

DESOI Rammverpresslanzen

Injektionen in den Baugrund

FACHLICHE STELLUNGNAHME

Beschreibung und Methodik
Grundlagen für die Planung und Ausführung

In Zusammenarbeit mit der Geotechnik Dr. Nottrodt Weimar GmbH



Inhalt

1. Geschichtlicher Abriss	3
2. Der Baugrund besteht aus zwei grundsätzlichen Gesteinsarten	4
2.1 Was verstehen wir unter: Injektion in den Baugrund?	
2.2 Arten der Injektion	
2.3 Einsatz des Verfahrens mit Rammverpresslanzen:	
3. Theorie der Injektion in den Baugrund	5
3.1 Fließ- und Erstarrungsverhalten des Injektionsmittels	
3.2 Empfehlungen zum Injektionsdruck	
3.3 Probeinjektionen	
3.4 Injektionszeit	
4. Baugrunduntersuchungen	6
4.1 Notwendigkeit von Baugrunduntersuchungen	
4.2 Baugrunduntersuchung bei Lockergestein	
4.3 Hinweise zu Homogenbereichen (aus ATV DIN 18304 – 2015)	
5. Planung von Injektionsarbeiten (Baugrundinjektion)	7 – 8
5.1 Empfohlene Anordnung der Rammverpresslanzen	
5.2 Hinweise zur Ausführung von Injektionsarbeiten	
5.3 Hinweise zur Verfahrensweise zum Einsatz der Rammverpresslanzen	
5.4 Hinweise zu den Injektionsmitteln / Injektionsstoffen	
5.5 Prüfen der Herstellung des Injektionskörpers mit dem DESOI Flow Control II	
6. Hinweise zur Umweltverträglichkeit	9
6.1 Aktuelle Regelungen in Deutschland	
7. Bedingungen zur Objektbeschreibung / Ausschreibung	9 – 10
7.1 Ausschreibung für Injektionsarbeiten	
7.2 Leistungsbeschreibung	
7.3 Abrechnungsbasis	
7.4 Empfehlung für ein baubegleitendes Monitoring	
9. Literatur	11
8. Referenzobjekte	12 – 15
8.1 Trinkwasserbehälter	
8.2 Gaspipeline-Bau	

1. Geschichtlicher Abriss „Mehr als 200 Jahre Injektionsverfahren“

Die erste mineralische Injektion in den Baugrund erfolgte vor über 200 Jahren

- Der Franzose Charles Bérigny verpresste im Jahre 1802 eine Suspension aus Wasser und Zement, um Auskolkungen (Ausspülungen) im Untergrund einer Schleuse zu verfüllen, zu verfestigen und abzudichten. Von ihm stammt die Bezeichnung **Injektionsverfahren**
- In den USA wird die mineralische Injektion in den Baugrund seit den 40er Jahren angewandt (compaction grouting), in Russland seit den 50er Jahren ...



*^[1-9] Seite 11: Fachliteratur und Quellen

2. Der Baugrund besteht aus zwei grundsätzlichen Gesteinsarten



- Der Baugrund ist ein Dreistoffsystem
 - Feststoff (Mineralkörner / Fels)
 - Flüssigkeit (meist Wasser)
 - Gas (meist Luft)
- Flüssigkeit und Gas erfüllen die Klüfte (Fels) bzw. den Porenraum (Boden)
- Sind Klüfte bzw. Poren durch Prozesse (z. B. Auslaugung, Ausspülung ...) erweitert oder unnatürlich vergrößert, spricht man von Hohlräumen im Baugrund
- Die Bildung oder das Vorhandensein von Hohlräumen erkennt man meist erst durch Auswirkungen an der Erdoberfläche (Erdfälle, Einsenkungen ...) oder geänderte Grundwasserverhältnisse (höhere Grundwasserstände, größere Grundwasserströmung etc.)

2.1 Was verstehen wir unter: Injektion in den Baugrund?

- Einpressen eines Injektionsmittels zum Zweck der Abdichtung oder Verfestigung in Hohlräume, Klüfte, Poren
- Durchlässigkeit und Festigkeit der injizierten Fest- und Lockergesteine sind entscheidend
- Alle Injektionsmittel sind fließfähig und dringen in Klüfte und Poren ein

Erste erfolgreiche Verfahren zur Abdichtung und Verfestigung im Baugrund: **Joosten Verfahren** (patentiert am 15. August 1926 in Deutschland)

- Wasserglas und Chlorcalcium nacheinander verpresst (Gelbildung)
- Reaktion erfolgt schlagartig

2.2 Arten der Injektion

Auffüllinjektion

- Injektion zur Auffüllung vorhandener Kluft- und Porensysteme
 - Abdichtung
 - Verfestigung von Fest- und Lockergestein (Bildung zusammenhängender Einpresskörper)

Wichtig: Stetiges Fließen des Füllstoffes, Druck 5 – 10 bar

Verdichtungsinjektion

- Injektion zur Auffüllung eines künstlich geschaffenen Hohlraumes
- Der Hohlraum wird vom Injektionsmittel verfüllt und verdichtet

Ziel

- Tragfähigkeitserhöhung von Lockergestein
- Kein zusammenhängender Einpresskörper

