

# DESOI Rammverpresslanzen (RVL)

Injektionen in den Baugrund

## FACHLICHE STELLUNGNAHME

Beschreibung und Methodik

Grundlagen und Empfehlungen für die Planung und Ausführung

In Zusammenarbeit mit der Geotechnik Dr. Nottrodt Weimar GmbH



<b>1. Geschichtlicher Abriss „Mehr als 200 Jahre Injektionsverfahren“</b>	<b>3</b>
<b>2. Baugrund und Injektion</b>	<b>4</b>
2.1 Was verstehen wir unter Injektion in den Baugrund?	
2.2 Arten der Injektion	
2.3 Einsatz des Verfahrens mit Rammverpresslanzen	
<b>3. Theorie der Baugrundinjektion</b>	<b>5</b>
3.1 Injizierbarkeit des Baugrunds	
3.2 Fließ- und Erstarrungsverhalten des Injektionsmittels	
3.3 Empfehlungen zum Injektionsdruck	
3.4 Probeinjektionen	
3.5 Injektionszeit	
<b>4. Baugrunduntersuchungen</b>	<b>6</b>
4.1 Notwendigkeit von Baugrunduntersuchungen	
4.2 Baugrunduntersuchung bei Lockergestein	
4.3 Hinweise zu Homogenbereichen (aus ATV DIN 18304 - 2019)	
<b>5. Planung von Niederdruckinjektionen mittels RVL</b>	<b>9</b>
5.1 Empfohlene Anordnung der Rammverpresslanzen	
5.2 Hinweise zur Vorbereitung von Injektionsarbeiten	
5.3 Hinweise zur Verfahrensweise beim Einsatz der Rammverpresslanzen	
5.4 Hinweise zu den Injektionsmaterialien	
5.5 Prüfen der Herstellung des Injektionskörpers mit dem Aufzeichnungs- und Dokumentationsgerät DESOI w.i.l.m.a.	
<b>6. Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit</b>	<b>11</b>
6.1 Aktuelle Regelungen zur Umweltverträglichkeit in Deutschland	
6.2 Nachhaltigkeit	
<b>7. Bedingungen zur Objektbeschreibung / Ausschreibung</b>	<b>12</b>
7.1 Ausschreibung für Injektionsarbeiten	
7.2 Empfehlungen Leistungsbeschreibung	
7.3. Empfehlung für ein baubegleitendes Monitoring	
<b>8. Referenzobjekte</b>	<b>15</b>
8.1 Trinkwasserbehälter	
8.2 Gaspipeline-Bau	
8.3 Neues Palais Potsdam	
<b>9. Fachliteratur und Quellen</b>	<b>21</b>

### 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 ...



\*<sup>[1-9, 12, 13, 21, 22]</sup> Seite 21: Fachliteratur und Quellen

## 2. Baugrund und Injektion



- Generelle Unterscheidung in Lockergestein (Boden) oder Festgestein (Fels) mit verschiedenen Übergangsbereichen (z. B. Felsersatzzone)
- Der Baugrund ist ein Dreistoffsystem
  - Feststoff (Mineralkörner/Fels)
  - Flüssigkeit (meist Wasser)
  - Gas (meist Luft)
- Flüssigkeit und Gas füllen Klüfte (Fels) bzw. Porenraum (Boden)
- Hohlräume = durch Prozesse (z. B. Auslaugung, Ausspülung ...) erweiterte oder unnatürlich vergrößerte Klüfte bzw. Poren
- Bildung oder Vorhandensein von Hohlräumen meist erst durch Auswirkungen an der Erdoberfläche (Erdfälle, Einsenkungen ...) oder geänderte Grundwasserverhältnisse erkennbar (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

#### Aber

- 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

## 2.2 Arten der Injektion [19]

### Auffüllinjektion / Porenrauminjektion

- Injektion zur Auffüllung vorhandener Kluft- und Porensysteme (Druck geringer als sog. Aufreißdruck)
- Abdichtung sowie Verfestigung von Fest- und Lockergestein (Bildung zusammenhängender Einpresskörper)
- Wichtig: Stetiges Fließen des Füllstoffes, Druck > 10 bar

### Verdichtungsinjektion

- Injektion mit steifem Injektionsgut zur Verpressung von künstlich geschaffenen Hohlräumen (Druck geringer als sog. Aufreißdruck)
- Verdrängung und Verdichtung des Bodens ohne in den Porenraum einzudringen

### Aufreißinjektion (Soil Fracturing)

- Injektion zur gezielten Aufspaltung des Bodens (Druck größer als sog. Aufreißdruck) mit anschließendem Verpressen
- Bewehrung und Verfestigung der Bodenmasse
- Verdichtung bzw. Konsolidierung des Bodens zwischen den zementverfüllten Rissen

### Besondere Einsatzgebiete

#### Abdichtinjektion

- Ankopplung Spundwand an Bohrfahlwand
- Abdichtung einzelner Spundwandschlösser oder Bohrfahlabsschnitte
- Ankopplung Spund- oder Bohrfahlwand an HDI-Unterfangungen



Abdichtinjektion mit RVL zwischen Bohrfahl- und Spundwand

#### Füllen von trockenheitsbedingten Hohlräumen und Rissen

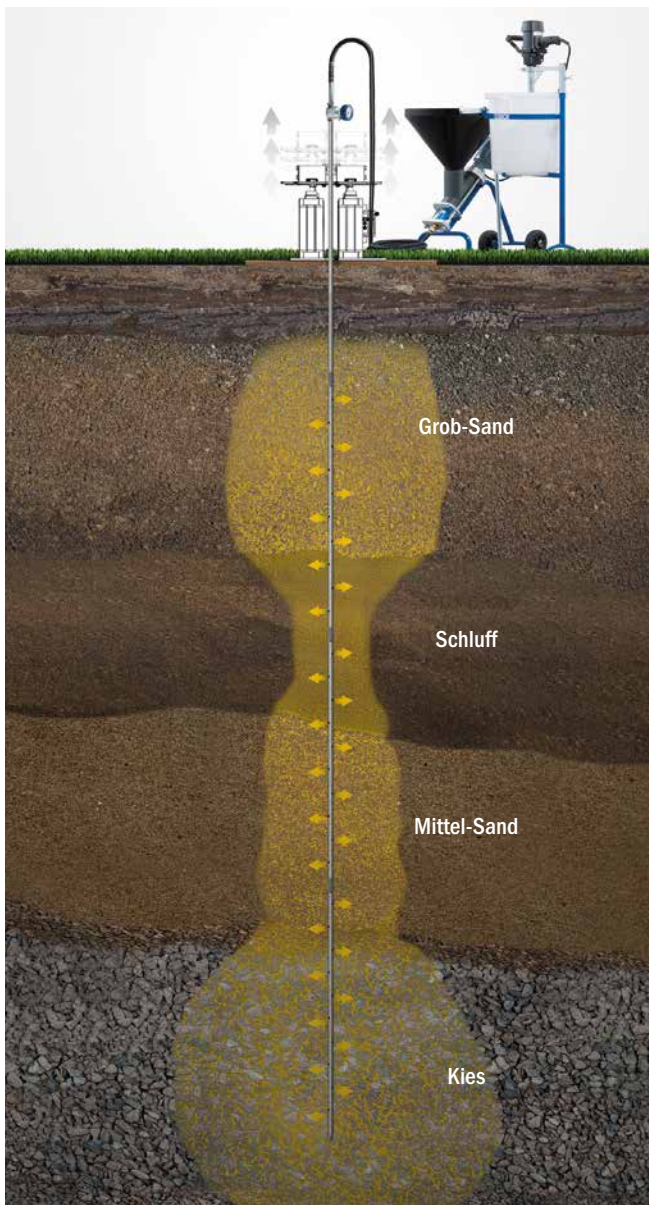
- Verpressen der oberen Bodenzone (2 m bis 3 m u. GOK), um Setzungen zu vermeiden
- Normalerweise nicht injizierbare Tone verlieren durch Schrumpfvorgänge infolge Austrocknung an Volumen, wodurch (Haar-)Risse entstehen

