Injektionen



Implenia Spezialtiefbau GmbH

Robert-Bosch-Straße 25
63225 Langen
Tel.: +49 6103 988 345
Fax: +49 6103 988 277
E-Mail: info.spezialtiefbau@implenia.com
www.spezialtiefbau.implenia.com



1

1 Weichgelsohle mit Baustelleneinrichtung

Allgemeines

Unter Injektionen versteht man im Spezialtiefbau das Einpressen fließfähiger Stoffe in Hohlräume und Poren des Baugrunds. Nach dem Einpressen sollen die Stoffe erhärten oder erstarren, je nach der zu lösenden Bauaufgabe.
Hohlräume im Baugrund gibt es mit verschiedenen Strukturen:

- Im Fels und in festen Tonböden gibt es Klüfte, Spalten, Risse, Poren und Kavernen.
- Im Lockergestein, wie z.B. Kies und Sand, gibt es Poren.
- In Bauwerken gibt es Spalten Fugen, Risse und Poren.

Um die Hohlräume zu erreichen, werden im Boden Löcher durch Rammen, Rütteln oder Bohren hergestellt. In diese werden Einpreßrohre oder Einpreßlanzen eingebaut, mit deren Hilfe dann die Stoffe eingepreßt werden.

Injektionen sind eine Methode zur **Baugrundverbesserung**. Mit ihnen ist eine **Verfestigung** des Bodens möglich, um die Tragfähigkeit des Untergrundes zu erhöhen bzw. seine Verformbarkeit zu vermindern und/oder eine **Abdichtung** des Untergrundes möglich.



1

Die Einbringung des Injektionsgutes in den Baugrund kann entweder **mit** oder **ohne** Verdrängung des Baugrundes erreicht werden.

Zu den **Verfahren ohne Verdrängung** des Baugrundes gehören:

• **Poren- oder Durchdringungsinjektion**

Hier ist es das Ziel, alle zugänglichen Zwischenräume zwischen den Körnern in durchlässigem Lockergestein mit Injektionsgut zu verfüllen, ohne die ursprüngliche Lagerung des Baugrundes zu stören. Die Durchlässigkeit des Baugrundes wird verringert, während sich Festigkeit und Dichte erhöhen.

