer Herauszieh Widerstand eines Ankers
R_{ak}	charakteristischer äußerer Herauszieh Widerstand eines Ankers
R_{ik}	charakteristischer innerer Ankerwiderstand
R_d	Bemessungswert des Ankerwiderstandes
R_k	der niedrigere Wert von charakteristischem innerem Ankerwiderstand und charakteristischem Herauszieh Widerstand des Ankers
s	Ankerkopferschiebung
t	Beobachtungszeit nach Aufbringung einer Kraftstufe oder der Festlegekraft
α	Steigung am Ende der log. Zeit/Kriechverschiebungskurve
ΔP	Kraftdifferenz zwischen Prüfkraft und Vorbelastung des Ankers
Δs	gemessene Dehnung des Zuggliedes bei Kraftdifferenz ΔP
γ_q	Ankerkraftbeiwert
γ_R	Teilsicherheitsbeiwert des Ankerwiderstandes



Legende

- | | |
|--|-------------------|
| 1 Verankerungspunkt an der Spannpressen während des Spannens | 5 Bauteil |
| 2 Verankerungspunkt am Ankerkopf im Gebrauchszustand | 6 Boden/Fels |
| 3 Auflagerplatte | 7 Bohrloch |
| 4 Auflager | 8 Hüllrohr |
| | 9 Zugglied |
| | 10 Verpresskörper |

Bild 1 – Schema eines Verpressankers – ohne Einzelheiten des Ankerkopfes und des Ankerkopfschutzes

4 Notwendige Informationen

4.1 Allgemeines

Der Einsatz von Verpressankern kann nur auf der Basis einer genauen Kenntnis des Bauprojektes, der konstruktiven Anforderungen an den Verpressanker und der geotechnischen Eigenschaften des Baugrundes wirkungsvoll geplant werden. Die Ankerprüfung und der Nachweis der Konstruktionsparameter sind notwendige Elemente im Bauablauf, um Verpressanker wirtschaftlich und wirkungsvoll einbauen zu können.

Die Verantwortungsbereiche aller an der Planung, Ausführung, Prüfung und Instandhaltung der Verpressanker Beteiligten sind festzulegen. Die Tabelle 1 enthält als Leitlinie eine geeignete Aufteilung der Planungs- und Ausführungstätigkeiten.

Vor der Ausführung von Ankerarbeiten sollten ausreichende Informationen bereitgestellt werden, um die Planung und den Einbau zu unterstützen. Diese sind während der Ausführung ständig auf den neuesten Stand zu bringen.

ANMERKUNG Die gesamte oder teilweise Planung und Bemessung können sowohl vom Bauherrn als auch vom Hauptunternehmer, einem Spezialtiefbauunternehmen oder einem Ingenieurbüro ausgeführt werden.

4.2 Planung von Ankerarbeiten

Vor der ersten Lieferung und vor dem Einbau des Verpressankersystems sind folgende Unterlagen vorzulegen:

- Einzelheiten des Verpressankerprojektes sowie des Bauablaufs und des Bauprogramms;
- ein Baugrunduntersuchungsbericht mit Bodenklassifizierung und Eigenschaften des Baugrundes, in den die Verpressanker eingebaut werden;

- Angaben über alle anderen Randbedingungen einschließlich unterirdischer Versorgungsleitungen, vorhandener Gründungen und anderer Bedingungen, die bezüglich Lage und Tragverhalten der Anker wichtig sind;
- Angaben zum Eigentümer des Grundstücks, auf dem die Anker eingebaut werden sollen;
- Angaben über erforderliche Vereinbarungen zur Genehmigung des Zugangs zum Grundstück, auf dem die Anker eingebaut werden sollen.

Der Umfang der Voruntersuchungen und Entwurfsarbeiten hängt von der Art und Größe des Bauvorhabens, der Komplexität des Baugrunds und der damit verbundenen Risiken ab.

Tabelle 1 – Planungs- und Ausführungstätigkeiten

Entwurf und Planung	Ausführung
<ol style="list-style-type: none"> 1. Bereitstellung der Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen für die Herstellung der Verpressanker 2. Entscheidung für die Verwendung von Verpressankern, erforderliche Versuche, Versuchsdurchführung und Aufstellung eines Lastenheftes 3. Einholung von Genehmigungen und Berechtigung zur unterirdischen Nutzung von Nachbargrundstücken 4. Gesamtbemessung des verankerten Bauwerkes, Berechnung der erforderlichen Ankerkräfte, Festlegung der zu verwendenden Sicherheitsfaktoren 5. Bestimmung der Ankereinsatzdauer (Kurzzeit- oder Daueranker) und Anforderungen an den Korrosionsschutz 6. Festlegung von Ankerabstand und -richtung, Ankerkräften und Gesamtstandsicherheit 7. Festlegung des Mindestabstandes zwischen dem Bauwerk und der Mitte der Krafteintragungslänge zur Sicherstellung der Standsicherheit des Bauwerkes 8. Festlegung der Übertragung der Lasten vom Anker auf das Bauwerk 9. Festlegung der für das Bauwerk erforderlichen Reihenfolge der Ankerkraftaufbringung und die erforderlichen Kraftstufen 10. Festlegung von Verfahren zur Überwachung des Ankerverhaltens und zur Auswertung der Ergebnisse 11. Überwachung der Ausführung 12. Festlegung der Instandhaltungsarbeiten für Verpressanker 13. Unterrichtung aller Beteiligten über Hauptpunkte des Entwurfskonzeptes, denen besondere Beachtung geschenkt werden sollte 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Beurteilung der Werte aus der Baugrunduntersuchung im Hinblick auf Entwurfsannahmen 2. Auswahl des Verpressankertyps einschließlich Details 3. Dimensionierung der Anker 4. Detailfestlegung des Korrosionsschutzsystems für den Verpressanker 5. Lieferung und Einbau der Verpressanker 6. Lieferung und Einbau des Überwachungssystems für die Verpressanker 7. Qualitätskontrolle 8. Durchführung und Beurteilung der Ankerprüfungen 9. Auswertung der auf der Baustelle durchgeführten Ankerprüfungen 10. Wartung von Verpressankern nach Anweisung

5 Baugrunduntersuchungen

Der Baugrund ist ein wesentlicher Bestandteil des Ankersystems. Deshalb ist eine gründliche geotechnische Untersuchung unbedingt erforderlich. Das Versagen einzelner Anker bei der Abnahmeprüfung ist häufig auf den Mangel an genauen Informationen über die Baugrundbedingungen in der unmittelbaren Umgebung des Ankers zurückzuführen.

Da geneigte Anker ebenso häufig wie senkrechte Anker eingebaut werden, sollten in horizontaler Ausbreitung auftretende Veränderungen des Baugrundes genauso sorgfältig untersucht werden wie die vertikalen Veränderungen.

Die geotechnischen Untersuchungen sind entsprechend den Anforderungen und Empfehlungen von ENV 1997-1, *Eurocode 7 – Teil 1* durchzuführen.

Geotechnische Untersuchungen sollten bis zu den äußersten Grenzen des Baubereiches ausgedehnt werden, damit die Schichtgrenzen zwischen den einzelnen Baugrundaufschlüssen interpoliert werden können, anstatt sie nach außen hin extrapolieren zu müssen. Wo möglich, sollten die Untersuchungen so weit über den unmittelbaren Baubereich hinaus ausgedehnt werden, dass eventuell darüber hinausgreifende Spannungsbeeinflussungen durch die Anker miterfasst werden können.

Die geotechnischen Untersuchungen sollten tief genug reichen, um sicherzustellen, dass

- a) eine bekannte geologische Formation nachgewiesen wird oder
- b) keine darunter liegende Schicht die Bemessung beeinflusst und
- c) die Grundwasserverhältnisse genau definiert werden.

Zusätzlich zu Zusammensetzung und Aufbau des Baugrundes sind entsprechend ENV 1997-1, *Eurocode 7 – Teil 1* folgende Eigenschaften, soweit zutreffend, zu ermitteln:

a) für Böden:

- Bodenbeschreibung und -klassifizierung (Kornverteilung, Wassergehalt, Raumgewicht, Dichte, Atterberg-Grenzen);
- Scherfestigkeit, Verdichtungsfähigkeit und radiale Steifigkeit;
- Durchlässigkeit;
- Grundwasserbedingungen;
- Aggressivität von Boden und Grundwasser;
- Vorhandensein von Streuströmen.

b) für Fels:

- Felsschichtung;
- Druckfestigkeit des intakten Felsens bei seitlich unbehinderter Ausdehnung;
- Scherfestigkeit und Verformungsverhalten des Gebirges;
- Durchlässigkeit;
- Grundwasserbedingungen;
- Aggressivität von Fels und Grundwasser;
- Vorhandensein von Streuströmen.

Diese Informationen sollten über die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Schwierigkeiten Aufschluss geben hinsichtlich:

- möglicher Bohrhindernisse;
- Eignung der Bohrverfahren;
- Bohrlochstabilität;
- Grundwasserströmung ins Bohrloch;
- Verpressgutverlust in den Baugrund.

6 Baustoffe und Bauprodukte

6.1 Allgemeines

Es sind Ankersysteme zu verwenden, für die hinsichtlich Tragverhalten und Dauerhaftigkeit positive Erfahrungen gemacht wurden und nachgewiesen sind.

Seite 12
EN 1537:1999 + AC:2000

Alle Ankersysteme sind mindestens einer Systemprüfung zu unterziehen, um die Wirksamkeit des Systems nachzuweisen. Die Ergebnisse aller Prüfungen sind ausführlich zu dokumentieren.

Die dokumentierte Systemprüfung ist vom Technischen Bauherrenvertreter nach den in dieser Norm festgelegten Grundsätzen zu genehmigen.

Alle verwendeten Baustoffe müssen untereinander verträglich sein. Dies gilt insbesondere für nebeneinander angeordnete Baustoffe mit einer gemeinsamen Berührungsfläche. Die Materialeigenschaften dürfen sich während der geplanten Lebensdauer des Verpressankers nicht so verändern, dass der Anker nicht mehr gebrauchstauglich ist.

Anker, bei denen neu entwickelte Baustoffe oder Einbauverfahren verwendet werden, sind zulässig, vorausgesetzt, dass das Verhalten des Ankers und die Dauerhaftigkeit der verwendeten Baustoffe in Systemprüfungen nachgewiesen und vom Technischen Bauherrenvertreter genehmigt wurden, um sicherzustellen, dass die Gebrauchstauglichkeit des Ankersystems während der geplanten Lebensdauer des verankerten Bauwerks aufrechterhalten wird.

6.2 Zugglied

Alle Stahlzugglieder müssen den folgenden Europäischen Normen entsprechen:

Baustähle ENV 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau.*

Betonstahl ENV 1992-1-1, *Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau.*

Spannstahl prENV 10138, *Entwurf von Spannstählen.*

ENV 1992-1-5, *Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-5: Allgemeine Regeln – Tragwerke mit Spanngliedern ohne Verbund.*

Die Zugglieder dürfen nur dann aus anderen Baustoffen hergestellt werden, wenn ihre Eignung für Anker nachgewiesen wurde und sie vom Technischen Bauherrenvertreter genehmigt wurden.

6.3 Ankerkopf

Der Ankerkopf muss es zulassen, dass das Zugglied vorgespannt, geprüft und festgelegt sowie erforderlichenfalls nachgelassen, entspannt und nachgespannt werden kann. Er muss die charakteristische Bruchkraft des Zuggliedes von 100 % P_{ik} übertragen können.

Der Ankerkopf muss ENV 1992-1-1, *Eurocode 2* entsprechen, es sei denn, die erforderliche Abweichung ist gerechtfertigt. Er ist so zu konstruieren, dass er eine maximale Winkelabweichung des Zuggliedes gegen die Normale zum Ankerkopf bis zu 3° zulässt. Dabei darf die Bruchkraft des Zuggliedes auf 97 % P_{ik} abfallen.

Der Ankerkopf muss die Kraft aus dem Zugglied entsprechend der Gesamtkonstruktion des Bauwerkes über bemessene oder geprüfte Bauteile auf das Hauptbauwerk oder auf den Baugrund abtragen.

Der Ankerkopf (d. h. die Verbindung zwischen dem Ankerzugglied und dem Bauwerk) muss sich Verformungen, die während der geplanten Lebensdauer des Bauwerks auftreten können, anpassen können.

6.4 Koppellelemente

Koppellelemente müssen ENV 1992-1-1, *Eurocode 2* entsprechen und dürfen die erforderliche Zugfestigkeit des Zuggliedes nicht beeinträchtigen.

Das Zugglied sollte nicht innerhalb der Verankerungslänge des Zuggliedes gekoppelt werden.

Die freie Dehnung eines Stahlzuggliedes darf nicht durch Bewegungsbehinderung des Koppellelementes beeinträchtigt werden.

Der Korrosionsschutz des Koppellelementes muss auf den Korrosionsschutz des Zuggliedes abgestimmt sein.

6.5 Verankerungslänge des Zuggliedes

Zur Verankerung des Zuggliedes in der Verankerungslänge sind in diesem Bereich profilierte oder gerippte Zugglieder, Litzen oder Druckrohre zu verwenden.

Als Leitlinie können folgende Stahlzuggliedtypen über Verbundwirkung verankert werden:

- kalt gezogene Drähte, die nach dem Ziehen profiliert wurden;
- vergütete und angelassene Drähte, die während des Warmwalzens mit Rippen versehen wurden;
- Rippenstähle;
- 7-drähtige Litzen.

Die bezogene Rippenfläche, f_r , von gerippten oder profilierten Drähten bzw. Stählen muss ENV 1992-1-1, *Eurocode 2* entsprechen.

Spannstähle mit glatter Oberfläche mit oder ohne besondere nachgewiesene Verankerungsvorrichtungen dürfen nur bei Kurzzeitankern nach Genehmigung durch den Technischen Bauherrenvertreter verwendet werden.

6.6 Abstandhalter und andere Bauteile im Bohrloch

Alle eingebauten Stahlzugglieder und Korrosionsschutzumhüllungen müssen mindestens 10 mm Zementmörtelüberdeckung zur Bohrlochwand aufweisen. Dies kann durch Verwendung von Abstandhaltern oder Zentrierteilen erreicht werden.

Jedes Teil, das im Bohrloch eingebaut wird und dort verbleibt, sollte so angeordnet sein und mit Abstand versehen sein, dass es die Verbundwirkung des Ankers nicht verringert. Abstandhalter sind so anzuordnen, dass die richtige Lage des Zuggliedes und dessen Komponenten sowie des Korrosionsschutzes und anderer Teile im Bohrloch sichergestellt ist, die Mindestanforderungen an die Mörtelüberdeckung eingehalten werden und das offene Volumen vollständig mit Verpressmörtel verfüllt wird.

Abstandhalter und Zentrierteile dürfen den Verpressmörtelfluss nicht behindern.

Werden bei Dauerankern Abstandhalter außerhalb der Korrosionsschutzumhüllung angebracht, sollten sie aus korrosionsbeständigem Material hergestellt sein.

Beim Entwurf von Abstandhaltern ist die Form des Bohrloches, z. B. das Vorhandensein von glockenförmigen Bohrlochhinterschneidungen, das Gewicht des Zuggliedes und die Empfindlichkeit des Baugrundes im Hinblick auf Störungen während des Einschlebens des Zuggliedes zu berücksichtigen.

6.7 Zementmörtel und Zusatzmittel

Zementmörtel, die innerhalb der Korrosionsschutzumhüllung verwendet werden und Spannstähle berühren, müssen im allgemeinen EN 445, EN 446 und EN 447 entsprechen. Bei Widersprüchen zwischen den Festlegungen dieser Norm und EN 445, EN 446 und EN 447 gelten die Festlegungen dieser Norm.

Wenn Zementmörtel ein Zugglied innerhalb einer Korrosionsschutzumhüllung umgibt oder Stahlrohre schützt, sollten seine Eigenschaften so eingestellt sein, dass Absetzerscheinungen und Schwinden verhindert werden. Die Wasser/Zement Werte für Verpressmörtel, die außerhalb der Korrosionsschutzumhüllung im Bohrloch verwendet werden, sollten in Abstimmung mit dem Baugrund gewählt werden.

Zemente mit hohem Sulfidgehalt dürfen den Spannstahl nicht berühren.

Bei der Auswahl des Zementes, der in unmittelbarer Berührung mit dem umgebenden Baugrund steht, sind das Vorhandensein von aggressiven Substanzen im Umfeld, z. B. Kohlensäure und Sulfate, die Durchlässigkeit des Bodens und die geplante Lebensdauer des Ankers zu berücksichtigen. Die Aggressivität des Umfeldes ist nach ENV 206 zu definieren.

Zusatzmittel dürfen zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit oder der Dauerhaftigkeit, zur Verringerung des Absetz- oder des Schwindmaßes oder zur Abbindbeschleunigung verwendet werden. Die Verwendung von Zusatzmitteln bei Spannstählen ist vom Technischen Bauherrenvertreter zu genehmigen. Zusatzmittel müssen frei von allen Substanzen sein, die den Spannstahl oder den Mörtel selbst schädigen können. Es darf kein Zusatzmittel verwendet werden, das mehr als 0,1 % (Massenanteil) an Chloriden, Sulfiden oder Nitraten enthält.

Zur Verringerung des Verpressgutverlustes in den Baugrund dürfen bei Bedarf inaktive Füller (z. B. Sand) in der Mörtelrezeptur verwendet werden.

Es sollten Labor- und Felduntersuchungen durchgeführt werden, um die Mischung, die Mischgüte, die Abbindezeit und das Verhalten zu überprüfen. Diese Prüfungen sind gegebenenfalls nach EN 445 durchzuführen.

6.8 Kunstharzmörtel

Als Alternative zum Zementmörtel dürfen Kunstharze und Kunstharzmörtel für Verpressanker verwendet werden, vorausgesetzt, dass ihre Anwendbarkeit durch eine für ihre Anwendung geeignete Systemprüfung nachgewiesen wurde.

Labor- und Felduntersuchungen sollten durchgeführt werden, um die Mischung, die Mischgüte, die Abbindezeit und das Verhalten zu überprüfen.

6.9 Korrosionsschutz des Stahlzuggliedes und gespannter Stahlteile

6.9.1 Allgemeines

Es gibt keine zuverlässige Methode, Korrosionsbedingungen mit ausreichender Genauigkeit festzustellen, um die Korrosionsabläufe des Stahls im Baugrund vorherzusagen. Alle Stahlteile, die unter Spannung stehen, sind für ihre geplante Lebensdauer gegen Korrosion zu schützen. Wo erforderlich, müssen Korrosionsschutzkomponenten die Kräfte aus dem Zugglied übertragen können.

Diese Norm unterscheidet den Grad des Korrosionsschutzes im Hinblick auf die geplante Lebensdauer:

- Kurzzeitanker sind definiert als Anker, die nicht länger als zwei Jahre im Einsatz sind;
- Daueranker sind definiert als Anker, die mehr als zwei Jahre im Einsatz sind.

Tabelle 2 – Beispiele für Korrosionsschutzsysteme bei Kurzzeitankern

<p>1. Verankerungslänge des Zuggliedes</p> <p>Alle eingebauten Zugglieder sind mit einer Zementmörtelüberdeckung gegen die Bohrlochwand von mindestens 10 mm Dicke zu versehen. Wo aggressive Baugrundbedingungen vorhanden sind, kann es zum Beispiel angebracht sein, den Korrosionsschutz durch ein einfaches geripptes Hüllrohr um das Zugglied (die Zugglieder) zu erhöhen.</p>
<p>2. Freie Stahllänge</p> <p>Das Schutzsystem muss geringe Reibeigenschaften besitzen und die Bewegung des Zuggliedes im Bohrloch zulassen. Dies kann durch eine der folgenden Maßnahmen erreicht werden:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Kunststoffverrohrung für jedes einzelne Zugglied mit Endabdichtung gegen Wassereintritt; b) Kunststoffverrohrung für jedes einzelne Zugglied, die vollständig mit Korrosionsschutzmasse verfüllt ist; c) Sammelverrohrung aus Kunststoff oder Stahl für alle Zugglieder, mit Endabdichtung gegen Wassereintritt; d) Sammelverrohrung aus Kunststoff oder Stahl für alle Zugglieder, die vollständig mit Korrosionsschutzmasse gefüllt ist. <p>b) und d) sind für den erweiterten Kurzeiteinsatz oder für aggressive Bedingungen geeignet.</p>
<p>3. Übergang zwischen Ankerkopf und freier Stahllänge (innerer Ankerkopf)</p> <p>Die Verrohrung der freien Stahllänge darf dicht an Auflagerplatte oder Ankerkopf angeschlossen werden, oder es darf ein Rohrstutzen aus Stahl oder ein Kunststoffrohr an die Auflagerplatte angeschweißt bzw. mit ihr direkt verbunden werden. Er muss die Verrohrung der freien Stahllänge überlappen und bei erweitertem Kurzeiteinsatz mit Korrosionsschutzmasse, Zement oder Kunstharz verfüllt werden. Der Rohrstutzen ist in diesem Falle an seinem unteren Ende abzudichten.</p>
<p>4. Ankerkopf</p> <p>Sofern der Ankerkopf zwecks Überwachung zugänglich bleibt und eine spätere Neubeschichtung möglich ist, ist folgender Korrosionsschutz zulässig:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) eine Beschichtung mit Korrosionsschutzmasse oder b) eine Kombination von Korrosionsschutzmasse und damit getränkter Binde. <p>Bleibt der Ankerkopf nicht zugänglich, ist eine Schutzkappe aus Metall oder Kunststoff anzubringen und bei erweiterter Einsatzdauer mit Korrosionsschutzmasse zu verfüllen.</p> <p>Wo aggressive Bedingungen vorhanden sind, ist die Schutzkappe aus Metall oder Kunststoff mit Korrosionsschutzmasse zu verfüllen.</p>

6.9.2 Kurzzeitanker

Die Stahlteile von Kurzzeitankern sind mit einem Korrosionsschutz zu versehen, der die Korrosion mindestens während einer Dauer von zwei Jahren verhindert.

