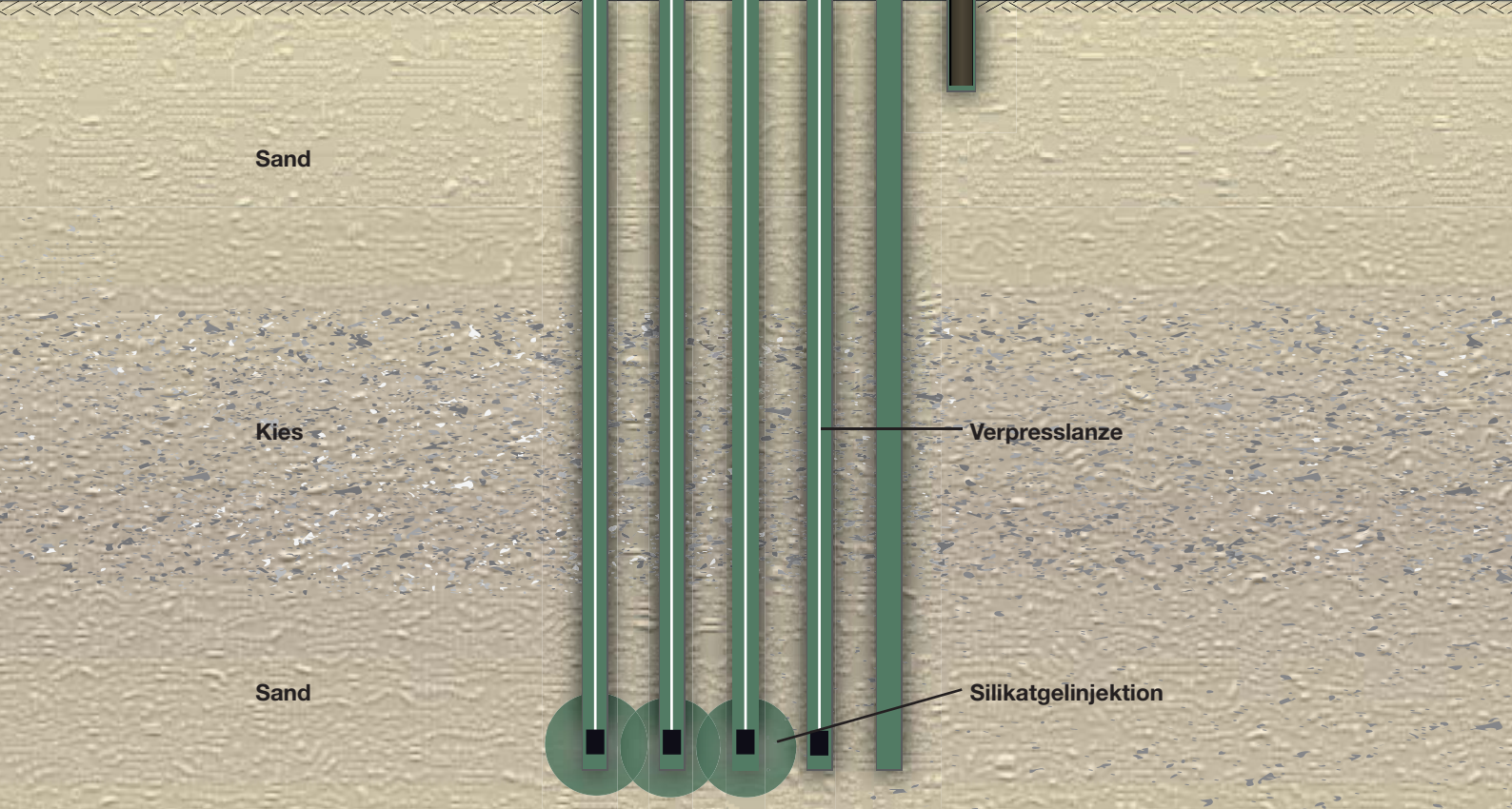


BAUER Silikatgel LWS



Die ökologische Injektionssohle

- die optimale Lösung für Boden und Grundwasser





Weichgelinjektionen auf Silikatgelbasis mit Natriumaluminat als Härter gehören zu den weltweit eingesetzten Bauverfahren. Die BAUER Spezialtiefbau GmbH hat bereits über 350.000 m² Sohlabdichtungen mit diesen Ausgangsstoffen in unterschiedlichen Tiefenlagen sehr erfolgreich ausgeführt. Behördliche Einsatzbeschränkungen führten allerdings zu der Notwendigkeit einer Weiterentwicklung dieser Technologie.

