

1. Grundlagen

1.1 Werkstoff Stahlbeton

Der Beton besteht aus nachfolgenden Bestandteilen

- Zement
- Zuschlagstoffe
- Wasser
- Zusatzstoffe (Füller, Flugasche etc.)
- Zusatzmittel (Luftporenbildner, Verzögerungsmittel etc.)

Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität bezüglich des Betons sind der DIN EN 206-1 zu entnehmen.

Zement

Zement ist ein hydraulisches Bindemittel und besteht aus fein gemahlenden, nichtmetallischen, anorganischen Stoffen. Als geeignet gelten Zemente nach DIN EN 197-1 (für Zemente mit niedriger Hydratationswärme) bzw. DIN EN 14216 (für Zemente mit sehr niedriger Hydratationswärme). Es wird zwischen drei Hauptarten unterschieden:

- CEM I Portlandzement
- CEM II Portlandkompensitzement
- CEM III Hochofenzement

Bei den Festigkeitsklassen sind drei Werte zu unterscheiden:

- 32,5
- 42,5
- 52,5

Mit dem Zusatz „L“, „N“ bzw. „R“ wird auf eine niedrige, normale resp. hohe Anfangsfestigkeit hingewiesen. Neben den genormten Zementsorten gibt es Zemente mit einer Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung.

Zuschlagstoffe

Unter Betonzuschlagstoffen versteht man ein Gemenge von gebrochenen oder unebrochenen, gleich oder verschieden großen Körnern aus natürlichen oder künstlichen mineralischen Stoffen. Die Zuschläge werden unterschieden nach Stoffart und Korngruppen. Gesteinskörnungen für Normal- und Schwerbeton müssen den Anforderungen der DIN EN 12620 genügen. Für Leichtbetone (mit Trockenrohdichten unter 2000 kg/m³) legt die DIN EN 13055-1 entsprechende Anforderungen fest.

Wasser

Als Zugabewasser für Beton ist grundsätzlich Trinkwasser sowie im Allgemeinen das in der Natur vorkommende Wasser als geeignet anzusehen, soweit es nicht Bestandteile enthält, die das Erhärten, andere Eigenschaften des Betons oder den Korrosionsschutz der Bewehrung ungünstig beeinflussen. Weitere Anforderungen stellt die DIN EN 1008.

Betonzusatzstoffe

Betonzusatzstoffe sind fein verteilte Stoffe, die durch chemische oder physikalische Wirkung bestimmte Betoneigenschaften, z.B. Konsistenz, Dichtheit oder Farbe beeinflussen. Sie dürfen das Ansteifungsverhalten, das Erstarren und das Erhärten sowie die Festigkeit und Dauerhaftigkeit des Betons und den Korrosionsschutz der Bewehrung im Beton nicht beeinträchtigen. Betonzusatzstoffe unterliegen einer Güteüberwachung, deren Einzelheiten in Normen oder Zulassungsbescheiden geregelt sind.

Es werden zwei Typen unterschieden:

- Typ I** nahezu inaktive (inerte) Betonzusatzstoffe
 - a) Gesteinsmehl DIN EN 12 620
 - b) Pigment DIN EN 12 878
- Typ II** puzzolanische oder latenthydraulische Betonzusatzstoffe
 - a) Flugasche DIN EN 450-1
 - b) Silicastaub DIN EN 13 263-1

Zusatzmittel

Zusatzmittel sind Stoffe zur Beeinflussung der Eigenschaften des Betons, die chemisch oder physikalisch wirken und dem Beton nur in geringen Mengen zugegeben werden. Auf der nachfolgenden Liste sind die verschiedenen Zusatzmittel und Ihre Wirkung angegeben.

Table 1.1: Wirkungsgruppen von Betonzusatzmitteln

Wirkungsgruppe	Kurzz.	Farbkenn.	Wirkung
Betonverflüssiger	BV	gelb	Verminderung des Wasseranspruchs und/oder Verbesserung der Verarbeitbarkeit
Fließmittel	FM	grau	Verminderung des Wasseranspruchs und /oder Verbesserung der Verarbeitbarkeit, zur Herstellung von Beton mit fließfähiger Konsistenz
Luftporenbildner	LP	blau	Einführung gleichmäßig verteilter kleiner Luftporen zur Erhöhung des Frost- und Taumittelwiderstandes
Dichtungsmittel	DM	braun	Verminderung der kapillaren Wasseraufnahme
Verzögerer	VZ	rot	Verzögerung des Erstarrens
Beschleuniger	BE	grün	Beschleunigung des Erstarrens und/oder des Erhärtens
Einpresshilfen	EH	weiß	Verbesserung der Fließfähigkeit, Verminderung des Wasseranspruchs, Verminderung des Absetzens bzw. Erzielen eines mäßigen Quellens von Einpressmörtel
Stabilisatoren	ST	violett	Verminderung des Absonderns von Anmachwasser
Chromatreduzierer	CR	rosa	Reduktion von Chrom(VI) zu Chrom(III)
Recyclinghilfen für Waschwasser	RH	schwarz	Wiederverwendung von Waschwasser, das beim Reinigen von Mischfahrzeugen und Mischern anfällt

Wird der Beton mit Betonstahl kombiniert, so erhält man den Verbundwerkstoff **Stahlbeton**, das heißt die Baustoffe Beton und Stahl wirken statisch gemeinsam, wenn der Stahlbeton einer äußeren Beanspruchung ausgesetzt ist.

Die Grundlage für gutes statisches, aber auch wirtschaftliches Zusammenwirken dieser Stoffe und damit für die Stahlbetonbauweise bilden folgende Eigenschaften der beiden Baustoffe:

- a) hohe Druckfestigkeit des Betons in Verbindung mit der hohen Zugfestigkeit des Stahles;
- b) das durch den Verbund sichergestellte Zusammenwirken zwischen Beton und Stahl;
- c) der Rostschutz des Stahles durch den umhüllenden Beton;
- d) die gleiche Wärmeausdehnung von Beton und Stahl.

- zu a) Für druckbeanspruchte Bauteile ist Beton einer der preiswertesten Baustoffe. Unter Berücksichtigung der aktuellen Baustoffpreise und den gültigen zulässigen Beanspruchungsgrenzen ist Stahl bei der Aufnahme von Druckkräften ca. 3-mal teurer als Beton, jedoch ist der Beton bei der Aufnahme von Zugkräften aufgrund seiner geringen Zugfestigkeit ca. 10-mal teurer als Stahl.
- zu b) Für das Zusammenwirken ist Voraussetzung, dass beide Baustoffe unter äußeren Beanspruchungen möglichst gleiche Verformungen erleiden. Dies trifft nur dann zu, wenn zwischen beiden Werkstoffen Kräfte übertragen werden können, was durch die Haftung des Bindemittels Zement und den Gleitwiderstand der Bewehrung im Beton (Verzahnung) ermöglicht wird. Auf dieser Verbundwirkung beruht das „Grundgesetz“ des Stahlbetons über die Gleichheit der Dehnungen.

$$\varepsilon_s = \varepsilon_c$$

Unter Zugbeanspruchung kann der Beton wegen seiner geringen Zugfestigkeit den großen Dehnungen des Stahls nicht folgen. Es kommt zu Rissen im Beton, wobei die Zugkräfte nun allein vom Stahl aufgenommen werden.

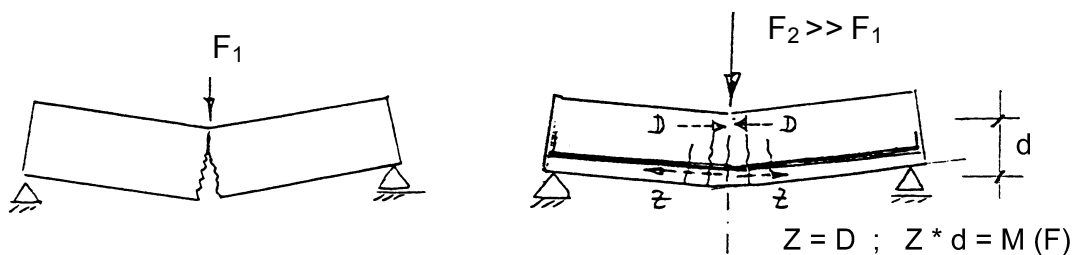


Bild 1.1: Tragverhalten Beton-Stahlbeton

Wichtig: Die Bewehrung muss in der Zugzone des Bauteils und in Richtung der inneren Zugkräfte eingelegt werden.