Besteht die Möglichkeit, dass die Einsatzdauer eines Kurzzeitankers zeitlich begrenzt verlängert wird oder wird der Verpressanker in aggressiven Baugrund eingebaut, sind Korrosionsschutzmaßnahmen, die durch den Technischen Bauherrenvertreter zu genehmigen sind, für alle Teile des Ankers zu ergreifen.

Beispiele für einen Korrosionsschutz, der die oben aufgeführten Grundsätze des Korrosionsschutzes von Kurzzeitankern erfüllt, sind in Tabelle 2 beschrieben.

6.9.3 Daueranker

Der Korrosionsschutz um die Zugglieder (das Zugglied) des Ankers muss mindestens eine einzige ununterbrochene Schicht eines Korrosionsschutzmaterials sein, dessen Wirksamkeit während der geplanten Lebensdauer des Ankers nicht beeinträchtigt werden darf.

Das Zugglied (die Zugglieder) eines Dauerankers ist zu versehen mit:

- a) entweder zwei Korrosionsschutzhüllen, bei denen die zweite unversehrt bleibt, wenn die erste beim Anker einbau oder beim Spannen beschädigt wird, oder
- b) einer einzigen Korrosionsschutzhülle, deren Unversehrtheit an jedem eingebauten Anker zu überprüfen ist (siehe Anhang A);
- c) einem Korrosionsschutzsystem, das aus einem das Zugglied umgebenden Stahl-Manschettenrohr besteht (siehe 6.10.4 und 6.10.9);
- d) einem Korrosionsschutzsystem, das aus einem das Zugglied umgebenden Manschettenrohr aus Kunststoffripprohr besteht (siehe 6.10.4 und 6.10.9);
- e) einem Korrosionsschutzsystem, das aus einem das Zugglied umgebenden Druckrohr besteht (siehe 6.10.4 und 6.10.6).

Beispiele für Korrosionsschutzsysteme, die die oben aufgeführten Grundsätze des Korrosionsschutzes von Dauerankern erfüllen, sind in Tabelle 3 beschrieben.

6.10 Übliche Komponenten und Materialien für den Korrosionsschutz

6.10.1 Kunststoffhüllrohre

Kunststoffhüllrohre müssen den maßgebenden europäischen Produktnormen entsprechen; insbesondere müssen sie wasserundurchlässig, beständig gegen Alterungsprädigkeit und gegen Schäden durch UV-Strahlung während der Lagerung, des Transports und des Einbaus sein. Die Verbindungen zwischen Plastikteilen sind durch direkten Kontakt oder durch Dichtungsmittel vollständig gegen das Eindringen von Wasser abzudichten. Bei Verwendung von PVC muss dieses alterungsbeständig sein, und es darf keine freien Chloride erzeugen.

Die Mindestwanddicke eines außen liegenden gerippten Hüllrohres, das ein oder mehrere Zugglieder umhüllt, muss sein:

- 1,0 mm für Innendurchmesser ≤ 80 mm;
- 1,5 mm für Innendurchmesser > 80 mm bis ≤ 120 mm;
- 2,0 mm für Innendurchmesser > 120 mm.

Die Mindestwanddicke eines außen liegenden glatten Sammelhüllrohres muss 1 mm größer als die für gerippte Hüllrohre sein. Andernfalls muss das Sammelhüllrohr verstärkt sein.

Die Mindestwanddicke eines innen liegenden glatten Hüllrohres muss 1,0 mm, die eines innen liegenden gerippten Hüllrohres 0,8 mm betragen.

ANMERKUNG Sind zwei ineinander liegende Schutzhüllen angeordnet, wird beim Einbau des Ankers die innen liegende Schutzhülle durch die außen liegende geschützt.

Werden Hüllrohre aus Kunststoff zur Kraftübertragung herangezogen, müssen sie profiliert oder gerippt sein. Die Rippen und die Ganghöhe der Profilierung und Rippung müssen auf die Wandstärke abgestimmt sein und die Kraft so übertragen können, dass keine Kriechschäden auftreten.

Tabelle 3 – Beispiele für Korrosionsschutzsysteme bei Dauerankern

Nachweis des vorgesehenen Schutzes	
<p>a) Zum Nachweis der Wirksamkeit sind alle Korrosionsschutzsysteme einer Prüfung (Prüfungen) zu unterziehen. Die Prüfergebnisse sind ausführlich zu dokumentieren.</p> <p>b) Der Technische Bauherrenvertreter wird eine technische Auswertung der Ergebnisse der Prüfungen an den Korrosionsschutzsystemen durchführen, um nachzuweisen, dass der durch jede Schutzhülle im System vorgesehene Schutz erreicht wird. Es sollte darauf hingewiesen werden, dass in bestimmten Systemen die Unversehrtheit der inneren Schutzhülle von der Aufrechterhaltung der Unversehrtheit der äußeren Schutzhülle abhängt.</p> <p>c) Wird in der Verankerungslänge des Zuggliedes nur eine einzige Schutzhülle vorgesehen, darf deren Unversehrtheit durch eine In-situ-Prüfung, z. B. eine Prüfung des elektrischen Widerstandes, überprüft werden.</p>	
<p>1. Verankerungslänge des Zuggliedes</p> <p>Die Umhüllung darf aus einer der folgenden Varianten bestehen:</p> <p>a) einem einzigen gerippten Kunststoffhüllrohr, das das Zugglied (die Zugglieder) und den Zementmörtel umschließt;</p> <p>b) zwei konzentrischen gerippten Kunststoffhüllrohren, die das Zugglied (die Zugglieder) umschließen und die vor dem Einbau im Kernbereich und Ringbereich zwischen den gerippten Hüllrohren voll (mit Zement oder Kunstharz) verpresst sind;</p> <p>c) einem einzigen gerippten Kunststoffhüllrohr, das ein Stabzugglied oder -zugglieder umschließt und mit Zementmörtel verpresst ist. Zwischen Hüllrohr und Stab ist eine Zementmörtelüberdeckung von mindestens 5 mm vorgesehen. Das Stabzugglied bzw. die Stabzugglieder weisen eine durchlaufend gerippte äußere Oberfläche auf. Bei Gebrauchslast darf die Rissweite des Zementmörtels zwischen Hüllrohr und Stab 0,1 mm nicht überschreiten;</p> <p>d) einem einzigen Manschettenrohr aus Stahl oder geripptem Kunststoff mit einer Dicke von mindestens 3 mm, das von einer Mörtelüberdeckung mit einer Dicke von mindestens 20 mm umhüllt ist. Der Zementmörtel wird mit einem Druck von mindestens 500 kPa in Abständen von maximal 1 m entlang des Manschettenrohres verpresst. Zwischen dem Hüllrohr und den Zuggliedern ist eine Zementmörtelüberdeckung von mindestens 5 mm vorgesehen. Bei Gebrauchslasten darf die Rissweite des Zementmörtels nicht größer als 0,2 mm sein;</p> <p>e) einem einzigen gerippten Stahlhüllrohr (Druckrohr), das ein eingefettetes Stahlzugglied dicht umhüllt. Das Hüllrohr und die Kunststoffkappe an der unteren Verankerung sind durch den umgebenden Zementmörtel mit einer Dicke von mindestens 10 mm geschützt. Bei Gebrauchslasten darf die Rissweite des Zementmörtels nicht größer als 0,1 mm sein.</p>	<p>Schutzhüllen, die in situ wirksam sind</p> <p>a) ein Kunststoffhüllrohr</p> <p>b) zwei Kunststoffhüllrohre</p> <p>c) Zementmörtel innen und Kunststoffhüllrohr außen.</p> <p>d) Zementmörtel innen und Hüllrohr aus Stahl oder Kunststoff außen</p> <p>e) Hüllrohr aus Stahl und Zementmörtel außen</p>

Tabelle 3 (fortgesetzt)**2. Freie Stahllänge**

Das Korrosionsschutzsystem lässt die freie Beweglichkeit des Zuggliedes im Bohrloch zu. Dies kann durch eine der folgenden Varianten erreicht werden:

- a) ein Kunststoffhüllrohr um jedes einzelne Zugglied, das vollständig mit plastischer Korrosionsschutzmasse gefüllt ist, in Kombination mit nachstehender Lösung A, B, C oder D;
 - b) ein Kunststoffhüllrohr um jedes einzelne Zugglied, das vollständig mit Zementmörtel gefüllt ist, in Kombination mit nachstehender Lösung A oder B;
 - c) ein Kunststoffhüllrohr für Zuggliedbündel, das vollständig mit Zementmörtel gefüllt ist, in Kombination mit nachstehender Lösung B.
- A) – Kunststoffhüllrohr, das mit plastischer Korrosionsschutzmasse gefüllt ist;
 - B) – Kunststoffhüllrohr, das an beiden Enden gegen Eindringen von Wasser abgedichtet ist;
 - C) – Kunststoffhüllrohr, das mit Zementmörtel gefüllt ist;
 - D) – Stahlhüllrohr, das mit dichtem Zementmörtel gefüllt ist.

Ein Gleitmittel oder verbundfreier Kontakt muss entweder innerhalb der einzelnen Hüllrohre oder des gemeinsamen Hüllrohres vorhanden sein, um die freie Beweglichkeit des Zuggliedes oder der Zugglieder beim Spannen sicherzustellen.

3. Übergang zwischen Ankerkopf und freier Stahllänge

Ein beschichteter oder verpresster oder einbetonierter Stahlrohrstützen oder ein Kunststoffrohr wird an den Ankerkopf angeschweißt oder mit ihm direkt verbunden. Sie werden gegen das Hüllrohr der freien Stahllänge abgedichtet und mit Korrosionsschutzmasse, Zementmörtel oder Kunstharz verfüllt.

4. Ankerkopf

Eine beschichtete und/oder eine verzinkte Schutzkappe aus Stahl mit einer Mindestwandstärke von 3 mm oder eine feste Kunststoff-Schutzkappe mit einer Mindestwanddicke von 5 mm wird mit der Auflagerplatte verbunden. Soll diese abnehmbar sein, wird sie mit plastischer Korrosionsschutzmasse gefüllt und mit einer Dichtung abgedichtet. Sofern sie nicht mehr abgenommen werden soll, kann sie mit Zementmörtel oder Kunstharz gefüllt werden.

Wird ein geripptes Hüllrohr, das zum Verpressen von Zementmörtel unter Druck verwendet wird, als Schutzhülle betrachtet, ist nachzuweisen, dass ein Eindringen von Wasser durch die Einpressöffnungen nach dem Verpressen nicht möglich ist.

Das Hüllrohr muss mindestens 3 mm dick sein; Abstand und Höhe der Rippung muss für die Kraftübertragung geeignet sein und durch eine Systemprüfung nachgewiesen werden. (Siehe 6.12.)

Die Unversehrtheit der Schutzhülle sollte auch im gespannten Zustand nachgewiesen werden. (Siehe 6.12.)

Bildet ein einziges Kunststoffhüllrohr die einzige Schutzhülle eines Dauerankers, ist eine In-situ-Prüfung durchzuführen, um die Unversehrtheit des Kunststoffrohres über die gesamte Länge des Ankers nachzuweisen. Dies kann über eine elektrische Widerstandsprüfung erfolgen, die nach dem Verpressen des Bohrloches und nach dem Spannen durchgeführt wird, um die vollständige Isolierung des Stahlzuggliedes vom Baugrund festzustellen. Anhang A dieser Norm enthält Näheres über ein akzeptables Prüfverfahren.

6.10.2 Schrumpfschläuche

Schrumpfschläuche dürfen zur Einkapselung von Korrosionsschutzmassen, die die Oberfläche eines Stahlteils bedecken, verwendet werden.

Die zur Schrumpfung erforderliche Wärme ist so aufzubringen, dass andere Komponenten des Korrosionsschutzsystems weiterhin die üblichen Anforderungen erfüllen, d. h., dass sie weder durch Aufbringung der Wärme verformt noch angebrannt werden bzw. auf andere Weise so beschädigt werden, dass ihre Gebrauchstauglichkeit eingeschränkt wird.

Schrumpfschlauchdurchmesser und Schrumpfmaß sind so zu wählen, dass die Abdichtung auf Dauer gewährleistet ist. Nach dem Schrumpfvorgang darf die Wandstärke eines Schrumpfschlauches nicht kleiner als 1 mm sein.

6.10.3 Dichtungen

Mechanische Verbindungen werden mit O-Ringen, Dichtelementen oder Schrumpfschläuchen abgedichtet.

Die Dichtung oder andere gleichwertige Vorrichtungen müssen jegliche Undichtigkeit einer Umhüllung bzw. das Eindringen von Wasser von außen verhindern, ungeachtet der späteren gegenseitigen Verschiebung zwischen den abzudichtenden Teilen.

6.10.4 Zementmörtel

Zementmörtel, der im Bohrloch verpresst wird, ist als vorübergehender Korrosionsschutz zugelassen, sofern die Mörtelüberdeckung des Zuggliedes über dessen gesamte Länge mindestens 10 mm beträgt.

Dichter Zementmörtel, der unter Werksbedingungen oder vergleichbar kontrolliert eingebracht wird, wird als eine von zwei dauerhaften Schutzhüllen zugelassen, vorausgesetzt, dass die Überdeckung zwischen dem Zugglied und der äußeren Schutzhülle mindestens 5 mm beträgt und dass nachgewiesen wurde, dass die Rissweite unter üblichen Belastungsbedingungen 0,1 mm nicht übersteigt (siehe 6.12).

Bei Manschettenrohrankern mit Stahl- oder gerippten Kunststoffrohren von mindestens 3 mm Wandstärke und einer Mörtelüberdeckung von mindestens 20 mm – hergestellt mit einem Mindestverpressdruck von 500 kPa – muss nachgewiesen werden, dass die Rissweiten im Mörtel zwischen Zugglied und Hüllrohr unter Gebrauchslastbedingungen 0,2 mm nicht überschreiten.

Rissverteilung und Rissbreite können unter bestimmten Bedingungen durch den Abstand der Rippen auf dem Stabzugglied beeinflusst werden.

Der Qualitätsnachweis und die Überprüfung der Mörtelmenge sollte während der Verfüllung der Hüllrohre erfolgen.

6.10.5 Kunstharze

Kunstharzmörtel, die unter kontrollierten Bedingungen verpresst oder eingebracht werden und eine Mindestüberdeckung von 5 mm über dem Zugglied bilden, sind als eine dauerhafte Schutzhülle zugelassen, vorausgesetzt, dass sie selbst umhüllt sind, nicht unter Spannung stehen und nicht reißen.

6.10.6 Korrosionsschutzmassen

Im Allgemeinen werden Korrosionsschutzmassen verwendet, die aus Petroleum- und Mineralölprodukten bestehen.

Anhang C enthält Hinweise zu den Abnahmekriterien für plastische Korrosionsschutzmassen und Beispiele für Prüfverfahren zur Messung der Eigenschaften von plastischen Korrosionsschutzmassen.

Die Korrosionsschutzmassen sollten auch beständig gegen Sauerstoff und gegen bakterielle und mikrobiologische Angriffe sein.

Korrosionsschutzmassen für dauerhafte Korrosionsschutzhüllen sind in stabilen, feuchtigkeitsdichten Hüllrohren oder Schutzkappen, die selbst korrosionsbeständig sind, einzuschließen. In diesen Fällen wirken sie auch als Gleitmittel und Hohlraumverfüller, die in der Lage sind, Gas und Wasser fernzuhalten.

Nicht eingeschlossene Korrosionsschutzmassen können als temporärer Korrosionsschutz verwendet werden, wenn sie sachgemäß als Beschichtung aufgetragen werden. Mit Korrosionsschutzmasse imprägnierte Binden dürfen nur als zeitlich begrenzter Schutz verwendet werden, da sich ihre Eigenschaften in der Regel verschlechtern, wenn sie Luft und Wasser ausgesetzt sind.

6.10.7 Beschichtungen mit Opfermetallen

Beschichtungen mit Opfermetallen dürfen nicht auf die Zugglieder aufgebracht werden.

Sie dürfen aber auf andere Stahlteile wie z. B. Auflagerplatten, Kappen und Rohre aufgetragen werden.

6.10.8 Andere Beschichtungen auf Stahlteilen

Beschichtungen aus Teerepoxydharz, Teerpolyurethan und Schmelzbeschichtungen aus Epoxidharz dürfen auf Stahloberflächen aufgetragen werden, die sandgestrahlt und frei von jeglicher Verschmutzung sind. Bei werkmäßiger Beschichtung dürfen sie als Korrosionsschutz der Zugglieder von Kurzzeitankern verwendet werden.

Sie werden als Korrosionsschutzhülle für die Zugglieder von Dauerankern zugelassen, wenn die Schicht werkseitig aufgetragen wurde und die Schichtdicke mindestens 0,3 mm beträgt und wenn Mängel wie Mikrolöcher durch eine geeignete Überwachung der Herstellung ausgeschlossen sind.

Beschichtungen werden in der Verankerungslänge nur zugelassen, wenn der Verbund und die Unversehrtheit des Korrosionsschutzes durch Prüfung nachgewiesen werden. (Siehe 6.12.)

6.10.9 Rohre und Kappen aus Stahl

Stahlteile können dauerhafte Korrosionsschutzhüllen darstellen, sofern sie selbst von außen her geschützt sind. Ein derartiger Schutz darf durch dichten Zementmörtel oder Beton, Feuerverzinkung oder eine mehrlagige Beschichtung mit Beschichtungsmaterialien, die vom Technischen Bauherrenvertreter genehmigt wurden, sichergestellt werden.

Stahlteile mit Beschichtungen, die während der Kraftaufbringung auf den Verpressanker unter Spannung geraten, sind nur zugelassen, wenn der Verbund und die Unversehrtheit des Korrosionsschutzes durch Prüfung nachgewiesen werden. (Siehe 6.12.)

Sofern Rohre, die zur Einbringung von Verpressmörtel verwendet werden, als Schutzhülle betrachtet werden

Seite 20

EN 1537:1999 + AC:2000

Der Zweck des Korrosionsschutzes im inneren Ankerkopfbereich besteht darin, eine wirksame Überlappung mit dem Korrosionsschutz der freien Stahllänge herzustellen und den kurzen freiliegenden Übergangsbereich unter- und innerhalb der Auflagerplatte zu schützen.

Bei Anwendung von Injektionsverfahren sollten ein tiefliegender Verfüllschlauch und ein hochliegender Entlüftungsschlauch verwendet werden, um eine vollständige Verfüllung eines Hohlraumes sicherzustellen. Ist kein Zutritt für die Verfüllung des inneren Ankerkopfbereiches vorgesehen, kann eine vorab eingebrachte Korrosionsschutzmasse verwendet werden.

6.10.9 Rohre und Kappen aus Stahl

Stahlteile können dauerhafte Korrosionsschutzhüllen darstellen, sofern sie selbst von außen her geschützt sind. Ein derartiger Schutz darf durch dichten Zementmörtel oder Beton, Feuerverzinkung oder eine mehrlagige Beschichtung mit Beschichtungsmaterialien, die vom Technischen Bauherrenvertreter genehmigt wurden, sichergestellt werden.

Stahlteile mit Beschichtungen, die während der Kraftaufbringung auf den Verpressanker unter Spannung geraten, sind nur zugelassen, wenn der Verbund und die Unversehrtheit des Korrosionsschutzes durch Prüfung nachgewiesen werden. (Siehe 6.12.)

Sofern Rohre, die zur Einbringung von Verpressmörtel verwendet werden, als Schutzhülle betrachtet werden, ist nachzuweisen, dass ein Eindringen von Wasser durch die Verpressöffnungen nach dem Verpressen nicht möglich ist. Diese Verrohrung darf nicht weniger als 3 mm dick sein und ist von einer Mörtelüberdeckung von mindestens 20 mm zu umgeben; die Verbundwirkung und die Unversehrtheit des Korrosionsschutzes sind durch eine Systemprüfung nachzuweisen. (Siehe 6.12.)

