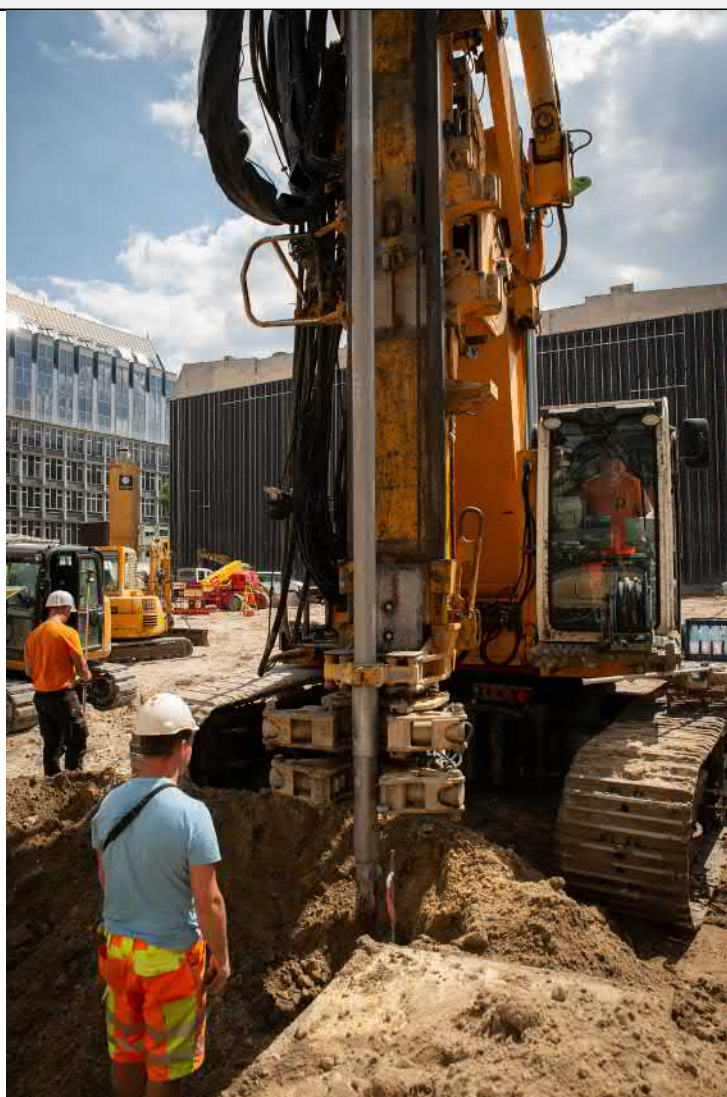


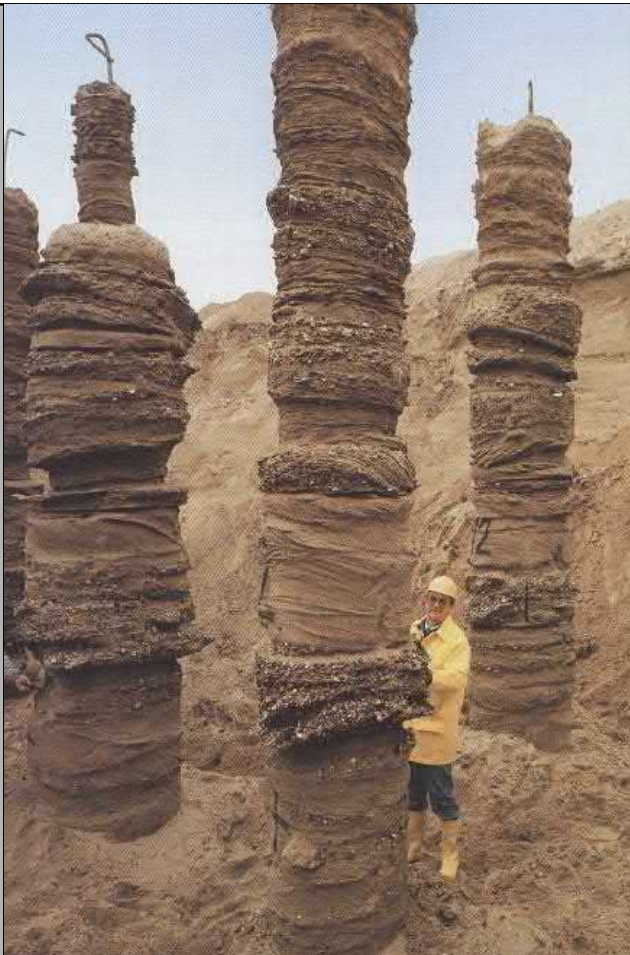


## Düsenstrahlverfahren

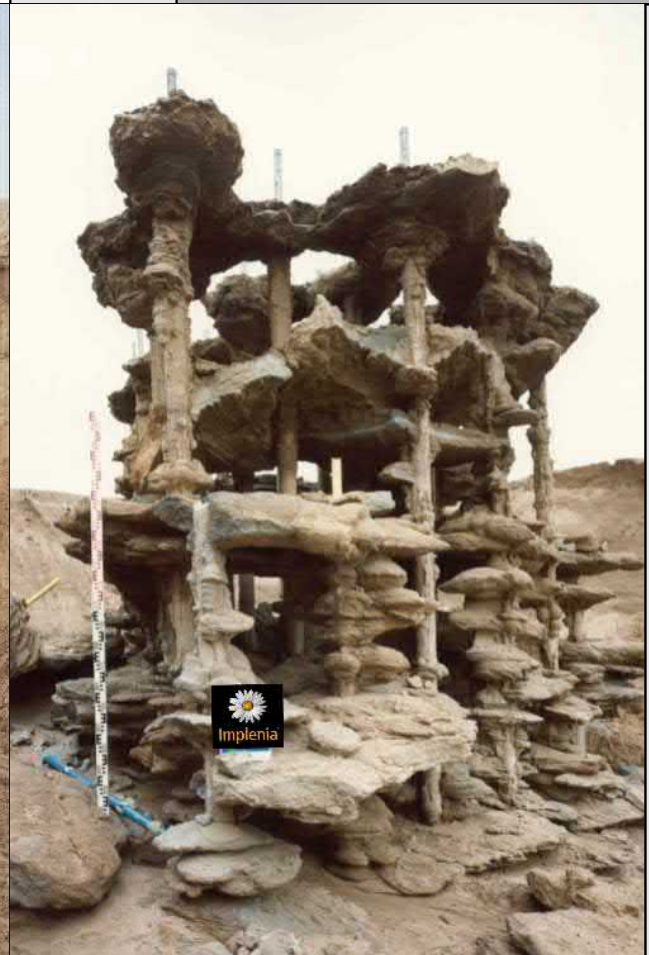


### **Implenia Spezialtiefbau GmbH**

Robert-Bosch-Straße 25  
63225 Langen  
Tel.: +49 6103 988 345  
Fax: +49 6103 988 277  
E-Mail: [info.spezialtiefbau@implenia.com](mailto:info.spezialtiefbau@implenia.com)  
[www.spezialtiefbau.implenia.com](http://www.spezialtiefbau.implenia.com)



1



2

## Einführung

Injektionsmaßnahmen zur Abdichtung und Verfestigung des Baugrunds gehören zu den Standardaufgaben im Spezialtiefbau.

Das seit langem gebräuchliche Injizieren von Feststoffen, Chemikalien oder Kunstharzen ist auf Böden mit einem vorgegebenen Porenanteil und einer bestimmten Porengröße beschränkt. Bei diesen Niederdruckinjektionen wird das Injektionsgut mit Drücken bis 20 bar über natürliche Fließwege im Boden in die vorhandenen Poren und Hohlräume eingeleitet. Hierbei wird die Bodenstruktur kaum verändert und es entstehen undefinierte Injektionskörper. Zudem besteht bei feinkörnigen Böden, bei denen nur noch Chemikalien oder Kunstharze eingesetzt werden können, aus Gründen des Umweltschutzes zunehmend Bedenken.

