



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Bautechnik

Peschel | Schmidt

# Bautechnik für Bauzeichner/innen

Bautechnik für Bauzeichnerinnen und Bauzeichner  
nach Lernfeldern, in den Schwerpunkten  
Architektur, Ingenieurbau sowie Tief-, Straßen- und  
Landschaftsbau

3., überarbeitete Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 46383**

**Autoren:**

Peter Peschel                      OStD a.D.                      Göttingen  
Jürgen Schmidt                    StD a.D.                        Wallenhorst

Mit Beiträgen von  
Hans-Joachim Reinecke        StD († 2018)                    Braunschweig

Lektorat  
Peter Peschel

Bildbearbeitung  
Verlag Europa-Lehrmittel, Abteilung Bildbearbeitung, Ostfildern

Diesem Fachbuch wurden die neusten Ausgaben der DIN-Blätter, anderer Regelwerke und gesetzlichen Regelungen zugrunde gelegt (Redaktionsschluss 31.12.2020). Maßgebend für die Anwendung der Normen und anderer Regelwerke sind jedoch jeweils die neusten Ausgaben jener Bestimmungen selbst.

Die DIN-Blätter können von der Beuth Verlag GmbH ([www.beuth.de](http://www.beuth.de)), andere Regelwerke z. B. von der Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen beim FGSV-Verlag ([www.fgsv-verlag.de](http://www.fgsv-verlag.de)) bezogen werden.

Das vorliegende Fachbuch wurde mit aller gebotenen Sorgfalt erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren und Verlag für die Richtigkeit von Fakten, Hinweisen und Vorschlägen sowie eventueller Satz- und Druckfehler keine Haftung.

3. Auflage 2021

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-4639-0

Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2021 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Umschlag: Blick Kick Kreativ KG  
Satz: Reemers Publishing Services GmbH, 47799 Krefeld  
Druck: Himmer GmbH, 86167 Augsburg

---

## Vorwort zur 3. Auflage

Das Fachbuch Bautechnik für Bauzeichnerinnen und Bauzeichner erscheint als aktualisierte Neubearbeitung. Gegenüber der letzten Auflage wurden alle Lernbereiche an den aktuellen Stand von Normung und Theorie bzw. Gesetzgebung angepasst. Eine praxisnahe Anwendung ist berücksichtigt.

Das Fachbuch **Bautechnik für Bauzeichner/innen** vermittelt das aktuelle Grund- und Fachwissen für Bauzeichnerinnen und Bauzeichner in den Schwerpunkten **Architektur, Ingenieurbau** sowie **Tief-, Straßen- und Landschaftsbau** nach dem Rahmenlehrplan für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule.

Die aktualisierte Neubearbeitung ist konsequent nach den im Rahmenlehrplan ausgewiesenen Lernfeldern geordnet. Die notwendigen Voraussetzungen für die Lernfelder der Fachstufen sowie inhaltliche Bezüge der Lernfelder untereinander werden zu Beginn eines Lernfeldes thematisiert. Um der Unterrichtsgestaltung einen möglichst großen Freiraum einzuräumen, werden insbesondere in den Schwerpunkten notwendige Themen wieder aufgenommen und für die spezifischen Inhalte aufbereitet.

Die inhaltliche Nähe zum Tabellenbuch Bautechnik, der Fachkunde Bau und zum Fachbuch Straßen- und Tiefbau ist beabsichtigt. Die Autoren dieses Fachbuches bedanken sich für die Möglichkeit, Seiten, Tabellen und Abbildungen aus den genannten Werken zu entnehmen und für das vorliegende Fachbuch anzupassen. Darüber hinaus danken wir allen Kolleginnen und Kollegen, Firmen und Verbänden, die uns bei der Erstellung des Fachbuchs unterstützt haben.

Bei der Gestaltung wurde besonderen Wert auf Veranschaulichungen in Abbildungen, Grafiken, Fotos und Tabellen gelegt. Die das jeweilige Lernfeld abschließenden Aufgaben, bieten in vielfältiger Form Gelegenheit das Gelernte in Team- oder Einzelarbeit einzuüben.

Allgemeine Grundlagen für das Bauzeichnen, grundlegende Themen der Fachmathematik und der Vermessung sind ebenso wie ausgesuchte Inhalte der Statik und der Baustile in Einzelkapiteln herausgestellt. Das Kapitel „Projektarbeit im Lernfeld“ unterstützt die Herausforderungen des selbstorganisierten Lernens, selbstständig Probleme zu erkennen, zu lösen, Lösungen zu erproben und erfolgreich zu präsentieren.

Das vorliegende Fachbuch eignet sich besonders für den Unterricht der Bauzeichnerinnen und Bauzeichner in der Berufsschule und in den überbetrieblichen Ausbildungsstätten. Durch die besondere Ausgestaltung und das handlungsorientierte Konzept kann das Fachbuch auch in Schulformen mit dem Profildbereich Bautechnik, z.B. in der Fachoberschule, im Beruflichen Gymnasium und in den Fachschulen der Meister- und Technikerausbildung, Verwendung finden.

Darüber hinaus eignet sich das Fachbuch als Informationsquelle zur Erarbeitung von praxisrelevanten Aufgabenstellungen, in der Fortbildung, an den Berufsakademien und zum Studium in den Bachelor-Studiengängen Bautechnik.

Autoren und Verlag wünschen den Nutzern der **Bautechnik für Bauzeichner/innen** viel Erfolg beim Gebrauch und sind für Anregungen und Hinweise stets dankbar. Dazu kann die Kontaktadresse [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de) genutzt werden.

Sommer 2021

Autoren und Verlag

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 3. Auflage.....	III
-----------------------------	-----

## **A** Bauwirtschaft 1

A1	Baugewerbe.....	1
A2	Bauberufe.....	3
	A2.1 Rohbauberufe.....	3
	A2.2 Tiefbauberufe.....	4
	A2.3 Ausbauberufe.....	4
A3	Zusammenwirken der Bauberufe.....	4
A4	Ausbildung im Berufsfeld Bautechnik.....	6
A5	Bauzeichner/Bauzeichnerin.....	6
	Rahmenlehrpläne.....	7
	Zwischenprüfung.....	7
	Abschlussprüfung.....	8

## **B** Bauzeichnen 9

B1	Grundlagen für Bauzeichnungen.....	9
	B1.1 Zeichnungsträger.....	9
	B1.2 Zeichenmittel.....	9
	B1.3 Blattgrößen.....	10
	B1.4 Beschriftung.....	12
	B1.5 Schriftfelder.....	14
	B1.6 Linienarten und Linienbreiten.....	15
	B1.7 Bemaßung.....	16
	B1.8 Schraffuren.....	17
B2	Geometrische Grundkonstruktionen.....	19
B3	Projektionszeichnungen.....	21
	B3.1 Projektionsmethoden.....	21
	B3.2 Parallelprojektionen.....	23
	B3.3 Schräge Parallelprojektionen (Axonometrien).....	25
	B3.4 Fluchtpunktperspektive.....	27
	B3.5 Zentralperspektive.....	28
B4	Schattenkonstruktionen.....	29
	B4.1 Schattenkonstruktionen mit der Sonne.....	29
B5	Zeichnungsnormen.....	32

## **C** Vermessung 33

C1	Einführung in das Vermessungswesen.....	33
C2	Vermessungsarbeiten.....	35
	C2.1 Entfernungsmessungen.....	35
	C2.2 Winkelmessungen.....	37
	C2.3 Höhen messen und Höhen übertragen.....	37
	C2.4 Fluchten.....	39
C3	Aufnahmeverfahren.....	40
	C3.1 Orthogonalverfahren.....	40
	C3.2 Einbindeverfahren.....	40
	C3.3 Polarverfahren.....	40
C4	Aufnahme eines Geländes.....	41

	C4.1 Rostaufnahme .....	41
	C4.2 Aufnahme von Längsprofilen und Querprofilen .....	42
C5	Absteckarbeiten .....	44
	C5.1 Abstecken rechter Winkel.....	44
	C5.2 Abstecken beliebiger Winkel.....	45
	C5.3 Abstecken von Bögen.....	45
C6	Abstecken eines Gebäudes.....	47

**LF 1 1 Mitwirken bei der Bauplanung 49**

1.1	Baufaufgaben.....	49
1.2	Bauzeichnungen .....	49
1.3	Gesetzliche Grundlagen der Bauplanung.....	50
	1.3.1 Baugesetzbuch .....	51
	1.3.2 Baunutzungsverordnung.....	51
	1.3.3 Art der baulichen Nutzung .....	52
	1.3.4 Bauweisen .....	54
	1.3.5 Grenzabstände und Abstandsflächen .....	55
	1.3.6 Kataster und Grundbuch.....	55
	1.3.7 Flächennutzungsplan (F-Plan).....	56
	1.3.8 Bebauungsplan (B-Plan).....	57
1.4	Ausschreibung und Vergabe von Bauaufträgen.....	59
	1.4.1 VOB Teil A .....	59
	1.4.2 VOB Teil B.....	60
	1.4.3 VOB Teil C.....	60
	1.4.4 Ausschreibungen .....	61
1.5	Berechnung von Grundstücksflächen.....	65
1.6	Baukostenplanung.....	66
1.7	EDV in der Bautechnik.....	67
	Aufgaben zum LF 1 Mitwirken bei der Bauplanung.....	71

**LF 2 2 Aufnahmen eines Bauwerks 73**

2.1	Grundsätze für die Bauaufnahme .....	73
2.2	Baustile.....	75
2.3	Bauvermessung.....	77
	2.3.1 Maßeinheiten .....	77
	2.3.2 Bezugssysteme .....	78
2.4	Messdatenübernahme .....	81
2.5	Baustoffrecycling.....	82
2.6	Ökologisches Bauen.....	83
	Holz .....	84
	Lehm .....	84
	Ziegel .....	84
	Zement und Beton .....	84
	Kalksandsteine .....	85
	Recycling-Tragschichten .....	85
2.7	Natürliche Bausteine.....	85
2.8	Freihandzeichnen .....	86
	Aufgaben zum LF 2 Aufnahmen eines Bauwerks .....	87

**LF 3 3 Erschließen eines Baugrundstückes 89**

3.1	Boden als Baugrund.....	89
3.2	Baugrunduntersuchungen.....	89
	3.2.1 Schürfungen.....	90

3.2.2	Bohrungen .....	91
3.2.3	Rammkernsondierung/Kleinrammbohrung.....	91
3.2.4	Rammsondierungen .....	91
3.3	Bodenarten.....	91
3.3.1	Gewachsener Boden.....	92
3.3.2	Fels .....	92
3.3.3	Geschütteter Boden .....	92
3.4	Tragverhalten von Böden .....	92
3.4.1	Nichtbindige Böden .....	93
3.4.2	Bindige Böden.....	93
3.5	Verhalten der Böden bei Frost.....	93
3.6	Boden nach Korngröße.....	94
3.7	Bodenaustausch und Bodenverbesserung .....	95
3.8	Homogenbereiche.....	96
3.9	Entwässerung .....	96
3.9.1	Rohre für Entwässerungsleitungen.....	98
3.9.2	Verlegung der Abwasserleitungen.....	99
3.10	Entwässerungspläne .....	99
3.11	Rohrleitungsgräben.....	102
3.12	Verbauarten .....	104
3.12.1	Waagerechter Verbau.....	104
3.12.2	Senkrechter Verbau .....	104
3.12.3	Verbau mit Verbaugeräten.....	105
3.12.4	Trägerbohlenwände .....	106
3.12.5	Sonstige Verbauarten (Spundwände).....	106
3.13	Baugruben.....	107
3.14	Entwässerung von Baugruben .....	108
3.15	Massenermittlung von Rohrleitungsgräben und Baugruben .....	110
3.15.1	Massenermittlung für Rohrleitungen.....	110
3.15.2	Massenermittlung für Baugruben .....	110
3.15.3	Zeichnerische Darstellung von Böschungen und Baugruben.....	111
3.16	Sicherung der Baustelle.....	113
3.17	Baustelleneinrichtung .....	117
3.18	Rechtwinklige Parallelprojektion.....	119
	Aufgaben zum LF 3 Erschließen eines Baugrundstückes.....	121
<b>LF 4</b>	<b>4 Planen einer Gründung</b> .....	<b>123</b>
4.1	Böden unter Belastung .....	124
4.2	Gründungskonstruktionen.....	125
4.2.1	Flachgründungen.....	126
4.2.2	Gebäudesetzung und Beeinflussung von Fundamenten.....	129
4.3	Beton .....	131
4.3.1	Bestandteile des Betons .....	131
4.3.2	Frischbeton .....	136
4.3.3	Festbeton .....	142
4.4	Herstellen von Fundamenten .....	143
4.4.1	Streifen- und Einzelfundamente .....	143
4.4.2	Fundamentplatten.....	144
4.4.3	Beton für Gründungskonstruktionen.....	145
4.5	Dimensionierung von Fundamenten in einfachen Fällen .....	146
4.5.1	Berechnung von unbewehrten Streifenfundamenten .....	149
4.5.2	Zeichnerische Ermittlung der Fundamentbreite.....	150
4.5.3	Berechnung von bewehrten Streifenfundamenten.....	150
4.5.4	Berechnung von Fundamenten bei einachsiger außermittiger Beanspruchung .....	152

