

# Interreg



EUROPÄISCHE  
UNION

## Österreich-Tschechische Republik

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung



# BAUWESEN

## Hochbau 2



UNIVERSITY  
OF APPLIED SCIENCES  
UPPER AUSTRIA



EUROPÄISCHE UNION

# Inhalt

1. Flache Fundamente .....	2
1.1. Flache Fundamente .....	2
1.2. Fundamentstürze .....	4
1.3. Streiffundamente .....	4
1.4. Gitterfundamente .....	5
1.5. Fundamentplatten .....	6
2. Tiefgründungen.....	7
2.1. Tiefgründungen .....	7
2.2. Gründungspfähle .....	7
2.3. Pfähle mit großem Durchmesser.....	9
2.4. Fundamentbrunnen.....	10
2.5. Caissons.....	10
3. Vertikale tragende Mauerwerke und Strukturen für die vertikale Last-Lagerung .....	11
3.1. Vertikale Tragweite .....	11
3.2. Tragende Mauerwerkskonstruktionen .....	11
3.3. Ziegelmauerwerk.....	12
3.4. Blockmauerwerk.....	13
3.5. Steinmauerwerk .....	14
3.6. Gemischtes Mauerwerk .....	15
4. Vertikale tragende monolithischer und vorgefertigte Strukturen (Vertikale Lastlager)	16
4.1. Monolithische Wand- und Stützenkonstruktionen .....	16
4.2. Vorgefertigte Wand- und Stützenkonstruktionen .....	19
5. Öffnungen in Mauern.....	21
5.1. Öffnungen in Wänden .....	21
5.2. Stürze .....	21
6. Schornsteine .....	25
6.1. Grundeigenschaften und Klassifizierung der Schornsteine .....	25
6.2. Planung und Ausführung von Schornsteinen.....	27
7. Literatur.....	29

# I. FLACHE FUNDAMENTE

Schlüsselwörter: Flachgründungen, Polsterfundamente, Streifenfundamente, Fundamentgitter, Fundamentplatten, monolithische Fundamente, vorgefertigte Fundamente

## I.1. Flache Fundamente

Flache Fundamente sind die am häufigsten verwendete Art von Gründungsstrukturen. Flache Fundamente werden eingesetzt, wenn sich eine ausreichend tragende Bodenschicht unter dem Boden befindet. Das Material der Fundamentkonstruktionen muss den Einflüssen von Belastung und Bodenfeuchtigkeit standhalten. Die Mindestdiefe des Fundaments beträgt 800 - 1200 mm unter der Oberfläche, so dass sich der Fundamentboden in einer nicht gefrierenden Tiefe befindet. Die am häufigsten verwendeten Materialien sind Bruchstein, Beton oder Stahlbeton. Zu den Gründungskonstruktionen gehören Einzelfundamente, Streifenfundamente, Fußraster und Fundamentplatten.

### **Einzelfundamente**

Einzelfundamente sind die Fundamentstrukturen, die meist für die Gründung des Stützenbausystems hergestellt werden. Gründungssohlen übertragen Punktlasten von den Säulen in den Boden. Der Grundriss ist meist quadratisch, seltener rechteckig oder rund. Quadratische Einzelfundamente sind speziell für die Mittellast ausgelegt. Die Einzelfundamente sind wirtschaftlich und produktiv vorteilhaft, wenn ihre Seite nicht mehr als die Hälfte des Achsabstandes der Stützen beträgt, sonst sind Gitter-, Decken- oder Pfahlgründungen sinnvoller.

Vertikale Konstruktionen wie Trennwände, Randkonstruktionen oder Treppenhauswände basieren auf Fundamentschwellen, die die Last auf einzelne Einzelfundamente übertragen.

Die Form, das Material und die Dimensionierung der Einzelfundamente hängen von der Verankerung der Säulen oder anderer an den Füßen montierter Strukturen ab. Die Einzelfundamente können ein- oder zweistufig sein.

Klassifizierung der Einzelfundamente entsprechend der technologischen Umsetzung:

- Monolithische Einzelfundamente
  - Einzelfundamente aus Normalbeton
  - Einzelfundamente aus Stahlbeton

- Mit Steinen durchsetzte Einzelfundamente
- Vorgefertigte Einzelfundamente
  - Hohle (Kelch-)Einzelfundamente
  - Voll-Einzelfundamente

## Monolithische Einzelfundamente

Monolithische Fundamente werden aus Normalbeton oder Stahlbeton hergestellt, optional auch in Kombination:

- Fundamente aus Normalbeton werden nur für kleine Grundrissabmessungen (bis zu 2 m Seitengröße), für Zentrifugallasten und für den Bodengrund mit zulässigen Tragfähigkeiten über 2 MPa eingesetzt. Die Oberfläche des Fundaments wird durch die Belastung und die zulässige Tragfähigkeit des Baugrundes definiert. Die Höhe des monolithischen Fundaments wird durch die Größe der Auskleidung und den Verschiebewinkel bestimmt. Wenn die Belaghöhe größer als 1 Meter ist, sind die Beläge als Stufen ausgebildet. Der Betonfuß kann direkt in die Schalung einbetoniert werden. Fundamente aus Normalbeton können direkt in die Schalung einbetoniert werden.
- Stahlbetonplatten sind für größere Grundrissabmessungen, exzentrische Belastungen und Grundboden mit zugänglichen Spannungen bis zu 0,15 MPa ausgelegt. Stahlbetonplatten sind relativ niedrig, da der Verschiebewinkel  $\tan \alpha$  0,5 - 1 beträgt. Die Oberseite der Platten ist meist schräg. Beträgt der Neigungswinkel der Oberseite weniger als 35 °, kann die Oberseite der Fundamente ohne Schalung betoniert werden. Bei einer höheren Neigung ist eine Schalung erforderlich. Die Fundamente werden in eine fertige Schalung einbetoniert, für die der Aushub auf jeder Seite um den notwendigen Handlungsraum erweitert werden muss. Unterhalb der Stahlbetonplatten ist es notwendig, eine 50 bis 100 mm dicke Betonfundamentschicht herzustellen, um die Bewehrung vor Korrosion zu schützen.

## Vorgefertigte Einzelfundamente

Für montierte Skelettkonstruktionen werden vorgefertigte Einzelfundamente aus Stahlbeton oder Spannbeton verwendet. Vorgefertigte Einzelfundamente können unterschiedliche Masseflächen aufweisen (rechteckig, kreisförmig, polygonal, sternförmig, etc.). Am weitesten verbreitet sind die Beläge mit rechteckigen Querschnitten. Diese Fundamente werden in zwei grundlegenden Designvarianten hergestellt:

- Hohle (Kelch-)Einzelfundamente oder Nestfundamente haben eine Aussparung, in die eine vorgefertigte Säule auf einem Zementmörtelbett montiert und nach dem Verriegeln betoniert wird.

- Volle-Fundamentelemente werden als ein- oder mehrstufige Ausführung hergestellt. Die Stützenverbindung mit dem Einzelfundament bietet einen Verstärkungsanker, der in die Öffnung in das Einzelfundament und dem Vergussmörtel eingeführt wird. Die Bewehrung ist mit dem beschlagenen Fuß der Säule verschweißt.

Die vorgefertigten Einzelfundamente werden auf den Grundplatten oder auf monolithischen Lastverteilungsplatten verlegt. Die Abmessungen werden durch die Berechnung der Stützenlast und Tragfähigkeit des Baugrundes bestimmt. Der untere Fundamentboden muss mit einer Sand- oder Grundbetonschicht in einer Dicke von 100 und 150 mm ausgerichtet sein. Die Fundamentstürze können durch die Einzelfundamente gestützt werden.

## 1.2. Fundamentstürze

Leichte durchgehende Konstruktionen (Wände von nicht unterkellerten Leichtbauwerken, Umfassungswände usw.) können auf einem Fundamentsturz basieren, dessen Last in frostfreier Tiefe auf den Fundamentklotz auf den Bodengrund übertragen wird.

## 1.3. Streiffundamente

Mit Streifenfundamenten werden sowohl tragende als auch nicht tragende Wände ab 6 N/m<sup>2</sup> - also ca. 150 mm dick und 3 m hoch - gestützt. Leichte Trennwände und Konstruktionen werden direkt auf Stahlbeton aufgebracht. Die Mindestgröße des Streifenfundaments beträgt 300 x 300 mm. Die Stützen basieren auf Streifenfundamenten bei zu großen Pads oder bei Skeletten mit ungleichmäßig verlegten Decken.