Jede mögliche Verschlechterung der Eigenschaften des Stahls oder der Beschichtung ist bei der Bemessung des Ankers durch die Wahl einer geeigneten Dicke und Größe der Komponenten zu berücksichtigen.

6.11 Aufbringung des Korrosionsschutzes

6.11.1 Allgemeines

Die Grundsätze für den Korrosionsschutz sind für alle Teile des Verpressankers dieselben, aber eine unterschiedliche Detailbehandlung ist für Verankerungslänge, freie Stahllänge und Ankerkopf erforderlich.

Das Korrosionsschutzsystem darf weder das Anspannen noch das Entspannen behindern, noch darf es dadurch beschädigt werden. Ein Gleitmittel oder ein verbundfreier Kontakt muss entweder innerhalb der einzelnen Hüllrohre oder innerhalb des gemeinsamen Hüllrohres vorhanden sein, um die freie Beweglichkeit des Zuggliedes oder der Zugglieder beim Spannen sicherzustellen.

Bei der Abdichtung der Übergangsstellen von einer Schutzhülle zur anderen und an den Enden ist besondere Sorgfalt zu üben.

Der Verpressanker bzw. alle Teile desselben sind so zu handhaben, dass das Korrosionsschutzsystem nicht beschädigt wird.

6.11.2 Freie Stahllänge und Verankerungslänge des Zuggliedes

Zugglieder müssen frei von Korrosion, insbesondere Lochfraßkorrosion, sein, wenn sie durch ein Korrosionsschutzsystem eingehüllt werden. Leichter Oberflächenrost ist zulässig, solange er abgewischt werden kann und die Oberfläche anschließend mit Zementmörtel bedeckt wird.

Die Schutzhülle für die freie Stahllänge eines Kurzzeitankers kann in situ (im Bohrloch), auf der Baustelle oder vor Anlieferung aufgebracht werden.

Der Korrosionsschutz für die Verankerungslänge eines Kurzzeitankers wird im Allgemeinen in situ (im Bohrloch) aufgebracht.

Sofern der Korrosionsschutz von Dauerankern durch Anordnung einer Kunststoffverrohrung, einer dauerhaften Zuggliedumhüllung, Kunstharz oder Zementmörtel und Korrosionsschutzmassen vor dem Einbau des Zuggliedes ins Bohrloch aufgebracht wird, muss dies entweder unter Werksbedingungen oder auf der Baustelle in eigens dafür eingerichteten Räumen, wo trockene Luft und saubere Bedingungen sichergestellt sind, erfolgen. Die Umweltbedingungen müssen so sein, dass die Aufbringung des Korrosionsschutzes nach dieser Norm durchgeführt werden kann.

Sofern der Korrosionsschutz von Dauerankern in situ durch Anordnung einer Kunststoffverrohrung, einer dauerhaften Zuggliedumhüllung, Metallverrohrung, Kunstharz oder Zementmörtel und Korrosionsschutzmassen aufgebracht wird, sollte sichergestellt werden, dass das Zugglied und die Metallverrohrung während dieses Arbeitsganges sauber und frei von korrosionsfördernden Materialien gehalten werden.

Die Hüllrohre von Dauerankern sind von ihrem unteren Ende aus zu verfüllen. Der Verpressvorgang darf nicht unterbrochen werden.

Das Zugglied darf keinen schädlichen Streuströmen ausgesetzt sein.

6.11.3 Ankerkopf

Herrschen aggressive Umweltbedingungen vor, muss der Ankerkopf von Kurzzeit- und Dauerankern frühzeitig geschützt werden.

Der Zweck des Korrosionsschutzes im inneren Ankerkopfbereich besteht darin, eine wirksame Überlappung mit dem Korrosionsschutz der freien Stahllänge herzustellen und den kurzen freiliegenden Übergangsbereich unter- und innerhalb der Auflagerplatte zu schützen.

Bei Anwendung von Injektionsverfahren sollten ein tiefliegender Verfüllschlauch und ein hochliegender Entlüftungsschlauch verwendet werden, um eine vollständige Verfüllung eines Hohlraumes sicherzustellen. Ist kein Zutritt für die Verfüllung des inneren Ankerkopfbereiches vorgesehen, kann eine vorab eingebrachte Korrosionsschutzmasse verwendet werden.

Ist ein Nachspannen oder Prüfen nicht erforderlich, dürfen Kunstharze, Verpressmörtel und andere erhärtende Dichtmassen in der Schutzkappe des Ankerkopfes verwendet werden. Ist ein Nachspannen oder Prüfen erforderlich, muss der äußere Schutz des Ankerkopfbereiches einschließlich der Schutzkappe und ihr Inhalt abnehmbar sein. Es muss möglich sein, die Schutzkappe erneut mit Korrosionsschutzmasse zu füllen.

Die Schutzkappe ist mit der Auflagerplatte durch eine geeignete mechanische Verbindung mit Dichtung zu verbinden.

Im Falle von Dauerankern sind die Auflagerplatte und die anderen freiliegenden Stahlteile im Ankerkopfbereich entsprechend der maßgebenden EN für die Beschichtung von Stahlbauten vor der Anlieferung auf die Baustelle zu schützen.

Schutzkappen aus Stahl für Daueranker müssen eine Wandstärke von mindestens 3 mm aufweisen.

Bewehrte Kunststoff-Schutzkappen mit einer Mindestwandstärke von 5 mm dürfen verwendet werden, wenn sie vom Technischen Bauherrenvertreter zugelassen sind.

Das Korrosionsschutzsystem, das für den inneren und äußeren Ankerkopf verwendet wird, ist einer Systemprüfung zu unterziehen. (Siehe 6.12.)

6.12 Prüfung des Korrosionsschutzes bei Dauerankern durch Systemprüfungen

Alle Korrosionsschutzsysteme sind mindestens einer Systemprüfung zu unterziehen, um die Wirksamkeit des Systems nachzuweisen. Die Ergebnisse aller Prüfungen sind zu dokumentieren.

Die Art der Systemprüfung für jedes Ankersystem ist nach den hier aufgeführten Grundsätzen vom Technischen Bauherrenvertreter zu genehmigen, der die dokumentierten Ergebnisse der Prüfungen am Korrosionsschutzsystem auswerten muss, um nachzuweisen, dass jede Schutzhülle des Systems den vorgesehenen Schutz erbringt.

Die Reihenfolge der Belastung muss einer der drei in Abschnitt 9 beschriebenen Prüfverfahren für Eignungsprüfungen entsprechen. Die Einbettungsbedingungen für die zu prüfenden Verankerungslängen müssen diejenigen im Baugrund, gleich, ob Fels oder Boden, simulieren.

ANMERKUNG Es werden entweder Prüfungen vor Ort oder simulierte Laborprüfungen durchgeführt. Laborprüfungen können das gleichmäßige Spannen von umhüllten Zuggliedern sowie das Simulieren der Kraftübertragung in der Verankerungslänge beinhalten.

Bei In-situ-Prüfungen muss das Einbauverfahren das bei Bauwerksankern verwendete Verfahren simulieren.

Nach der Belastung sind die Prüfanker sorgfältig freizulegen, um die Wirkung der Belastung auf das Korrosionsschutzsystem zu beurteilen.

Soweit zutreffend sind folgende Eigenschaften des Korrosionsschutzsystems durch visuelle Überprüfung oder Messung zu beurteilen:

- Wanddicke und Unversehrtheit von Kunststoffverrohrungen;
- Unversehrtheit von Verbindungen und Dichtungen;
- Mörtelüberdeckung und Verhalten von Abstandhaltern und Federkörben;
- Lage und Abstand von Rissen im Zementmörtel, sofern dieser als Korrosionsschutzhülle dient;
- Grad der Verfüllung der Verrohrungen und anderer Hohlräume mit Mörtel, Kunstharz und Korrosionsschutzmasse;
- Beschädigung der Beschichtungen;
- Grad des Verbundes oder Lösen des Verbundes an Kontaktflächen;
- Verschiebung von Komponenten während Einbau und Belastung.

Es wird darauf hingewiesen, dass in bestimmten Systemen die Unversehrtheit der inneren Schutzhülle von der Aufrechterhaltung der Unversehrtheit der äußeren Schutzhülle abhängt.

Werden Kunststoffhüllrohre als Schutzhülle in der Verankerungslänge von Dauerankern verwendet, sollte die Systemprüfung die Unversehrtheit der vorverpressten Umhüllung nachweisen. Die Prüfung soll die Belastungsbedingung simulieren, in einer Umgebung, die den Bedingungen im Baugrund in etwa entspricht. Die Überprüfung des Kunststoffes nach der Belastung sollte den Nachweis erbringen, dass der Schutz nicht beeinträchtigt wurde. Je eine dokumentierte Prüfung für jede Hüllrohrgröße reicht für die simulierte Belastungsbedingung aus. (Ein Beispiel für eine Prüfung ist in Anhang B beschrieben.)

Wird eine Kunststoffverrohrung als einzige Schutzhülle durch einen Zementmörtel mit kontrollierter Rissbildung ergänzt, sollte eine Systemprüfung durchgeführt werden, um den Rissabstand (als Anzahl der Risse pro Meter ausgedrückt) innerhalb der Umhüllung festzustellen. Anhand der elastischen Eigenschaften des Zuggliedes und des beobachteten Rissabstandes sollte nachgewiesen werden, dass die Rissbreite unter normalen Belastungsbedingungen in der durchgeführten Prüfung 0,1 mm nicht übersteigt. Die Überprüfung des Kunststoffes nach der Belastung sollte den Nachweis erbringen, dass der Schutz nicht beeinträchtigt wurde. Je eine einzige dokumentierte Prüfung in jeder Hüllrohrgröße reicht für die simulierte Belastungsbedingung aus. (Ein Beispiel für eine Prüfung ist in Anhang B beschrieben.)

Wird ein Manschettenrohr aus Stahl oder geripptem Kunststoff mit einer Dicke von 3 mm als einzige Schutzhülle durch einen Zementmörtel mit kontrollierter Rissbildung und einer äußeren Mörtelüberdeckung mit einer Dicke von mindestens 20 mm ergänzt, sollte eine Systemprüfung durchgeführt werden, um den Rissabstand (als Anzahl der Risse je Meter ausgedrückt) innerhalb der Umhüllung festzustellen. Anhand der elastischen Eigenschaften des Zuggliedes und des beobachteten Rissabstandes sollte nachgewiesen werden, dass die Rissbreite unter üblichen Belastungsbedingungen in der durchgeführten Prüfung 0,2 mm nicht übersteigt. Je eine einzige dokumentierte Prüfung in jeder Hüllrohrgröße reicht für die simulierte Belastungsbedingung aus.

7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung

Dieser Abschnitt behandelt nur die Aspekte, die zur Einhaltung der Entwurfsvorgabe eines Ankersystems während dessen Herstellung zu berücksichtigen sind.

Für die detaillierte Bemessung von Verpressankern wird auf Anhang D dieser Norm verwiesen. Für die Planung und Bemessung des Bauwerks als Ganzes wird auf die ENV 1991-1-1, *Eurocode 1 – Teil 1-1* und ENV 1997-1, *Eurocode 7 – Teil 1* verwiesen.

Verankerte Bauwerke können folgende Bauwerksarten sein:

- Stützwände;
- Böschungs- und Hangsicherungen;
- unterirdische Hohlräume;
- unterirdische Bauwerke unter Auftrieb;
- Bauwerke, die Zugkräfte aus dem Überbau oder infolge von Einwirkungen auf den Überbau in den Baugrund ableiten.

Folgendes sollte deutlich auf den Bauzeichnungen angegeben werden:

- Querschnittsmaße und Materialeigenschaften aller Elemente des Ankersystems;
- Maße der Krafteintragungslänge und der freien Ankerlänge;
- Anordnung und Neigungswinkel der Anker;
- Toleranzen für Ankermaße sowie für die Neigung und Anordnung der Anker.

Entwurf und Bemessung des Ankersystems beruhen auf den Baugrundparametern und der Geometrie der Ankeranordnung. Werden Änderungen der Ankeranordnung, des Ankerabstandes oder der Ankerneigung vorgeschlagen, sollten geeignete Untersuchungen oder Prüfungen durchgeführt werden, um die Eignung der vorgeschlagenen Änderungen nachzuweisen.

Entwurf und Bemessung des Ankers sollten Folgendes beinhalten:

- durch die Anker hervorgerufene Belastungen und Einschränkungen der Belastung, die sich auf das gesamte Bauwerk auswirken, als Hilfe für den Tragwerksplaner;
- Art der Lasteintragung auf die Anker während deren geplanten Lebensdauer, d. h. statische oder dynamische Belastung;
- Verteilung der von der Ankeranordnung hervorgerufenen Lasten über das Bauwerk während des Spannsens und während der geplanten Lebensdauer des Bauwerks;

- Schnittstelle zwischen Anker und Bauwerk, damit die Standsicherheit jederzeit sichergestellt ist;
- Folgen des Ankerversagens während des Spannens und danach und die Möglichkeit, zusätzlich Stellen zur Unterbringung von Ersatzankern vorzusehen, falls diese benötigt werden.

8 Ausführung

8.1 Herstellen der Bohrlöcher

8.1.1 Allgemeines

Ankerbohrungen müssen unter Einhaltung der vorgeschriebenen Toleranzen gebohrt werden.

ANMERKUNG 1 Im Falle unvorhergesehener Baugrundbedingungen dürfen Planungsänderungen vorgenommen oder Ausführungsvarianten zugelassen werden. Zum Beispiel darf während der Bauausführung der Bohrlochdurchmesser wegen einer erforderlichen Verrohrung des Bohrloches vergrößert werden. Für die planmäßige Erstellung des verankerten Bauwerks ist die Einhaltung der Lagetoleranzen wichtig. Im Allgemeinen werden horizontale Bohrlöcher vermieden, da Probleme mit der vollständigen Verfüllung des Bohrloches mit Verpressmörtel entstehen können.

Der Bohrlochdurchmesser muss die Verpressmörtelüberdeckung in der Krafteintragungslänge sicherstellen.

Die Bohrlochlänge sollte über das vorgeschriebene Maß verlängert werden, falls Bohrrückstände aus dem Bohrlochende nicht entfernt werden können.

Sofern nicht anders festgelegt, sollten die Auswahl und der Aufbau der Bohrausrüstung die folgenden Bedingungen erfüllen:

- der Bohransatzpunkt sollte mit einer Genauigkeit von 75 mm angesetzt werden;
- bei Bohrbeginn sollte die Bohrlochachse nicht mehr als 2° von der vorgeschriebenen Achse abweichen.

Die Abweichung sollte nach 2 m Bohrung geprüft werden.

Beim Bohren sollte die maximale Bohrlochabweichung nicht mehr als 1/30 der Ankerlänge betragen. Gelegentlich können die Baugrundbedingungen eine Lockerung dieser Toleranzen erforderlich machen.

ANMERKUNG 2 Die Bohrausrüstung sowie die Arbeitsplattformen müssen durch ihre Standfestigkeit die vorgeschriebene Bohrgenauigkeit sicherstellen. Im Zweifelsfall sollte die Bohrgenauigkeit während des Bohrens kontrolliert werden. Die Einhaltung der Winkeltoleranzen ist wichtig im Hinblick auf die gegenseitige Beeinflussung der Krafteintragungslängen. Für lange Anker können kleinere Winkeltoleranzen erforderlich sein, wenn Beeinträchtigungen zwischen den Krafteintragungslängen vermieden werden sollen.

ANMERKUNG 3 Um Schwierigkeiten beim Versetzen, unerwünschte Reibungen beim Spannen der Anker und Beeinträchtigungen zwischen den Krafteintragungslängen zu vermeiden, ist die Einhaltung der Abweichungstoleranzen wichtig. Messungen von Bohrlochabweichungen sind nicht üblich, sind aber in besonderen Fällen mit Inklinometern möglich. Bohrlochabweichungen können durch Verwendung von steifen Bohrstangen größeren Durchmessers und den zugehörigen Bohrröhren verringert werden. Abweichungen bei steifen Systemen werden meistens durch Bohrhindernisse oder unterschiedliche Bodenschichtungen verursacht. Andere Hilfsmittel und Verfahren, die hier nicht näher beschrieben werden, stehen für die Überprüfung solcher Abweichungen zur Verfügung.

8.1.2 Bohrverfahren

Das Bohrverfahren ist unter Berücksichtigung der Baugrundverhältnisse so zu wählen, dass entweder nur minimale Änderungen im Baugrund verursacht werden oder die Änderungen die Ankertragkraft erhöhen und dass der Bemessungswert des Ankerwiderstandes (R_d) erreicht werden kann.

ANMERKUNG 1 Die Gründe für minimale Baugrundveränderungen sind:

- Verhinderung eines Bohrlocheinfalls während des Bohrvorganges und des Einbaus der Zugglieder (Falls erforderlich, sollte eine Verrohrung verwendet werden.);
- Beschränkung der Auflockerungen des umgebenden Untergrunds in kohäsionlosen Böden auf ein Mindestmaß;
- Beschränkung der Änderungen des Grundwasserspiegels auf ein Mindestmaß;
- Beschränkung der Aufweichungen der Bohrlochwandung in kohäsiven Böden und Fels, sofern er zur Verschlechterung seiner Eigenschaften neigt, auf ein Mindestmaß.

Bei allen Arbeitsvorgängen sind die Veränderungen im Baugrund derart zu beschränken, dass nachteilige Einflüsse wie Rissbildung, Vor- und Nachkonsolidierung verringert werden. Die Spülflüssigkeit und eventuelle Zusätze dürfen keine nachteiligen Einflüsse auf das Zugglied, den Korrosionsschutz, den Verpressmörtel oder die Bohrlochwandung, insbesondere in der Verankerungslänge des Zuggliedes haben.

ANMERKUNG 2 Das Verhältnis vom Zuflussquerschnitt zum ringförmigen Rückflussquerschnitt für die Spülflüssigkeit sowie die Korngröße und die Dichte des Bohrgutes kombiniert mit der Dichte der Spülflüssigkeit sind die kritischen Größen für die Leistungsfähigkeit des Bohrsystems. Bei kohäsivem Bohrgut kann die Verwendung von Luftspülung die Ursache für Verstopfer und unnötige Störungen des angrenzenden Bodens sein. Ton, Mergel und Mergelfels neigen zu Quellen und Erweichen, falls sie unnötig lange dem Wasser ausgesetzt werden.

Beim Bohren durch Böden mit gespanntem Wasser sollte besondere Sorgfalt geübt werden.

ANMERKUNG 3 Sand kann durch nachteilige Druckhöhen im Boden um das Bohrloch gelockert und destabilisiert werden.

Die Verfahren, die dem Wasserdruck entgegenwirken und Ausspülung, Bohrlocheinfall und Erosion während des Bohrens, des Einbaus und des Verpressens verhindern, sind im Voraus zu bestimmen und, wenn erforderlich, anzuwenden. Bei hohem Grundwasserspiegel könnte es erforderlich sein, eine Schwerspülung zu verwenden.

ANMERKUNG 4 Mögliche vorbeugende Maßnahmen sind u. a.:

- Gebrauch von speziellen Bohrzusatzgeräten wie Dichtungen oder Packern;
- Absenkung des Grundwasserspiegels nach Abschätzung des Risikos von allgemeinen Baugrundsetzungen;
- Vorinjektionen des Baugrundes.

Der Bohrvorgang sollte so durchgeführt werden, dass wichtige Veränderungen der Baugrundbeschaffenheit, auf der die Bemessung der Anker beruht, sofort entdeckt werden können.

Es sollte ein planmäßiges Bohrprofil mit einfachen und zweifelsfreien Bezeichnungen, die der Bohrkolonnenführer mühelos erkennen kann (z. B. Bodenklassen, Farbe des Spülgutes, Wasserverlust im Bohrlochtieftst), aufgestellt werden.

Jede größere Abweichung vom planmäßigen Bohrprofil ist dem Entwurfsingenieur unverzüglich zu melden.

8.2 Herstellung, Transport, Handhabung und Einbau der Zugglieder

8.2.1 Herstellung

Während der Herstellung und der Lagerung sind die Anker und ihre Bestandteile trocken, sauber, frei von Rost, von mechanischen Beschädigungen und Schweißspritzern zu halten.

Die Zugglieder dürfen nicht enger als nach den Angaben des Herstellers gekrümmt werden.

Werden für Zugglieder vorgefettete Litzen oder Drähte verwendet, sind die freigelegten Abschnitte der Verankerungslänge des Zuggliedes mit Dampf oder Lösungsmitteln gründlich zu reinigen und zu entfetten.

Werden Lösungsmittel zum Entfetten der Zugglieder eingesetzt, ist sicherzustellen, dass sie keinerlei Bestandteile des Ankers angreifen. Der Verbund zwischen Zugglied und Verpressmörtel muss die rechnerischen Zugkräfte ohne Kriechen übertragen können.

