

Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)

Injektionen

Deutsche Fassung EN 12715:2000

DIN**EN 12715**

ICS 93.020

Teilweise Ersatz für
DIN 4093:1987-09

Execution of special geotechnical work – Grouting;

German version EN 12715:2000

Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Injection;

Version allemande EN 12715:2000

Die Europäische Norm EN 12715:2000 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)“ (Sekretariat: Frankreich, Vorsitz: Deutschland) in der Arbeitsgruppe WG 6 „Injektionen“ unter französischer Federführung erarbeitet. Im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. ist hierfür der NABau-Arbeitsausschuss 05.18.06/Spiegelausschuss zu CEN/TC 288/WG 6 „Injektionen“ zuständig.

Diese Europäische Norm enthält neben den gesetzlichen Einheiten μm , mm , m für die Länge auch die nicht mehr im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr aufgrund des Gesetzes über Einheiten im Messwesen zugelassene Einheit Ångström.

Änderungen

Gegenüber DIN 4093:1987-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Grundlegende Überarbeitung unter den Gesichtspunkten einer Europäischen Harmonisierung und
- b) Berücksichtigung der DIN V ENV 1997-1 hinsichtlich der Ausführung von Injektionen.

Frühere Ausgaben

DIN 4093: 1962-06, 1987-09

Fortsetzung 29 Seiten EN

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

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)

Injektionen

Execution of special geotechnical work – Grouting

Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Injection

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 9. Juni 2000 angenommen.

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.



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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	7.4 Injektionsgut	11
1 Anwendungsbereich	3	7.5 Einbringen des Injektionsgutes	12
2 Normative Verweisungen	3	7.6 Überwachungs- und Kontrollkriterien	14
3 Begriffe und Zeichen	3	8 Ausführung	14
3.1 Begriffe	3	8.1 Allgemeines	14
3.2 Zeichen und Einheiten	5	8.2 Bohren	14
4 Erforderliche Informationen und Unterlagen zur Ausführung der Arbeiten	6	8.3 Aufbereiten des Injektionsgutes	15
5 Geotechnische Untersuchung	6	8.4 Injektion	15
5.1 Allgemeines	6	8.5 Injektionsabläufe	16
5.2 Durchlässigkeitsuntersuchung	7	9 Bauüberwachung, Prüfungen und Kontrollen	16
5.3 Injektionsversuche im Untergrund und im Laboratorium	7	9.1 Allgemeines	16
6 Baustoffe und Bauprodukte	7	9.2 Beaufsichtigung	17
6.1 Allgemeines	7	9.3 Überwachung und Kontrolle	17
6.2 Baustoffe für das Injektionsgut	7	10 Aufzeichnungen	18
6.3 Injektionsgut	8	11 Besondere Anforderungen	19
6.4 Probenahme und Prüfung	9	11.1 Sicherheit des Personals	19
7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung	9	11.2 Umweltschutz	19
7.1 Vorbemerkungen	9	Anhang A (informativ) Messung von Injektionsparametern	20
7.2 Grundlagen und Ziele der Planung	9	Anhang B (informativ) Glossar	21
7.3 Injektionsprinzipien und -verfahren	10	Anhang C (informativ) Verbindlichkeitsgrad der Festlegungen	26
		Literaturhinweise	29

Vorwort

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

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2001, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2001 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden 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.

Diese Norm wurde von der Arbeitsgruppe (WG) 6 des CEN/TC 288 erarbeitet. Generelles Ziel des TC 288 ist die Normung geotechnischer Bauverfahren (einschließlich Prüf- und Kontrollverfahren) und der erforderlichen Materialeigenschaften. Die WG 6 wurde beauftragt, sich mit Injektionen unter Einbeziehung von Verdichtungsinjektionen zu befassen.

Das Dokument wurde mit der Absicht paralleler Gültigkeit mit ENV 1997-1, „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln“ erstellt. Die vorliegende Norm geht auf Planungsfragen nur im notwendigen Umfang ein, deckt jedoch umfassend alle Anforderungen an Bauausführung und Bauaufsicht ab.