Der Streifenfundament bildet einen durchgehenden Balken, der rechteckig, gestuft, plattiert oder im Querschnitt gerippt sein kann. Je nach verwendetem Material können wir Streifenfundamente aus Bruchstein, Flachbeton und Stahlbeton unterscheiden. Beton- und Stahlbetonkonstruktionen können monolithisch oder vorgefertigt sein.

Die Breite des Streifenfundaments (b) wird durch die Belastung und die zulässige Tragfähigkeit des Untergrundes bestimmt. Die Höhe der Basis (h) ergibt sich aus der Größe der Fundamentverlängerung (a) und der Größe des Verschiebewinkels und der zulässigen Belastung des Untergrundes. Für die Berechnung der Höhe des Streifenfundaments kann die Beziehung verwendet werden:  $h = a \cdot \tan \alpha$ , wobei  $\tan \alpha$  für den Stein 2 - 3, für Flachbeton 1,5 - 2 und für Stahlbeton 0,5 - 1 steht.

## **Streifenfundament aus Bruchstein**

Streifenfundamente aus Bruchstein werden nur selten verwendet. Der am häufigsten verwendete Stein ist Marlit. Streifenfundamente können für Wände mit geringer Belastung verwendet werden. Die Streifenfundamente können in einem oder zwei Schritten hergestellt werden.

## **Streifenfundament aus Normalbeton**

Streifenfundamente aus Normalbeton werden für Wandkonstruktionen verwendet. Sie können einstufig (rechteckiger Querschnitt) oder in größeren Sockelhöhen abgestuft sein. Die glatten Betonstreifen haben eine Mindestgröße von 300 x 300 mm.

## **Streifenfundamente aus Stahlbeton**

Streifenfundamente aus Stahlbeton werden für hohe Lasten verwendet, die mit weniger Lager und inhomogenem Untergrund auf das Fundament übertragen werden. Die Form der Stahlbetonstreifen kann rechteckig sein, mit einer schrägen Oberseite oder einem Querschnitt eines umgekehrten T. Die Streifenfundamente aus Stahlbeton werden entweder in Längs- oder Querrichtung mit den Stützbalken des Skeletts betoniert. Die Steifigkeit der Bänder für große Gebäude kann durch Aussteifungen der Bandfundamente erhöht werden, die senkrecht zu den Hauptgrundflächen der Bänder angeordnet sind. Unterhalb der Stahlbetonstreifenfundamente ist es notwendig, eine Tragschicht herzustellen.

## **Vorgefertigte Streifenfundamente**

Streifenfundamente montierte Gebäude können aus vorgefertigten Platten hergestellt werden. Vorgefertigte Streifenfundamente werden verwendet, wenn die Belastung des Baugrundes von 0,2 MPa bis 0,35 MPa beträgt. Die Fertigteile bestehen aus Beton oder Stahlbeton mit abgestuften Abmessungen für verschiedene Lasten und bis zu 3 Metern. Die Teile haben einen rechteckigen oder trapezförmigen Querschnitt. Die vorgefertigten Streifenfundamente werden in ein Sandbett von 100-150 mm Dicke gelegt, das den Boden des Aushubs ausgleicht.

## **I.4. Gitterfundamente**

Gitterfundamente werden durch Streifenfundamente gebildet, die im Allgemeinen senkrecht zueinander stehen. Das Fußrost wird für hochbelastete Skelettstrukturen verwendet, die in inhomogenen Untergründen in Böden mit hoher Kompressibilität, Untergrabung oder seismisch instabilen Bereichen ausgeführt sind.



## 1.5. Fundamentplatten

Die Fundamentplatten verteilen die Last auf die gesamte Fläche des Grundrisses des Gebäudes, so dass der Bodengrund gleichmäßiger belastet wird als bei anderen Fundamentformen. Fundamentplatten werden in inhomogenen, niedrig belastbaren und weitgehend kompressiblen Grundböden eingesetzt. Die Platten werden ausgelegt, wenn die berechnete Breite des Streifenfundaments so groß ist, dass zwischen den parallel laufenden Streifen wenig Boden vorhanden ist. Die Decken werden für den Bau von Hochhäusern und für extrem schwere Bauwerke eingesetzt. Die Fundamentplatten können auch für die Errichtung unter dem Grundwasserspiegel verwendet werden.

Es ist immer notwendig, die Verwendung der Fundamentplatte in Betracht zu ziehen, da sie recht teuer und aufwändig ist und insbesondere bei unzureichender Verstrebung aufgrund der ungleichmäßigen Besiedlung des Gebäudes zum Scheitern verurteilt ist.

Die Fundamentplatten bestehen aus Stahlbeton als gerade, gerippt, kopfüber, schalig oder giebelartig. Gerade Decken haben eine konstante Höhe von 400 und 1200 mm über dem Grundriss und werden in Abständen von Stützwänden oder Stützen bis zu 4 m eingesetzt. Bei größerem Achsabstand der vertikalen Konstruktionen oder größerer Belastung der Decken ist es vorteilhaft, die Decken mit besser verformungsbeständigen Rippen zu verstärken. Die Rippe kann über oder unter der Platte platziert werden. Der Vorteil einer oberen Rippenplatte besteht darin, dass sie eine Positionierung zwischen den Rippen ermöglicht. Der Nachteil ist die Notwendigkeit, eine Schalungsrippe und eine separate Deckenkonstruktion zu schaffen. Die Platten mit den unteren Rippen sind aufgrund der komplizierten Durchführung von Aushub und Abdichtung nicht für die Gründung unter Wasser geeignet. Schwer belastete Skelettkonstruktionen können auf Kopf- oder Rostfundamenten basieren. Die Kopfplatte ist sowohl in Bezug auf die Produktion als auch auf die Wirtschaftlichkeit sehr vorteilhaft und wird am häufigsten eingesetzt. Der einzige Nachteil sind die über dem Boden herausragenden Füße. Anstelle einer Decke kann ein Klostergewölbe oder eine mit einem Trägersystem verstärkte Decke entworfen werden, die steifer ist als eine einfache Platte.

## 2. TIEFGRÜNDUNGEN

Schlüsselwörter: Tiefgründungen, Gründungspfähle, vorgefertigte Pfähle, monolithische Pfähle, Mikropfähle, Gründungsbrunnen, Caissons

### 2.1. Tiefgründungen

Tiefe oder vertikale Fundamente übertragen die Last durch vertikale Elemente in die Tiefe. Bei unzureichender Tragfähigkeit und hoher Kompressibilität der Deckschichten werden tiefe Fundamente vorgeschlagen. Bodenstrukturen basieren meist auf Pfählen. Seltener an Schachtpfeilern, Fundamenten, Brunnen oder Senkkästen.

### 2.2. Gründungspfähle

Gründungspfähle sind Stabelemente des Rund- oder Quadratprofils, die die Last des Gebäudes auf den Baugrund in die Tiefe übertragen. Pfähle sind Elemente, deren Länge bis Quermaß mindestens 5: 1 beträgt.

Abhängig von der Übertragung der Last auf den Untergrund werden die Pfähle gescho-ben, zugfest, schräg und durch Biegen und Knicken belastet. Meistens gibt es gescho-bene Pfeiler (Endlager, Reibungs- und Lagerreibungspfahl). Endtragende Pfähle tragen die Last überwiegend über eine Spitze, die von einem tragenden Untergrund getragen wird. Der Lagerreibungspfahl trägt die Last auf die Spitze und die Reibung auf das Ge-häuse. Reibungspfähle stören den tragfähigen Boden nicht und sind in ihrer ganzen Länge im nicht tragfähigen Boden, auf den sie die Last nur durch Reibung am Gehäuse übertragen.

Je nach Material unterscheiden sich die Pfähle durch Holz, Beton, Stahlbeton, Spannbe-ton und Stahl.

Je nach Beziehung unterscheiden wir die Einzelpfeiler und die Gruppenpfeiler. Einzel-pfeiler beeinflussen sich nicht gegenseitig. Die Konturen der belasteten Bereiche werden an ihrer Spitze nicht gekreuzt und ihr Achsabstand beträgt mindestens 6 x den Durch-messer des Pfahls. Gruppenpfähle bestehen aus mehreren Pfählen, die unterhalb der flachen Fundamentstruktur angeordnet sind. Gruppenpfähle werden immer als eine Einheit betrachtet.

Je nach Herstellungsverfahren unterscheiden wir Pfählen zwischen vorgefertigten (ange-triebenen) und monolithischen Pfählen (ausgehobenen).



