

Grundbau und Fundamente

Allgemeines

Der Grundbau ist ein Teilgebiet des Bauwesens. Der Namensbestandteil Grund zielt dabei auf den Boden, als Teil der Erdkruste, ab. Die Bauaktivitäten des Grundbaus finden somit überwiegend unterhalb der Geländeoberfläche, oft im so genannten Baugrund, statt. Im Unterschied zum Felsbau handelt es sich beim Grundbau um das Bauen im Lockergestein. Die Erdstatik liefert die Voraussetzungen, die Bodenmechanik ist die theoretische Grundlage für den Grundbau.

Grundbau beschäftigt sich insbesondere mit der Planung, Berechnung, Ausführung und Sicherung von Gründungen (Fundamentierungen) und ähnlichen Baumaßnahmen.

Die Bauaufgaben des Grundbaus lassen sich vereinfacht in fünf Gruppen unterteilen:

- Gründungen (Flach- und Tiefgründungen),
- Sicherung von Geländesprüngen (Baugrubenwänden, Stützmauern, Verankerungen, Unterfangungen),
- Böschungen (Einschnitte, Schüttdämme, Staudämme), und deren Sicherung gegen Böschungsbruch.
- Hohlraumbauten (Tunnels, Stollen, Schächte, Kavernen, Rohrleitungen),
- Deponien und Altlasten (Abdichtung, Einkapselung).

Das eigentliche Bauen mit Erde als Material ist der Erdbau.

Außerdem beschäftigt sich der Grundbau mit:

Verkehrswegebau (Straßen, Bahndämme, Flugplätze),

Bauen im Grundwasser (Grundwasserabsenkung, Dränung, Abdichtungen),

Hochwasserschutz, Küstenschutz, Hafenanlagen.

Die zur Herstellung der Grundbauwerke eingesetzten Konstruktionen und Bauverfahren hängen eng mit den jeweiligen Baugrundverhältnissen zusammen, so dass jede Technologie an bestimmte Einsatzgrenzen gebunden ist.

Baugrund

Mit Baugrund bezeichnet man im Bauwesen fachlich die für die Errichtung eines Bauwerk und dessen Gründung (Fundamentierung) bestimmte Auflagerfläche.

"Baugrund" bedeutet in diesem Zusammenhang nicht das Baugrundstück wie in der Alltagssprache, sondern den jeweiligen Boden (Bodenkunde) – als Teil der Erdkruste – und seine Tragfähigkeit. Für die technische Qualität des Baugrundes ist die Bodengüte ausschlaggebend, die in Rahmen einer Baugrunduntersuchung ermittelt wird.

Baugrund und Boden

Vor dem Beginn der Bauarbeiten wird in der Regel der Mutterboden, die oberste 20 - 40 cm dicke humose Erdschicht, abgetragen. Dieser wird oft auf der Baustelle gelagert und nach Abschluss der Bauarbeiten wieder aufgebracht.

Als gewachsener Boden wird der natürlich anstehende, an Ort und Stelle entstandene Boden bezeichnet. Im Gegensatz dazu wird ein durch Menschen eingebauter Boden als Auffüllung bezeichnet.

Ist die zulässige Belastbarkeit des Baugrundes insgesamt nicht ausreichend, besteht durch einen Bodenaustausch oder Sondergründungsmaßnahmen die Möglichkeit, eine tragfähige Grundlage für die Fundamente zu schaffen. Hier ist z.B. die Pfahlgründung als prominentester Vertreter der Tiefgründung zu nennen.

In Mitteleuropa sind bei der Errichtung von Gebäuden Ausschachtungsarbeiten notwendig, um die Frostsicherheit der Gründung zu gewährleisten.

Bodengüte nach DIN 1054

Nach DIN 1054 unterscheidet man im Wesentlichen drei Bodengüten:

Fels

ist in unverwittertem Zustand sehr fest und hoch belastbar. Die für die Errichtung von Bauwerken notwendigen Vorbereitungsmaßnahmen können jedoch sehr kostspielig sein (Sprengung).