Federkörbe, die die geforderte Überdeckung des Zuggliedes sicherstellen, sollten sicher am Zugglied befestigt werden.

ANMERKUNG Der Abstand zwischen den Abstandhalten hängt vorwiegend von der Steifheit und dem Gewicht des Zuggliedes ab.

8.2.2 Transport, Handhabung und Einbau

Während des Aufladens, Transportierens und Einbaus dürfen die Zugglieder nicht geknickt werden oder sonstige Bestandteile und der Korrosionsschutz beschädigt werden.

Vor dem Einbau des Zuggliedes ist das Bohrloch auf Hindernisse, Sauberkeit und auf die richtige Länge zu prüfen. Das Versetzen des Zuggliedes ist in einer sorgfältigen und kontrollierten Art so auszuführen, dass keine Bestandteile gegeneinander verschoben werden. In steigenden Bohrlöchern ist das Zugglied vor der Verpressung gegen Verschiebung zu sichern.

Die Zeitintervalle zwischen den verschiedenen zur Herstellung eines Ankers benötigten Arbeitsgängen sollten sich nach den Baugrundeigenschaften richten. Sie sollten jedoch so kurz wie möglich sein.

ANMERKUNG In Böden mit einer Tendenz zum Quellen oder Aufweichen sollten die Zugglieder unmittelbar nach Fertigstellung der Bohrung eingebaut und verpresst werden. Als allgemeine Regel gilt, dass das Versetzen des Zuggliedes und das Verpressen am gleichen Tag wie das Bohren der Verankerungslänge ausgeführt werden sollten. Falls eine Verzögerung nicht vermieden werden kann, sollten alle Bohrungen verschlossen werden, um das Eindringen von schädlichem Material zu verhindern.

8.3 Verpressen

8.3.1 Allgemeines

Das Verpressen erfüllt eine oder mehrere der folgenden Funktionen:

- a) Ausbildung der Kräfteintragungslänge so, dass die aufgebrachte Kraft vom Zugglied auf den umgebenden Baugrund übertragen werden kann;
- b) Schutz des Zuggliedes vor Korrosion;

- c) Verfestigung des die Krafteintragungslänge unmittelbar umgebenden Bodens, um die Ankertragkraft zu erhöhen;
- d) Abdichtung des Bodens, der die Krafteintragungslänge unmittelbar umgibt, um Verpressmörtelverluste zu begrenzen.

ANMERKUNG Überschreitet die Verpressmörtelmenge das dreifache Bohrlochvolumen, ohne dabei den hydrostatischen Druck der Mörtelsäule zu überschreiten, liegen besondere Verhältnisse vor. In diesen Fällen könnte eine Hohraumverfüllung vor dem Verpressen der Anker erforderlich sein. Für die Fälle c) und d) sollte nur der übliche Verpressmörtelverbrauch zu erwarten sein.

Um die Krafteintragungslänge ohne unkontrollierte Verpressmörtelverluste herstellen zu können, können folgende Maßnahmen vorgesehen werden:

- Bohrlochprüfung;
- Vorverpressen;
- Ankerverpressen.

8.3.2 Bohrlochprüfung

Nach der Herstellung des Bohrloches oder während der Ankerverpressung sind geeignete Maßnahmen zu treffen, um sicherzustellen, dass die Krafteintragungslänge nach Abbinden des Verpressmörtels vollständig verpresst ist. Dies darf z. B. durch Wasserabpressversuch, Verpressmörtelabsetzprüfung oder Druckverpressung erfolgen.

ANMERKUNG 1 Wasserabpressversuch

Die Wahrscheinlichkeit eines Zementmörtelverlustes kann im Fels anhand einer Wasserabpressprüfung abgeschätzt werden. In der Regel wird ein Wasserabpressversuch über das Bohrloch oder die Krafteintragungslänge mittels eines Packers durchgeführt. Eine Vorverpressung ist in der Regel nicht erforderlich, wenn der Wasserverlust im Bohrloch oder über die Krafteintragungslänge über einen Zeitraum von 10 min kleiner als 5 l/min bei einem maximalen Druck von 0,1 MPa ist.

ANMERKUNG 2 Verpressmörtelabsetzprüfung

Wenn für die Herstellung der Krafteintragungslänge planmäßig keine Druckverpressung vorgesehen ist, sollte das Bohrloch mit Verpressmörtel aufgefüllt und der Mörtelspiegel beobachtet werden, bis er nicht weiter absinkt. Bei weiterem Absinken des Mörtelspiegels sollte das Bohrloch nachgefüllt und nach ausreichendem Ansteifen des Mörtels das Bohrloch wieder aufgebohrt und die Prüfung wiederholt werden. Die Prüfung darf über die ganze Bohrlochlänge durchgeführt oder mittels Packer oder Verrohrung in der freien Ankerlänge auf die Krafteintragungslänge beschränkt werden.

ANMERKUNG 3 Zementverpressung

Die Zementverpressung der Krafteintragungslänge wird üblicherweise während des kontrollierten Rückzuges des Bohrrohres oder mit Hilfe eines Packers oder mit Manschettenrohrsystemen ausgeführt. Während der Verpressung zeigt ein gleichmäßiger Durchfluss bei einem vorgegebenen Druck den Erfolg der Verpressung an. Bei Abschluss der Verpressung der Krafteintragungslänge kann die Wirkung dieser Maßnahme im Baugrund durch eine weitere Verpressphase überprüft werden. Ein schneller Druckanstieg zeigt einen guten Verpresserfolg an.

8.3.3 Vorverpressung

Bei Vorverpressungen sollte das Bohrloch mit Zementmörtel gefüllt werden. In klüftigem Fels oder in steifen bis harten bindigen Ablagerungen mit teilweise gefüllten oder offenen Klüften oder in durchlässigen nichtbindigen Böden werden normalerweise Sand-Zementmörtel-Mischungen verwendet, um den Verpressmörtelverbrauch gering zu halten.

Nach Beendigung der Vorverpressung sollte das Bohrloch erneut geprüft und, falls erforderlich, wieder aufgebohrt und die Vorverpressung wiederholt werden.

8.3.4 Vorverpressung im Fels

In weichem Fels muss beachtet werden, dass zu Beginn des Wiederaufbohrens die Verpressmörtelfestigkeit nicht zu hoch ist, um Bohrlochabweichungen zu vermeiden.

Ein Verpressen mit Chemikalien sollte bei üblichen Ausführungen nicht erforderlich sein. Werden sie aber verwendet, ist sicherzustellen, dass keine Schädigung des Ankers oder der Umwelt (d. h. Verunreinigung des Bodens oder des Grundwassers) daraus erfolgt.

8.3.5 Vorverpressung im Boden

Zeigt die Bohrlochprüfung, dass der Boden sehr durchlässig ist oder mit hoher Verpressrate ohne Gegendruck verpresst werden kann, ist eine Vorverpressung erforderlich. Diese Ausführungsart ist keine Regelausführung, jedoch eine vernünftige Vorsichtsmaßnahme, falls anzunehmen ist, dass die oben angeführten Bodeneigenschaften vorherrschen.

In Ausnahmefällen kann es erforderlich sein, eine Hohlraumverfüllung als Teil einer allgemeinen Baugrundverbesserung auszuführen. In diesem Fall sollte eine solche Arbeit nicht als Teil des Leistungsumfanges der üblichen Ankerarbeiten betrachtet werden.

8.3.6 Ankerverpressung

Die Verpressung sollte so bald wie möglich nach Abschluss des Bohrvorganges ausgeführt werden.

Wird Verpressmörtel über einen zum Bohrlochtiefsten reichenden Verfüllschlauch eingebracht, muss das Ende des Verfüllschlauches im Verpressmörtel eingetaucht bleiben, und das Verfüllen ist fortzusetzen, bis reiner Mörtel am Bohrlochmund austritt.

Die Verpressung sollte immer vom unteren Ende der zu verpressenden Strecke erfolgen. Für horizontale und aufwärts gerichtete Bohrlöcher ist die Verwendung einer Dichtung oder eines Packers erforderlich, um Verpressmörtelverluste im Bereich der Krafteintragungslänge oder über die gesamte Bohrlochlänge zu verhindern.

Luft und Wasser müssen entweichen können, um eine komplette Füllung mit Verpressmörtel zu ermöglichen.

Beim Versetzen nahezu horizontaler Anker sollten besondere Maßnahmen wie Mehrstufen-Verpressung angewendet werden, um zu verhindern, dass Fehlstellen in der zu verpressenden Strecke zurückbleiben. Falls für die Krafteintragungslänge eine Mehrstufen- oder Nachverpressung vorgesehen ist, sollte ein entsprechendes Nachverpresssystem im Ankersystem vorgesehen sein.

Bei bestimmten Baugrundbedingungen, bei denen die Verpressmörtelsäule die freie Ankerlänge umhüllt, kann die Last teilweise von der Krafteintragungslänge auf die freie Ankerlänge und auf die Rückseite des Bauwerks übertragen werden. Wo erforderlich, kann eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen durchgeführt werden:

- Ausspülen des Verpressmörtels hinter dem Bauwerk;
- Ersetzen des Verpressmörtels in der freien Ankerlänge durch ein Material, das keine Lasten überträgt;
- Anordnung eines Packers in der Nähe des Endes der Krafteintragungslänge.

Hochdruck-Mehrstufenverpressungen dürfen zur Vergrößerung des Herausziehwiderstandes des Ankers verwendet werden; dabei wird weiterer Verpressmörtel in den Boden eingepresst, und die Normalspannungen an der Baugrund-Verpressmörtel-Fuge werden vergrößert. Diese Verpressungen dürfen vor oder nach dem Einbau der Zugglieder ausgeführt werden.

Artesischem Wasserzutritt innerhalb eines Bohrloches sollte mit Verpressmörtelüberdruck oder Vorverpressung unabhängig von der Wasserzutrittsmenge entgegengewirkt werden.

8.4 Spannen des Verpressankers

8.4.1 Allgemeines

Das Spannen ist erforderlich, um die beiden folgenden Funktionen zu erfüllen:

- Ermittlung und Aufzeichnung des Tragverhaltens des Ankers;
- Spannen und Verankerung des Zuggliedes auf seiner Festlegekraft.

Spannen und Aufzeichnen sind von erfahrenem Personal unter der Aufsicht eines geeigneten und qualifizierten Kontrolleurs auszuführen, der vorzugsweise von einem Ankerspezialunternehmen oder einem Spannausrüstungslieferanten gestellt wird.

8.4.2 Spanngeräte

Spanngeräte und Messdosen in regelmäßigem Gebrauch sind in Abständen von längstens sechs Monaten zu kalibrieren. Das Kalibrierzeugnis muss für Kontrollzwecke jederzeit auf der Baustelle vorliegen.

Spanngeräte für Stab- und Litzenspannglieder sollten in der Lage sein, das ganze Zugglied als Einheit zu spannen. Spannpressen, die Litzen einzeln spannen, sollten mit einer Messeinrichtung ausgerüstet oder ergänzt sein, die zu jedem Zeitpunkt der Prüfung die gesamte Kraft am Litzenbündel misst. Andernfalls sollten sorgfältige Abhebeprüfungen durchgeführt werden.

ANMERKUNG Die Spanngeräte sollten in der Lage sein, die Zugglieder sicher innerhalb der Nenndruckleistung der Pumpeneinheit bis zur angegebenen Prüfkraft zu spannen.

8.4.3 Spannvorgang

Wenn das Bauwerk eine bestimmte Anspannfolge oder Stufenbelastung der Anker erfordert, ist dies in der Planungsphase festzulegen.

Das verankerte Bauwerk sollte so bemessen werden, dass Reaktionskräfte aus dem Aufbringen der Prüfkraft entsprechend Abschnitt 9 sicher aufgenommen werden.

Vor Beginn der Spannarbeit, sind Spannvorgang und Protokollierung im Detail festzulegen.

Die Spanngeräte sollten genau nach den Bedienungsvorschriften des Herstellers gebraucht werden.

Das Spannen oder Prüfen sollte erst ausgeführt werden, wenn der Verpressmörtel in der Krafteintragungslänge ausreichend erhärtet ist; in der Regel wird dies nach sieben Tagen erreicht.

In empfindlichen kohäsiven Böden kann es angebracht sein, eine Mindestwartezeit zwischen Ankereinbau und Beginn der Spannarbeiten festzulegen, in der der Boden wieder konsolidieren kann.

Während der Prüf- und Spannarbeiten an Bauwerksankern sollten unterhalb des Verankerungspunktes keine Klemmeindrücke auf dem Zugglied und keine Beschädigung des Korrosionsschutzes zugelassen werden.

9 Bauüberwachung, Prüfungen und Kontrollen

9.1 Allgemeines

ENV 1997-1 sieht zwei Klassen von Ankerprüfungen vor, nämlich Eignungsprüfungen und Abnahmeprüfungen. In dieser Norm werden drei Klassen von Belastungsprüfungen auf der Baustelle einzeln behandelt. Diese Klassen sind:

- Untersuchungsprüfung;
- Eignungsprüfung;
- Abnahmeprüfung.

Die beiden ersten Klassen können als Unterteilungen der allgemeinen Kategorie der Eignungsprüfungen betrachtet werden.

Untersuchungsprüfungen, die vor der Herstellung der Bauwerksanker erfolgen, ergeben:

- a) den Herauszieh Widerstand R_a des Verpressankers an der Baugrund-Verpressmörtel-Fuge;
- b) die kritische Kriechlast des Ankersystems oder
- c) das Kriechverhalten des Ankersystems bis zum Bruch oder
- d) den Spannkraftabfall des Ankersystems im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit;
- e) die rechnerische freie Stahllänge L_{app} .

Für den jeweiligen Bemessungsfall bestätigen die Eignungsprüfungen:

- a) den Nachweis der Tragfähigkeit bei der Prüflast P_p ;
- b) das Kriechverhalten oder den Spannkraftabfall bis zur Prüflast;
- c) die rechnerische freie Stahllänge L_{app} .

Für jeden einzelnen Anker bestätigen die Abnahmeprüfungen:

- a) den Nachweis der Tragfähigkeit bei der Prüflast;
- b) das Kriechverhalten oder den Spannkraftabfall im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit, sofern erforderlich;
- c) die rechnerische freie Stahllänge L_{app} .

Die Überwachung und Beurteilung aller Ankerprüfungen dürfen nur durch einen Fachmann erfolgen, der ausreichende Kenntnisse und Erfahrung mit Verpressankern besitzt. Die nachfolgend für jede Prüfklasse festgelegten Prüfverfahren gelten sowohl für Kurzzeit- als auch für Daueranker.

Für jedes Bauprojekt, bei dem Korrosionsschutzumhüllungen innerhalb des Bohrlochs aufgefüllt werden, ist vorab eine Prüfung durchzuführen, in der die Korrosionsschutzumhüllung vollständig mit Verpressmörtel entsprechend 6.7 verfüllt wird. Hierbei sollen die Arbeitsschritte unter ähnlichen geometrischen Bedingungen, wie sie bei den Bauwerksankern vorliegen, ausgeführt werden. Weitere Systemprüfungen dienen dazu, die Wirksamkeit des durch das Ankersystem gewährten Korrosionsschutzes nachzuweisen. Diese Prüfungen sind in Abschnitt 6 beschrieben.

9.2 Messgenauigkeit

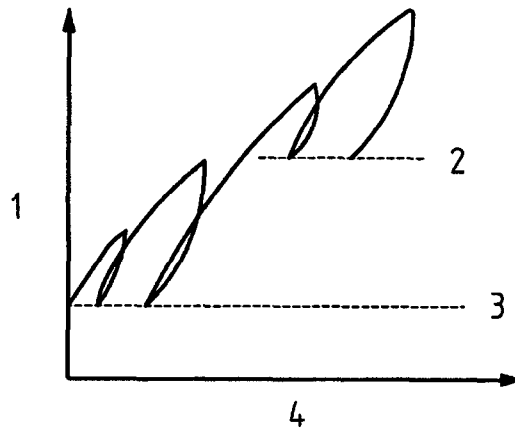
Während der Prüfzeiten zur Feststellung des Kriechmaßes darf die Messunsicherheit der Verschiebungsmessung 0,05 mm nicht überschreiten. Wenn das Kriechmaß nicht bestimmt wird, muss die Messunsicherheit der Verschiebungsmessung kleiner 0,5 mm sein. Die Geräte zur Verschiebungsmessung für Kriechmaße müssen eine Auflösung von 0,01 mm besitzen.

Die Ankerkraftmessung hat durch hydraulische, elektrische oder mechanische Messgeräte zu erfolgen, deren Messunsicherheit höchstens 2 % der maximalen Versuchslast beträgt. Die Messgeräte für die Messung des Spannkraftabfalles müssen eine Auflösung von mindestens 0,5 % der Prüflast besitzen.

9.3 Vorbelastung

Die Vorbelastung P_a , ab der die Ankermessungen beginnen, wird in der Regel mit 10 % der Prüflast gewählt.

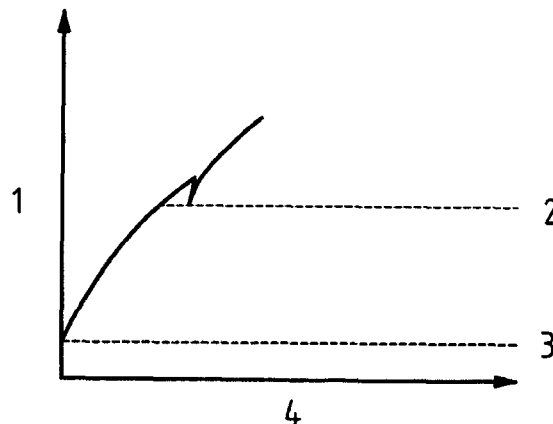
Bei Prüfungen mit Spannzuklen sind nach Spannzuklen, bei denen unüblich große Spannwege auftreten, größere Vorbelastungen zulässig (siehe Bild 2).



Legende

- | | |
|------------------------------------|----------------------|
| 1 Ankerkraft (P) | 3 Vorbelastung P_a |
| 2 höhere Vorbelastung freigestellt | 4 Verschiebung |

(a) mit Spannzuklen



Legende

- | | |
|------------------------------------|----------------------|
| 1 Ankerkraft (P) | 3 Vorbelastung P_a |
| 2 höhere Vorbelastung freigestellt | 4 Verschiebung |

(b) ohne Spannzuklen

Bild 2 – Ankerkraftaufbringung bei erhöhter Vorbelastung

9.4 Prüfverfahren

Der Technische Bauherrenvertreter muss das Prüfverfahren sowie das zugehörige Auswertungsverfahren genehmigen, die für jede Prüfklasse angewendet werden sollen. Für jede Prüfklasse ist der Verpressanker in Laststufen mit dem für die betreffende Prüfklasse erforderlichen Verfahren zu belasten.

Anhang E enthält drei Beispiele für Prüfverfahren, die auf jede Prüfklasse anwendbar sind. Diese sind:

- Prüfverfahren 1: Der Anker wird stufenweise in einem oder mehreren Zyklen von der Vorbelastung aus bis zur Prüflast belastet. Für jeden Zyklus wird die Verschiebung des Ankerkopfes bei der maximalen Spannkraft über einen festgelegten Zeitraum gemessen;
- Prüfverfahren 2: Der Anker wird stufenweise in aufeinander folgenden Zyklen von der Vorbelastung aus bis zur Prüflast oder bis zum Bruch belastet. Für jeden Zyklus wird der Kraftabfall am Ankerkopf bei der maximalen Spannkraft über einen festgelegten Zeitraum gemessen;
- Prüfverfahren 3: Der Anker wird von der Vorbelastung aus stufenweise bis zur maximalen Spannkraft belastet. Die Verschiebung des Ankerkopfes wird für jede Laststufe unter konstanter Kraft gemessen.

Während sämtlicher Prüfungen hat jede Ankerkraftaufbringung und -entlastung so vorsichtig zu erfolgen, dass der Anker weder stoßweise noch dynamisch belastet wird.

9.5 Untersuchungsprüfung

Bevor die Ausführung von Bauwerksankern beginnt, können für den planenden Ingenieur Untersuchungsprüfungen notwendig sein, um den Herausziehungswiderstand der geplanten Anker in Abhängigkeit von den Baugrundbedingungen und von den verwendeten Baustoffen zu ermitteln, um die Fachkompetenz des Ausführenden festzustellen und/oder um einen neuen Ankertyp bis zum Versagen an der Baugrund-Verpressmörtel-Fuge zu prüfen.

Untersuchungsprüfungen sollten überall dort durchgeführt werden, wo Anker in Baugrundverhältnissen verwendet werden sollen, für die bisher keine Untersuchungsprüfungen vorgenommen wurden oder wo höhere Gebrauchslasten als bisher in vergleichbaren Baugrundverhältnissen verlangt werden.