## Vorgefertigte (angetriebene) Pfähle

Vorgefertigte Rammpfähle können aus Holz, Stahlbeton, Spannbeton und Metall bestehen. Sie werden als voll oder hohl ausgeführt. Sie werden durch Stampfen, Spülen, Schieben, Vibrieren oder andere Verfahren angetrieben. Die am weitesten verbreitete Methode ist das Rammen. Die Köpfe des Pfahls müssen durch eine Schutzscheibe vor Beschädigung geschützt werden. Die Spülung basiert auf der Flutung des Bodens unter der Pfahlspitze. Der Pfahl dringt mit seinem Eigengewicht oder mit einer leichten Rammung in den Boden bis in den gefluteten Boden ein. Das Schieben des Stapels erfolgt über hydraulische Pressen. Der Vibrationsantrieb wird hauptsächlich für Stahlpfeiler eingesetzt.

Holzpfähle werden an Stellen eingesetzt, die dauerhaft unterhalb des Grundwasserspiegels liegen. Teile des Wassers müssen imprägniert werden. Die am häufigsten verwendeten quadratischen oder runden Durchmesser von 200 bis 400 mm Länge sind bis zu 10 Meter lang. Die Spitze des Holzpfeilers ist mit einem Stahlschuh versehen, der Kopf ist durch die Scherben geschützt. Der Vorteil von Holzpfeilern ist die lange Lebensdauer im Grundwasser und die einfache Längenverstellung (Verkürzung).

Stahlbetonpfähle und Spannbetonpfähle werden bis zu einer Tiefe von 20 Metern, in Ausnahmefällen bis zu einer Tiefe von 50 Metern eingesetzt. Die Pfähle werden mit hohlem oder vollem Querschnitt hergestellt. Vollpfeiler haben in der Regel einen kreisförmigen, polygonalen oder quadratischen Querschnitt mit abgeschrägten Kanten. Pfähle mit Querschnitten von 250 x 250 bis 600 x 600 mm werden stark mit Längsbewehrung mit Bügeln oder spiralförmiger Bewehrung versehen. Die Spitze des Pfahls sollte mit einer Stahlspitze geschützt werden. Hohllotsen sind nicht tragfähig und werden durch Rohre mit den Stahlpfählen ersetzt.

Stahlpfähle werden aus geformten Stahlprofilen oder Stahlrohren hergestellt. Ihr Vorteil ist die hohe Festigkeit, die einfache Einstellung und Reduzierung und sie werden besonders leicht in den Boden geschoben. Stahlpfähle bis zu einer Tiefe von 60 Metern verwendet.

## Monolithische (ausgehobene) Pfähle

Monolithische Pfähle werden vor Ort in vorgebohrte Schächte als plattierte oder unplattierte (mit oder ohne Mantelrohr) hergestellt. Monolithische Pfeiler können über ihre gesamte Länge einen festen Querschnitt aufweisen oder werden erweitert. Monolithische Pfähle werden aus Beton oder Stahlbeton hergestellt. Betonpfähle werden nur im Spannungsfall eingesetzt. Stahlbetonpfähle werden für Spannung, Zug und Biegung eingesetzt. Wir unterscheiden drei Grundtypen von monolithischen Pfählen - nicht verlegte Pfähle, Pfähle mit zurückgezogenem Mantelrohr und Pfähle mit überlassenem Mantelrohr.

Unbeschichtete Pfähle können nur in bindigen Böden und oberhalb des Grundwasserspiegels eingesetzt werden. Das Graben erfolgt in der Regel durch Bohren mit einem Durchmesser von 600 bis 800 mm. Die Betonmischung wird direkt im Bohrloch gespeichert. Die Pfähle müssen unmittelbar nach dem Aushub betoniert werden. Bei Bedarf können die Bohrlochwände mit Tonschaum verstärkt werden.

Pfähle mit herausgezogenem Mantelrohr werden in allen Bodenarten und unter dem Grundwasser eingesetzt. Das Mantelrohr ist ein Stahlrohr, das durch Rammen, Quetschen oder Vibrieren in den Boden eindringt. Das Mantelrohr kann unten offen oder geschlossen sein.

Pfähle mit einem überlassenen Mantelrohr werden in einer aggressiven Umgebung eingesetzt, in der es notwendig ist, Beton vor schädlichen Einflüssen zu schützen. Überlassene Stahlmantelrohre reduzieren den Wert der Oberflächenreibung. Diese Pfähle können nicht als Reibungspfähle verwendet werden. Bei Verwendung von offenen Mantelrohren verbleibt der Boden im Mantelrohr und wird anschließend, z.B. durch Bohren, abgebaut. Das Betonieren erfolgt im vorbereiteten Bohrloch. Diese Pfähle werden als vorgebohrte Pfähle bezeichnet. Geschlossene Mantelrohre sind mit einem Stopfen in der Ferse versehen, der ein Eindringen des Bodens verhindert. Das geschlossene Mantelrohr wird in den sogenannten Vorbohrpfählen eingesetzt. Sobald die gewünschte Tiefe erreicht ist, kommt der Stopfen heraus. Das Betonieren erfolgt unter dem Schutz des Mantelrohres für dessen schrittweises Herausziehen. Pfähle mit eingezogenem Mantelrohr haben eine raue Oberfläche und können als Reibungspfähle eingesetzt werden.

Mikropfähle oder Wurzelpfähle sind kurze Pfähle mit kleinem Durchmesser (80 bis 250 mm), die mit Stahlbeton oder Stahlrohr armiert sind. Mikropfähle werden mit einer Vielzahl von Technologien hergestellt. Vorgebohrte Löcher werden mit Zementmörtel befüllt und ein perforiertes Rohr wird in den Bohrer eingeführt. Nachdem die Bohrung abgedichtet ist, wird dieses Gemisch eingespritzt. Sie dringt unter Druck in den unteren Teil des Bohrlochs und in die Bodenbegrenzung ein, um eine expandierte Wurzel zu bilden. Der fünfte Mikropfahl erreicht eine hohe Festigkeit. Mikropfähle werden für Rekonstruktionen und die Erfassung von Gebäuden eingesetzt. Mikropfähle können vertikal oder schräg sein.

## 2.3. Pfähle mit großem Durchmesser

Großdimensionale Pfähle sind prismatische oder zylindrische Tiefgründungen mit einem Durchmesser von mehr als 0,6 Metern. Bei einem Durchmesser von mehr als 1,2 m wird auf die Schachtpfeiler verwiesen. Großpfähle werden als Einzelpfahl eingesetzt und ersetzen die gesamte Gruppe der Pfeiler. Großvolumige Pfähle bestehen aus Stahlbeton, eventuell gekoppelt mit einem Stahlrohr.

Die Schachtpfeiler werden entweder ausgehoben oder gebohrt. Sie werden bis zu einer Tiefe von bis zu 4 m, zu der die Steuerung nicht wirtschaftlich ist, und in einer Tiefe von mehr als 4 m bei höherer Belastung eingesetzt. Bei größeren Gebäuden werden nur Säulen gebohrt. Bagger-Schachtstützen eignen sich für trockene Böden oder Böden mit geringem Wasserverlust.

## 2.4. Fundamentbrunnen

Die Fundamentbrunnen sind unterirdische Strukturen von zylindrischer oder prismatischer Form mit einem Mindestdurchmesser von 1 Meter. Die Fundamentbrunnen werden hauptsächlich für die Gründung in wasserführenden und leicht trennbaren Böden verwendet, die ein schnelles Eintauchen der Brunnen ermöglichen.

Das Anheben des Bodens erfolgt unter dem Schutz der aus hohlen Fertigteilen bestehenden Schale, meist aus den unten mit der Schneide versehenen Ringen. Der Boden wird aus dem Inneren des Fundamentbrunnens gewonnen, die Unterbauten werden allmählich untergraben und ihr Eigengewicht tritt in den Untergrund ein. Der Innenraum wird nach Erreichen des tragfähigen Bodens betoniert.

## 2.5. Caissons

Die Caissons werden für die Herstellung von Fundamenten im Wasser verwendet. Die Caissons sind großflächige Brunnen, die von einer Deckenkonstruktion umschlossen sind, die eine gegen Wassereintritt gesicherte Arbeitskammer schafft und Bauarbeiten unter Wasser ermöglicht.

Um das Wasser aus einem Caisson zu entsorgen, ist es notwendig, einen Druck zu erreichen, der dem Druck von der Außenseite des Caissons entspricht. Danach können die Arbeiter den Caisson betreten, welcher die Erde extrahiert, und somit der Caisson untertaucht. Nach dem Absenken auf die gewünschte Tiefe kann das Innere des Caissons aufgegossen werden. Caisson bilden tiefe Fundamente über dem Bauwerk.

