

Museum in Salzburg, Salzburg, Architekt: Jean Nouvel, 1989

Herausgeber	Lehrstuhl für Baukonstruktion II der Rheinisch - Westfälischen Technischen Hochschule Aachen Prof. Hartwig N. Schneider Schinkelstraße 1 - Reiffmuseum 52056 Aachen Telefon: 0241 - 803894 Telefax: 0241 - 8888315 Internet: www.architektur.rwth-aachen.de
Aktualisierung 09/99	Dirk Lüderwaldt, Dipl.-Ing. Architekt Nathalie Ness
Verantwortlich für die Kapitel Ordnungssysteme	Dirk Lüderwaldt, Dipl.-Ing. Architekt
Bauwerksgefüge	Dirk Lüderwaldt, Dipl.-Ing. Architekt
Erdreich	Ulla Cornelius, Dipl.-Ing. Architektin Dirk Lüderwaldt, Dipl.-Ing. Architekt Martin Sting, Dipl.-Ing. Architekt
Mauerwerk	Susanne Schmidt, Dipl.-Ing. Architektin
Beton	Martin Sting, Dipl.-Ing. Architekt
Holzbau	Hans-Jürgen Meschke, Dr.-Ing. Architekt
Stahlbau	Hans-Jürgen Meschke, Dr.-Ing. Architekt
Fassaden	Franz Stadler, Dipl.-Ing. Architekt
Dach	Olaf Allstedt, Dipl.-Ing. Architekt Roland Lelke, Dipl.-Ing. Architekt
Treppen	Ulla Cornelius, Dipl.-Ing. Architektin
Aufzüge + Fahrtreppen	Georg Giebeler, Dipl.-Ing. Architekt
Garagen + Technik	Georg Giebeler, Dipl.-Ing. Architekt
Fenster	Brigitte Meier, Dipl.-Ing. Architektin
Türen	Jörg Ziolkowski, Dipl.-Ing. Architekt
Bauzeichnungen	Brigitte Meier, Dipl.-Ing. Architektin
Mitarbeiter	Roland Burlaga René Clasen Marius Ditrach Nathalie Ness
Lehrstuhl für Baukonstruktion und Entwerfen Arbeitsblätter zur Baukonstruktion	7. verbesserte Auflage Aachen : Verlag der Augustinus Buchhandlung, 1999

ISBN 3-89653-698-2

© 1999 Lehrstuhl für Baukonstruktion und Entwerfen
Verlag Mainz
Süsterfeldstraße 83
52072 Aachen
Telefon / Telefax 0241-8734 / 875577

Allgemeines

"Man beginnt oben zu entwerfen, aber unten zu bauen." Nach Entwicklung des grundsätzlichen Entwurfskonzeptes muß so früh wie möglich mit der Überprüfung der erdbau- und gründungstechnischen Zusammenhänge begonnen werden, da diese große Auswirkungen auf die Erscheinung des Gebäudes bzw. die Baukostenentwicklung haben können.

In diesem Zusammenhang muß dann der Aufwand für die notwendigen Erdbaumaßnahmen im Verhältnis zum Gesamtaufwand bewertet werden, wie groß z.B. der Aufwand ist für Bodenverdichtung, Gründung, Baugrubensicherung, Wasserhaltung, Dichtung, Grundwasserumleitungen, Sicherung bestehender Infrastruktureinrichtungen, Bodenaustausch bei Kontamination und wie ggf. durch Änderungen am Entwurf diese Kosten optimiert werden können, z.B. durch Anordnung oberirdischer Abstellflächen statt Kellerräumen, geringere Raumhöhen der Untergeschosse, Ausrichtung abgestimmt auf Grundwasserfluß u.ä.

Dazu empfiehlt sich eine frühzeitige, umfassende Erkundung der Boden- und Gründungsverhältnisse in Abstimmung mit dem Statiker durch

- Grundstücksbegehung
- Grabungen, Schürfungen, Sondierungen, Bohrungen
- geologische Karten
- vorhandene Pläne, z.B. der umgebenden Bebauung
- vorhandene Bodengutachten, z.B. für die Errichtung von Nachbargebäuden
- Erstellung eines gesonderten, auf die Besonderheiten des geplanten Gebäudes abgestimmten Bodengutachtens

1. Bodenarten

Die für Gründungen wichtigen Eigenschaften der Böden hängen im wesentlichen von der Korngröße und Kornverteilung des Materials ab und können durch Grabung, Schürfung, Bohrung ermittelt werden. Die Kornverteilung bestimmt beispielsweise, wieweit ein Boden wasserdurchlässig ist, ob der Wassergehalt auf die Tragfähigkeit einen wesentlichen Einfluß hat oder ob die Lagerungsdichte maßgebend ist. Man unterscheidet:

Bindige Böden:

Feinkörnige Böden binden zusammen und können bei hohem Tongehalt felsartig sein (wasserundurchlässig).

Nichtbindige Böden:

Loses, rolliges wasserdurchlässiges Gebinde. Hohlräume bleiben offen (Sand, Kies).

Fels:

Feste Formation mit großer Belastbarkeit oder bei Klüften, Spalten oder schrägen Schichten mit geringer Belastbarkeit.

Gemischte Böden:

Mischung von bindigen und nichtbindigen Böden, in Abhängigkeit der Kornverteilung, häufig auch "angereichert" durch Bauschutt, Abfälle u.ä.

Die DIN 18196 definiert die Bodenklassen im Detail, Angaben dazu müssen in den Ausschreibungsunterlagen enthalten sein, ggf. sind detaillierte Angaben zu den zu entsorgenden Schadstoffen zu machen.