Anker für Untersuchungsprüfungen werden höher belastet als Anker für Abnahmeprüfungen, so dass eine Verstärkung des Stahlzuggliedes erforderlich sein kann, um diesem Umstand Rechnung zu tragen. Anker, die einer Untersuchungsprüfung unterzogen wurden, sind nicht als Bauwerksanker zu verwenden, sofern sie bis zum Bruch belastet wurden.

Der Bohrl Lochdurchmesser und die Maße sonstiger Ankerteile außer dem Stahlzugglied sollten die gleichen wie bei den Bauwerksankern sein.

Ankertypen, bei denen eine Verstärkung des Stahlzuggliedes nicht möglich ist, können mit einer verkürzten Krafteintragungslänge ausgeführt werden, um ein vorzeitiges Versagen an der Baugrund-Verpressmörtel-Fuge zu erreichen.

Wenn bei Ankern mit verkürzter Krafteintragungslänge der Bruch eingetreten ist, kann bei Verlängerung der Krafteintragungslänge nicht auf eine direkt proportionale Zunahme des Herausziehungswiderstandes geschlossen werden.

Bei Vergrößerung des Bohrl Lochdurchmessers darf aus dem Verhalten des Ankers der Untersuchungsprüfung nicht direkt auf die Bauwerksanker geschlossen werden.

Der Anker ist bis zum Bruch (R_a) oder bis zur Prüfkraft (P_p) zu belasten; diese ist auf $0,80P_{tk}$ oder $0,95P_{t0,1k}$ – und zwar auf den jeweils geringeren Wert – zu begrenzen.

9.6 Eignungsprüfung

Bevor Eignungsprüfungen durchgeführt werden, sollten die Ergebnisse von vorliegenden Untersuchungsprüfungen genutzt und einer genauen Analyse unterzogen werden.

Die Ziele der Eignungsprüfung sind folgende:

- Wenn Untersuchungsprüfungen vorliegen, bestätigen die Eignungsprüfungen entweder die Einhaltung des zulässigen Kriechmaßes oder des Spannkraftabfalls bei der Prüflast und der Festlegekraft für künftige Abnahmeprüfungen oder die kritische Kriechkraft;
- Wenn keine Untersuchungsprüfungen vorliegen und keine Ergebnisse von Untersuchungsprüfungen am gleichen Ankersystem bei vergleichbaren Baugrundverhältnissen zur Verfügung stehen, bestätigen die Eignungsprüfungen die in a) angegebenen Eigenschaften und liefern Abnahmekriterien für das Kriechen oder für den Spannkraftabfall bei der Prüflast von Abnahmeprüfungen, oder sie legen die kritische Kriechkraft fest;
- Ermittlung der rechnerischen freien Stahllänge.

Es sind Eignungsprüfungen an mindestens drei Ankern durchzuführen, die unter gleichartigen Ausführungsbedingungen wie die Bauwerksanker hergestellt werden.

Wenn keine Untersuchungsprüfungen ausgeführt werden, können für die Eignungsprüfung Anker mit stärkerem Stahlzugglied als bei den Bauwerksankern geprüft werden.

9.7 Abnahmeprüfung

Jeder Bauwerksanker ist einer Abnahmeprüfung zu unterziehen.

Die Ziele der Abnahmeprüfung sind folgende:

- nachzuweisen, dass eine Prüfkraft, die vom Prüfverfahren abhängt, vom Anker übernommen werden kann;
- Bestimmung der rechnerischen freien Stahllänge;
- sicherzustellen, dass die Festlegekraft die geplante Größe besitzt, abzüglich der Reibung;
- falls erforderlich, Bestimmung des Kriech- oder Kraftabfallmaßes im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.

9.8 Maximale Festlegekraft

Wenn das Grenzkriechmaß oder der Grenzkraftabfall nicht überschritten werden, ist die maximale Festlegekraft P_0 auf $0,60 P_{tk}$ zu begrenzen.

Wenn entweder in der Eignungs- oder Abnahmeprüfung das Grenzkriechmaß oder der Grenzkraftabfall überschritten werden, ist die Festlegekraft auf einen Wert zu begrenzen, bei dem das Kriech- oder Kraftabfallkriterium eingehalten wird.

9.9 Ermittlung der rechnerischen freien Stahllänge

Die rechnerische freie Stahllänge L_{app} wird aus dem Verschiebungsweg Δs der Verankerung des Zuggliedes an seiner Verankerung an der Spannpressen oder an einem Referenzpunkt, der mit dem Spannglied verbunden ist, ermittelt. Dieser Wert bestimmt einen fiktiven Verankerungspunkt in der Verankerungslänge, der mit der Länge des Stahlzuggliedes zwischen dem freien Ende der freien Stahllänge und dem Beginn der Verankerungslänge verglichen wird.

ANMERKUNG Zur Ermittlung der rechnerischen freien Stahllänge wird in der Regel die folgende Gleichung herangezogen:

$$L_{app} = (A_t E_t \Delta s) / \Delta P$$

Dabei ist:

- L_{app} die rechnerische freie Stahllänge
- A_t der Querschnitt des Stahlzuggliedes
- E_t der Elastizitätsmodul des Stahlzuggliedes
- Δs die elastische Dehnung des Zuggliedes am Ankerkopf
- ΔP die Prüfkraft abzüglich der Vorbelastung

Die Grenzlängen, zwischen denen L_{app} liegen darf, sind:

$$\text{obere Grenze: } L_{app} \leq L_{tf} + L_e + 0,5 L_{tb}; \text{ oder} \\ L_{app} \leq 1,10 L_{tf} + L_e$$

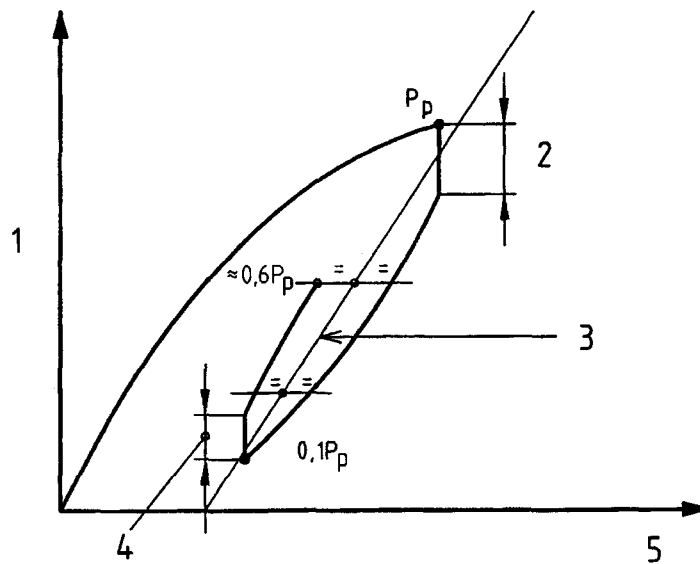
wobei die größere Länge jeweils maßgebend ist;

$$\text{untere Grenze: } L_{app} \geq 0,80 L_{tf} + L_e$$

Wenn signifikante Reibung innerhalb der freien Stahllänge vorhanden ist, kann das in Bild 3 dargestellte Auswertungsverfahren angewandt werden. Dabei ist die Hysterese zwischen Belastungs- und Entlastungsast auf der Spannschleife mit zu berücksichtigen, wenn die Größe der elastischen Steifigkeit ($\Delta P / \Delta s$) der rechnerischen freien Stahllänge abgeschätzt werden soll.

ANMERKUNG Übersteigt die Reibung 5 % von P_p , darf sie bei der Festlegung der Mindestprüfkraft oder der Festlegekraft berücksichtigt werden. Erforderlichenfalls darf die Prüfkraft verringert werden.

Liegt die rechnerische freie Stahllänge außerhalb der Grenzlängen, kann der Anker wiederholten Belastungszyklen bis zur Prüfkraft P_p unterzogen werden. Zeigt der Anker im Kraft-Verschiebungsdiagramm weiterhin gleichartiges Verhalten, darf der Anker vom Technischen Bauherrenvertreter abgenommen werden.

**Legende**

- | | |
|---|------------------------|
| 1 Ankerkraft (P) | 4 Systemreibung |
| 2 Doppelte Systemreibung | 5 Verschiebung (s) |
| 3 Neigung der elastischen Kraft-Verschiebungs-Linie | |

Bild 3 – Abschätzung der elastischen Steifigkeit bei signifikanter Reibung**9.10 Überwachung von Herstellung und Prüfung**

Der Einbau und die Prüfung aller Anker sind zu überwachen und die Protokollierung auf der Baustelle vorzunehmen (siehe Abschnitt 10).

Sollte eine Überprüfung Zweifel an der Qualität der Anker erkennen lassen, sind zusätzliche Untersuchungen vorzunehmen, um die tatsächlichen Einbaubedingungen der Anker festzustellen.

9.11 Nachprüfung

Verpressanker können mit Messeinrichtungen ausgestattet werden. Wenn ein Bauwerk auf Kraftwechsel oder Baugrundverformung empfindlich reagiert, kann mit diesen Messeinrichtungen das Ankerverhalten während der geplanten Lebensdauer überwacht werden.

Die Anzahl der zu überwachenden Anker und die Messintervalle sind festzulegen.

ANMERKUNG In einzelnen Fällen kann es aufgrund von Bauwerksbewegungen erforderlich sein, die Anker in regelmäßigen Abständen nachzuspannen, um die Festlegekraft über dem erforderlichen Minimum zu halten.

Der Korrosionsschutz der zugänglichen Teile der Anker ist von Zeit zu Zeit zu kontrollieren und erforderlichenfalls zu erneuern.

10 Aufzeichnungen

Ein Ankereinbauplan, der die technischen Angaben für das verwendete Ankersystem enthält, ist zu erstellen und muss auf der Baustelle vorliegen.

ANMERKUNG Ein Ankereinbauplan kann folgende Informationen, sofern zutreffend, enthalten:

- Ankertyp mit Bezeichnung;
- Anzahl der Anker;
- Lage und Neigung jedes Ankers und Toleranzen für den Einbau;
- freie Ankerlänge und Krafteintragungslänge;
- erforderliche Ankertragkraft und Festlegekraft;
- Einbauverfahren (Bohren, Einbau, Verpressen und Spannen);
- bekannte Bohrhindernisse;
- weitere Beschränkungen für den Ankereinbau.

Protokolle der Ankerherstellung sind für künftige Bezugnahme nach ENV 1997-1 zusammenzustellen. Sie müssen folgendes beinhalten:

- Lieferscheine der Zemente, Kunstharze und Härter, Zement- und Kunstharzmörtel;
- Baugrunduntersuchung;
- Bohrverfahren;
- Einbauverfahren und Abmessung der Ankerelemente;
- Datum und Zeit des Einbaues jedes Ankers;
- für verpresste Anker: Verpressgut, Verpressdruck, Verpressmenge, Verpresslänge, Einpresszeit;
- Einbau des gewählten Korrosionsschutzes;
- Verpressen;
- Spannen;
- Prüfen der Anker.

Ein mit einer Unterschrift versehenes Protokoll ist für den Einbau jedes Ankers zu führen. Es muss auch jede Besonderheit des Ankers enthalten. Alle Einbau- und Prüfprotokolle sind nach Abschluss der Ankerarbeiten aufzubewahren. Aufmaßpläne sind nach Abschluss der Arbeiten zusammen mit den Bauplänen aufzubewahren. Sofern vorhanden, sind Abnahmezeugnisse von Überwachungsstellen für alle Ankermaterialien zusammen mit den Bauplänen zu den Bauakten zu nehmen.

Kopien aller in diesem Abschnitt beschriebenen Protokolle sind an einer Stelle zu hinterlegen, wo interessierte Parteien sie in Zukunft einsehen können.

Beispiele für geeignete Vordrucke für Protokolle dieser Art sind in Anhang F angegeben.

11 Besondere Anforderungen

Bei der Ausführung von Ankerarbeiten sollten alle nationalen Normen, behördlichen Auflagen und Festlegungen hinsichtlich

- Baustellensicherheit;
 - Sicherheit der Bauverfahren und;
 - Arbeitssicherheit beim Bohren und der Handhabung von Hilfsgeräten und Werkzeugen
- eingehalten werden.

Besondere Aufmerksamkeit ist allen Verfahren zu widmen, bei denen Personal in der Nähe von schweren Geräten und Werkzeugen arbeitet.

Störungen und/oder Umweltbelastungen, die bei Ankerarbeiten auftreten können, sind so gering wie möglich zu halten.

Solche Störungen und/oder Umweltbelastungen können durch Folgendes verursacht werden:

- Lärm;
- Baugrundvibration;
- Baugrundverschmutzung;
- Oberflächenwasserverschmutzung;
- Grundwasserverschmutzung;
- Luftverschmutzung.

Sicherheitsmaßnahmen während des Spannens sind wichtig.

Bedienungspersonal und Beobachter sollten seitlich zu den Spanngeräten stehen und keinesfalls dahinter vorbeigehen, solange der Spannvorgang läuft.

Warnschilder mit der Aufschrift „Achtung – Gefahr – Spannvorgang“ oder Ähnlichem sollten aufgestellt werden.

Anhang A (informativ)

Elektrische Prüfung des Korrosionsschutzes

A.1 Allgemeines

Dieser Anhang beschreibt die Messung des elektrischen Widerstandes zwischen einem Anker und dem umliegenden Baugrund oder dem Bauwerk, um die Wirksamkeit des angewendeten Korrosionsschutzsystems zu ermitteln.

Es werden zwei Prüfungen beschrieben. Die erste misst die Isolation des Ankers vom Baugrund und vom Bauwerk, die zweite misst nur die Isolation des Ankerkopfes vom Bauwerk.

A.2 Elektrische Widerstandsmessung I (ERM I)

Die Durchführung der ERM I (Isolation des Ankers vom Baugrund/Bauwerk) ist in den Bildern A.1 a und A.1 b dargestellt.

Die Ausrüstung entspricht folgender Spezifikation:

Messspannung 500 V Gleichstrom

Messbereich $> 10 \text{ k}\Omega$ ($0,01 \text{ M}\Omega$)

Bei der Messung liegt der Anker am Pluspol und der Erder am Minuspol des Messstromkreises. In der Regel wird als Erder der feuchte Baugrund verwendet.

Als Erder können auch Bewehrungseisen von erdfühligem Stahlbetonbauwerken, erdverlegte metallische Wasserleitungen oder Boden- oder Felsnägel benutzt werden.

Während der Messung werden die Kontaktstellen sauber gehalten.

Die ERM I kann in zwei verschiedenen Phasen durchgeführt werden:

Phase a

Dabei wird die Unversehrtheit der Kunststoffumhüllung auf der freien Ankerlänge und der Verankerungslänge nach den verschiedenen Ankerherstellungsschritten, also vor dem Festlegen des Ankers geprüft.

Insbesondere:

- nach dem Einbau des Ankers ins Bohrloch;
- nach der ersten Verpressung;
- nach einer eventuellen Nachverpressung;
- nach der Abnahmeprüfung.

Die Durchführung der Messung in diesen Bauzuständen ist in Bild A.1 a dargestellt.

Ein gemessener elektrischer Widerstand zwischen Zugglied und Baugrund $\geq 0,1 \text{ M}\Omega$ zeigt, dass die Unversehrtheit der Kunststoffumhüllung ausreichend ist.

ANMERKUNG 1 Eine unbeschädigte, wasserdichte Kunststoffumhüllung ergibt elektrische Widerstände $R_1 > 100 \text{ M}\Omega$.

ANMERKUNG 2 Es empfiehlt sich, diese Messungen durchzuführen, um die Auswirkungen der verschiedenen Ankerherstellungsarbeiten auf die Unversehrtheit der Kunststoffumhüllung zu beobachten.

Phase b

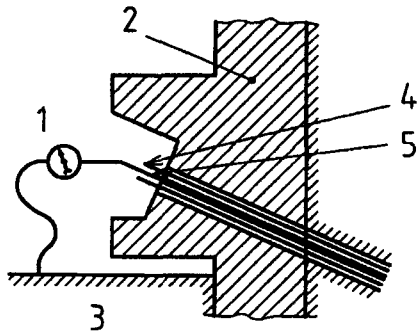
Dabei wird die vollständige elektrische Isolation des Ankers vom Baugrund und vom Bauwerk geprüft.

Insbesondere:

- nach dem Festlegen des Ankers;
- nach der Verpressung des Ankerkopfbereiches;
- zu jedem beliebigen Zeitpunkt während der Lebensdauer des Ankers.

Ein elektrischer Widerstand R_1 zwischen Anker und Baugrund/Bauwerk $\geq 0,1 \text{ M}\Omega$ zeigt, dass der Anker vollständig vom Baugrund und Bauwerk isoliert ist.

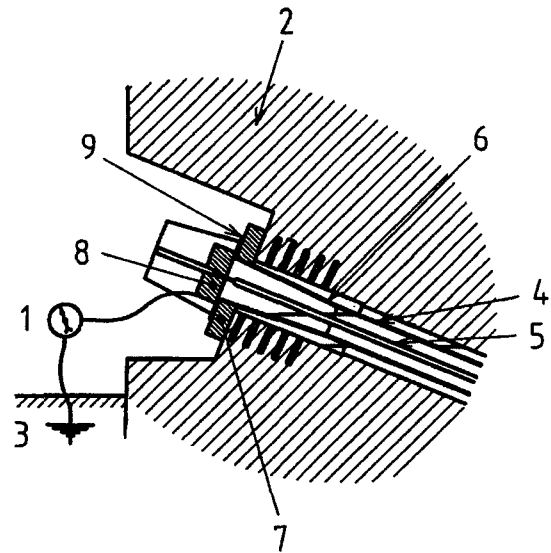
Die Durchführung der Messung am fertigen Anker ist in Bild A.1 b dargestellt.



Legende

- 1 Ohmmeter
- 2 Tragwerk (Beton)
- 3 Baugrund
- 4 PE-Hüllrohr
- 5 Zugglied

Bild A.1 a – ERM I vor dem Festsetzen des Ankers. R_I zwischen Zugglied und Baugrund $\geq 0,1 \text{ M}\Omega$

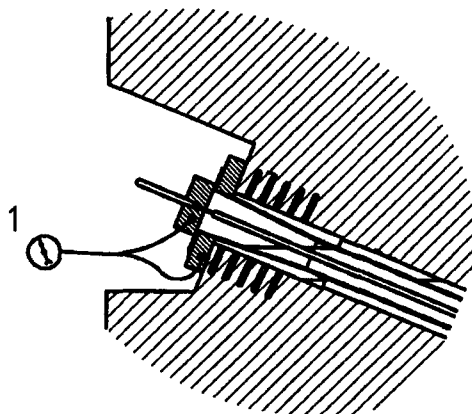


Legende

- 1 Ohmmeter
- 2 Tragwerk
- 3 Baugrund
- 4 PE-Hüllrohr
- 5 Zugglied
- 6 PE-Ankertrompete
- 7 Ankerplatte
- 8 Ankerkopf
- 9 Isolationsplatte

Bild A.1 b – ERM I nach dem Festsetzen des Ankers. R_I zwischen Ankerkopf und Baugrund/Tragwerk $\geq 0,1 \text{ M}\Omega$

ANMERKUNG Das obere Ende des PE-Hüllrohres muss sauber und trocken sein



Legende

- 1 Ohmmeter

Bild A.2 – ERM II nach dem Festlegen des Ankers. R_{II} zwischen Ankerkopf und Ankerplatte $\geq 100 \Omega$

ANMERKUNG ERM II wird nur durchgeführt, wenn R_I nach dem Festlegen kleiner als $0,1 \text{ M}\Omega$ ist.

A.3 Elektrische Widerstandsmessung II (ERM II)

Diese Messung wird nur durchgeführt, wenn R_I nach dem Festlegen des Ankers kleiner als $0,1 \text{ M}\Omega$ ist, um mindestens zu belegen, dass kein direkter Kontakt zwischen dem Ankerkopf und der Bewehrung des verankerten Bauwerks vorliegt.

Die ERM II wird am gespannten Anker durchgeführt. Die Durchführung ist in Bild A.2 dargestellt.

Die Ausrüstung entspricht folgender Spezifikation:

Messspannung etwa 40 V Wechselstrom

Messbereich 0 bis $200 \text{ k}\Omega$ (0 bis $0,2 \text{ M}\Omega$)

In der Regel wird die Auflagerplatte als Erder verwendet.

Wenn die Auflagerplatte mit einem elektrisch isolierenden Material beschichtet ist, kann auch die Bewehrung des verankerten Bauwerks als Erder benutzt werden.

Bei der Messung wird der Ankerkopf, insbesondere die Isolationsplatte zwischen Ankerkopf und Ankerplatte, trocken gehalten. Die Kontaktstellen werden sauber gehalten, und das Metall ist blank. Zur Herstellung guter Kontakte werden entweder Klemmen oder starke Magnete verwendet. Kontaktstifte werden für diese Messung nicht benutzt.

Die Messung ERM II ist empfindlich gegenüber Witterungseinflüssen wie Luftfeuchtigkeit im Ankerkopfbereich und auch gegenüber eventuell im Baugrund vorhandenen Streuströmen.