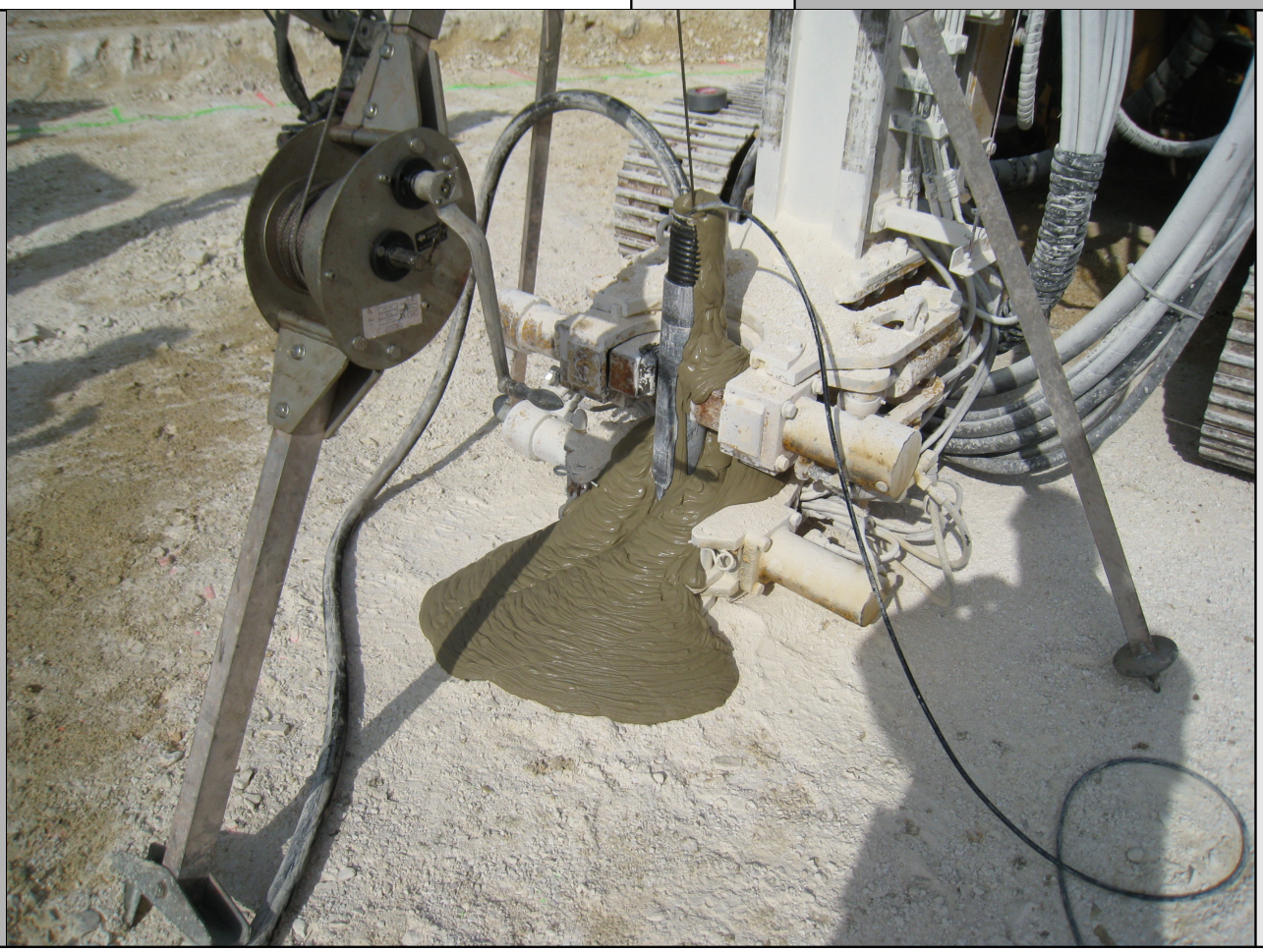
• **Kluft- und Kontaktinjektion**

Kluftinjektionen bewirken, daß offene Klüfte, Risse und Spalten im Fels ohne Erzeugung neuer oder Ausdehnung vorhandener Risse mit Injektionsgut verfüllt werden, um die Durchlässigkeit des behandelten Baugrundes zu verringern und/oder seine Festigkeit zu erhöhen.

• **Hohlraumverfüllung**

Die Hohlraumverfüllung wird zur Verfüllung großer natürlicher oder künstlicher Hohlräume eingesetzt. Hierbei werden große Mengen Injektionsgut drucklos oder unter geringen Drücken eingebracht.

1 Kluftinjektion im Fels



1 Niederdruckinjektion Heuberg

Verfahren mit Baugrundverdrängung (Verdrängungs-injektionen)

• **Hydraulische Rissbildung**

Injektion durch hydraulische Rißbildung wird verwendet für die Stabilisierung oder Verfestigung des Baugrunds (Lockergestein oder Fels), zur Erzeugung einer kontrollierten Hebung von Bauwerken (Kompensationsinjektion) und zum Erreichen einer Abdichtungswirkung durch Herstellung von Abschottungen im Baugrund. Das Thema Kompensationsinjektion (Hebungsinjektion) wird in einem gesonderten Prospekt behandelt.

• **Verdichtungsinjektion**

Bei der Verdichtungsinjektion wird vergleichsweise steifes (viskoses) Injektionsgut in den Untergrund gebracht, um damit Verdrängungen und Verformungen im Boden auszulösen. Das Injektionsgut wird üblichereise durch unten offene Injektionsrohre in den Boden gepreßt. Die Konsistenz des Injektionsgutes wird so gewählt, daß das Injektionsgut homogen bleibt und der Baugrund weder durchdrungen noch hydraulisch aufgerissen wird. Die Verdichtungsinjektion wird am häufigsten angewendet, um lockeren Baugrund zu verdichten und um Bauwerke, die sich gesetzt haben, zu sichern.