4.5.5	Berechnung von Fundamenten bei zweiachsiger außermittiger Beanspruchung (rechteckiges Fundament) .....	152
4.6	Zeichnerische Darstellung von Fundamenten .....	153
	Aufgaben zum LF 4 Planen einer Gründung .....	155

## **LF 5** 5 Planen eines Kellergeschosses 159

5.1	Grundsätze zum Kellergeschoss .....	159
5.2	Planungsgrundlagen Keller .....	159
5.2.1	Maßordnung im Hochbau .....	160
5.2.2	Grundlagen Mauerwerksbau .....	161
5.2.3	Künstliche Mauersteine .....	164
5.2.4	Steinabmessungen .....	164
5.2.5	Kalksandsteine für Kellermauerwerk .....	165
5.2.6	Rohdichten und Festigkeitsklassen .....	166
5.3	Mauermörtel .....	167
5.4	Mauerwerksverbände .....	168
5.4.1	Läuferverband .....	168
5.4.2	Kreuzverband und Blockverband .....	168
5.4.3	Binderverband .....	169
5.4.4	Mauerverbindungen .....	169
5.5	Stumpfstoßmauerwerk .....	170
5.6	Aussparungen und Schlitze .....	170
5.7	Abdichtung von Kellerwänden .....	172
5.7.1	Ausführung der Abdichtung .....	174
	Schwarze Wanne .....	177
	Weiße Wannen .....	178
5.8	Abrechnung von Mauerwerk .....	179
5.9	Mauerwerksnachweise für Kellerwände .....	180
	Vereinfachter Mauerwerksnachweis .....	181
	Stark vereinfachtes Verfahren nach DIN EN 1996-3 Anhang A .....	182
5.10	Standardleistungsverzeichnis .....	184
5.11	Kellerlichtschächte .....	185
	Aufgaben zum LF 5 Planen eines Kellergeschosses .....	186

## **LF 6** 6 Konstruieren eines Stahlbetonbalkens 189

6.1	Stahlbetonbauteile .....	189
6.2	Stahlbeton .....	191
6.3	Verbundbedingungen .....	191
6.4	Statische Grundkenntnisse zur Balkenstatik .....	191
6.5	Beanspruchungen im Stahlbetonbalken .....	194
6.6	Verformungen .....	194
6.7	Regeln für die Bewehrungsausführung .....	198
6.7.1	Verankerung der Längsbewehrung .....	199
6.7.2	Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung .....	201
6.7.3	Übergreifungsstöße .....	202
6.8	Betondeckung .....	203
6.9	Bewehrungszeichnungen .....	205
6.10	Ausführungsbeispiele für Stahlbetonbalken .....	211
6.11	Zugkraftdeckungslinie .....	211
6.12	Balkenschalung .....	212
	Aufgaben zu LF6 Konstruieren eines Stahlbetonbalkens .....	217

so eingerammt werden, dass sie bei jedem Bauzustand mindestens 0,30 m in den Baugrund eindringen. Verfestigung und Aussteifung erfolgen durch waagerechte Gurthölzer bzw. Gurtstahlträger und Holz- oder Stahlsteifen. Alle diese Teile müssen durch Hängeeisen oder Ketten gegen Herabfallen gesichert werden.

Der senkrechte Verbau kann mit Holzbohlen oder Kanaldielen erfolgen. Bei festerem Untergrund werden wegen der beim Rammen zu erwartenden Schwierigkeiten meist Kanaldielen verwendet. Diese müssen nach dem Rammen dicht aneinander anschließen und dürfen deshalb weder verbeult noch verbogen sein.

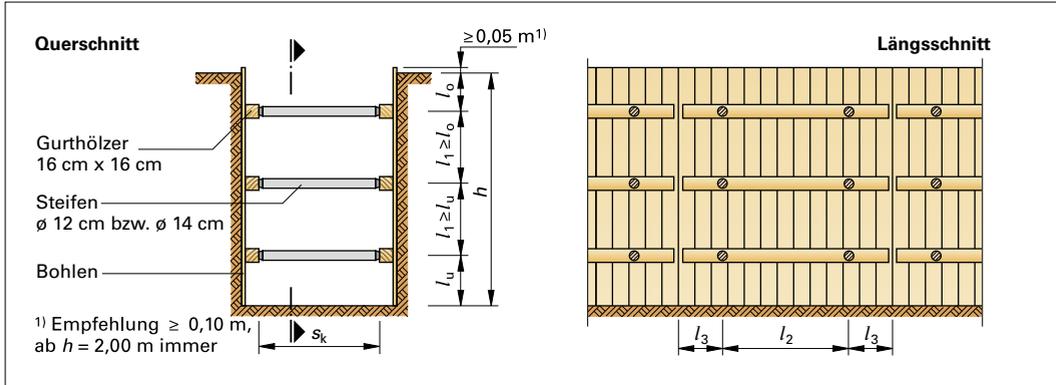


Abb. 3.37: Senkrechter Verbau

### 3.12.3 Verbau mit Verbaugeräten

Leitungsgräben von mehr als 1,25 m Tiefe, deren Wände nicht durch Abböschchen gesichert sind, dürfen erst betreten werden, nachdem die Wände durch besondere Maßnahmen gesichert sind. Hierzu sind besondere Verbaugeräte erforderlich.

Da heute aus wirtschaftlichen Gründen Gräben mit Erdbaugeräten meist auf volle Tiefe ausgehoben werden, gewinnt der Verbau mit Verbaugeräten zunehmend Bedeutung (vgl. Abb. 3.28).

Voraussetzung für die Anwendung von Verbaugeräten ist, dass die Grabenwände senkrecht ausgehoben und glatt sind und mindestens bis zum Einbringen des Verbaus genügend standfest bleiben. Bei der Sicherung der Grabenwände mit Verbaugeräten darf der Aushub nur um höchstens 3,50 m den fortlaufenden Verbauarbeiten vorseilen. Bei nicht genügend standfesten Böden müssen die Verbauplatten fortschreitend mit dem Aushub durch den Bagger in den Boden gedrückt werden (Absenkverfahren). Heute kommen ausschließlich Grabenverbaugeräte zur Anwendung, die von oben in den Graben eingebracht werden und dort während der Ausführung der Arbeiten verbleiben.

Im Wesentlichen sind zwei Bauarten gebräuchlich. Bei der einen Bauart werden Verbauboxen aus zwei großformatigen Stahlverbauplatten durch zwischen diesen angebrachten Spindeln gegen die Grabenwände gedrückt und aussteift. Die

Aussteifungen können mittig oder am Rand angebracht sein. Die Platten sind unten abgeschrägt, was erstens das Eindringen in den Boden erleichtert und zweitens mehr Arbeitsraum ergibt. Bei tiefen Gräben werden mehrere Verbauboxen übereinander verwendet und auch nacheinander entfernt. Dabei besteht erhöhte Einsturzgefahr und es ist deshalb besondere Vorsicht erforderlich.

Bei Gleitschienen-Verbaueinheiten werden erst strebengestützte Gleitschienenpaare in den Graben eingesetzt und ausgespindelt. Anschließend werden Platten in die Gleitschienen eingesetzt. Dies hat den Vorteil, dass die Verbautiefe während der Bauarbeiten verändert werden kann und auch der Rückbau gefahrloser möglich ist. Außerdem lassen sich einzelnen Platten beim Rückbau leichter ziehen.

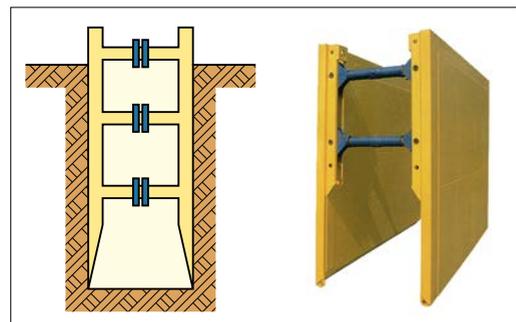


Abb. 3.38: Grabenverbaugerät

### 3.12.4 Trägerbohlenwände

Eine weitere, vor allem bei tiefen Baugruben gebräuchliche Verbauart sind Trägerbohlenwände. Bei der Trägerbohlenwand (z. B. Berliner Verbau) werden I-Träger vor dem Aushub in den Boden gerammt bzw. in Bohrlöcher versetzt (vgl. Abb. 3.40). Die Flansche weisen dabei in Richtung des künftigen Verbaus. Mit fortschreitendem Aushub werden dann die Fächer zwischen den Trägern ausgefacht, indem Bohlen zwischen die Flansche eingeschoben und verkeilt werden. Statt Holzbohlen werden zur Ausfachtung auch Stahlbetonfertigteile oder Kanaldielen verwendet. Der Abstand zwischen zwei Trägern beträgt im Allgemeinen 1,50 m bis 3,00 m. Die Einzelteile der Ausfachtung müssen auf jeder Seite mindestens zu einem Fünftel der Tragflanschbreite aufliegen.



Abb. 3.39: Berliner Verbau

Auch Trägerbohlenwände werden durch Aussteifung und rückwärtige Verankerung gehalten. Ein statischer Standsicherheitsnachweis ist in jedem Fall erforderlich.

### 3.12.5 Sonstige Verbauarten (Spundwände)

Spundwände werden als Verbau vor allem in Gewässern, im Grundwasser, bei Fließsand oder ähnlich schwierigem Baugrund eingesetzt.

Hierzu werden besondere Stahlspundwandprofile ähnlich wie beim senkrechten Verbau in den Boden eingerammt, und zwar bis in tragfähige Schichten des Untergrundes. (vgl. Abb. 3.41, vgl. Kapitel 15.1).

Spundwände müssen baulich wie jede andere Verbauart ausgesteift oder rückwärtig durch Erdanker verankert werden. Dazu werden ebenfalls waagerechte Gurte angebracht, die aus Stahlträgern hergestellt werden. Die Spundwände werden vor Beginn des Aushubs gerammt und die Aussteifung dann mit fortschreitendem Aushub eingebaut. Bei Wandsicherung durch Spundwände ist in jedem Fall ein statischer Standsicherheitsnachweis erforderlich.

Die Sicherung von Gräben durch Verbau ist mit verschiedenen Verfahren möglich.