## Das Düsenstrahlverfahren

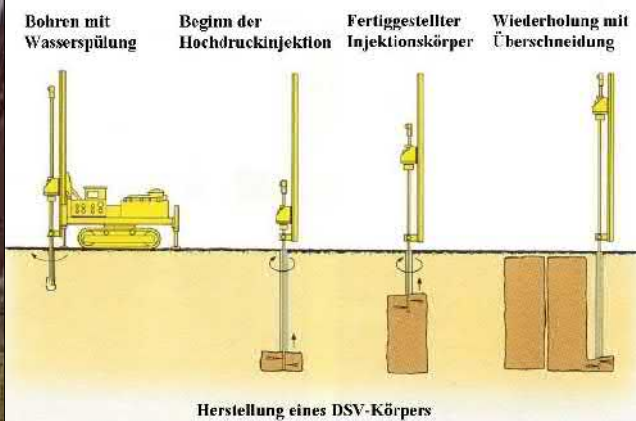
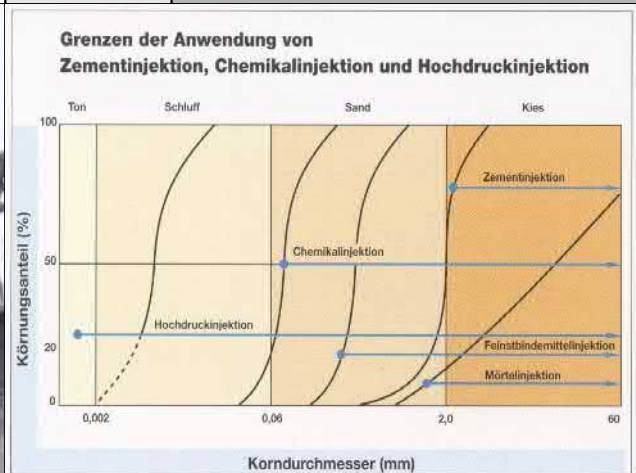
Das **Düsenstrahlverfahren** (früher auch Hochdruckinjektion HDI genannt) ist dagegen einsetzbar im gesamten Spektrum der Böden, von Ton bis Grobkies.

Der Grundgedanke des Düsenstrahlverfahrens besteht darin, den anstehenden Boden mit einem Hochdruckdüsenstrahl in seinem Gefüge zu lösen und mit einer Zementsuspension auszutauschen bzw. zu durchmischen. Ziel dieses Verfahrens ist es, eine vom Aufbau des Baugrunds weitgehend unabhängige Verfestigung oder Abdichtung des Bodens durch einen "Erdbeton", bzw. "Boden-Zementkörper" zu erreichen.

1 Injektionskörper beim Düsenstrahlverfahren

2 Injektionskörper Niederdruckinjektion mit Feinstzement





Zur Herstellung eines DSV-Körpers wird zuerst mit einem Hochdruckinjektionsgestänge bis auf die vorgesehene Tiefe abgebohrt, wobei Bohrwerkzeug und Spülung der Bodenart entsprechend gewählt werden. Bei dichten, bindigen und harten Böden wird unter Umständen bereits beim Abbohren mit Wasser vorgeschnitten, um einen größeren Durchmesser der Injektions-säule zu erzielen und den Verbrauch an Zementsuspension zu optimieren.

Beim anschließenden Ziehen des Bohrgestänges wird das Injektionsgut mit Drücken von ca. 400 bar aus am unteren Rand angebrachten Düsen ausgepreßt und der Boden aufgeschnitten. Die Strahlgeschwindigkeit beträgt bis zu 200 m/s. Infolge der Rotation und der Aufwärtsbewegung des Bohrgestänges entsteht so ein homogener zylindrischer Körper aus einem Gemisch von Boden und eingebrachter Zementsuspension. Durch entsprechende Wahl des Schneidstrahl-drucks, der Ziehgeschwindigkeit sowie der Gestängedrehzahl lassen sich Form und Größe der entstehenden Körper in Abhängigkeit vom anstehenden Boden beeinflussen. Überschüssiges Boden-Wasser-Zement-Gemisch tritt über den Bohrlochringraum zutage und wird dort gefasst, gesammelt und abgefahren. Die beim Düsenstrahlverfahren eingesetzten Baustoffe Wasser, Zement, unter Umständen Bentonit und das vorhandene Bodenmaterial sind natürlichen Ursprungs und verhalten sich im Boden und im Grundwasser weitestgehend neutral.