Sie wurde von einer Arbeitsgruppe, welcher Experten aus neun Ländern angehören, unter Berücksichtigung von mehr als zehn bereits existierenden einschlägigen nationalen und internationalen Normen und Richtlinien erarbeitet. Wegen international unterschiedlicher Bauverfahren und entsprechender Erfahrungen kann es notwendig werden, diese Norm oder Teile dieser Norm für besondere oder örtliche Bedingungen durch nationale Anwendungsrichtlinien zu ergänzen.

Die Anhänge A, B und C sind informativ.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist auf Ausführung, Prüfung und Überwachung geotechnischer Injektionsarbeiten anwendbar. Da ENV 1997-4 aufgegeben wurde, werden bestimmte Planungsaspekte mitefassen.

Die Injektion mit geotechnischer Zielsetzung (geotechnische Injektion) ist ein Vorgang, bei dem die Einbringung eines pumpbaren Materials in den Baugrund indirekt kontrolliert wird, indem die rheologischen Kennwerte des Materials entsprechend angepasst und die Einbringungsparameter (Druck, Volumen und Durchflussrate) gesteuert werden.

Folgende Prinzipien und Verfahren der geotechnischen Injektionen werden in dieser Norm behandelt:

- Injektionen mit Baugrundverdrängung (Verdichtungs-injektion, hydraulische Aufbrecheinjektion);
- Injektion ohne Baugrundverdrängung (Poreninjektion, Kluftinjektion, Hohlraumverfüllung).

Spezielle Injektionsanwendungen, welche allgemein mit Bauarbeiten verbunden sind, oder welche aus Katastrophenfällen resultieren, werden in dieser Norm nicht erfasst.

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.

EN 196-1, *Prüfverfahren für Zement – Teil 1: Bestimmung der Festigkeit*.

EN 196-2, *Prüfverfahren für Zement – Teil 2: Chemische Analyse von Zement*.

EN 196-3, *Prüfverfahren für Zement – Teil 3: Bestimmung der Erstarrungszeiten und der Raumbeständigkeit*.

ENV 196-4, *Prüfverfahren für Zement – Teil 4: Quantitative Bestimmung der Bestandteile*.

EN 196-5, *Prüfverfahren für Zement – Teil 5: Prüfung der Puzzolanität von Puzzolanzementen*.

prEN 196-8:1997, *Prüfverfahren für Zement – Teil 8: Hydratationswärme – Lösungsverfahren*.

prEN 196-9:1997, *Prüfverfahren für Zement – Teil 9: Hydratationswärme – Teiladiabatisches Verfahren*.

prEN 197-1:2000, *Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement*.

prEN 197-2:2000, *Zement – Teil 2: Konformitätsbewertung*.
ENV 451, *Prüfverfahren für Flugasche*.

EN 480-1, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 1: Referenzbeton und Referenzmörtel für Prüfungen*.

EN 480-2, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 2: Bestimmung der Erstarrungszeit*.

prEN 480-3:1991, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 3: Bestimmung des Schwindens und Quellens*.

EN 480-4, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 4: Bestimmung der Wasserabsonderung des Betons (Bluten)*.

EN 480-5, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 5: Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme*.

EN 480-6, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 6: Infrarot-Untersuchung*.

prEN 480-7:1991, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 7: Bestimmung der Dichte flüssiger Zusatzmittel*.

EN 480-8, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 8: Bestimmung des Feststoffgehalts*.

prEN 480-9:1991, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 9: Bestimmung des pH-Werts*.

EN 480-10, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 10: Bestimmung des wasserlöslichen Chloridgehaltes*.

EN 480-11, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 11: Bestimmung von Luftporenkennwerten in Festbeton*.

EN 480-12, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 12: Bestimmung des Alkaligehalts von Zusatzstoffen*.

prEN 934-1, *Zusatzstoffe für Beton, Mörtel und Injektionsgut – Allgemeine Definitionen und Anforderungen für alle Arten von Zusatzstoffen*.

prEN 934-3:1998, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Teil 3: Zusatzmittel für Mauermörtel – Definitionen, Anforderungen und Konformität*.

EN 934-4, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Teil 4: Zusatzmittel für Einpressmörtel für Spannglieder – Definitionen, Anforderungen und Konformität*.

EN 934-6, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Teil 6: Probenahme, Konformitätskontrolle, Bewertung der Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung*.

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

3 Begriffe und Zeichen

3.1

Begriffe

Die in diesem Abschnitt angegebenen Begriffe sind nur eine Auswahl der wichtigsten Ausdrücke bezüglich geotechnischer Injektionen. Weitere Begriffe enthält das Glossar im Anhang B.