Bindiger Boden

ist ein Boden mit hohem Anteil (>40 %) an Ton oder Schluff (umgangssprachlich als Lehm bezeichnet). Bindige Böden haben unter Umständen eine inhomogene Struktur und setzen sich daher unter Druckbelastung unregelmäßig. Je nach dem Anteil von Tonmineralen und Schluff sind diese Böden auch schlecht wasserdurchlässig. Wasser kann sich sammeln, verringert die Tragfähigkeit und Staunässe sich an den Bauwerksaußenseiten auf. Außerdem reagiert der Boden empfindlich auf Frost. Tonminerale neigen unter Einfluss von Wasser außerdem zum Quellen bzw. Schrumpfen. Bindiger Boden setzt sich sehr langsam; daher können noch Restsetzungen nach Fertigstellung des Bauwerks auftreten, die zu Bauschäden führen können.

Nicht bindiger Boden

ist ein Boden mit einem Anteil an Korngröße von unter 40 %, zum Beispiel Sand- oder Kiesböden. Entgegen dem Sprichwort „auf Sand gebaut“ handelt es sich hierbei meist um guten Baugrund. Dies resultiert aus zum Einen aus der relativ hohen Wasserdurchlässigkeit, so dass sich keine Stau- und Sickerwasser bilden können. Zum Anderen erfolgen Setzungen in der Regel gleichmäßig, so dass Bauschäden unwahrscheinlich sind. Außerdem setzt sich der Boden so schnell, dass die Setzungen bereits während der Rohbauphase abgeschlossen sind. Bei ungenügend hoher Lagerungsdichte oder dem Vorhandensein von Humus-Anteilen können aber auch bei einem solchen Boden Schäden nicht ausgeschlossen werden.

Baugrunduntersuchung

Zur Planung eines Gebäudes gehört stets eine Beurteilung der Bodengüte, da diese auch für die Dimensionierung und Auslegung der Fundamente, also das Gründungskonzept, ausschlaggebend ist. Ist die Tragfähigkeit im Bereich des Gebäudes sehr unterschiedlich, ergeben sich häufig Probleme wie Setzungsrisse durch ungleichmäßige Setzung.

Die Tragfähigkeit des Bodens kann im Rahmen einer Baugrunduntersuchung ermittelt werden. Hierbei wird mittels Rammsondierung nach DIN EN ISO 22476-2 die Lagerungsdichte nicht bindiger Böden bzw. die Konsistenz bindiger Böden ermittelt. Weitere eventuell erforderliche bodenmechanische Parameter können in Laborversuchen bestimmt werden. Direkte Baugrundaufschlüsse durch Erkundungsbohrungen geben zusätzlich die Abfolge und Mächtigkeit (Dicke) der einzelnen Bodenschichten wieder. Im Zuge dieser Untersuchungen kann außerdem der aktuelle Grundwasserstand eingemessen werden. Aus den Sondierergebnissen und seinen regionalgeologischen Kenntnissen kann ein Sachverständiger für Geotechnik (Baugrundgutachter) die zulässigen Belastungen des

Baugrundes und die zu erwartenden Setzungen rechnerisch ermitteln. Art und Umfang der Untersuchungen regelt DIN 4020 Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke. Die Auswertung der Baugrunduntersuchung erfolgt üblicherweise nach der DIN 1054 (Baugrund). Hier werden typische Bodenkennwerte für allgemeine und eindeutige Fälle vorgeben.

Bodenmechanik ist die Lehre von den physikalischen Eigenschaften des Bodens (Bodenkunde) und seines Verhaltens als Baugrund (im Unterschied zum Fels: Felsmechanik). Sie untersucht die Bewegungen und Kräfte in Lockergestein bzw. Erdstoffen, insbesondere die Vorgänge bei Bauwerken im Boden (Grundbau) und aus Erde (Erdbau).

Die Bodenmechanik hat sich als Übergangsbereich zwischen Geotechnik, Kontinuumsmechanik und Bodenkunde entwickelt und ist die theoretische Grundlage der Erdstatik, mit der die Belastung der Bauwerke berechnet wird und mit deren Hilfe ihre Fundamente bemessen werden.

Der wesentliche Unterschied der Bodenmechanik zur Felsmechanik besteht darin, dass der Boden bei Standsicherheitsberechnungen als Kontinuum behandelt werden kann, der Fels jedoch aufgrund seiner Schicht- und Kluftstruktur nur als ein Diskontinuum. Dieses erfordert völlig verschiedene Ansätze.

Die Notwendigkeit bodenmechanischer Berechnungen ergibt sich aus der Tatsache, dass der Baugrund die Lasten der Bauwerke sicher abtragen muss, um beispielsweise Grundbruch und damit ein Kippen des Baukörpers sicher zu vermeiden. Der im näheren Umfeld des Bauwerks anzutreffende Baugrund ist damit mechanisch ein Teil des Bauwerks, dessen Versagen es sicher zu vermeiden gilt.