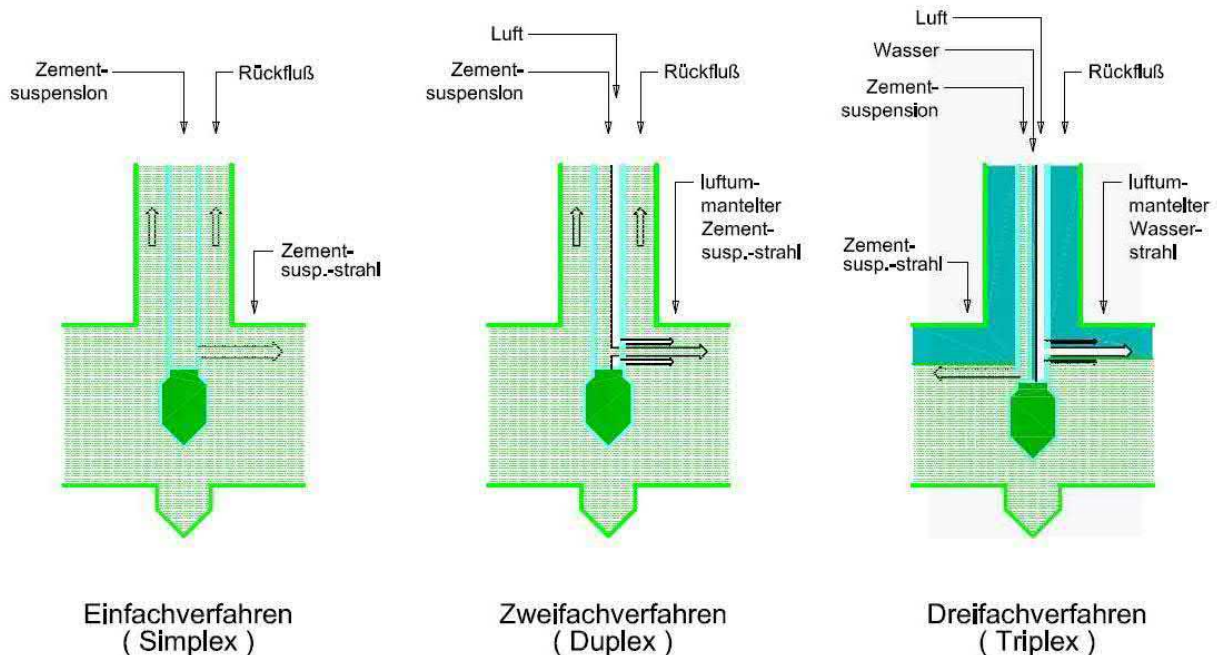
Die Düsenstrahlkörper lassen sich lotrecht, waagrecht oder in beliebiger Neigung herstellen.

1 Hochdruckdüsenstrahl

2 Anwendungsgrenzen der Injektionsarten

3 Herstellung eines DSV - Körpers

# Herstellungsverfahren



1

## Herstellungsverfahren

Das Düsenstrahlverfahren wird bei der Implenia Spezialtiefbau GmbH in der Regel in drei Varianten eingesetzt:

### Einfachverfahren (Simplex)

Beim Einfachverfahren schneidet ein Hochdruckstrahl aus Zementsuspension den Boden auf und durchmischt ihn mit der Suspension. Dieses Verfahren eignet sich vor allem für geringe Tiefen und horizontale Düsenstrahlinjektionen.

### Zweifachverfahren (Duplex)

Beim Zweifachverfahren wird der Schneidstrahl über ein Duplexgestänge mit Druckluft ummantelt. Im Vergleich zum Einfachverfahren können mit dem Zweifachverfahren Düsenstrahlkörper mit wesentlich größeren Durchmessern in weitaus tieferen Bereichen hergestellt werden.

### Dreifachverfahren (Triplex)

Beim Dreifachverfahren schneidet ein Triplexgestänge mit einem ummantelten Wasserstrahl den Boden auf. Die Zementsuspension wird dabei über eine separate Düse unterhalb des Schneidstrahls eingebracht und mit dem gelösten Boden vermischt. Dieses Verfahren eignet sich besonders für Gebäudeunterfangungen.