# 3. VERTIKALE TRAGENDE MAUERWERKE UND STRUKTUREN FÜR DIE VERTIKALE LAST-LAGERUNG

Schlüsselwörter: Mauerwerke, Ziegelmauerwerk, Steinmauerwerk, Blockmauerwerk, Mischmauerwerk, Mauerwerk, Mauerverband, Mörtel

## 3.1. Vertikale Tragweite

Die Grundfunktion vertikaler Tragwerke besteht darin, alle Lasten aus horizontalen Konstruktionen auf die Fundamente des Objekts zu übertragen und das Objekt zu versteifen. Andere Merkmale können teilbar, thermisch, akustisch, feuerfest oder ästhetisch sein. Gemäß der Grundrissposition beinhaltet die vertikale Struktur innere tragende Wände, Treppenhauswände, Umfangswände, Verstärkungswände, Säulen, Säulen und Trennwände.

Die Wände sind Konstruktionen, bei denen die Höhe und Länge der Wand ihre Dicke überwiegen (meist ein rechteckiger Querschnitt).

Die Stützen sind Konstruktionen, bei denen die Höhe über den Abmessungen des Grundrisses liegt (typischerweise quadratisch, rechteckig, rund).

Die Säule ist eine Struktur, bei der die Höhe der Säule über den Grundrissabmessungen steht (im Gegensatz zu der massiveren, meist quadratischen oder rechteckigen Säule).

## 3.2. Tragende Mauerwerkskonstruktionen

Die Mauerwerkskonstruktionen bestehen aus einzelnen natürlichen oder künstlichen Mauerwerkselementen, die durch Mörtel verbunden oder trocken verlegt sind. Die Bemessung von Ziegelwänden basiert auf statischer Berechnung, wärmetechnischer Bewertung und Feuerwiderstandsbewertung.

Die Struktur des Mauerwerks weist eine relativ gute Beständigkeit gegen Druckbeanspruchung auf. Die Zugtragfähigkeit des Mauerwerks ist praktisch vernachlässigbar. Die Tragfähigkeit des Mauerwerks wird durch die verwendeten Wandelemente, die Mörtelart und die Mauerverklebung bestimmt.

Je nach Art des verwendeten Mauerelements gibt es Ziegelmauerwerk, Steinmauerwerk, Blockmauerwerk und Mischmauerwerk.

### 3.3. Ziegelmauerwerk

Ziegel werden in verschiedenen Materialien und Maßen mit oder ohne Löcher hergestellt. Am häufigsten wurden gebrannte Steine aus und metrische Lochsteine verwendet.

Der Mörtel ist eine Mischung aus Bindemitteln, Füllstoffen und Wasser. Die Festigkeit des Mörtels wird entsprechend der erforderlichen Tragfähigkeit des Mauerwerks gewählt. Je nach Bindemittelmenge und Endfestigkeit unterteilen wir Mörtel in:

- Kalkmörtel mit einer Druckfestigkeit von max. 1,0 MPa
- Kalkstein-Zementmörtel mit einer Druckfestigkeit von 1,0 - 2,5 MPa
- Zementmörtel mit einer Druckfestigkeit von 5,0 - 20,0 MPa

Die endgültige Tragfähigkeit des Mauerwerks bestimmt nicht nur die Eigenschaften der verwendeten Materialien, sondern auch deren gegenseitige Anordnung oder Verbindung. Der klassische Mauerverband zeichnet sich aus durch:

- Ein Mauerwerk, das in horizontalen Schichten angeordnet ist.
- Die Kopfstücke sollten in zwei Schichten übereinander geschoben werden.
- Längs- und Innenfugen sollten vollständig mit Mörtel ausgefüllt sein.

Je nach Ausrichtung der Ziegel im Mauerwerk gibt es Läufer und Krümmer. Die Trage ist ein längsorientiertes Element, das um seine Länge in der Fläche des Mauerwerks angebracht wird. Der Kopf ist ein quer ausgerichtetes Element, das um seine Breite in der Fläche des Mauerwerks angebracht ist.

Die daraus resultierende Tragfähigkeit des Mauerwerks beeinflusst nicht nur die mechanischen Parameter der Verbundwerkstoffe, sondern auch die Verklebung des Mauerwerks. Die klassische Mauerwerksverband umfasst den Läuferverband, den Bindeverband und den Blockverband. Der Kreuzverband, Holländische- oder Polnische Verband (Gothic) werden weniger stark angewendet. Der Läuferverband besteht nur aus Ziegeln, die mit  $\frac{1}{2}$  Ziegeln verklebt sind. Die Blockverband besteht nur aus Ziegeln, die durch  $\frac{1}{4}$  Ziegel verbunden sind. Der Blockverband dreht die Ziegel - in jeder Schicht überlappen sich die Steine in Querrichtung bei  $\frac{1}{2}$  Steinen, in Längsrichtung bei  $\frac{1}{4}$  Steinen.

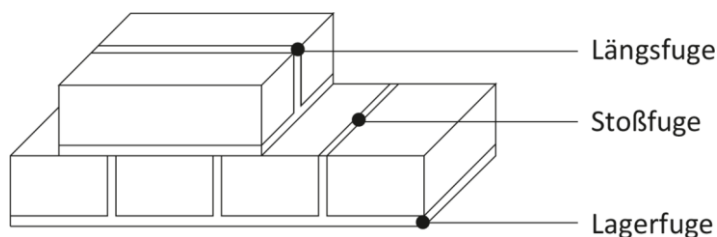
## 3.4. Blockmauerwerk

Das Blockmauerwerk hat sich aus Ziegelmauerwerk als Reaktion auf strengere wärmetechnische Anforderungen entwickelt. Die Blockmauerwerkswand ist als Mauerwerk ausgeführt. Thermisch strengere Anforderungen erfüllen die Blöcke, deren Hohlräumen entladen werden oder welche in Masse entladen werden. Blöcke werden aus Leichtbeton, Kieselgur, Schlacke, Flugasche, etc. hergestellt. Die Hohlräume sind entweder kontinuierlich oder geschlossen. Blöcke von geschlossenzelligen Hohlräumen werden abgelegt. Die Blöcke mit geschlossenen Hohlräumen werden durch nach unten gerichtete Hohlräume abgelegt.

### Keramische Blöcke

Keramische Blöcke älterer Bauart wie CD-INA, CD-IVA, CD-IZA wurden durch eine neue Generation von Blöcken wie Porothem, Kintherm oder Superthem ersetzt, die in Maßreihen für einschaliges tragendes Mauerwerk hergestellt werden. Bei den neuesten Typen sind die Blöcke bereits mit Wärmedämmstoff (EPS, Mineralwolle) aus der Produktion gefüllt. Neben den Grundelementen stehen weitere Elemente zur Verfügung - Halblöcke, Endblöcke, und andere.

Die Mörtelschicht in der Längsfuge evtl. auch in der Stoßfuge von 10 mm Dicke reduziert die thermischen Eigenschaften des Mauerwerks. Aus diesem Grund sind die Kopfstücke nur teilweise gefüllt. In den Längsfugen sind zwei oder drei Streifen Mörtelbett realisiert. Alternativ können spezielle Leichtmörtel wie Perlit, Keramik usw. oder Wärmedämmbänder verwendet werden.



### Leichtbetonsteine

Leichtbetonsteine werden in verschiedenen Festigkeitsklassen hergestellt. Die Produkte sind hochpräzise und können ohne Mörtel in den Kopfstößen trocken verklebt oder durch Nut und Feder verklebt werden. Präzise kalibrierte Blöcke können verklebt werden (Fugendicke 1 - 3 mm).



Leichtbetonsteine zeichnen sich durch eine geringe Dichte (500-1000 kg/m<sup>3</sup>) aus, die es ermöglicht, großformatige Blöcke herzustellen und zu verwenden, um den Mauerwerksprozess zu beschleunigen. Porenbetonprodukte sind leicht zu verarbeiten. Der Nachteil ist ihre Wasseraufnahme. Im eingeweichten Zustand sind die Wärmedämmeigenschaften und die Tragfähigkeit reduziert. Die relativ geringe Druckfestigkeit begrenzt den Einsatz von Leichtbetonsteinen in Niederflurstrukturen.

### 3.5. Steinmauerwerk

Natursteinmauerwerk ist derzeit nicht weit verbreitet. Der Nachteil ist vor allem die Dichte (2200 bis 2400 kg/m<sup>3</sup>), die schwierige und kostspielige Verarbeitbarkeit, die schlechten Wärmedämmeigenschaften und die Luftdichtheit. Der Vorteil ist die Beständigkeit gegen Witterungs- und mechanische Einflüsse sowie die ästhetische architektonische Wirkung.