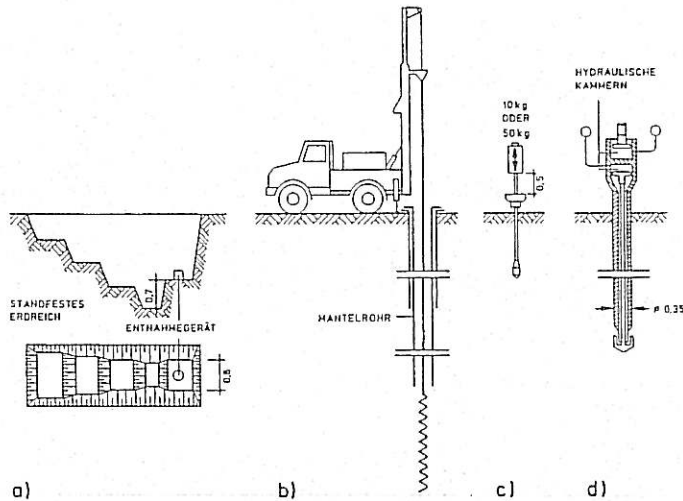
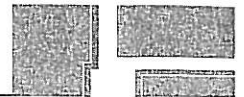
Zur Beurteilung des Aufwandes und der Kosten für Erdarbeiten – also auch für den Aushub von Baugruben – wird der Boden hinsichtlich der Lösbarkeit in 7 Bodenklassen eingeteilt:

- Klasse 1: Mutterboden)
- Klasse 2: Fließende Bodenarten
Bodenarten von flüssiger bis breiiger Konsistenz, die das Wasser schwer abgeben
- Klasse 3: Leicht lösbare Bodenarten
organische Bodenarten mit geringem Wassergehalt, z. B. fester Torf
nichtbindige bis schwachbindige Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit bis zu 15% Beimengungen an Schluff und Ton und mit höchstens 30% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt
- Klasse 4: Mittelschwer lösbare Bodenarten
Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit einem Anteil von mehr als 15% Korngröße kleiner als 0,06 mm. Bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität, die bis zu 30% Steine von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt enthalten.
- Klasse 5: Schwer lösbare Bodenarten
Bodenarten nach Klasse 3 und 4, jedoch mit mehr als 30% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt. Nichtbindige und bindige Bodenarten mit höchstens 30% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt. Ausgeprägt plastische Tone, die je nach Wassergehalt weich bis fest sind.
- Klasse 6: Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten
Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich und verwittert sind, sowie vergleichbare verfestigte nichtbindige und bindige Bodenarten
Nichtbindige und bindige Bodenarten mit mehr als 30% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt
- Klasse 7: Schwer lösbarer Fels
Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Gefügesteifigkeit haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind. Festgelagerter, unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, Schlackenhalde. Steine von über 0,1 m³ Rauminhalt.

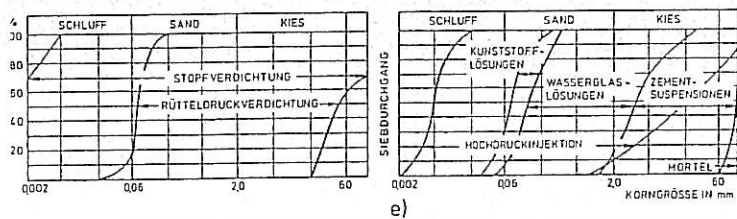
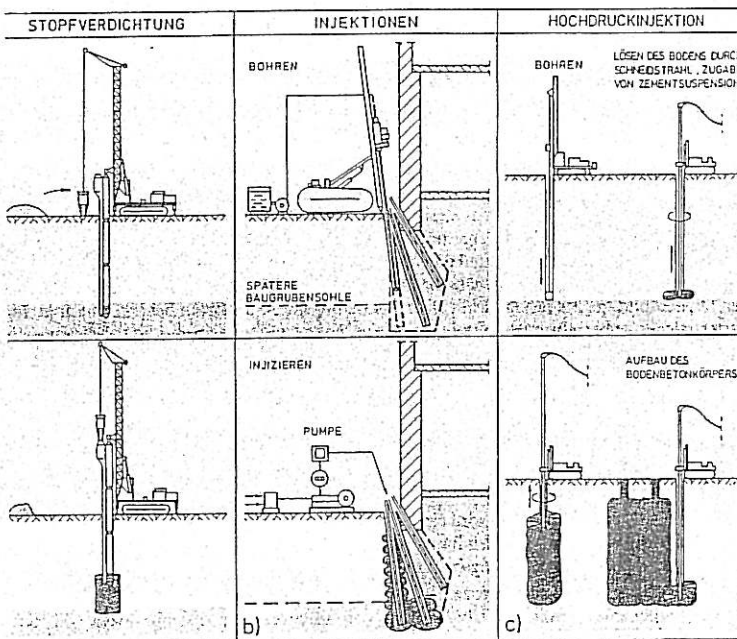
Definition der Bodenklassen nach DIN 18196