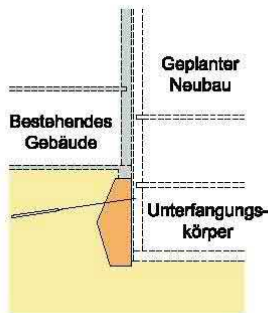
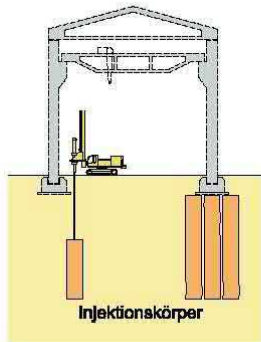
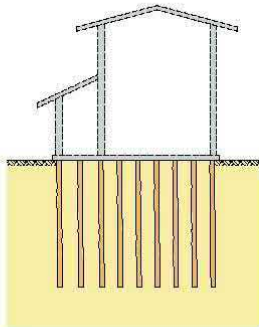
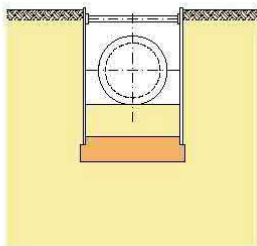
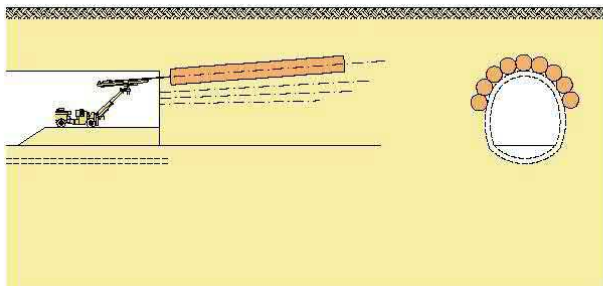
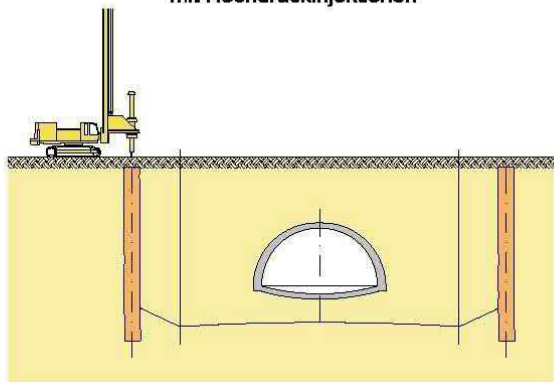
## Herstellkörper

Mit dem Düsenstrahlverfahren lassen sich unterschiedliche geometrische Körper herstellen:

- ohne Rotation des Bohrgestänges beim Ziehen und Düsen entsteht eine **Lamelle**
- mit einem Sektorschwenker läßt sich ein **Teilzylinder** herstellen
- bei abgestimmter Rotation des Bohrgestänges beim Zeihen und Düsen entsteht ein **zylindrischer Körper**.

1

Herstellungsverfahren

<p><b>Unterfangungen von bestehenden Gebäuden</b></p> 	<p><b>Fundamentverbesserung bei Lasterhöhung</b></p> 	<p><b>Bodenverbesserung unter bestehenden Gebäuden</b></p> 	<p><b>Sohlabdichtung von Baugruben</b></p> 
<p><b>Horizontale Schirminjektion im Tunnel- und Stollenbau</b></p> 	<p><b>Dichtwandarbeiten mit Hochdruckinjektionen</b></p> 		

1

## Herstellungparameter

Die Herstellungparameter sind abhängig vom Herstellungsverfahren, von den geforderten Eigenschaften des Endproduktes und den Eigenschaften des anstehenden Bodens.

Die Herstellungparameter sind:

- Ziehgeschwindigkeit des Gestänges
- Umdrehungsgeschwindigkeit des Gestänges
- Pumprate
- Verpressdruck
- Verpressmenge
- Düsenanzahl, Düsendurchmesser
- Luftmenge und Druck
- Rezeptur der Suspension

## Anwendungsbereiche

- Unterfangung bestehender Bauwerke
- Tieferführung von Gründungen bei Lasterhöhung oder unzulässiger Setzung
- Bodenverbesserung auch unter bestehenden Bauwerken
- vertikale Dichtungswände
- Sohlabdichtung von Baugruben
- Baugrubenaussteifung unterhalb der Baugrubensohle
- Abdichtung von Leitungsdurchführungen durch einen Baugrubenverbau
- Wände runder oder polygonaler Schächte
- Horizontale Schirminjektion im Tunnel- und Stollenbau
- Bodenvermörtelung zwischen benachbarten Spezialtiefbaumaßnahmen