Verbauansicht



Sicherung des Verbaus

Abb. 3.40: Verbau zwischen Stahlträgern



Abb. 3.41: Spundwand mit Verankerung



Abb. 3.42: Pfahlwand

### 3.13 Baugruben

Bevor die Erdarbeiten beginnen sind von der Bauleitung u. a. verschieden Punkte zu klären:

- Bewuchs auf dem Gelände
- Ablagerungen auf dem Gelände
- Wassereinwirkungen
- Altlastenverdacht
- zu erhaltender Baumbestand
- Zuwegung unter Berücksichtigung von Witterungsverhältnissen
- vorhandene Leitungen
- Versorgung der Baustelle mit Wasser und Strom
- Baustelleneinrichtung (Lagerflächen, Baustellenkran, Sanitäreinrichtung, Tagesunterkunft)

Vor dem Aushub der Baugrube ist der Oberboden (Mutterboden) abzutragen und seitlich für den späteren Auftrag zu lagern. Bei den Abmessungen der Baugrubensohle ist zusätzlich zu den Gebäudemmaßen eine Arbeitsraumbreite von mindestens 0,50 m bzw. 0,60 m zu berücksichtigen.

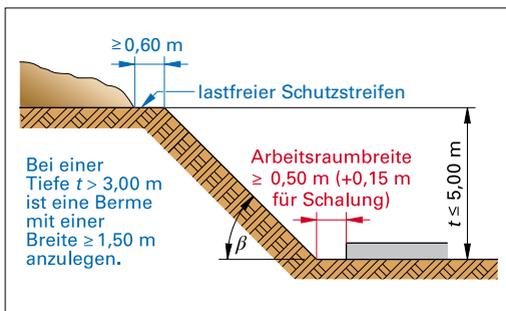


Abb. 3.43: Baugrubenböschung

In Abhängigkeit von der Bodenart ist beim Aushub der vorgeschriebene Böschungswinkel einzuhalten. Es ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen, dass kein Erdreich aus den Böschungen in die Baugrube abbricht.

Für den notwendigen Böschungswinkel können die sieben Bodenklassen nach der alten DIN 18300 „Erdarbeiten“ für das Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten von Boden und Fels“ als Anhalt dienen (vgl. Tabelle 3.44).

Bei bindigen Böden sind die Böschungswand und die Baugrubensohle durch Planen vor Niederschlägen zu schützen. Durch Ausspritzen von Beton (Torkretieren) kann auch die Baugrubenböschung verfestigt werden.

Anfallendes Wasser in der Baugrube kann in seitlichen Vertiefungen (Pumpensumpf) aufgefangen werden und dann mittels Pumpen abgeführt werden.

Bodenart	Winkel	Bodenart	Winkel
Oberboden (Mutterboden)	–	Schwer lösbare Bodenarten	60°
Fließende Bodenarten	–	lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten	80°
Leicht lösbare Bodenarten	45°		
Mittelschwer lösbare Bodenarten	45°	Schwer lösbarer Fels	80°

Die korrekte Ausschachtungstiefe ist fortlaufend während der Baggerarbeiten zu prüfen. Ausgehend von einem Bezugspunkt z. B. Schnurgerüsthöhe wird mit einer Nivellierlatte und einem Bau-nivelliergerät die Baugrubentiefe gemessen.

Die beim Aushub anfallenden Bodenmassen müssen zu großen Teilen abgefahren werden, wenn sie nicht zur Geländemodellierung benötigt werden.

Bei der Ermittlung der Abfuhrmengen ist zu berücksichtigen, dass sich das Volumen des gelösten Bodens gegenüber dem Volumen des festen Bodens vergrößert. Bei der Berechnung wird dies durch einen Auflockerungswert oder prozentuale Zuschläge berücksichtigt.

- Grobschluff 5 % bis 20 %
- Ton 20 % bis 30 %
- Kies 25 % bis 30 %
- Lehm 15 % bis 25 %
- Sand 15 % bis 25 %
- Felsgesteine 25 % bis 60 %

Der Auflockerungswert  $\alpha$  ist der Quotient aus dem Volumen des Bodens vor dem Lösen ( $V_G$ ) und dem Volumen des Bodens nach dem Lösen ( $V_L$ ).

$$\alpha = \frac{V_G}{V_L} \quad V_L = \frac{V_G}{\alpha} \quad V_G = V_L \cdot \alpha$$

In der Literatur werden Angaben (Anhaltswerte) zu den Auflockerungswerten in Bezug auf die Bodenklassen nach der DIN 18300 genannt.

Bodenart	Anhaltswert	Bodenart	Anhaltswert
Oberboden	0,84	Schluff	0,84
Sand, Kiessand, Kies	0,89	Lehm, Mergel	0,79
Grobkies, Geröll, Schotter	0,87	Ton, Seeton	0,84

**Beispiel**

Baugrube, mitteldichtes Kies-Sand Gemisch,  $\alpha = 0,84$   
 Es ergibt sich ein Aushubvolumen von  $210 \text{ m}^3$ .  
 Wieviel  $\text{m}^3$  sind demnach abzufahren?

Lösung  $V_L = \frac{V_G}{\alpha} \Rightarrow V_L = \frac{210 \text{ m}^3}{0,84} = 250 \text{ m}^3$

Die Erreichbarkeit der Baugrubensohle muss gegeben sein. Dazu sind Leitern, Treppen oder Rampenzugänge zu schaffen, die einen sicheren Zugang für die Bauarbeiter gewährleisten.

Für die Erdarbeiten ist die Klassifizierung der Böden in Homogenbereiche für die Abrechnung erforderlich. Ein Homogenbereich umfasst den Boden oder Felsbereich für den hinsichtlich Lösen, Laden, Transportieren usw. der gleiche Arbeitsaufwand notwendig ist.

Für die exakte Einstufung der Böden in Homogenbereiche ist ein Bodengutachten erforderlich. Der Auftraggeber ist für die Erstellung verantwortlich.

**Tabelle 3.46: Homogenbereiche**

Homogenbereich	Baugrund
A	Auffüllung
B	Mutterboden
C	Schwarzerde
D	Flußsand
E	Flußkies
F	steifer Schwemmlehm
G	steif, halbfester Muschelton
H	steif, halbfester Tertirton

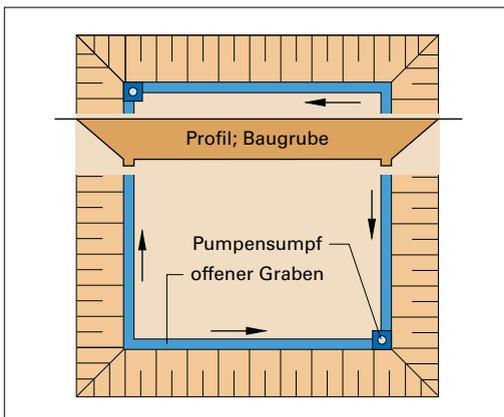
### 3.14 Entwässerung von Baugruben

Wenn eine Baugrube durch Wasser oder Grundwasser gefhrtet ist, muss das Eindringen von Wasser verhindert werden. Bei geringen Wassermanfall mag es ausreichend sein einen Pumpensumpf vorzuhalten. Dazu wird an einer Stelle der Baugrube eine Vertiefung (Pumpensumpf) eingebracht, in die das anfallende Wasser abfließen kann und dann abgepumpt wird. Dies wird als **offene Wasserhaltung** bezeichnet. Um die Entwässerung sicher zu gewährleisten können Filterschichten z. B. Kiesfilter in Verbindung mit Dränleitungen unter der Sohle angeordnet werden.

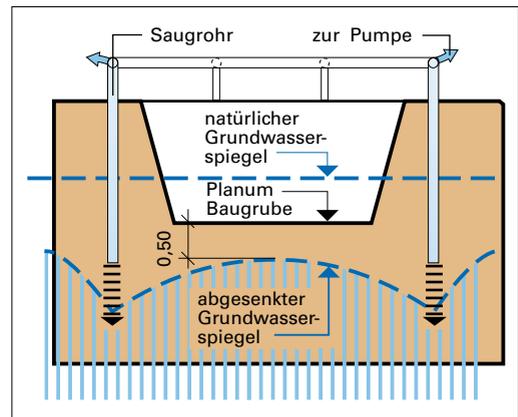
Liegt der Grundwasserspiegel über der Gründungssohle wird der Grundwasserspiegel durch Pumpen abgesenkt. Bei der **Grundwasserabsenkung** wird die Baugrube ringsum von Pumpen in Filterrohren umgeben, die durch eine Ringleitung verbunden sind. Durch die Pumpen wird das anfallende Wasser der Vorflut zugeführt. Dadurch wird der Grundwasserspiegel im Bereich der Baugrube soweit abgesenkt, dass die Herstellung der Gründung ohne Wassermanfall möglich ist. Ob die Baugrube durch Verbau gesichert werden muss, oder ob Abböschung möglich sind, hängt von den örtlichen Verhältnissen ab.

Bei der Absenkung des Wasserspiegels ist stets zu beachten in wie weit eine vorhandene Nachbarbebauung beeinträchtigt wird.

Durch Methoden der offenen und geschlossenen Wasserhaltung können Baugruben gegen den Eintritt von Wasser geschtzt werden.



**Abb. 3.47: Offene Wasserhaltung**



**Abb. 3.48: Grundwasserabsenkung**

Sind die Methoden der Wasserhaltung nicht möglich, muss die Baugrube zunächst mit wasserundurchlässigen Wänden (Spundwänden, Bohrpfehlwände aus Stahlbeton) umgeben werden. Anschließend ist die Sohle unter Berücksichtigung der Auftriebskräfte durch Sohlbeton als Unterwasserbeton abzudichten.

Zur Planung und fachgerechten Herstellung eines Bauwerks kann es notwendig sein, die Baugrube zeichnerisch darzustellen (vgl. Abb. 3.49). Diese Darstellung erfolgt im Grundriss (Lageplan) und in Schnitten (Profil). Genau so wird bei Rohrleitungsgräben verfahren (vgl. Abb. 3.50).