In unseren Überlegungen wurde daher den Faktoren Umweltverträglichkeit und sparsamer Ressourceneinsatz eine neue, wesentlich stärkere Gewichtung gegeben. Um Nachhaltigkeit zu gewährleisten, waren innovative Lösungen gefragt. Die Themen Energiebilanz und CO₂-Reduktion beeinflussten deshalb unsere Ansätze maßgeblich.

Mit der „Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung“ des Bauer Silikatgel LWS ist es nun gelungen, ein Injektionsmittel zur Herstellung von Sohlabdichtungen in den Markt einzuführen, das in vielfacher Hinsicht einen Meilenstein darstellt. Dieses innovative Produkt ist an-

deren Sohltechniken in den Punkten Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit deutlich überlegen, ohne dabei an Robustheit und Zuverlässigkeit zu verlieren, die die prägenden Merkmale von Weichgelinjektionen sind.

Viele Probleme der Sohlherstellung im Düsenstrahlverfahren, wie zum Beispiel die Auflockerung des Baugrundes durch den Lufteintrag, verbunden mit einer Änderung der Lagerungsdichte, reduziertem Tragverhalten der Auftriebs Elemente und der Änderung des statischen Systems, können beim Einsatz des Bauer Silikatgel LWS vermieden werden.





Obwohl die Düsenstrahltechnik und die begleitende Qualitätssicherung in den letzten 15 Jahren erheblich weiterentwickelt wurden, konnten deren Defizite bezüglich der Umweltverträglichkeit und Energiebilanz, wie zum Beispiel relativ hohe Transportaufkommen, systemimmanent nicht verringert werden. Das neue Bauer Silikatgel LWS hingegen überzeugt durch eine geringe Umweltbelastung und einen sparsamen Ressourcenverbrauch. Es wird daher den Forderungen eines nachhaltigen Spezialtiefbaus mehr als gerecht.

Umweltverträglichkeit

Der Weg zu einem ökologischen und nachhaltigen Spezialtiefbau

Eine Bewertung der Umweltbeeinflussung bzw. der Umweltunbedenklichkeit wurde für Injektionsverfahren bereits mehrfach durchgeführt. Dabei sind bisher hauptsächlich die Emissionen von Hydroxiden und Nebenverbindungen in das Grundwasser betrachtet worden. In der nachfolgenden Tabelle werden alle

wesentlichen Parameter zur Bewertung der Umweltbeeinflussung, einschließlich der CO₂-Emissionen und des Transportaufkommens für das Bauer Silikatgel LWS ausgewiesen. Als Alternativverfahren für eine aussagekräftige Gegenüberstellung dient hier das Düsenstrahlverfahren (DS).

	Bauer Silikatgel LWS	DS-Sohle
pH-Wert	Injektionsmittel pH ≤ 10	Injektionsmittel pH 14
Alkalien	Alkalieintrag ≤ 0,9 kg/m³	Alkalieintrag ≤ 11,2 kg/m³
Chromat	Kein Eintrag	Eintrag durch Zement
CO₂-Bilanz	CO₂-Emission: ca. 76 kg CO₂/m² Energieverbrauch: ca. 144 kWh/m² bei 5.000 m ² Injektionssohle - 384 t CO ₂ - 720 MWh oder: Energieverbrauch von etwa 178 4-Personen-Haushalten / Jahr	CO₂-Emission: ca. 590 kg CO₂/m² Energieverbrauch: ca. 860 kWh/m² bei 5.000 m ² Injektionssohle - 3.000 t CO ₂ - 4.300 MWh oder: Energieverbrauch von etwa 1.060 4-Personen-Haushalten / Jahr
Transporte Anlieferung (Bindemittel)		
Abtransport (Rückfluss)		

Vorteile beim Einsatz von Bauer Silikatgel LWS

Geringe Emissionen und eine **kurze Ausführungs-dauer** sind die wesentlichen Vorteile der Injektionssohle Typ Bauer Silikatgel LWS.