3.1.1

Hohlraumverfüllung

en: bulk filling

fr: injection de comblement

Einbringen von Injektionsgut mit hohem Feststoffgehalt, um große Hohlräume zu füllen

3.1.2

Verdichtungsinjektion (Kompaktionsinjektion)

en: compaction grouting

fr: injection solide

Injektionsverfahren mit Verdrängung des Baugrundes zu dem Zweck, Mörtel mit hoher innerer Reibung in den Boden zu pressen, um den Boden zu verdichten, ohne ihn aufzubrechen

3.1.3

Kontaktinjektion

en: contact grouting

fr: injection de contact

Einbringen von Injektionsgut im Übergang zwischen Bauwerken und dem Baugrund

3.1.4 Verdrängungsinjektion

en: displacement grouting

fr: injection avec déplacement des terrains

Einbringen von Injektionsgut in einen Baugrund, dergestalt, dass der Boden verformt, verdichtet oder verdrängt wird

3.1.5 wirksamer Druck

en: effective pressure

fr: pression effective

Tatsächlicher Druck, der im Injektionsgut im Baugrund herrscht

3.1.6 Kluftinjektion

en: fissure grouting

fr: injection de fissure

Einbringen von Injektionsgut in Klüfte, Fugen, Spalten und Diskontinuitäten, insbesondere in Festgestein

3.1.7 drucklose Verfüllung

en: gravity grouting

fr: injection gravitaire

Einbringen des Injektionsgutes ohne aktiven Druck, außer demjenigen, den die Höhe der Flüssigkeitssäule im Bohrloch ausübt. Manchmal als drucklose Verfüllung durch offenes Schütt-/Trichterrohr bezeichnet

3.1.8 Injektionsgut

en: grout

fr: coulis

Pumpbares Material (Suspension, Lösung, Emulsion oder Mörtel), das in eine Formation aus Locker- oder Festgestein eingepresst wird und nach einer bestimmten Zeit ansteift und erhärtet

3.1.9 Injektionsdruck

en: grouting pressure

fr: pression d'injection

Druck, der während des Injektionsvorganges aufgebracht wird und an festgelegten Stellen (im allgemeinen an der Pumpe oder am Bohrlochkopf) gemessen wird

3.1.10 Hydraulische Rissbildung (Claquage)

en: hydraulic fracturing

(hydraulic fracture, claquage grouting)

fr: fracturation hydraulique (injection de claquage)

Das Aufbrechen des Untergrundes, ausgelöst durch das Injizieren von Wasser oder Injektionsgut unter einem Druck, der die örtliche Zugfestigkeit und den Begrenzungsdruck überschreitet; auch als Frac-Behandlung, hydraulische Spaltenbildung, hydraulische Hebung oder Claquage bezeichnet

3.1.11 Eindringinjektion

en: penetration grouting

fr: injection de pénétration

Verfüllen von Fugen oder Rissen im Fels oder von Porenräumen im Boden mit Injektionsgut ohne Baugrundverdrängung. Die Bezeichnung schließt Durchtränkung, Imprägnation durch Porenverfüllung, Kluftinjektion und Kontaktinjektion ein

3.1.12 Poreninjektion (Imprägnation durch Porenverfüllung)

en: permeation (imprégnation) grouting

fr: injection d'imprégnation

Der Ersatz (Verdrängung) von Porenwasser oder Gas im porösen Medium durch Injektionsgut unter Drücken, welche niedrig genug sind, Verformungen zu verhindern (vermeiden)

3.1.13 Verdrängungsfreie Injektion (Injektion ohne Baugrundverdrängung)

en: non-displacement grouting

fr: injection sans déplacement des terrains

Ersatz des natürlichen Porenwassers in den vorhandenen zugänglichen Hohlräumen des Baugrundes durch eine Flüssigkeit oder Mörtel ohne signifikante Baugrundverdrängung. Der Begriff schließt die Ausdrücke Eindringinjektion und Hohlraumverfüllung ein

3.1.14 Stabile Suspension

en: stable suspension

fr: suspension stable

Stabile Suspensionen zeigen in 2 Stunden bei einer Temperatur von 20 °C im oberen Bereich eines 1 000-ml-Messzylinders mit 60 mm Innendurchmesser weniger als 5 % Klarwasser-Abgabe