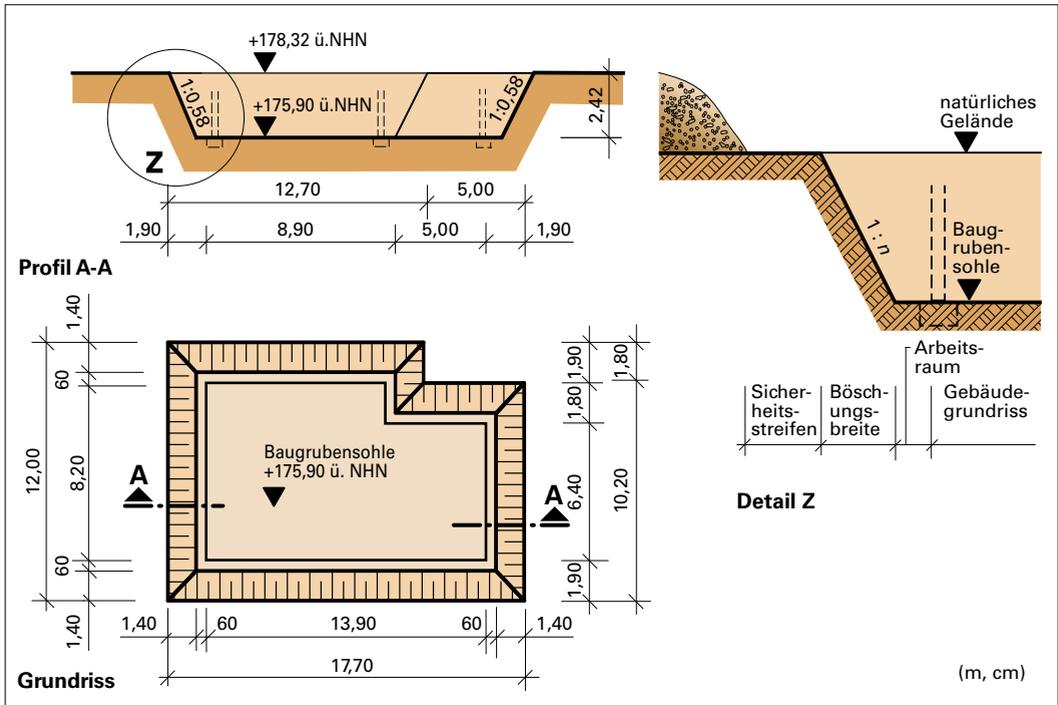


Abb. 3.49: Baugrube im ebenen Gelände

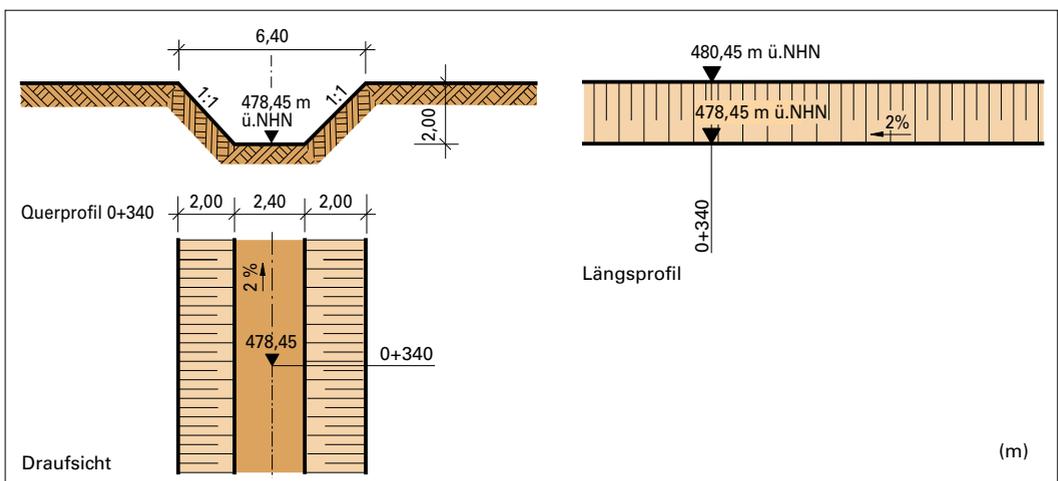


Abb. 3.50: Leitungsgraben

### 3.15 Massenermittlung von Rohrleitungsgräben und Baugruben

#### 3.15.1 Massenermittlung für Rohrleitungen

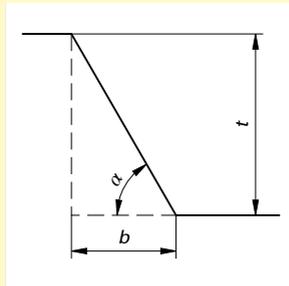
Für Rohrleitungsgräben ist der Bodenaushub und das Material für die Verfüllung und die Rohrbettung zu ermitteln.

Dazu muss der Querschnitt des Rohrgrabens und das Längsprofil des geplanten Grabens bekannt sein.

Sind für das Profil Abböschungen notwendig muss unter Kenntnis der Winkelfunktionen die Böschungsbreite berechnet werden.

**Beispiel**

Grabentiefe 2,50 m, Böschungswinkel 60°



$$\tan \alpha = \frac{GK}{AK}$$

$$\tan \alpha = \frac{t}{b}$$

$$b = \frac{GK}{\tan \alpha}$$

$$b = \frac{2,50 \text{ m}}{\tan 60^\circ}$$

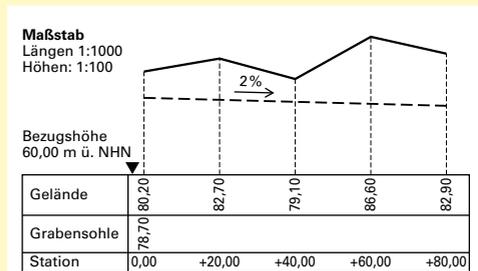
$$b = \frac{2,50 \text{ m}}{1,73}$$

$$b = 1,44 \text{ m}$$

In Abhängigkeit vom Geländeverlauf und der Grabensohle, ist gegebenenfalls stationsweise das Aushubvolumen durch Multiplikation des gemittelten Querschnitts mit der Stationslänge zu ermitteln. Soll das Aushubvolumen für Schächte mit erfasst werden, ist zu den Schachtabmessungen auch die Arbeitsraumbreite von jeweils 0,50 m je Seite zu berücksichtigen.

**Beispiel**

Ein 80 m langer Graben mit einer Breite 1,50 m ist herzustellen. Für die Massenermittlung ist ein Geländeprofil gegeben. Das Aushubvolumen ist zu berechnen.



**Lösungsgang**

- ▶ Zuerst müssen die Sohlhöhen an den Stationen berechnet werden.
- ▶ Danach werden die Aushubhöhen an den Stationen ermittelt.
- ▶ Mit dem Mittelwert zweier benachbarter Aushubhöhen wird das Volumen zwischen den Stationen berechnet.
- ▶ Die Teilvolumina werden zum Gesamtvolumen aufsummiert.

Höhendifferenz  $h = 20,00 \text{ m} \cdot 2/100 = 0,40 \text{ m}$

Damit ergeben sich die Sohlhöhen [m]

Station 20 = 78,70 – 0,40 = 78,30  
 Station 40 = 78,30 – 0,40 = 77,90  
 Station 60 = 77,90 – 0,40 = 77,50  
 Station 80 = 77,50 – 0,40 = 77,10

Daraus folgen die Aushubhöhen [m]

Station 00 = 80,20 – 78,70 = 1,50  
 Station 20 = 82,70 – 78,30 = 4,40  
 Station 40 = 79,10 – 77,90 = 1,20  
 Station 60 = 86,60 – 77,50 = 9,10  
 Station 80 = 82,90 – 77,10 = 5,80

Volumen [m³]

$$V_1 = \frac{1,50 + 4,40}{2} \cdot 1,50 \cdot 20 = 88,50$$

$$V_2 = \frac{4,40 + 1,20}{2} \cdot 1,50 \cdot 20 = 84,00$$

$$V_3 = \frac{1,20 + 9,10}{2} \cdot 1,50 \cdot 20 = 154,50$$

$$V_4 = \frac{9,10 + 5,80}{2} \cdot 1,50 \cdot 20 = 223,50$$

$V = 550,50 \text{ m}^3$  Gesamt Aushubvolumen

#### 3.15.2 Massenermittlung für Baugruben

Für die Massenermittlung müssen zunächst nach den geplanten Abmessungen des Bauwerks unter Berücksichtigung des Arbeitsraums (mindestens 0,50 m) und eventuell einem Platzbedarf für eine Schalung (0,15 m) die Abmessungen für die Sohle der Baugrube ermittelt werden.

Nach Bestimmung der Böschungswinkel werden die oberen Abmessungen der Baugrube festgelegt. Der entstehende Volumenkörper wird dann in berechenbare Teilkörper (vgl. Kapitel E) zerlegt, sofern nicht bei einfachen Verhältnissen direkt eine passende Formel (z. B. Pyramidenstumpf) dem vorliegenden Fall entspricht. Gebräuchlich sind Näherungsformeln für die Berechnung des Volumens eines Pyramidenstumpfes. Die Formeln liefern unterschiedliche Werte, die jedoch im Rahmen der üblichen Genauigkeit hinreichende Werte liefern, da die Abweichungen unter 5 % liegen.

**Genau Formel**

$$V = \frac{h}{6} \cdot (A_0 + A_1 + 4 \cdot A_m)$$

$$A_m = \frac{1}{4} \cdot (A_0 + A_1 + 2 \cdot \sqrt{A_0 \cdot A_1})$$

$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_0 + A_1 + \sqrt{A_0 \cdot A_1})$$

**Näherungsformel**

$$V \approx h_m \cdot (A_0 + A_1) \quad \text{mit} \quad h_m = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

**Beispiel**

Baugrube untere Abmessungen 20 m · 12 m  
 Obere Abmessungen 26 m · 18 m  
 Baugrubentiefe 3,00 m; Böschung 45°

1. Genaue Formel (Paramidenstumpf)

$$A_m = \frac{1}{4} \cdot [(20 \cdot 12) + (26 \cdot 18) + 2 \cdot \sqrt{(20 \cdot 12) \cdot (26 \cdot 18)}] = 344,6 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{3,00}{6} \cdot [240 + 468 + 4 \cdot 344,6] = 1043,2 \text{ m}^3$$

2. Näherungsformel (kleineres Ergebnis)

$V \approx$  Höhe · mittlere Fläche aus mittleren Kanten

$$V \approx 3,00 \cdot \frac{20 + 26}{2} \cdot \frac{12 + 18}{2} =$$

$$V \approx 3,00 \cdot 23 \cdot 15 = 1035 \text{ m}^3$$

3. Näherungsformel (größeres Ergebnis)

$$V \approx (A_0 + A_1) \cdot 0,5 \cdot \text{Höhe}$$

$$V \approx [(20 \cdot 12) + (26 \cdot 18)] \cdot 0,5 \cdot 3,00 = 1062 \text{ m}^3$$

Bei geneigtem Gelände kann mit Näherungsformeln gerechnet werden. Eine Variante ist (analog der 3. Formel im Beispiel):

Obere Grundrissfläche  $A_0$  bzw.  $A_o$   
 Untere Grundrissfläche  $A_u$  bzw.  $A_1$

Höhen in den Ecken  $h_i$  mit  $i = 1$  bis  $i = n$

$$h_m = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n} \quad V \approx h_m \cdot \frac{A_o + A_u}{2}$$

Sollte sich eine Berechnung bei nicht ebenen Gelände (vgl. Kapitel E 5) als zu aufwändig erweisen, bietet sich die zeichnerische Darstellung der Längen und Flächen für die Volumenberechnung an (vgl. Kapitel E 4 und 20.11 sowie Abb. 3.54).

**Beispiel**

Für ein rechteckiges Gebäude (12,25 m · 9,85 m) ist eine 2,40 m tiefe Baugrube auszuschachten. Wieviel m<sup>3</sup> Boden umfasst der Aushub, wenn für den Arbeitsraum 50 cm und mit einem Böschungswinkel von 60° gerechnet wird.

**Lösung**

Böschungsbreite  $b = 2,40 \text{ m} / \tan 60^\circ = 1,39 \text{ m}$   
 Untere Fläche [m<sup>2</sup>]

$$A_u = (12,25 + 2 \cdot 0,50) \cdot (9,85 + 2 \cdot 0,50) = 13,25 \cdot 10,85 = 143,8 \text{ m}^2$$

$$A_o = (13,25 + 2 \cdot 1,39) \cdot (10,85 + 2 \cdot 1,39) = 16,03 \cdot 13,63 = 218,5 \text{ m}^2$$

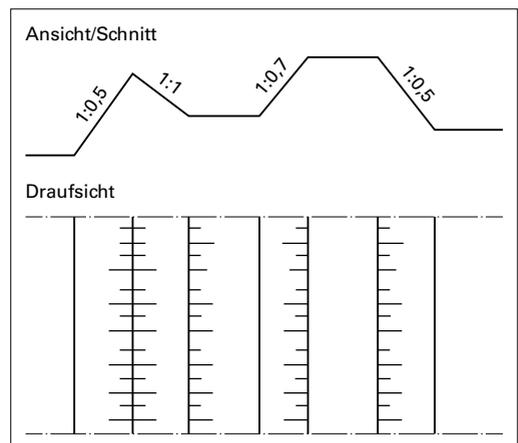
$$V \approx \frac{143,8 + 218,5}{2} \cdot 2,40 = 434,8 \text{ m}^3$$

**3.15.3 Zeichnerische Darstellung von Böschungen und Baugruben**

Böschungen werden in der Draufsicht durch abwechseln lange und kurze Striche senkrecht zur Böschungskante in Richtung des Gefälles dargestellt (vgl. Abb. 3.51).