### 2.3 Einsatz des Verfahrens mit Rammverpresslanzen

- Einsatz in Böden aus Sanden und schluffigen Feinsanden
- Injektionsmaterial: Zementsuspension, Acrylatgel, Polyurethan und Polyurea-Silikat
- Bei Verdichtungsinjektion keine Berührung der Zementkörper notwendig
- Rammverpresslanzenabstand: 0,5 – 1 m
- Injektionsdruck ist abhängig vom Baugrund und dem Injektionsmaterial
- Injektionsdruck und Einpressraten werden nach Vorversuchen vom fachkundigen Planer festgelegt und sollten nur so hoch wie unbedingt nötig sein

#### Hinweis

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



### 3. Theorie der Baugrundinjektion

#### Verfahren

- Injektionsmittel dringt von den Bohrlöchern in das Kluft- und Porensystem ein
- Hohlräume werden mit Injektionsmittel verfüllt (je nach Injektionsart – Ausnahme = Verdichtungsinjektion, hier Verdichtung durch Verdrängung des Bodens, siehe Kap. 2.2)
- Vollständige Auffüllung möglich, wenn Hohlräume miteinander in Verbindung stehen
- Injektionsdruck hält das Injektionsmittel im Fluss → Kontrolle über DESOI w.i.l.m.a. (siehe Kap. 5.5) oder Augenscheinnahme
- „Reichweite“ = Entfernung zwischen Injektionsquelle und Punkt, bis zu dem Injektionsmittel vordringt.

#### Hinweis

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

### 3.1 Injizierbarkeit des Baugrunds

- Injizierbarkeit (mit gängigen zementbasierten Injektionsmitteln) abhängig von Kornverteilung

#### Ersteinschätzung – Injektionskriterium nach Mitchell

- Vergleich der Korngrößenverteilungen Baugrund / Bindemittel  

$$N = D_{15} / d_{85}$$
 mit  $D_{15}$  = Masseprozent bei 15 % Siebdurchgang des Baugrunds  
 $d_{85}$  = Masseprozent bei 85 % Siebdurchgang des Bindemittels
- Wenn  $N < 11$  → Baugrund nicht injizierbar
- Wenn  $N = 11 \dots 24$  → Möglichkeiten durch Injektionsversuche zu prüfen
- Wenn  $N > 24$  → Baugrund injizierbar

#### Genaueres Verfahren – Porenstellverfahren

- Gegenüberstellung von kleinster Pore des Baugrunds und Größtkorn des Bindemittels  

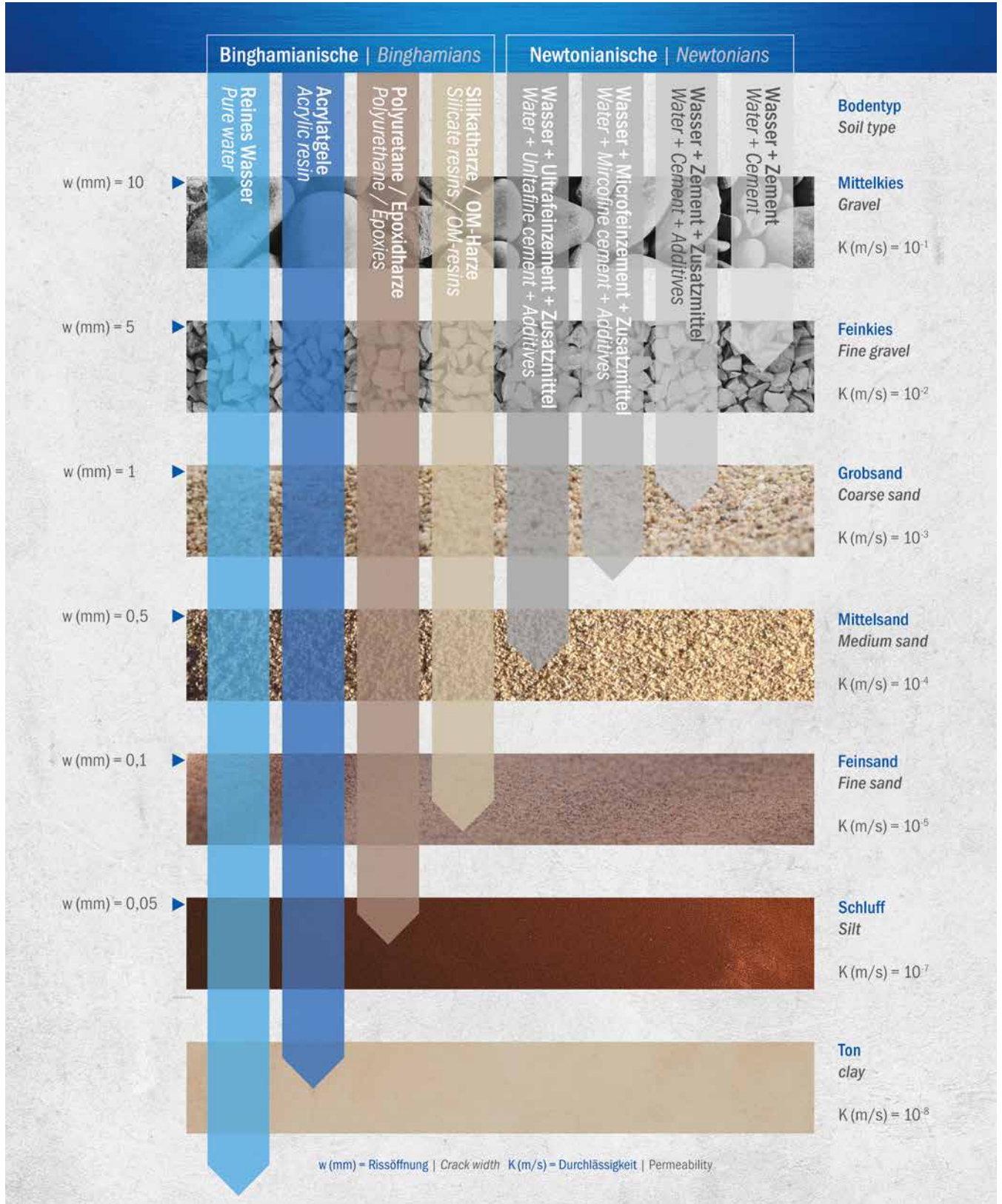
$$p_0 / d_{100} \geq 2$$
 mit  $p_0$  = kleinste Pore des Baugrunds  
 $d_{100}$  = Größtkorn des Bindemittels
- Wenn Kriterium eingehalten → Baugrund injizierbar

#### Wichtig

- Zahlreiche weitere Injektionskriterien vorhanden
- Vertrauen allein auf Kenngrößen unsicher
- Vor allem bei fehlenden praktischen Erfahrungen mit vorliegendem Baugrund sind Injektionsversuche obligatorisch

Zur Verwendung von polymeren Injektionsstoffen siehe Abbildung auf Seite 6 und Hinweise im Kapitel 5.4.