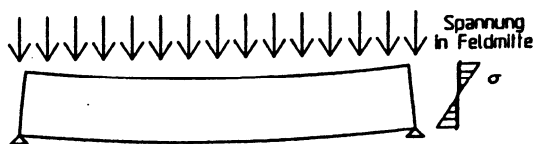
- zu c) Die rostschützende Eigenschaft des Betons beruht auf der Tatsache, dass er die Bildung von Fe-Ionen verhindern kann,
- weil eine genügend dichte und ausreichend dicke Betonüberdeckung die aggressiven Medien vom Stahl fernhält (mechanischer Schutz)

- weil sich in der alkalischen Umgebung (pH-Wert des Porenwassers im Beton bei ungefähr 14) auf dem Stahl eine Passivschicht bildet, die Korrosion sicher verhindert (chemischer Schutz).

zu d) Der Wärmeausdehnungskoeffizient beträgt bei Beton im Mittel $\alpha_T = 1,0 \cdot 10^{-5}$, bei Stahl $\alpha_T = 1,2 \cdot 10^{-5}$. Er ist also bei beiden Baustoffen nahezu gleich. So treten im Allgemeinen keine schädlichen inneren Spannungen bei Temperaturänderung auf.

Der Stahlbeton hat eine eigene Festigkeitslehre. Die lineare Spannungsverteilung, wie wir sie von Stahl oder Holz kennen, trifft für den Verbundwerkstoff nicht zu. Im Bereich der Druckbeanspruchung ist eine parabelförmige Verteilung vorhanden. Die Zugspannung tritt nur in der Stahleinlage auf.

Stahl oder Holz:



Stahlbeton:

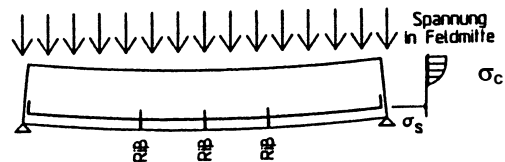


Bild 1.2: Unterschied im Spannungsverhalten Stahl/Holz zu Stahlbeton

Hinweis: Die geringe Zugfestigkeit des Betons führte schon früh zu dem Gedanken, die Zugzonen unter Druck zu setzen, so dass die äußeren Zugbeanspruchungen erst diese Druckspannungen abbauen müssen, bevor überhaupt Zugspannungen und schließlich Risse entstehen. Einen Stahlbeton mit derart vorgespannter Bewehrung nennt man heute Spannbeton.

Beton ist seit über 2000 Jahren bekannt. Die Römer haben Beton mit hydraulischem Kalk oder Puzzolan-Zement (aus vulkanischer Herkunft) hergestellt. Die Erfindung des Romanzements im Jahr 1796 durch den Engländer **J. Parker** und des Portlandzements durch den Franzosen **J. Aspdin** im Jahre 1824 leiteten die neuere Entwicklung ein. Mitte des 19. Jahrhunderts wurden erstmals in Frankreich Stahleinlagen in Beton eingebaut. So hat 1855 **J. L. Lambot** einen Kahn mit eisenverstärktem Zementmörtel gebaut und 1861 stellte **J. Monier** Blumenkübel mit Drahteinlage her. Der Amerikaner W. E. Ward baute 1873 bei New York ein Haus aus Stahlbeton. Das sogenannte „Ward’s Castle“ steht heute noch.

1902 hat **Emil Mörsch** eine wissenschaftlich begründete Darstellung der Wirkungsweise des Eisenbetons veröffentlicht und von Versuchungsergebnissen ausgehend die erste wirklichkeitsnahe Theorie zur Bemessung von Eisenbetonbauteilen entwickelt. Seit 1920 wurde statt der Bezeichnung „Eisenbeton“ der Begriff „Stahlbeton“ eingeführt, weil nicht Eisen, sondern Stahl als Bewehrung eingebaut wird. Nachdem erste Versuche mit vorgespannten Stahleinlagen fehlgeschlagen sind, hat 1928 **E. Freyssinet** ein Verfahren mit hochfesten Stählen entwickelt, mit dem genügend hohe bleibende Druckspannungen erzeugt werden konnten. Dieses ist somit als Beginn der Spannbetonbauweise anzusehen.

1.2 Bauteile des Stahlbetons

An ein Bauwerk werden heute die unterschiedlichsten Anforderungen in technischer, gestalterischer und wirtschaftlicher Hinsicht gestellt. Dies führt zu sehr komplexen Bauwerken, die als ein einheitliches Ganzes nicht mehr zu berechnen sind.

Der Entwurf für das Gebäude wird vom Architekten vorgenommen. Unter Berücksichtigung der Nutzungsanforderungen des Bauherrn gestaltet er das Bauwerk und legt die wesentlichen Abmessungen für das Bauwerk fest.

Der Ingenieur hat die Aufgabe für diesen funktionsgerechten Entwurf die geeignete Konstruktion festzulegen, das bedeutet nicht nur eine Statik zu erstellen, sondern die Gesamtheit des Gebäudes konstruktiv durchzuplanen. Um allen Anforderungen gerecht zu werden, muss ein geeignetes Konstruktionssystem gefunden werden, das sich aus Bauelementen zusammensetzt, die einer solchen Berechnung (d.h. Dimensionierung, Nachweis der Tragfähigkeit, Gebrauchsfähigkeit und Dauerhaftigkeit) zugänglich sind. Die Auswahl eines geeigneten Konstruktionssystems gehört zu den anspruchsvollsten Aufgaben des Bauingenieurs.

Im Stahlbetonbau setzt sich dieses Konstruktionssystem im Wesentlichen aus den folgenden vier Bauelementen und ihren Kombinationen zusammen:

- Balken: stabförmige Bauteile, die überwiegend auf Biegung beansprucht werden;
- Platten: ebene, flächenhafte Bauteile, deren Belastung senkrecht zur Mittelfläche erfolgt;
- Stützen: vorwiegend durch Druckkräfte belastete stabförmige Bauteile (oftmals kommen Biegemomente hinzu);
- Scheiben: ebene, flächenhafte Bauteile mit einer Belastung parallel zur Mittelfläche;

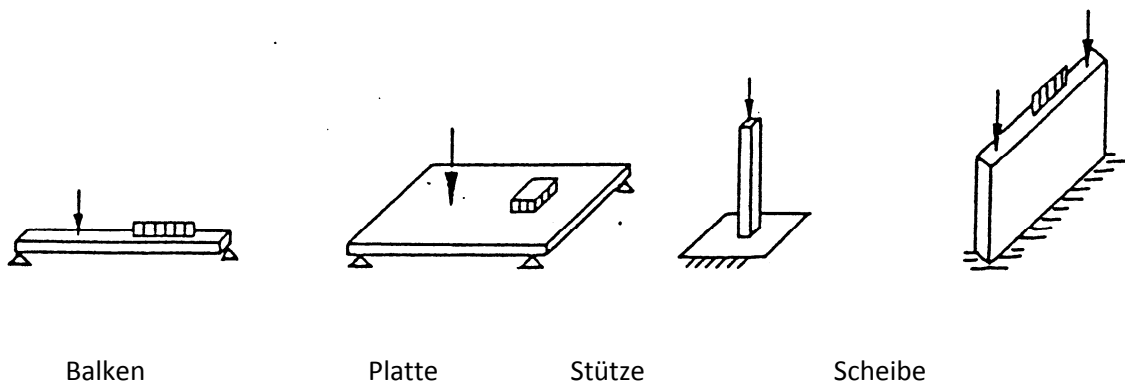


Bild 1.3: Die vier Bauelemente des Stahlbetonbaus

Kombinationen:	Balken + Scheibe + Platte	=	Plattenbalken (Unterzüge)
	Balken + Scheibe	=	wandartiger Träger
	Balken + Stütze	=	Rahmen

Am Beispiel des nachfolgend aufgeführten Stahlbetonskelettbauwerkes, bei dem alle Bauelemente aus Stahlbeton bestehen (Fundamente evtl. unbewehrt), können die wesentlichen Bauelemente wiedergefunden werden.