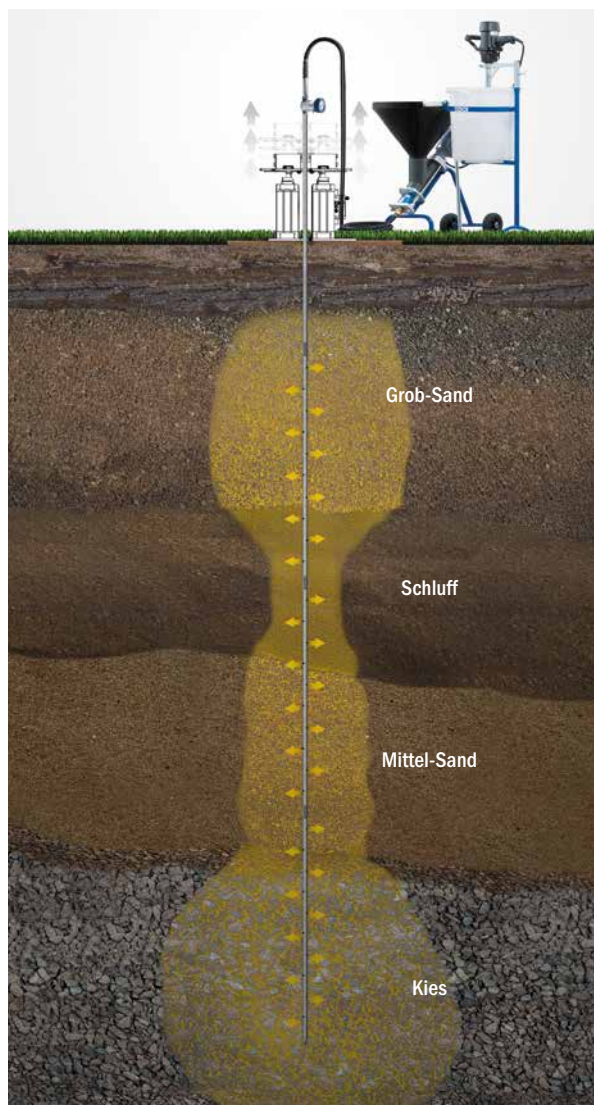
Druck: bis 2 MN/m² – 20 bar

2.3 Einsatz des Verfahrens mit Rammverpresslanzen

- Böden aus Feinsanden und schluffigen Feinsanden
- Verpressmittel: Zementsuspension, Acrylatgel
- Bei der Verdichtungsinjektion brauchen sich die Zementkörper **nicht** zu berühren
- Rammverpresslanzenabstand: 0,5 – 1 m
- Es geht um Verdichtungszone
Druck: ca. 0,5 MN/m² – 5 bar
Einpressraten: 2 – 3 l/min am Beginn
1 – 1,5 l/min am Ende

Hinweis

- Zu hoher Druck spaltet die Umgebung (das Korngerüst des Bodens)
- Material tritt bei zu hohem Druck aus dem Ringspalt aus



3. Theorie der Injektion in den Baugrund

Voraussetzungen

- Hohlräume werden mit Injektionsmittel verfüllt
- Vollständige Auffüllung ist möglich, wenn die Hohlräume miteinander in Verbindung stehen
- Injektionsmittel dringt von den Bohrlöchern in das Kluft- und Porensystem ein
- Durch den Injektionsdruck wird das Injektionsmittel im Fluss gehalten. „Reichweite“ → Entfernung zwischen Injektionsquelle und dem Punkt, bis zu dem das Injektionsmittel vordringt.

Hinweis

Der Injektionsdruck und die Reichweite müssen immer begrenzt werden → zu großer Druck = Hebungen an der Oberfläche oder Verschiebungen. Das Material tritt aus dem Ringspalt aus.

3.1 Fließ- und Erstarrungsverhalten des Injektionsmittels

Fließ- und Erstarrungsverhalten aller Injektionsmittel sind durch **Viskosität** und **Fließgrenze** gekennzeichnet, z. B. Marsh Trichter.

1 Liter Zementsuspension: ca. 25 – 30 Sekunden
(Wasser: 20 – 25 Sekunden) Auslaufzeit

3.2 Empfehlungen zum Injektionsdruck

Ziel

Zusammenwachsen oder Überlappen benachbarter Injektionsbereiche

Empfohlener Einpressdruck und Einpressgeschwindigkeit

- Höchstzulässiger Druck, der nicht überschritten werden darf
- In Abhängigkeit mit der Reichweite der Injektion
- Druck langsam steigern
- Druck mehrere Minuten halten (Aufnahmefähigkeit der Klüfte und Poren)

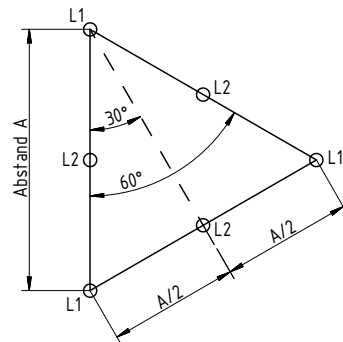
3.3 Probeinjektionen

Möglichst vor der Ausschreibung durchführen (Probeinjektionen sind objektabhängig, jedoch immer zu empfehlen)

Zweck der Probeinjektion

- Technische Einzelheiten erkunden
- Rammverfahren / Rammtechnik festlegen
- Injizierbarkeit des Baugrundes ermitteln und dokumentieren
- Aufnahme der Erkenntnisse in die Vorbemerkungen des Leistungsverzeichnisses / Vertragsbedingungen