Für das Steinmauerwerk werden Steinelemente unterschiedlicher Größe und Form verwendet. Der zufällige Schutt zeichnet sich durch unregelmäßige Formen ohne Steinbearbeitung aus. Schutt sind grob bearbeitete Steinelemente in Form eines ungefähren Parallelepiped. Quadersteine sind prismenförmige Elemente, die grob bearbeitet werden und zur Verkleidung von Mauerwerk verwendet werden. Steinblöcke weisen regelmäßige Formen und bedarfsgerechte Steinbearbeitung auf.

Steinmauerwerk ist in der Regel nicht verputzt und die Fugen werden mit Zementmörtel ausgefüllt. Die Breite der Kopfstücke und Bettstücke beträgt 15 - 40 mm. Je nach Anordnung der Schichten und Formen der Steine wird das Steinmauerwerk unterteilt in: Zufälliges Bruchsteinmauerwerk wird für Sockel und Sockel verwendet. Die Festigkeit von Mauerwerk aus unbehandeltem Stein wird durch die Qualität der Verklebung beeinflusst. Die Fugenverbindungen sollen nicht durchgehend sein, die Breite der Lastfugen beträgt 15 - 40 mm.

Das quadratische Schuttmauerwerk besteht aus teilweise bearbeiteten Steinen (quadratischer Schutt). Abhängig von der Art der Verarbeitung erkennen wir den groben quadratischen Schutt und den feinen quadratischen Schutt. Grobes quadratisches Bruchsteinmauerwerk darf nicht die gleiche Dicke der Schichten aufweisen und die Fugen können schräg sein. Feines quadratisches Schuttmauerwerk wird aus feinem quadratischem Schutt mit einer sauberen bearbeiteten Linie hergestellt und die Kopfstöße müssen senkrecht sein.

Polygonales Bruchsteinmauerwerk wird für Gelände- und Dekorationszwecke verwendet. Polygonales Mauerwerk wird am häufigsten für dekorative Zwecke verwendet. Das Mauerwerk besteht aus ausgesuchtem Stein, der die Form von unregelmäßigen vier bis

achteckigen Formen hat. Die Gestänge- und Bettverbindungen werden bis zu einer Tiefe von ca. 80 mm bearbeitet und die Sichtfläche bleibt unbehandelt.

Quadermauerwerk wird aus bearbeiteten Steinen mit vorgeschriebenen Formen und Abmessungen hergestellt. Quadermauerwerk wird für die Verlegung von repräsentativen Gebäuden, Denkmälern usw. verwendet.

### 3.6. Gemischtes Mauerwerk

Mischmauerwerk ist eine Kombination aus zwei oder mehreren Baustoffen in einem Bauteil. Typischerweise ist dies eine Kombination aus Ziegeln und Steinen, Ziegeln und Beton, Beton und Stein, Blöcken und Beton. Der Vorteil von Mischmauerwerk ist die Möglichkeit, die Vorteile einzelner Materialien zu nutzen, wie z.B. die ästhetische Wirkung von Stein auf die Außenfläche des Gebäudes und die hohe Festigkeit von Beton.

# 4. VERTIKALE TRAGENDE MONOLITHISCHER UND VORGEFERTIGTE STRUKTUREN (VERTIKALE LASTLAGER)

Schlüsselwörter: Monolithische Strukturen, Fertigteilkonstruktionen, Paneele, Schalungen, Stützen, Tragbalken, Rahmenteile

## 4.1. Monolithische Wand- und Stützenkonstruktionen

Monolithische Konstruktionen werden direkt auf der Baustelle ausgeführt, indem ein duktileres Baumaterial (Beton) in eine vorgefertigte Schalung eingebracht wird, in der die notwendige Bewehrung eingebracht wird.

### Monolithischer Beton und Stahlbeton

Das Beton-Wand-Konstruktionssystem ist etwa 10-mal tragender als das Ziegelmauerwerk. Für monolithische tragende Wände werden Schwerbeton (1800-2400 kg/m<sup>3</sup>) und mittelschwerer Beton (1200-1600 kg/m<sup>3</sup>, z.B. Keramikbeton, Schlackenzementbeton) verwendet. Der Beton weist eine hohe Druckfestigkeit auf und überträgt bei Bewehrung die Zugspannung. Normalbeton wird nur für Druckbauwerke verwendet. Stahlbeton kann für Konstruktionen verwendet werden, die durch Zug und Biegung beansprucht werden. Schwere Betonwände werden in der Regel mit einer Dicke von 150 bis 200 mm ausgeführt und müssen immer mit einer Wärmedämmung versehen werden.

Monolithische Beton-Tragwände werden hauptsächlich für zivile Gebäude, für Gebäude unterschiedlichster Form und komplizierter Grundrisse, zurückweichende und überhängende Bauwerke, Hochhäuser und Gebäude mit hohen architektonischen Ansprüchen eingesetzt.

Die Betonmischung wird in die vorbereitete Schalung gegossen. Die Schalung gibt der Konstruktion eine Form und teilt sie in einzelne Arbeitseinheiten auf. Die Schalung muss eine einfache Lagerung der Bewehrung und der Betonmischung ermöglichen. Für die Schalung werden verschiedene Materialien wie Holz, Stahl, Sperrholz oder Papier verwendet. Die traditionelle Einzelholzschalung aus Holz ist aufwändig und unwirtschaftlich. Derzeit werden die großflächigen Schalungssysteme eingesetzt. Teilschalungen aus horizontalem Sperrholz oder Metall- oder Kunststoffplatten mit verstärktem Rahmen ermöglichen vielfältige Einsatzmöglichkeiten. Das aus großen Platten bestehende Schalungssystem hat verschiedene Designvarianten. Es gibt auch Papierschalungen für Säulen.

len mit runden und unregelmäßigen Formen. Die absolut starre Verbindung der Betonwände mit der Deckenkonstruktion kann durch den Einsatz von Tunnelschalungen erreicht werden, die das gleichzeitige Betonieren von Decken und Wänden ermöglichen. Bei Hochhäusern wird eine Gleit- oder Ziehschalung verwendet, die aus Schalungselementen besteht, die am Hubrahmen befestigt sind. Das Einbetonieren der Wände in die Gleitschalung erfolgt kontinuierlich, die Schalung bewegt sich kontinuierlich vertikal mit einer Geschwindigkeit von 100 bis 150 mm/Stunde. Die Gleitschalung wird hauptsächlich für den Bau von Schornsteinen, Silos und Bewehrungskernen, eingesetzt. Die eingebaute verlorene Schalung bleibt ein fester Bestandteil des Gebäudes und erfüllt dort die Funktion der Oberflächenbeschichtung, der Wärme- oder Schalldämmung und des Brandschutzes. Die Konstruktion kann auch durch das Einbringen von Polystyrolplatten in eine verlorene Schalung verbessert werden. Zusätzlich zu den Verkleidungsplatten können Stahlbetonsteine verwendet werden, bei denen die geschlossenen Hohlräume mit der isolierten Wärmedämmung mit Betonverband vergossen werden. Verkleidung von zementgebundenen Ziegeln mit isolierten Wärmedämmplatten als verlorene Schalung.

Die Oberflächenbeschichtung von monolithischen Wänden erfolgt durch Verputzen oder Verblenden. Die Außenwände aus Schwerbeton sollten wärme gedämmt sein.

Monolithische Stahlbetonstützsysteme sind Massivbauwerke aus Stützen, Trägern oder Köpfen und Deckenkonstruktionen. Die monolithische Verbindung der vertikalen und horizontalen Elemente verleiht dem Skelett eine ausreichende Steifigkeit auch für Hochhäuser. Die Vorteile des monolithischen Skeletts liegen vor allem in der Integrität der Struktur, der Festigkeit, der Steifigkeit und der Widerstandsfähigkeit gegen die Auswirkungen außergewöhnlicher Belastungen oder im untergrabenem und seismisch instabilen Bereich.

Säulen monolithischer Skelette weisen Quadrate, Rechtecke, Kreise oder zusammengesetzte Querschnitte (z.B. Form I oder T) auf. Die Säulen werden hauptsächlich gespannt. Die monolithische Verbindung mit horizontalen Strukturen bringt aber auch Biegespannungen mit sich, so dass sie verstärkt werden müssen. Die Mindestgröße der monolithischen Säulen beträgt 200 mm. Stützen 300 x 400 bis 400 x 500 mm werden in der Regel im konventionellen rechteckigen Skelettbausystem eingesetzt. Die Elementgrößen müssen immer durch eine statische Beurteilung überprüft werden.

Tragbalken und Deckenbalken werden ebenfalls auf Basis der statischen Berechnung bemessen. Die Tragbalkenhöhe beträgt ca. 1/8 bis 1/12 Achsenabstand der Stützen.