Kriterium zur Vorauswahl des Injektionsguts im Abhängigkeit der Baugrunddurchlässigkeit



### 3.2 Fließ- und Erstarrungsverhalten des Injektionsmittels

Fließ- und Erstarrungsverhalten aller Injektionsmittel sind durch Viskosität und Fließgrenze gekennzeichnet, Ermittlung z. B. durch Marsh Trichter bei zementösen Injektionsstoffen. Orientierung/ Richtkriterium: 1 Liter Zement-suspension: ca. 25 – 30 Sekunden (Wasser: 20 – 25 Sekunden) Auslaufzeit

### 3.3 Empfehlungen zum Injektionsdruck

Ziel

- Zusammenwachsen oder Überlappen benachbarter Injektionsbereiche

#### Empfehlungen zu Einpressdruck und Einpressgeschwindigkeit

- Injektionsdruck ist durch Probeinjektionen zu ermitteln, siehe auch Kapitel 3.4
- Vorgabe eines höchstzulässigen Drucks in Absprache mit Geotechniker
- In Abhängigkeit der Reichweite der Injektion
- Druck langsam steigern
- Druck mehrere Minuten halten (Aufnahmefähigkeit der Klüfte und Poren)

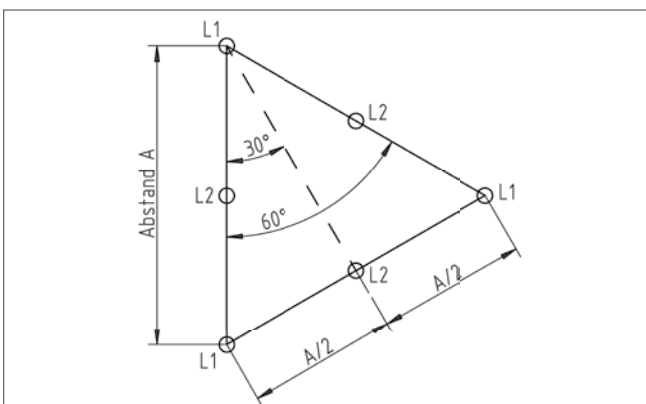
### 3.4 Probeinjektionen

- Möglichst vor Ausschreibung durchzuführen (Probeinjektionen sind objektabhängig, jedoch immer zu empfehlen)

#### Zweck der Probeinjektion

- Erkundung technischer Bedingungen
- Festlegung Rammverfahren / Rammtechnik
- Ermittlung und Dokumentation der Injizierbarkeit des Baugrundes
- Aufnahme der Erkenntnisse in Vorbemerkungen des Leistungsverzeichnisses / Vertragsbedingungen

#### Anordnung der Rammverpresslanzen bei einer Probeinjektion



Draufsicht in Anlehnung an Kutzner \*[19]

- Ggf. Durchführung von Wasserabpressversuchen
- Verpressen der Rammverpresslanzen
- Prüfung mittels Kernbohrungen sowie, wenn möglich, mit Schürfen

#### Kriterium zur Vorauswahl des Injektionsguts (siehe Seite 6)

#### Erkenntnisse aus der Probeinjektion

- Prinzipielle Eignung des Verfahrens
- Zweckmäßiger Abstand der Rammverpresslanzen
- Ermittlung des Aufpressdrucks und geeigneter Verpressdrücke
- Feststellung Injektionsgutaufnahme und möglichem Zusammenhang mit Wasseraufnahme

### 3.5 Injektionszeit

#### Ist verknüpft mit

- Viskositätsentwicklung des Verpressmittels
- Injektionsdruck
- Gewünschter oder erzielbarer Reichweite
- Bodenbeschaffenheit

Vorgenannte Parameter sind je Bauaufgabe sehr individuell, wodurch keine Erfahrungswerte für Injektionszeiten angegeben werden können. Die Injektionszeiten sind durch Probeversuche zu ermitteln.

## 4. Baugrunduntersuchungen

### 4.1 Notwendigkeit von Baugrunduntersuchungen

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

- Mächtigkeit der zu injizierenden / zu verbessernden Baugrundschieht(en)
- Anteil wasser- bzw. gasgefüllter Poren und Hohlräume
- Bodenphysikalische und chemische Eigenschaften des Bodens und des Grundwassers (Wichtig: Vorkommen von Gipskeuper / Anhydrid)
- 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 (insbesondere Bewertung von Probeinjektionen)
- Druck- oder Rammsondierungen zur Ermittlung der Lagerungsdichte und Rammbarkeit
- Entnahme ungestörter und gestörter Bodenproben, Umwelt- und Wasserproben
- Untersuchungen im Erdbaulabor nach Abschnitt 4.3
- Umweltchemische Untersuchungen an Boden und Wasser, je nach vorgesehenem Verpressmittel
- Ggf. auch geophysikalische Verfahren zur räumlichen Hohlräume suche einsetzen
- Im Ergebnis der Baugrunduntersuchung ist die Injizierbarkeit mit Feststoffsuspensionen zu bewerten (z. B. Injektionskriterium nach Mitchell oder Porenengstellenverfahren [21])

Sogenannte Einsparung von Baugrunduntersuchungen hat nicht selten zu

- Bauverzögerungen und -komplikationen
- Kostenüberschreitungen
- Unfällen
- Aufgabe der Bauausführung geführt [20]

### Hinweis

Boden- und Felsklassen nach alter VOB/C (2012 und früher) sind vertraglich unwirksam, werden im privaten Bausektor häufig aus „Vereinfachungsgründen und Gewohnheit“ noch verwendet.

### 4.3 Hinweise zu Homogenbereichen (aus ATV DIN 18304 - 2019)

Beim geplanten Einsatz von Rammverpresslanzen ist der Baugrund nach DIN 18304 aus VOB/C 2019 zu beschreiben.

„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.“

Für eine fachgerechte Baugrundklassifikation und damit Ausschreibung sind für dieses Gewerk zumindest die folgenden Parameter anzugeben:

#### Für „Boden“

- Ortsübliche Bezeichnung
- Korngrößenverteilung
- Massenanteil Steine und Blöcke
- Wassergehalt
- Plastizitätszahl
- Konsistenzzahl
- Lagerungsdichte
- Bodengruppe
- Möglichst ergänzend auch Porenanteil, Sättigungsgrad und horizontaler sowie vertikaler Durchlässigkeitsbeiwert

#### Für „Fels“ (sofern rammbar)

- Ortsübliche Bezeichnung
- Benennung von Fels
- Druckfestigkeit
- Natürlich ergänzend Angaben zu Trennflächen und Klüften, damit Abschätzung der Gebirgsdurchlässigkeit



Ausbreitung Injektionsmittel, Arbeiten im freien Gelände und unter bestehenden Bodenplatten



### 5. Planung von Niederdruckinjektionen mittels RVL

#### Ziel

- Durch Planung bei Auffüllinjektion sind die Rammverpresslanzen so anzuordnen, dass sich die verbesserten Baugrundzonen möglichst überlappen.
- Zusammenhängender, geschlossener Einpresskörper (Bodenkörner und Verpressgut) soll entstehen (DIN 4093)