Die erste mathematische Theorie über Bodenbewegungen und -kräfte legte Charles Augustin de Coulomb (1773) vor. Das erste umfassende Lehrbuch über Bodenmechanik verfasste Karl von Terzaghi (1925). Terzaghi gilt damit als Begründer der Bodenmechanik als eigenständige Wissenschaft.

Ein wichtiges Teilgebiet der Bodenmechanik (als Teilbereich der Bodenkunde) ist die Bodenklassifizierung, sowie die Erforschung der mechanischen Eigenschaften von Böden und die Entwicklung entsprechender Prüfmethoden, um die mechanischen Eigenschaften der Böden klassifizieren und wirklichkeitsnah modellieren zu können:

In bodenmechanischen Laboren werden diese Eigenschaften mit Versuchen ermittelt. Dabei bestimmt man zum Beispiel:

Dichte, Korngröße, Konsistenz, Fließgrenze, Ausrollgrenze, Schrumpfgrenze, Porenanteil, Verdichtbarkeit, Proctordichte, Wassergehalt, Wasseraufnahme, Wasserdurchlässigkeit, Scherfestigkeit, Kohäsion (Bodenmechanik), Steifemodul usw.

Ein Labor-Prüfgerät, mit dem die Scherfestigkeit von Bodenproben gemessen werden kann, ist zum Beispiel das Triaxialgerät, ein anderes das Ödometer.

Im Feld (auf der Baustelle) verwendet man andere Geräte, um Proben zu gewinnen oder um Kennwerte in situ (vor Ort) zu bestimmen: Stechzylinder, Ramm(kern)sonden, Plattendruckgeräte, usw.

Ein weiterer Bereich der Bodenmechanik ist die Entwicklung von Materialwissenschaft und Stoffgesetzen zur Beschreibung des Verhaltens von Böden. Die einfachsten Stoffgesetze, mit denen das Verhalten von Böden beschrieben wird, sind das Hookesches Gesetz (linear Elastisches Verhalten), die Bruchbedingung des Mohr-Coulombsches Bruchgesetzes (starr plastisches Verhalten). Mit diesen einfachen Gesetzen kann das mechanische Verhalten von Böden jedoch nur grob angenähert werden. Der Einsatz dieser Stoffgesetze ist daher jeweils auf spezielle Fragestellungen beschränkt. Für eine realistischere Beschreibung des Materialverhaltens werden anspruchsvollere Stoffgesetze angewendet.

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Beschreibung des mechanischen Verhaltens von Böden ist deren Mehrschichtigkeit. Boden besteht nämlich aus verschiedenen Schichten: dem Korngefüge (fest), in dessen Poren sich Wasser (flüssig) und Luft (gasförmig) befinden. Die Wechselwirkungen zwischen diesen Schichten zu beschreiben, ist eine Aufgabe der Bodenmechanik. Allseits bekannte bodenmechanische Phänomene sind hier z.B. der Auftrieb, die Strömungskraft, die Kapillarität sowie die Durchlässigkeit, die meistens mit dem Darcy-Gesetz beschrieben wird.

Fundamente

Die Gründung oder das Fundament ist die konstruktive und statische Ausbildung des Übergangs vom Bauwerk zum Boden mit dem Ziel, dass die durch das Bauwerk und dessen Nutzung verursachten Verformungen des Bodens kleiner sind als aus Sicht des Bauwerks zulässig.

Der Begriff Sockel umfasst im Sprachgebrauch sowohl die in der Erde liegenden Teile, die Gründung im eigentlichen Sinn, als auch die technisch – oder nur optisch – zur Basis des Bauwerks gehörenden oberirdischen Teile. Ursprünglich wurde der Begriff Fundament von Philipp von Zesen durch den Ausdruck „Grundstein“ eingedeutscht.

Gründungsarten

Unterscheidung nach der Tiefe der Gründung

Es wird zwischen Flachgründung und Tiefgründung unterschieden. Bei der Flachgründung werden die Fundamentlasten in die oberen Bodenschichten eingeleitet. Bei der Tiefgründung werden die Lasten des Bauwerks mittels Pfählen, Schlitzwänden oder Brunnen in tiefere Bodenschichten abgeleitet.