3.2 Zeichen und Einheiten

Die folgenden Zeichen und Einheiten werden in dieser Norm verwendet:

Zeichen	Benennung	Einheit
T	Temperatur	°C
V	Injiziertes Volumen	m ³
P	Injektionsdruck	Pa
Q	Injektionsgeschwindigkeit oder Fließrate	m ³ /s oder l/s
k	Permeabilität als absolute Materialeigenschaft ¹⁾	m ²
K	Durchlässigkeitsbeiwert (hydraulische Leitfähigkeit)	m/s
i	Hydraulischer Gradient	Dimensionslos
d_{10}, d_{15} D_{85}, D_{90}	Größte Teilchengröße der kleinsten 10 % bzw. 15 % des Siebdurchganges des Injektionsgutes Größte Korngröße der kleinsten 85 % bzw. 90 % des Siebdurchgangs des Untergrundes	mm
t	Abbindedauer, Gelierzeit, Topfzeit, Filmzeit, Gebindeverarbeitungszeit	s
σ_c τ_f	Druckfestigkeit Scherfestigkeit (Fließgrenze)	Pa
σ τ	Normalspannung Scherspannung	Pa
ε	Dehnung	Dimensionslos
$\dot{\gamma}$	Scherrate	s ⁻¹
μ_{app} η ν	Viskosität (scheinbare) (dynamische) (kinematische)	Pa · s, kg/m · s Pa · s m ² /s
c	Kohäsion	Pa
τ_0	Fließspannung	Pa
ϱ	Dichte	kg/m ³
γ	Wichte	kN/m ³
t_M	Auslaufzeit (Marsh)	s
R	Eindringtiefe, Ausbreitradius	m

1 Pa = 1 N/m² = 10⁻⁵ bar.

1) In der Geotechnik ist es üblich, für die hydraulische Leitfähigkeit (den Durchlässigkeitsbeiwert) Bezeichnung k anzuwenden. Diese Zuordnung gilt jedoch auch in der Fels- und Flüssigkeitsmechanik.

4 Erforderliche Informationen und Unterlagen zur Ausführung der Arbeiten

4.1 Alle für die Ausführung von Injektionsarbeiten wichtigen Angaben sollten zusammen mit der technischen Leistungsbeschreibung bereitgestellt werden.

4.2 Vor Beginn der Injektionsarbeiten müssen folgende technische Angaben auf der Baustelle verfügbar sein:

- Baustellenbedingungen, z. B. Größe, Böschungswinkel, Zugang, Begrenzungen;
- Einschränkungen für die Arbeiten, welche aus umweltrechtlichen Bestimmungen resultieren;
- jegliche Verschmutzung des Untergrundes oder Gefährdung, die das Bauverfahren oder die Sicherheit des Arbeitsumfeldes beeinträchtigen können;
- Planungsunterlagen und technische Leistungsbeschreibung für die Arbeiten.

4.3 Die folgenden Informationen sollten vor Beginn der Arbeiten auf der Baustelle vorliegen:

- geologische und geotechnische Bedingungen (siehe Abschnitt 5);
- Koordinaten der Baustelle im nationalen Koordinatensystem;
- Vorhandensein, Lage und Zustand von allen benachbarten Bauwerken, z. B. Gebäude, Straßen, Ver- und Entsorgungsanschlüsse, unterirdische Bauwerke und ihre Fundamente;
- alle gleichzeitig oder später durchzuführenden Tätigkeiten, die auf die Arbeiten Einfluss nehmen können (z. B. Grundwasserabsenkung oder -dotierung, Tunnel- und andere Tiefbauarbeiten);
- alle Erfahrungen mit Injektions- oder anderen Tiefbauarbeiten auf oder in der Nähe der Baustelle oder relevante Erfahrungen bei Ausführung vergleichbarer Arbeiten unter ähnlichen Bedingungen;
- alle für die Erstellung von Zeichnungen und (falls verlangt) für Erläuterungen des Verfahrens wesentlichen Angaben;
- alle zusätzlichen Anforderungen an Beaufsichtigung, Überwachung oder Prüfung der Arbeiten.