Hauptgruppen	Korngrößenanteile in Gew.-%	Gruppen	Kurzzeichen Gruppensymbol	Erkennungsmerkmale	Beispiele		
Grobkörnige Böden	VI ≤ 0,06 mm > 40	Kies	enggestufte Kiese	GE	steile Körnungslinie infolge Vorherrschens eines Korngrößenbereichs	Fluß- u. Strandkies, Terrassenschotter, Moränenkies	
			weitgestufte Kies-Sand-Gemische	GW	über mehrere Korngrößenbereiche kontinuierlich verlaufende Körnungslinie		
			intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische	GI	treppenartig verlaufende Körnungslinie infolge Fehlens eines oder mehrerer Korngrößenbereiche		
	VII ≤ 40	Sand	enggestufte Sande	SE	steile Körnungslinie infolge Vorherrschens eines Korngrößenbereichs	Dünen- und Flugsand, Talsand (Berliner Sand), Beckensand, Tertärsand	
			weitgestufte Sand-Kies-Gemische	SW	über mehrere Korngrößenbereiche kontinuierlich verlaufende Körnungslinie	Moränensand	
			intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische	SI	treppenartig verlaufende Körnungslinie infolge Fehlens eines oder mehrerer Korngrößenbereiche	Terrassensand, Strandsand	
Gemischtkörnige Böden	VIII 5 bis 40 > 40	Kies-Schluff-Gemische	5 bis 15 Gew.-%	GU	weit oder intermittierend gestufte Körnungslinie, Feinkornanteil ist schluffig	Verwitterungskies, Hangschutt, lehmiger Kies, Geschiebelehm	
			15 bis 40 Gew.-%	GU			
	IX 5 bis 40 ≤ 40	Kies-Ton-Gemische	5 bis 15 Gew.-%	GT	weit oder intermittierend gestufte Körnungslinie, Feinkornanteil ist tonig		
			15 bis 40 Gew.-%	GT			
	X ≤ 0,06 mm	Sand-Schluff-Gemische	5 bis 15 Gew.-%	SU	weit oder intermittierend gestufte Körnungslinie, Feinkornanteil ist schluffig		Flottsand
			15 bis 40 Gew.-%	SU			Auelehm, Sandlöß
XI ≤ 0,06 mm		Sand-Ton-Gemische	5 bis 15 Gew.-%	ST	weit oder intermittierend gestufte Körnungslinie, Feinkornanteil ist tonig	lehmiger Sand, Schleichsand	
			15 bis 40 Gew.-%	ST		Geschiebelehm, Geschiebemergel	

Beispiel für Bodenklassifizierung nach DIN 18196



Verfahren zum Aufschließen des Baugrundes
 a) Schürfgube c) Rammsonde
 b) Bohrung d) Drucksonde



Verdichtungen
 a) Stopfverdichtung, oben Absenken des Rüttlers, unten Aufbau der Stopfsäule
 b) Injektionen, oben Setzen der Lanzen, unten Injizieren
 c) Hochdruckinjektion
 d) Anwendungsgrenzen für Verdichtungen
 e) Anwendungsgrenzen für Injektionen und Hochdruckinjektion

2. Baugrunderkundung / Baugrunduntersuchung

Folgende Möglichkeiten liegen zur Baugrunduntersuchung vor :

1. Geologische Karten
2. Baugrundkarten
3. Bodenproben

Bodenproben werden entnommen in Form von:

Schürfungen:

Gruben / Schächten bis 4 m Tiefe. Verlauf der Bodenschichten ist gut erkennbar. Der Nachteil besteht in der begrenzten Aushubtiefe, dem großen Platzbedarf, hohen Kosten und Schwierigkeiten bei hohem Grundwasserstand.

Bohrungen:

Schnell und billig für große Tiefe. Das Bohrgut kommt allerdings im allgemeinen nur gestört zutage. Die Bohrung wird mit einem Mantelrohr durch Drehen in den Boden getrieben.

Sondierungen:

1. Rammsondierung durch Einschlagen eines Stabes mit kegelförmiger Spitze. Durch die Zahl der erforderlichen Schläge kann auf die Lagerungsdichte geschlossen werden.
2. Drucksondierung durch Eindrücken eines Stabes mit kegelförmiger Spitze. Der Widerstand des Bodens wird gemessen.
3. Flügelsondierung dient zur Bestimmung der Scherfestigkeit bei Rutschzonen oder Gleitflächen durch Drehen und Abscheren der Sonde.

Der Baugrund muß auf folgende Faktoren untersucht werden:

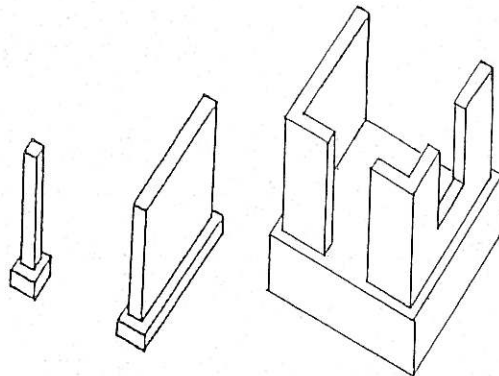
1. Festigkeit
2. Grundwasser, niedrigster Et höchster Stand
3. Altlasten etc.

Bodenverbesserung:

1. Bodenaustausch
2. Verdichtung
3. Injektion
4. Hochdruckinjektion

3. Gründungen :

1. Einzelfundament : Punktförmig
2. Streifenfundament : Linienförmig
3. Plattenfundament : Flächig
4. Kelleraußenwände : inkl. querstehende Wände, Kellerdecke und Fundament
5. Frostschräge : Linienförmig, umlaufend (frosttiefe Gründung z.B. bei nicht unterkellerten Gebäuden)
6. Pfahlgründungen : Rammpfähle, Bohrpfähle, Rüttelpfähle; Pfahlkopfbalken und Pfahlrostplatten



Standsicherheit von Gründungen

Die Bodenpressung muß begrenzt werden, um unzulässige Setzungen zu vermeiden und um eine ausreichende Sicherheit gegen Grundbruch zu gewährleisten. Die von einem Fundament in den Baugrund eingeleitete Last breitet sich in die Tiefe aus. Dabei kommt es zu Überlagerungen von Bodenpressungen aus benachbarten Fundamenten.