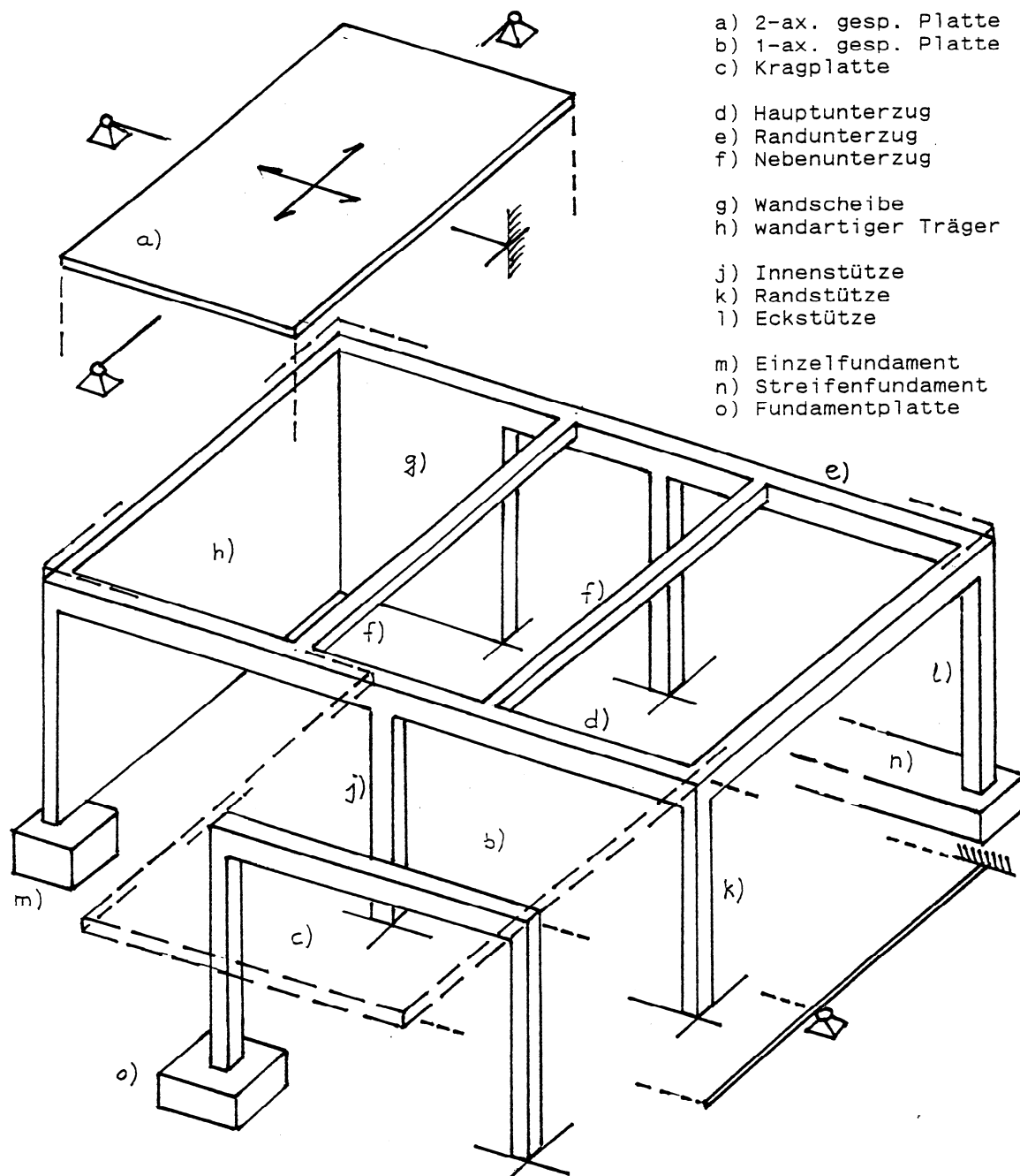


Bild 1.4. Die vier Bauelemente des Stahlbetonbaus

Die statisch und konstruktiv behandelten Bauteile ergeben gemeinsam das Bauwerk. An den Schnittstellen dazwischen werden die Lager- und Einspannbedingungen idealisiert.

Bei der Systemwahl ist es wichtig, dass die Lastabtragung systematisch verfolgt werden kann. Für die vorgegebene Nutzung ist die wirtschaftlichste Konstruktion zu wählen. Als Beispiel sei hier die Deckenkonstruktion angesprochen. Als übliche, wirtschaftliche Lösung wird eine Platte mit unterstützenden Balken gewählt. Wenn viele haustechnische Einbauten erforderlich sind, z.B. Lüftungskanäle, führen Balkendurchdringungen zu konstruktiven Problemen und größeren Bauteilhöhen. Hier könnte eine Flach-

decke wirtschaftlicher sein, obwohl sie mehr Bewehrung benötigt. Durch die geringere Bauhöhe könnte ggf. ein zusätzliches Geschoß möglich werden.

Neben der einwandfreien Abtragung der Vertikallasten ist schon bei der Systemwahl auch auf die räumliche Aussteifung des Gebäudes zu achten. Darunter wird die Fähigkeit des Tragwerkes verstanden, beliebig gerichtete horizontale Beanspruchungen aufnehmen zu können. Bei der konstruktiven Durchbildung des Bauwerkes ist zu berücksichtigen, dass durch Anordnung von Last verteilenden Decken und Wänden über Unterzügen, Rahmenecken und Stützen die genannten Haupttragwerke senkrecht zu ihrer Ebene gestützt sind.

Bei Ortbetonkonstruktionen entsteht ein monolithisches Tragwerk, das als vielfach statisch unbestimmtes System Tragreserven und somit zusätzliche Sicherheiten enthält, die gar nicht in den Rechenansatz für die Bemessung gebracht werden.