Unterscheidung nach Ausführung

Einzelfundamente werden in der Regel für einzelne Stützen oder isolierte Bauteile mit großer Schlankheit und hohem Einzelgewicht wie Schornsteine errichtet. Die (annähernd) punktförmige Last wird dabei über die Fläche in den Untergrund eingeleitet. Bei der Einleitung von Momenten ist so zu bemessen, dass die Klaffende Fuge maximal bis zur Mitte des Fundaments reicht.

Zu den Einzelfundamenten gehören Köcherfundamente. Sie besitzen auf der Oberseite eine Aussparung, in die eine Stütze eingesteckt wird.

Streifenfundamente werden in der Regel für Wände errichtet. Die Auflast ist in diesem Fall eine Streckenlast. Bei der Einleitung von Momenten ist so zu bemessen, dass die Klaffende Fuge maximal bis zur Mitte des Fundaments reicht.

Die Fundamentbreite beträgt in der Regel das Doppelte der auf ihnen stehenden Wände, die genauen Maße und ggf. Betonstahlgarmierung ergeben sich aus der Tragfähigkeit des Baugrundes. Die Fundamente werden oft in der Betonfestigkeitsklasse C20/25 oder C25/30 ausgeführt.

Plattenfundamente oder Sohlplatten werden eingesetzt, wenn Einzel- oder Streifenfundamente wegen hoher Baulasten nicht wirtschaftlich sind. Es kann auch bei geringen Lasten wirtschaftlicher sein eine Sohlplatte einzusetzen, da der Arbeitsaufwand unter Umständen geringer ist. Man führt dann die gesamte Bodenplatte als Gründungsplatte aus. Eine Gründungsplatte ist stets an der Ober- und Unterseite bewehrt. Seitlich steht sie oft über die Außenkante der (Keller-)wände vor. Vor dem Betonieren der Gründungsplatte wird auf dem Boden der Baugrube eine dünne Sauberkeitsschicht aus Magerbeton und/oder eine feste PE-Folie eingebracht, damit die Bewehrung sich beim Betonieren nicht verschieben kann und der Beton sich nicht mit dem Baugrund vermischt.

Kellerwannen sind erforderlich, wenn drückendes Wasser ansteht, d.h. bei einem möglichen Anstieg des Wasserstandes über die Fundamentsohle, z.B. in der Nähe von Gewässern oder bei sehr hohem Grundwasserpegel oder Schichtenwasser. Je nach Ausführung unterscheidet man zwischen einer **Weißer Wanne** und einer **Schwarzer Wanne**.

Weißer Wannen werden aus wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton) hergestellt. Nach der DIN 1045-1:2001-07 wird Festbeton mit dieser besonderen Eigenschaft als „Beton mit hohem Wassereindringwiderstand“ bezeichnet. Dazu besitzt dieser Beton einen hohen Wasserzementwert – es ist also mehr Zement im Beton als gewöhnlich und dieser Beton wird stärker armiert – es sind also mehr Moniereisen im Bauteil als gewöhnlich.

Bei schwarzer Wannen wird eine konventionelle Gründung von außen mittels Bitumen oder Bitumenbahnen abgedichtet. Bei Kellerwannen muss das aufgehende Gebäude in allen Bauzuständen ein ausreichendes Gewicht haben, damit die Wanne nicht aufschwimmt oder es muss für eine rechtzeitige Flutung gesorgt werden. Das Fluten kann aber nur als Maßnahme im Notfall angesehen werden. Im Normalfall senkt man das Grundwasser soweit ab, dass in jedem Bauzustand eine ausreichende Auftriebssicherheit vorhanden ist. Ein prominentes Beispiel für einen Bauschaden, der auf Missachtung dieser Regel beruht, ist der Bonner Schürmann-Bau.

Weitere Details

Unter der Bodenplatte wird in der Regel noch eine kapillare bzw. kapillarbrechende Kiesschicht eingebaut. Von unten aufsteigende Feuchtigkeit kann somit nicht bis zur Bodenplatte vordringen.

In die Bodenplatte werden außerdem Fundamentanker eingebracht, die für die gesamte Elektroinstallation als Potenzialausgleich dienen.

Die Baugrube

ist (nach DIN 4124) der Raum unterhalb der Geländeoberfläche, dessen Form dem im Untergrund gelegenen Teil einer zu errichtenden Bauwerks entspricht, zuzüglich des zur Herstellung des Bauwerks erforderlichen Arbeitsraumes. Den frei zu haltenden Arbeitsraum wird in den Berufsgenossenschaftliche Vorschriften mit 0,50 m vorgegeben.