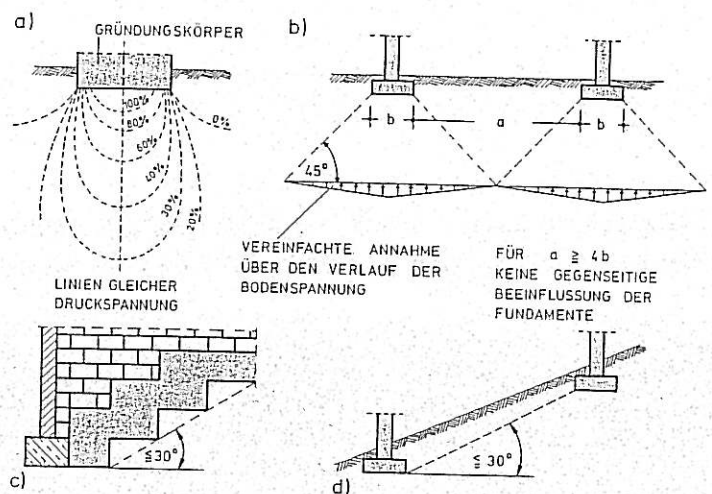


Abb. C.16 Ausbreitung der Lasten im Baugrund
 a) „Druckwiebel“, Flächen gleicher Druckspannungen in einem gleichförmigen Baugrund
 b) gegenseitige Beeinflussung von Fundamenten
 c) Abtreppung bei Wechsel der Gründungstiefe
 d) zulässiger Höhenversatz ohne besondere Maßnahmen

Grundbruch :

Ein Grundbruch kann durch Gleiten des Erdkörpers unter einem flach gegründeten Fundament eintreten. Auflast und eine biegesteife Sohlplatte im Keller wirken dem entgegen.

Böschungsbruch :

Abrutschen einer Böschung. Ursache ist z.B. ein Böschungswinkel, der für den betreffenden Boden zu steil ist.

Geländebruch :

Abrutschen eines großen Erdkörpers einschließlich des ganzen Baukörpers.

Auftrieb :

Auf Baukörper, die im Grundwasser stehen, wirkt ein Auftrieb entsprechend der verdrängten Wassermenge. Ausreichende Auflast oder Rückverankerung im Erdreich sind vorzusehen.

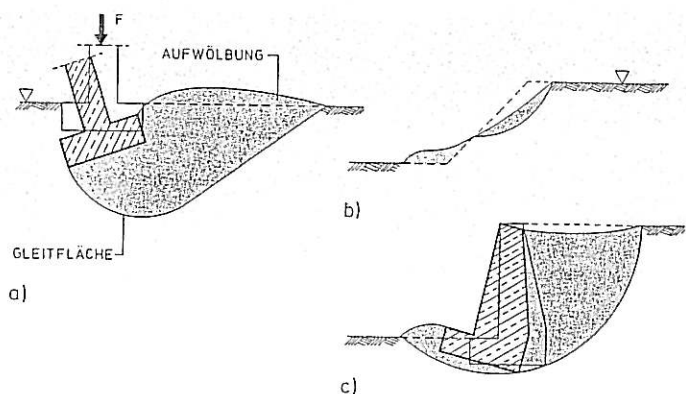
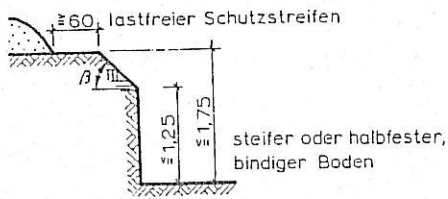
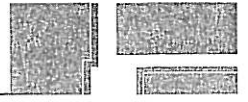
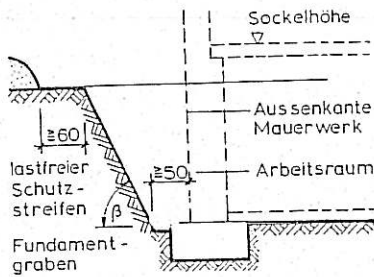


Abb. C.17 Brucharten des Baugrundes
 a) Grundbruch b) Böschungsbruch c) Geländebruch

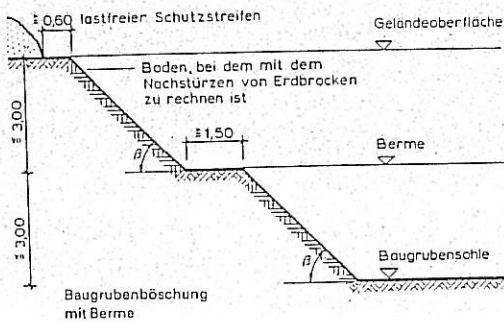


Baugrube ohne Verbau mit abgeböschten Kanten in standfestem gewachsenem Boden (DIN 4124)

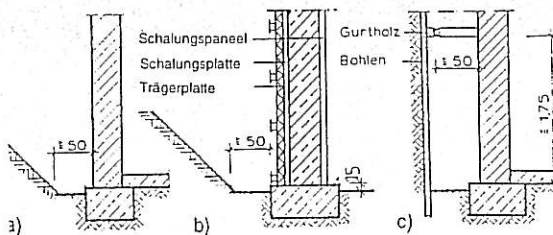
- 1 lastfreier Schutzstreifen
- 2 steifer oder halbfester, bindiger Boden



Schnitt durch abgeböschte Baugrube und Fundamentgraben



Baugrubenböschung mit Berme



Arbeitsraum
 a) abgeböschte Baugrube, Bauwerk ohne Schalung
 b) Bauwerk mit Schalungen (z.B. Holz, Stahl, Alu)
 c) Baugrube mit Verbau

4. Baugruben

Man unterscheidet verbaute und nicht verbaute Baugruben.

Nicht verbaute Baugruben :

Wenn die Grundstücksgröße es zuläßt, wird in der Regel abgeböschet und nicht verbaut. Die zulässige Neigung der Böschung ist im wesentlichen abhängig von der Bodenart, der Böschungshöhe und der Standdauer. Durch den Einfluß von Niederschlägen, Trockenheit und Frost kann sich die Böschung ändern, so daß bei längerer Standzeit der Baustelle dies durch einen entsprechend flacheren Böschungswinkel berücksichtigt werden muß .