• **Düsenstrahlverfahren** (Hochdruckinjektion)

Beim Düsenstrahlverfahren handelt es sich um kein Injektionsverfahren im herkömmlichen Sinne. Bei diesem Verfahren wird der anstehende Boden mit einem Hochdruckstrahl in seinem Gefüge gelöst und mit einer Zementsuspension durchmischt bzw. ersetzt. Dieses Verfahren wird in einem gesonderten Prospekt "Düsenstrahlverfahren" behandelt.

Injektionsmittel

Art	Mörtel und Pasten	Suspension	Lösungen	Emulsionen
Begriffs-bestimmungen	Suspensionen mit sehr hohem Feststoffanteil	Feine Verteilung eines nicht gelösten Stoffes einer Träger-flüssigkeit	Auflösung von festen Stoffen in Lösungsmittel	Fein verteiltes Gemisch zweier verschiedener Flüssigkeiten, meist mit Stabilisatoren
Zusammen-setzung	Mischung aus: Wasser, Zement, Sand und ggf. speziellen Zusätzen, W/Z-Wert i. A. kleiner 1	Mischung aus: Wasser, Zement oder Feinstbindemittel und ggf. Bentonit, Flugasche o.ä. Stoffen W/Z-Wert i. A. größer 1	Mischungen aus: Wasser, Wasserglas, Härter, Kunstharzen, Kunststoffen	Mischungen aus: Wasser, Bitumen, Emulgatoren, wasserunlöslichen Wasserglashärtern
Anwendung	Verfüllen von Hohlräumen und Spalten. Herstellen von Injektionsbeton, Verdichtung des Baugrunds	Abdichten und Verfestigen von Kies- und Sandböden, Klüften und Spalten im Fels, Rissen im Mauerwerk	Abdichten und verfestigen von Sand- und Feinkiesböden, Haarrissen im Mauerwerk	Abdichten von Feinsandböden

1

1 Injektionsmittel

Injektionsmittel

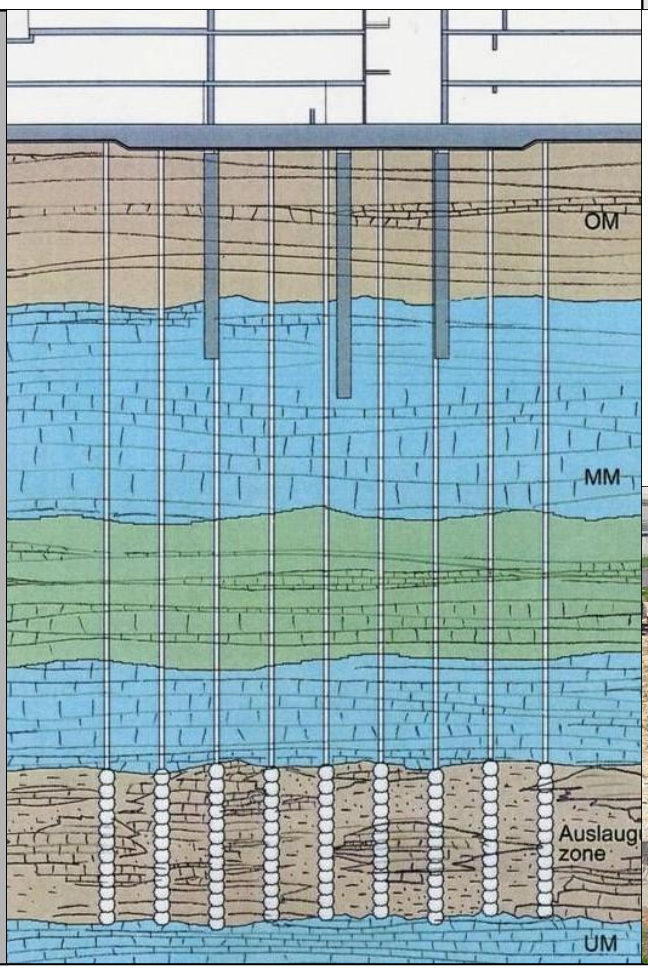
Bei den Injektionsmitteln unterscheidet man je nach den Ausgangsstoffen und Rezepturen: (siehe oben)

