

Baukonstruktion-Kompendium

Ein Kompendium

von

Walter Meyer-Bohe

1. Auflage

Baukonstruktion-Kompendium – Meyer-Bohe

schnell und portofrei erhältlich bei beck-shop.de DIE FACHBUCHHANDLUNG

Kohlhammer 2008

Verlag C.H. Beck im Internet:

www.beck.de

ISBN 978 3 17 018436 7

1 Einführung

1.1 Technische Regelwerke

Die Technischen Regelwerke enthalten verbindliche Regeln für Bauplanung, Baustoffe, Baukonstruktionen und Bauausführungen. Dabei werden zur Zeit die deutschen DIN-Normen an das EG-Regelwerk angepasst.

Angepasste DIN-Normen erhalten den Zusatz EN. Ergänzt wird das DIN-Regelwerk durch Baurechtliche Zulassungen für noch nicht genormte Bauweisen und Baustoffe.

Daneben gelten die Richtlinien, Empfehlungen und Merkblätter von Fachvereinigungen und Verbänden.

Alle Technischen Regeln unterliegen der dauernden Wandlung und Anpassung an die technische und gesellschaftliche Gesamtentwicklung. Für Baukonstruktionen müssen umweltrelevante Aspekte beachtet werden.

Die Technischen Regelwerke gliedern sich in einer Art Hierarchie in vier Ebenen:

Technische Regelwerke:

Ebene 1	Europäische Normen	EN; DIN-EN Eurocode
Ebene 2	Deutsche Normen Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassungen	DIN
Ebene 3	Forschungsberichte und wissenschaftliche Fachliteratur	
Ebene 4	Privatgutachten, Verbands- und Herstellerempfehlungen, Merkblätter, Richtlinien	

Baurechtliche Vorschriften:

Ebene 1: Bauordnungen

MBO Musterbauordnung

LBO 16 unterschiedliche Landesbauordnungen der Bundesländer

DVO Durchführungsverordnungen zu den einzelnen Landesbauordnungen

Sonderbau- ordnungen für Versammlungs- stätten, Kranken- häuser, Schulen, Hochschulen, Industrie etc.	Brandschutz-VO	Garagen VO
---	----------------	------------

Ebene 2: Verwaltungsvorschriften

Arbeitsstätten- Richtlinien	Unfall-Verhü- tungsvorschriften	Technische Richtlinien
--------------------------------	------------------------------------	---------------------------

Ebene 3: Gesetze

Wassergesetz	EnEG – Energie- einsparungs- gesetz	Emissionsgesetz
Heizungsanlagen VO	Wärmeschutz VO	VO über Kleinfeuerungs- anlagen

Allgemein anerkannte Regeln der Technik

Hierunter versteht man die Summe der bautechnischen Regeln und Erfahrungen, die sich in der Praxis bewährt haben, wissenschaftlich belegt sind und in Kreisen der Techniker bekannt und als richtig anerkannt sind. Sie haben einen hohen Grad an Verbindlichkeit, zum Beispiel im Sachverständigenwesen und bei Bauprozessen vor Gericht.



Abbildung 1:
Deutsche Botschaft in Washington
Architekt: Oswald Mathias Unger, Berlin, 1994
(Q: Architekt)



Abbildung 2:
Dachflächenfenster
(Q: Velux-Katalog, Hamburg, 2004)

Stand von Wissenschaft und Technik

Der Stand von Wissenschaft und Technik berücksichtigt die jeweils neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse wie Forschungsberichte und Fachliteratur. Er ist besonders in Bereichen neuer Technologien mit hohen Sicherheitsanforderungen von Bedeutung.

Normenwesen

Die Bundesregierung hat das Deutsche Institut für Normung e.V. und das Deutsche Institut für Bautechnik mit der Wahrnehmung des Normenwesens und der Erteilung baurechtlicher Zulassungen beauftragt.

Wer nach DIN baut, benötigt keine besonderen Nachweise über die Eignung von Bauprodukten und Bauarten.



Abbildung 3:
Ausstellungsgebäude des Stadtplanungsamtes Shanghai
(Q: WMB)

Die EU-Normen ersetzen aber zunehmend die nationalen DIN-Standards.

Die europäische Normungsbehörde CEN – Comité Européen de Normalisation – erlässt Vorgaben für die Harmonisierung. Die Mitgliedstaaten kennzeichnen diese Normen mit CE – Conformité Européenne.