Anordnung der Rammverpresslanzen bei einer Probeinjektion



In Anlehnung an Kutzner ^{*[21]}

- Evtl. Wasserabpressversuche
- Dann Rammverpresslanzen mit Zementsuspension füllen
- Mit Kernbohrungen prüfen

Erkenntnisse aus der Probeinjektion

- Prinzipielle Eignung des Verfahrens
- Zweckmäßiger Abstand der Rammverpresslanzen
- Aufpressdruck und geeignete Verpressdrücke ermitteln
- Injektionsgutaufnahme und möglicher Zusammenhang mit der Wasseraufnahme feststellen

3.4 Injektionszeit

Ist verknüpft mit Viskositätsentwicklung des Verpressmittels,

- Mit Injektionsdruck
- Mit gewünschter oder erzielbarer Reichweite

4. Baugrunduntersuchungen

4.1 Notwendigkeit von Baugrunduntersuchungen

Für eine Baugrundinjektion müssen im Vorfeld folgende generelle Parameter ermittelt werden:

- Mächtigkeit der zu injizierenden / zu verbessernden Baugrundschrift(en)
- Anteil wasser- bzw. gaserfüllter Poren und Hohlräume
- Bodenphysikalische und chemische Eigenschaften des Bodens und des Grundwassers
- Grundwasserfließrichtung und -geschwindigkeit
- Rammbarkeit des Baugrundes: ist er „rammbar“, können Rammverpresslanzen wirtschaftlich eingesetzt werden

4.2 Baugrunduntersuchung bei Lockergestein

- Punktförmige Aufschlüsse in Form von Kernbohrungen, Bohrsondierungen oder Schürfen
- Möglichst ergänzende Feldversuche, insbesondere Pump- und/oder Einpressversuche (auch Bewertung von Probeinjektionen)
- Druck- oder Rammsondierungen zur Ermittlung der Lagerungsdichte und Rammbarkeit
- Entnahme ungestörter und gestörter Bodenproben, Umwelt- und Wasserproben
- Untersuchungen im Erdbaulabor zumindest auf folgende Parameter:
 - ortsübliche Bezeichnung
 - Korngrößenverteilung
 - Massenanteil Steine und Blöcke
 - Wassergehalt
 - Plastizitätszahl
 - Konsistenzzahl
 - Lagerungsdichte
 - Bodengruppe
 - möglichst auch Porenanteil und Durchlässigkeitsbeiwert
- Umweltchemische Untersuchungen an Boden und Wasser, je nach vorgesehenem Verpressmittel
- Ggf. auch geophysikalische Verfahren zur räumlichen Hohlräume such einsetzen

Sogenannte Einsparung von Baugrunduntersuchungen hat nicht selten zur

- Bauerschwerung
- Kostenüberschreitung
- Unfällen
- Aufgabe der Bauausführung geführt (H. Jähde 1953) * [22]

Hinweis

Boden- und Felsklassen nach alter VOB (2012 und früher) sind unwirksam.

4.3 Hinweise zu Homogenbereichen (aus ATV DIN 18304 - 2015)

„Boden und Fels sind entsprechend ihrem Zustand vor den Ramm-, Rüttel- oder Pressarbeiten in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für Ramm-, Rüttel- oder Pressarbeiten vergleichbare Eigenschaften aufweist.“

Sind umweltrelevante Inhaltsstoffe zu beachten, so sind diese bei der Einteilung in Homogenbereiche zu berücksichtigen.“



Ausbreitung Injektionsmittel

5. Planung von Injektionsarbeiten (Baugrundinjektion)

Ziel

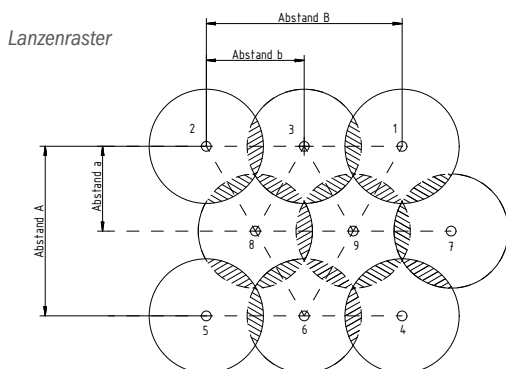
- Durch Planung bei Auffüllinjektion sind die Rammverpresslanzen so anzuordnen, dass sich die Baugrundzonen überlappen.
- Zusammenhängender, geschlossener Einpresskörper (Bodenkörner und Verpressgut) soll entstehen (DIN 4093)
 - **Abdichtung von Lockergestein**
 - Injektionssohle herstellen
 - Injektionsschleier erzeugen
 - Sonderlösungen wie z. B. Abdichtung einer Grabensohle zum Verlegen von Rohrleitungen
 - **Verfestigung bzw. Verbesserung von Lockergestein**
 - Unterfangung von Gebäuden oder Bauteilen
 - Baugrundverfestigung oder -verbesserung (Erhöhung der Baugrundtragfähigkeit vor dem Bau oder im Rahmen einer Sanierung)
 - Bedingt Aufbrechinjektionen wegen hoher erforderlicher Drücke (Ausgleich von Setzungen)

5.1 Empfohlene Anordnung der Rammverpresslanzen

- Anordnung so, dass ein zusammenhängender, geschlossener Injektionskörper entsteht
- Abstand der Rammverpresslanzen richtet sich nach der Reichweite des Injektionsstoffes