Werden an einem Anker mehrere Messungen durchgeführt, sollte – bei einwandfreier Durchführung der Messung – der größte gemessene Widerstand als maßgebend betrachtet werden.

Ein elektrischer Widerstand R_{II} zwischen Ankerkopf und Auflagerplatte oder Bauwerksbewehrung $> 100 \Omega$ zeigt, dass kein direkter Kontakt zwischen dem Ankerkopf und der Bewehrung des verankerten Bauwerks besteht.

Anhang B (informativ)

Untersuchungsprüfungen am Korrosionsschutz

Dieser Anhang beschreibt Untersuchungsverfahren, mit denen die Unversehrtheit des Korrosionsschutzes einer vorgefertigten Ankerumhüllung während oder nach der Belastung ermittelt werden kann. Diese Prüfungen werden in einem Prüfraum durchgeführt. Bild B.1 zeigt den allgemeinen Versuchsaufbau.

PRÜFUNG A

In diesem Verfahren wird ein umhülltes Zugglied belastet, ohne seitliche Dehnungsbehinderung der Korrosionsschutzumhüllung.

Das Zugglied, der Verpressmörtel und das/die umgebende(n) Kunststoffhüllrohr(e) werden den gleichen Belastungsbedingungen wie ein Bauwerksanker unterzogen.

Der Anker wird bis zur höchsten Kraft belastet, der er während der Prüfung auf der Baustelle ausgesetzt wird.

Die Biegsamkeit und der Widerstand des Hüllrohres gegen Rissbildung wird während der Belastung des Ankers extern beobachtet.

Das Zugglied wird anschließend vollständig entlastet.

Ein Teil der äußeren Kunststoffumhüllung wird entfernt und das Zugglied erneut bis zur Festlegekraft belastet, um den Zustand der inneren Umhüllung zu untersuchen sowie die Rissverteilung und Rissbreite im Verpressmörtel zu prüfen.

PRÜFUNG B

In diesem Verfahren wird ein umhülltes Zugglied in einem verpressten und anschließend zu öffnende längs teilbaren Stahlrohr belastet.

Die Belastungsbedingungen entsprechen denen, die ein Bauwerksanker erfährt.

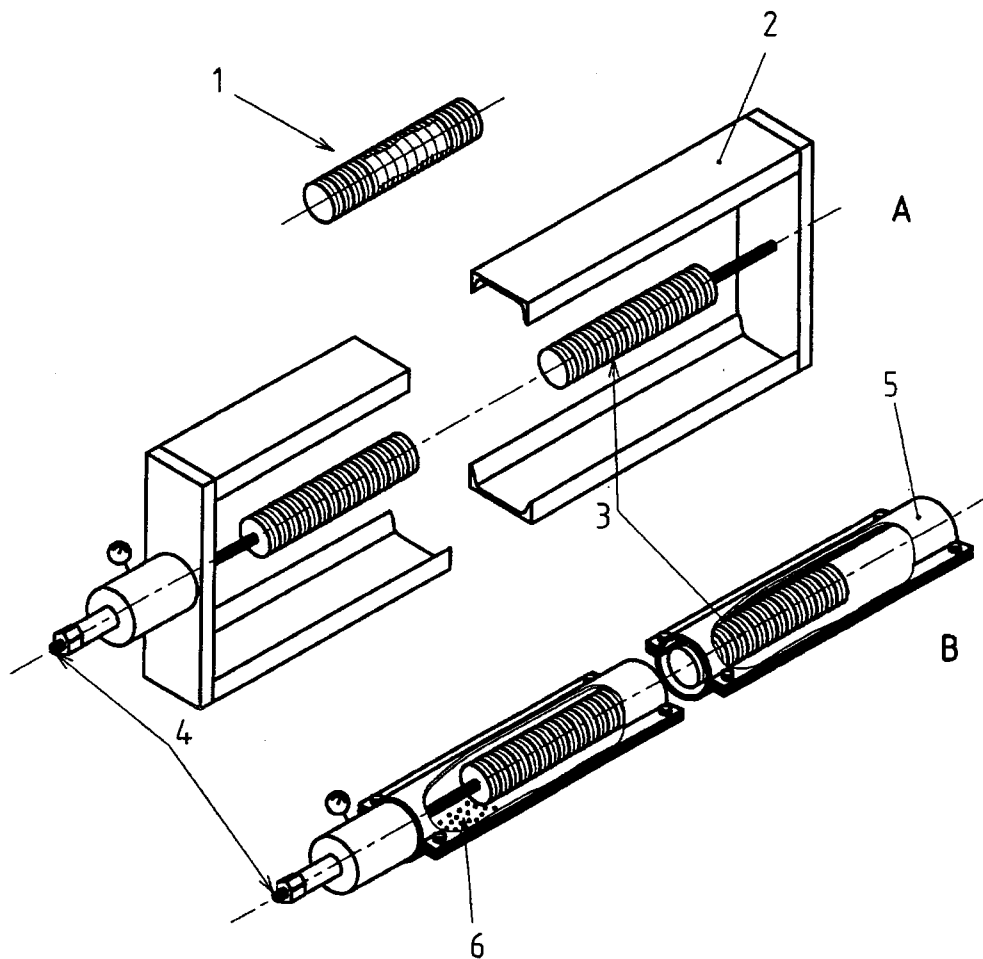
Der Anker wird bis zur höchsten Kraft belastet, der er während der Prüfung auf der Baustelle ausgesetzt wird.

Das Zugglied wird anschließend vollständig entlastet.

Das Stahlrohr wird geöffnet und der Verpressmörtel um die äußere Kunststoffumhüllung entfernt. Die Unversehrtheit der äußeren Kunststoffumhüllung wird anschließend überprüft.

Nach dem Entfernen des äußeren Kunststoffhüllrohres wird entweder das innere Hüllrohr untersucht oder – falls kein inneres Hüllrohr verwendet wurde – die Rissverteilung des inneren Verpressmörtels, gemessen.

Die Dehnung des Zuggliedes unter der aufgetragenen Gebrauchslast, geteilt durch die Anzahl der beobachteten Risse, lässt auf die durchschnittliche Rissbreite im Verpressmörtel unter Gebrauchslastbedingungen schließen.



Legende

- 1 Detail zur Untersuchung der inneren Hülle oder der Rissverteilung im Verpressmörtel/beobachtete Rissbreite bei Prüfung in belastetem Zustand (Prüfung A) oder unbelastetem Zustand (Prüfung B) an verschiedenen Stellen
 - 2 Prüfraumen
 - 3 gerippte(s) Kunststoffhüllrohr(e)
 - 4 Stab- oder Litzenspannglieder
 - 5 teilbares Stahlrohr
 - 6 Verpressmörtel
- A Prüfung A – Anker ohne seitliche Dehnungsbehinderung**
B Prüfung B – Anker im verpressten Stahlrohr

Bild B.1 – Versuchsaufbau für Untersuchungsprüfungen am Korrosionsschutz

Anhang C
(informativ)**Hinweise für die Abnahmebedingungen für plastische Korrosionsschutzmassen und Beispiele für Prüfnormen zur Ermittlung der Materialeigenschaften****Tabelle C.1 – Abnahmebedingungen für plastische Korrosionsschutzmassen**

Eigenschaft	Einheit	Vorgeschlagene Grenzwerte
Gehalt an freiem Schwefel, Sulfaten und Sulfiden	ppm	≤ 50
Gehalt an Chlorid, Nitrit, Nitrationen und an Rhodaniten	ppm	≤ 50
Spezifischer Widerstand	Ω cm	≥ 10 ⁹
Wasseraufnahme 0,1 N KOH nach 30 Tagen	%	≤ 2
Verseifung	mg KOH/g	≤ 5
Ausölen auf Filterpapier bei 50 °C, nach 24 h: Durchmesser vergrößerung des Ölflecks	mm	≤ 5
Eindringtiefe bei der Ausölprüfung auf erhärtetem Zementmörtel 5 mm stark bei 50 °C nach 7 Tagen	mm	≤ 2
Thermische Beständigkeit nach 24 h. Kein Öltropfen am Sieb bei Temperatursteigerung von 10 °C alle 2 Stunden	°C Aus-treten von Öltropfen	≥ 40
Tropfpunkt	°C	≥ 60
Rostschutz – bei Seenebel: 5 % NaCl – 168 h bei 35 °C	Sichtprüfung	Keine Korrosion
Absetzmaß bei 40 °C	%	≤ 5

Beispiele für Normen für die Materialprüfung sind:

DIN 51576, *Prüfung von Mineralöl-Kohlenwasserstoffen – Bestimmung des Salzgehaltes.*

DIN 51759, *Prüfung von flüssigen Mineralölerzeugnissen – Prüfung der Korrosionswirkung auf Kupfer – Kupferstreifenprüfung.*

DIN 51801, *Bestimmung des Tropfpunktes: Ubbelohde-Verfahren für bituminöse Bindemittel.*

DIN 53401, *Bestimmung der Verseifungszahl.*

DIN 53483, *Prüfung von Isolierstoffen – Bestimmung der dielektrischen Eigenschaften – Teil 1, 2, 3.*

DIN 53495, *Prüfung von Kunststoffen – Bestimmung der Wasseraufnahme.*

ASTM D-94-89, *Test method for saponification no. of petroleum products.*

ASTM D-130-88, *Method of detection of copper corrosion from petroleum products by the copper strip tarnish test.*

ASTM D-512-89, *Test methods for chloride ions in water.*

Anhang D (informativ)

Bemessung von Verpressankern

D.1 Allgemeines

Die Empfehlungen dieses Anhangs gelten für Bauwerke, die mit Verpressankern gemäß Abschnitt 1 gesichert sind, welche Zugkräfte in eine Tragschicht aus Boden oder Fels übertragen.

Verankerte Bauwerke können folgenden Bauwerksarten sein:

- Stützwände;
- Böschungs- und Hangsicherungen;
- unterirdische Hohlräume;
- wegen Grundwasser unter Auftrieb stehende unterirdische Bauwerke und Tiefgeschosse;
- Bauwerke, die Zugkräfte aus dem Überbau oder infolge von äußeren Einwirkungen auf den Überbau in den Baugrund ableiten.

Dieser Anhang befasst sich mit der Bemessung von Verpressankern unter Berücksichtigung des Verhaltens und der Anforderungen der zu verankernden Bauwerke. Für die Bemessung der gesamten Bauwerke sollte auf die ENV 1991-1-1, *Eurocode 1 – Teil 1-1* und ENV 1997-1, *Eurocode 7 – Teil 1* verwiesen werden.

D.2 Grenzzustände

Es sollte eine Liste der zu betrachtenden Grenzzustände zusammengestellt werden.

Die Mindestanzahl der Grenzzustände, die bei der Bemessung von verankerten Bauwerken zu betrachten sind, ergibt sich aus den Eurocodes 1, 2 und 7.

Zusätzlich sollten bei verankerten Bauwerken folgende Grenzzustände berücksichtigt werden:

- Versagen des Ankers infolge Zugbeanspruchung;
- Versagen des Ankers infolge Beanspruchung durch Querkräfte, Verdrehung am Ankerkopf oder Korrosion;
- Ankerkraftverlust infolge übermäßiger Ankerkopfverschiebung oder infolge Kriechens und Relaxation;
- Versagen oder übermäßige Verformung von Bauwerksteilen infolge der aufgebrachtten Ankerkraft.

Für alle verankerten Bauwerksarten sollten Kombinationen der oben angegebenen Grenzzustände berücksichtigt werden, da diese sich auf das ganze Bauwerk beziehen.

D.3 Einwirkungen, Baugrundeigenschaften, geometrische Größen und Bemessungssituationen

Bei der Wahl der Einwirkungen für die Berechnung der Grenzzustände sollten die in ENV 1997-1 aufgeführten Einwirkungen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Zur Bestimmung der für die Bemessung der Anker maßgebenden Einwirkungen aus dem Tragwerk kann eine Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Bauwerk, Anker und Baugrund erforderlich sein.

Ankerkräfte werden in der Regel als Einwirkungen betrachtet.

ANMERKUNG 2 Ankerkräfte wirken in der Regel günstig. In diesem Fall wird für die Ankerkraft ein niedriger Wert angesetzt, d. h. weniger als der Wert, der aufgrund der gemäß D.4 durchgeführten Analyse zu erwarten wäre. Sofern die Ankerkraft jedoch ungünstig wirkt, wird für die Bemessung ein hoher Wert angesetzt.

Es sollten angemessene Bemessungssituationen in Übereinstimmung mit den in ENV 1997-1 aufgestellten Grundsätzen gewählt werden.

Die Bemessungssituationen sollten die Umweltbedingungen in Übereinstimmung mit ENV 1997-1 berücksichtigen. Vorübergehende, sich aus dem Bauablauf ergebende Bemessungssituationen sollten berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 3 Bei der Wahl von Bemessungssituationen für verankerte Bauwerke ist es unbedingt erforderlich, die Höhe des Grundwasserspiegels und die Porenwasserdrücke in eingeschlossenen Grundwasserträgern zu ermitteln.

Die Bemessungswerte für die Baugrundkenngrößen und für die geometrischen Daten sollten in Übereinstimmung mit den in ENV 1997-1 aufgestellten Grundsätzen festgelegt werden.

D.4 Bemessungsverfahren

Die Bemessung von verankerten Bauwerken sollte in Übereinstimmung mit den Anforderungen der ENV 1991, ENV 1992, ENV 1994 und ENV 1997 in Abhängigkeit von der Art des betrachteten Bauwerks durchgeführt werden. Bemessungsnachweise, die die Wirkung von Ankerkräften auf das Bauwerk berücksichtigen, sollten in Übereinstimmung mit diesem Anhang durchgeführt werden.

Für die Bemessung der einzelnen Anker sind folgende Nachweise und Berechnungen erforderlich:

- Nachweis des inneren Ankerwiderstandes;
- Nachweis des Herauszieh Widerstandes des Ankers;
- Nachweis der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit des Ankers;
- Berechnung der erforderlichen freien Ankerlänge;
- Bestimmung der Festlegekraft des Ankers.

Litzen und Stäbe aus Stahl für Ankerzugglieder sollten gemäß den in ENV 1992-1-1 enthaltenen Grundsätzen bemessen werden.

Der Herauszieh Widerstand des Ankers sollte aufgrund der Ergebnisse von Untersuchungs- oder Eignungsprüfungen (siehe Abschnitt 9), der Ergebnisse der Baugrunduntersuchung oder der Erfahrung mit ähnlichen Baugrundverhältnissen bestimmt werden.

Die minimale freie Ankerlänge und die Festlegekraft ergeben sich aus der Bemessung des verankerten Bauwerkes.

Die Festlegekraft P_0 sollte so gewählt werden, dass die Ankerkraft P während der ganzen Nutzungsdauer des Tragwerkes folgende Grenze einhält:

$$P \leq 0,65 P_{tk}$$

Dabei ist:

P_{tk} die charakteristische Bruchkraft des Zuggliedes

Die Festlegekraft sollte

$$P_0 \leq 0,60 P_{tk}$$

sein.

D.5 Nachweis der Grenzzustände der Tragfähigkeit

D.5.1 Grundsätze und Anforderungen

Unter dem Ansatz von Bemessungswerten für die Einwirkungen und der maßgebenden Bemessungssituationen sollte für jedes verankerte Bauwerk der Grenzzustand der Tragfähigkeit nachgewiesen werden, wie in D.3 festgelegt. Alle für das verankerte Bauwerk relevanten Grenzzustände sollten berücksichtigt werden.

Wenn das Bauwerk als steifer Körper betrachtet wird und als Grenzzustand das statische Gleichgewicht oder übermäßige Verschiebungen (Gesamtstabilität) untersucht werden, sollte nachgewiesen werden, dass:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$$

Dabei ist:

$E_{d,dst}$ der Bemessungswert der Wirkung der destabilisierenden Einwirkungen;

$E_{d,stb}$ der Bemessungswert der Wirkung der stabilisierenden Einwirkungen.

Wenn als Grenzzustand der Bruch oder die übermäßige Verformung eines Querschnittes, eines Ankers oder einer Verbindung untersucht wird, sollte nachgewiesen werden, dass:

$$E_d \leq R_d$$

Dabei ist:

E_d der Bemessungswert der Wirkung der Einwirkungen, zum Beispiel die Ankerkraft;

R_d der zugehörige Bemessungswert des Widerstandes (Tragfähigkeit), in den alle Bauwerkseigenschaften mit den entsprechenden Bemessungswerten eingehen.

Der Bemessungswert der Wirkung der stabilisierenden Einwirkungen $E_{d,stab}$ und der Bemessungswert des Widerstandes des verankerten Bauwerks R_d sollten unter Ansatz der Bemessungswerte für die Scherfestigkeit des Baugrundes gemäß ENV 1997-1 und für die Festigkeit der Baustoffe gemäß ENV 1992-1-1 und ENV 1993-1-1 berechnet werden.

Bei der Festlegung der Bemessungswerte für die Festigkeit von verschiedenen Materialien, die in einer Bemessungssituation zusammenwirken, sollte der Kompatibilität ihres Verformungsverhaltens Rechnung getragen werden.

Bei der Festlegung der Bemessungswerte für die Scherfestigkeit des Baugrundes sollte jeweils der ungünstigere Wert zwischen oberem und unterem Grenzwert gewählt werden.

Der Bemessungswert des Ankerwiderstandes R_d ist abhängig von der Art der Beanspruchung des Ankers im betrachteten Grenzzustand.

Wenn der Anker nur durch Zug beansprucht wird:

$$R_d = R_k / \gamma_R$$

Dabei ist:

R_k der charakteristische innere Ankerwiderstand oder der charakteristische Herauszieh Widerstand des Ankers, wobei der niedrigere Wert maßgebend ist;

γ_R der Teilsicherheitsbeiwert des Ankerwiderstandes.

Der Teilsicherheitsbeiwert des Ankerwiderstandes berücksichtigt folgende Einflüsse:

- Variationen der Baugrundeigenschaften innerhalb eines bestimmten Baugrundbereiches;
- Variationen der Abmessungen und Eigenschaften der Ankerbaustoffe;
- Variationen in den Ausführungen der Ankerarbeiten.

Wenn der Anker im betrachteten Grenzzustand nicht nur durch Zug, sondern auch durch Querkräfte und Biegung beansprucht wird, gilt:

$$R_d = \gamma_q P_0$$

Dabei ist:

γ_q der Ankerkraftbeiwert

Der Ankerkraftbeiwert γ_q berücksichtigt die Ankerkraftänderung während der Zeit zwischen dem Festlegen der Anker und dem Eintreten des betrachteten Grenzzustandes infolge:

- Relaxation des Zuggliedes;
- Kriechen des Verpresskörpers;
- Bauwerksverschiebungen im Bereich des Ankerkopfes;
- Verschiebungen des Bauwerks als steifer Körper bis zum Eintreten des Grenzzustandes.

Der Ankerkraftbeiwert γ_q variiert in der Regel zwischen folgenden Grenzen:

$$0,8 \leq \gamma_q \leq 1,1$$

Er kann aber auch höhere Werte annehmen.

Für alle Anker sollte der Teilsicherheitsbeiwert des Ankerwiderstandes betragen:

$$\gamma_R \geq 1,35$$

ANMERKUNG Die Bilder D.1 a) und D.1 b) zeigen typische Beispiele für Grenzzustände, in denen Anker nicht direkt herausgezogen werden. In dem in Bild D.1 a) dargestellten Grenzzustand kann der Bemessungswiderstand des Ankers nicht höher sein als die effektiv vorhandene Ankerkraft, denn der Anker wird erst nach einer übermäßig großen Verschiebung des Bauwerks herausgezogen.

D.5.2 Charakteristischer innerer Ankerwiderstand

Der charakteristische innere Ankerwiderstand R_{tk} ist gleich der charakteristischen Bruchkraft des Zuggliedes:

$$R_{tk} = P_{tk} = A_t f_{tk}$$

Dabei ist:

A_t die Querschnittsfläche des Zuggliedes;

f_{tk} die charakteristische Zugfestigkeit des Zuggliedes.

Bemessung, Bauweise und Ausführung der Anker sollten sicherstellen, dass die Tragfähigkeit des Ankerkopfes und der erdseitigen Verankerung des Zuggliedes (Zugglied-Verpressgut-Fuge und, sofern vorhanden, Verpressgut-Korrosionsschutzumhüllung-Fuge) gleich oder größer als P_{tk} sind. (Siehe. 6.3.)

D.5.3 Charakteristischer Herauszieh Widerstand des Ankers

Der Herauszieh Widerstand des Ankers R_a ist der Herauszieh Widerstand des Verpresskörpers aus dem Baugrund. R_a entspricht jener Kraft, bei der die Verschiebung des Verpresskörpers nicht mehr abklingt, sondern nach einer gewissen Zeit der Bruch zwischen Verpresskörper und Baugrund eintritt.