Alle nationalen Normen sollen später einmal zurückgezogen werden.

DIN-Normen sind keine anerkannten Regeln der Technik, weil ihr Zustandekommen von Interessenvertretern ohne demokratische Legitimation beschlossen wird. (s. Bundesgerichtshof Az. IIV ZR 184/97)

Sie haben deshalb nur Empfehlungscharakter und stellen eine unter mehreren Erkenntnisquellen dar.

1.2 Bauart- und Bauregelliste

Die Qualitätssicherung und Überwachung der Produkte in einem freien Binnenmarkt gehört zu den wesentlichen Anliegen der EU. Die Bauprodukte-Richtlinie soll die technischen Hemmnisse beseitigen. Die Richtlinie wurde in Deutschland 1992 mit dem Bauproduktengesetz nationales Recht.

Unter Bauart versteht man das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen. Bauprodukte sind Bauteile, zum Beispiel Wände, Decken, Stützen, Unterzüge oder Treppen. Daneben gibt es Sonderbauteile wie Brandwände, Feuerschutztüren oder Installationskanäle. Bauprodukte und Bauarten, die mit den in der Bauregelliste A und B aufgeführten Technischen Regeln übereinstimmen, werden als geregelte Bauprodukte bezeichnet. Hierfür müssen in Zukunft keine gesonderten baurechtlichen Nachweise der Verwendbarkeit geführt werden. Die Liste umfasst neben dem Eurocode auch die bisherigen nationalen Normen.

1.3 Baulicher Wärme-, Brand- und Schallschutz

Wärmeschutz

Von allen Anforderungen an Baukonstruktionen steht heute die Energieeinsparung an erster Stelle. Sie erfolgt nicht freiwillig, sondern ist gesetzlich vorgeschrieben.

Seit ca. 1930 war der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 Grundlage für die Bemessung von Bauteilen. Dann kam 1976 nach dem Ende der Ölkrise die 1. Wärmeschutzverordnung, die einen mittleren K-Wert vorschrieb. 1982 wurden die Anforderungen angehoben. Die Novellierung von 1995 erweiterte den Nachweis auf den Jahres-Heizwärmebedarf. Dieser stellt die Wärmemenge dar, welche ein Heizsystem unter Annahme normierter Randbedingungen jährlich bereitstellen muss. Dabei kann eine Verrechnung der Wärmeverluste (Transmission und Lüftung) und Wärmegewinne (intern und solar) als Wärmebilanz erfolgen. Dies ergibt für den Planer einen größeren Gestaltungsspielraum. So kann zum Beispiel eine geringe Dämmstoff-Dicke durch den Wirkungsgrad einer Lüftungsanlage ausgeglichen werden. Trotz dieser Verrechnungsmöglichkeiten gilt DIN 4108 mit seiner Definition von Mindestwerten für Bauteile weiter.

Die Wärmeschutzverordnung 1995 wurde 2001 durch die Energieeinsparverordnung abgelöst. Hier sind die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz und an die Anlagentechnik in einem Regelwerk zusammengefasst.

Grundsätze für eine Niedrigenergie-Bauweise:

- hoher Wärmeschutz der Außenbauteile
- Luftdichtheit der Gebäudehülle
- Reduzierung der Wärmebrücken
- kompakte Bauweise
- Verringerung der Lüftungswärmeverluste durch Anlagentechnik
- passive Nutzung der Sonnenenergie.

Damit verfolgt die Bundesregierung das ehrgeizige Ziel, eine CO₂-Reduzierung von 25 % bis 30 % zu erreichen, wozu ca. 500.000 Wohnungen des Alt-

baubestandes energetisch modernisiert werden müssen. Bei den Wärmedämmstoffen unterscheidet man Organische Dämmstoffe und Anorganische Dämmstoffe.

Baulicher Brandschutz

Die Generalklausel für den Brandschutz lautet:

»Bauliche Anlagen müssen so beschaffen sein, dass der Entstehung und der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird und bei einem Brand wirksame Löscharbeiten und die Rettung von Menschen und Tieren möglich sind.« (Q: Musterbauordnung)

Neben den unterschiedlichen Vorschriften der Länderbauordnungen diente über Jahrzehnte die DIN 4102 »Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen« als Prüfnorm. Sie wird schrittweise durch neue europäische Prüfnormen ersetzt.