Typische Abstände

- 0,25 – 0,5 m innerhalb einer Reihe
- 0,25 – 0,5 m für tiefreichende Injektionen (Schleier)
- 0,5 – 1 m für flache Injektionslöcher
- Benachbarte Reihen werden gegeneinander versetzt



Empfohlene Anordnung der Rammverpresslanzen

5.2 Hinweise zur Ausführung von Injektionsarbeiten

Grundsätzlich

- Einbringen der Rammverpresslanzen
- Herstellen des Einpresskörpers

Vorteil Rammverpresslanzen

Kosten für das Rammen sind deutlich geringer als für das Bohren. Ramm-
lanzen können wieder (mehrfach) verwendet werden.

5.3 Hinweise zur Verfahrensweise zum Einsatz der Rammverpresslanzen

Aufsteigende Verpressung „von unten nach oben“

- Bohrloch / Lanze bis zur Endteufe einbringen
- Abschnitt für Abschnitt nach oben verpressen
- Mit verlöcherter Spitze

Auswahl der Verfahren nach geologischen Gegebenheiten.

5.4 Hinweise zu den Injektionsmitteln / Injektionsstoffen

Ziel der Injektionen im Baugrund

- Abdichtung
- Verfestigung / Verbesserung

Injektionsmittel

- **Lösungen**
 - Chemische Verbindungen von flüssigen, festen und gasförmigen Körpern
 - Vollständig vermischt z. B. Gele / flüssige Kunststoffe / Harze
- **Suspensionen**
 - Gemische aus Flüssigkeit und Feststoffen
 - Durchmesser: 1 – 100 µm, z. B. Suspensionen aus Wasser und Zement/ Zuschlägen, wie Bindemittel
- **Emulsionen**
 - Gemische zweier oder mehrerer Flüssigkeiten unterschiedlicher Eigenschaften 1 – 10 µm, z. B. Emulsionen aus Bitumen und Wasser/ Harz- und Kautschukemulsionen

Injektionsmittel - Auswahl → in Abhängigkeit der Größe und Volumen der Poren und Klüfte.

Hinweis

Eher feinere Injektionsmittel, die in die Poren und Klüfte passen

Injektionsmörtel

Zementsuspension plus Sandzusatz für große Hohlräume oder Klüfte.

Suspensionen auf Zementbasis

- Entscheidend:
 - Hohe Mahlfineinheit
 - Korngrößenverteilung max. 0,1 mm, 90 % der Zementkörner kleiner 0,05 mm
- Überschusswasser auspressen
- Fließeigenschaften sind entscheidend
- Sedimentierverhalten beachten

Silikatgele

- Ausgangsstoff: Wasserglas gemischt mit anorganischem oder organischem Härter
- Mit diesem Gel injizierte Böden ähneln Sandstein
- Gewisse Zugfestigkeit
- Geringe Druckfestigkeit

Langzeitversuche positiv seit 1937 – in Nordhausen ^[7] oder ^[8] keine Ermüdung oder Verfestigung in einem ausgewähltem Objekt, 1956 erneut geprüft

5.5 Prüfen der Herstellung des Injektionskörpers mit dem DESOI Flow Control II

- Injektionskörper liegt immer unter der Geländeoberfläche
- DESOI Flow Control II
 - Daten der Injektionsgutmenge ständig dokumentiert
 - Während der Herstellung permanente Kontrolle!

Vorteile für Planer und Bauherren

Die DESOI Flow Control II Geräte gewährleisten, dass planerisch festgelegte Verbrauchsmengen und vorgeschriebene technische Parameter permanent überwacht und eingehalten werden, z. B. Mischungsverhältnis und Injektionsdruck. Die darauf abgestimmte Maschinenteknik ist zuverlässig, robust, praxiserprobt und ermöglicht eine hohe Ausführungssicherheit. Auf Wunsch kann das System projekt- und anwendungsbezogen ausgestattet werden.

Das Fachprospekt finden Sie auf www.desoi.de oder fordern Sie es an!



DESOI Flow Control II - Display

Erfahrungen

- Ein stetig steigender Druck bei gleichzeitig abnehmender Einpressrate weist darauf hin, dass im Injektionsbereich keine Aufsprengungen stattfinden
- Bei Poreninjektion im Lockergestein → Kontrolle der Einpressmenge je Bohrlochabschnitt / Rammverpresslanze. Das ist ein Hinweis darauf, dass der Verpresskörper wie geplant entsteht.
- Protokolle sind gleichzeitig Abrechnungsbasis für geleistete Arbeit
- Umgebung des Einpresskörpers prüfen und dokumentieren

6. Hinweise zur Umweltverträglichkeit

- Untersuchungen seit 1981, s. S. 272/273 bei Kutzner ^[21]
- Untersuchte Objekte
 - U-Bahn Berlin H 110
 - Mendelsohn Bau Berlin
 - Hamburg Allermöhe
 - Wien U-Bahn 3/5

6.1. Aktuelle Regelungen in Deutschland

DIBt – Referat II 6

Anforderungen an bauliche Anlagen bezüglich der Auswirkungen auf Boden und Gewässer (ABuG) Entwurf vom 16.12.15

Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

§ 9 (1) 4 Benutzungen

- das Einbringen und Einleiten von Stoffen in Gewässer einer behördlichen Erlaubnis oder Bewilligung ... bedarf

§ 49 Erdaufschlüsse

- ca. einen Monat vor Beginn der Baugrundinjektion sind die Arbeiten bei der Unteren Wasserbehörde oder dem Amt für Umweltschutz anzuzeigen.