- Mörtel und Pasten
- Suspensionen
- Lösungen
- Emulsionen

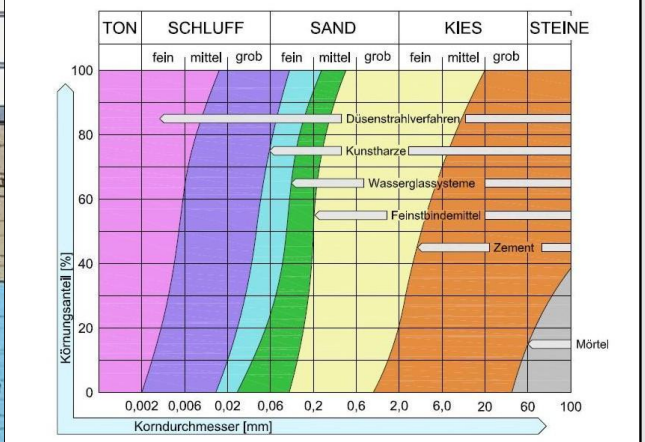
Deren Einsatz führt dann zum Erfolg, wenn die Beschaffenheit des Injektionsmittels und die Technik des Einpressens auf die Untergrundverhältnisse abgestimmt sind. Insbesondere der Aufbau des Untergrundes bestimmt die Grenzen der Injizierbarkeit.

Anwendungsgrenzen

Grenzen der Injizierbarkeit ergeben sich unter anderem durch die Feinkörnigkeit des zu behandelnden Bodens.(siehe Bild 2 nächste Seite)
Danach sind reine Zementsuspensionen in Sandböden **nicht** anwendbar. Spezial-Zement-Suspensionen (Feinstbindemittel, FEP Feststoffeinpressung) werden in Verbindung mit Ton-, Bentonit- oder anderen Zusätzen auch noch in Grobsanden verwendet.
Bei Sandböden werden hauptsächlich chemische Injektionen auf Silikatbasis (= Wasserglasbasis) eingesetzt. Hierbei wird durch ein organisches Reaktiv Siliciumgel aus der Wasserglaslösung ausgefällt, was zu einer Verkittung der Bodenkörner führt. Bei noch feinkörnigeren oder schluffigen Böden kommen schließlich Kunststofflösungen, z.B. Epoxidharze, sowie Emulsionen zur Anwendung. Wegen der Gefahr der Grundwasserbelastung durch organische Stoffe wird dieses Verfahren nur noch in Ausnahmefällen und mit wasserrechtlicher Genehmigung angewendet.



1



2



3

Das Düsenstrahlverfahren, welches das gesamte Spektrum von Ton bis Steine abdeckt, wird in einem gesonderten Prospekt "Düsenstrahlverfahren" behandelt.

Injektionstechnik

Zum Einbringen des Injektionsmittels in den Boden gibt es verschiedene Verfahren:

- Bei der Kluftinjektion in standfestem Fels werden unverrohrte Bohrungen Ø 80 bis 150 mm hergestellt, in die ein Verpressschlauch mit Packer eingeführt wird. Nachdem der Packer in einer bestimmten Tiefe das Bohrloch verschlossen hat, wird das Injektionsmittel durch den Injektionsschlauch in das darunter liegende Bohrloch eingepresst, bis der vorgesehene Druck aufgebaut ist und gehalten wird. Danach wird stufenweise der Packer gezogen und der Vorgang wiederholt.
- Bei Verdichtungsinjektionen kann über das Bohrrohr direkt verpresst werden. Hierzu wird eine verrohrte Kleinlochbohrung Ø 80 bis 150 mm durch Rammen, Dreh- oder Schlagbohren, Rütteln oder Spülen bis auf die geplante Tiefe abgeteuft, das Bohrrohr dann stufenweise gezogen und dabei das Injektionsmittel verpresst.
- Für die Herstellung von Weichgelsohlen wird häufig bei rammbaren Böden eine verlorene Ramm- und Injektionsspitze (Rüttelventil) mit daran befestigtem Injektionsschlauch im Rammrohr bis zur vorgesehenen Tiefe in den Boden gerüttelt. Das Rammrohr wird anschließend rüttelnd gezogen, wobei der Ringraum um den Injektionsschlauch herum mit Boden verfüllt und verdichtet wird. Das Injektionsmittel wird anschließend durch den Injektionsschlauch über das Fußventil in den Boden injiziert.