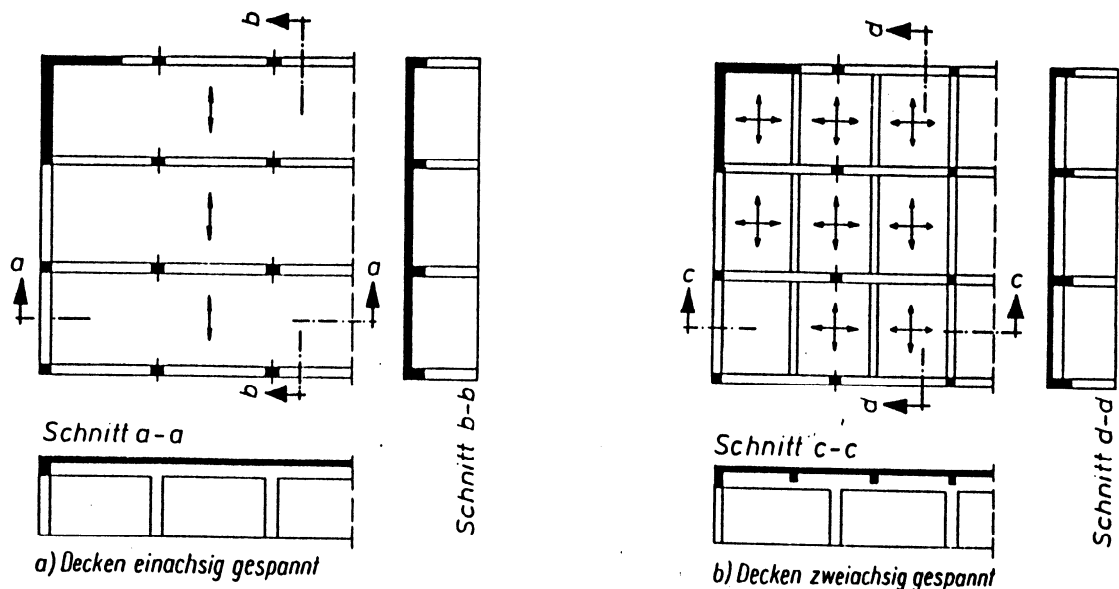


Bild 1.5: Lastabtragung bei Decken

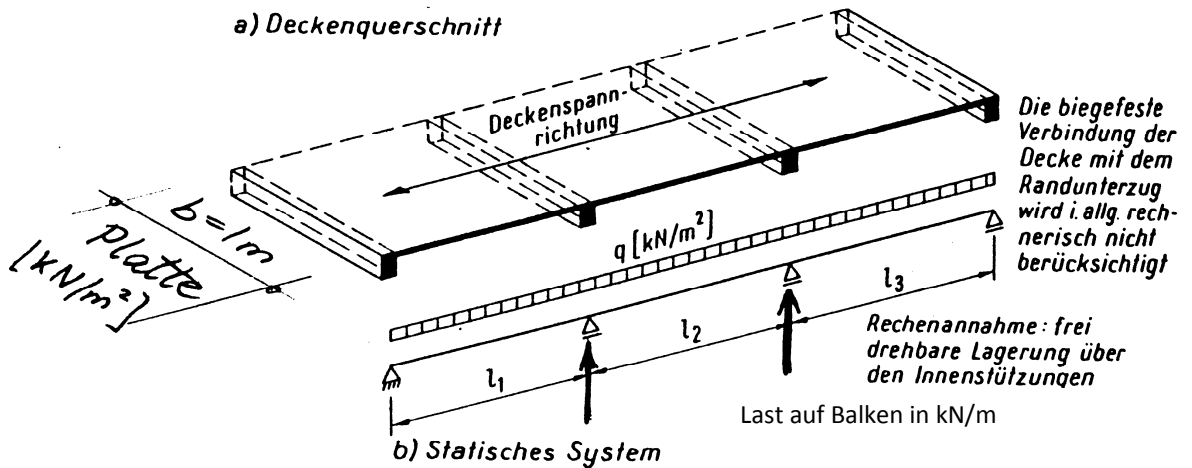


Bild 1.6: Fall des statischen Systems bei einer Decke

1.3 Vorteile und Grenzen

Der Stahlbeton wird in allen Bereichen des Bauwesens eingesetzt.

Die wesentlichen **Vorteile** sind:

1. Er ist leicht formbar. Der Frischbeton passt sich jeder Schalungsform an. Die Stahleinlagen können entsprechend dem inneren Kraftfluss eingelegt werden.
2. Er ist im Allgemeinen einfach zu verarbeiten. Er ist deshalb auch für kleine Betriebe zur Verarbeitung geeignet.
3. Er ist wirtschaftlich, da die wesentlichen Bestandteile wie Sand und Kies preiswert sind.
4. Bei richtiger Anwendung und Verarbeitung sind in der Regel keine Unterhaltungskosten zu erwarten.
5. Er ist beständig gegen Feuer. Der Brandschutz ist fast ohne Zusatzmaßnahmen sicher zu stellen.

Als **Nachteile** sind zu erwähnen:

1. Die Betonkonstruktion hat ein großes Eigengewicht.
2. Umbauten und Abbruch sind teuer und aufwendig.
3. Er hat einen geringen Wärmeschutz.
4. Es sind Qualitätseinbußen bei unsachgemäßer Herstellung möglich; denn... Baustelle ist nicht gleich Fabrik.

Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten den Baustoff Beton einzusetzen: „Es kommt darauf an, was wir daraus machen.“

Es ist zum einen die Qualität des Werkstoffs Beton sicher zu stellen, zum anderen hat der Ingenieur eine fachlich einwandfreie Planung zu leisten, die alle Randbedingungen des Bauteils berücksichtigen. Nur wenn Planung und Werkstoff mit einer fachgerechten Herstellung korrespondieren ist ein funktionsfähiges und dauerhaftes Bauwerk zu erwarten.

Nachfolgend einige Beispiele:

Wasserundurchlässige Bauwerke aus Stahlbeton werden als sogenannte „weiße Wannen“ hergestellt. Wasserundurchlässig bedeutet, dass kein Wasser in flüssiger Form das Bauteil durchdringen kann. Die Dampfdiffusion des Wassers ist jedoch möglich. Um die Anforderung an das Bauteil sicher zu stellen ist zunächst die Planung wichtig. Hier werden Bauteilabmessungen und Fugenanordnungen festgelegt. Die Bewehrung ist so zu ermitteln, dass die hohe Anforderung an die Rissbreite sichergestellt wird. Die Betonzusammensetzung ist ebenfalls auf die Erfordernisse abzustimmen. Ein wichtiger Punkt ist die Nachbehandlung des Betons. Nur durch alle Einzelpunkte sind die Qualität der „weißen Wanne“ und damit ihre Dichtigkeit sichergestellt.

Wichtige Eigenschaften des Betons sind seine Witterungsbeständigkeit und Abriebfestigkeit. Bei Parkhäusern und Brücken wird er deshalb erfolgreich eingesetzt. Zusätzlich wird durch entsprechende Betonzusätze Resistenz gegen chemische Angriffe (z.B. durch Chloride) gewährleistet.

Neben den äußeren Einwirkungen durch Lasten unterliegt der Beton Längenänderungen unterschiedlichster Ursachen.

- Temperaturschwankungen
- Schwinden des Betons
- Abfluss der Hydratationswärme beim Abbindeprozess

Werden die Verformungen behindert, z.B. durch steife Wandscheiben, so entsteht ein Zwang im Baukörper. Diese Zwangsbeanspruchung erzeugt in der Regel große innere Kräfte, welche vom Bauteil nicht aufgenommen werden können. Der Zwang entspannt sich durch Rissbildung im Bauteil. Eine Rissbreite von $> 0,25$ mm ist im Allgemeinen unschädlich. Der Ingenieur als Planer der Konstruktion hat sicher zu stellen, dass diese Werte nicht überschritten werden. Nur dadurch wird die erforderliche Dauerhaftigkeit beim Einsatz des Werkstoffs Beton gewährleistet.

1.4 Vorschriften und Normen

Auf europäischer und damit auch auf nationaler Ebene ist eine Vielzahl von Vorschriften vorhanden, die den Stahlbetonbau berühren. Als wichtigstes Werk ist die **DIN EN 1992 (Eurocode 2)** anzusehen. Hier sind alle Angaben für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauten aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton enthalten. Der „EC2“ behandelt Anforderungen an die Tragfähigkeit, die Gebrauchstauglichkeit, die Dauerhaftigkeit sowie den Feuerwiderstand und gliedert sich in folgende Teile:

- Teil 1-1 Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- Teil 1-2 Tragwerksbemessung für den Brandfall
- Teil 2 Betonbrücken
- Teil 3 Silos und Behälterbauwerke aus Beton

In Verbindung mit dieser Norm sind weitere Regelwerke zu berücksichtigen:

- DIN EN 1990 Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung
- DIN EN 1991 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke
- DIN EN 1997 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
- DIN EN 1998 Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben
- DIN EN 206 Betoneigenschaften, Herstellung, Verarbeitung und Gütenachweis
- DIN EN 10080 Betonstahl
- DIN EN 10138 Spannstahl

sowie weitere Normungen für Bauprodukte, die für Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbauwerke Verwendung finden.

Die Europäischen Normen berücksichtigen die Verantwortlichkeit der Bauaufsichtsorgane in den Mitgliedsländern und haben ihnen Rechte zur nationalen Festlegung sicherheitsbezogener Werte zugestanden. Deshalb gibt es die Eurocodes in nationalen Fassungen, die durch sogenannte **nationale Anwendungsdokumente (NAD)** ergänzt werden. Diese Dokumente enthalten Hinweise zu Parametern, die im Eurocode für nationale Entscheidungen offen gelassen wurden. Diese national festgelegten Parameter (NDP) gelten für die Tragwerksplanung in dem Land, in dem sie erstellt werden. Sie umfassen:

- Zahlenwerte und/oder Klassen, für die die Eurocodes Alternativen eröffnen,
- Zahlenwerte, für die die Eurocodes nur Symbole angeben,
- Landesspezifische, geografische und klimatische Daten, die nur für ein Mitgliedsland gelten (z.B. Schneekasten),
- Vorgehensweisen, wenn die Eurocodes mehrere Verfahren zur Wahl anbieten,
- Vorschriften zur Verwendung der informativen Anhänge,
- Verweise zur Anwendung des Eurocodes, soweit sie diese ergänzen und nicht widersprechen.