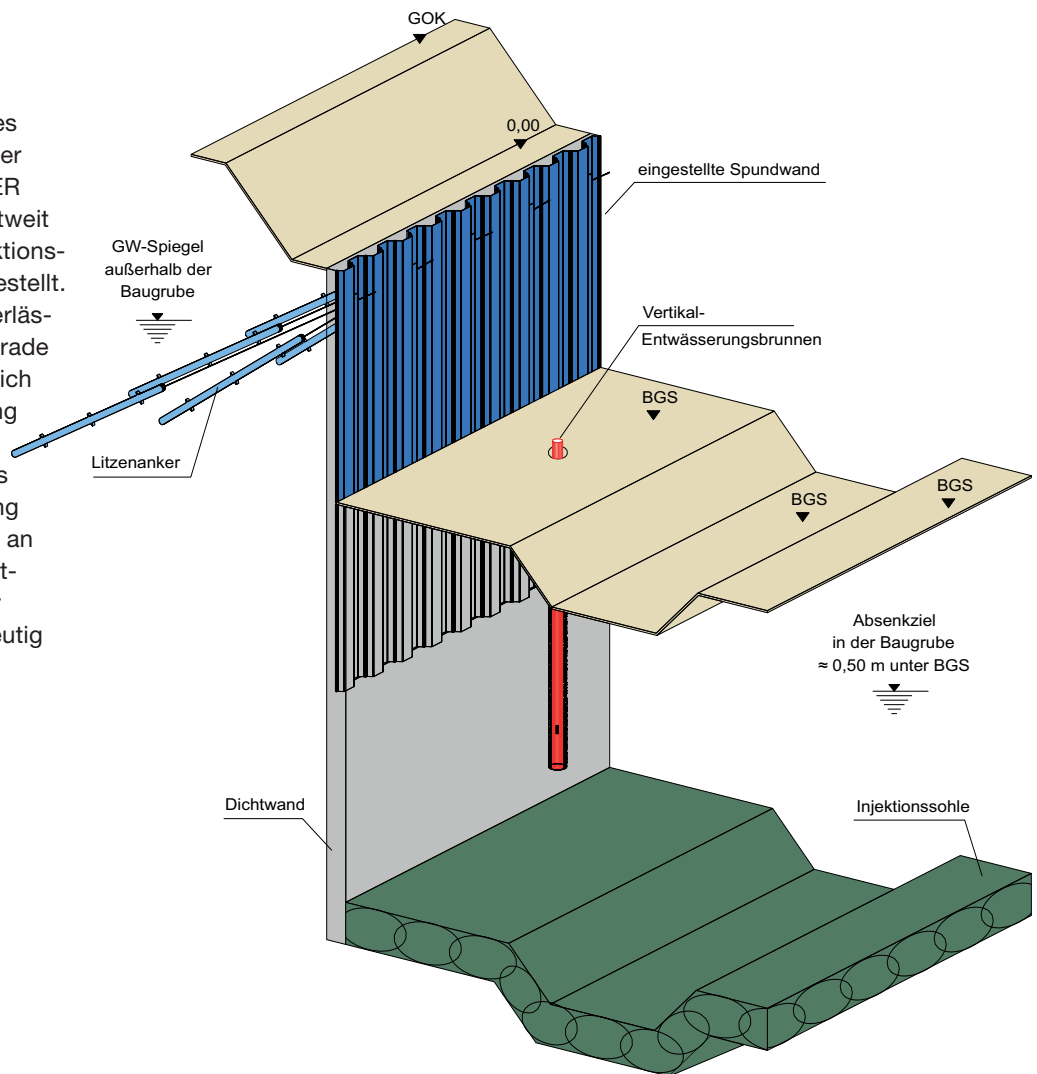
Durch den Einsatz des hochproduktiven Rüttelverfahrens zum Einbringen der Injektionslanzen sind in Abhängigkeit der Baugrund- und Randbedingungen Tagesleistungen von 500 bis 1.800 m pro Geräteeinheit realisierbar.

Schallgedämmte Misch-/Pumpcontainer erzeugen wenig Lärm und ermöglichen dadurch eine Injektion im Tag-/Nachtschichtbetrieb.

Eine geringe Anzahl an Materialtransporten vermindert die Belästigung der Anwohner erheblich.

Systemsicherheit

Seit der Einführung des Verfahrens in den 70er Jahren hat die BAUER Spezialtiefbau GmbH weltweit mehr als 350.000 m² Injektionssohlen mit Silikatgel hergestellt. Dies verdeutlicht die Zuverlässigkeit dieser Technik. Gerade im Berliner Raum zeigte sich dessen besondere Eignung für die dort vorherrschenden sandigen Böden. Dies wurde durch die Einhaltung der hohen Anforderungen an die Dichtigkeit und die Entstehung nur sehr geringer Restwassermengen eindeutig nachgewiesen.



Technische Vorteile und dynamische Anpassung ✓

- **Künstliche und natürliche Hindernisse** werden in Abhängigkeit der Größe umflossen und in die Injektionssohle eingebunden.
- Durch die „Frisch-in-Frisch“-Injektion (im Tag- und Nachtschichtzyklus) entsteht eine **sehr geringe Anzahl an Arbeitsfugen**.
- **Längere Arbeitsunterbrechungen** (z. B. an Wochenenden) zwischen zwei Arbeitsbereichen **sind problemlos möglich**.
- **Eine Berücksichtigung geometrischer Unregelmäßigkeiten**, wie z. B. Ecken oder Unterfahrten, **ist möglich**.
- Durch die Anordnung von Zusatzpunkten oder die Ausführung einer Nachinjektion ist eine **dynamische Anpassung** an Arbeitsunterbrechungen oder Hindernisse systematisch **plan- und realisierbar**.
- **Die Vertikalitätsmessungen** beim oder nach dem Einbau der Verpresslanzen **bilden die Basis für die dynamische Planung** bezüglich der Anzahl der Verpresslanzen bzw. einer Erhöhung der Verpressmenge pro Punkt.
- **Eine Erhöhung der Redundanz** des Gesamtsystems ist durch den Einbau eines zweiten Injektionsrohres **optional möglich**.