Die Baugrube wird nach unten durch die Baugrubensohle und zur Seite durch Böschungen oder durch Baugrubenverbau begrenzt.

Ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit dürfen folgende Böschungswinkel nicht überschritten werden:

- a) bei nichtbindigen oder weichen bindigen Böden 45°
- b) bei steifen oder halbfesten bindigen Böden 60°
- c) bei Fels 80°

Die Standsicherheit der Böschung ist dann nachzuweisen, wenn

- die Böschung höher als 5,0 Meter ist
- die oben genannten Böschungswinkel überschritten werden
- schwierige Boden- und Wasserverhältnisse vorliegen
- vorhandene bauliche Anlagen gefährdet werden können
- die Böschungsoberkanten mit Auflasten größer 10 kN/m^2 belastet wird
- die Geländeoberfläche stärker als 1:10 geneigt ist
- die Böschungsoberkante im Abstand von 1,0 Meter mit Fahrzeugen befahren wird

(Quelle: Vorschriften der Bau-BG: BGV C22 "Bauarbeiten" und DIN 4124)

Bei hohen Baugrubenböschungen kann es angebracht sein, eine Berme einzubauen. Die Berme dient dazu, nachrutschendes Material aufzufangen und sollte spätestens nach 3,00 m Grabentiefe zur Anwendung kommen. Nach den deutschen Unfallschutzvorschriften müssen Bermen zum Begehen mindestens 0,60 m breit sein; Bermen zum Auffangen abrutschender Teile sogar mindestens 1,50 m.

Zur Abrechnung des Baugrubenaushubs muss das Baugrubenvolumen bestimmt werden, teilweise unter Berücksichtigung verschiedener Bodenschichten. In einfachen, jedoch seltenen Fällen stellt die Baugrube ein Quader oder einen Pyramidenstumpf dar. Diese Körper lassen sich mit geschlossenen Formeln berechnen. In der Praxis sind die geometrischen Körper jedoch häufig kompliziert, da die Baugrubensohle kein Rechteck darstellt oder das Urgelände nicht parallel zur Baugrubensohle liegt. Außerdem können Rampen und gekrümmte Baugrubenwände vorkommen. Für die rechnerische Ermittlung der Volumen dieser Baugruben erlaubt die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Teil B (VOB/B) die Verwendung von Näherungsverfahren. Ein Verfahren, das zu relativ genauen Ergebnissen führt, stellt das Prismenverfahren dar. Dieses Verfahren ist in der "Regelung für die Elektronische Bauabrechnung" (REB) Nr. 22.013 des Gemeinsamen Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB) beschrieben.

Baugrubenverbau

Sind die Platzverhältnisse, wie beispielsweise im innerstädtischen Bereich, stark beengt oder erlauben die Boden- und Wasserverhältnisse keine geböschte Baugrube, so ist ein Baugrubenverbau auszuführen. Der Verbau verhindert Einsturz, nachrutschendes Erdreich, eindringendes Wasser oder Erosion und schützt so Arbeitsraum, Geräte und Menschen vor Gefahren und Beeinträchtigungen. Die Ausführung und Standsicherheit eines Verbaus sind Gegenstand von bautechnischen Nachweisen und durch entsprechende Normen geregelt.

Im Unterschied zum Grabenverbau, bei dem sich die seitlichen Sicherungen gegenseitig abstützen, wird beim Baugrubenverbau der Verbau hauptsächlich durch Rückverankerung oder Einspannung im Boden gesichert. Je nach Anforderung kommen dabei verschiedene Techniken zum Einsatz. Eine Alternative zur Rückverankerung und Einspannung ist der Düsseldorfer Deckel.

Düsseldorfer Verbau, Düsseldorfer Deckel

Der Düsseldorfer Deckel ist eine spezielle Bauweise (Deckelbauweise) für Tunnel und tiefe Baugruben, die in den 1970er Jahren zuerst in Düsseldorf für den U-Bahnbau angewandt wurde. Später wurde diese Bauweise auch für die Aussteifung anderer Baugruben verwendet, zum Beispiel für Hochhäuser. Die Baugrube wird dabei durch eine Platte (einen

Deckel) abgedeckt und ihre Wände dadurch ausgesteift, statt rückwärtige Anker zu verwenden¹.