4.4 Folgende Aspekte müssen vor Beginn der Arbeiten festgelegt werden und in schriftlicher Form auf der Baustelle verfügbar sein:

- Anforderung und Verantwortlichkeit für jedwede Überprüfung des Zustandes benachbarter Bauwerke, Straßen, Versorgungsanschlüsse usw. vor Beginn, während und nach Abschluss der Arbeiten;
- spezifische Verfahren und Kriterien für Nachweis, Kontrolle und Abnahme der Injektionsarbeiten;
- eindeutige Zuordnung der Verantwortlichkeiten für Planung, Ausführung, Auswertung der Ergebnisse und Abnahme der Arbeiten.

5 Geotechnische Untersuchung

5.1 Allgemeines

5.1.1 Allgemeine Anforderungen an die Baugrunduntersuchungen sind in den Abschnitten 3 und 7 von ENV 1997-1:1994 sowie in entsprechenden nationalen Richtlinien enthalten.

5.1.2 Für Planungszwecke sollten Baugrunduntersuchungen:

- einen umfassenden geotechnischen Bericht liefern;

- die Aufnahmefähigkeit des Baugrundes für das Injektionsgut festlegen;
- die Grundlage für die Auswahl des Injektionsgutes liefern.

5.1.3 Für die Ausführung sollte der Untersuchungsbericht über den Baugrund folgende besondere Angaben enthalten:

- physikalische und chemische Kennwerte des Baugrundes;
- Höhenkoten des Bodens an den Untersuchungs- und Prüfstellen, relativ zu einer festgelegten Bezugshöhe;
- Lage, Tiefe der Fundamente und Zustand vorhandener oder geplanter Bauwerke;
- Vorhandensein von Anisotropien oder durchlässigen Horizonten, die Einfluss auf die Injektionsarbeiten haben können;
- Orientierung, Häufigkeit und Öffnungsweite der Klüfte im Fels; Zusammensetzung und Art von Kluffüllungen;
- Lage und Beschaffenheit verfüllter oder offener Hohlräume;
- Vorhandensein von Hindernissen, welche besondere Bohr- und Injektionsverfahren oder -ausrüstungen erfordern;
- Vorhandensein und Charakter von Baugrund, der durch Bohr- oder Injektionsarbeiten gelockert, aufgeweicht oder instabil werden kann, sich auflöst, nachrutscht oder quillt;
- Grundwasserstände und -gradienten und ihre zeitabhängige Veränderung;
- Schichten mit hoher Grundwasserfließgeschwindigkeit und hoher Durchlässigkeit;
- Temperatur, chemische Zusammensetzung, organischer und bakteriologischer Anteil des Grundwassers oder des Baugrundes, falls mit Problemen gerechnet wird.

5.1.4 Im Untersuchungsbericht sollten das geologische und geometrische Modell, die Hohlraumstruktur und ihre vermutliche Entwicklung beschrieben werden. Die Genauigkeit und die Grenzen des Modells sollten hervorgehoben werden.

5.1.5 Wo immer relevant, sollten folgende besondere Aufzeichnungen beim Bohren geführt werden; über:

- Lage und Ursache von Bohrkernverlusten;
- Gebräuche Zonen und Angaben zu getroffenen Stabilisierungsmaßnahmen;
- Wasserstand am Beginn und am Ende eines Bohrabschnittes, Bereiche mit Wasserverlust und -zufluss, Messungen des Spülrücklaufes, der Wasserfarbe und der Farbänderungen;
- Verhalten der Bohrvorrichtung (ruckartige, schwere, ruhige, gleichmäßige Bewegung);
- Aufzeichnung der Bohrparameter im Fall von Vollquerschnittsbohrungen;
- Vorschubgeschwindigkeit.

5.1.6 Besonders sorgfältige Untersuchungen sind für Injektionen in Gebirge mit hohen Spannungen und in verunreinigtem Boden durchzuführen.

- Im spannungsreichen Gebirge sind vor der Planung des Injektionsprojekts die in situ-Spannungsbedingungen zu untersuchen.
- Für die Injektion von organischen Gelen in verunreinigte Böden ist die bakteriologische Zusammensetzung des Grundwassers und des Baugrundes zu untersuchen.