Bauer Silikatgel LWS

Verfahrensbeschreibung

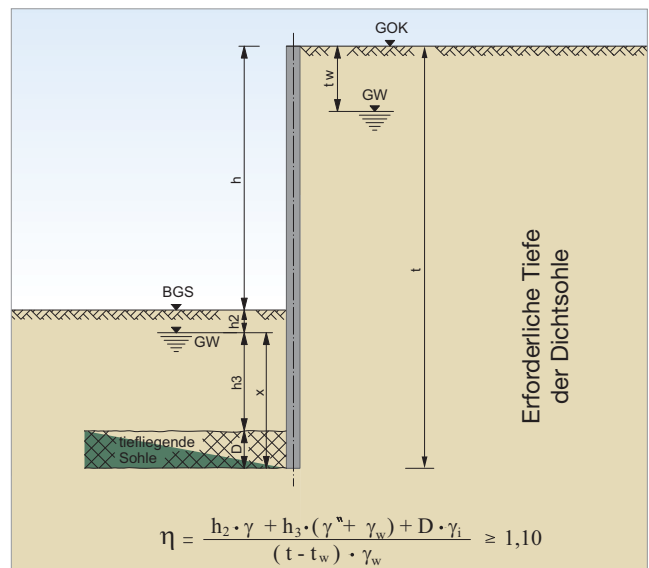
Zur Herstellung einer wasserdichten Baugrube muss der Grundwasserzufluss durch eine weitestgehend wasserundurchlässige vertikale Umschließung und bei fehlender Einbindung in eine dichte Bodenschicht zusätzlich durch eine horizontale Sperrschicht abgemindert werden.

Begriff

Unter einer Penetrationsinjektion (PIN) versteht man eine Poreinjektion. Die DIN EN 12715 gibt folgende Definition: „Poreinjektion ist der Ersatz (Verdrängung) von Porenwasser oder Gas im porösen Medium durch Injektionsgut unter Drücken, welche niedrig genug sind, Verformungen zu verhindern.“

Statische Funktion

Injektionssohlen haben in der Regel keinerlei statische Funktion durch eine geforderte Materialfestigkeit zu erfüllen. Die Lage ist in auftriebssicherer Tiefe unter der Baugrubensohle. Beim Nachweis der Auftriebssicherheit wird die Injektionssohle als vollkommen dicht angenommen, wobei eine gedachte Membran an der planmäßigen Unterkante der Sohle liegt. Für die statische Bemessung setzt man