In der Ansicht wird das Gefälle angegeben. Im Regelfall bei Geländeneigungen als Verhältnisangabe, bei Graben- und Baugrubenböschungen in Grad. Sind die Böschungswinkel an jeder Seite gleich, verläuft der Grat unter der Winkelhalbierenden (vgl. Abb. 3.52).

Baugruben sind durch Anwendung der Dreitafelprojektion eindeutig darzustellen. In der Zeichnung sind alle Maße anzugeben, die für eine Massenberechnung notwendig sind (vgl. Abb. 3.52 und Abb. 3.54).



**Abb. 3.51: Darstellung von Böschungen**

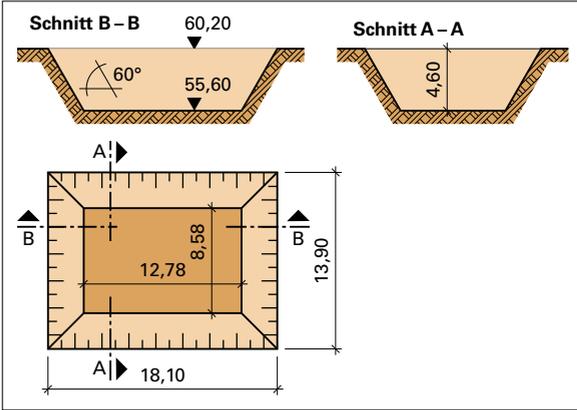
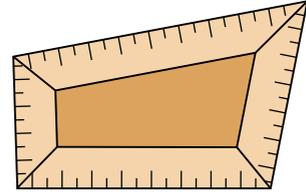


Abb. 3.52: Dreitafelprojektion Baugrube

Für die Berechnung der Erdmassen nach Raummaß ist es erforderlich, den vorhandenen Zustand (also das Gelände des Baugrundstückes) aufzumessen bzw. darzustellen.



Verlauf der Grate unter den Winkelhalbierenden

Abb. 3.53: Schiefwinklige Baugrube mit gleichen Böschungswinkeln

3

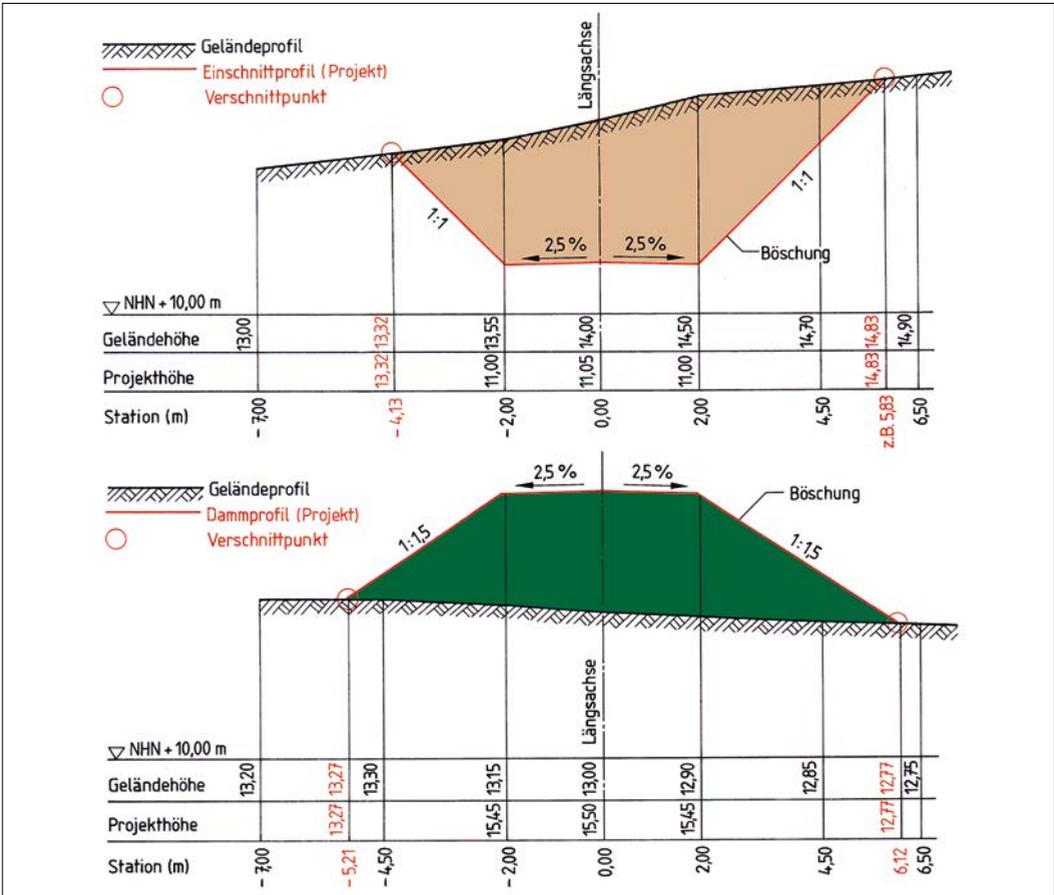


Abb. 3.54: Querprofile in Einschnitt (oben) und Auftrag (unten) (Der sogenannte Aushubplan umfasst die Baugrube bzw. das Gelände in der Draufsicht – vgl. Abb. 3.52 und Abb. 3.53 – und im Schnitt-Querprofil – vgl. Abb. 3.54)

### 3.16 Sicherung der Baustelle

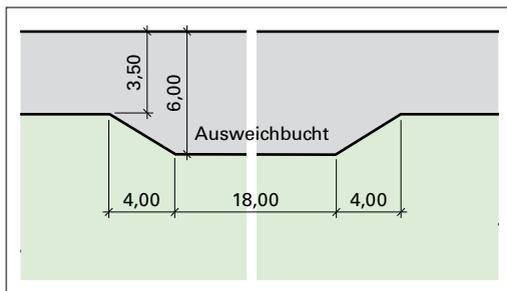
Mit der Erschließung der Baustelle wird für einen reibungslosen Verkehr zur, von und auf der Baustelle gesorgt. Für die Anlieferung und den Transport von Baustoffen, Maschinen und Geräten werden auf der Baustelle Baustraßen angelegt. Diese können als Stichstraße, als Umfahrt oder als Durchfahrt ausgebildet sein. Die Baustraßen müssen den Belastungen durch die schwersten Fahrzeuge standhalten. Die Breite einspuriger Baustraßen liegt mit beidseitigem Sicherheitsabstand bei 3,50 m, im Bereich einer Ausweichbucht ist mindestens eine Breite von 6,00 m vorzusehen (vgl. Abb. 3.55).

Lange Baustraßen sollten so breit angelegt sein, dass Fahrzeugbegegnungen möglich sind. Bei Stichstraßen sind ausreichend bemessene Wendemöglichkeiten, z. B. mit einem Wendehammer, vorzusehen (vgl. Abb. 3.56).

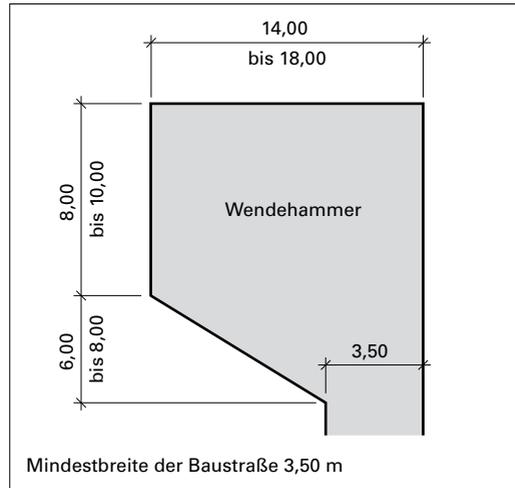
Der Anordnung liegen zugrunde:

- das Bürgerliche Gesetzbuch (BGB),
- die Straßenverkehrsordnung (StVO),
- die Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA),
- Merkblatt über Rahmenbedingungen für erforderliche Fachkenntnisse zur Verkehrssicherung von Arbeitsstellen an Straßen (MVAS 99),
- die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Sicherungsarbeiten auf Arbeitsstellen an Straßen (ZTV-SA 97),
- Technische Lieferbedingungen (TL),
- die Baustellenverordnung und
- die Arbeitsstättenrichtlinie (Arbeitsstättenverordnung 2016-03) mit Arbeitsstättenregeln ASR).

Der Anschluss der Baustraße an das öffentliche Straßennetz wird so angelegt, dass der Straßenverkehr möglichst wenig gestört wird. Verkehrsgefährdende Verschmutzungen müssen weitestgehend vermieden werden. Notfalls sind Verunreinigungen ständig zu beseitigen.



**Abb. 3.55: Baustellenerschließung mit einer Ausweichbucht**



**Abb. 3.56: Baustellenerschließung mit einer Stichstraße**

### Verkehrssicherung der Baustelle

Für Bauarbeiten an der Straße selbst, für Arbeiten neben oder über der Straße, für Arbeiten an Leitungen und für Vermessungsarbeiten müssen Verkehrsflächen vorübergehend abgesperrt werden. Diese Absperrungen sind vom Bauunternehmer oder seinen Mitarbeitern verantwortlich zu planen, einzurichten und wieder abzubauen. Die Sicherungsmaßnahmen dienen dem Schutz der Verkehrsteilnehmer, der Arbeitskräfte sowie zur Vermeidung von Sachschäden an den Baustelleneinrichtungen im Arbeitsbereich und an Fahrzeugen.

Für die Verkehrssicherung ist von Mitarbeitern der Bauunternehmung ein schriftlicher Antrag mit einem Verkehrszeichenplan anzufertigen. Die Genehmigung erfolgt durch die zuständige Verkehrsbehörde, der Straßenverkehrsbehörde oder der Straßenbaubehörde als verkehrsrechtliche Anordnung an die Bauunternehmung.

Bei der Planung der Verkehrssicherung von Baustellen sind u.a. folgende Grundsätze zu beachten:

Der Verkehr darf möglichst nicht behindert werden und soll flüssig an der Baustelle vorbeifahren können.

Die Fahrbahnbreite beträgt für eine Fahrspur mindestens 2,75 m, bei Begegnungsverkehr für beide Fahrspuren mindestens 5,50 m.

Die Verkehrsgeschwindigkeit kann auch innerorts herabgesetzt werden, z. B. auf 30 km/h.

## ■ Einzelfundamente

Unter Stützen und Pfeilern (vgl. Abb. 4.16). werden bei tragfähigem Baugrund bewehrte oder unbewehrte Einzelfundamente ausgeführt.

Gerade im Industriebau wird ein Fundament nicht nur mittig belastet, sondern es muss Momente um eine Achse oder auch zwei Achsen aufnehmen. Daher ist es günstig den Fundamentgrundriss nicht quadratisch, sondern rechteckig zu wählen.

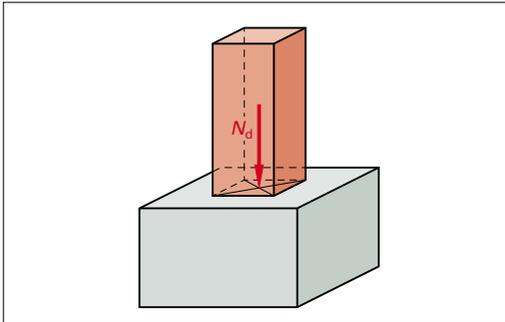


Abb. 4.16: Stütze mit Einzelfundament

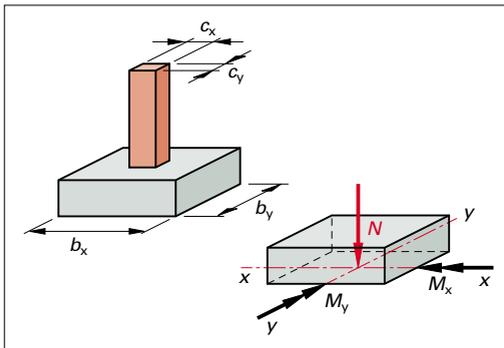


Abb. 4.17: Bezeichnungen und Beanspruchung eines Einzelfundamentes

Fundamente werden örtlich hergestellt oder auch als Fertigteil mitunter gleich im Verbund mit der Stütze angeliefert. Bei Fertigteilfundamenten muss der Verbund zur Sauberkeitsschicht durch nachträglichen Verguss hergestellt werden. Bei den Einzelfundamenten gibt es unterschiedliche Fundamentformen.