1.5 Sicherheitskonzept

1.5.1 Allgemeines

Die DIN EN 1990 und damit die darauf verweisende DIN EN 1992 (EC2) beschreiben Prinzipien (das sind Angaben und Festlegungen, von der keine Abweichungen zulässig sind) und Anforderungen nach Sicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit auf der Grundlage eines **Sicherheitskonzepts**, das auf Nachweisen von Grenzzuständen der Tragfähigkeit bzw. auf Nachweisen von Grenzzuständen der Gebrauchsfähigkeit beruht. Das Kennzeichen des Sicherheitskonzeptes ist die Verwendung von Teilsicherheitsbeiwerten, mit denen zum einen die Unsicherheiten bezüglich der Lasteinwirkungen durch eine angemessene Erhöhung der Lasten, zum anderen bestimmte Unsicherheiten auf der Tragwerksseite (Bauteilabmessungen, Materialgüte) durch Verminderung beispielsweise der Werkstoffparameter kompensiert werden können.

Bei den **Grenzzuständen der Tragfähigkeit** (GZT) ist von einem Tragwerksversagen durch Bruch, Verlust des Gleichgewichts oder Ermüdung mit der möglichen Folge eines Einsturzes auszugehen. Da hierfür verschiedenen Ursachen verantwortlich sein können, sind sie einzeln nachzuweisen.

Zu unterscheiden sind Grenzzustände der Tragfähigkeit infolge

- Biegung und Längskraft
- Torsion
- Knicken
- Querkraft
- Durchstanzen
- Gleitung

Die **Grenzzustände der Gebrauchsfähigkeit** (GZG) stellen sicher, dass die Gebrauchstauglichkeit bei festgelegten Kriterien gewährleistet bleibt. Nachweise sind hier besonders bei Verformungen, Schwingungen und Rissbildungen zu führen.

Zusätzlich ist sicher zu stellen, dass das Bauwerk dauerhaft ist. Das bedeutet, es ist so zu planen und zu konstruieren, dass für alle auftretenden physikalischen und chemischen Einwirkungen, die Tragfähigkeit und Gebrauchsfähigkeit für die gesamte Nutzungsdauer sichergestellt ist.

Gemäß dem Nachweiskonzept der DIN EN 1990 werden die zuvor beschriebenen Forderungen, durch getrennte Teilsicherheitsbeiwerte auf der Einwirkungs- und Bauteilwiderstandsseite sichergestellt. Durch die Aufteilung in material- und einwirkungsabhängige Sicherheitsanteile, können die stochastischen Verteilungen genauer berücksichtigt und in der Bemessung besser gewichtet werden.

1.5.2 Einwirkungen und Nachweisformen

Eine Einwirkung kann sowohl eine äußere Kraft, als auch einen auf das Bauteil ausgeübten Zwang beispielsweise durch Setzungen oder Temperatureinflüsse bezeichnen. Bei den Einwirkungen wird unterschieden zwischen

- ständigen Einwirkungen G
- veränderlichen Einwirkungen Q
- außergewöhnlichen Einwirkungen A

Zu den ständigen Einwirkungen gehören z.B. Eigenlasten der Konstruktion, Erddruck aus Hinterfüllung, etc. Als veränderliche Einwirkungen werden Nutzlasten, Wind, Schnee, Temperatureinwirkungen etc. bezeichnet. Als außergewöhnlicher Belastung ist der Fahrzeuganprall zu sehen.

Für die Bemessung anzusetzende Zahlenwerte sind beispielsweise der DIN EN 1991 zu entnehmen. Diese Zahlenwerte werden als charakteristische Werte bezeichnet.

Zur Wahrung eines angemessenen und gleichmäßigen Zuverlässigkeitsniveaus in den einzelnen Grenzzuständen werden die veränderlichen Einwirkungen Q nicht direkt mit ihren **charakteristischen Werten** Q_k , sondern mit daraus abgeleiteten **repräsentativen Werten** $\psi_i \cdot Q_k$ berücksichtigt. Der wichtigste Kombinationsbeiwert ψ_0 berücksichtigt das nicht gleichzeitige Auftreten von Maximalwerten aus verschiedenen Einwirkungen. Die Werte ψ_1 und ψ_2 sind Festlegungen in Abhängigkeit von einer definierten Überschreitungshäufigkeit festgelegt. In der nachfolgenden Tabelle sind die Kombinationsbeiwerte für den Hochbau wiedergegeben (ψ_0 = geringe, ψ_1 = mittlere und ψ_2 = hohe Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens).

Tabelle 1.2: Kombinationsbeiwerte nach DIN EN 1990/NA:2010-12

Einwirkung	Kombinationsbeiwerte		
	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Nutzlasten im Hochbau (siehe DIN EN 1991-1-1) ^a			
• Kategorie A: Wohn- und Aufenthaltsräume	0,7	0,5	0,3
• Kategorie B: Büros	0,7	0,5	0,3
• Kategorie C: Versammlungsbereiche	0,7	0,7	0,6
• Kategorie D: Verkaufsräume	0,7	0,7	0,6
• Kategorie E: Lagerflächen	1,0	0,9	0,8
• Kategorie F: Fahrzeuggewicht ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
• Kategorie G: 30 kN < Fahrzeuggewicht ≤ 1600 kN	0,7	0,5	0,3
• Kategorie H: Dächer	0,0	0,0	0,0
Schnee- und Eislasten (siehe DIN EN 1991-1-3)			
• Orte bis zu NN + 1 000 m	0,5	0,2	0,0
• Orte über NN + 1 000 m	0,7	0,5	0,2
Windlasten (siehe DIN EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0,0
Temperatureinwirkungen (nicht Brand; siehe DIN EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0,0
Baugrundsetzungen (siehe DIN EN 1997)	1,0	1,0	1,0
Sonstige Einwirkungen ^{b,c}	0,8	0,7	0,5
^a Abminderungsbeiwerte für Nutzlasten in mehrgeschossigen Hochbauten siehe DIN EN 1991-1-1 ^b Flüssigkeitsdruck ist im Allgemeinen als eine veränderliche Einwirkung zu behandeln, für die die ψ -Beiwert standortbedingt festzulegen sind. Flüssigkeitsdruck, dessen Größe durch geometrische Verhältnisse begrenzt ist, darf als eine ständige Einwirkung behandelt werden, wobei alle ψ -Beiwerte gleich 1,0 zu setzen sind. ^c ψ -Beiwerte für Maschinenlasten sind betriebsbedingt festzulegen.			

In den **Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG)** sind die Nachweise im Allgemeinen direkt mit den charakteristischen bzw. repräsentativen Werten der Einwirkungen zu führen. Der Bemessungswert E_d ergibt sich aus der Kombination mit verschiedenen Einwirkungen. Hierbei wird unterschieden

- Charakteristische (seltene) Kombination:

$$E_{d,char} = E \left[\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right]$$

- häufige Kombination:
$$E_{d,frequ} = E \left[\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right]$$
- quasi-ständige Kombination:
$$E_{d,perm} = E \left[\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right]$$

Die charakteristische oder seltene Kombination beschreibt Bemessungssituationen mit nicht umkehrbaren Auswirkungen für das Tragwerk, z.B. beim Nachweis des Übergangs eines Bauteils vom ungerissenen in den gerissenen Zustand. Die häufige und die quasi-ständige Verknüpfung von Einwirkungen beschreiben dagegen umkehrbare Bemessungssituationen ohne bleibende Auswirkung auf das Tragwerk. Die quasi-ständige Kombination wird vor allen für die Berechnung von Langzeitauswirkungen angesetzt. Die häufige Einwirkungskombination wird bei einigen Nachweisen vorgespannter Bauwerke erforderlich; z.B. beim Nachweis der Rissbreitenbeschränkung und der Dekompression.