#### - Abdichtung von Lockergestein

- Herstellung einer Injektionssohle
- Erzeugung vertikaler Injektionsschleier
- Sonderlösungen wie z. B. Abdichtung einer Grabensohle vor Verlegen von Rohrleitungen oder Abdichtung zwischen Bauteilen (Übergang von Spundwand zu Bohrfahllwand)
- Verfestigung bzw. Verbesserung von Lockergestein
- Unterfangung von Gebäuden oder Bauteilen
- Baugrundverfestigung oder -verbesserung (Erhöhung der Baugrundtragfähigkeit vor dem Bau oder im Rahmen einer Sanierung)
- i. d. R. keine Aufbrechinjektionen (z. B. zum Setzungsausgleich) wegen hoher erforderlicher Drücke

#### - Verfestigung bzw. Verbesserung von Lockergestein

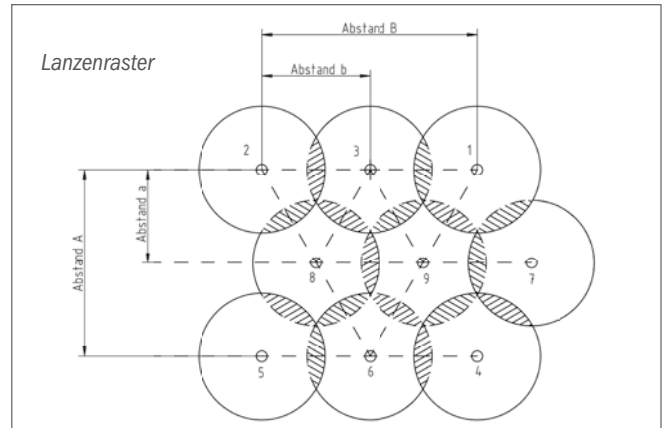
- Unterfangung von Gebäuden oder Bauteilen
- Baugrundverfestigung oder -verbesserung (Erhöhung der Baugrundtragfähigkeit vor dem Bau oder im Rahmen einer Sanierung)
- Bedingt Aufbrechinjektionen wegen hoher erforderlicher Drücke (Ausgleich von Setzungen)

#### 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 – 1,0 m für flache Injektionslöcher
- Benachbarte Reihen werden gegeneinander versetzt



Empfohlene Anordnung der Rammverpresslanzen

#### 5.2 Hinweise zur Vorbereitung von Injektionsarbeiten

##### Grundsätzlich

- Im Vorfeld Durchführung und Bewertung von Probeinjektionen
- Auswahl Injektionsmittel in Abstimmung mit Planer und Geotechniker
- Bestimmung der Reichweite der Injektion
- Erstellen von Einstichplänen für die RVL

##### Vorteil Rammverpresslanzen

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

#### 5.3 Hinweise zur Verfahrensweise beim Einsatz der Rammverpresslanzen

##### Regelfall: aufsteigende Verpressung „von unten nach oben“

- Einbringen der Lanze mit verloraener Spitze bis zur Endteufe
- Aufsetzen des Materialschlauchs
- Sukzessives nach oben ziehen und verpressen bzw. injizieren

##### Alternative: Mehrbereichsinjektionen

- Einsatz von Lanzen mit seitlichen Öffnungen
- Keine Anwendung in sandigen Böden, da seitliche Löcher sonst verstopfen

Auswahl der Verfahren nach geologischen Gegebenheiten und bautechnischen Anforderungen.

Zu den verfügbaren Rammverpresslanzen, Einbring- und Verpressgeräten sowie Zubehör siehe unter [www.desoi.de](http://www.desoi.de)

#### 5.4 Hinweise zu den Injektionsmaterialien

##### Ziel von Injektionen im Baugrund

- Abdichtung
- Verfestigung/ Verbesserung
- Hohlraumverfüllung
- Hebung (bei Vorliegen optimaler Randbedingungen)

### Injektionsmittel / Füllstoffe

- **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 z. B. aus Bitumen und Wasser / Harz nur für Sonderanwendungen, i.d.R. nicht für RVL geeignet

Injektionsmittel - Auswahl in Abhängigkeit der Größe und Volumen der Poren und Klüfte (Thema: Injizierbarkeit / Vorversuche; siehe Kapitel 3.1 und 3.3).

### Hinweis

Verwendung eher feinerer Injektionsmittel, die in Klüfte und Poren passen.

### Injektionsmörtel

- Zementsuspension plus Sandzusatz für große Hohlräume oder Klüfte.

### Suspensionen auf Zementbasis

#### Entscheidend bei Auswahl ist:

- Hohe Mahlfineinheit
- Korngrößenverteilung max. 0,1 mm, angepasst an unseren DESOI Feinstzement VP1

#### Hinweise:

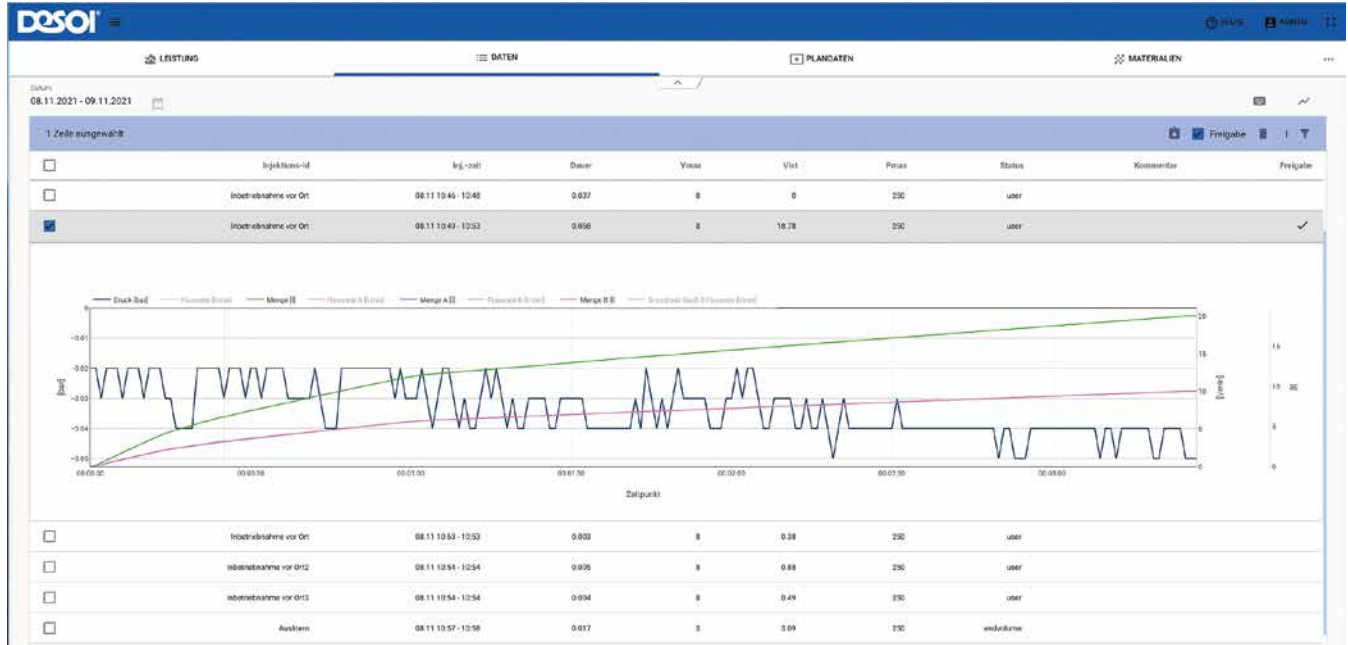
- Porenwasser muss ausgepresst werden
- Fließeigenschaften sind relevant
- Sedimentierverhalten der Suspension beachten

(siehe auch *Abbildung Seite 6*)

### Silikatgele

- Ausgangsstoff: Wasserglas gemischt mit anorganischem oder organischem Härter
- Mit diesem Gel injizierte Böden ähneln Sandstein
- Gewisse Zugfestigkeit
- Geringe Druckfestigkeit
- „Ökogele“ für den Einsatz in Trinkwasserschutzgebieten
- Langzeitstabilität der Gele gilt i.d.R. als gesichert

5.5 Prüfen der Herstellung des Injektionskörpers mit dem Aufzeichnungs- und Dokumentationsgerät DESOI w.i.l.m.a.



Beispiel eines Protokollausdrucks aus DESOI w.i.l.m.a.