Zuerst wird eine Straßenseite geöffnet. An den Rändern der Baugrube werden Schlitzwände hergestellt. Auf diese Wände und weitere Hilfsstützen wird der Deckel betoniert. Dann wird der Verkehr darüber geführt und die Arbeiten gehen auf der anderen Straßenseite weiter. Wenn der Deckel auf beiden Straßenseiten fertig ist, wird das Erdreich unter dem Deckel ausgebaggert und die Arbeiten gehen unter dem Deckel weiter. Neben den Vorteilen für den Verkehr ist ein weiterer Vorteil, dass der Baulärm vermindert wird. Auch U-Bahnhöfe entstanden in dieser Spezialbauweise.

Berliner Verbau, Trägerbohlwand

Eine Trägerbohlwand ist ein Baugrubenverbau, der das Nachrutschen von Erdreich in eine Baugrube verhindert. Neben der Trägerbohlwand sind auch andere Verbautechniken, wie zum Beispiel Schlitzwand, Bohrpfahlwand oder Spundwand, möglich².

Die Trägerbohlwand gibt es in verschiedenen Ausführungsvarianten, die sich in der konstruktiven Ausbildung, beim verwendeten Material und bei der Art des Einbaus unterscheiden. Am bekanntesten ist der sogenannte Berliner Verbau. Der Name leitet sich vom erstmaligen Einsatz in den 1930-er Jahren beim Bau der Berliner U-Bahn ab. Häufig wird der Ausdruck „Berliner Verbau“ als Synonym für „Trägerbohlwand“ verwendet. Ausführungsvarianten sind der sogenannte Essener Verbau und der Hamburger Verbau.

Die Herstellung einer Trägerbohlwand erfolgt in mehreren Schritten: Zunächst werden Vertikalträger entlang des künftigen Baugrubenrandes in regelmäßigen Abständen (ca. 1,5 m bis 2,5 m) abgeteuft. Beim Berliner Verbau werden hierfür meistens Breitflanschträger vom Typ HEA oder HEB, alternativ über Laschen verbundene U-Profile verwendet. Bei lockeren Böden werden die Träger meistens eingerüttelt (ein vibriert), früher eingerammt. Zur Verminderung von Lärm und Erschütterungen ist es in städtischen Bereichen meistens üblich verrohrte Löcher vorzubohren, in die die Träger eingestellt werden. Dabei können bei den Trägern zur Erhöhung der Verformungssteifigkeit auch Betonfüße zur Anwendung kommen.³

Danach beginnt der Baugrubenaushub, bei steifen und bindigen Böden bis auf eine Tiefe von zirka 1,25 m. Bei ungünstigen Bodenverhältnissen kann es erforderlich sein, dass der Voraushub nur eine Bohlenbreite beträgt. Anschließend werden Kanthölzer oder Holzbohlen zwischen die freigelegten Flansche der Stahlträger eingebracht und mit Keilen gegen den Boden verpresst. Alternativ zur Verwendung von Holz kann die Ausfachung auch mit Spritzbeton, Stahlbeton, Stahlbeton-Fertigteilen oder Stahlelementen (Kanaldielen) durchgeführt werden.⁴

Abhängig von den Baugrundkennwerten und unter Berücksichtigung der Verkehrs- und Bauwerklasten wird meistens bereits ab einer Baugrubentiefe von 2 bis 3 m eine Rückverankerung der Trägerbohlwand mittels Verpressankern oder Aussteifung zur gegenüberliegenden Verbauwand notwendig. Bei tiefen Baugruben wird die Trägerbohlwand auf mehreren Ebenen verankert oder ausgesteift.

¹ R. Coßmann, R. Hartmann-Linden, U. Maurischat, N. Veith: *Düsseldorfer Deckel – eine elegante Baugrubenaussteifung*. in: Bautechnik Nr. 2, Februar 2009, Seite 75–83

² DIN 4124: Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten

³ Bernhard Wietek: *Grundbau – Einführung in Theorie und Praxis*. MANZ Verlag Schulbuch GmbH, Wien 2002

⁴ Christian Wegener: *Trägerbohlwand oder Träger-Bohl-Wand*. In: *Tiefbau*, Jahrgang 2008, Heft 8, S. 472-474

In vielen Fällen wird die Trägerbohlwand nach Abschluss der Bauarbeiten rückgebaut. Dabei werden schrittweise die Ausfachungen ausgebaut und die Baugrube verfüllt. Die Träger selbst können zum Schluss gezogen werden. Eine Wiederverwendung ist möglich. Die Rückverankerung verbleibt im Baugrund.