Der charakteristische Herauszieh Widerstand des Ankers R_{ak} wird abgeleitet aus den Werten R_a , die aus den Ergebnissen von Belastungsversuchen (siehe Abschnitt 9) ermittelt werden sollten.

ANMERKUNG 1 Aus praktischen Gründen wird der Herauszieh Widerstand des Ankers R_a als jene Kraft definiert, die ein bestimmtes Kriechmaß k_s , α oder Kraftabfallmaß k_f bewirkt (siehe Anhang E).

Wenn der charakteristische Herauszieh Widerstand des Ankers R_{ak} aus den in den Untersuchungsprüfungen gemessenen Werten R_a abgeleitet wird, sollte R_{ak} nicht größer sein als der niedrigste Wert von R_a .

ANMERKUNG 2 Wird für R_{ak} ein höherer Wert als der niedrigste gemessene Wert von R_a eingesetzt, ist dies zu begründen. Zur Belegung dieser Begründung kann die Durchführung von zusätzlichen Untersuchungsprüfungen erforderlich sein.

Der charakteristische Herauszieh Widerstand des Ankers wird normalerweise gleich oder größer als der charakteristische innere Ankerwiderstand gewählt:

$$R_{ak} \geq R_{ik}$$

D.6 Nachweis der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Der Nachweis der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit von verankerten Bauwerken sollte durchgeführt werden, indem die maßgebenden Bemessungssituationen nach D.3 unter Ansatz von charakteristischen Werten für die Einwirkungen, die Baugrundeigenschaften und die geometrischen Größen untersucht werden. Die Grenzwerte für die zulässigen Verschiebungen und Verformungen des Bauwerks und des umliegenden Baugrundes sollten in Übereinstimmung mit ENV 1997-1 festgelegt werden. Dabei ist der Empfindlichkeit von gestützten Bauwerken hinsichtlich Verschiebung und Verdrehung Rechnung zu tragen.

Abschätzungen der Verdrehungen und Verschiebungen des verankerten Bauwerks sowie deren Auswirkungen auf andere gestützte Bauwerke und Leitungen sollten aufgrund von vergleichbaren Erfahrungswerten angestellt werden. Diese Abschätzungen sollten den Einfluss des Bauvorganges berücksichtigen. Es sollte nachgewiesen werden, dass die geschätzten Verschiebungen die zulässigen Werte nicht übersteigen.

Falls die geschätzten Verschiebungen die zulässigen Werte übersteigen, sollte die Bemessung durch genauere Untersuchungen mit Verschiebungsberechnungen begründet werden.

Falls die geschätzten Verschiebungen 50 % der zulässigen Werte übersteigen, sollten in folgenden Fällen genauere Untersuchungen mit Verschiebungsberechnungen durchgeführt werden:

- wenn naheliegende Bauwerke und Leitungen ungewöhnlich verschiebungsempfindlich sind;
- wenn das verankerte Bauwerk in oder über weichem Tonboden liegt;
- wenn keine vergleichbaren Erfahrungswerte vorliegen.

Verschiebungsberechnungen sollten der Steifigkeit des Baugrundes, der Anker und der übrigen Bauwerksteile sowie dem Bauvorgang Rechnung tragen.

ANMERKUNG Das für die Berechnung von Bauwerksverschiebungen angenommene Materialverhalten sollte an bekannten Verschiebungsmodellen kalibriert werden. Die angesetzten Steifigkeitswerte für Bauteile und Baugrund sollten auf die Größe der zu erwartenden Verformungen abgestimmt sein. Erforderlichenfalls sollte für den Baugrund ein nichtlineares Kraft-Verformungsmodell verwendet werden.

Beim Nachweis der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sollten die Ankerkräfte als äußere Einwirkungen oder die Anker als vorgespannte elastische Federn betrachtet werden.

Werden die Ankerkräfte als äußere Einwirkung betrachtet, sollte zwischen der kleinsten und der größten während der Nutzungsdauer des Bauwerks auftretenden Ankerkraft die jeweils ungünstiger wirkende gewählt werden.

Die Wirkung der Prüfkraft auf das Bauwerk bei den Ankerprüfungen sollte berücksichtigt werden.

Werden die Anker als vorgespannte elastische Federn betrachtet, sollte die ungünstigste Kombination aus der kleinsten oder größten Ankersteifigkeit und der kleinsten oder größten Vorspannung in Betracht gezogen werden.

Die Wirkung der Vorspannkraft der Anker auf die Bauwerksverformungen sollte berücksichtigt werden.

Die Relevanz der Ankerkopferschiebungen nimmt zu, sobald die auf den Anker wirkenden äußeren Zugkräfte die vorhandene Ankerkraft übersteigen.

Bei verankerten Bauwerken, die dazu dienen, Zugkräfte aus dem Überbau oder infolge von äußeren Einwirkungen auf den Überbau in den Baugrund abzuleiten, sollte die vorhandene Ankerkraft stets größer sein als die Wirkung der äußeren Zugkräfte auf die Anker. Dies gilt auch für Auftriebsanker.

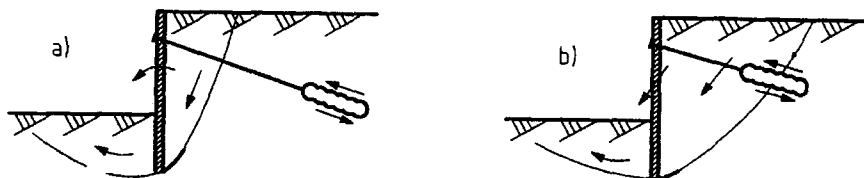


Bild D.1 – Beispiele für Grenzzustände der Tragfähigkeit mit Herausziehen der Anker

Anhang E (informativ)

Beispiele für Ankerprüfverfahren

E.1 Allgemeines

In Abschnitt 9 wurde auf die drei Prüfverfahren verwiesen, die in der Regel für Ankerversuche angewendet werden.

Diese sind:

- Prüfverfahren 1: Der Anker wird in aufeinanderfolgenden Spannzyklen von der Vorbelastung aus auf die maximale Versuchskraft gespannt. Für jeden Spannzyklus wird bei der maximalen Spannkraft die Verschiebung des Ankerkopfes über die Beobachtungszeit aufgezeichnet.
- Prüfverfahren 2: Der Anker wird in aufeinanderfolgenden Spannzyklen von der Vorbelastung aus auf die maximale Versuchskraft oder bis zum Bruch gespannt. Der Kraftabfall am Ankerkopf wird während der Beobachtungszeit sowohl bei der Festlegkraft als auch bei der Höchstlast eines jeden Spannzyklus gemessen.
- Prüfverfahren 3: Der Anker wird von der Vorbelastung aus stufenweise auf die maximale Versuchskraft gespannt. Die Verschiebungszunahme des Ankerkopfes wird bei jeder Laststufe unter konstanter Kraft gemessen.

Die wichtigsten Vorgänge zur Ankerkraftaufbringung bei Prüfverfahren 1, 2 und 3 sind in den Bildern E.1, E.2 und E.3 gezeigt.

E.2 Prüfverfahren 1

E.2.1 Untersuchungsprüfung – Ankerkraftaufbringung

Der Anker sollte entweder bis zum Bruch (R_a) oder bis zur Prüfkraft (P_p) gespannt werden. Diese ist auf $0,80 P_{tk}$ oder $0,95 P_{t0,1k}$ zu begrenzen, wobei der kleinere Wert maßgebend ist.

Der Anker sollte mit mindestens sechs Spannzyklen bis auf die maximale Prüfkraft gespannt werden, siehe Bild E.1.

Die Spannzyklen und die Mindestbeobachtungszeiten sind in Tabelle E.1 angegeben.

Zur Messung von Kriechverschiebungen sollte in jedem Spannzyklus die Höchstkraft über eine Mindestbeobachtungszeit konstant gehalten werden:

- bei Höchstkräften $< P_p$ mindestens 15 min;
- bei der Höchstkraft P_p 60 min in nichtbindigen und 180 min in bindigen Böden.

Diese Zeiten sollten verlängert werden, bis die Kriechmaße bei der Prüfkraft annähernd konstant bleiben.

E.2.2 Eignungsprüfung – Ankerkraftaufbringung

Die Prüfkraft für die Bauwerksanker sollte betragen:

$$P_p \geq 1,25 P_0 \text{ oder } P_p \geq R_d$$

wobei jeweils die größere Prüfkraft maßgebend ist.

Das Stahlzugglied sollte nicht über $0,95 P_{10,1k}$ beansprucht werden.

Die Spannzzyklen und die Mindestbeobachtungszeiten sind in Tabelle E.1 angegeben. Zur Messung der Kriechverschiebungen gilt E.2.1, letzter Absatz.

Der Anker kann mit mindestens 5 Spannzzyklen auf die maximale Prüfkraft gespannt werden; dabei entfällt der erste Spannzzyklus nach Tabelle E.1.

Liegen Untersuchungsprüfungen vor, sollte bei der Prüfkraft das maximale Kriechmaß k_s 1 mm nicht übersteigen. Wurde der Bruch (definiert als $k_s = 2$ mm) nicht durch Untersuchungsprüfungen nachgewiesen, sollte bei der Prüfkraft k_s den Wert 0,8 mm nicht übersteigen.

E.2.3 Abnahmeprüfung – Ankerkraftaufbringung

Die Prüfkraft (P_p) sollte in mindestens drei Stufen mit gleich großer Kraftzunahme erreicht werden. Der Anker sollte danach auf die Vorbelastung P_a entspannt und dann auf die Festlegekraft (P_0) gespannt und festgelegt werden. Die Prüfkraft sollte mindestens $1,25 P_0$, jedoch höchstens $0,9 P_{10,1k}$ betragen.

ANMERKUNG Das Kraft-Verschiebungsdiagramm kann über den Baugrund und über das Verhalten des Ankersystems im Baugrund zusätzliche Informationen liefern.

Bei der Prüflast sollte die Beobachtungszeit nicht weniger als 5 min betragen.

Der folgende Grenzwert sollte eingehalten werden:

Das Kriechmaß k_s sollte bei der Prüfkraft 0,8 mm nicht übersteigen.

Größere Werte von k_s (bis zu 1 mm bei der Prüfkraft) sind empfohlen, wenn sie bei vorherigen Untersuchungsprüfungen als ausreichend erkannt wurden.

E.2.4 Messung des Kriechverhaltens

Nach bestimmten Zeitintervallen sollte die Zunahme der Verschiebung am Ankerkopf für die in Tabelle E.1 angegebenen Kraftstufen gemessen werden. Das Kriechmaß k_s sollte aus der konstanten Zunahme der Kriechverschiebung über mindestens zwei Beobachtungszeitintervalle bestimmt werden.

k_s ergibt sich aus:

$$k_s = (s_2 - s_1) / \log(t_2 / t_1)$$

Dabei ist:

s_1 die Verschiebung am Ankerkopf zur Zeit t_1 ;

s_2 die Verschiebung am Ankerkopf zur Zeit t_2 ;

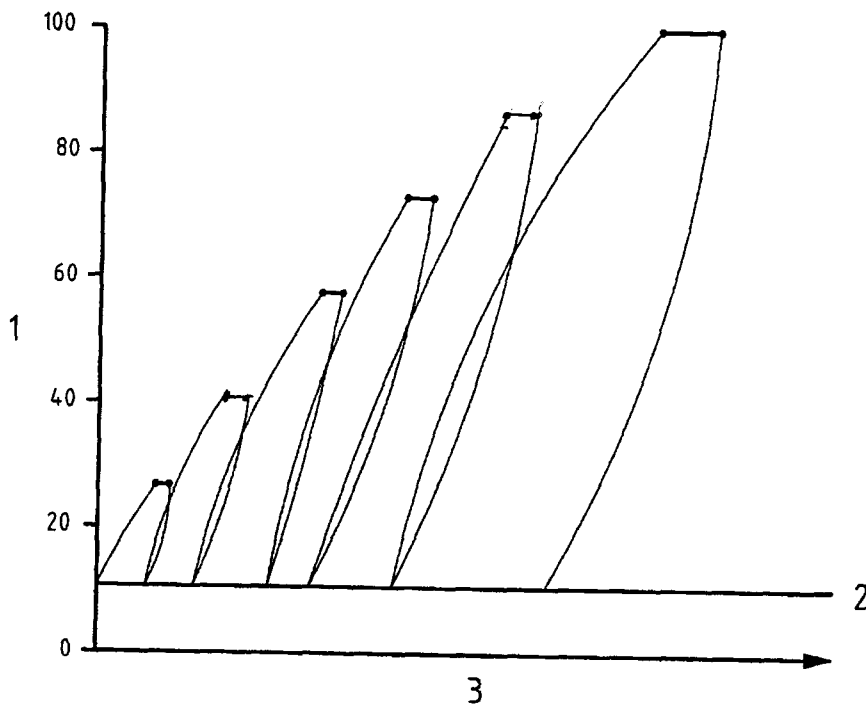
t die Zeit bei konstanter Ankerkraft.

Das Grenzkriechmaß ist das maximal zulässige Kriechmaß für eine bestimmte Kraftstufe (siehe E.2.2 und E.2.3).

Die Messungen der Verschiebung am Ankerkopf sollten bei konstanter Ankerkraft für jeden Spannzzyklus zu den nachfolgend angegebenen Ableszeitpunkten (in Minuten) erfolgen (siehe auch Tabelle E.1):

1 → 2 → 3 → 5 → 10 → 15 → 20 → 30 → 45 → 60

Wenn die Beobachtungszeiten weniger als 60 min betragen, kann die zeitliche Abfolge gemäß der Tabelle E.1 verringert werden.

**Legende**

- 1 Ankerkraft in % P_p
- 2 Vorbelastung P_a
- 3 Verschiebung

Bild E.1 – Ankerkraftaufbringung bei Prüfverfahren 1**E.3 Prüfverfahren 2****E.3.1 Untersuchungsprüfung – Ankerkraftaufbringung**

Der Anker sollte entweder bis zum Bruch (R_a) oder bis zur Prüfkraft (P_p) gespannt werden. Diese ist auf $0,80 P_{tk}$ oder $0,95 P_{t0,1k}$ zu begrenzen, wobei der kleinere Wert maßgebend ist.

Der Anker sollte mit mindestens sechs Spannzyklen bis auf die maximale Prüfkraft gespannt werden, siehe Bild E.2.

Die Spannzyklen und die Beobachtungszeiten sind in den Tabellen E.1 und E.2 angegeben.

Wenn der gesamte Kraftabfall bei der vorgeschlagenen Festlegekraft nach sieben Beobachtungsperioden (drei Tagen) nicht den zulässigen Wert übersteigt und die einzelnen Spannkraftabfälle je Beobachtungsperiode nicht zunehmen, kann die Prüfung beendet werden und die zyklische Belastung bis zur Prüfkraft P_p oder bis zum Bruch fortgesetzt werden. Wenn jedoch der Spannkraftabfall unzulässig groß wird und/oder die Spannkraftabfälle der einzelnen Beobachtungsperioden zunehmen, kann die Beobachtungszeit auf acht Perioden (zehn Tage) oder länger bis zum Eintritt der Kriechstabilität ausgedehnt werden. Wenn keine Kriechstabilität erreicht werden kann, ist die Spannkraft für den Gebrauchszustand zu hoch, aber der Versuch sollte fortgesetzt werden, um die Bruchkraft angeben zu können.

E.3.2 Eignungsprüfung – Ankerkraftaufbringung

Die Prüfkraft für die Bauwerksanker sollte betragen:

$$P_p \geq 1,25 P_0 \text{ oder } P_p \geq R_d$$

wobei jeweils die größere Prüfkraft maßgebend ist.

Das Stahlzugglied sollte nicht über $0,95 P_{t0,1k}$ beansprucht werden.

Der Anker darf in zwei Spannzyklen von etwa 10-25-50-75-100-75-50-10 % P_p bis zur maximalen Prüfkraft und anschließend bis zur Festlegekraft P_0 beansprucht werden.

Die Beobachtungszeiten sind in Tabelle E.2 angegeben.

Der Kraftabfall (k_1) bei der Festlegekraft P_0 sollte über sieben Beobachtungsperioden (drei Tage) die in Tabelle E.2 angegebenen Grenzwerte nicht übersteigen.

E.3.3 Abnahmeprüfung – Ankerkraftaufbringung

Die Prüfkraft (P_p) sollte in mindestens drei Kraftstufen mit gleich großer Kraftzunahme erreicht werden. Der Anker sollte danach auf die Vorbelastung P_a entspannt und dann auf die Festlegekraft (P_0) gespannt und festgelegt werden. Die Prüfkraft sollte mindestens $1,25 P_0$, jedoch höchstens $0,9 P_{t0,1k}$ betragen.

ANMERKUNG Das Kraft-Verschiebungsdiagramm kann über den Baugrund und über das Verhalten des Ankersystems im Baugrund zusätzliche Informationen liefern.

Die Spannkraften bei der Festlegekraft sollten über drei Zeitperioden (50 min) beobachtet werden, und der Spannkraftabfall insgesamt sollte nicht die in Tabelle E.2 angegebenen Werte übersteigen. Sollte der Spannkraftabfall größer als die Grenzwerte werden, sollte die Beobachtungszeit verlängert werden, bis das Kriechen abklingt und ein zulässiger Spannkraftabfall gemessen wird.

Wenn die Genauigkeit der Ankermessung bei Kraftabfallprüfungen nicht mit den Anforderungen von 9.2 übereinstimmt, aber im Falle von Abhebeversuchen diesen entspricht, können die Messungen anerkannt werden, wenn beim Abheben während sechs Beobachtungszeitperioden (ein Tag) der Spannkraftverlust k_1 insgesamt kleiner als 6 % bleibt.

Bei der Festlegekraft sollte folgender Grenzwert gelten:

a) der Spannkraftabfall k_1 sollte innerhalb von 50 min 3 % P_0 nicht übersteigen;

oder

b) der Spannkraftabfall k_1 sollte innerhalb von 24 h 6 % P_0 nicht übersteigen.

E.3.4 Messung des Spannkraftabfalles

Bei der Festlegekraft sollte die Verschiebung am Ankerkopf relativ zum Bauwerk konstant gehalten und die Spannkraft aufgezeichnet werden. Der Ankerkopf sollte gegen eine Kraftmesseinrichtung oder gegen eine Druckpresse abgestützt werden. Der Kraftabfall sollte am Ende jeder Beobachtungsperiode bis zu zehn Tage lang gemessen werden, um den Prozentsatz des Kraftabfalles k_1 zu ermitteln.

Der zulässige Grenzkraftabfall ist der maximale Spannkraftabfall, der insgesamt bei der aufgebrachten Spannkraft nach einer bestimmten Anzahl von Beobachtungsperioden empfohlen ist.

Die Messung des Spannkraftabfalls nach E.3.4 sollte zu den in Tabelle E.2 angegebenen Zeiten erfolgen. Die Mindestdauer der Beobachtung ist wie folgt:

- Untersuchungsprüfung – sieben Beobachtungsperioden (drei Tage);
- Eignungsprüfung – sieben Beobachtungsperioden (drei Tage);
- Abnahmeprüfung – drei Beobachtungsperioden (50 min).

Der Spannkraftabfall ist repräsentativ für den tatsächlichen Spannkraftabfall, der über den Ankerkopf auf das Bauwerk übertragen wird. Sofern dieser zur Auswertung der tatsächlichen Kriechverschiebungen des Verpresskörpers eingesetzt wird, ist dem Einfluss der freien Stahllänge Rechnung zu tragen, d. h. je länger die freie Stahllänge, desto kleiner der Spannkraftabfall infolge der gleichen absoluten Kriechverschiebung des Verpresskörpers.

E.4 Prüfverfahren 3

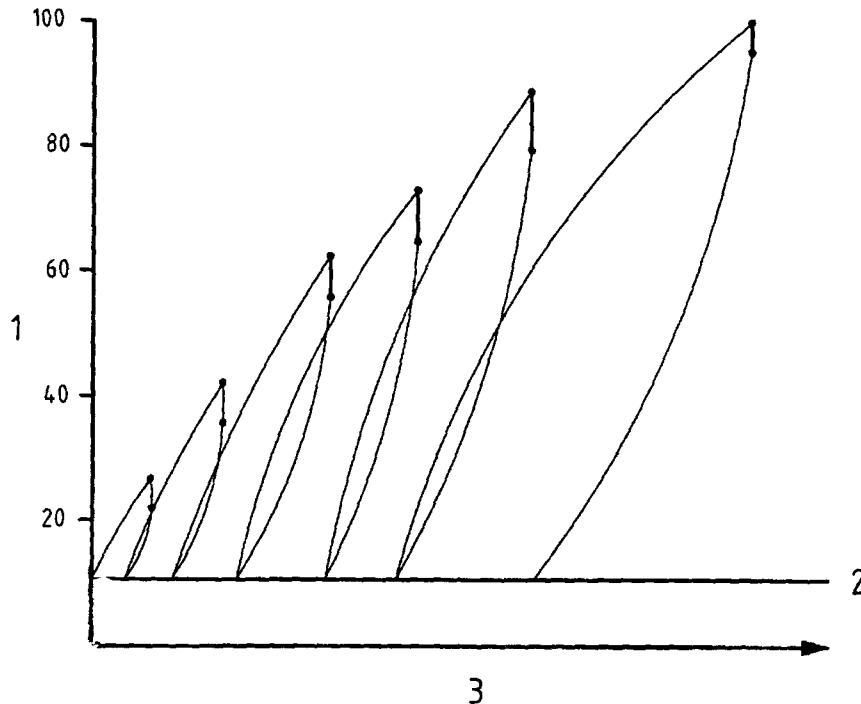
E.4.1 Untersuchungsprüfung – Ankerkraftaufbringung

Der Anker sollte entweder bis zum Bruch (R_a) oder bis zur Prüfkraft (P_p) gespannt werden. Diese sollte auf $0,80 P_{tk}$ oder $0,95 P_{t0,1k}$ begrenzt werden, wobei der kleinere Wert maßgebend ist.