Baustoffklassen:

A Nichtbrennbare Baustoffe

A1 Ohne Entflammung. Die Baustoffklasse A1 charakterisiert die klassischen Baustoffe, die nicht brennen können wie zum Beispiel Beton.

A2 Entflammung unter 20 Sekunden. In die Baustoffklasse A2 sind diejenigen Baustoffe eingereiht, die einen Anteil brennbarer Baustoffe enthalten wie Leichtbetone u. a.

B Brennbare Baustoffe

B1 Schwer entflammbar

B2 Normal entflammbar

B3 Leicht entflammbar.

Brandschutznachweis:

- Verwendete Baustoffe, Art und Nutzung des Gebäudes, erster Rettungsweg, zweiter Rettungsweg
- Brandverhalten der Baustoffe
- Brandschutzteile, Brandwände, Trennwände, Unterdecken
- Feuerschutzabschlüsse, Rauchschutztüren, Entrauchungsanlagen
- Haustechnische Anlagen
- Flächen für die Feuerwehr
- Löschwasserversorgung.

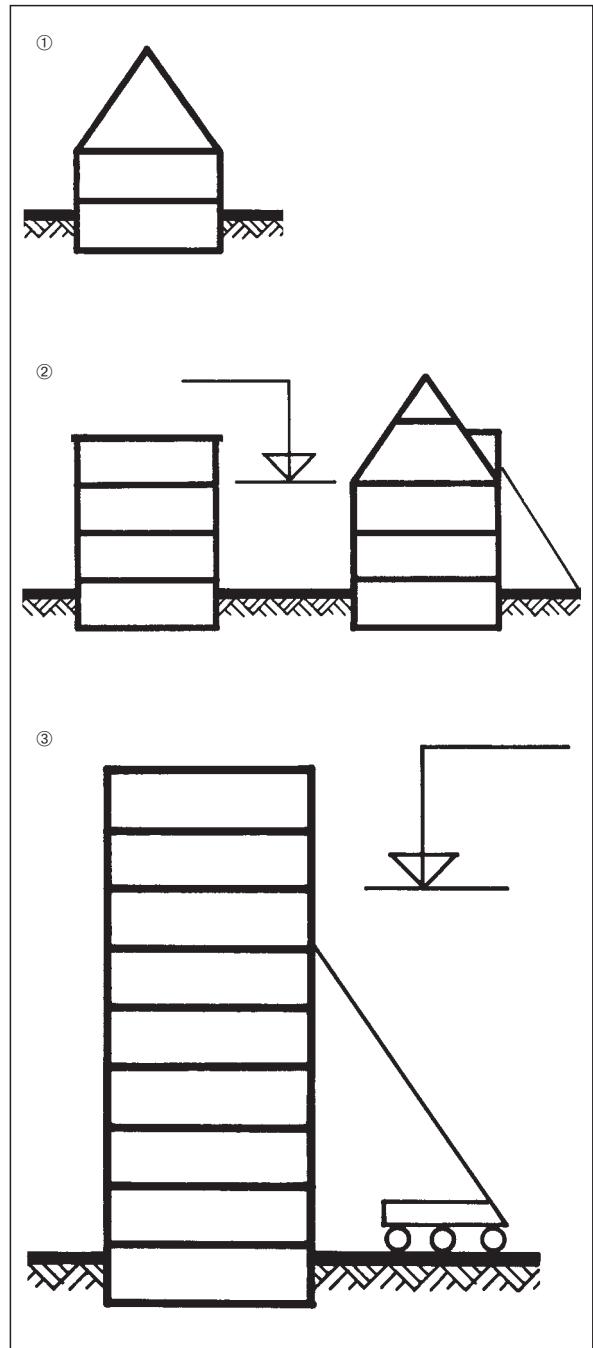


Abbildung 4:

Gebäudeklassen: 1 Freistehendes Wohngebäude mit 1 Wohnung, 2 Wohngebäude bis 8 m Höhe, 3 sonstige Gebäude von > 8 m bis 22 m Höhe

Eine europäische Anwendungsnorm befindet sich in Vorbereitung. Es gibt Vorbehalte einiger Länder, die den Brandschutz nur über Prüfzeugnisse nachweisen wollen.