Der Hamburger Verbau ist gekennzeichnet durch einen Arbeitsraum zwischen Baukörper und Bohlwand. Die Verbaubohlen können dadurch wiedergewonnen werden.

Der Essener Verbau kommt bei steil geneigten Verbauwänden zur Anwendung. In der Regel werden zwei miteinander durch Laschen verbundene U-Profile als Träger verwendet, die durch Verpressanker an der Böschung befestigt sind. Die Ausfachung besteht beispielsweise aus Spritzbeton mit Baustahlgewebematten. Es ist kein Arbeitsraum vorgesehen.

Schlitzwand

Eine **Schlitzwand** ist ein Bauelement, das für Baugrubensicherungen von tiefen Baugruben oder für Tiefgründungen Verwendung findet.

Mit Schlitzwandgreifern oder Schlitzwandfräsen wird ein Schlitz im Boden ausgehoben. Zur Stabilisierung des Schlitzes wird eine stützende Flüssigkeit (in der Regel eine Bentonitsuspension, eine Mischung aus Bentonit und Wasser) in den Schlitz eingefüllt. Soll mit der Schlitzwand eine Dichtigkeit gegen anstehendes Grundwasser erzielt werden, so ist es erforderlich, dass der Schlitz bis in eine wassersperrende Bodenschicht, z. B. Ton geführt wird.

Bentonit, benannt nach der Benton-Formation, Fort Benton Montana, ist ein Gestein, das eine Mischung aus verschiedenen Tonmineralien ist und als wichtigsten Bestandteil Montmorillonit (60–80 %) enthält, was seine starke Wasseraufnahme- und Quellfähigkeit erklärt. Weitere Begleitmineralien sind Quarz, Glimmer, Feldspat, Pyrit oder auch Calcit. Es entsteht durch Verwitterung aus vulkanischer Asche. Bentonit findet eine wichtige Anwendung in der Bautechnik, unter anderem bei Bauwerksabdichtungen und im Deichbau. Es dient als Gleitmittel beim Vortrieb von Tunneln und Rohren, Einvibrieren von Schmalwänden oder als Stützflüssigkeit bei ungestützten Bohrungen und Schlitzwänden

Nach Ausheben der vollen Schlitztiefe wird bei Ortbetonschlitzwänden ein Bewehrungskorb eingeführt und die stützende Flüssigkeit durch Beton ersetzt. Hierbei wird ein Rohr (Kontraktorrohr) bis kurz vor den Boden des Schlitzes herabgelassen, wodurch der Beton direkt auf den Grund des Schlitzes gelangt. Nun verdrängt der von unten nach oben aufsteigende Beton die Stützflüssigkeit, die abgepumpt, über eine Regenerationsanlage entsandet und für einen späteren Gebrauch wieder aufbereitet wird.

Im Tunnelbau oder auch Hochbau werden Schlitzwände auch für die sogenannte Deckelbauweise verwendet.

Übliche Schlitzwanddicken liegen zwischen 60 und 100 Zentimeter.

Bohrpfahlwand

Eine Bohrpfahlwand ist ein Bauteil zur Sicherung eines (meist künstlichen) Geländesprungs, zum Beispiel einer Baugrube. Eine Bohrpfahlwand besteht aus vielen einzelnen bewehrten Bohrpfählen aus Ortbeton.

Zunächst wird mit einem geeigneten Gerät (Rotationsbohrgerät, Greifer, etc.) ein Loch mit dem Durchmesser und der Tiefe des Pfahls hergestellt.

Um den Verbruch des Bohrlochs zu verhindern, wird die Bohrung verrohrt ausgeführt (heute Standard) oder es kommt eine Stützflüssigkeit aus Bentonit zum Einsatz (hier gezeigt). Die Stützflüssigkeit wird laufend nachgefüllt, kompensiert den Erddruck und dichtet das Bohrloch ab. Bei anstehendem Grundwasser kann es vorkommen, dass trotz stützender Verrohrung der Boden von unten in die Bohrung eintreibt (hydraulischer Grundbruch). Um den Wasserdruck des anstehenden Grundwassers auszugleichen, kann mit Wasserauflast gebohrt werden. Das Bohrloch wird mit Wasser gefüllt. Der Wasserstand muss mindestens so hoch wie der Grundwasserstand im umliegenden Boden sein. Bei standfesten Böden (Fels) kann das Bohrloch auch unverrohrt und ungestützt ausgeführt werden.