Fundamentformen sind u. a. Blockfundament, abgetrepptes Einzelfundament, abgeschrägtes Einzelfundament, Becherfundament, Köcher- oder Hülsenfundament (vgl. Abb. 4.19).

Für unbewehrte Einzelfundamente gelten die gleichen Regeln wie für unbewehrte Streifenfundamente.

## ■ Bewehrte Einzelfundamente

Bei bewehrten Einzelfundamenten wird die notwendige Bewehrung unten kreuzweise verlegt. Da sich bei einem Einzelfundament die Beanspruchung unter der Stütze im Gegensatz zu den Randbereichen konzentriert, wird die Bewehrung daher über die Fundamentbreite gestaffelt verlegt.

Dazu wird die Fundamentbreite in 8 Bereiche unterteilt, in denen die Bewehrung gestaffelt verlegt wird. Neben der Möglichkeit der Verteilung der Bewehrung auf 8 Streifen ist es arbeitstechnisch besser bei nicht extrem breiten Fundamenten nur eine Einteilung in 4 Streifen vorzunehmen. Dies kann bei gleichem Bewehrungsdurchmesser durch geschickte Wahl der Stababstände erreicht werden.

Möglich ist auch die Abdeckung der Zugkräfte durch eine Grundbewehrung mit einer Betonstahlmatte und einer Zulagebewehrung im Mittelbereich des Fundamentes durch eine zweite Matte oder Stabstähle.

Bei hoch beanspruchten Fundamenten ist eine zusätzliche Bewehrung in Form von „Schubaufbiegungen“ zur Aufnahme der „Querkräfte“ erforderlich um ein „Durchstanzen“ zu vermeiden (vgl. Abb. 4.20). Die Schubaufbiegungen können auch durch eine Durchstanzbewehrung aus „Dübelleisten“ oder eine Bügelbewehrung ersetzt werden.

Wird das Einzelfundament von einer Sohlplatte überdeckt (z. B. im Hallenbau) darf die Sohlplatte nicht direkt auf das Fundament aufgelegt werden, da hier aufgrund der Setzung der Sohlplatte Rissgefahr besteht (vgl. Abb. 4.18).

Wenn ein Einzelfundament die Gründung einer Stahlbetonstütze ist, sind Anschlussbewehrungsstähle zur Verbindung Stütze-Fundament einzubauen. Die Anschlussbewehrung ist im Fundament zu verbügeln (vgl. Abb. 4.23 und Abb. 19.2).

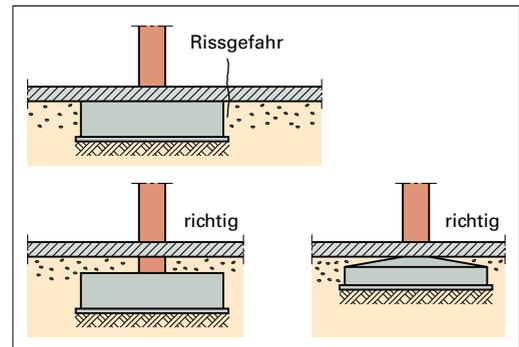
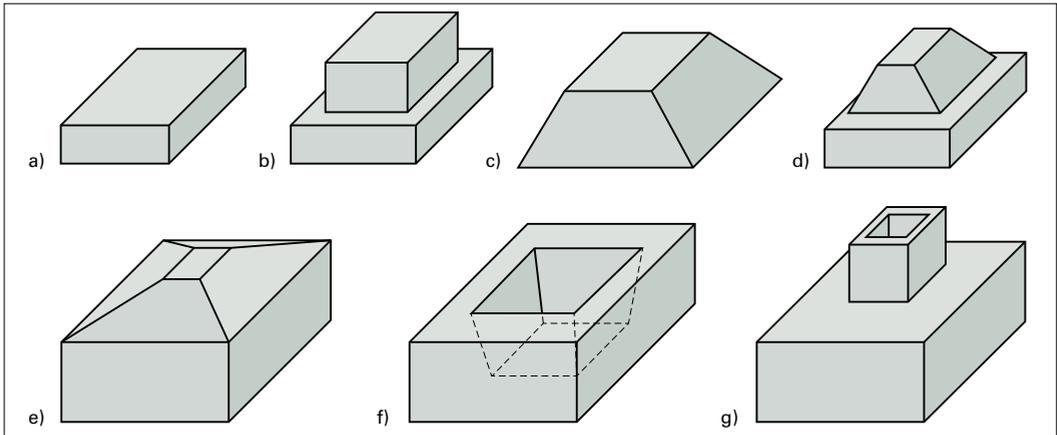
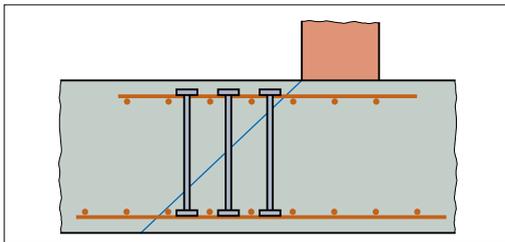


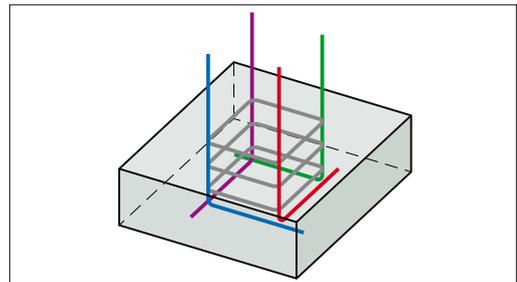
Abb. 4.18: Sohlplattenlage bei Einzelfundamenten



**Abb. 4.19: Einzelfundamentformen** a) Blockfundament, b) abgetrepptes Fundament, c) abgeschrägtes Fundament, d) abgetrepptes und abgeschrägtes Fundament, e) abgeschrägtes Blockfundament, f) Becherfundament, g) Köcherfundament (Hülsenfundament, vgl. Abb. 19.4, Abb. 19.5 und Abb. 19.6)



**Abb. 4.20: Durchstanzbewehrung (Dübelleiste)**

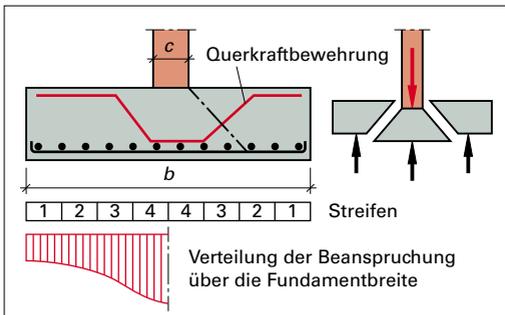


**Abb. 4.23: Anschlussbewehrung einer Stütze**

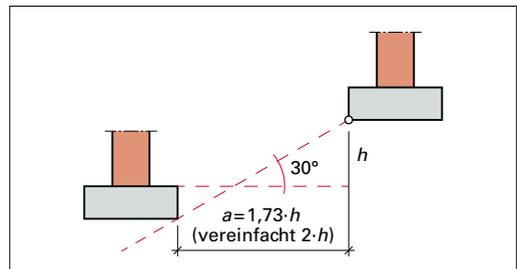
Tabelle 4.21: Bewehrung bei Einzelfundamenten		
$c/b \triangleq b_w/b_F$	Stützenbreite/Fundamentbreite	
Streifen	$c/b \leq 0,3$	$c/b > 0,3$
1 und 2	16,7%	25%
3 und 4	33,3%	25%
Gesamt	50,0%	50%

### 4.2.2 Gebäudesetzung und Beeinflussung von Fundamenten

Bei unterschiedlichen Sohlhöhen der Fundamente muss ausreichend seitlicher Abstand zwischen den Fundamenten eingehalten werden, um Spannungsüberlagerungen zu vermeiden. Der Winkel der Verbindungslinie zwischen den Fundamentsohlen soll daher 30° nicht überschreiten (vgl. Abb. 4.24).



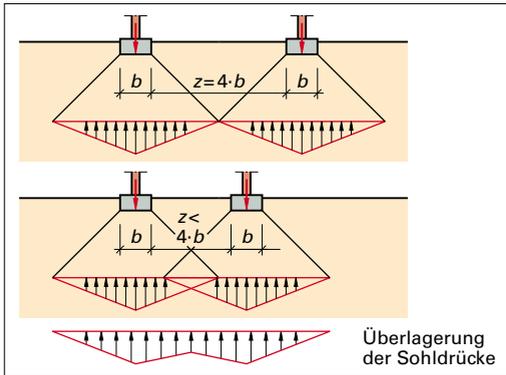
**Abb. 4.22: Verteilung der Bewehrung**



**Abb. 4.24: Abstand von Fundamenten bei unterschiedlichen Höhen**

Liegen Fundamente nicht weit genug voneinander entfernt, kommt es zur Überlagerung der Druckspannungszwiebeln und somit zu verstärkten einseitigen Setzungen und daraus resultierenden Rissen in der Gebäudesubstanz.

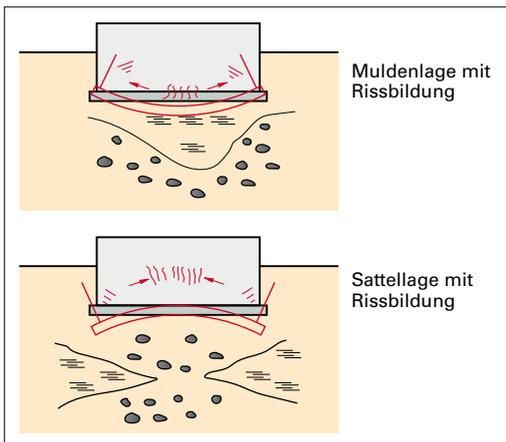
Sollen sich die Druckzwebeln von Fundamenten nicht überlagern, müssen die Fundamente bei Annahme einer Lastausbreitung unter  $45^\circ$ , die vierfache Fundamentbreite voneinander entfernt sein (vgl. Abb. 4.25).



**Abb. 4.25: Abstand von Fundamenten** bei unterschiedlichen Höhen

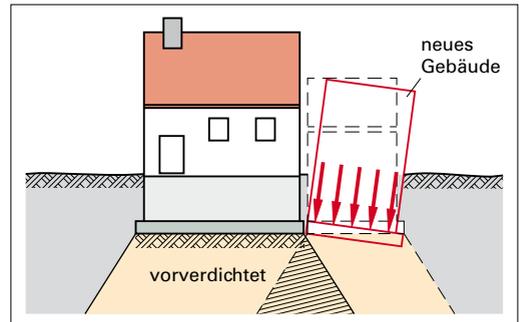
Die gegenseitige Beeinflussung von Fundamenten ist möglichst zu vermeiden.

Sattel- und Muldenlagen der Böden können zu unterschiedlichen Setzungen führen und daraus resultierenden Rissen führen (vgl. Abb. 4.26). Die Längsbewehrung der Fundamente in Verbindung mit den Ringankern der Decke verbessert die Aussteifung.