Europäische Klassifizierung von Bauteilen:

R	Résistance	Tragfähigkeit eines tragenden Bauteils
E	Étanchéité	Raumabschluss tragender oder nicht tragender Bauteile
I	Isolation	Wärmedämmung – Temperaturkriterium unter Brandeinwirkung
W	Radiation	Begrenzung des Strahlungsdurchtritts
M	Mechanical impact	Mechanische Einwirkung auf Wände – Stoßbeanspruchung (Brandwände, Komplex trennwände)
S	Smoke	Begrenzung der Rauchdurchlässigkeit – Dictheit bzw. Leckrate
C	Closing	Selbstschließende Eigenschaft (ggf. mit Anzahl der Lastspiele einschl. Dauerfunktion)
P		Aufrechterhaltung der Energieversorgung und/oder Signalübermittlung
PH		
I_1 / I_2		Unterschiedliche Wärmedämmkriterien
...200, 300...	°C	Angabe der Temperaturbeanspruchung
i-o	in – out	Richtung der klassifizierten Feuerwiderstandsfähigkeit bei vertikalen Bauteilen
i-o		
i-o		
a-b	above –	Richtung der klassifizierten Feuerwiderstandsfähigkeit bei horizontalen Bauteilen
a-b	below	
a-b		
v_e, h_o	vertical – horizontal	für vertikalen/horizontalen Einbau klassifiziert
(Q: wie vor)		

Baulicher Schallschutz

Unter Schall versteht man mechanische Schwingungen. Werden sie in der Luft fortgepflanzt, spricht man von Luftschall, bei Schwingungen in festen Körpern von Körperschall. Trittschall wird mechanisch

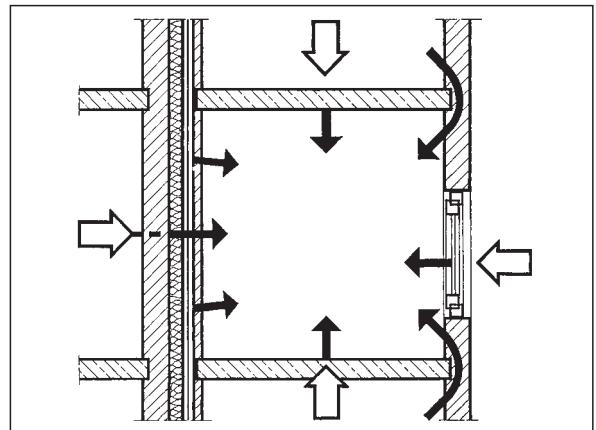


Abbildung 5:

Schallschutz. Helle Pfeile = Luftschall, dunkle Pfeile = Längs- und Körperschall

direkt in ein Bauteil eingeleitet und in benachbarte Räume abgestrahlt. Beim Begehen einer Decke entsteht zum Beispiel Körperschall. Die Anzahl der sinusförmigen Schwingungen je Sekunde wird als Frequenz angegeben.

Die Einheit des Schalldruckpegels ist das Dezibel (dB). Der Schallpegel reicht von 0 bis zur Schmerzgrenze von 140 dB. Schallschutz bedeutet, den Schallpegel von auftretenden Schallquellen auf ein erträgliches Maß zu dämmen.

Schallschutz ist ein hohes gesellschaftliches Anliegen, da Störungen Gesundheit und Wohlbefinden der Menschen beeinflussen.

Neben den Forderungen der Landesbauordnungen gilt das Normenwerk DIN 4109 Schallschutz im Hochbau in der alten Fassung 11/1989. Zahlreiche Novellierungsversuche und auch die Europäisierung verlaufen schleppend, da viele Länder keine teuren generelle Regelungen wünschen, sondern lieber Einzelprüfungen.