Verbaute Baugruben :

Baugruben, die eine größere Tiefe als 1,25 m haben und nicht abgeböschet werden, müssen verbaut werden.

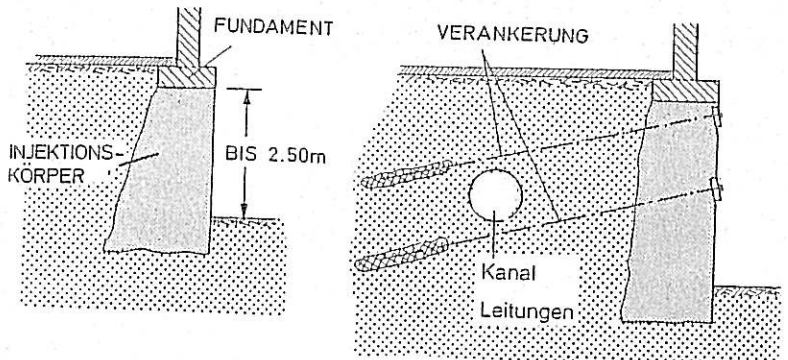
5. Unterfangungen

Wenn Neubauten unterhalb der Gründungssohle unmittelbar bei benachbarten Altbauten gegründet werden sollen, sind die Altbaufundamente zuvor zu unterfangen. Zur Abstützung kommen Spundwände, Schlitzwände, Bohrpfehlwände oder chemische Baugrundverfestigungen in Frage.

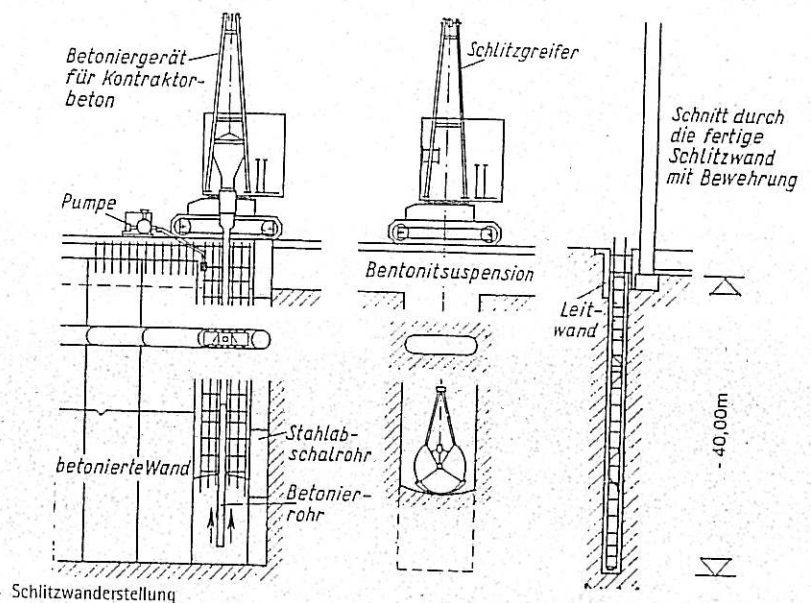
Neben dem Nachweis der Grundbruch- und Standsicherheit sind auch Setzungen des Altbaus infolge von Drucküberlagerungen oder etwaigen Grundwasserabsenkungen zu berücksichtigen.

Ohne Abstützung darf kein Fundament auf ganze Länge bis zur Sohle freigelegt werden. Mindestens 50 cm über Fundamentsohle muß eine Berme von 2 m Breite verbleiben, von der aus unter 30° weiter abgeböschet werden kann.

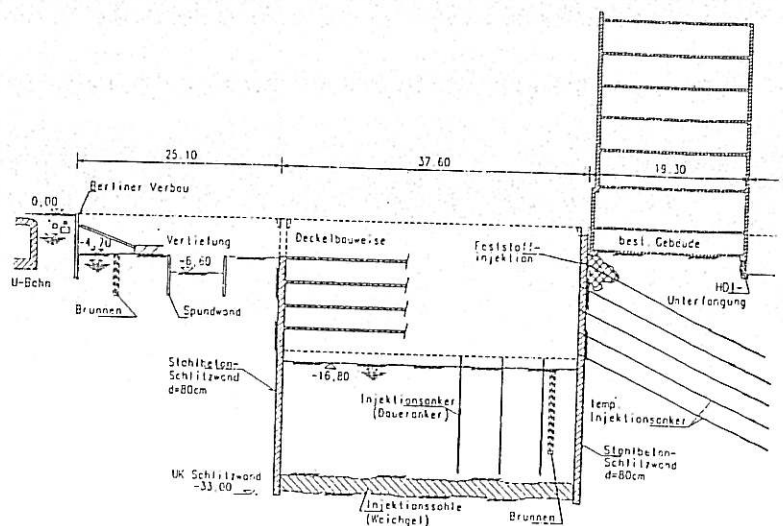
Zur Unterfangung wird die Fundamentsohle abschnittsweise freigeschachtet, über 1,25 m Tiefe verbaut und ein Beton- oder Mauerwerkspfeiler auf der neuen Gründungssohle erstellt. Die Länge eines Unterfangabschnittes soll nicht über 1,25 m, der Abstand zum nächstfolgenden mindestens das 1,5-fache der Ausschachtungstiefe betragen. Um das Nachsetzen unterfangener Fundamente gering zu halten, sind die einzelnen Pfeiler mittels hydraulischer Pressen oder durch Keile gegen die alte Fundamentsohle zu verspannen. Dann erst wird die Anschlußfuge mit Beton verpreßt; nach Erhärtung des Betons wird die hydraulische Presse entfernt und die verbliebene Aussparung ausgefüllt.