§ 62 Besorgnisgrundsatz

- Anlagen ... müssen so beschaffen sein ... unterhalten und betrieben ... werden, dass eine nachteilige Veränderung von Gewässern nicht zu besorgen ist ...

Bauvertrag und Ausschreibung

Die Ausschreibung ist die Grundlage und später Hauptbestandteil eines Bauvertrages.

Zu beachtende VOB-Normen (Ergänzungsband 2015) für Injektionen mit Rammverpresslanzen

- ATV DIN 18304: Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
- ATV DIN 18309: Einpressarbeiten

7. Bedingungen zur Objektbeschreibung / Ausschreibung

- Das zu erstellende Werk muss so beschrieben sein, dass ein Anbieter eine klare Vorstellung von den zu erwarteten Leistungen und Lieferungen hat
- Welches technische Verfahren soll verwendet werden?
- Beschreibung der einzelnen Bauleistungen für eine seriöse Kalkulation – auch Teilleistungen
- Alle Bauleistungen abdecken, auch solche, die z. Zt. noch nicht genügend bekannt sind

7.1 Ausschreibung für Injektionsarbeiten

- Leistungs- und Baubeschreibung
- Allgemeine Vertragsbedingungen
- Technische Ausführungsbestimmungen
- Leistungsverzeichnis

7.2 Empfehlungen Leistungsbeschreibung

- Zu erbringende Arbeiten müssen vollständig beschrieben sein
- Ergebnisse aus abgeschlossenen Baugrunduntersuchungen einbeziehen
- Geologische, fels- und bodenmechanische Berichte auswerten
- Ergebnisse von Feld- und Laborversuchen und Schlussfolgerungen daraus
- Klima, Niederschläge, Temperaturen im Baugebiet / Bauzeit
- Zufahrtswege und deren Zustand ermitteln
- Wasser- und Energieversorgung der Baustelle
- Entsorgungsbedingungen für alle in Betracht kommenden Stoffe
- Grundwasserverhältnisse / Bemessungswasserstand
- Vegetationen und Bestimmungen zu deren Schutz
 - regionale Besonderheiten, Lage und Beschaffenheit des Objektes
 - evtl. Beweissicherung und Dokumentation
 - Hinweise und Vereinbarungen mit dem Bauherren dokumentieren
 - Entfernung der Rammverpresslanzen / hydraulischer Lanzenheber

Empfehlung

Vorher Ortsbegehung gemeinsam mit dem Bauherren / Planer

Empfohlene Schwerpunkte für eine Leistungsbeschreibung

Injektionsarbeiten in den Baugrund

1. Baustelleneinrichtung
 - Herrichten aller Bohr-/ Injektionsplätze
 - Bürocontainer, Unterkunft, WC, Energieversorgung usw.
2. Erfüllung der Anforderungen des Umweltschutzes / WHG
3. Vorhalten aller Einrichtungen, Maschinen, Geräte, Material, Rammverpresslanzen
4. Probebohrungen für Injektionszwecke im Winkel von Grad – Endteufe
Preis pro m _____
5. Setzen der Rammverpresslanzen
Tiefe
_____ Stück Preis je Stück _____
6. Wasserabpressversuche (Eventualposition)
Anzahl
_____ Preis je Versuch
7. Anliefern, Lagern
Injektionsstoff
_____ kg/t Preis je kg _____
8. Aufbereiten und Verpressen
_____ kg/t Preis je kg _____
9. Wartezeiten aufgrund
 - Anordnung Rammverpresslanzen, evtl. Hindernisse
 - Bedingt durch Reaktion / Abbindeverhalten des Injektionsstoffes
Zeit/ Stunde Kosten je Std _____
10. Stundenlohnarbeiten
für besonderes angeordnete Leistungen
Zeit/ Stunde _____
11. Qualitätskontrolle zum Nachweis der eingepressten Mengen,
Injektionsdruck, Injektionszeit

Hinweis

Objektabhängig Hebungsmessungen

7.3. Abrechnungsbasis

- Baustelleneinrichtung / Pauschalabrechnung
- Baustellenräumung
- Vorhalten Geräte, Technik nach Zeit/ Tagen
- Bohr- bzw. Rammarbeiten nach Metern, Stück
- Evtl. Packer setzen, Abrechnung nach Stück
- Evtl. notwendige Wasserabpressversuche / WD-Versuche nach Zeitaufwand/Stück
- Injizieren, Abrechnung nach Einpressbetriebsstunden und nach Gewicht oder Volumen der verpressten Stoffe
- Entfernen der Rammverpresslanzen
- Protokolle, DESOI Flow Control II - Diagramme

7.4. Empfehlung für ein baubegleitendes Monitoring

- In innerstädtischen Bereichen immer im Vorfeld ein Beweissicherungsverfahren an der Nachbarbebauung durchführen lassen (möglichst durch einen öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen)
- Monitoringprogramm während der Einpressarbeiten planen und durchführen; punktuell an gefährdeten Bauwerksteilen (z. B. Messbolzen, Horizontalinklinometer) oder kontinuierlich im Injektionsbereich bspw. mit Glasfasersensoren; ggf. bereits bei Probeinjektionen messen