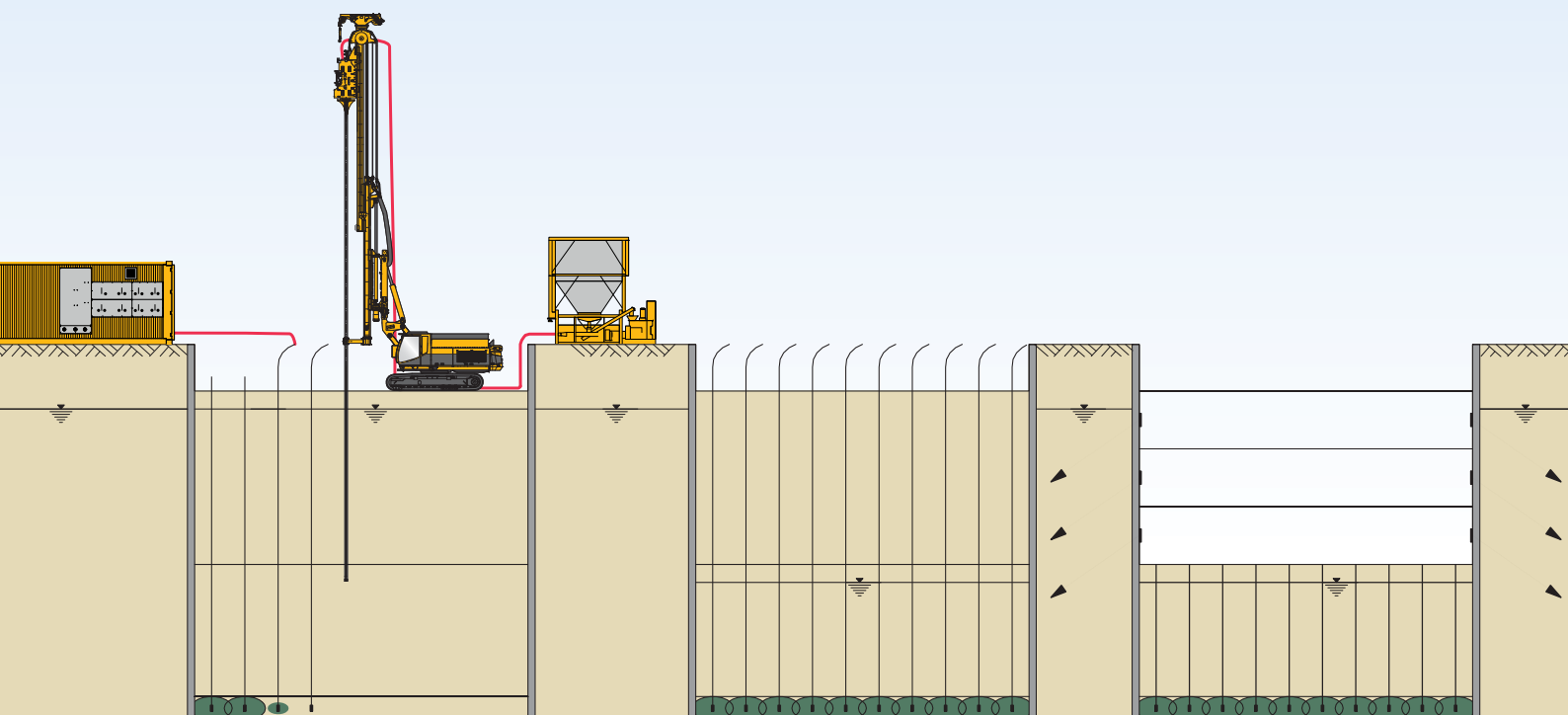


die auf die Unterkante der Sohle wirkenden Auftriebskräfte den oberhalb der Sohle wirkenden Kräften aus Boden und Grundwasser entgegen.

Arbeitsablauf

Die Herstellung einer Injektionssohle erfolgt in den Arbeitsschritten Bohren/Rütteln und Injizieren (Verpressen). Im ersten Schritt werden Injektionsrohre in durch Suspension gestützte Bohr-/Rüttellöcher eingebaut.

Nach Erhärtung des stützenden Mediums wird in einem zweiten Schritt das Injektionsgut über am Fußpunkt der Lanzen angeordnete Ventilkörper in den Untergrund injiziert.



Einbringtechnik

Die für das Einbringen der Lanzen erforderlichen Löcher im Baugrund werden in Abhängigkeit der Baugrundverhältnisse und Randbedingungen (zum Beispiel Bebauung) im Bohr- oder Rüttelverfahren hergestellt. Grundsätzlich wird mit einem Trägergerät, das oberhalb des Grundwasserspiegels steht, ein Gestänge auf die erforderliche Tiefe abgeteuft.

Während des Ziehvorgangs wird das Bohrloch mit einer stabilisierenden Suspension verdämmt. Anschließend erfolgt der Einbau der Injektionsrohre per Hand, wobei die exakte Tiefenlage des Ventilkörpers über den Kopfpunkt der Lanze mittels Rotationslaser kontrolliert wird.



Bohren

Bei dieser Variante unterstützt die im Gestänge zur Bohrkronen gepumpte Suspension den Löse- und Förderprozess der zu durchteufenden Schichten. Die austretende Rücklaufsuspension wird aufgefangen und nach der Entsandung wiederverwendet.

Dies ist ein Verfahren, das vor allem bei sehr dicht gelagerten Böden oder künstlichen Hindernissen zur Anwendung kommt.