- Injektionskörper liegt immer unter der Geländeoberfläche
- DESOI w.i.l.m.a. = wireless injection logging monitoring assistent
- Dokumentiert fortlaufend Daten der Injektion
- Permanente Kontrolle der Injektion über Display möglich

Vorteile für Planer und Bauherren

DESOI w.i.l.m.a. 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.

Den Fachprospekt finden Sie auf [www.desoi.de](http://www.desoi.de) oder fordern Sie es an!

Erfahrungen

- Ein stetig steigender Druck bei gleichzeitig abnehmender Einpressrate weist darauf hin, dass im Injektionsbereich keine Aufspaltungen stattfinden
- Bei Poreninjektion im Lockergestein: Kontrolle der Einpressmenge je Bohrlochabschnitt / Rammverpresslanze. Dies gibt einen Hinweis darauf, dass der Verpresskörper wie geplant entsteht.
- Protokolle sind gleichzeitig Abrechnungsbasis für geleistete Arbeit
- Prüfung und Dokumentation der Umgebung des Einpresskörpers



DESOI w.i.l.m.a. - Display

### 6. Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit

#### 6.1 Aktuelle Regelungen zur Umweltverträglichkeit in Deutschland (Auszug)

Unbedenklichkeit der Technologie hinsichtlich Umweltverträglichkeit hat sich in den vergangenen 3 Jahrzehnten in der Praxis bewährt und wurde durch Untersuchungen mehrfach bestätigt

#### DIBt-Referat II 6 – Deutsches Institut für Bautechnik, Referat II 6 – Umweltschutz, Nachhaltigkeit

Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), Anhang 10 (Fassung 08/2020): Anforderungen an bauliche Anlagen bezüglich der Auswirkungen auf Boden und Gewässer (ABuG)

- Inhaltstoffe eines Bauprodukts dürfen festgelegte Grenzwerte für Einzelkonzentrationen von karzinogenen, mutagenen sowie reproduktionstoxischen Stoffen nicht überschreiten; Grenzwerte siehe Verordnung (EG) Nr. 1271/2008
- Rezyklierte oder industriell hergestellte Gesteinskörnungen dürfen in Injektionsmitteln aus Bindemittelsuspensionen oder Einpressmörteln, die direkten Kontakt mit Grundwasser haben, nicht eingesetzt werden
- Injektionsmittel mit dem Bestandteil bzw. dem Reaktionsprodukt Acrylamid dürfen nicht verwendet werden
- Bei Einsatz siliziumreicher Flugasche in Injektionsmitteln sind Obergrenzen einzuhalten; siehe MVV TB Tabelle A-4

#### Wasserhaushaltsgesetz (WHG, vom 31.07.2009)

##### § 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 zuständigen Unteren Wasserbehörde oder dem Amt für Umweltschutz anzuzeigen.

##### § 62 Anforderungen an den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (Besorgnisgrundsatz)

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

##### § 89 Haftung für Änderung der Wasserbeschaffenheit

Wer ...die Wasserbeschaffenheit nachteilig verändert... ist zum Ersatz des Schadens verpflichtet.

#### DVGW - Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.

Arbeitsblatt W 347 (Fassung 05/2006):

Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung

- Beim Verbau zementgebundener Werkstoffe mit Trinkwasserkontakt müssen für diese und deren Ausgangsstoffe (z. B. organische sowie anorganische Zusatzstoffe, Zusatzmittel, Gesteinskörnungen, Pigmente etc.) Eignungsprüfungen für den Einsatz im Trinkwasserbereich erbracht werden

#### Prüfungen nach Anforderung

- Rezepturprüfung: Abgleich einzelner Bestandteile mit Positivliste des DVGW Arbeitsblattes
- Migrationsprüfung: Prüfung auf Herauslösen bestimmter Substanzen aus Werkstoff (z. B. TOC, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Lithium, Nickel)
- Mikrobiologische Prüfung: nur falls organische Bestandteile vorhanden; Prüfung nach DVGW W 270 (A) – Bildung eines Biofilms nach Wasserlagerung

#### Kreislaufwirtschaftsgesetz

##### § 45 Abs. 2, Satz 1

Die Behörden des Bundes [...] haben bei der Gestaltung von Arbeitsabläufen, bei der Beschaffung oder Verwendung von Material und Gebrauchsgütern, bei Bauvorhaben [...] Erzeugnissen den Vorzug zu geben, die in rohstoffschonenden, energiesparenden, wassersparenden, schadstoffarmen oder abfallarmen Produktionsverfahren hergestellt worden sind.

→ „Bevorzugungspflicht“

6.2 Nachhaltigkeit

DGNB – Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen

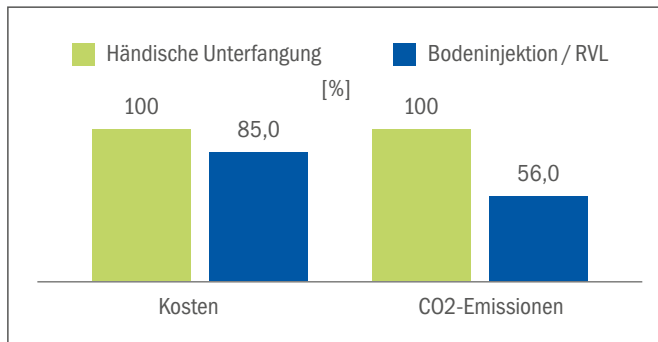
„Beim nachhaltigen Bauen geht es darum, mit den vorhandenen Möglichkeiten das Maximale im Sinne einer ganzheitlichen Qualität herauszuholen.“

Die 3 Säulen der Nachhaltigkeit → Ökologie, Ökonomie, Soziales

Säulen der Nachhaltigkeit			
	Ökologie	Ökonomie	Soziales
<b>Ziele (u.a.)</b>	- Minimierung Energie- und Ressourcenverbrauch - Geringe Belastung des Naturhaushalts	- Optimierung der Gesamtkosten	- Berücksichtigung soziokultureller Auswirkungen, z. B. denkmalpflegerische Aspekte
<b>Beitrag RVL</b>	- Ressourcenschonende Technologie - Geräteeinsatz mit geringem Energieverbrauch, teilw. Elektroantrieb	- Baustelleneinrichtung überschaubar (geringe Transportkosten, keine Silos und Betonpumpen notwendig) - Geräteeinsatz mit geringem Energieverbrauch	- Bei Einsatz zur nachträglichen Gründungs-ertüchtigung / Unterfangung werden Bestandsfundamente kaum geschwächt (Bestandssubstanz bleibt im Wesentlichen erhalten) - Schonung Untergrund / Bestand durch Einsatz leichter Geräte - Gesundheitsschonender Arbeitsablauf (schonend für Bewegungsapparat)

Vergleich der CO2-Emissionen und Kosten anhand Referenzprojekt Neues Palais – Händische Unterfangung / RVL (siehe Säulendiagramm)

Vergleich der Kosten und CO2-Emissionen



7.1 Ausschreibung für Injektionsarbeiten

- Technische Baubeschreibung (möglichst mit Injektionsplänen)
- Allgemeine und Besondere Vertragsbedingungen
- Bei statisch wirksamen Injektionen auch eine Tragwerksplanung / Erdstatik
- Leistungsverzeichnis

Zu beachtende VOB-Normen (Ergänzungsband 2019) 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 Bieter 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 zur Ausschreibung noch nicht genügend bekannt sind
- Hinweise zu Probeinjektionen (Lage, Verpressmittel, zeitliche Einordnung, zu erreichende Mindestanforderungen, Auswertungsbericht ...)