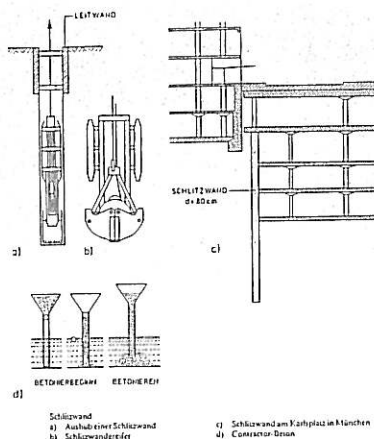
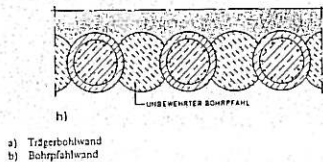
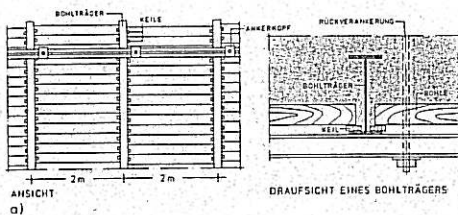
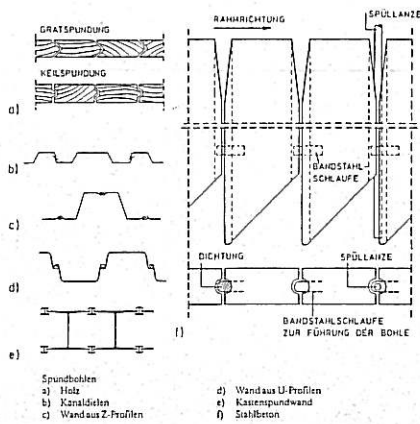
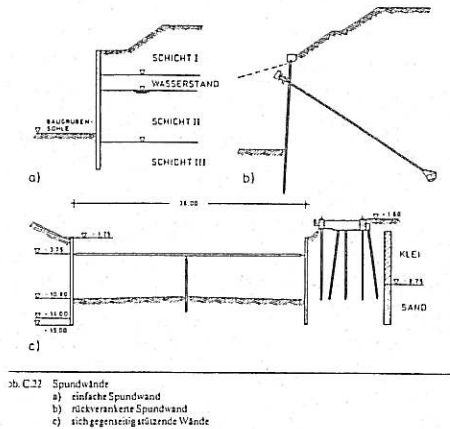
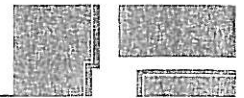
Unterfangung von Fundamenten durch Injektionskörper



Schlitzwanderstellung



Schnittdarstellung Unterfangung / Verbau



6. Stützwände

Stützwände verhindern bei Geländesprüngen das Abrutschen des höherliegenden Geländes, des Geländebruchs. Im Hochbau benötigt man Stützwände als Baugrubenverbau, wenn die Baugrube nicht abgebocht werden kann.

Spundwände

Spundwände bestehen aus eng geschlagenden Bohlen, die längs der Ränder miteinander verbunden sind. Sie sind dadurch relativ wasserdicht, so daß sich ein auf beiden Seiten der Spundwand unterschiedlicher Wasserstand halten läßt. Spundbohlen gibt es in Holz, Stahl & Stahlbeton.

Trägerbohlwand

Eine Trägerbohlwand besteht aus einer Reihe von einzeln eingerammten Stahlträgern, zwischen denen Holzbohlen eingelegt werden. Besonders bewährt hat sich der sogenannte Berliner Verbau. Von Vorteil ist neben der Wirtschaftlichkeit u.a. die Anpassungsfähigkeit an die örtlichen Gegebenheiten und die einfache und zuverlässige Herstellung. Nachteilig ist, daß sie eine größere Elastizität im Vergleich zur Pfahlwand oder Schlitzwand hat und demzufolge nachgiebiger ist, so daß es bei unmittelbarer Nachbarbebauung zu leichten Setzungsschäden an den bestehenden Gebäuden kommen kann.

Bohrpfahlwand

Eine Bohrpfählewand entsteht durch so dichtes Setzen von Pfählen, daß sie sich teilweise überschneiden. Bohrpfählewände sind sehr steif und deshalb deformationsarm.

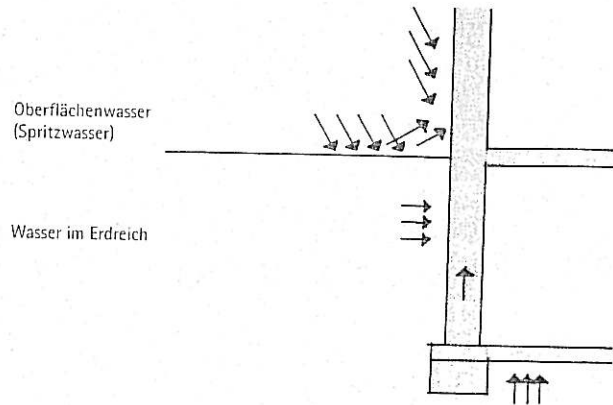
Schlitzwand

Beim Schlitzwandverfahren wird zwischen zwei vorher betonierten Leitwänden mit Hilfe eines Grabengreifers ein Schlitz von der Tiefe der späteren Wand ausgehoben. Der Schlitz wird während des Aushubs mit einer thixotropen Flüssigkeit (Betonit-Suspension) stets bis zum Rand gefüllt. Die Flüssigkeit hat etwa die gleiche Dichte wie der Boden, so daß sie die Betonwände stützt und ihr Einfallen verhindert.