1.4 Maßbeziehungen und Maßordnung

Baukonstruktionen sind physikalisch-geometrische Gebilde, die durch Maßbeziehungen festgelegt sind. Die heute benutzten Maßsysteme wurden immer wei-

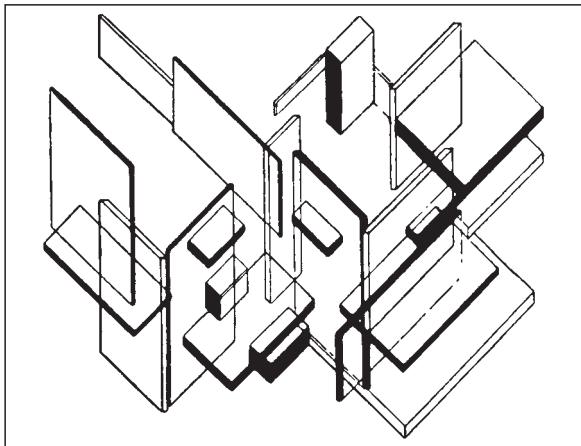


Abbildung 6:
Aufgelöster Raum. Malerische Vorwegnahme moderner Architektur, Th. V. Doesberg

ter verfeinert und vergleichbar gemacht. Die Maßeinheiten sind in DIN 130, die Formelzeichen in DIN 1304 und die Grundbegriffe Masse, Gewicht, Kraft und Lasten in DIN 1305 festgelegt. Seit 1978 sind SI-Einheiten – Système International d'Unités – für den Bereich des Bauwesens verbindlich eingeführt. Die Einheiten der DIN 1080, Teil 1 entsprechen den SI-Einheiten.

Ohne Maßordnung würde es keine vergleichbaren Entwürfe und keine Umsetzung von Entwürfen in gebaute Realität geben. In der Baugeschichte standen meist gestalterische Kriterien wie Reihung, Rhythmus, Proportion oder Symmetrie im Vordergrund. Seit der Industrialisierung sind Normung und Praktikabilität hinzugekommen.

Ursprünglich waren die Maßeinheiten an biologischen Maßen orientiert, z. B. Elle, Fuß, Morgen, Pferdestärke etc. Der naturwissenschaftliche Aufschwung führte zur Einigung auf den Meter. Er wurde von der Französischen Akademie der Wissenschaften als 40-millionster Teil des durch Paris gehenden Erdmeridians bestimmt. Später folgten andere physikalische Definitionen.

Man unterscheidet folgende *Maßsysteme*:

- Dekadisches System (Dezimalsystem)
- Oktametrisches System DIN 4172
- Arithmetische und geometrische Maßreihen

- Goldener Schnitt, Verhältnis von 1:1,6
- Blaue und Rote Reihe von Le Corbusier
- Modulordnung im Bauwesen, DIN 18 000.

1.5 Haftung und Mängelbeseitigung

Planung unterliegt nicht dem Dienstvertragsrecht, sondern dem Werkvertragsrecht nach § 631 BGB, 2. Abschn., 7. Buch »Recht der Sachen«.

Die Werkhaftung greift wesentlich schärfer als die Dienstleistungshaftung nach BGB § 611 bis 630.

BGB § 631: (1) Durch den Werkvertrag wird der Unternehmer zur Herstellung des versprochenen Werkes, der Besteller zur Entrichtung der vereinbarten Vergütung verpflichtet.

(2) Gegenstand des Werkvertrages kann sowohl die Herstellung oder Veränderung einer Sache als ein anderer durch Arbeit oder Dienstleistung herbeizuführender Erfolg sein.

Die VOB-Normen konkretisieren das Werkvertragsrecht im BGB. Die »anerkannten Regeln der Technik« enthalten auch eine Verknüpfung mit dem Strafrecht wie bei der Baugefährdung nach StGB § 323. Danach kommen als »Täter« alle am Bau Beteiligten in Frage, also Architekten, Statiker, Bauleiter.

Jeder Planer haftet für seine Planung. Planungsfehler sind einklagbar: Der Unternehmer haftet für die Ausführung der Planung. Im Falle des Unvermögens des Unternehmers haftet der Planer als Subsidiärhafter, zum Beispiel bei Konkurs oder Geschäftsaufgabe.

Planer müssen deshalb eine ausreichende Haftpflichtversicherung abschließen.

Normalerweise erfolgt die Mängelbeseitigung durch Nachbesserung nach BGB § 633:

(1) Der Unternehmer ist verpflichtet, das Werk so herzustellen, dass es die zugesicherten Eigenschaften hat und nicht mit Fehlern behaftet ist, die den Wert oder die Tauglichkeit zu dem gewöhnlichen oder dem nach dem Vertrage vorausgesetzten Gebrauch aufheben oder mindern.

(2) Ist das Werk nicht von dieser Beschaffenheit, so kann der Besteller die Beseitigung des Mangels verlangen.