**Abb. 4.26: Mulden- oder Sattellage**

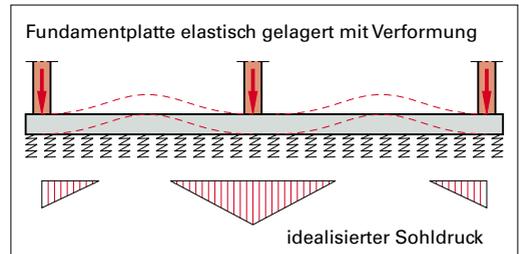
Nachbarbebauung bzw. Grenzbebauung (vgl. Abb. 4.27) erfordert besondere bauliche Maßnahmen bei der Fundamentierung, da sich hier Spannungsüberlagerungen nicht vermeiden lassen. Durch die vorhandene Bebauung ist der Boden im Anbaubereich schon vorverdichtet und lässt damit nicht mehr solche Setzungen zu, wie im bisher unberührten Boden. Ebenso werden die Fundamente außermittig beansprucht. Die Setzungen in bindigen Böden unter Belastung verlaufen langsam, da das Porenwasser zwischen den Bodenteilchen unter Druck nur langsam entweicht (noch nach Jahren) und sind in der Regel nicht zu vernachlässigen.



**Abb. 4.27: Grenzbebauung**

### Fundamentplatten

Fundamentplatten (vgl. Abb. 4.28) stellen bei unterkellerten Gebäuden im Wohnungsbau die Standardgründung dar.

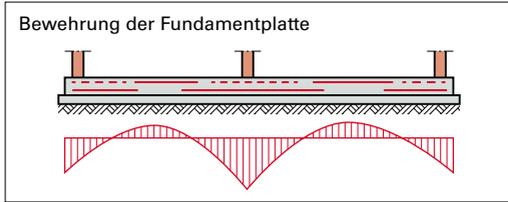


**Abb. 4.28: Beanspruchung der Fundamentplatte**

Durch die größere Fundamentfläche gegen über der Grundfläche von Streifenfundamenten kann auch auf weniger tragfähigen Böden gegründet werden. Wenn mit einem Grundwasserstand zu rechnen ist, der höher als die Sohlplatte liegt, sollte eine Fundamentplatte in Verbindung mit Kellerwänden aus Stahlbeton zur Anwendung kommen.

Fundamentplatten sind jedoch bei vergleichbaren Belastungen verformungsempfindlicher.

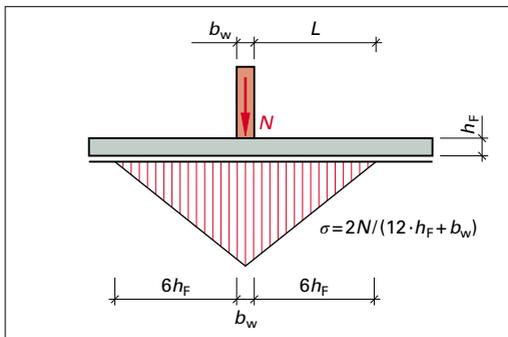
Nach dem Aushub der Baugrube auf entsprechende Tiefe müssen keine zusätzlichen Fundamentgräben in der Baugrube ausgeschachtet werden. Fundamentplatten werden auf einer Sauberkeitsschicht hergestellt. Sie werden nach dem Prinzip von umgekehrten Deckenplatten bewehrt (vgl. Abb. 4.29).



**Abb. 4.29: Bewehrung von Fundamentplatten**

In den Feldern liegt die tragende Bewehrung oben und unter den Wänden unten. Statisch gesehen handelt es sich um einen elastisch gebetteten Balken oder eine elastisch gebettete Platte. Die anderen Bereiche werden in der Regel konstruktiv bewehrt. Die Art und Stärke der Bewehrung ist abhängig von der Bodensteifigkeit, der Fundamentsteifigkeit und der Bauwerkssteifigkeit.

Das Verhältnis von Fundamentsteifigkeit und Boden wird durch die elastische Länge gekennzeichnet. Die elastische Länge kennzeichnet die Verteilungslänge der Last unter der Wand. Je höher (steifer) die Fundamentplatte ist und umso weicher der Baugrund desto größer ist die elastische Länge (Näherungsweise  $12 \cdot h_F + b_w$ ) (vgl. Abb. 4.30).



**Abb. 4.30: Elastische Länge (Modellvorstellung)**

Fundamentplatten können bei geringen Lasten wirtschaftlich aus Stahlfaserbeton hergestellt werden. Hierbei entfällt der Einbau der Bewehrungsmatten aus Baustahlgewebe.

Fundamentplatten sind aufgrund der einfachen Herstellung wirtschaftliche Gründungen.

## 4.3 Beton

### 4.3.1 Bestandteile des Betons

Beton ist ein Gemisch aus Gesteinskörnungen und Zement als Bindemittel. Durch Hinzufügen von Wasser entsteht verarbeitbarer Frischbeton. Nach dem Erhärten des Zementes entsteht ein künstlicher Stein, der als Festbeton bezeichnet wird.

Zur Erreichung bestimmter Eigenschaften können dem Beton Betonzusatzmittel und Betonzusatzstoffe in flüssiger oder pulverförmiger Form beigegeben werden (vgl. Kapitel 16.4).

Wenn mehr als ein Zusatzmittel verwendet werden soll, ist die Verträglichkeit der Zusatzmittel zu prüfen.

Zusatzstoffe werden im Gegensatz zu Zusatzmitteln auf das Volumen angerechnet. Damit wird der Wasserzementwert unter Berücksichtigung der Zusatzstoffe berechnet.

Tabelle 4.31: Betonzusatzmittel und Betonzusatzstoffe			
Betonzusatzmittel			
Betonverflüssiger	<b>BV</b>	Einpresshilfen	<b>EH</b>
Fließmittel	<b>FM</b>	Stabilisierer	<b>ST</b>
Luftporenbildner	<b>LP</b>	Chromatreduzierer	<b>CR</b>
Dichtungsmittel	<b>DM</b>	Recyclinghilfe	<b>RH</b>
Verzögerer	<b>VZ</b>	Schaumbildner	<b>SB</b>
Beschleuniger	<b>BE</b>		
Betonzusatzstoffe			
Typ I	Gesteismehl, Pigment		
Typ II	Flugasche, Sillicastaub		

### Zement

Der Zement hat die Aufgabe, die Gesteinskörner zu verbinden und Hohlräume auszufüllen. Von der Art und Menge des verwendeten Zementes hängen wichtige Eigenschaften, z.B. die Druckfestigkeit und Frostsicherheit des erhärteten Betons ab. Herstellung, Zusammensetzung und Eigenschaften sind in DIN 1164 und DIN EN 197-1 genormt und werden überwacht.

### Herstellung und Lagerung

Zur Zementherstellung werden Kalkstein und Ton benötigt. Dieses Gemisch kommt in der Natur als Mergel vor. Kalkstein ist der Hauptbestandteil des Zementes. Im Ton sind die Hydratalektrolyten Siliciumdioxid (SiO<sub>2</sub>), Aluminiumoxid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) und Eisenoxid (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) enthalten.

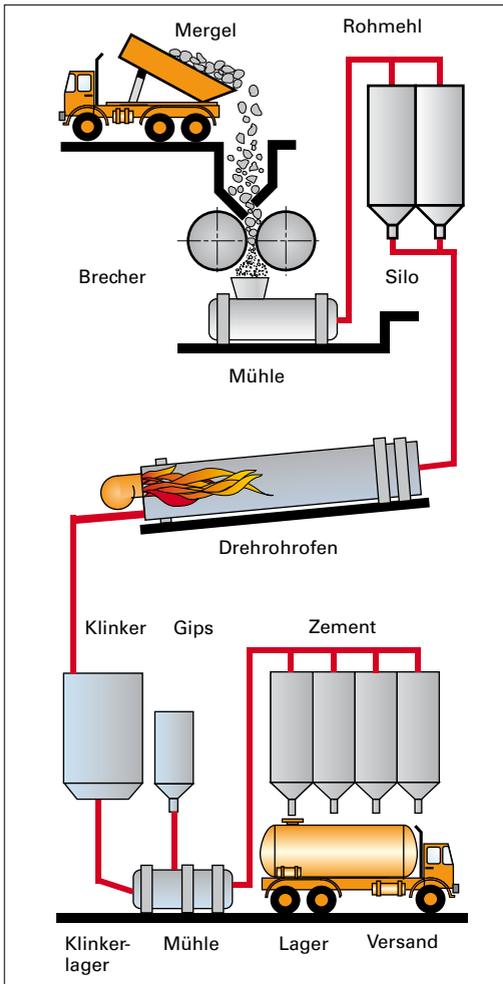


Abb. 4.32: Zementherstellung

- Reizt die Augen und die Haut
- Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich
- Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen
- Staub nicht einatmen
- Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden
- Bei Berührung mit den Augen gründlich mit Wasser abspülen und den Arzt konsultieren
- Geeignete Schutzhandschuhe tragen
- Bei Verschlucken sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder Etikett vorzeigen



Abb. 4.33: Gefahrstoffhinweise für Zemente

Kalkstein und Ton müssen im richtigen Mischungsverhältnis aufbereitet werden. Diese Mischung wird anschließend zu Rohmehl fein gemahlen (vgl. Abb. 4.32). Das Rohmehl wird im Drehrohrofen bei Temperaturen zwischen 800 °C und 1450 °C gebrannt. Dabei wird das Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) im Kalkstein ausgetrieben. Im unteren Teil des Drehrohrofens ist die Temperatur so groß, dass die Stoffe teigigzähflüssig werden und sintern. Der Branntkalk verbindet sich mit den Hydratefaktoren und es entstehen kugelige Zementklinker.

Nach dem Abkühlen der Zementklinker werden diese in Rohrmühlen gemahlen. Die Mahlfineinheit bestimmt später zum großen Teil die Druckfestigkeit. Die Steuerung des Erstarrungsbeginns erfolgt im Zementwerk durch Zumahlung von Anhydrit bzw. Gips.

Zement wird im Betonwerk in Silos gelagert. Auf die Baustelle wird er in Säcken geliefert. Zement ist hygroskopisch, d. h., er kann Feuchtigkeit aus der Luft und aus dem Boden aufnehmen und bildet dann Zementklumpen. Deshalb muss Zement so gelagert werden, dass er vor Feuchtigkeit geschützt ist.

#### Bestandteile

Portlandzementklinker (K) ist der wichtigste Bestandteil der Zemente. Es ist ein hydraulisch wirkender Stoff, der aus Calciumsilikaten (CaSiO<sub>3</sub>), Aluminiumoxid, Siliziumoxid und Eisenoxid besteht. Je höher der Anteil an Calciumsilikaten ist, desto höher wird die Festigkeit des Zements. Der Anteil des Portlandzementklinkers am jeweiligen Zement ist durch die Buchstaben A, B und C gekennzeichnet.

Zemente mit der Kennung A enthalten zwischen 80 % und 94 %, Zemente mit der Kennung B zwischen 65 % und 79 % und Zemente mit der Kennung C 5 % bis 19 % Zementklinker (vgl. Tabelle 4.34).

Um bei Zementen unterschiedliche Eigenschaften zu erreichen, werden dem Portlandzementklinker andere Stoffe beigemischt. Hüttensand, z. B. als Hauptbestandteil des Zementes, verzögert die Festigkeitsentwicklung und die Hydratationswärmeentwicklung.

Einige Stoffe werden aus natürlichem Gestein gewonnen, z.B. Puzzolane. Bei anderen Stoffen handelt es sich um Reststoffe, die bei industriellen Produktionsvorgängen anfallen.

Bei Filteranlagen zur Reinigung von Abgasen fällt Flugasche an, die ähnliche Eigenschaften und Zusammensetzung wie der Zement aufweist.

#### Arten und Zusammensetzung

In DIN EN 197-1 werden die Zementarten nach ihrer Zusammensetzung in fünf Hauptgruppen (Haupt-

zementarten CEM I bis CEM V) unterteilt. Die Abkürzung CEM ergibt sich aus dem englischen Wort „cement“ für Zement. Die Unterteilung erfolgt nach den Masse-Prozenten der Hauptbestandteile.