7.2 Empfehlungen Leistungsbeschreibung

- Zu erbringende Arbeiten müssen vollständig beschrieben sein
- Ergebnisse aus abgeschlossenen Injektionsprojekten im Umfeld mit einbeziehen
- Hydrogeologische und geotechnische Berichte auswerten
- Ergebnisse von Feld- und Laborversuchen und Schlussfolgerungen daraus
- Klima, Niederschläge, Temperaturen im Baugebiet/zur Bauzeit
- Zufahrtswege und deren Zustand ermitteln und beschreiben, bei Bedarf auch Arbeitsbreiten und -höhen im Gebäude
- Baustelleneinrichtungs- und Lagerflächen ausweisen, Wasser- und Energieversorgung der Baustelle
- Entsorgungsbedingungen für alle in Betracht kommenden Stoffe

- Grundwasserverhältnisse/Bemessungswasserstand und ggf. erforderliche Maßnahmen zum Grundwasserschutz
- Vegetationen und Bestimmungen zu deren Schutz
  - regionale Besonderheiten, Lage und Beschaffenheit des Objektes
  - evtl. Beweissicherung und Erschütterungsmessungen inkl. deren Dokumentation
  - Hinweise und Vereinbarungen mit dem Bauherren dokumentieren und bestätigen lassen
  - Entfernung der Rammverpresslanzen (Ziehvorrichtung pneumatisch, hydraulisch oder manuell)

### Dringliche Empfehlung:

- Vor Planungsbeginn Ortsbegehung gemeinsam mit dem Bauherren
- Vor Baubeginn Ortseinweisung der Baufirma

### Empfohlene Schwerpunkte für eine Leistungsbeschreibung mit RVL

#### 1. Baustelleneinrichtung und -räumung

- Herrichten aller Bohr- / Injektionsplätze sowie Zuwegungen - Bürocontainer, Unterkunft, WC, Energieversorgung usw.

- ggf. doppelte Baustelleneinrichtung auch für Probeinjektionen

Preis i.d.R. als Pauschale (für die geplante Bauzeit)

#### 2. Erfüllung der behördlichen Anforderungen u.a. auch des Umweltschutzes / WHG etc.

- Einholen der Leitungsauskünfte
- Abstimmung der Arbeiten und einzusetzenden Stoffe mit den Umweltbehörden inkl. Bearbeitung der Auflagen

Preis als Pauschale

#### 3. Vorhalten aller Einrichtungen, Maschinen, Geräte, Material

Rammverpresslanzen

Preis je Kalenderwoche Vorhaltung

#### 4. Probeinjektionen vor Baubeginn, vorzugsweise als vorgezogenes Los

mit Beschreibung der Lanzenarten, Verpressmittel, Lage, Länge und Neigung der Probelanzen, Intervalle für Verpressdrücke; Definition der späteren Probebohrungen durch Einzelsäulen und Schürfe zur Kopfreilegung, Anfertigung Prüfbericht mit Empfehlungen für die Hauptinjektionen, Preis pro Stück oder nach Aufwand

#### 5. Baubegleitende Messungen planen, vorbereiten und durchführen

Einrichten von festen Bezugspunkten sowie Messpunkten an statisch relevanten Bauteilen des Bauwerkes, injektionsbegleitende turnusmäßige Messungen und Kontrollen ggf. unter Einschaltung eines Vermessungsbüros, Definition von Warn- und Eingreifwerten

(Beweissicherung, Munitionsfreistellung und Erschütterungsmessungen sind bauseitige Bauherrenaufgaben!)

Preis nach Aufwand je Kalenderwoche

#### 6. Bei Bedarf:

Öffnen von Bauteilen wie Bodenplatten oder Fundamente aus Beton, Stahlbeton, Naturstein... mittels Kernbohrungen o.ä.; Anpassung des Bohrdurchmessers auf den Durchmesser der RVL, Tiefe ... cm Preis je Stück oder nach lfm.

#### 7. Einbringen der Rammverpresslanzen

(Länge, Neigung, Durchmesser, Austrittsöffnungen, Spitzenart) inkl. späterem Ziehvorgang sowie Ersatz nicht mehr verwendbarer RVL  
Preis je Stück oder nach lfm.

#### 8. Anliefern und Lagern der Injektionsstoffe

(Nachweis über Lieferscheine)

Preis je kg

#### 9. Aufbereiten und Verpressen

Notwendige Wasserzugabe ist einzurechnen

Preis je kg (alternativ über Injektionszeiten)

#### 10. Wartezeiten aufgrund

- Anpassung von Rammverpresslanzen auf evtl. Hindernisse
- Bedingt durch Reaktion/Abbindeverhalten des Injektionsstoffes Preis je Std. Injektionskolonne

#### 11. Stundenlohnarbeiten

Für besonders angeordnete zusätzliche Leistungen

Preis je Std. Injektionskolonne

#### 12. Auf Bauherrenwunsch:

Abschlussdokumentation zur Qualitätskontrolle sowie zum Nachweis der eingepressten Mengen, Injektionsdrücke, Injektionszeiten, Mischungsverhältnis z. B. in Auswertung der Protokolle der DESOI w.i.l.m.a., Dokumentation der Hebungsmessungen

Preis je Stück

### 7.3. 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 Bauwerkteilen z. B. Messbolzen installieren, ggf. bereits bei Probeinjektionen messen
- Je nach Bauwerkstyp können zu Baubeginn auch Schall- und Erschütterungsmessungen behördlich gefordert werden

### 8. Referenzobjekte

#### 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 2.800 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 Bermenaustrahlung im Wandbereich. Montagebauweise: Behälterwand, Stützen und Abdeckungskonstruktion. 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 Behälterrändbereichen, 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 1.200 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 Bauherrn überwacht.