Der Unternehmer ist berechtigt, die Beseitigung zu verweigern, wenn sie einen unverhältnismäßigen Aufwand erfordert.

(3) Ist der Unternehmer mit der Beseitigung des Mangels im Verzuge, so kann der Besteller den Mangel selbst beseitigen und Ersatz der erforderlichen Aufwendungen verlangen.

Schadenersatz wegen Nichterfüllung wird nach BGB §535 geregelt:

Beruht der Mangel des Werkes auf einem Umstande, den der Unternehmer zu vertreten hat, so kann der Besteller statt der Wandelung oder der Minderung Schadenersatz wegen Nichterfüllung verlangen.

2 Gebäudegründungen und Bauwerksabdichtungen

Die Gründung von Hochbauten erfolgt durch flache Fundamente oder durch Tiefgründung mittels Pfählen. Die Fundamente übertragen und verteilen die Lasten auf den tragfähigen Baugrund. Die Größe der Fundamente hängt von den Lasten und von der Bodenbeschaffenheit ab, die durch eine Baugrunduntersuchung ermittelt wird. Im Regelfall werden die zulässigen Bodenpressungen mit Hilfe von Tabellenwerten nach DIN 1054 ermittelt.

2.1 Technische Regelwerke

Gründungen

EN DIN 1054: 1976-11 Baugrund; Zulässige Belastung des Baugrund

DIN 1054 Bbl: 1976-11 Baugrund; Zulässige Belastung des Baugrunds

DIN 40-95: 1960-06 Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen, Planung, Bemessung und Ausführung

Bauwerksabdichtungen

EN DIN 18195-1: 08/00 Bauwerksabdichtungen Grundsätze, Definitionen, Zuordnung der Abdichtungsarten

EN DIN 18195-2: 08/00 Bauwerksabdichtungen; Stoffe Bewegungsfugen

Informationen

Bauer Spezialtiefbau, Schobenhausen

2.2 Tragfähigkeit des Bodens, Bodenarten

Die Bodenfestigkeit bestimmt die Wahl der Gründungs- und Abdichtungsart.

Dabei werden die *Bodenarten* unterschieden in:

- gewachsene Böden
- nichtbindige Böden (unter 15 % Bestandteile mit Korngrößen unter 0,06 mm)
- bindige Böden (über 15 % Bestandteile mit Korngrößen unter 0,06 mm)
- organische Böden (zum Beispiel Torf oder Faulschlamm oder nichtbindige Böden mit mehr als 3 % oder bindige Böden mit mehr als 5 % organische Bestandteile)
- Fels und Festgesteine und geschüttete Böden.

2.3 Flachgründungen: Streifen-, Einzel-, Plattenfundamente und Unterfangungen

Fundamente werden so bemessen, dass unter den lasttragenden Wänden eine möglichst gleiche Bodenpressung auftritt. Bei kleineren Gebäuden genügen Streifenfundamente, bei größeren Gebäuden entstehen oft ungleiche Setzungen unter verschiedenen Gebäudeteilen, so dass hier die Fundamente der deckentragenden Mittelwände wesentlich breiter

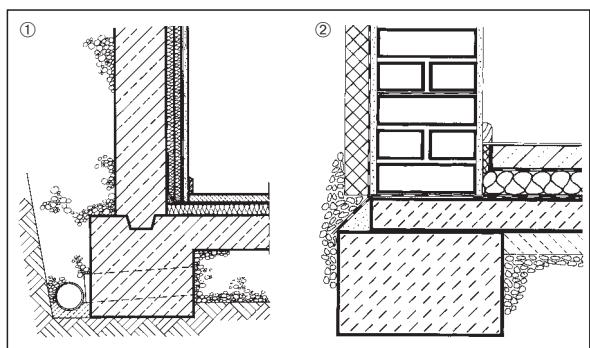
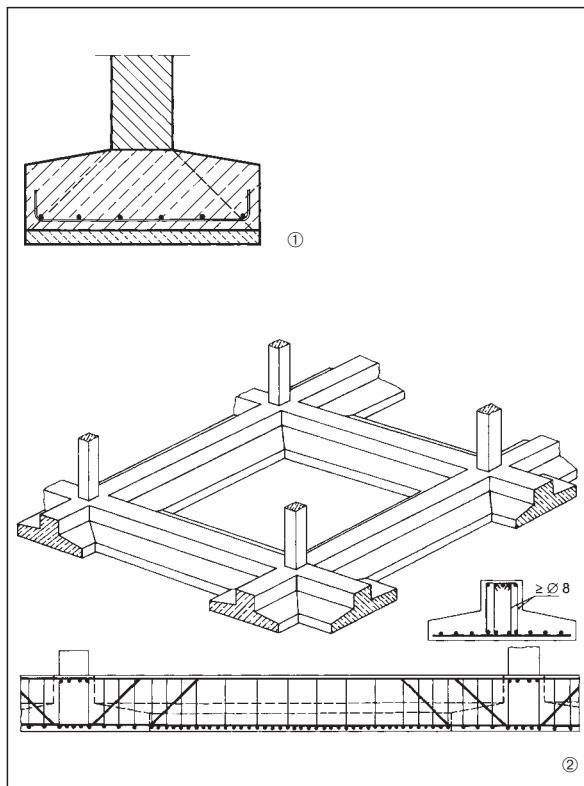