Für die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit darf der Bemessungswert der Auswirkungen von Einwirkungen E_d bestimmte Nennwerte des Gebrauchstauglichkeitskriteriums C_d nicht überschreiten; es gilt:

$$E_d \leq C_d$$

Als Gebrauchstauglichkeitskriterien sind in der Norm beispielsweise zulässige Spannungen, Rissbreiten oder auch Verformungsgrößen definiert.

Für die Nachweise in den **Grenzzuständen der Tragfähigkeit** (GZT) werden die Bemessungswerte E_d aus den charakteristischen bzw. repräsentativen Werten der Einwirkungen in Verbindung mit den in den folgenden Tabellen zusammengestellten Teilsicherheitsbeiwerten gebildet.

Tabelle 1.3: Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen (STR/GEO) nach DIN EN 1990/NA:2012-12

Einwirkung P = ständig/perm.; T = vorübergehend/temp.; A = außergewöhnlich; E = Erdbeben;		Bemessungssituationen	
		P/T	A/E
Unabhängige ständige Einwirkungen - Auswirkung ungünstig ^{a,b} - Auswirkung günstig ^{a,b}	$\gamma_{G,sub}$	1,35	1,00
	$\gamma_{G,inf}$	1,00	1,00
Unabhängige veränderliche Einwirkungen - Auswirkung ungünstig ^c	γ_Q	1,50	1,00
Außergewöhnliche Einwirkungen	γ_A	-	1,00

^a Beim Nachweis des Grenzzustands für das Versagen des Tragwerks werden die charakteristischen Werte einer unabhängigen ständigen Einwirkung (d.h. die charakteristischen Werte aller ständigen Einwirkungen aus dem gleichen Ursprung) mit dem Faktor $\gamma_{G,SUP}$ multipliziert, wenn die insgesamt resultierende Auswirkung auf die betrachtete Beanspruchung ungünstig ist, jedoch mit dem Faktor $\gamma_{G,INF}$, wenn die insgesamt resultierende Auswirkung günstig ist.

^b Zur Wahl der Teilsicherheitsbeiwerte beim Nachweis von geotechnischen Grenzzuständen siehe DIN 1054-101:2009-02, Tabellen A 2-1, A 2-2 und A 2-3.

^c bei günstiger Auswirkung ist $\gamma_Q = 0$.

Tabelle 1.4: Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen (EQU) nach DIN EN 1990/NA:2012-12

Einwirkung	P = ständig/perm.; T = vorübergehend/temp.; A = außergewöhnlich; E = Erdbeben;	Bemessungssituationen	
		P/T	A/E
Ständige Einwirkungen: Eigenlast des Tragwerks und von nicht tragenden Bauteilen			
Ständige Einwirkungen, die vom Baugrund herrühren, Grundwasser und freistehendes Wasser			
- destabilisierend	$\gamma_{G,dst}$	1,10	1,00
- stabilisierend	$\gamma_{G,stab}$	0,90	0,95
Bei kleinen Schwankungen der ständigen Einwirkungen, wenn durch Kontrolle die Unter- bzw. Überschreitung von ständigen Lasten mit hinreichender Zuverlässigkeit ausgeschlossen wird			
- destabilisierend	$\gamma_{G,dst}$	1,05	1,00
- stabilisierend	$\gamma_{G,stab}$	0,95	0,95
Ständige Einwirkungen für den kombinierten Nachweis der Lagesicherheit, der den Widerstand der Bauteile (z.B. Zugverankerungen) einschließt			
- destabilisierend	$\gamma_{G,dst}$	1,35	1,00
- stabilisierend	$\gamma_{G,stab}$	1,15	0,95
Destabilisierende veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,50	1,00
Außergewöhnliche Einwirkungen	γ_A	-	1,00

Die Bemessungswert einer einzelnen Einwirkung lässt sich somit allgemein ermitteln aus:

$$F_d = \psi_i \cdot \gamma_F \cdot F_k$$

Der Bemessungswert der Beanspruchung für die Tragsicherheit E_d ergibt sich für die nachfolgenden Bemessungssituationen aus der Kombination (vgl. Tab.1.2 und Tab. 1.3):

Ständig und vorübergehend (P/T):

$$E_d = E \left[\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right]$$

Außergewöhnlich (A/E):

$$E_{d,A} = E \left[\sum_{j \geq 1} \gamma_{GA,j} \cdot G_{k,j} + A_d + \gamma_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right]$$

Darin sind:

$\gamma_{G,j}$; γ_Q : Teilsicherheitsbeiwerte für ständige respektive veränderliche Einwirkungen

$\gamma_{GA,j}$: Teilsicherheitsbeiwert der ständigen Einwirkung in der außergew. Kombination (i. A. = 1,0)

A_d : Bemessungswert einer außergewöhnlichen Einwirkung (Anprall, Feuer, Erdbeben)

ψ_0 , ψ_1 , ψ_2 : Kombinationsbeiwerte für charakterische, häufige und quasi-ständige veränderl. Einwirk.

Bei mehreren veränderlichen Einwirkungen ist immer zusätzlich diejenige einzelne Einwirkung zu überprüfen, die den größten Einfluss hat und als veränderliche Leiteinwirkung bezeichnet wird.

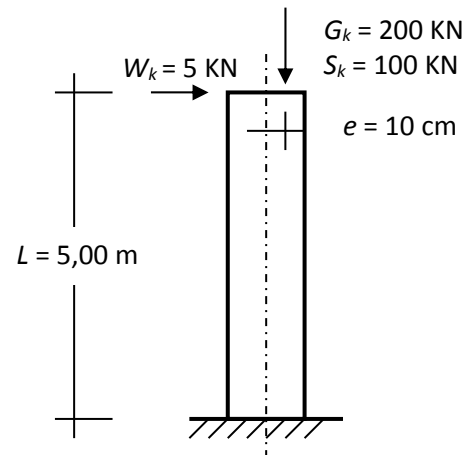
Beispiel 1.1: Stütze mit Vertikal- und Horizontallasten

Gegeben:

Stütze mit Belastung aus Eigenlast G_k , Schnee S_k und Wind W_k nach Abbildung; Höhe > NN+1000m

Gesucht:

Bemessungswert der Schnittgrößen an der Einspannstelle für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (ohne Einfluss aus Theorie II. Ordnung)



Kombination 1: $E_d = \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot S_k + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot W_k$

$$N_{Ed} = 1,35 \cdot (-200) + 1,50 \cdot (-100) + 1,50 \cdot 0,60 \cdot 0,0 = \underline{-420,0 \text{ KN}}$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot 200 \cdot 0,10 + 1,50 \cdot 100 \cdot 0,10 + 1,50 \cdot 0,60 \cdot 5,0 \cdot 5,00 = \underline{64,5 \text{ KNm}}$$

Kombination 2: $E_d = \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot W_k + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot S_k$

$$N_{Ed} = 1,35 \cdot (-200) + 1,50 \cdot 0,0 + 1,50 \cdot 0,70 \cdot (-100) = \underline{-375,0 \text{ KN}}$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot 200 \cdot 0,10 + 1,50 \cdot 5,0 \cdot 5,00 + 1,50 \cdot 0,70 \cdot 100 \cdot 0,10 = \underline{75,0 \text{ KNm}}$$

Bei günstiger Wirkung der geringfügig exzentrischen Druckkraft wäre zusätzlich zu untersuchen:

Kombination 3: $E_d = \gamma_{G,inf} \cdot G_k + \gamma_Q \cdot W_k + \gamma_{Q,inf} \cdot \psi_0 \cdot S_k$

$$N_{Ed} = 1,00 \cdot (-200) + 1,50 \cdot 0,0 + 0,00 \cdot 0,60 \cdot (-100) = \underline{-200,0 \text{ KN}}$$

$$M_{Ed} = 1,00 \cdot 200 \cdot 0,10 + 1,50 \cdot 5,0 \cdot 5,00 + 0,0 \cdot 0,60 \cdot 100 \cdot 0,10 = \underline{57,5 \text{ KNm}}$$

Da die Normalkraft N_{Ed} den Querschnitt am Stützenfuß überdrückt, kann die Schnittgrößenkombination 3 trotz geringerer Biegebeanspruchung zur maßgebenden Beanspruchung werden, die die meiste Bewehrung erfordert.