#### Fazit

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

Referenzobjekt

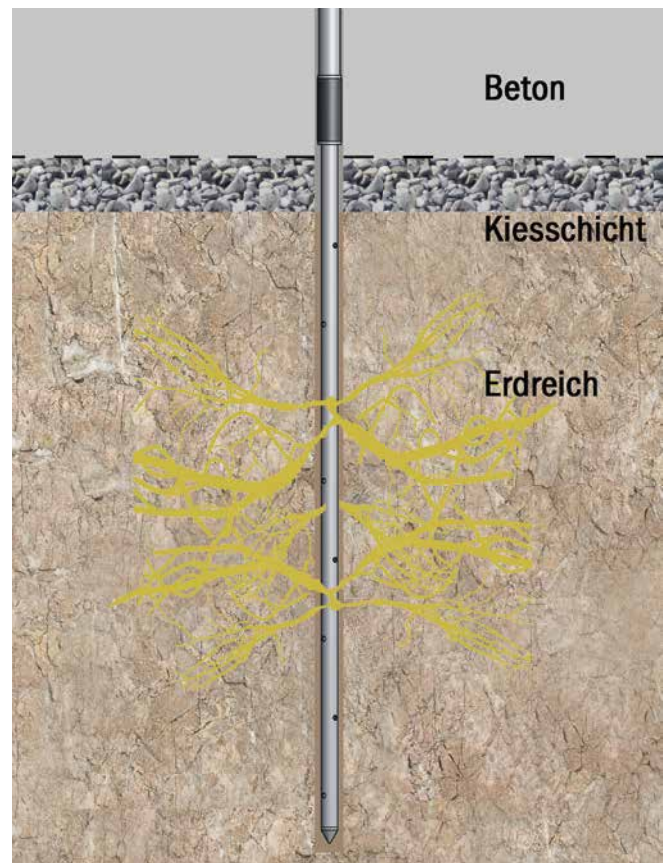
Trinkwasserbehälter „Industriepark Schwarze Pumpe“ – Injektion mit Rammverpresslanzen



Trinkwasserbehälter „Schwarze Pumpe“



Gesetzte Rammverpresslanzen - Trinkwasserbehälter „Schwarze Pumpe“



Anwendung von Rammverpresslanzen (Foto: Desoi)



### 8.2 Gaspipeline-Bau

#### Naturschutzgebiet - 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 im Vortriebsverfahren etwa 20 m unter einem Fluss 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 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 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 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 Wassergehalts 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 Druck der Stützflüssigkeit konnte wieder hochgefahren werden und die Maschine ihre Arbeit fortsetzen.

Referenzobjekt

Gaspipeline-Bau im Naturschutzgebiet – Verfüllboden mit Injektionen über Rammverpresslanzen abgedichtet



Naturschutzgebiet



Montage der Rammverpresslanzen



Einbringen der Rammverpresslanzen (Fotos: Desoi)

### 8.3 Neues Palais Potsdam

#### Herstellung eines Baugrubenverbau mittels Injektionen unter bestehenden Fundamenten

##### Neugestaltung des Besucherempfangs im Neuen Palais in Potsdam

Im Rahmen der Neugestaltung des Besucherempfangs im Neuen Palais in Potsdam soll u.a. der Fußboden in einem Teilbereich des Untergeschosses tiefergelegt sowie im gleichen Bereich ein Fahrstuhl installiert werden. Die Fußböden sollen ca. 0,90 m tiefergelegt werden, um eine größere Raumhöhe zu ermöglichen. Die Unterfahrt des Fahrstuhls befindet sich ca. 1,55 m tiefer als die bisherige Fußbodenoberkante. Die für die Herstellung der Unterfahrt und die Tieferlegung der Fußböden notwendigen Baugruben liegen somit ca. 1,45 m bis 2,20 m unter dem bisherigen Niveau und damit teilweise unter dem Grundwasserspiegel.

Die für diese Arbeiten erforderlichen Baugrubensohlen liegen tiefer als die Gründung der angrenzenden Fundamente, deren Unterkante sich i. M. 1,40 m unter der jetzigen Fußbodenoberkante befindet. Aufgrund dessen wurde zur Sicherung des Bauzustandes ein Baugrubenverbau notwendig.

##### Baugrubenverbau mittels Injektionen über Rammverpresslanzen

Aufgrund der beengten Verhältnisse mit Raumhöhen zwischen ca. 1,50 und 1,80 m und dem denkmalgeschützten Kontext des Neuen Palais kommen herkömmliche Bauverfahren, wie das Düsenstrahlverfahren oder die Anwendung von vernagelten Spritzbetonschalen nicht in Frage. Diese Technologien bringen entweder übermäßige Erschütterungen und Bewegungen (z. B. durch verfahrensbedingte Setzungen) in das Bauwerk ein oder bedingen den Einsatz großer Gerätetechnik.

Um ein geeignetes Verfahren zur Baugrubensicherung auswählen zu können, waren die geometrischen Randbedingungen (vorhandener Arbeitsraum), die zu schonende Bausubstanz sowie die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse zu ermitteln und zu berücksichtigen. Im vorliegenden Projekt besteht dieser im maßgebenden Gründungsbereich aus Talsanden. Grundwasser liegt ca. 2,20 m unter Bestandsfußboden.

Resultierend aus den einzuhaltenden Anforderungen an das Bauverfahren wurde vom Geotechnischen Sachverständigen und späterem Fachplaner (GNW) die Verfestigung des Bodens unterhalb des Gründungshorizontes der Fundamente über eine Niederdruckinjektion empfohlen, welche dann als Baugrubensicherung fungiert. Die im Injektionsbereich anstehenden Talsande weisen einen ausreichenden Porenraum auf und stellen sich aufgrund dessen als für dieses Verfahren geeignet dar. Die Anforderungen an Injektionen in Trinkwasserschutzgebieten können eingehalten werden.

##### Planung der Injektionsarbeiten und Probeinjektionen

Die Planung der Injektionsarbeiten gliedert sich in verschiedene aufeinander aufbauende Arbeitsschritte. Im ersten Schritt muss der erforderliche Injektionskörper unter dem Fundament dimensioniert und statisch nachgewiesen werden. Auf Basis der ermittelten Querschnitte wird dann ein Einstichplan erstellt, siehe nachstehende Grafiken. Über die gezielte Anordnung der Injektionssäulen soll das gesamte Querprofil des Injektionskörpers überdeckt werden. Für diesen Planungsschritt ist die Annahme eines herstellbaren Säulenradius und einer notwendigen Überschneidung zwischen den Säulen notwendig. Für das vorliegende Projekt wurde ein Durchmesser von 0,75 m sowie eine Überschneidung von 0,65 m angesetzt.

Die geplanten Injektionskörper gleichen im Querschnitt einem Trapez und besitzen Abmessungen an der Sohle von 0,90 m bis 3,50 m. Als Herausforderung stellten sich planungstechnisch die teilweise sehr breiten Fundamente (bis 3,20 m) sowie bereichsweise nur einseitige Zugänglichkeit der zu sichernden Fundamente dar. Aufgrund dessen sind die Injektionsarbeiten nur unter Neigung und teilweise nur nach vorheriger Durchörterung der Fundamente mittels Kernbohrung planmäßig durchführbar.

Ein wichtiger Schritt im Planungsprozess stellt die Durchführung der Probeinjektionen dar. Nur durch sie kann der im Rahmen der Planung angenommene Säulenradius überprüft werden. Erst im Anschluss erfolgt die Bestätigung oder Überarbeitung der vorhergehenden Planung. Die Probeinjektion ist ebenfalls für die Überprüfung der Druckfestigkeit des Injektionskörpers unabdingbar. In Abhängigkeit zur Belastung aus dem Bauwerk bestehen hier Anforderungen an einen Mindestwert. Die Druckfestigkeit kann durch die Wahl der eingesetzten Zementsuspension und der Wasserzugabe gesteuert werden und wird an Kernproben bestimmt, welche aus dem Probeinjektionskörper gewonnen werden.

Ein dritter wichtiger Aspekt ist die Injizierbarkeit des Baugrundes. Auch dieses Kriterium kann im Planungsprozess nur theoretisch i. W. anhand der Kornverteilung des Bodens und des Bindemittels beurteilt werden. Nur durch Probeinjektionen kann fundiert festgestellt und nachgewiesen werden, welches Bindemittel im Zusammenspiel mit dem vorliegenden Baugrund die gesteckten Anforderungen (Durchmesser, Festigkeit etc.) erfüllt.