Abbildung 7:

Streifenfundamente: 1 Streifenfundament mit anschließender Bodenplatte, 2 Streifenfundament mit getrennter Bodenplatte

**Abbildung 8:**

Einzelfundamente: 1 bewehrtes Punktgrundung, 2 bewehrter Fundamentrost
(Q: Puradnik Majstra Budowlanego, Arkady, Warschau 2003)

ausgebildet werden müssen als die der Außenwände. Außen- und Innenwände erzeugen in der Regel Streckenlasten, die auf Streifenfundamente abgetragen werden.

Stützen mit Punktlasten werden dagegen auf Einzelfundamente gegründet.

Die Gründungssohle der Fundamente sollte frostfrei mindestens 80 cm unter Gelände liegen.

Fundamente werden aus Beton oder Stahlbeton hergestellt.

Für einfache Betonfundamente erübrigt sich eine gesonderte Schalung. Sie werden direkt in den ausgehobenen Graben gegossen. Für höhere Fundamente kommt eine Abtreppung in Frage. Bei Höhendifferenzen müssen Schichteisen eingelegt werden.

Streifenfundamente

Streifenfundamente werden als zusammenhängende Streifen unter Wänden angeordnet. Je nach Belastungsfall und Konstruktionsart werden sie bewehrt oder unbewehrt hergestellt. Der Winkel der Lastverteilung im Fundament differiert nach unterschiedlichen Lehrmeinungen. Dafür sind Werte zwischen 45° und 60° angegeben. Tatsächlich setzt sich der Druck durch komplizierte überlagerte kreisförmige Isobaren fort. Der Abbau der Bodenpressung erfolgt in Form einer »Druckzwiebel«. Im Normalfall ist man mit 60° aber auf der sicheren Seite.

Bei unbewehrten Streifenfundamenten darf die vorhandene Biegezugsspannung die Biegezugfestigkeit des Betons nicht überschreiten.

Für größere Lastfälle kommen querbewehrte Streifenfundamente in Frage. Dabei werden die beiden seitlichen Überstände wie Kragarme bemessen und bewehrt. Die Hauptbewehrung liegt quer zur Längsachse des Fundaments.

Einzelfundamente

Einzelfundamente kommen für mittig belastete Stützen oder schwere Maschinen in Frage. Sie werden quadratisch, rechteckig oder rund ausgeführt und meistens bewehrt, da sie im Verhältnis zur Höhe relativ breit sind.

Die Abmessungen ergeben sich aus der Höhe der Lasten, der zulässigen Bodenpressung, der Betonfestigkeit und den besonderen Anforderungen an die Kippsicherheit. Die Fundamentdicke muss größer als die Stützenbreite sein.

Plattenfundamente

Für größere Gebäude kommen auch Flächengründungen mit bewehrten Gründungsplatten in Frage. Dies gilt auch für Bauwerke, wo sich Einzelfundamente überlagern würden, außerdem bei unregelmäßig geschichtetem Baugrund.

Die Gründungsfläche einer Stahlbetonplatte ist stark vergrößert und schwimmt praktisch auf dem Baugrund.

Bei Grundwasser wirkt die Fundamentplatte dem Auftrieb entgegen. Sie muss entsprechend dimensioniert werden. Die Bewehrung der Plattenfundamente ist zur Aufnahme des nach oben wirkenden Erddrucks bzw. Wasserdrucks umgekehrt wie die Deckenbewehrung oder als Doppelbewehrung anzutragen.