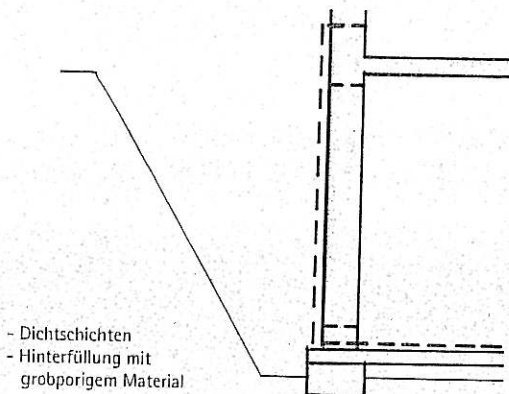
8. Abdichtungen

Nach DIN 18195 wird unterschieden zwischen Abdichtungen gegen Bodenfeuchtigkeit, nicht drückendes Wasser und drückendes Wasser.

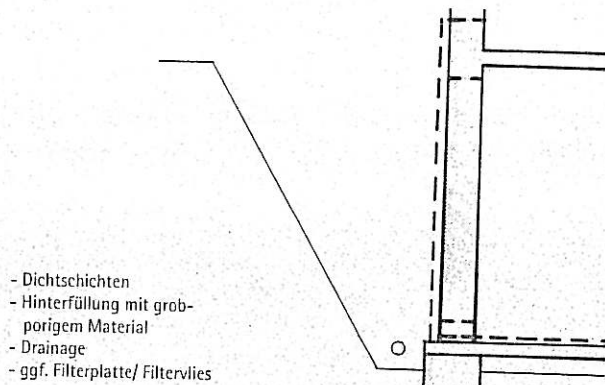
Feuchtigkeit aus der Atmosphäre



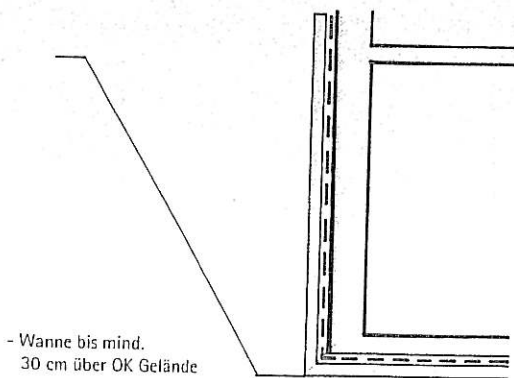
Bodenfeuchtigkeit



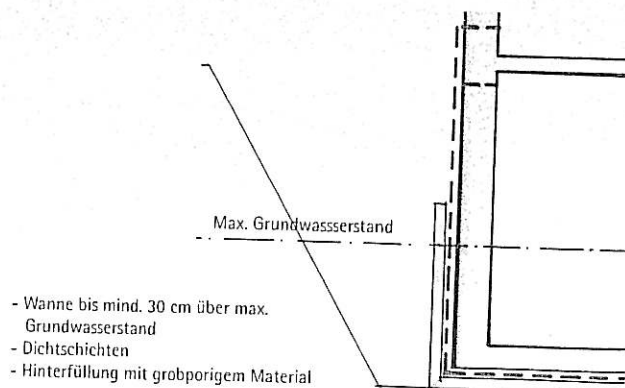
Nicht drückendes Wasser (Sickerwasser)



Drückendes Wasser (Grundwasser) Bindiger Boden



Drückendes Wasser (Grundwasser) Nicht bindiger Boden

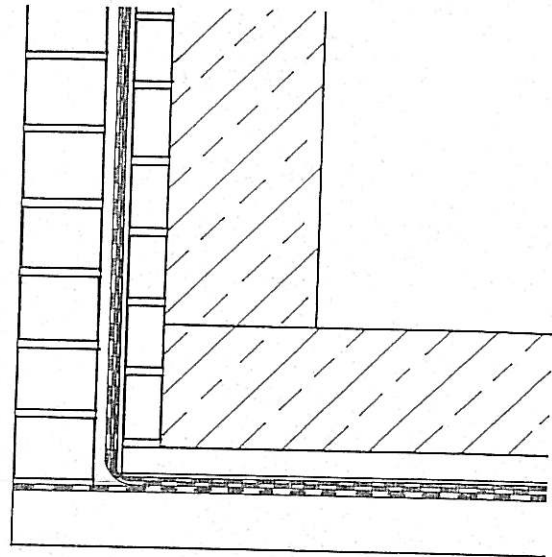


Wasserdichte Wannen

Bei der Ausführung von wasserdruckhaltenden Abdichtungen ist DIN 18195 zu beachten.

Die wasserundurchlässige Konstruktion muß eine geschlossene Wanne bilden.

- Bei nichtbindigem Boden muß die Wanne mind. 30cm über den höchsten Grundwassersstand geführt werden und oberhalb der Wanne eine Abdichtung gegen nicht drückendes Wasser vorgenommen werden.
- Bei bindigem Boden soll die Wanne mind. 30cm über Geländeoberfläche geführt werden.



Schwarze Wanne

Außenabdichtung gegen von außen drückendes Wasser nach DIN 18195, T6.

Weißer Wanne

Abdichtung gegen von außen drückendes Wasser (allgemein anerkannte Regeln der Technik).

Betonbauteile übernehmen abdichtende Funktion - wasserundurchlässiger Beton nach DIN 1045.