1 Beispiel Verdichtungsinjektion

2 Anwendungsgrenzen der Injektionsmittel

3 Einrütteln Rüttelventil mit Injektionsschlauch









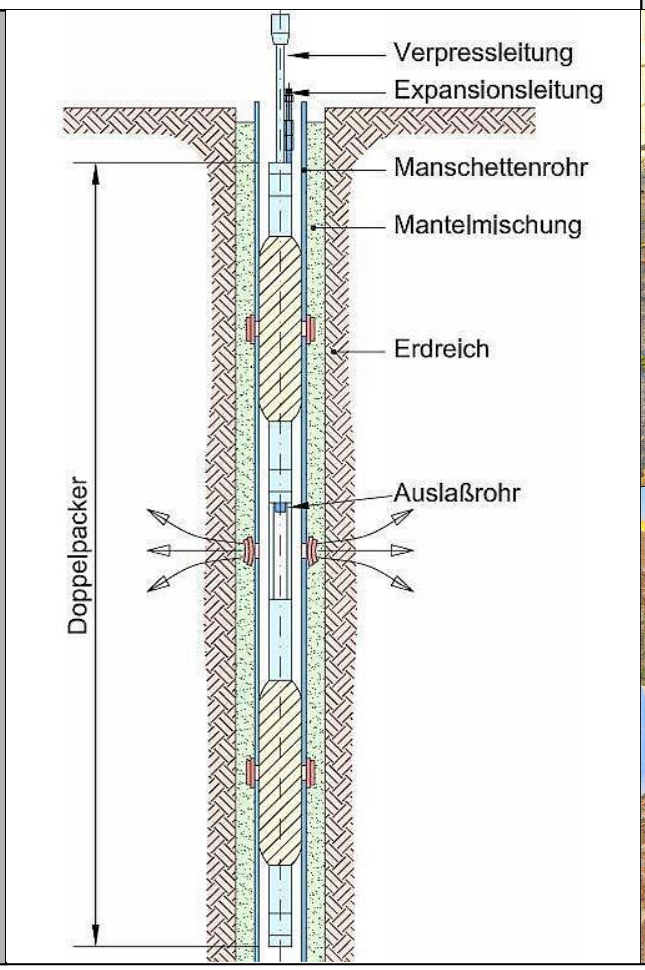
- Bei nicht rammbaren Böden werden zuerst verrohrte Kleinlochbohrungen Ø 80 bis 150 mm bis zur geplanten Tiefe hergestellt. Anschließend wird das Bohrrohr mit einer sog. Mantelmischung aus z.B. Wasser, Zement und Bentonit verfüllt und das Bohrrohr gezogen.
  Bei einer Weichgelsohle wird dann die Injektionsleitung mit dem am Ende angeschlossenen Einstellprofil (siehe Bild 2) in die den Boden stützende Mantelmischung eingebaut.
  Bei der Herstellung von Injektionskörpern, wo ein einziges Fußventil nicht ausreicht, werden sog. "Manschettenrohre" in die Mantelmischung eingebaut. Manschettenrohre sind Injektionsrohre aus Hart-PVC oder Stahl mit gebräuchlichen Durchmessern von 1 " bis 1,5 ", die in einem Abstand von 33 cm bzw. 50 cm perforiert sind. Die Perforation ist mit einer Gummimanschette überdeckt, die sich unter dem Injektionsdruck ventilartig aufbläht und das Injektionsgut durch die Perforation in die Umgebung austreten läßt.
  Nach dem Erhärten der Mantelmischung bildet diese eine Hülle um das Rohr. Diese fixiert das Manschettenrohr in seiner Lage und verhindert, daß das Injektionsmittel beim Injizieren im Ringraum hochsteigt. Bei der Injektion wird dann an den perforierten Stellen des Manschettenrohres die Hülle (Mantelmischung) durch das Injektionsmittel aufgebrochen.
  Das Injizieren durch die Löcher des Manschettenrohres erfolgt durch sogenannte Doppelpacker (siehe Bild 1 nächste Seite). Die Doppelpacker bestehen aus 2 expandierbaren Dichtungs-manschetten (Dichtungselemente) und dazwischen liegendem Auslaßrohr. Am Doppelpacker angeschlossen ist der Injektions- und der Expansionsschlauch.