## 1 Anwendungsbereiche





1



2



3

## Qualitätskontrolle

Vorgaben zur Qualitätskontrolle sind enthalten in:

- VOB Teil C DIN 18321 Düsenstrahlverfahren
- DIN EN 12716 Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) Düsenstrahlverfahren
- Zulassungsbescheid Düsenstrahlverfahren "Bilfinger Berger (HDI)" des Deutschen Instituts für Bautechnik

### 1) Notwendige Angaben

DIN EN 12716 Pkt. 4 "Notwendige Angaben" enthält die vor Beginn aller Planungs- und Ausführungsarbeiten notwendigen Angaben, u.a.:

- ausführliche Beschreibung des Untergrundaufbaus und Angabe seiner geotechnischen Eigenschaften
- hydrogeologische Bedingungen
- Randbedingungen (benachbarte Gebäude, unterirdische Bauwerke und Einbauten, Freileitungen und andere Ausführungsbehinderungen, Zugänglichkeit)
- Umweltauflagen
- zulässige Verformungen zu unterfangender und benachbarter Bauwerke

1 Vorwuchs entfernen

2 verankerte Unterfangung einer Gebäudeaußenwand neben Baugrube

3 Stützenunterfangung neben Baugrube



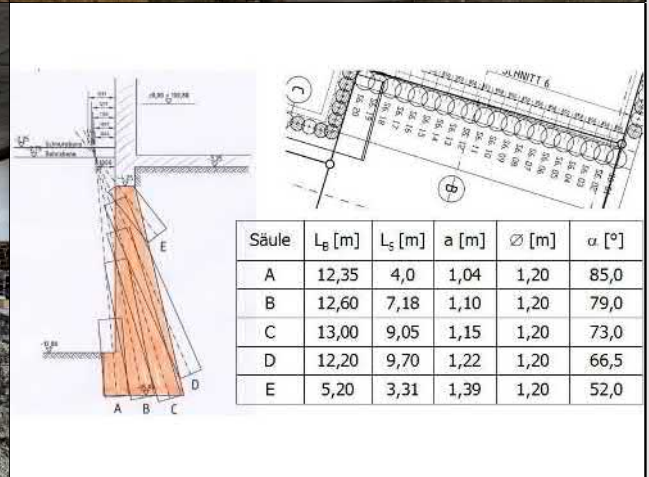
1



2



3



4

## 2) Eignungsprüfung (Probesäulen)

Falls keine vergleichbaren Eignungsprüfungen vorliegen, müssen gemäß Zulassungsbescheid Probesäulen hergestellt werden. Die Anzahl der Probesäulen richtet sich nach dem Boden bzw. nach dem Verwendungszweck. Für die Probesäulen sind die Herstellungsparameter festzulegen und bei der Herstellung der Probesäulen sind diese zu messen und zu protokollieren. Es ist nachzuweisen, daß mit dem ausgewählten System und den ausgewählten Düsenstrahlparametern die Planungserfordernisse erfüllt werden. Der Säulendurchmesser muß nachgewiesen werden. Dieses erfolgt

**nach Herstellung** der Probesäulen durch:

- Ausgraben der Säule(n), Probleme: Platzbedarf, Grundwasser oder
- Kontrollbohrungen oder

**während der Herstellung** der Probesäulen durch:

- den von Implenia Spezialtiefbau GmbH entwickelten und patentierten DSV-Reichweitentest mit dem Hydrophonverfahren.

## 3) Qualitätskontrollen während der Produktion

- Eingangskontrollen Zement
- Rückstellproben Liefermaterial und Frischsuspension
- Dichtemessungen der Frischsuspension und des Rückflusses
- ständige Kontrolle und kontinuierliche Aufzeichnung des zeitlichen und tiefenabhängigen Verlaufs von Zieh- und Drehgeschwindigkeit sowie von Druck und Injektionsmittelverbrauch beim Düsen
- Überprüfung der Druckfestigkeit an Bohrkernen
- Kontrolle der Bauwerksbewegungen bei Gründungs- und Unterfangungsarbeiten

1 Herstellung einer Dichtsohle

2 Bodenverbesserung

3 Arbeiten im Keller

4 Säulenplan für DSV-Unterfangung