5.1.7 Bohrlöcher für Baugrunduntersuchungen sind in geeigneter Weise zu verfüllen, wenn sie nicht mehr benötigt werden.

5.2 Durchlässigkeitsuntersuchung

5.2.1 Die hydraulische Leitfähigkeit des Baugrundes kann:

- ermittelt werden aus in situ-Durchlässigkeitsversuchen oder großangelegten Pumpversuchen;
- abgeschätzt werden aus Laborversuchen an Proben von ungestörtem oder wiederverdichtetem Boden;
- abgeschätzt werden aus der Korngrößenverteilung des Bodens und/oder der Lagerungsdichte des Baugrundes.

5.2.2 Geeignete Korrelationen mit den tatsächlichen Feld-Durchlässigkeiten sollten hergestellt werden.

5.2.3 In jeder Bohrung zur Untersuchung des Baugrundes im Fels sollten Versuche zur Ermittlung der Wasseraufnahme durchgeführt werden, um wasserführende oder besonders hohlraumreiche Bereiche im Bohrloch zu identifizieren. Das Bohrloch sollte entweder während des Bohrens oder unter Verwendung von Packern nach dem Bohren geprüft werden.

5.2.4 Artesische Bereiche sind vor den Versuchen besonders sorgfältig zu isolieren.

5.2.5 Im Fels werden Lugeon-Versuche angewendet, um eine allgemeine Information über die Transmissivität des Untergrundes zu erhalten. Sie bieten jedoch nicht unbedingt eine zuverlässige Korrelation für die Aufnahme eines bestimmten Injektionsgutes.

5.3 Injektionsversuche im Untergrund und im Laboratorium

5.3.1 Injektionsversuche (Feldversuche) werden zur Festlegung oder Bewertung eines Injektionsverfahrens durchgeführt. Sie sollten als Bestandteil der ersten Baugrunduntersuchungen gesehen werden. Wenn sie nicht Teil der Baugrunduntersuchung waren, sollten sie in der abschließenden Entwurfsphase oder im ersten Teil der Ausführungsphase vorgenommen werden. Sie sollten dann ausgeführt werden, wenn die das Projekt einleitenden Baugrunduntersuchungen und örtliche oder vergleichbare Erfahrungen nicht ausreichend sind, die Wirksamkeit eines Injektionsprojektes zu rechtfertigen oder sicherzustellen. Die Injektionsversuche sollten Angaben über Bohrlochabstand, Injektionsdruck, Aufnahme und Art des Injektionsgutes liefern.

5.3.2 Die Injektionsversuche müssen in enger Zusammenarbeit mit dem für das endgültige Injektionsprogramm verantwortlichen Planer geplant und durchgeführt werden.

5.3.3 Die Grenzkriterien für die Eigenschaften des vorgesehenen Injektionsgutes sollten auf Grundlage der während der Feldinjektionsversuche gewonnenen Erfahrung festgelegt werden.

5.3.4 Für jeden Arbeitsschritt der Probeinjektionen sind ausführliche Aufzeichnungen zu machen.

5.3.5 Ein Hinweis auf die Baugrundbedingungen kann auch dadurch erhalten werden, dass Bodenproben unter Laborbedingungen Probeinjektionen unterzogen werden. Durchlässigkeitsmessungen vor und nach Einbringen des Injektionsgutes in die Probe können Entscheidungen über Anzahl der Injektionsstellen, für die Injektionsmischung erwünschte Eigenschaften und das erforderliche Injektionsvolumen erleichtern.

6 Baustoffe und Bauprodukte

6.1 Allgemeines

6.1.1 Alle Bestandteile des Injektionsgutes und das Injektionsgut selbst müssen den Arbeitsvorschriften und

den jeweiligen Europäischen oder nationalen Normen entsprechen.

6.1.2 Die Verträglichkeit aller Bestandteile des Injektionsgutes ist zu bewerten. Außerdem ist eine Beurteilung der möglichen Wechselwirkung zwischen Injektionsgut und Baugrund durchzuführen.

6.1.3 Nach Festlegung der Bezugsquellen der für das Injektionsgut benötigten Baustoffe sind für alle Änderungen vorherige Beprobungen und Verträglichkeitsprüfungen erforderlich.

6.1.4 Baustoffe, die nicht den vereinbarten Qualitätsnormen entsprechen, sind unverzüglich von der Baustelle zu entfernen.