1 Rüttelventil vor Injektionsschlauchmontage

2 Einstellventile

3 Stahl-Manschettenrohre

4 Hart-PVC Manschettenrohre



1



2



3

Nachdem der Doppelpacker im Manschettenrohr in die geplante Höhenlage vor einer Perforation des Manschettenrohres gebracht wurde, werden die Dichtungsmanschetten des Packers durch die Zuführung von Gas oder Flüssigkeit unter Druck expandiert und pressen sich von innen an die Manschettenrohrwandung. Die Zuführung des Gases oder der Flüssigkeit erfolgt durch den Expansionsschlauch. Somit ist das Manschettenrohr im Packerbereich nach oben und unten abgedichtet und durch das zwischen den Dichtungsmanschetten liegende Auslassrohr erfolgt die Verpressung des Injektionsmittels durch die Perforation des Manschettenrohres und die aufgebrochene Mantelmischung in den Boden. Nach der Injektion kann die Expansion der Dichtungsmanschetten des Doppelpackers durch Druckentlastung rückgängig gemacht werden. Der Packer kann innerhalb des Manschettenrohres verschoben werden, so daß die Injektion kontrolliert und an jeder Manschette beliebig oft wiederholt werden kann.
Die Anordnung der Verpressrohre im Grundriss wird den notwendigen Abmessungen des Verpresskörpers angepaßt. Der Abstand der Injektionslanzen ist abhängig von der Lagerungsdichte und Durchlässigkeit des zu injizierenden Bodens, der Art und Eigenschaften des Injektionsmittels und den Abmessungen des Verpresskörpers. In der Regel liegt der Abstand zwischen 0,5 bis 2,0 m.
Die Verpressmenge für die einzelnen Stufen wird aufgrund des Porenvolumens und der Lanzenanordnung ermittelt.
Der sich während des Injektionsvorganges aufbauende Druck ist ein wichtiger Hinweis für die Verbreitung des Injektionsmittels im Boden. Hat der Injektionsdruck den erforderlichen Wert erreicht und/ oder ist die für den Hohlraum voraus berechnete Menge verbraucht, wird die nächste Stufe injiziert.