Vibrationsbohren/Rütteln

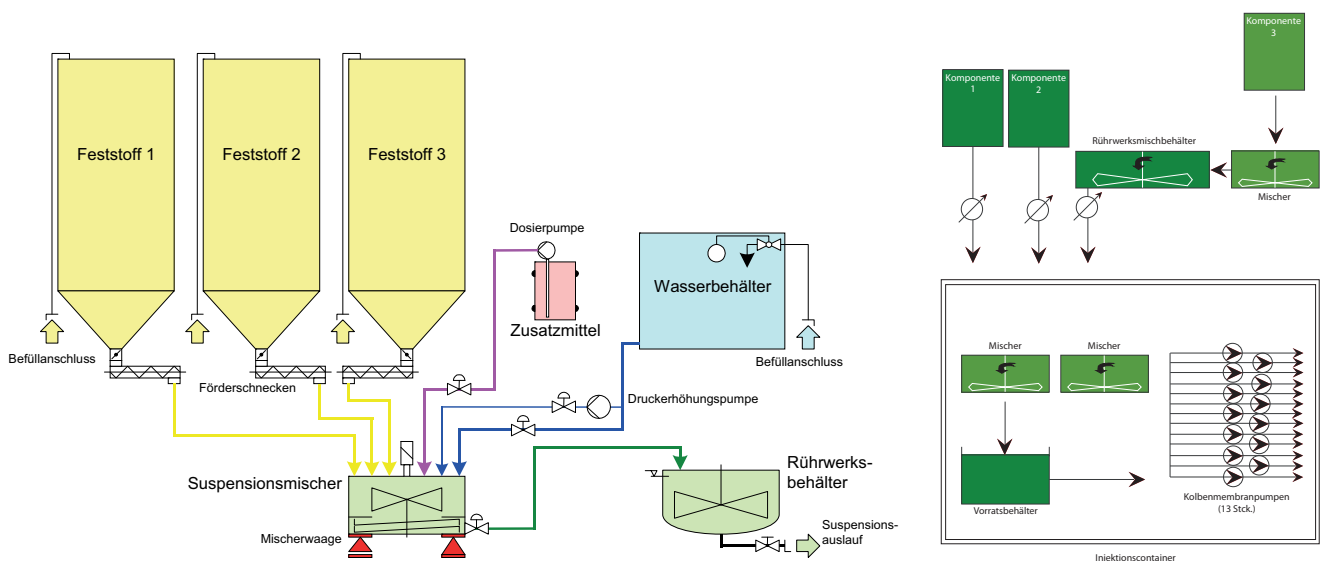
Hier wird mit Hilfe eines Rüttlers oder eines Drehantriebes, der durch ein Schlagwerk unterstützt wird, ein Gestänge durch Umlagerung der zu durchteufenden Schichten in den Boden eingebracht.

Das hoch produktive Verfahren führt bei geeigneten Böden nur zu geringen Erschütterungen und kann daher auch in unmittelbarer Nähe empfindlicher Bauwerke eingesetzt werden.

Injektionstechnik

Mit der Injektion kann begonnen werden, wenn die Stützsuspension des Bohr-/Rüttelloches eine ausreichende Festigkeit besitzt, um Umläufigkeiten der LWS-Lösung zu verhindern. In einem Misch-/Pumpcontainer werden die Grundkomponenten exakt dosiert, gemischt und zeitlich befristet bevorratet. Anschließend erfolgt die Verpressung von bis zu 13 Injektionslanzen in einem Zuge.

Aufgrund der Einkapselung der gesamten Misch- und Injektionstechnik können die Injektionsarbeiten auch innerstädtisch im Tag- und Nachtbetrieb durchgeführt werden.



Qualitätssicherung

Bei der Poreinjektion wird das im Boden vorhandene Wasser durch das Injektionsmittel verdrängt und die Poren durch Gelierung verschlossen. Dabei werden ein zuvor berechnetes Volumen verpresst und die Injektionsparameter (Druck, Durchflussrate und Injektionsmenge) gemessen und aufgezeichnet. In Abhängigkeit vom Baugrund, der Tiefenlage des Injektionshorizontes und der geometrischen Randbedingungen erfolgt die Festlegung der einzusetzenden Materialien, des Bauablaufes sowie der rheologischen Eigenschaften des Silikatgels.

Aus der Planung ergeben sich die Vorgaben zur Qualitätssicherung. Darauf basierend wird der Standard-Qualitätssicherungsplan (QS-Plan) den Projektbedingungen angepasst. In diesem QS-Plan sind alle Maßnahmen detailliert mit Bewertungskriterien festgelegt.

Dazu zählen unter anderem:

- Kontrolle der Bohrtiefe
- Festlegungen zur Vertikalitätskontrolle
- Umfang und Kriterien der Suspensionskontrollen
- Tiefenlage der Ventile
- Injektionsparameter, Dokumentation und Auswertung
- Eingangskontrolle der Ausgangsstoffe

Im Zuge der Ausführung erfolgt bei Abweichungen von der Planung eine dynamische Anpassung. Dies kann zum Beispiel bei Toleranzüberschreitungen oder beim Feststellen von Hindernissen kurzfristig notwendig sein. Die erforderlichen Maßnahmen, wie zum Beispiel die Anordnung von Zusatzpunkten oder eine Änderung der Injektionsmenge, werden dann direkt in die weitere Ausführung integriert.