Monolithische Stahlbetonskelette werden als Rahmen-, Kopf- oder Deckenkonstruktionen hergestellt:

- Rahmen-Skelett-System: Die Tragrahmen können in Querrichtung, in Längsrichtung oder in Zweiwege-Richtung (Raumrahmen) angeordnet werden. Tragbalken können vor den Säulen freitragend gelagert werden.
- Flachdecke mit Stützenkopf-Skelettsystem: Flachdecke mit Stützenkopfskelettsystem ist eine Sonderfall-Konstruktion mit beidseitig angeordneten Tragbalken. Die Tragbalken sind auf stark verstärkte Streifen reduziert, die in den Decken über dem Kopf der Stützen verlaufen. Diese verdeckten Balken tragen eine bidirektional verstärkte Deckenplatte. Die Deckenköpfe können rechteckig, polygonal oder rund sein. Dieses System wird für Objekte verwendet, die mit hohen Nutzlasten belastet sind. Der Nachteil ist die komplizierte Schalung.
- Flachdecken-Skelettsystem: Das monolithische Skelett der Platte hat eine Deckenkonstruktion, die direkt von Säulen getragen wird. Die Platte hat eine flache Decke. Um die Säule herum bildet sich ein flacher Kopf. Spalten befinden sich in der Regel in einem quadratischen Modulnetzwerk. Die Deckenplatte sollte in Umfangsrichtung auskragend sein, damit keine großen Biegemomente in die Außenstützen eingebracht werden. Skelette mit Plattendecken werden für Objekte mit geringerer Nutzlast eingesetzt. Ihr Vorteil ist eine flache Ansicht, die Möglichkeit der freien Partitionierung und die einfache Ausführung.

Säulenstruktursysteme werden auch durch Volumenänderungen aufgrund von Temperatureinflüssen belastet. Kompensatoren können in Stahlbetonskeletten auf verschiedene Weise hergestellt werden:

- Die Duplizierung von Säulen ist die klassischste und häufigste Art der Dilatation. Der Nachteil dieser Modifikation ist die Unterbrechung des Baukastensystems, die sich ungünstig in der Fassade des Gebäudes widerspiegelt.
- Die Vervielfältigung von Tragbalken kann in doppelter Ausführung erfolgen. Einer der Träger ist auf einer Stützenhalterung oder auf dem Falz eines benachbarten Trägers mit größerer Höhe montiert.
- Das Deckenpaneel kann durch ein eingelegtes Feld erstellt werden.

## 4.2. Vorgefertigte Wand- und Stützenkonstruktionen

Vorgefertigte Konstruktionen bestehen aus vorgefertigten vollflächigen oder stabförmigen Teilen, die mit der Struktur z.B. durch Schweißen, Betonieren, in den historischen Steinsäulen von 2500 Jahren v. Chr. mit Kupplungsbolzen aus hartem (z.B. Zedernholz) Holz verbunden werden. Vorgefertigte Teile von vertikalen Konstruktionen können aus Keramik, schwerem oder leichtem Beton oder Stahl hergestellt werden. Die starre Verbindung von Stahlbetonstützen mit Tragbalken (Schweißnähte + Betonverband) bildete Rahmen, die die Grundlage für vorgefertigte Skelette bilden.

### Vorgefertigte Beton- und Stahlbetonwände

Die tragenden Wände der Fertigteile fanden in den 1950er Jahren eine breite Anwendung. Die ersten vorgefertigten Platten wurden in Form von Blöcken und Blockplatten, später in Form von Platten hergestellt:

Blöcke sind Wandelemente, ihre Höhe beträgt  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{1}{3}$  der Bodenhöhe, Dicke 300 bis 400 mm. Die Blöcke wurden aus Betonbruch, Schlackezement, Porenbeton hergestellt und in ein Mörtelbett gelegt. Blockkonstruktionen wurden als teilmontiertes System bezeichnet. Sie werden derzeit nur ausnahmsweise bei der Sanierung und Anpassung von Mehrfamilienhäusern eingesetzt.

Blockpaneele sind Wandelemente mit Bodenhöhe und einer Breite von 1200 bis 1500 mm. Die Dicke der Blockpaneele wird durch mechanische und wärmetechnische Eigenschaften (250 - 400 mm) bestimmt. Sie wurden aus den gleichen Materialien wie Blöcke hergestellt. In den Wandkonstruktionen wurden sie durch Schweißen und Verfugen verbunden.

Paneele sind großflächige Paneele, deren Abmessungen durch die Eigenschaften des verwendeten Materials und die Belastung der Hebevorrichtung begrenzt sind. Wandpaneele haben in der Regel eine Fläche von 10 bis 20 Quadratmetern. Die Höhe entspricht der Höhe der Stockwerke. Die übliche Dicke von 150 mm erfüllt die Anforderungen an den Schall- und Brandschutz. Wandpaneele werden aus Beton, Stahlbeton, Leichtbeton, Keramikblöcken oder als Schichtenelement (Sandwichbauweise) hergestellt.

Je nach Auslegung der tragenden Wände erkennen wir Quer-, Längs- und Zweirichtungssysteme. Je nach Funktion sind wir in der Lage, die inneren tragenden Wandpaneele und die umlaufenden tragenden Wandpaneele zu unterscheiden. Interne tragende Platten werden in Dicken von 150 - 200 mm und in einer Länge von mehreren 300 mm hergestellt. Die Wandpaneele können voll oder mit Löchern sein. Betonplatten müssen eine strukturelle Bewehrung aufweisen, die für Transport und Montage besonders relevant ist. Die Verriegelung erfolgt durch die Kontaktverstärkung in Form von Stahlstiften,



Schlaufen oder Stahlverbindungsplatten. Neben der statischen Funktion muss die Außenwandplatte insbesondere die Wärmedämmfunktion erfüllen. Beide Funktionen können durch eine einschichtige Platte erfüllt werden. Es ist jedoch vorzuziehen, eine zwei- oder dreilagige Sandwichplatte herzustellen. Einschichtige Platten werden aus Leichtbeton und keramischen Hohlkörpern hergestellt. Die zweilagigen Platten bestehen aus einer Tragschicht aus Beton oder Stahlbeton und einer Außenschicht aus Leichtbeton oder Keramik. Die dreischichtigen Platten bestehen aus einer Stahlbeton- oder Stahlbetonplatte mit einer Dicke von 100 - 150 mm und einem Wärmedämmkern (Polystyrol, Mineralwolle). Die Versteifungsplatten bilden eine innere Verstärkungswand, die für die Stabilität von Fertighäusern sorgt. Die Versteifungswände sind nicht mit Decken belastet, sondern werden durch die Einwirkung von Horizontalkräften belastet. Ihre Dicke variiert zwischen 80 und 100 mm.

### **Vorgefertigte Stahlbeton-Säulenstruktur**

Vorgefertigte Stahlbetonskelette haben sich aus monolithischen Strukturen entwickelt. Die ersten zusammengesetzten Skelette erschienen in den 1930er Jahren. Während der Entwicklung wurden mehr als 30 Systeme von vorgefertigten Skelettsystemen gebaut. Viele dieser Systeme wurden vereinheitlicht und durch ein einheitliches System ersetzt - ein offenes System aus zusammengesetzten Rahmengerüsten, das sich durch das einheitliche Prinzip der noch verwendeten Träger und Stützen auszeichnet.

Das Skelett des Rahmens besteht aus einem auf Säulen montierten Tragbalken. Die Rahmen werden gebildet, indem der monolithische Rahmen von seinen Gelenken an den Stellen der kleinsten Biegemomente getrennt wird. In Spalten ist es normalerweise ein halbes bis ein Drittel ihrer Höhe. Für Balken ist in einem Viertel bis zu einem Fünftel der Spannweite. Die H-Rahmen werden in einer solchen Aufteilung gebildet und halten die starren Verbindungen. Die  $\Pi$  geformten Rahmen werden durch Unterteilung der Spalten in der Ferse erzeugt. Konsolensäulen und geteilte Träger werden gebildet, indem der Träger von den Säulen getrennt wird, auf denen die Halterungen verbleiben. Stützen mit durchgehenden Trägern werden durch die Aufteilung monolithischer Skelette in der Verbindung gebildet. Die Tragbalken sind entweder direkt über den Stützen miteinander verbunden oder erstrecken sich über die Stützen und berühren die Säule. Die Basisverbindungen beinhalten den Schnittpunkt zweier Säulen, den Schnittpunkt zweier Balken und den Kontakt von Balken und Säule.