1 Doppelpacker

2 Baufeld mit eingebauten Manschettenrohren

3 Dreibock mit Stahlseil zum Ablassen des Doppelpackers mit Schläuchen in das Manschettenrohr



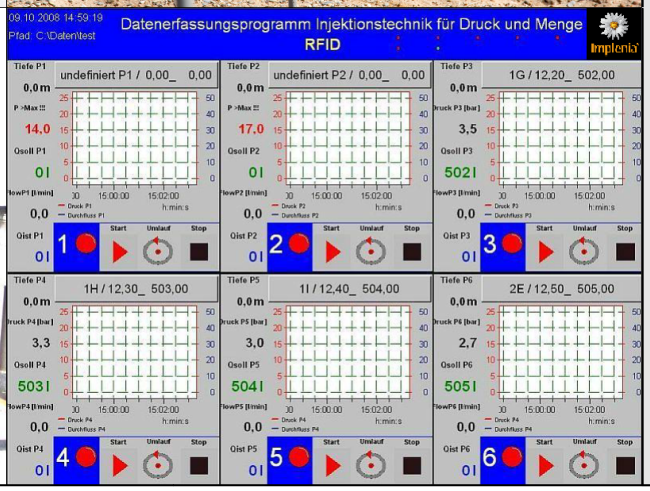
1



2



3



4

Die Aufbereitung der Injektionsmischungen erfolgt meist in einer zentralen Mischstation. Sie besteht aus einer Dosieranlage, Mischer, Vorratsbehältern mit Rühreinrichtungen, Pumpen und Silos oder Tankbehältern und einer Steuereinrichtung. Zu jeder Pumpeneinheit gehört eine Messeinheit in Form eines Druck- und Mengenschreibers. Die Geräte sind oft in Injektionscontainern zusammengefasst, um die Dosierung, Beschickung der Pumpen und den Verpressvorgang vollautomatisch steuern zu können. Aufgrund der Vielzahl der Anwendungsfälle und Injektionsmittel werden in der Praxis sehr unterschiedliche Maschinen und Geräte bei der Lagerung, Dosierung, Aufbereitung und Injektion eingesetzt.

Klassische Anwendungen der Injektion

<u>Hohlraumverfüllung</u>

- im Gebirge (Karsthöhlen, Klüfte, etc.)
- Bergbausanierung (Sicherung von Tagesbruchgefahren in Gebieten mit früherem tagesnahen Bergbau, Altstollen, Altschächte)

<u>Abdichtungsinjektionen</u>

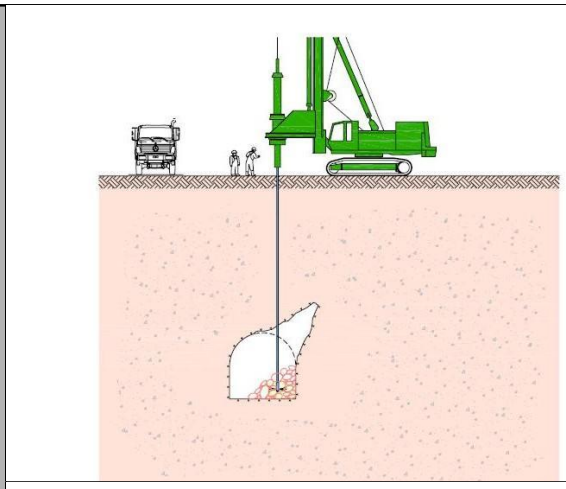
- Injektionsschleier unter Talsperren oder in den Gebirgsflanken der Talsperren
- Injektionsschleier bei Schleusen zwischen Ober- und Unterwasser
- Sohlinjektionen bei "wasserdichten" Baugruben zur Vermeidung von Grundwasserabsenkungen (Weichgel, Zement)
- Abdichtung bei Tunnelvortrieb in Fels
- Schirminjektion als Hilfsmaßnahme zum Auffahren eines Tunnels unter Druckluft in rolligem Boden zur Reduzierung des Druckluftverbrauchs.
- im Bauwerk (Abdichtung von Arbeitsfugen mit Injektionsschläuchen)