Ist die Endtiefe erreicht, wird der vorgefertigte Bewehrungskorb normalerweise in einem Stück eingehoben. Bei sehr langen Pfählen kann es auch erforderlich sein, die Pfahlbewehrung bis auf die erforderliche Länge aus mehreren Strängen zusammenzusetzen.

Danach wird der Beton im Contractor-Verfahren eingefüllt: Ein Betonierrohr (Schüttrohr) wird in die Bohrung bis an den Pfahlfuß geführt. An der Unterkante tritt der Beton aus und schiebt Wasser, Schlamm und die Stützflüssigkeit nach oben. Der Betoniervorgang findet also von unten nach oben statt. So tritt keine Verunreinigung, Entmischung oder Verwässerung (Veränderung des w/z-Wertes) des Betons ein. Während des Betonierens wird die verdrängte Suspension laufend abgesaugt und recycelt, das Wasser und der Schlamm in der Bohrung laufen oben über die Bohrröhre aus.

Spundwand

Eine Spundwand ist ein Verbau zur Sicherung von Baugruben oder Geländesprüngen, der zugleich eine Dichtungsfunktion übernehmen kann. Manchmal ist auch nur die Abdichtung gegen Wasser oder von kontaminiertem Erdreich gewünscht.

Die Spundwand besteht aus einzelnen Profilen (Spunddielen auch: Spundbohlen), die in den Boden gerammt oder gerüttelt (vibriert), selten auch geschlagen oder gepresst werden. Die Dielen bestehen zumeist aus Stahl, können in Ausnahmefällen aber auch aus Stahlbeton, Kunststoff oder Holz sein. Die einzelnen Dielen sind miteinander durch ineinander greifende Schlösser (Nut und Feder) verbunden, so dass eine zusammenhängende Wand entsteht. Beim Rammen wird jede Diele durch das Schloss der zuletzt gerammten Diele seitlich geführt und mit ihr kraftschlüssig und wasserdicht verbunden. Die Verarbeitung erfolgt mittels spezieller Baumaschinen, die die Spundwände einrammen (Spundramme) bzw. einrütteln und auch wieder herausziehen können.

Anwendung finden übliche Baustahlqualitäten nach EN 10025:

S 235 JRC (1.0120)

S 275 JRC (1.0128)

S 355 JRC (1.0551)

Ein besonderer Korrosionsschutz ist explizit nicht vorgesehen, es wird eine jährliche Abtragsrate in Luft / Boden von ca. 0,01 mm/Jahr und in Süß- und Meerwasser von ca. 0,03 mm/Jahr angenommen.

Es gibt verschiedene Spundwandprofile. Am bekanntesten sind Leichtprofile (Hoesch, Krupp), Tafelprofile (Hoesch, Larssen, Krupp), Z-Profile (Krupp, Hoesch, Peiner, Arbed) und I-Profile (Arbed- oder Peiner-Kastenspundwand). Mit den Spundwandprofilen verwandt sind

die sogenannten Kanaldielen. Diese haben jedoch kein dichtes Schloss und sind daher nicht für Abdichtungsaufgaben geeignet.

Die gängigen Profile sind in Längen von ca. 6 m bis 30 m lieferbar. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass die Spundwand durch die Einbindung erheblich länger sein muss als die Aushubtiefe.

Die Spundwand in der heutigen Ausführung wurde 1902 von dem Bremer Staatsbaumeister Tryggve Larssen erfunden. Die Wand bestand aus einem U-Walzprofil mit einer angenieteten Verbindungsklemme, dem Schloss. In der Zeit von 1914 bis 1921 wurde das Spundwandprofil mit Schloss entwickelt und seither aus einem Stück gewalzt.

Im einfachsten Fall wird die Spundwand nur durch eine entsprechend tiefe Einbindung im Untergrund gehalten. (Statisches System des Kragträgers). Ab einer gewissen Höhe der Wand wird eine zusätzliche Abstützung erforderlich. Dies erfolgt durch innenliegende horizontale Gurte, die dem System ein (oder mehrere) zusätzliches Auflager hinzufügen. Die Gurte stützen sich entweder gegenseitig als steifer Rahmen oder werden mit Verpressankern ins Erdreich rückverankert. Es ist auch möglich, die Gurte durch schräge Streben abzustützen. Dabei wird allerdings relativ viel (oft nicht vorhandener) Platz beansprucht.