# 5. ÖFFNUNGEN IN MAUERN

Schlüsselwörter: Öffnung, Pfosten, Kopf der Öffnungen, Sims, Nische, monolithischer Sturz, vorgefertigter Sturz

## 5.1. Öffnungen in Wänden

Die Öffnungen in den Wänden und Trennwänden sind so konzipiert, dass sie den Raum mit Tageslicht beleuchten und die angrenzenden Räume oder die äußere Umgebung mit dem Inneren des Gebäudes verbinden.

Die Wanddurchbrüche sind entsprechend ihrer Bestimmung unterteilt:

- Fensteröffnungen, die Beleuchtungs- und Raumlüftungsfunktionen übernehmen
- Türöffnungen, die als Raumzugang und Raumverbindung fungieren.
- Toröffnungen, die für die Einfahrt des Fahrzeugs verwendet werden.
- Pässe sind Öffnungen ohne Füllung.
- Andere Öffnungen wie z.B. Nischen

Alle Öffnungen haben Sturz und Futter. Der Pfosten ist die Seitenfläche der Öffnung in der Wand. Der Pfosten kann gerade oder gekrümmt sein. Der Öffnungssturz ist die Konstruktion über der Öffnung. Die Fensteröffnungen haben auch die Fensterbank (Fensterbank). Die Fensterbank ist der untere Teil der Nische und die gesamte Verkleidung unter dem Fenster, also die Wand vom Boden bis zum Fenster. Die Nische ist in der Regel eine dekorative Aussparung in der Stärke des Mauerwerks des Gebäudes. Tür- und Toröffnungen haben unten eine Schwelle oder sind ohne Schwelle.

## 5.2. Stürze

Der Sturz muss über die Öffnungen gelegt werden. Der Sturz muss die Last aus dem angrenzenden Teil der Decke und der Wände auf die vertikale Stütze entlang der Öffnung übertragen können.

Anforderungen an den Sturz:

Statische Anforderungen - Lastabtragung zur Unterstützung

Zusammensetzung - Im Falle von montierten Stürzen müssen die Abmessungen der Zusammensetzung der vertikalen Strukturen und Decken entsprechen.

Anforderungen an die Wärmedämmung - zur Minimierung von Wärmebrücken

Sturzbelastungen können ebenso durchgehend sein (z.B. Stahlbetondecke) oder mit der Gruppe der Einzelbelastungen (z.B. Träger). Je nach Position der Last gibt es eine einseitige Lastexzentrizität (die Umfangswand) und eine Lastseitige (in der Mitte der Wand). Je nach Form der Mittellinie kann der Öffnungsturz gerade (gedrückt oder gebogen) oder gewölbt (druck- oder biegeabhängige Dehnung) sein.

Die Stürze müssen die Lastabtragung auf die angrenzenden Stützen sicherstellen. Die Belastungswirkung auf Stürze ist nicht konstant, sondern meist dreieckig. Die Größe des Verschiebewinkels hängt von der Steifigkeit der Wand und ihrer Höhe über dem Sturz ab. Wärmebrücken müssen in Umfangskonstruktionen ausgeschlossen werden. Moderne Stürze aus bewehrten Keramikblöcken oder Porenbeton haben tragende Funktion und Wärmedämmfunktion.

Je nach technologischer Umsetzung können die Stürze monolithisch oder vorgefertigt sein. Vorgefertigte Stürze können aus Stein oder Ziegel, aus Stahlträgern oder aus keramischen Blockträgern sein. Vorgefertigte Stürze sind aus Stahlbeton oder Leichtbeton. Stein und Ziegelsturz

Die direkten Steinstürze bestehen aus präzise platzierten, abgeschrägten Blöcken, die durch eine Steinzeugklammer verbunden sind. Die gewölbten Steinstürze bestehen aus Steingewölben unterschiedlicher Form und Größe. Aufgrund der großen Schwierigkeiten bei der Realisierung der Steinstürze und der unzureichenden Wärmedämmung des Steins werden die Steinstürze derzeit nicht in Neubauten verwendet.

Bei Stürzen aus Steinblöcken sollten die obere und untere Seite horizontal sein. Die Sturzlinie ist beidseitig verkeilt und mit einem zentralen Gewölbe verschlossen, die Fugen sind gerade oder schräg.

Die direkt verstärkten Stürze verwenden Bandstahl zur Übertragung der Zugspannungen in der Unterseite. Gewölbte Stürze in den Fuß sind entweder gewöhnliche Ziegel mit einem Keil aus Mörtel oder geschnittene konische Ziegel. Die statische Wirkung der Stürze ist ähnlich wie bei den Gewölben mit einer Spannweite von ca. 3,0 m. Die durch den Keil des Mörtels gebildete Kopfverbindung hat eine Mindestbreite von 8 mm und eine Maximalbreite von 20 mm. Fugen mit einer Breite von mehr als 20 mm werden durch flache Bruchstücke von Ziegeln oder Dachziegeln verkeilt. Die zerkleinerten Steine müssen eine Mindestdicke von 45 mm aufweisen.

Der einfache Mauerwerkskopf der Öffnungen ist als verstärkter Mauersturz ausgeführt. Es ist als gerades Gewölbe aus Hartziegelsteinen ausgeführt und in den Fugen durch ein 20/1 - 30/2 mm breites Band verstärkt, das den Zug an der Unterseite des Sturzes übernimmt.

Das Ziegelband ist in der Wanddicke auf den Schultern aus Holz oder Mörtel gewölbt. Es eignet sich für kleinere Spannweiten und für den Kopf von Öffnungen ohne Vertiefung.

Das Mauerwerk wird vom Fuß in Richtung Mitte ausgeführt. Die Richtung der Verbindung wird durch eine Schablone oder eine Leiste gesteuert. Die Neigung des erhöhten oder versenkten Fußes wird durch einen Mittelwinkel, vorzugsweise 30 °, bestimmt.

### **Stahlsturz**

Die Stahlstürze aus gewalzten I-Trägern werden bei hohen Lasten und großen Spannweiten (bis zu 6 Meter) sowie bei Renovierungen eingesetzt. Der Vorteil von Stahlstürzen liegt in der Fähigkeit, Lasten sofort zu übertragen. Die Stützlänge wird von der Gesamtlänge des Trägers und der Last beeinflusst, jedoch mindestens 150 mm.

Die Stürze aus Stahlträgern bestehen aus Walzprofilen, die auf Beton- oder Steinbettfundamenten verlegt werden. Die eingebetteten Traversen werden entweder betoniert oder von Ziegeln umschlossen und mit Keramik oder Lappengewebe ummantelt und verputzt (Brandschutz). Diese Stürze sollten zusätzlich durch eine Wärmedämmung isoliert werden, um die Wärmebrücke zu vermeiden.

### **Keramischer Sturz**

Keramiken haben die geringe Zugfestigkeit und so werden keramische Stürze durch die Verstärkung in Keramikblöcken ergänzt. Keramische Formsteine wirken wie eine verlorene Schalung und bildet auch eine geeignete Grundlage für den Putz. Keramische Sturzteile werden in verschiedenen Formen hergestellt. Die Keramikteile werden vertikal in ein vorbereitetes Bett aus Zementmörtel (Stützlänge 150 bis 300 mm) eingebracht. In den Außenwänden sind sie mit einem Wärmedämmstoff kombiniert.

### **Leichtbetonsturz**

Leichtbetonstürze können aus Porenbeton, Keramikbeton und anderen Materialien hergestellt werden. Die Stürze aus Leichtbeton können Kasten, Rolle, Segment oder Bogen sein.

Die Stürze aus Leichtbeton werden in den meisten Fällen für Mauerwerk aus Blöcken gleichen Materials verwendet. Flache tragende Porenbetonstürze sind Stützelemente, die durch geschweißte Betonbewehrung verstärkt sind. Sie haben hervorragende Wärmedämmeigenschaften und sind daher eine geeignete Ergänzung zu Massivmauerwerk aus Porenbeton, ohne den Untergrund für den Putz zu verändern und mit minimalen Wärmebrücken.

### **Vorgefertigter Stahlbetonsturz**

Vorgefertigte Stahlbetonstürze werden aus vorgefertigten stabförmigen Elementen zusammengesetzt, aus denen sich mehrteilige Stürze zusammensetzen lassen. Die Stürze werden in Längen von 1,2 bis 3 Metern hergestellt. Die Stützlänge der Stürze ergibt sich

aus der Breite des Sturzes, jedoch nicht weniger als 150 mm. Vorgefertigte Stahlbetonstürze können unmittelbar nach der Montage belastet werden.