Patente und Zulassung

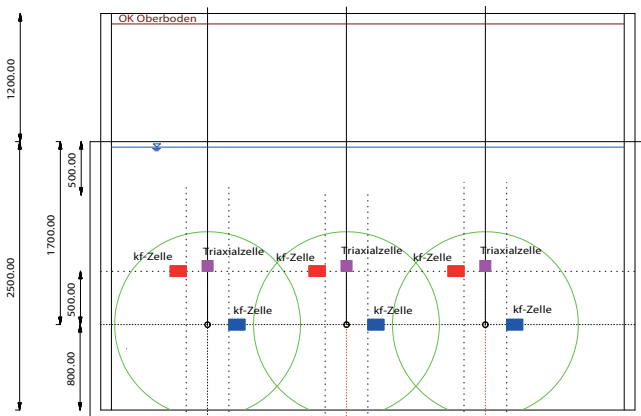
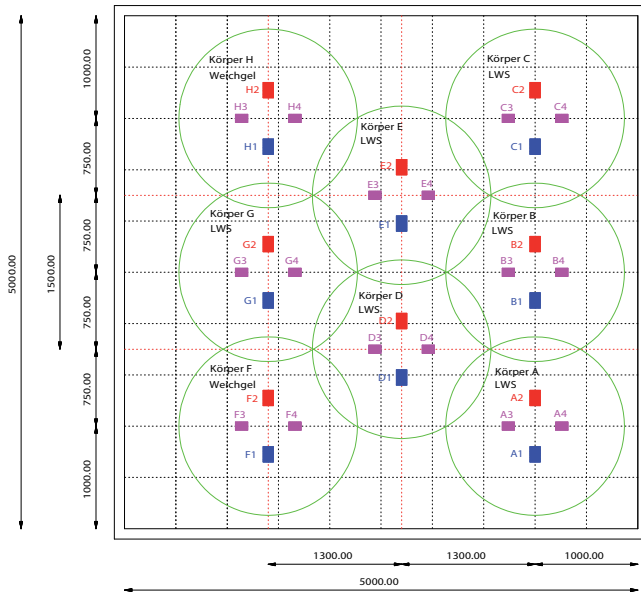
Beim Bauer Silikatgel LWS handelt es sich um eine innovative Entwicklung der BAUER Spezialtiefbau GmbH. Für dieses Bauprodukt wurden bereits mehrere Patente angemeldet und eine „Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung“ erteilt. Diverse Prüfungen durch unabhängige Institute bestätigen die Umweltverträglichkeit.



Forschungsprojekt

Im Rahmen eines Bauer Forschungs- und Entwicklungsprojektes wurden mehrere Versuchsreihen durchgeführt.

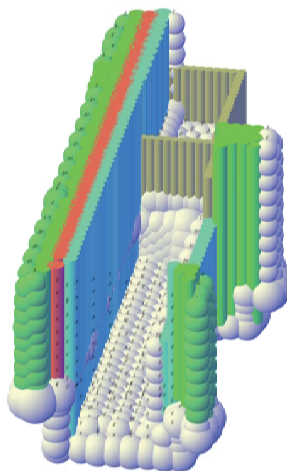
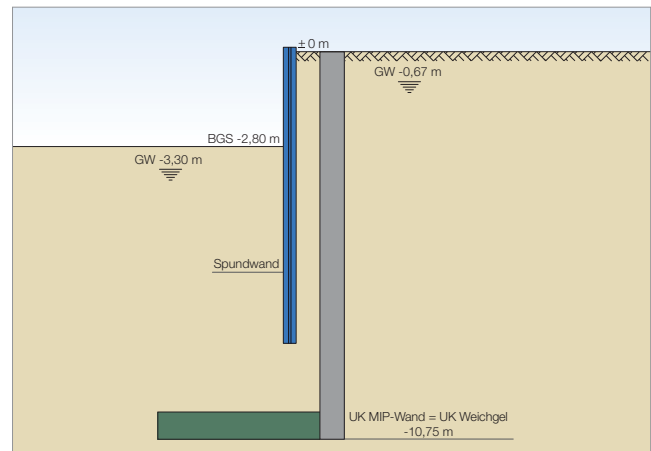
Ziele der Injektionsversuche waren die Optimierung der Materialzusammensetzung sowie die Überprüfung und Dokumentation des Ausbreitverhaltens der LWS-Lösung in Sanden. Nach dem Einbau der Injektionslanzen und dem lagenweisen Verfüllen der Probebaugrube erfolgte die Injektion des LWS-Silikatgels in nur wenigen Metern Tiefe. Sämtliche Boden- und Injektionsparameter wurden dokumentiert, die Injektionskörper manuell freigelegt, vermessen und hinsichtlich ihrer Festigkeit und Durchlässigkeit wissenschaftlich untersucht.