Voraussetzungen:

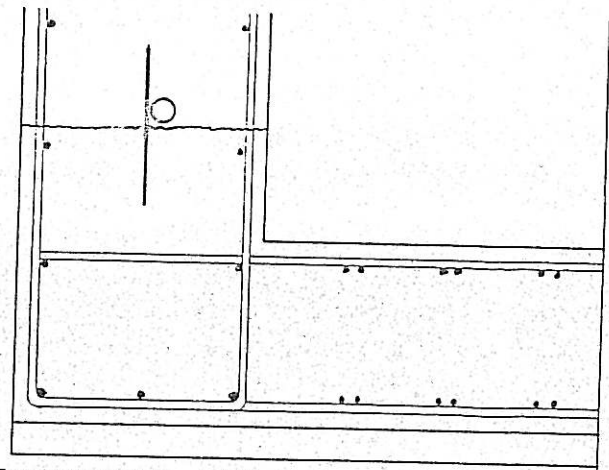
- Wasserangriffsfläche gering halten; d.h., einfache Formen wählen, Vor- und Rücksprünge vermeiden
- möglichst ebene Bausohle mit durchgehender Flächen Gründung
- Rohrdurchführungen minimieren
- stark gegliederte Baukörper bzw. Baukörper mit unterschiedlicher Auflast durch Fugen in möglichst rechteckigen Teilflächen trennen
- Dehnfugen wasserundurchlässig abdichten

Konstruktionselemente

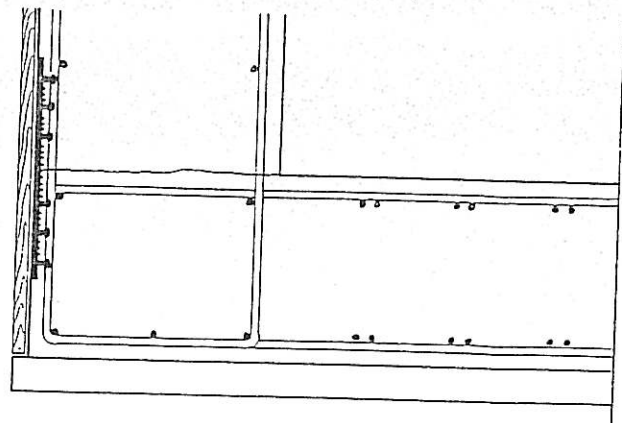
- Sauberkeitsschicht mind. 5 cm
- Stahlbetonsohle mind. 25 cm
- Stahlbetonwände mind. 30 cm

Arbeitsfugen zwischen Sohle und Wand

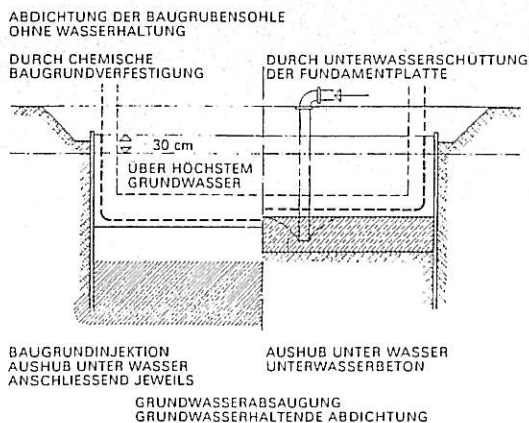
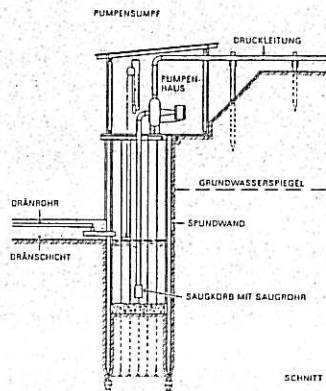
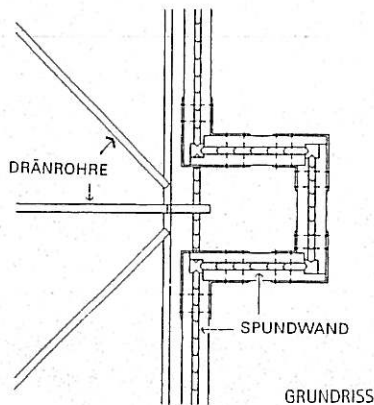
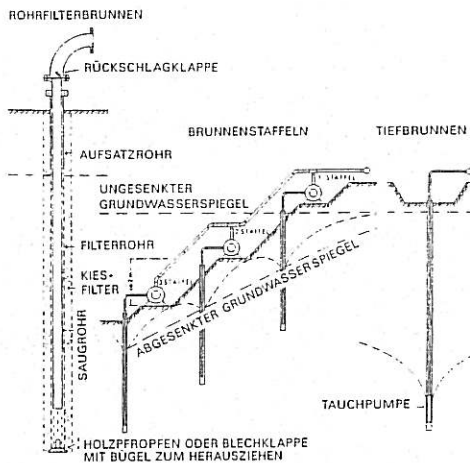
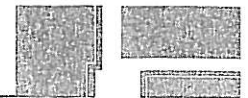
- mit mittig liegenden Fugenblechen, zur Hälfte in Wandsockel einbetoniert (Bewehrungsfreiheit)
- mit außen liegenden Fugenbändern



Fugenband an der Außenseite in Schalung eingebaut (falls Wandsockel nicht möglich)



Fugenband an der Außenseite in Schalung eingebaut (falls Wandsockel nicht möglich)



Wasserhaltung

Eine Baugrube, deren Sohle unterhalb des Grundwasserspiegels liegt, muß trockengelegt und von Wasser freigehalten werden. Es gibt dazu Verfahren der Wasserhaltung und der Abdichtung.

Offene Wasserhaltung :

Verlegung einer Dränage, Anlegen von Pumpensümpfen (Gruben mit Kiesfüllung), Absaugung des nachfließenden Wassers (Motorpumpe).

Grundwasserabsenkung :

Rohrfilterbrunnen entsprechend dem Wasserandrang um die Baugrube niederzubringen, Grundwasserspiegel 30-50cm unter Gründungssohle senken.

Tiefbrunnenabsenkung :

Bei großen Absenkungstiefen.

Vakuumbrunnen :

Für Feinsand- oder Schluffböden.

Elektro-Osmose-Verfahren :

Für sehr feinporige Böden.

Abdichtung der Grubenwände :

Wasserdichter Verbau (Spundwand, Bohrpfahl oder Schlitzwandverbau).

Abdichtung der Baugrubensohle :

Chemische Baugrubenverfestigung
Gefrierverfahren
Unterwasserbeton