1 Injektionscontainer, Pumpeinrichtung und Steuerung

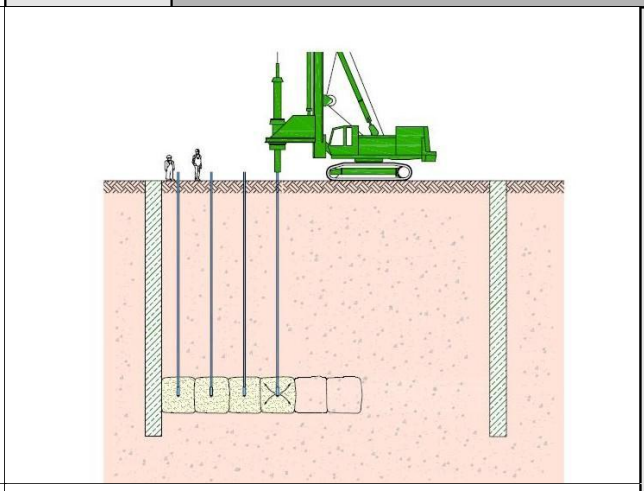
2 Injektionsröhrchen

3 Injektionscontainer, Überwachung und Datenerfassung

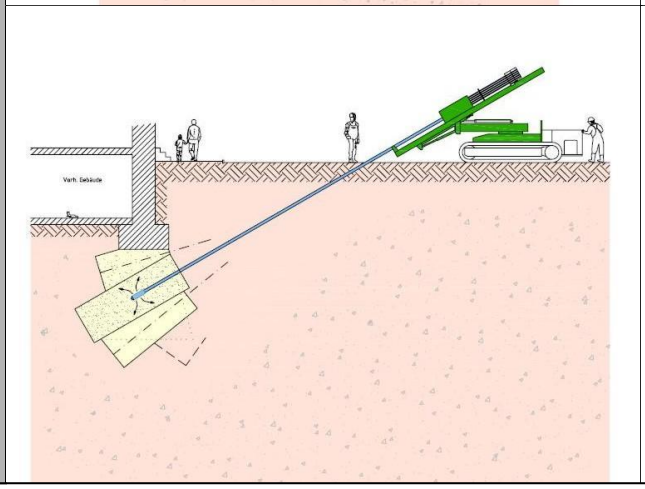
4 Datenerfassungsprogramm



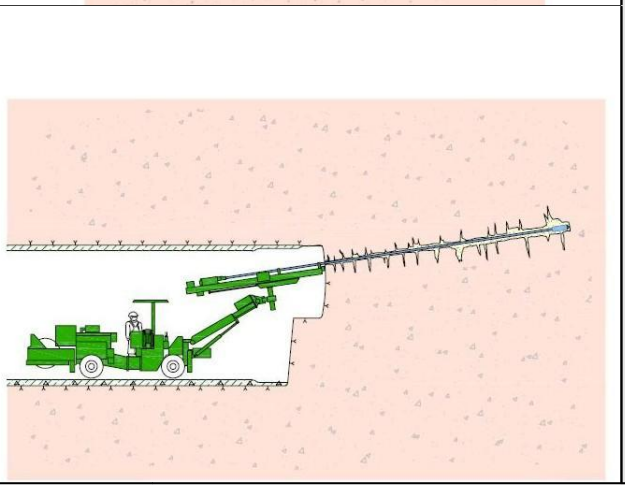
1



2



3



4

Verfestigungsinjektionen

- Gebäudeabfangung neben Baugruben als Schwergewichtswand oder als verankerte Injektionswand
- Gründungsverbesserung (Fundamentverbreiterung oder -verlängerung oder Lastabtragung in tieferliegende tragfähige Bereiche bei Aufstockungen und Nutzungsänderungen von Gebäuden oder zur Setzungsbegrenzung)
- Böschungsstabilisierung
- Abschirminjektion im Tunnelbau zur Verteilung hoher Fundamenteinzellasten über dem Tunnel
- Kompensationsinjektion zum Heben von Fundamenten und zum "Geradestellen" von Gebäuden

Injektionen in Kombination mit anderen Verfahren

- Mantel- und Fußverpressungen bei Pfählen zur Tragkrafterhöhung
- Injektionsanker als Temporär- oder Permanentanker
- Nachverpressung von Ankern
- Verpresspfähle
- Bodenvergütung unterhalb von Pfählen
- RI - Pfähle (Rüttelinjektionspfähle)
- Schildspaltinjektionen im Tunnelbau beim Schildvortrieb
- Injektionen zur Verfestigung der Ortsbrust beim Tunnelbau
- Horizontale Schirminjektion im Tunnel- und Stollenbau zur Vortriebssicherung (Rohrschirmdecke)

Injektionen bei Schadensfällen

- Verschließen von Leckagen bei Unterwasserbetonsohlen
- Abdichten von Fehlstellen bei Schlitz-und Bohrpfahlwänden sowie von Schloßundichtigkeiten bei Spundwänden

1 Hohlraumverfüllung im Rahmen von Bergbausanierung

2 Sohlinjektion Baugrube

3 Unterfangung - Gründungsverbesserung

4 Firstsicherung Tunnelbau