Um belastbare Aussagen aus den Probeinjektionen ziehen zu können, ist deren Ausführung mit unterschiedlichen Rasterabständen und Injektionsdrücken sowie dem Einsatz einer vorher als (theoretisch) geeignet eingeschätzten Zementsuspension geplant.

##### Ausführung der Injektionsarbeiten

Zum Zeitpunkt der Bearbeitung der Broschüre befand sich das Bauvorhaben im Neuen Palais noch im Planungs- und Ausschreibungsprozess. Die Probeinjektionen sind nach derzeitigem Stand im Juli 2024 geplant. Über weitere Entwicklungen sowie Baustellenerkenntnisse werden wir Sie informieren.

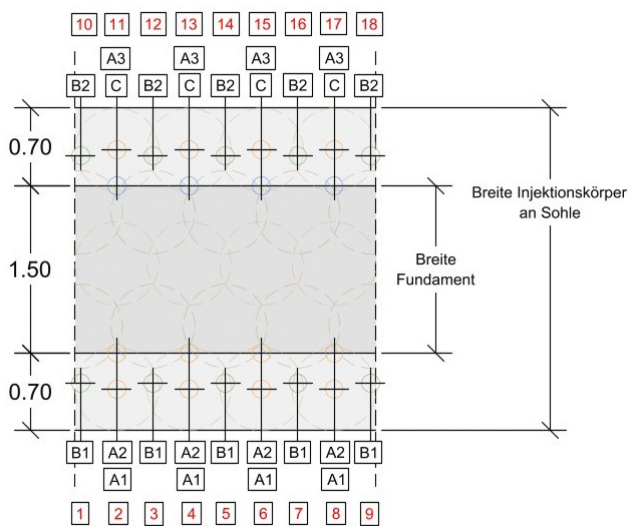
Referenzobjekt

Neues Palais Potsdam, Herstellung eines Baugrubenverbau mittels Injektionen unter bestehenden Fundamenten

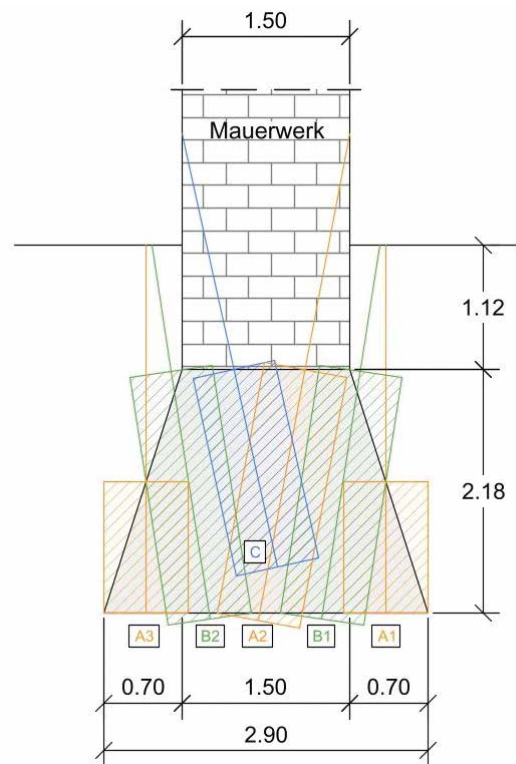


Neues Palais Potsdam

Draufsicht



Querprofil



### 9. Fachliteratur und Quellen

- [1] Maus, H.: Über die Anfänge der Technik des Verpressens von Zement bei Mauerwerksbauten, in: Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke, Jahrbuch des SFB 315, 1987, S. 101 – 104.
- [2] Blum, H.: Die Trockenlegung nasser Tunnelgewölbe und Widerlager, in: Centralblatt der Bauverwaltung, Bd. 10, Nr. 42, 1890, S. 421 – 423.
- [3] Wolfsholz, A.: Wiederherstellung der gewölbten Eisenbahnbrücken über den Mittel- und Südkanal in Hamburg mittels Zementeinpressung, in: Centralblatt der Bauverwaltung, Bd. 30, Nr. 53, 1910, S. 359 – 360.
- [4] Rüth, G.: Wiederherstellung und Sicherungsmaßnahmen am Dom in Nordhausen, in: Die Denkmalpflege, Bd. 33, Nr. 2/3, 1931, S. 76 – 83
- [5] Dr. Rgjanitsyn B. A.: Die chemische Befestigung des Bodens im Bau, Bauverlag Moskau, 1986
- [6] Deutsche Reichsbahngesellschaft: Vorläufige Anweisung für Abdichtung von Ingenieurbauwerken (AIB) gültig ab 15.07.1931, DV 835. Und: Nachdruck 1949
- [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, ABI-Merkblatt, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2014.
- [10] Graf, S.: Baugrunduntersuchungen für die Anwendungspraxis von Bodeninjektionen (unveröffentlichte Bachelorarbeit), FH Erfurt, 2013
- [11] DIN e. V. (Hrsg.): DIN EN 12715:2021-01, Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Injektionen, Berlin: Beuth-Verlag, 2000
- [12] DIN e. V. (Hrsg.): DIN 18309:2019-09, VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Einpressarbeiten, Berlin: Beuth-Verlag, 2019
- [13] DIN e.V. (Hrsg.): DIN 18304:2019-09, VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten, Berlin: Beuth-Verlag, 2019
- [14] Stürmer, S.: Verbinden, was auseinander strebt, in: B+B Bauen im Bestand, Band 36, Nr. 5, 2014, S. 25
- [15] Schlötzer, C.; Steinke, J.: Injektionen im Baugrund zur Sanierung und Bestandsicherung, in: Der Bausachverständige, Heft 2, 2007, S. 9 – 13
- [16] Deutsches Institut für Bautechnik (Hrsg.): Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen, Anhang 10: Anforderungen an bauliche Anlagen bezüglich der Auswirkungen auf Boden und Gewässer (ABuG), 2020.
- [17] DESOI GmbH (Hrsg.): Bodeninjektion mit Rammverpresslanzen, Kalbach, 2023
- [18] DESOI GmbH (Hrsg.): DESOI W.I.L.M.A. - Aufzeichnung und Dokumentation von Injektions- und Dosierprozessen, Kalbach, 2022
- [19] Kutzner, C.: Injektionen im Baugrund, Stuttgart: Enke-Verlag, 1991.
- [20] Jähde, H.: Injektionen zur Verbesserung von Baugrund und Bauwerk, Leipzig: Verlag Technik, 1953
- [21] Sondermann, W.; Kirsch, F.: Baugrundverbesserung und Injektionen – Kap. 2.2, in: Witt, K. J. (Hrsg.): Grundbau-Taschenbuch, Teil 2, 8. Auflage, Berlin: Ernst & Sohn, 2018.
- [22] Witt, K. J.: Verstärkung von Gründungsstrukturen – Kap. 2.3, in: Witt, K. J. (Hrsg.): Grundbau-Taschenbuch, Teil 2, 8. Auflage, Berlin: Ernst & Sohn, 2018
- [23] DVGW e.V. (Hrsg.): Arbeitsblatt W 347: Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung, Bonn, 2006



Hersteller von Injektionstechnik

**DESOI GmbH**  
Gewerbestraße 16  
36148 Kalbach/Rhön  
GERMANY

Tel.: +49 6655 9636-0  
Fax: +49 6655 9636-6666  
info@desoi.de | [www.desoi.de](http://www.desoi.de)