6.2 Baustoffe für das Injektionsgut

6.2.1 Hydraulische Bindemittel und Zemente

6.2.1.1 Zu den hydraulischen Bindemitteln gehören alle Zemente und ähnliche Produkte, die in wässriger Suspension zur Herstellung von Injektionsgut verwendet werden.

6.2.1.2 Mikrofeine (ultra-feine) hydraulische Bindemittel oder Zemente sind durch eine Teilchengröße d_{95} von weniger als 20 µm gekennzeichnet.

6.2.1.3 Besonders für mikrofeine Produkte muss die Körnungslinie bekannt sein.

6.2.1.4 Die Art des hydraulischen Bindemittels im Injektionsgut sollte unter Berücksichtigung seiner Korngrößenverteilung bezogen auf die Öffnungsweite der Spalten und der Porengröße im zu behandelnden Baugrund ausgewählt werden.

6.2.1.5 Zemente unterliegen der prEN 197-1:2000 und prEN 197-2:2000. Prüfverfahren für Zemente sind in EN 196 geregelt. Eigenschaften und Verfahren, welche von diesen Standards (Normen) abweichen und solche, die für Injektionsarbeiten eigentümlich sind, unterliegen dieser Norm.

6.2.2 Tone

6.2.2.1 Natürliche Tone, aktivierte oder modifizierte Bentonite, können dem Injektionsgut auf Zementbasis zugesetzt werden, um Ausbluten und Filtration unter Druck zu reduzieren und Viskosität und Kohäsion (Fließgrenze) des Injektionsgutes zu verändern oder seine Pumpbarkeit zu verbessern.

6.2.2.2 Mineralogie, Korngröße, Wassergehalt und Atterberg-Grenzen des Tones sollten bekannt sein.

6.2.3 Sande, Kiese und Füller

6.2.3.1 Sand und Füller werden in zementhaltigem Injektionsgut oder in Tonsuspensionen im allgemeinen als Füllstoffe oder zur Veränderung der Konsistenz des Injektionsgutes, seiner Beständigkeit gegen Auswaschen oder seiner mechanischen Festigkeit und Verformbarkeit verwendet.

6.2.3.2 Natürliche Sande oder Kiese können dem Injektionsgut unter der Voraussetzung hinzugefügt werden, dass sie keine schädlichen Bestandteile enthalten.

6.2.3.3 Die Granulometrie der im Injektionsgut verwendeten Sande und Füller muss bekannt sein.

6.2.4 Wasser

6.2.4.1 Auf der Baustelle aus natürlichen Vorkommen entnommenes Wasser sollte (besonders auf Chloride, Sulfate und organische Stoffe) untersucht werden, bevor seiner Verwendung zugestimmt werden kann.

6.2.4.2 Meerwasser kann verwendet werden, wenn die Eigenschaften der Injektionsmischung nicht beeinträchtigt werden.

6.2.5 Chemische Produkte und Zusätze

6.2.5.1 Chemische Produkte, wie Silikate und ihre Härter, Materialien auf Ligninbasis, Acryl- oder Epoxidharze, Polyurethane oder andere können für Injektionsarbeiten verwendet werden, wenn sie den Umweltgesetzen entsprechen.

6.2.5.2 Es sind die Wirkungen aller Produkte und Nebenprodukte zu berücksichtigen, die sich aus Reaktionen mit anderen Bestandteilen des Injektionsgutes oder mit dem umgebenden Baugrund ergeben.

6.2.5.3 Zusätze sind organische oder anorganische Produkte, die während des Mischens in geringen Mengen zugegeben werden, um Eigenschaften und Parameter des Injektionsgutes zu modifizieren, z. B. Viskosität, Abbindedauer, Wasserabgabe, Festigkeit, Beständigkeit, Kohäsion und Durchlässigkeit nach Einbringung.

6.2.5.4 Zusätze zum Injektionsgut, wie Superplastifizierer, Mittel zur Verbesserung der Wasserrückhaltekapazität, Luftporenbildner und andere werden in den Teilen 1, 3, 4 und 6 der prEN 934 und prEN 480-1 bis prEN 480-12 behandelt.

6.2.6 Andere Stoffe

6.2.6.1 Karbonatische oder Füller auf Siliciumdioxid-(Quarz-)Basis, pulverisierte Flugasche (pfa), Puzzolane und Flugasche von thermischen Kraftwerken oder andere inerte oder reaktive Bestandteile im Injektionsgut dürfen unter der Voraussetzung eingesetzt werden, dass sie miteinander chemisch verträglich sind und sowohl beim Einbringen als auch langfristig alle Umweltaanforderungen erfüllen.