Der Anker sollte mit mindestens sechs Kraftstufen bis auf die maximale Prüfkraft gespannt werden, siehe Bild E.3 a.

Die Kraftstufen und die Mindestbeobachtungszeiten sind in Tabelle E.3 angegeben.

Die Mindestbeobachtungszeiten können auf 30 min verringert werden, wenn kein auffallendes Kriechen eintritt.

**Legende**

- 1 Ankerkraft in % P_p
- 2 Vorbelastung P_a
- 3 Verschiebung

Bild E.2 – Ankerkraftaufbringung bei Prüfverfahren 2**E.4.2 Eignungsprüfung – Ankerkraftaufbringung**

Die Prüfkraft für die Bauwerksanker sollte betragen:

$$P_p \geq 1,25 P_0 \text{ oder } P_p \geq R_d$$

wobei jeweils die größere Prüfkraft maßgebend ist.

Das Stahzuglied sollte nicht über $0,90 P_{t0,1k}$ beansprucht werden.

Der Anker darf auf die maximale Prüfkraft mit mindestens fünf Kraftstufen gespannt werden; dabei entfällt die erste Kraftstufe nach Bild E.3 b.

Die Kraftstufen und die Mindestbeobachtungszeiten sind in Tabelle E.4 angegeben.

Bei der Prüfkraft der Eignungsprüfungen sollte das maximale Kriechmaß α den Wert von $0,8 \text{ mm/log. einer Zeitdekade}$ nicht überschreiten, wenn keine Untersuchungsprüfungen durchgeführt wurden (Siehe Bild E.4.) Liegen Untersuchungsprüfungen vor, sollte bei der Eignungsprüfung bei der Prüfkraft das maximale Kriechmaß α folgende Werte nicht überschreiten:

- $1,2 \text{ mm/log. einer Zeitdekade}$ für Kurzzeitanker;
- $1,0 \text{ mm/log. einer Zeitdekade}$ für Daueranker.

Die Prüfkraft bei der Eignungsprüfung der Bauwerksanker sollte auf keinen Fall größer als P_c sein.

E.4.3 Abnahmeprüfung – Ankerkraftaufbringung

Der Anker sollte von der Vorbelastung P_a aus in mindestens vier Kraftstufen auf die Prüfkraft P_p von $1,25 P_0$ oder R_d gespannt werden. Anschließend ist die Prüfkraft mindestens 15 min konstant zu halten.

Nachdem die Prüfkraft über den gewünschten Zeitraum gehalten wurde, kann der Ankerhersteller eine unvollständige oder vollständige Spannschleife einlegen, siehe Bild E.3 c.

ANMERKUNG Das Kraft-Verschiebungsdiagramm kann über den Baugrund und über das Verhalten des Ankersystems im Baugrund zusätzliche Informationen liefern.

Wird Prüfverfahren 3 in Übereinstimmung mit 9.4 angewendet, darf die rechnerische freie Stahllänge aus der Spannkurve von der Vorbelastung bis zur Prüfkraft nach dem in Bild E.3 (c) dargestellten Verfahren errechnet werden. Wenn signifikante Reibung in der freien Stahllänge vorhanden ist, darf ein teilweiser Spannszyklus eingelegt werden. Die rechnerische freie Stahllänge wird dann aus der Reibungsnulllinie ermittelt und daraus ΔP und Δs bestimmt.

Die Kriechverschiebung bei der Prüfkraft sollte zwischen der 3. und 15. Minute gemessen werden. Das dabei ermittelte Kriechmaß α sollte geringer sein als:

- 1,2 mm bei Kurzzeit- oder Dauerankern ohne Vorliegen von Untersuchungsprüfungen;
- 1,5 mm für Daueranker bei Vorliegen von Untersuchungsprüfungen;
- 1,8 mm für Kurzzeitanker bei Vorliegen von Untersuchungsprüfungen.

E.4.4 Messung des Kriechverhaltens und der charakteristischen Kraft

Kriechverhalten und charakteristische Kräfte sollten wie folgt ermittelt und ausgewertet werden:

- Die Zunahme der Verschiebung am Ankerkopf relativ zu einem unverschieblichen Punkt sollte bei jeder Spannkraftstufe zu verschiedenen Zeiten gemessen werden;
- Das Kriechmaß α sollte für jede Spannkraftstufe nach Bild E.4 bestimmt werden. Das Kriechmaß α ergibt sich aus der Steigung am Ende der log-Zeit-Verschiebungskurve für jede Kraftstufe;
- Der Herauszieh Widerstand des Ankers R_a ist gleich der Kraft, die der vertikalen Asymptote des Kriechmaß-Ankerkraft-Diagramms entspricht. Falls die Asymptote nicht bestimmt werden kann, wird R_a jener Kraft gleichgesetzt, die sich bei einem Kriechmaß von 5 mm ergibt, siehe Bild E.5;
- Die kritische Kriechlast P_c sollte nach Bild E.5 bestimmt werden. Sie ist die Kraft, die sich am Ende des ersten geradlinigen Astes der Kurve Kriechmaß α zur Ankerkraft ergibt. Wenn es schwierig ist, P_c mit ausreichender Genauigkeit zu bestimmen, wird eine kritische Kriechlast P'_c definiert, die sich aus Bild E.5 ergibt. Dann gilt:

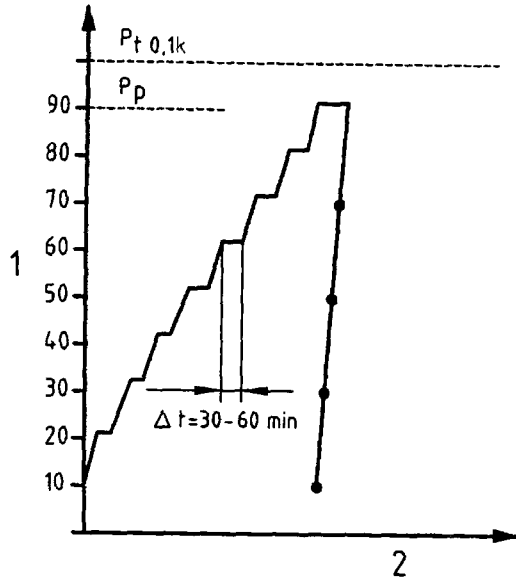
$$P_c = 0,9 P'_c$$

Die Messung der Kriechverschiebung sollte nach jeder Änderung der Prüfkraft zu den unten angegebenen Zeiten erfolgen. Die Beobachtungszeiten für jede Kraftstufe sind:

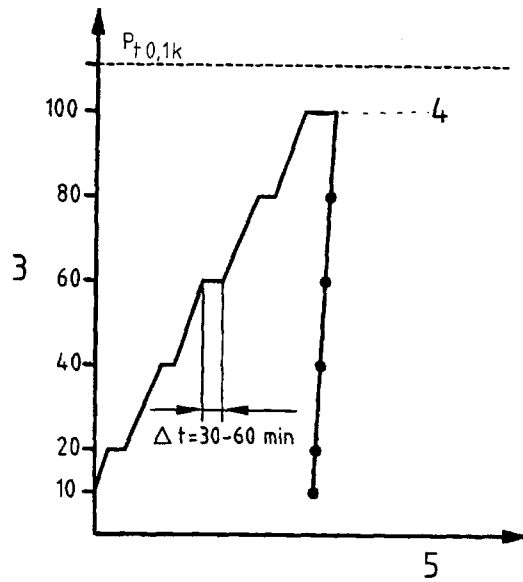
- Untersuchungsprüfung – 30 oder 60 min;
- Eignungsprüfung – 30 oder 60 min;
- Abnahmeprüfung – mindestens 15 min bei der Prüfkraft.

Die aufeinanderfolgenden Beobachtungszeiten (in Minuten) bei jeder Kraftstufe sind wie folgt:

1 → 2 → 3 → 4 → 5 → 7 → 10 → 15 → 20 → 30 → 45 → 60



a) Untersuchungsprüfung

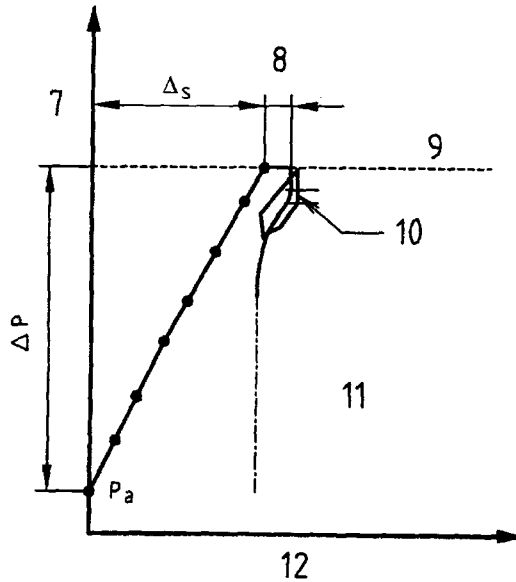
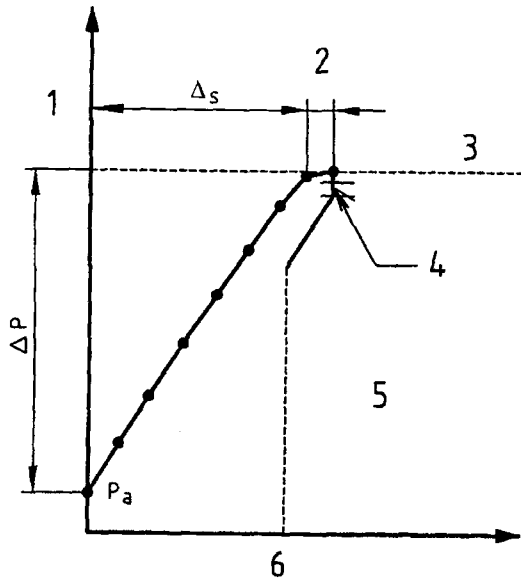


b) Eignungsprüfung

Legende

- 1 Ankerkraft in % von $P_{t0,1k}$
- 2 Verschiebung
- 3 Ankerkraft in % von P_p

- 4 Prüfkraft
- 5 Verschiebung



c) Abnahmeprüfung

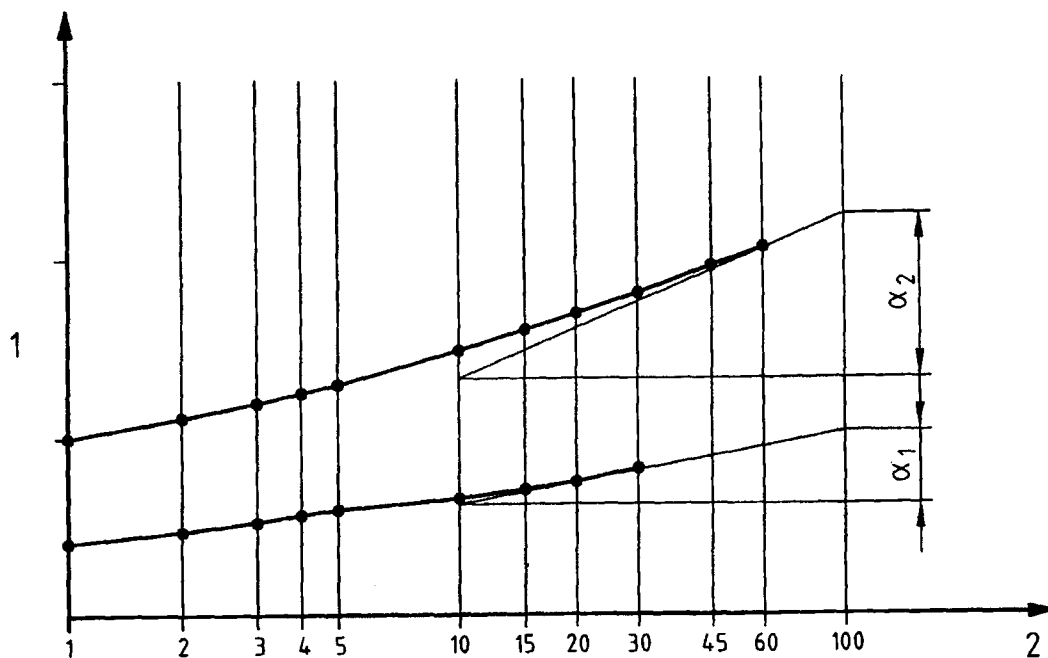
Legende

- 1 Ankerkraft
- 2 Kriechen
- 3 Prüfkraft
- 4 Reibung f als Anteil von P_p
- 5 ohne Spannschleife
- 6 Verschiebung

- 7 Ankerkraft
- 8 Kriechen
- 9 Prüfkraft
- 10 Reibung f als Anteil von P_p in %
- 11 mit verkürzter Spannschleife
- 12 Verschiebung

$$L_{app} = A_t \times E_t \times \Delta s / \Delta P (1 - f)$$

Bild E.3 – Ankerkraftaufbringung bei Prüfverfahren 3

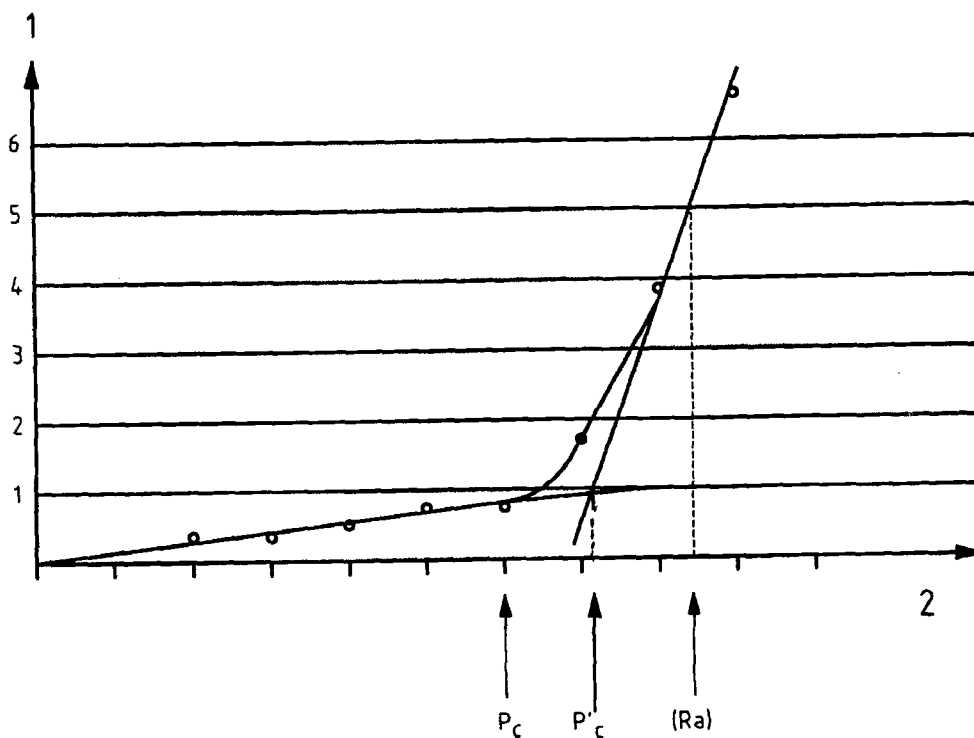


Legende

1 Kriechverschiebung in Millimeter

2 Zeit in Minuten

Bild E.4 – Zeit-Kriechverschiebungs-Diagramm mit Kriechmaßen α_n für Prüfverfahren 3



Legende

1 Kriechmaß α in mm/log Zeitdekade

2 Aufgebrachte Kraft

Bild E.5 – Kriechmaß – Ankerkraft-Diagramm für Prüfverfahren 3

E.5 Allgemeine Tabellen für Ankerkraftaufbringung – Prüfverfahren 1, 2 und 3**Tabelle E.1 – Spannzyklen und Mindestbeobachtungszeiten für Untersuchungs- und Eignungsprüfungen von Ankern, Prüfverfahren 1 und 2**

Kraftstufen % P_p						Mindestbeobachtungszeiten in Minuten
Zyklus 1	Zyklus 2	Zyklus 3	Zyklus 4	Zyklus 5	Zyklus 6	
10	10	10	10	10	10	1
25	25	40	55	70	85	1
	40	55	70	85	100	15 (60 oder 180 ^a)
10	25	40	55	70	85	1
	10	10	10	10	10	1

^a Beim Prüfverfahren 2 ist die Beobachtungszeit zu verlängern, wenn die maximale Kraft der Festlegekraft P_0 entspricht – siehe Tabelle E.2.

Tabelle E.2 – Beobachtungszeiten und -perioden sowie Abnahmekriterien für den Spannkraftabfall bei Festlegekraft P_0 , Prüfverfahren 2

Beobachtungszeiten in Minuten	Beobachtungs- periode: Nummer	Gesamter zulässiger Spannkraftabfall k_i (% der aufgebrachten Kraft)
5	1	1
15	2	2
50	3	3
150	4	4
500	5	5
1 500 (etwa 1 Tag)	6	6
5 000 (etwa 3 Tage)	7	7
15 000 (etwa 10 Tage)	8	8

Tabelle E.3 – Kraftstufen und Mindestbeobachtungszeiten für Untersuchungsprüfungen an Ankern, Prüfverfahren 3

Kraftstufen % $P_{t0,1k}$ ^{a b c}									
Vor- belastung	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5	Stufe 6	Stufe 7	Stufe 8	Stufe Nummer
10	20	30	40	50	60	70	80	90	% $P_{t0,1k}$
0	60 (30)	60 (30)	60 (30)	60 (30)	60 (30)	60 (30)	60 (30)	60 (30)	Beobachtungszeit in Minuten

^a Vorbelastung $P_a = 0,1 P_{t0,1k}$
^b $P_{max} \leq 0,9 P_{t0,1k}$
^c Beispiel für 8 Stufen

Tabelle E.4 – Kraftstufen und Mindestbeobachtungszeiten für Eignungsprüfungen an Ankern, Prüfverfahren 3

Kraftstufen % P_p für Bauwerksanker ^{a b}							
Vor- belastung	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5	Stufe 6	Stufe Nummer
10	25	40	55	70	85	100	% P_p
0	60 (30)	60 (30)	60 (30)	60 (30)	60 (30)	60 (30)	Beobachtungszeit in Minuten

^a Vorbelastung = $P_a = 0,1 P_p$
^b Beispiel für 6 Stufen

Anhang F
(informativ)**Beispiele für Protokollblätter**

		AUSFÜHRUNGSPROTOKOLL FÜR ANKER			Dok.	
01) Vertrag						
02) Ort						
03) Ankertyp						
04) Anker-Nr.						
Bohren	101) Ansatzpunkt X/Y	m				
	102) Ansatzhöhe Z	m				
	103) Richtung N/E	°				
	104) Neigung zur Horizontalen	°				
	105) Bohrverfahren					
	106) Bohrdurchmesser	mm				
	107) Gesamtlänge	m				
	108) Verrohrung von/bis	m				
	109) Spülmedium					
	110) Grundwasserspiegelhöhe	m				
	111) Baugrundeigenschaften					
	112) Vorverpressung					
	113) Bohrlochprüfung					
	114)					
	115) Bohrdatum					
Zugglied	201) Zuggliedart					
	202) Anzahl/Durchmesser	/mm				
	203) Querschnitt des Zuggliedes A_t	mm ²				
	204) Zugfestigkeit des Stahles f_{tk}	N/mm ²				
	205) E-Modul E_t	N/mm ²				
	206) Verankerungslänge L_{fixed}	m				
	207) Freie Länge L_{free}	m				
	208) Überstand	m				
	209) Gesamtlänge L	m				
	210) Schutz L_{fixed}					
	211) Schutz L_{free}					
	212) Abstandhalter L_{fixed}					
	213) Abstandhalter L_{free}					
	214) Verpressrohre					
	215)					
	216)					
Verpressen	301) Zementart					
	302) Zusatzmittel					
	303) W/Z-Faktor					
	304) Zementverbrauch	kg				
	305) Verpressdruck	MPa				
	Bemerkungen :					
Bohrmeister:						