Beim **Nachweis der Lagesicherheit (EQU)** – dieser stellt eine besondere Form des Nachweises im Grenzzustand der Tragfähigkeit dar – werden die charakteristischen Werte aller destabilisierend wirkenden Anteile der ständigen Einwirkungen $E_{d,dst}$ mit dem Faktor $\gamma_{G,dst}$ und die charakteristischen Werte aller stabilisierenden Anteile des betrachteten Lastmodells $E_{d,stb}$ mit dem Faktor $\gamma_{G,stb}$ multipliziert (vgl. Tab. 1.4). Dieser Nachweis ist erforderlich, wenn Abhebesicherungen (z.B. Zugverankerungen) bemessen werden sollen oder der Nachweis gegen das Abheben von Lagern bei Durchlaufträgern geführt werden muss. Dazu wird der Bemessungswert der Verankerungskraft $E_{d,anch}$ wie folgt berechnet (anch = Anchor):

$$E_{d,anch} = E_{d,dst} - E_{d,stb} \quad (\text{ohne besondere Verankerung: } E_{d,dst} \leq E_{d,stb})$$

Dabei ist $E_{d,dst}$ der Bemessungswert der Beanspruchung infolge der destabilisierenden Einwirkungen, ermittelt mit den Teilsicherheitsbeiwerten $\gamma_{G,dst}$ bzw. γ_Q , wo hingegen $E_{d,stb}$ der Bemessungswert der Beanspruchung infolge der stabilisierenden Einwirkungen (somit nur ständige Einwirkungen) ist, ermittelt mit den Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{G,stb}$. Die beiden Größen werden wie folgt berechnet:

$$E_{d,anch} = E_{Gk,dst} \cdot \gamma_{G,dst} + E_{Qk} \cdot \gamma_Q - E_{Gk,stb} \cdot \gamma_{G,stb}$$

Bei günstiger Auswirkung aller ständigen Einwirkungen ist der Bemessungswert der Verankerungskraft $E_{d,anch}$ mit $\gamma_{G,inf}$ aus Tab. 1.3 zu bestimmen.

$$E_{d,anch} = (E_{Gk,dst} - E_{Gk,stb}) \cdot \gamma_{G,inf} + E_{Qk} \cdot \gamma_Q$$

Der größere Bemessungswert der Verankerungskraft aus den beiden obigen Gleichungen ist maßgebend.

Beispiel 1.2: Auflagerverankerung beim Zweifeldträger mit unterschiedlichen Feldlängen

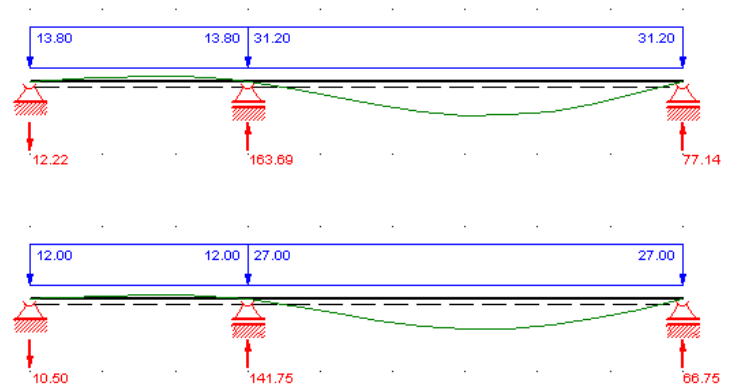
Gegeben:

Feldlängen: $l_1 = 3,0$ m und $l_2 = 6,0$ m
 Ständige Streckenlast: $g_k = 12,0$ kN/m
 Veränderl. Streckenlast: $q_k = 10,0$ kN/m

Gesucht:

Maßgebende Verankerungskraft am linken Endauflager im Grenzzustand der Tragfähigkeit (EQU) zur Bemessung der Zugverankerung, um die Lagesicherheit zu gewährleisten.

Ergebnisse:



Alleinige stabilisierende Einwirkung ist das Eigengewicht auf dem linken Feld:

$$g_{k,stb} = 12 \text{ kN/m} ; \quad g_{d,stb} = 1,15 \cdot 12 \text{ kN/m} = \underline{13,8 \text{ kNm}}$$

Destabilisierende Einwirkungen sind die Streckenlasten aus Eigengewicht und der veränderlichen Nutzlast auf dem rechten Feld:

$$g_{k,dst} = 12 \text{ kN/m} ; \quad g_{d,dst} = 1,35 \cdot 12 \text{ kN/m} = 16,2 \text{ kN/m}$$

$$q_{k,dst} = 10 \text{ kN/m} ; \quad q_{d,dst} = 1,50 \cdot 10 \text{ kN/m} = 15,0 \text{ kN/m}; \quad (g+q)_{d,dst} = \underline{31,2 \text{ kN/m}}$$

Bei linear-elastischer Berechnung des Tragwerks (Gültigkeit des Superpositionsprinzips) ergibt sich als Verankerungskraft $A_{d,anch} = (-)\underline{12,22 \text{ kN}}$ (vgl. mit Ergebnissen des oberen Systems in der obigen Grafik).

Bei günstiger Auswirkung aller ständigen Einwirkungen – das ist bei diesem System der Fall – ist auch die Verankerungskraft zu prüfen für: $g_{k,dst} = 12$ kN/m auf dem rechten Feld und $g_{k,stb} = 12$ kN/m auf den linken Feld multipliziert mit $\gamma_{G,inf} = 1,0$ sowie der veränderlichen und destabilisierenden Streckenlast auf dem rechten Feld $q_{d,dst} = 1,50 \cdot 10$ kN/m = 15,0 kN/m.

Die zugehörige Verankerungskraft errechnet sich zu $A_{d,anch} = (-)\underline{10,50 \text{ kN}}$ (vgl. mit Ergebnissen des unteren Systems in der obigen Grafik).

Der größere und damit maßgebende Bemessungswert der Verankerungskraft ist $A_{d,anch} = \underline{12,22 \text{ kN}}$. Für diese Kraft ist die Verankerungskonstruktion auszulegen.

Für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit darf der Bemessungswert der Auswirkungen von Einwirkungen E_d den Bemessungswert des Bauteilwiderstandes R_d nicht überschreiten; es gilt:

$$E_d \leq R_d$$

Der Bemessungswert des Widerstandes R_d beschreibt die Beanspruchbarkeit eines Querschnitts, eines Bauteils, ggf. auch eines gesamten Tragsystems im Grenzzustand der Tragfähigkeit. Steht E_d beispielsweise für die Schnittgröße M_{Ed} als Auswirkung von Einwirkungen bei ungünstigster Lastkombination, so steht R_d für das aufnehmbare Moment M_{Rd} am Ort der maßgebenden Schnittgröße M_{Ed} . Der Querschnitt ist hier durch eine ausreichende Bewehrungsmenge und wirtschaftliche Querschnittsabmessungen bei angemessener Betongüte so auszulegen, dass M_{Ed} sicher aufgenommen wird ($M_{Ed} \leq M_{Rd}$).

1.5.3 Bemessungswerte der Bauteilwiderstände R_d

Die Festigkeits- und Formänderungskennwerte für Betone sind der DIN EN 1092-1-1, Tabelle 3.1 als Mittelwerte und charakteristische Werte der Baustoffeigenschaften zu entnehmen. Die charakteristischen Werte X_k werden in der Regel aus 5% bzw. 95% Quantilwerte aus der stochastischen Verteilung der jeweiligen Eigenschaft ermittelt.

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind die Nachweise in Abhängigkeit von der Art des Nachweises entweder mit dem oberen oder unteren Quantilwert oder mit dem Mittelwert der betrachteten Baustoffeigenschaft zu führen.