Bauer Silikatgel LWS im Einsatz

Berlin: Neubau CHN

Im Bezirk Mitte, Chausseestraße hat das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung auf dem Gelände des ehemaligen Stadions der Weltjugend einen neuen Gebäudekomplex errichtet. Hierfür erhielt die BAUER Spezialtiefbau GmbH 2007 den Auftrag für die Herstellung der Trogbau-grube CHN. Auf einer Grundfläche von 6.200 m² erfolgte die Herstellung einer Bauer Silikatgel LWS-Sohle in einer Tiefe bis 14 m unter Planum. Zur Umschließung der Bau-grube dienten MIP-Dicht- bzw. Verbauwände sowie Spundwände.



Wolfsburg, VW AG, Stufenpresse

Für eine neue Stufenpresse zur Räderfertigung war eine 9,50 m tiefe Baugrube erforderlich. Diese wurde mittels vorhandener und neu zu erstellender Bohrpfahl-, HDI- und Schlitzwand umschlossen, sowie mit einer Weichgelsohle horizontal abgedichtet.

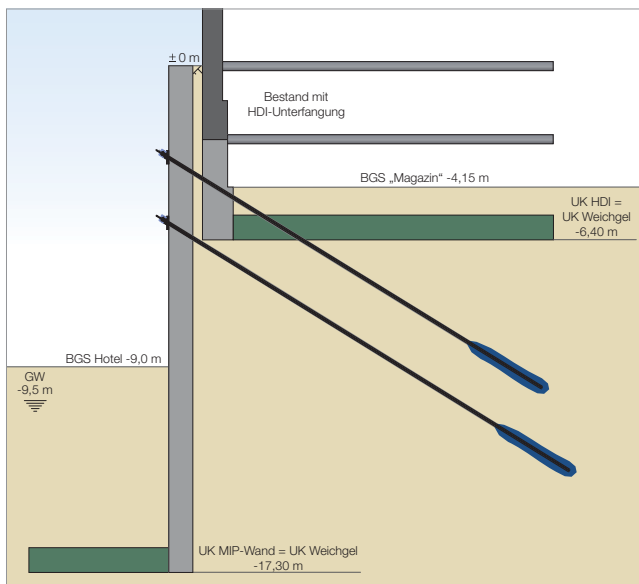
Größte Herausforderung war die Ausführung aller Gewerke unter laufender Produktion in Halle 11. Weiterhin mussten diverse Fundamente von Nachbarbaugruben mit unterschiedlichen Gründungstiefen in die neue Baugrube integriert werden. Die vielen unterschiedlichen statischen Bauteile der Baugrube wurden ebenfalls mit einer ÖKO-Weichgelsohle LWS abgedichtet.

Bei der 10 m tiefen Grundwasserabsenkung im Trog wurde eine Restwassermenge von 0,4 l/s/1.000 m² erreicht und lag damit deutlich unter dem vertraglich geforderten Wert von 1,5 l/s/1.000 m².

Berlin, Neubau Titanic Hotel

Für die türkische Kette „Titanic Hotel“ entstand im Bestand der denkmalgeschützten Fassaden der Französischen Straße 30 ein Fünfsterne-Hotel. Die beengten Zufahrtswege sowie die kleinteilige Baugrube vor den bis zu 30 m hohen Nachbargebäuden stellten besondere Anforderungen an die Beteiligten.

Für die beiden Untergeschosse war eine 9 m tiefe Baugrube mit 7 m Grundwasserabsenkung erforderlich. Die Baugrube wurde mittels einer ausgesteiften bzw. rückverankerten Mixed-in-Place-Wand (MIP) mit einer horizontalen ÖKO-Weichgelsohle LWS ausgeführt. Die Grundfläche der beiden Teilbaugruben betrug 1.700 m².



Eine Besonderheit war die zweilagige Rückverankerung der Verbauwand unter Grundwasser, welche teilweise die Weichgeldichtsohle durchdrungen hat. Während der Herstellung der Ventilrohre wurden die Bohrabweichungen ermittelt und später für die Errechnung der Injektionsmengen in der Weichgelsohlen-Visualisierung genutzt. Bei einer wasserbenetzten Fläche von 4.000 m² wurde eine Restwassermenge von 1,4 l/s/1.000 m² erzielt. Damit konnte die Baugrube mit einer Gesamtdichtigkeit unter den behördlich geforderten Werten übergeben werden.





BAUER Spezialtiefbau GmbH
BAUER-Straße 1
86529 Schrobenhausen
Tel.: +49 8252 97-0
Fax: +49 8252 97-1496
BST@bauer.de
www.bauer.de



<http://bst.bauer.de>



<http://www.youtube.com/BAUERGruppe>