**Bestandteile von Zement**

- K Portlandzementklinker
- S Hütten sand (granulierte Hochofenschlacke) ist ein latent hydraulischer Stoff, der bei Anregung durch den Branntkalkanteil im Zement hydraulische Eigenschaften erhält.
- D Silicastaub fällt als Filterstaub bei der Herstellung von Silicium an.

- P, Q Puzzolane sind vulkanischen Ursprungs (z. B. Trass, Lava), können aber auch industriell hergestellt werden.
- V, W Flugasche fällt z. B. bei der Filterung der Rauchabgase von Kohlekraftwerken an. Die kugelig, glasartigen Teilchen haben hydraulische Eigenschaften.
- T Tonschiefer oder gebrannter Ölschiefer weist im gemahlene Zustand ausgeprägte hydraulische Eigenschaften auf.
- L, LL Kalkstein kann dem Zement beigegeben werden, wenn sein Gehalt an Calciumkarbonat (CaCO<sub>3</sub>) mehr als 75 % beträgt.

**Tabelle 4.34: Zementarten und Zusammensetzung nach DIN EN 197-1 (Auszug)**

Hauptzementarten	Bezeichnung der 27 Produkte (Normalzementarten)		Zusammensetzung (Massenanteile)					Hauptbestandteile					Nebenbestandteile	
			PZ Klinker	Hütten sand	Silica-staub	Puzzolane gebr.		Flugasche kiesel-s-reich	W	T	L	LL		
			K	S	D	natürlich	nat. getempert							V
CEM I	Portlandzement	CEM I	95...100											0...5
CEM II	Portland-hüttenzement	CEM II/A-S	80...94	6...20										0...5
		CEM II/B-S	65...79	21...35										0...5
	Pl.-Silicastaubzem.	CEM II/A-D	90...94		6...10									0...5
	Portland-puzzolan-zement	CEM II/A-P	80...94			6...20								0...5
		CEM II/B-P	65...79			21...35								0...5
		CEM II/A-Q	80...94				6...20							0...5
Pl.-Kompositzem.	CEM II/B-M	65...79	21...35										0...5	
CEM III	Hochofenzement	CEM III/A	35...64	36...65										0...5
		CEM III/B	20...34	66...80										0...5
		CEM III/C	5...19	81...95										0...5
CEM IV	Puzzolan-zement	CEM IV/A	65...89			11...35								0...5
		CEM IV/B	45...64			36...55								0...5
CEM V	Komposit-zement	CEM V/A	40...64	18...30		18...30								0...5
		CEM V/B	20...58	31...50		31...50								0...5

Der Anteil von Silicastaub ist auf 10 Prozent begrenzt. Bei CEM II/A-M, CEM II/B-M, CEM IV und CEM V müssen die Hauptbestandteile neben PZ-Klinker durch die Bezeichnung des Zements angegeben werden.

**Eigenschaften und Verwendung**

Zemente werden nach ihrer Druckfestigkeit in drei Festigkeitsklassen eingeteilt. Für die Verarbeitung zu Beton und dessen Erhärtungsverhalten ist das Erreichen der Anfangsfestigkeit von Bedeutung. Normal erhärtende Zemente werden mit einem **N**, Zemente mit hoher Anfangsfestigkeit mit **R** (rapid) gekennzeichnet (vgl. Tabelle 4.35).

Für besondere Bauaufgaben sind Zemente mit besonderen Eigenschaften erforderlich. Diese entwickeln z. B. eine niedrige Hydratationswärme (**LH**) oder haben einen hohen Sulfatwiderstand (**SR**). Um ein Verwechseln der Zemente mit besonderen Eigenschaften auf der Baustelle zu vermeiden, haben die Zementsäcke und deren Aufdrucke unterschiedliche Kennfarben (vgl. Tabelle 4.36).



**Tabelle 4.35: Festigkeitsklassen von Zement nach DIN EN 197-1**

Festigkeitsklasse	Druckfestigkeit in N/mm <sup>2</sup>			
	Anfangsfestigkeit		Normfestigkeit	
	2 Tage	7 Tage	28 Tage	
32,5 N	–	≥ 16	≥ 32,5	≤ 52,5
32,5 R	≥ 10	–		
42,5 N	≥ 10	–	≥ 42,5	≤ 62,5
42,5 R	≥ 20	–		
52,5 N	≥ 20	–	≥ 52,5	–
52,5 R	≥ 30	–		

**Tabelle 4.36: Übliche Kennfarben von Zementsäcken**

Festigkeitsklasse	Kennfarbe	Farbe des Aufdrucks
32,5 N	hellbraun	schwarz
32,5 R		rot
42,5 N	grün	schwarz
42,5 R		rot
52,5 N	rot	schwarz
52,5 R		weiß

## █ Gesteinskörnungen

Gesteinskörnungen werden zusammen mit Zement und dem Zugabewasser zu Beton verarbeitet. Sie bilden im erhärteten Beton das tragende Gerüst.

### Arten und Eigenschaften

Neben natürlichen und industriell hergestellten Gesteinskörnungen werden auch solche aus rezykliertem Altbeton verwendet. Natürliche Gesteinskörnungen können aus Kiesgruben, Flüssen oder Seen, aber auch in Steinbrüchen durch Zerkleinerung von Gestein gewonnen werden. Nach der Rohdichte der Gesteinskörnung wird unterschieden in

- leichte Gesteinskörnungen (Naturbims, Hüttenbims, Blähton, Blähschiefer),
- normale Gesteinskörnungen (Kiessand, Granit, dichter Kalkstein, Basalt),
- schwere Gesteinskörnungen (Schwerspat, Magnetit, Barit) und
- rezyklierte Gesteinskörnungen (Betonspalt, Betonbrechsand).

Für eine gute Verarbeitung des Betons und zum Erreichen der gewünschten Anforderungen werden von den Gesteinskörnungen Eigenschaften verlangt wie

- ausreichende Kornfestigkeit,
- günstige Kornform für geringeren Bindemittelbedarf,
- günstige Kornzusammensetzung und
- keine Verunreinigungen, z. B. in Form von organischen Bestandteilen und zu hohem Salz- oder Schwefelgehalt.

### Kornzusammensetzung

Bei Gesteinskörnungen für Beton ist die Kornzusammensetzung wichtig. Besteht eine Gesteinskörnung nur aus großen Körnern, so entstehen viele Hohlräume zwischen den Körnern (vgl. Abb. 4.38). Diese müssen mit Zementleim gefüllt werden. Dieser schwindet beim Erhärten. Je größer der Anteil des Zementleims an einer Betonmischung ist, desto stärker schwindet der Beton, wobei Risse entstehen. Dadurch vermindern sich die Festigkeit und die Frostbeständigkeit. Außerdem ist der hohe Verbrauch von Zement unwirtschaftlich.

Dies gilt auch für Gesteinskörnungen mit vielen kleinen Körnern. Diese haben eine sehr große Oberfläche, was wiederum eine erhöhte Zementleimenge erfordert, da die Körner vom Zementleim umschlossen werden müssen (vgl. Abb. 4.37).

Günstig sind Gesteinskörnungen, die aus unterschiedlich großen Körnern zusammengesetzt sind. Die Zusammensetzung wird durch Siebversuche mit einem genormten Siebsatz festgestellt (vgl. Abb. 4.38). Das Ergebnis wird in Sieblinien dargestellt.

Zur Herstellung von Beton sind bestimmte Kornzusammensetzungen erforderlich. Diese sind in DIN 1045 als Grenzsieblinien festgelegt (vgl. Abb. 4.39). Für die Betonherstellung gelten hinsichtlich der Gesteinskörnungen die folgenden Normen und Richtlinien:

**DIN EN 1260:** Gesteinskörnungen für Beton

**DIN EN 13055-1:** leichte Gesteinskörnungen für Beton, Mörtel und Einpressmörtel

**DIN 4226-101/102:** Rezyklierte Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 für Beton

**DIN EN 13139:** Gesteinskörnungen für Mörtel

**DafStb Richtlinie:** Beton nach DIN EN 2061 und DIN 10452 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620

**DafStb Richtlinie:** Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton



Abb. 4.37: Gesteinskörnungen mit unterschiedlichem Gefüge

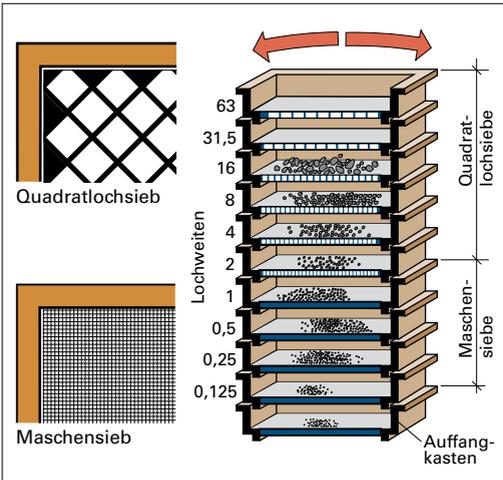


Abb. 4.38: Prüfsiebsatz

Die Einzelgrafik enthält Sieblinien, die mit A, B und C bezeichnet sind. Sieblinie A stellt ein grobes, B ein mittleres und C ein feines Korngemisch dar. Kornzusammensetzungen zwischen den Sieblinien A und B im Bereich ③ grob bis mittelkörnig, zwischen B und C im Bereich ④ mittel- bis feinkörnig. Außerhalb der Sieblinien A und C liegende Kornzusammensetzungen sind im Bereich ① grobkörnig und im Bereich ⑤ feinkörnig und daher für die Herstellung von Beton nicht geeignet.

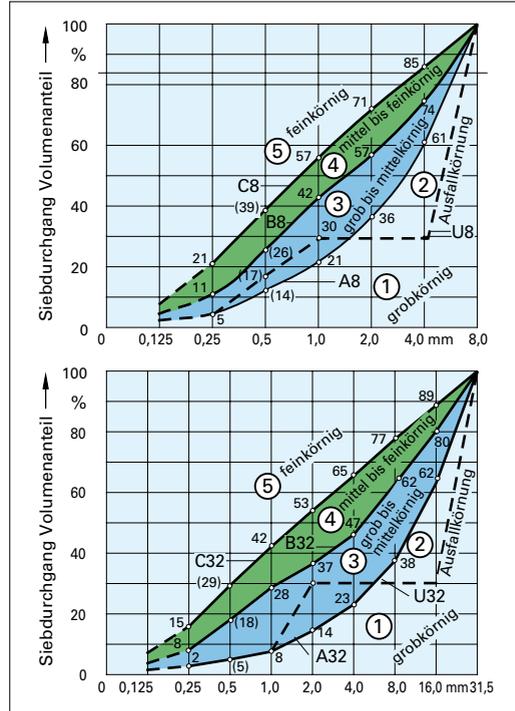


Abb. 4.39: Sieblinien nach DIN 1045-2 (Auszug)

Für jede Sieblinie gibt es eine Körnungsziffer mittels der Wasseranspruch einer Mischung für eine bestimmte Konsistenz aus entsprechenden Diagrammen abgeschätzt werden kann. Die Summe der Rückstände in Prozent auf den Sieben dividiert durch 100 ergibt die Körnungsziffer  $k$ .

$$k = \frac{\text{Summe der Rückstände [\%]}}{100}$$

**Beispiel**

Wasseranspruch für 1 m<sup>3</sup> Frischbeton Körnungsziffer  $k = 4,2$  und einem Größtkorn von 31,5 mm mit der Sieblinie B<sub>32</sub> beträgt in Litern nach Tabellen des Informationszentrums Beton:

$k$ -Wert	F1 weich	F2 plastisch	F3 steif
4,2	140	175	195

Gesteinskörnungen sind frei von Verunreinigungen, wie Erdrich und Laub, anzuliefern. Im Betonwerk werden die Gesteinskörnungen nach Korngruppen getrennt gelagert. Die Mischung einer Gesteinskörnung für einen Beton kann aus einer feinen und einer groben Gesteinskörnung zusam-