Für die Bemessung in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit sind aus den charakteristischen Werten X_k durch Division mit baustoffabhängigen Teilsicherheitsbeiwerten γ_M die Bemessungswerte X_d zu ermitteln. Die in der Norm festgelegten Zahlenwerte sind in der Tabelle 1.5 zusammengefasst.

Tabelle 1.5: Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteilwiderstände gemäß DIN EN 1992-1-1/NA

Bemessungssituationen	Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe γ_M in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	
	für Normalbeton	für Beton- oder Spannstahl
Ständig und vorübergehend	$\gamma_c = 1,50^a$	$\gamma_s = 1,15$
Außergewöhnlich	$\gamma_{c,a} = 1,30$	$\gamma_{s,a} = 1,00$
Nachweis gegen Ermüdung	$\gamma_{c,fat} = 1,30$	$\gamma_{s,fat} = 1,15$

^a Bei Fertigteilen mit überwachter Herstellung darf der Beiwert auf $\gamma_{c,red} = 1,35$ verringert werden.

Die geometrischen Abmessungen der nachzuweisenden Bauteile dürfen ohne Sicherheitszu- oder ab-schläge angesetzt werden.

Somit ergibt sich der Bemessungswert des Widerstands in der Form

$$R_d = R \left[\frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c}, \frac{f_{yk}}{\gamma_s}, \frac{f_{tk,cal}}{\gamma_s}, \frac{f_{p0,1k}}{\gamma_s}, \frac{f_{pk}}{\gamma_s} \right]$$

mit

α_{cc}	Abminderungswert zur Berücksichtigung von Langzeiteinwirkungen (0,85 für Deutschland)
f_{ck}	charakteristischer Wert der Druckfestigkeit des Betons
$f_{yk}, f_{tk,cal}$	charakteristischer Wert der Streckgrenze bzw. der Zugfestigkeit des Betonstahls
$f_{p0,1k}, f_{pkl}$	charakteristischer Wert an der 0,1%-Dehngrenze bzw. der Zugfestigkeit des Spannstahls
$\gamma_c; \gamma_s$	Teilsicherheitsbeiwerte nach Tab. 1.4 (vgl. DIN EN 1992-1-1/NA)

Beispiel 1.3: Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit für zentrisch belasteten Zugstab

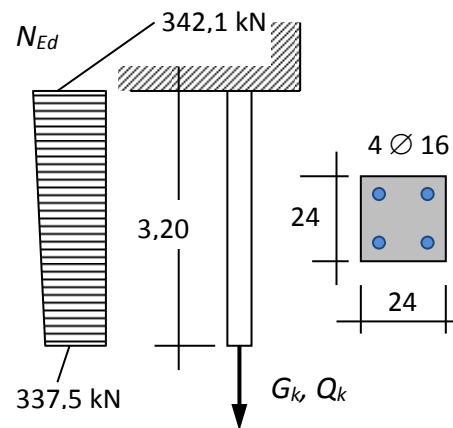
Gegeben

Stb.-Zugstab: $d = b = 24 \text{ cm}; l = 3,2 \text{ m}$
 $A_{s,tot} = 4 \text{ } \varnothing 16 = 8,04 \text{ cm}^2 \text{ (B 500)}$

Einwirkungen: Eigengewicht $\gamma_{beton} = 25 \text{ kN/m}^3$
 Ständige Last: $G_k = 100 \text{ kN}$
 Veränderl. Last: $Q_k = 135 \text{ kN}$

Gesucht:

Nachweis über ausreichende Tragfähigkeit



Bemess.-schnittgröße am Stabende: $N_{Ed} = 1,35 \cdot 100 + 1,50 \cdot 135 = + \underline{337,5 \text{ kN}}$

... am Ort der Einspannung: $N_{Ed} = 337,5 + 1,35 \cdot 0,24^2 \cdot 25,0 \cdot 3,20 = + \underline{342,1 \text{ kN}}$

Die maßgebende Schnittgröße (Einwirkung) ist am Ort der Einspannung zu finden.

Tragfähigkeit (Widerstand): $N_{Rd} = N_{Rd,c} + N_{Rd,s} = 0 + A_{s,tot} \cdot f_{yk} / \gamma_s = 8,04 \cdot 50 / 1,15 = \underline{349,6 \text{ kN}}$

Nachweis: $N_{Ed} = 342,1 \text{ kN} < N_{Rd} = 349,6 \text{ kN}$

1.6 Literatur und Hilfsmittel

Die folgenden drei Begriffe haben folgende Bedeutung:

- Anerkannte Regel der Technik: Diese sind Regeln, die wissenschaftlich begründet sind, in der Praxis regelmäßig angewandt werden und sich bewährt haben; z.B. DIN-Normen
- Stand der Technik: Hier muss eine ausreichende praktische Bewährung vorliegen, die Bauweisen können selten angewandt werden oder in Vorschriften anerkannt sein. z.B. wasserundurchlässige Bauwerke aus Stahlbeton.
- Stand von Wissenschaft und Technik: Hier wird auf den neuesten Stand technischer Erkenntnisse zurückgegriffen, welcher nicht ausschließlich auf Deutschland bezogen ist, sondern auch ausländische Erkenntnisse und Veröffentlichungen sind dabei zu berücksichtigen. Die praktische Umsetzung ist noch nicht ausreichend erfolgt und ggf. noch zweifelhaft.

Die Vorschriften und Normen sind bereits in einem vorangegangenen Kapitel behandelt worden. Wie dort bereits erwähnt, so ist zurzeit ein Umbruch im Normenwesen zu verzeichnen. Deshalb muss zurzeit auch auf Literatur verwiesen werden, die sich leider noch nicht auf die neue Stahlbetonnorm stützt. Sie gibt jedoch für das Tragverhalten und für die Konstruktion von Stahlbetonbauwerken einen sehr guten Überblick.

- Goris, Alfons: Stahlbetonbau-Praxis nach Eurocode 2; Band 1: Grundlagen, Bemessung, Beispiele; 4. Auflage; Bauwerk Beuth Verlag, Berlin, 2011.
- Goris, Alfons: Stahlbetonbau-Praxis nach Eurocode 2; Band 2: Schnittgrößen, Gesamtstabilität, Bewehrung und Konstruktion, Brandbemessung, Beispiel; 4. Auflage; Bauwerk Beuth Verlag, Berlin, 2011.
- N.N.: Beispiele zur Bemessung nach Eurocode 2; Band 1: Hochbau; Hrsg.: Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein; Verlag Ernst&Sohn, Wiesbaden 2011.
- N.N.: Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfSb), Heft 600: Erläuterungen zum Eurocode 2; Beuth Verlag, Berlin 2011.
- N.N.: Betonkalender: erscheint jedes Jahr in neuester Auflage und enthält – teilweise Band 1 und 2, vollständig, teils auszugsweise die wichtigsten Stahlbeton-Bestimmungen, aber auch Beiträge zur Bemessung, Bewehrungsführung und Tabellenwerke aus dem Gebiet des Stahlbetonbaus; Verlag W. Ernst und Sohn, Berlin.
- N.N.: DBV-Merkblatt-Sammlung (2010) herausgegeben vom Deutschen Beton-Verein
- Dahms, K.-H.: Rohbauzeichnung, Bewehrungszeichnung, Wiesbaden 1997.
- Goldau, R.: Bewehrungszeichnen; Band 1: Zeichentechnik, Wiesbaden 1981; Band 2: Konstruktive Bewehrungsaufgaben, 1983; Band 3: Statische Bewehrungsaufgaben, 1985.
- Lohmeyer, G.: Beton-Technik, Handbuch für Planer und Konstrukteure, Düsseldorf 1997.
- N.N.: Schneider - Bautabellen für Ingenieure mit Berechnungshinweisen und Beispielen; 20. Auflage, Werner Verlag, Düsseldorf.

Fachzeitschriften:

- Beton- und Stahlbetonbau; Ernst & Sohn, Berlin
- Die Bautechnik; Ernst & Sohn, Berlin
- Der Bauingenieur; Ernst & Sohn, Berlin