9. Fachliteratur und Quellen

In der Fachliteratur in Deutschland sind praktische Erkenntnisse und Erfahrungen seit über 70 bzw. 50 Jahren als „Injektionen im Baugrund“ dokumentiert (z. B. Jähde / Kutzner)^[21] und^[22]:

- Viele Vorgänge im Untergrund während der Injektion bleiben unerkannt
- Die theoretischen Überlegungen sind begrenzt
- **„Richtige Lösung“ dann:** Wenn der Zweck der Injektionsmaßnahme mit vertretbarem technischem und wirtschaftlichem Aufwand erreicht wird

- [1] Maus, H.: Über die Anfänge der Technik des Verpressens von Zement bei Mauerwerksbauten. In: SFB Jahrbuch 1987, S. 101 – 104
- [2] Blum, H.: Die Trockenlegung nasser Tunnelgewölbe und Widerlager. In: Centralblatt der Bauverwaltung, 1890,10
- [3] Wolfsholz, A.: Wiederherstellung der gewölbten Eisenbahnbrücken über den Mittel- und Südkanal in Hamburg mittels Zementeinpressung. In: Zentralblatt der Bauverwaltung 30 Jg. (1910), S. 359 – 360
- [4] Rüh, G.: Wiederherstellung und Sicherungsmaßnahmen am Dom in Nordhausen. In: Die Denkmalpflege. München 1931, Nr. 2/3, S. 76 – 83
- [5] Dr. Rgjanitsyn B. A.: Die chemische Befestigung des Bodens im Bau“, Bauverlag Moskau, 1986
- [6] Deutsche Reichsbahn: Abdichtung von Ingenieurbauwerken AIB, erschienen: 15.07.1931 Deutsche Bundesbahn – Nachdruck November 1949 – mit Berichtigungsblättern
- [7] Fachbuch „Schachtbau Nordhausen - Firmengeschichte Band 1, 2003 - S. 22
- [8] Fachbuch „Schachtbau Nordhausen - Firmengeschichte Band 1, 2003 - S. 67
- [9] STUVA: Abdichten von Bauwerken durch Injektion - Fraunhofer IRB Verlag Oktober 2014
- [10] Idel: Injektionsverfahren – Kap. 2.2 in GRUNDBAUTASCHENBUCH, T.2 Ernst & Sohn 1991
- [11] Bachelorarbeit FH Erfurt, eingereicht von Steffen Graf „Baugrunduntersuchungen für die Anwendungspraxis von Bodeninjektionen“ (Rammverpresslanzen), 28.01.2013
- [12] DIN EN 12715:2000-10 (Deutsche Fassung) Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) - Injektionen
- [13] VOB Teil C Beuth Verlag: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Einpressarbeiten – DIN 18309:2015-08
- [14] VOB Teil C Beuth Verlag: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten – DIN 18304: 2015-08
- [15] Prof. Dr.-Ing. Sylvia Stürmer, B + B, 5.2014, S. 25, Verbinden, was auseinander strebt
- [16] Prof. Dr.-Ing. Carsten Schlötzer, Der Bausachverständige, Injektionen im Baugrund zur Sanierung und Bestandsicherung, Detmold 2007
- [17] Dr.-Ing. Vladimir Kozlovskii, St. Petersburg State Transport University, 190031 St. Petersburg - Fachvorträge
- [18] DIBt Bekanntmachung des Entwurfs der „Anforderungen an baulichen Anlagen bezüglich der Auswirkungen auf Boden und Gewässer“ (ABuG) Entwurf 16.12.2015
- [19] DESOI GmbH, Kalbach, Fachprospekt „Bodeninjektion mit Rammverpresslanzen“, 2018
- [20] DESOI GmbH, Kalbach, Fachprospekt „DESOI FLOW CONTROL II - Aufzeichnung und Dokumentation von Injektions- und Dosierprozessen“, 2018
- [21] Verlag Enke, Christian Kutzner „Injektionen im Baugrund“
- [22] VEB Verlag Technik Berlin, H. Jähde „Injektionen zur Verbesserung von Baugrund und Bauwerk“

8. Referenzobjekt

8.1 Trinkwasserbehälter

„Industriepark Schwarze Pumpe“ – Injektion mit Rammverpresslanzen

Die Trinkwasserbehälter 1 und 2 auf dem Territorium „Industriepark Schwarze Pumpe“ haben einen Speicherraum von jeweils 2800 Kubikmetern. Sie wurden im Zeitraum von 1989 bis 1991 als standardisierte Projekte (Baureihe „PROWA“) errichtet.

Bauwerkskonstruktion

Bei den Hochbehältern handelt es sich um Rundbehälter in Freiaufstellung mit einem Außendurchmesser von 25,88 Metern sowie einer Wandhöhe von 6,00 Metern. Sie wurden in gemischter Bauweise, in der Regel als Stahlbetonkonstruktion, hergestellt.

Monolithische Bauweise: Behälterringfundamente, Stützenfundamente, Behältersohle mit Bermenbildung im Wandbereich. Montagebauweise: Behälterwand, Stützen und Abdeckungsstruktur. Die Behältersohlen wurden aus Ortbeton (B 20) mit schlaffer Bewehrung hergestellt. Dabei wurden im gesamten Bodenplattenbereich sowohl Radial- als auch Diagonalfugen (Querfugen) ausgebildet. Die Behältersohle liegt ca. 1,50 Meter über der Geländeoberkante. Das bedeutet, dass der Plattenuntergrund während der Bauphase aufgefüllt wurde.