6.2.6.2 Prüfverfahren für Flugasche fallen unter EN 451. Davon abweichende Verfahren und solche, die den Injektionsarbeiten eigentümlich sind, fallen unter diese Norm.

6.3 Injektionsgut

6.3.1 Allgemeines

6.3.1.1 Injektionsgut wird eingeteilt in:

- Suspensionen: entweder partikuläre von Feststoffteilchen geprägte oder kolloidale Suspensionen;
- Lösungen: entweder echte oder kolloidale Lösungen;
- Mörtel.

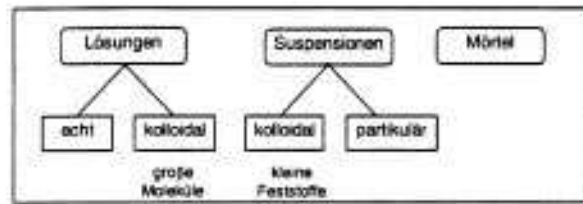


Bild 1 – Einteilung des Injektionsgutes

6.3.1.2 Folgende materialspezifischen Eigenschaften des Injektionsgutes sind bei seiner Auswahl zu berücksichtigen:

- Rheologie (Viskosität, Kohäsion usw.); Abbindedauer, Stabilität;
- Teilchengröße (wo anwendbar);
- Festigkeit und Dauerhaftigkeit (Beständigkeit);
- Toxizität.

6.3.1.3 Die Hauptparameter, welche die Eigenschaften des Injektionsgutes vor und nach dem Abbinden bestimmen, werden in Tabelle 1 angeführt.

6.3.2 Suspensionen

6.3.2.1 Suspensionen werden durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Korngrößenverteilung der Feststoffteilchen;
- Verhältnis Wasser/Feststoffe;
- Sedimentationsrate und Bluten;
- Wasserrückhaltekapazität bei Druckfiltration;
- rheologische Eigenschaften und Verhalten in Abhängigkeit von der Zeit.

6.3.2.2 Die Körnungslinie der Partikel in mikrofeinen Suspensionen sollte mit einem Lasergranulometer oder einem Gerät mit gleicher Präzision bestimmt werden.

6.3.2.3 Die Koagulationsneigung von Feststoffen in Suspensionen (besonders in mikrofeinen Suspensionen) ist zu berücksichtigen.

6.3.2.4 Der Tendenz von Feststoffen, in Wasser als Folge der Schwerkraft abzusinken, und ihrer Neigung, unter Druckgradienten zu bluten, ist unter besonderer Berücksichtigung von Art und Eigenschaften des zu behandelnden Bodens Rechnung zu tragen.

6.3.2.5 Kolloidale Tonsuspensionen sollten so hergestellt werden, dass die Tonteilchen vor dem Injizieren gut dispergiert und hydratisiert sind.

Tabelle 1 – Parameter, welche die Eigenschaften des Injektionsgutes charakterisieren

	Lösung	Suspension	Mörtel
Vor dem Abbinden	Abbindedauer, Dichte, pH-Wert, Oberflächenspannung, Topfzeit, Filmzeit, Gelzeit, Viskosität, Kohäsion, Thixotropie	Abbindedauer, Dichte, pH-Wert, Korngrößenverteilung, Viskosität, Kohäsion, Fließgrenze, Thixotropie, Stabilität, Wasserrückhaltekapazität	Abbindedauer, Dichte, pH-Wert, Korngrößenverteilung, Viskosität, Verarbeitbarkeit, Wasserrückhaltekapazität
Nach dem Abbinden	Aushärtungszeit, Endfestigkeit, pH-Wert, Verformbarkeit, Haltbarkeit (Dauerhaftigkeit), Schwinden, Ausdehnung, Scherfestigkeit, Synärese (Lösungen auf Silikatbasis)	Aushärtungszeit, Endfestigkeit, Verformbarkeit, Haltbarkeit (Dauerhaftigkeit), Schwinden, Ausdehnung, Dichte, Scherfestigkeit	Aushärtungszeit, Endfestigkeit, Verformbarkeit, Haltbarkeit, Schwinden, Ausdehnung