### **Monolithischer Stahlbetonsturz**

Monolithische Stahlbetonstürze sind für jeden Lastbereich einsetzbar. Der Vorteil monolithischer Stürze liegt in ihrer Form und Maßvariabilität. Der Nachteil ist ein erheblicher Arbeitsaufwand, der Bedarf an Schalung und die Möglichkeit der Belastung bis zum Aushärten des Betons. Monolithische Stürze können als ein einzelner Träger über eine oder ein kontinuierlicher Träger über mehrere Öffnungen wirken. Wenn der Kopf der Öffnung eng mit der Deckenkonstruktion verbunden ist, kann der monolithische Sturz dem Stahlbetonrand zugeordnet werden. Die Stütze des monolithischen Sturzes sollte mindestens 7,5% Spielöffnung (mindestens 200 mm) aufweisen. Die Verstärkung des Sturzes muss ihrer statischen Wirkung entsprechen.

# 6.SCHORNSTEINE

Schlüsselwörter: Schornstein, Entlüftungsanschluss, Rauchabzug (Venthole), Schornsteinverkleidung, Nutzhöhe, Kehröffnung, Aufnahmeöffnung

## 6.1. Grundeigenschaften und Klassifizierung der Schornsteine

Die Schornsteine sind so konzipiert, dass sie die Rauchgase aus den Geräten in einen Freiraum außerhalb des Gebäudes leiten, wo sie verstreut werden, um die Qualität des Wohnumfeldes der Bewohner des Hauses nicht zu gefährden.

Schornsteine gehören zu den am stärksten beanspruchten Bauelementen - sie sind extremen Temperaturbedingungen und aggressiven Rauchgasen ausgesetzt.

Der Schornstein besteht aus:

- Einem oder mehreren Schornsteinzügen
- Schornsteinverkleidung
- Schwenköffnungen
- Kehröffnungen
- Entlüftungsanschluss
- Schornsteinköpfe oder Verlängerungen

### Klassifizierung von Schornsteinen

Nach den Geräten, für die wir Schornsteine unterscheiden:

- Schornstein für feste Brennstoffe
- Schornstein für flüssige Brennstoffe
- Schornstein für gasförmige Brennstoffe

Je nach Struktur unterscheiden wir Schornsteine für:

- Einschichtige Schornsteine - Der Schornsteindurchgang wird durch einen Schornsteinmantel gebildet.
- Mehrschichtige Schornsteine - Der Schornstein besteht aus einer Struktur, bestehend aus einem Schornsteinauskleidung, einer Isolierschicht und einem Schornsteinmantel.



Nach der Lage der Schornsteine unterscheiden wir Schornsteine für:

- Angebaute oder eingebaute Schornsteine
- Einzelschornsteine

Anhand der Grundrissform der Schornsteine unterscheiden wir:

- Quadratische Schornsteine
- Rechteckige Schornsteine (bis zu 1: 1,5)
- Runde Schornsteine

Nach der Größe des Kamins zu unterscheiden:

- Schmale Schornsteine (bis zu 40.000 mm<sup>2</sup>)
- Mittlere Schornsteine (über 40.000 mm<sup>2</sup>)
- Durchstiegsschornsteine (Mindestquerschnitt bis 10 m Höhe 450 x 450 mm)

Je nach Einbaumaterial unterscheiden wir Schornsteine für:

- Schornsteine aus nicht brennbaren oder nicht leicht entzündlichen, möglicherweise brennbaren Materialien
- Schornsteine aus Werkstoffen mit einem Absorptionsvermögen von höchstens 20 % des spezifischen Gewichts
- Schornsteine aus Materialien, die gegen die Auswirkungen von Rauchgasen beständig sind.
- Schornsteine aus frostbeständigen Materialien

Je nach Anordnung der Schornsteine unterscheiden wir Schornsteine für:

- Kontinuierliche Schornsteine
- Stockwerkskamine
- Überlaufschornsteine
- Baumschornsteine

Anhand kontinuierlicher Längsachsen unterscheiden wir Schornsteine für:

- Direkte Schornsteine
- bewegliche Schornsteine

## 6.2. Planung und Ausführung von Schornsteinen

Das Rauchgas wird durch die im Schornsteinmantel gebildeten Schornsteine abgeführt. Die Bohrung, durch die das Rauchgas in den Rauchabzug geleitet wird, wird als Entlüftungsanschluss bezeichnet. Weitere Öffnungen im Schornsteingehäuse dienen zur Reinigung der Rauchabzüge - Aufnahme- und Kehrloch. Der Schornstein endet mit dem Schornsteinkopf.

Der Schornsteinzug ist abhängig von der Differenz der Masse der heißen Verbrennungsgase und der Frischluft im Schornsteinkopf. Der Zug des Schornsteins hängt auch von der Größe und Form des Schornsteins, von der Glätte der Innenfläche des Schornsteins und von der effektiven Höhe ab. Die effektive Höhe ist Teil des Schornsteins vom Schornstein bis zum Schornsteinkopf und ist für die Rauchgasreinigung vorgesehen. Ein Teil des Schornsteins vom Rauchstutzen bis zum Schornsteinboden wird zur Aufnahme von Rauchgas- und Kondensatfeststoffen verwendet.

Der Schornsteinzug sollte einen konstanten Querschnitt entlang der Höhe aufweisen. Schornsteine können Abgase enthalten und mit Lüftungsöffnungen (Lüftungsöffnungen) versehen sein. Abgaskamine für Abgase können nicht als Lüftungsöffnungen verwendet werden und umgekehrt. Die Schornsteine sind im Allgemeinen vertikal und gerade ausgeführt. Jede Abweichung von der Vertikalen sollte nicht größer als 15° sein. Die Schornsteine können einen quadratischen, runden oder rechteckigen Querschnitt aufweisen. Der Schornsteinmantel sollte nicht brennbar, schwach absorbierend und rauchgasbeständig sein. Der durch den Innenraum oder die Gebäudekonstruktion hindurchgehende Schornstein darf während des Betriebs keine Oberflächentemperatur über 52°C aufweisen. Ein Teil des Schornsteins, der direkt Witterungseinflüssen ausgesetzt ist, sollte vor Frost geschützt werden.

Einschichtige Schornsteine müssen eine Mauerschornsteinstärke von mindestens 140 mm aufweisen. Die Krümmung des Schornsteins muss durch eine glatte Kurve mit einem Radius von mindestens 300 mm gebildet werden. Die Außenfläche des einschichtigen Mauerwerksschornsteins kann verputzt oder besprüht oder mit einer nicht brennbaren Beschichtung versehen werden.

Mehrschichtige Schornsteine sind in der Regel dreikomponentig. Sie bestehen aus Schornsteinauskleidung, einer Isolierschicht und einem Schornsteinmantel.

Öffnungen im Schornstein müssen jederzeit zugänglich sein. Der Rauchstutzen ist Teil des Schornsteins, der das Gerät und den Schornstein, mit dem das Abgas verbunden ist. Der Rauchabzugsanschluss darf nicht größer sein als der leichte Querschnitt des Rauchgases, in den er eingesetzt wird. Der Rauchabzugsanschluss sollte direkt und zum Rauchabzug hin ansteigend sein. Kehröffnungen sind für Rauchgas- und flüssige Brennstoffe vorgesehen, die nicht direkt durch den Schornsteinkopf gefegt werden können.

Die Löcher werden über dem Dach oder auf dem Dachboden platziert. Die Aufnahmeöffnungen sind in Höhe des Bodens des Schornsteinzuges ausgeführt. Der Boden um die Auswahlbohrungen herum muss nicht brennbar sein. Alle Schornsteinöffnungen sollten mit einer Schornsteintür aus nicht brennbaren Materialien verschlossen werden. Die Schornsteine sind so hoch über dem Dach angeordnet, dass sie die Umwelt nicht stören und die Umgebung nicht mit Rauchgasen belasten. Die kleinste zulässige Schornsteinhöhe ist durch die Art der Überdachung und die Lage des Schornsteins gegeben.

## 7.LITERATUR

MATOUŠOVÁ, D., SOLAŘ, J., Pozemní stavitelství I. 1. vyd. Ostrava: VŠB TU, 2005. ISBN 80-248-0830-7. [in Czech]

LORENZ, K. Nosné konstrukce I. Základy navrhování nosných konstrukcí. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03168-3. [in Czech]

NESTLE, H. a kol. Moderní stavitelství pro školu i praxi. Praha: Sobotáles, Praha, 2005. ISBN:80-86706-11-7. [in Czech]

HANÁK, M. Pozemní stavitelství: cvičení I. 6. přeprac. vyd. Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03267-1 [in Czech]

HÁJEK, P. a kol. Konstrukce pozemních staveb 1. Nosné konstrukce I. 3. vyd. Praha: ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03589-4. [in Czech]