Bauschäden

Nachdem im Außenbereich des Trinkwasserbehälters 1 Wasser ausgetreten war, erfolgte nach Behälterleerung eine Innenbefahrung mit folgendem Ergebnis: In partiellen Behälterrundbereichen, zwischen Berme und Ringfundament, wurden undichte Fugen festgestellt. In einem Bermenplattenbereich wurde neben der offensichtlich maroden Querfuge eine Bodenabsenkung festgestellt, bedingt durch Auswaschungen / Ausspülungen im Bodenbereich unterhalb der Behältersohle infolge von undichten Fugen.

Sanierungsplanung

Die dazu erforderliche Sanierungsplanung wurde durch die Kiwa MPA Bautest GmbH, Servicecenter Lausitz, durchgeführt. Vor der Sanierung der maroden Fugen galt es, den abgesenkten Untergrund im Bereich der Bermenplatte zu verfestigen, um weitere Absenkungen in diesem Bereich zu verhindern. Bei dem Baugrund handelt es sich, um aufgeschüttetes bzw. aufgefülltes Material (sicherlich Kiesgemisch).

Es wurden nachfolgende Arbeitsschritte geplant:

1. Bohren von Injektionskanälen für die vorgesehenen Rammverpresslanzen im Raster von ca. 50 cm x 50 cm vertikal durch die Beton-Bodenplatte.
2. Nach dem Absaugen von Bohrmehl und Staub aus den Injektionskanälen - Einrammen der Verpresslanzen.
3. Produkt: Rammverpresslanzen der Firma DESOI GmbH, Typ: BP-komplett, Durchmesser 25 mm x 1200 mm.
4. Abdichtende und verfestigende Bodeninjektion durch Injizieren eines niedrigviskosen Duromerharzes auf Polyurethanbasis der MC-Bauchemie mit einer 2-Komponenten-Injektionspumpe über die zuvor eingebrachten Rammverpresslanzen.
5. Nach dem Erhärten des Injektionsmaterials Entfernung der Stahlpacker sowie Instandsetzung der Betonoberfläche.

Bauausführung

Die Bauausführung erfolgte durch die Firma M. B. S. MAERTIN, Bausanierung Spremberg GmbH. Die Bauausführung erfolgte fachgerecht entsprechend der Sanierungsplanung inkl. Leistungsverzeichnis. Dazu gehörte neben der Bodenverfestigung natürlich auch die generelle Sanierung/Instandsetzung aller maroden Fugenbereiche. Die Baudurchführung wurde dabei vor Ort durch den Planer sowie den Bauherren überwacht.

Fazit

Nach Abnahme der Bauleistungen mit positiver Dichtheitsprüfung nach der Behälterfüllung wurde die Sanierungsmaßnahme, inkl. Bodenverfestigung mittels Injektion über Rammverpresslanzen, erfolgreich abgeschlossen.

Referenzobjekt

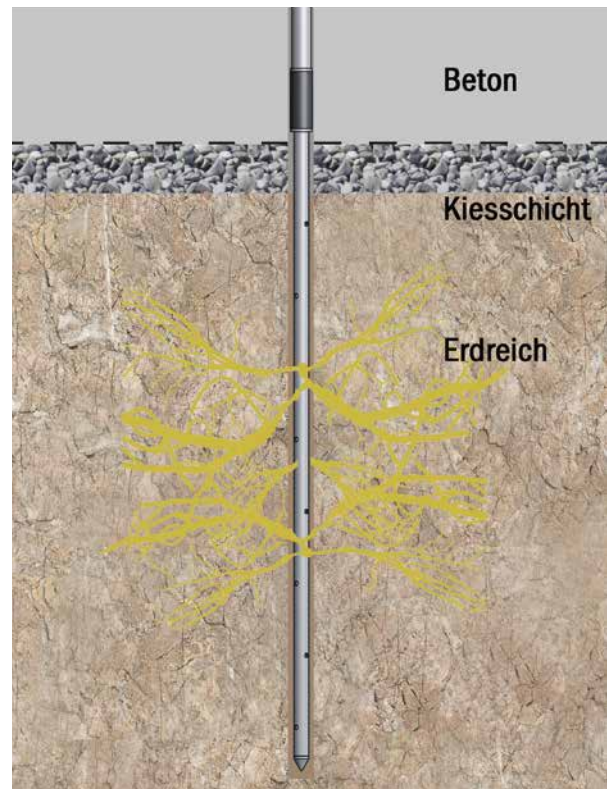
Trinkwasserbehälter „Industriepark Schwarze Pumpe“ – Injektion mit Rammverpresslanzen



Trinkwasserbehälter „Schwarze Pumpe“



Trinkwasserbehälter „Schwarze Pumpe“



Anwendung von Rammverpresslanzen (Foto: Desoi)

8.2 Gaspipeline-Bau

Naturschutzgebiet Anklam / Groß Polzin - Verfüllboden mit Injektionen über Rammverpresslanzen abgedichtet

Erstellung eines Microtunnels für die Gaspipeline

Im Zuge der Errichtung der Gaspipeline musste ein Microtunnel in der Nähe des Naturschutzgebietes Groß Polzin im Vortriebsverfahren etwa 20 m unter der Peene erstellt werden. Die geologische Struktur wies einerseits sandigen Kiesboden und andererseits im oberflächennahen Bereich eine Schicht verfestigten Torf auf. Trotz trockenem Boden wurde unter dem Flussbett der Peene Wasser festgestellt. Gewählt wurde eine für bindige Böden geeignete Tunnelbohrmaschine (TBM) mit 3 m Außendurchmesser.