Plattenfundamente können durch Rippen zusätzlich verstärkt werden.

Bei Gebäuden, bei denen der Grundwasserspiegel über der Kellersohle liegt und eine wasserdruckhaltende Abdichtung erforderlich wird, sollte immer ein Plattenfundament gewählt werden.

Unterfangungen

Bei unterschiedlichen Fundamentsohlen oder beim Zusammenbau von Alt- und Neubauten kann eine Unterfangung der Fundamente erforderlich werden.

Hier besteht die Gefahr des Grundbruchs bei den Altfundamenten.

Die Unterfangung wird abschnittsweise in Beton mit Schüttrohren hergestellt. Dabei muss längs der Außenwand ein Erdkörper von mindestens 2,00 m Breite stehen bleiben. Die Wandöffnungen müssen ausgesteift werden. Die Anschlussfugen werden mit Beton ausgepresst. Unterfangung und Fundamentneubau werden gleichzeitig ausgeführt.

2.4 Tiefgründungen: Ramm- und Bohrpfähle

Die Ausführung von Tiefgründungen gehört zum Spezialtiefbau. Hier wurden eine Reihe unterschiedlicher Gründungsverfahren entwickelt:

Ankerverfahren mit Verpressanker und Verpresskörper im Baugrund, Bodenvernagelung, Bohrpfähle mit Fußausweitung. Zu den Standard-Bohrverfahren gehören das Drehbohren mit Bohrschnecke, Dreh-schlagbohren mit Außenhammer und verlorener Krone, Drehschlagbohren mit Imlochhammer, Drehbohren im Spülverfahren, Drehschlagbohren mit Außenhammer und Überlagerungsgestänge, Doppelkopfbohren, Bodenstabilisierung, Doppelkopfver-

fahren mit Verrohrung. Einbringen von pumpfähigem Beton und eingerüttelter Pfahlbewehrung.

HDI Hochdruckinjektionsverfahren, KSH-Injektion (K Kompensation, S Sicherung, H Hebung), Mixed-in-Place-Verfahren, Penetrationsinjektion, Schlitzwandverfahren, Spundwandverfahren, Stabverpresspfahl-Verfahren.

Vorgespanntes Stabverpresspfahl-, Tiefenrüttel- und VDW-Verfahren (Vor der Wand). (Q: Bauer Spezialtiefbau).

Ramm- und Bohrpfähle

Rammpfähle bestehen aus Holz mit Spitze und Rammling, Stahlprofilen aus Bohlen oder Peiner Trägern sowie Stahlbeton mit Pfahlspitze und Pfahlkopf. Sie werden mit einer Freifallramme oder mit einem Hydraulikhammer eingetrieben. Mit dieser Methode können Pfahlroste gebildet werden, die möglichst im Wasser stehen. Grundwassersenkungen wie in Venedig führen dann aber häufig zum Zerfall der Pfahlköpfe.

Bei allen Pfahlgründungen werden die Gebäude-lasten durch Mantelreibung (Schwebende Gründung) oder Spitzendruck (Stehende Gründung) übertragen. Vorher wird durch eine Probebohrung ermittelt, bis zu welcher Tiefe die Pfähle herabgeführt werden können. Die Pfähle müssen immer länger als die Gebäudebreite sein. Erfahrungswerte für die Tragfähigkeit von Rammpfählen:

- Holzpfähle, Durchmesser 30 bis 45 cm, Gewicht 33 bis 45 t.
- Stahlbetonpfähle, quadratisch 30 × 30 cm bis 40 × 40 cm, Gewicht 40 bis 55 t.

Zur Vermeidung von Erschütterungen werden vorzugsweise Bohrpfähle eingesetzt.

Die einzelnen Verfahren sind firmengebunden, zum Beispiel Simplex (mit eingerammtem Pfahlrohr, das nach Verfüllung gezogen wird), ABA-Lorenz, Bauer, Michaelis-Mast (mit eingebohrtem Mantelrohr und Bewehrungskorb mit Fußplatte), Wolfscholz (Pressbetonpfahl im Bohrverfahren), Brechtel (Bohrverfahren mit Mantelrohr und Presshaube) u.a.