Besonderheiten bei der Durchfahrt

Nach problemloser Bewältigung der halben Vortriebsstrecke wurde ein Findling vor der Maschine ausgemacht. Geplant war, den Stein durch eine Durchfahrt zu zerstören. Da das Schneidwerkzeug der Maschine jedoch auf weiche Böden ausgelegt war, konnte dies trotz mehrfacher Versuche nicht erreicht werden. Durch die starken Kräfte, die während der Durchfahrungsversuche auf den Stein wirkten, entstanden um den Findling und die Maschine herum Hohlräume. Diese mussten durch eine größere Menge Stützflüssigkeit bei gleichzeitig erhöhtem Druck ausgeglichen werden. Die Bodenüberdeckung über der Microtunnelmaschine jedoch konnte der Belastung von mehr als 2,5 bar Stützdruck nicht mehr standhalten, sodass der Stein gesprengt werden musste. Alle Versuche, durch Einsatz von Flüssigboden den Trichter zu füllen und damit zu verfestigen, schlugen fehl: der Stützdruck konnte nicht wieder angefahren werden. Der gefüllte Trichter war weder druckdicht noch konnte er die Stützflüssigkeit halten. Es musste also durch eine zusätzliche Maßnahme der Boden vor der Ortsbrust abgedichtet und verfestigt werden. Besondere Herausforderung bei der Lösungsfindung war die fehlende Logistik und die Vorgabe, weder große Geräte noch Umwelt belastende Injektionsmittel einzusetzen. Ebenfalls berücksichtigt werden musste das enge Zeitfenster zur Erledigung der Arbeiten.

Abdichtung über Rammverpresslanzen

Das am Projekt beteiligte Unternehmen TPH schlug vor, den Verfüllboden mittels einer Injektion zu stabilisieren und abzudichten. Zusätzlich sollte eine Injektion aus der Vortriebsmaschine heraus den zuvor kontrolliert gesprengten Findling verfüllen und verdichten. Da keinerlei Maschinenbewegung in diesem Naturschutzgebiet zulässig war, kamen herkömmliche Methoden wie Zementinjektion oder Vereisung nicht in Frage. Gewählt wurde daher die Injektion mittels Rammverpresslanzen von Desoi. Die Rammverpresslanzen sind im Baukastensystem aufgebaut und können baustellenbezogen mit unterschiedlichen technischen Eigenschaften zusammengesetzt werden. Bis zu 17,5 m wurden sie in diesem Fall mit einem leichten Rammhammer in den Boden eingetrieben und konnten somit sehr dicht über der Maschine platziert werden.

Ablauf der Injektionsarbeiten

Über die Lanzen wurde mit dem Injektionsgerät DESOI AirPower M25-3C (DESOI PN-1412-3K) Acrylatgel verpresst und der Boden verdichtet. Die gesamten Gerätschaften ließen sich ohne Maschinen transportieren und das Acrylatgel wurde aufgrund der DIBt-Zulassung auch von der unteren Wasserbehörde für den Einsatz genehmigt. Insgesamt wurden 56 Rammverpresslanzen verwendet und ca. 2.400 l Gel eingebracht. Der grundsätzlich dichte Verfüllboden konnte nur durch den Einsatz des sehr niedrigviskosen Acrylatgels konsequent durchtränkt und verfestigt werden, wobei hier eine Kombination aus Verfestigung und Abdichtung erreicht werden musste. Die Rammverpresslanzen ermöglichten die geforderte zielgerichtete Injektion.

Aus der Vortriebsmaschine heraus wurden anschließend mit einem weiteren Injektionsgerät DESOI AirPower L36-2C (DESOI PN-2036-2K) die Hohlräume mit einem Silikatschaum verfüllt, die der zuvor gesprengte Findling im Erdreich hinterlassen hatte. Der Silikatschaum hat den Vorteil, dass er aufgrund des hohen Wasserglasanteils zwar eine sehr gute Anhaftung an silikatische Untergründe aufbaut, jedoch auch wieder leicht von der Maschine zu durchfahren ist.

Fazit

Innerhalb von 3 Tagen war das Problem gelöst, der Slurrydruck konnte wieder hochgefahren werden und die Maschine ihre Arbeit fortsetzen.

Referenzobjekt

Gaspipeline-Bau im Naturschutzgebiet Anklam / Groß Polzin – Verfüllboden mit Injektionen über Rammverpresslanzen abgedichtet



Naturschutzgebiet Groß Polzin



Montage der Rammverpresslanzen



Einbringen der Rammverpresslanzen mit den Rammhammer (Fotos: Desoi)



Hersteller von Injektionstechnik

DESOI GmbH
Gewerbestraße 16
D-36148 Kalbach/Rhön

Tel.: +49 6655 9636-0
Fax: +49 6655 9636-6666
info@desoi.de | www.desoi.de

