

0 Deckblatt

Modul Entwerfen und Konstruieren

Vorlesung Baukonstruktion I

Inhalt:

Einführung

Lastannahmen

Unterscheidung von Baukonstruktionen

Bemessungskonzepte

Baurecht

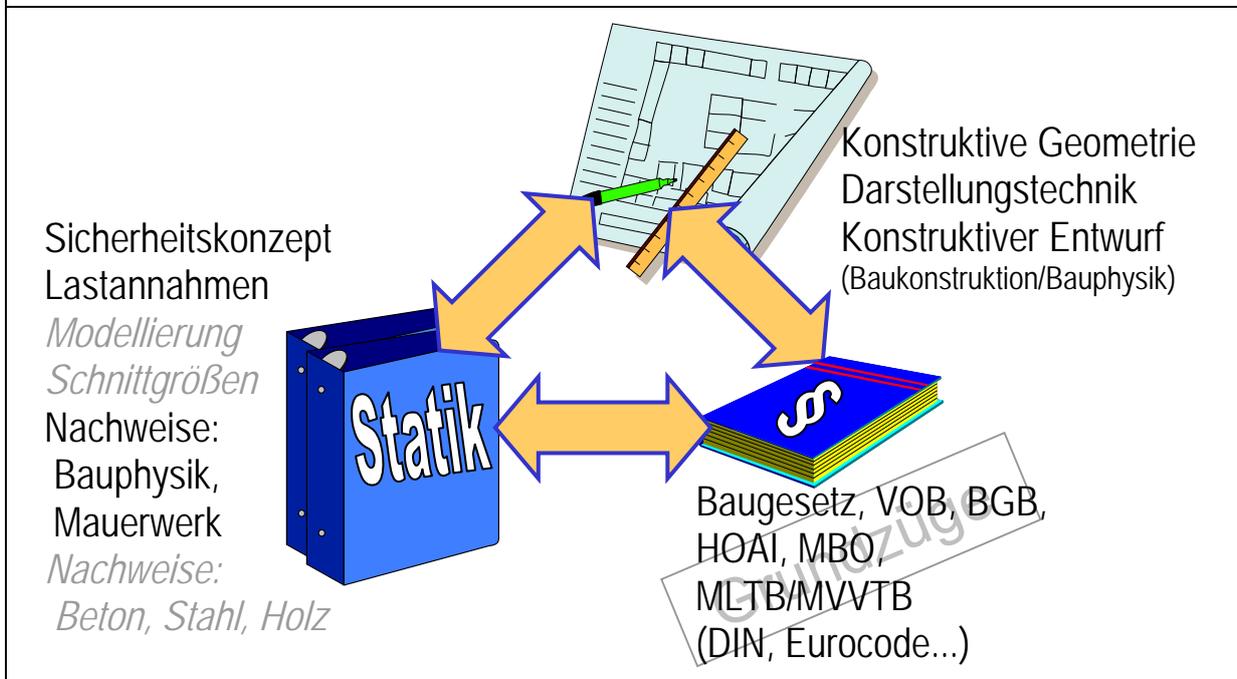
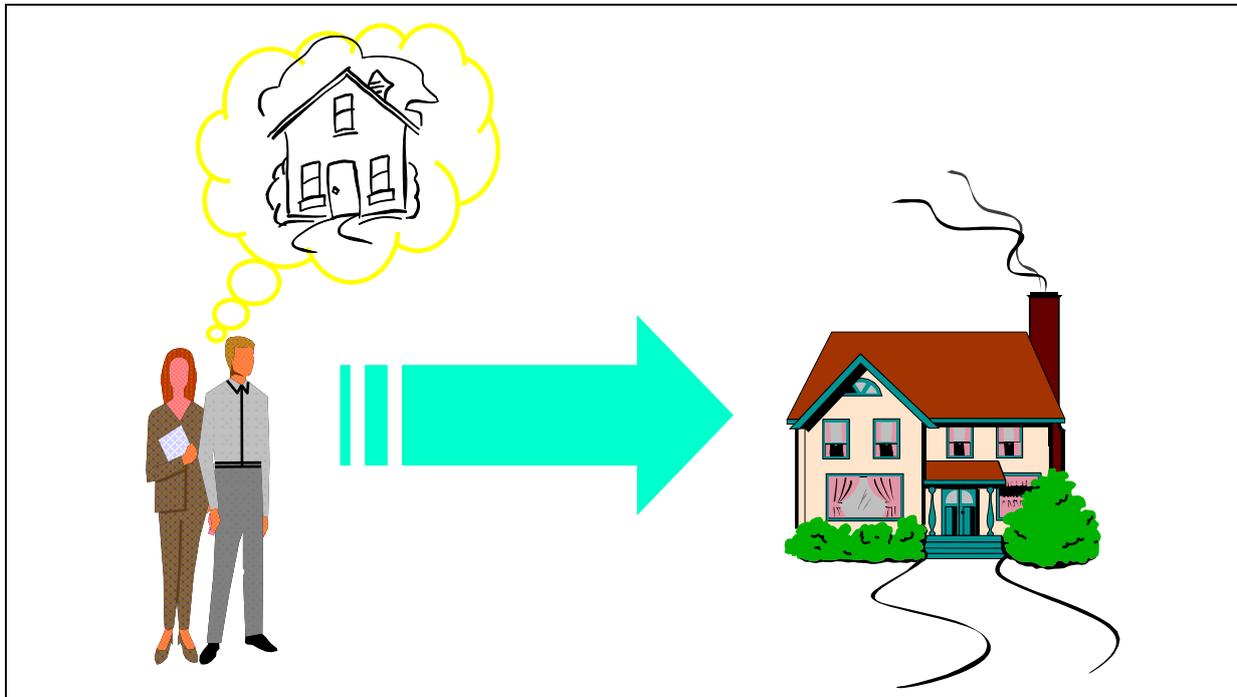
Dieses Skript ist nicht gedacht als selbständiges Lehrbuch, sondern eine mehr oder weniger textlose Zusammenstellung / Sammlung der wichtigsten Bilder, Zeichnungen und Tabellen, die in der Vorlesung Verwendung finden.

Bilder, Zeichnungen, Tabellen und (Norm-)Textpassagen sind z.T. entnommen aus der angegebenen Literatur bzw. Normen und Vorschriften.

1 Einführung

1.1 Allgemeines

Übersicht Lehrgebiet Baukonstruktion und Bauphysik



Bauphysik:

- Wärme
- Feuchte
- Schall
- Brand
- Licht
- Klima

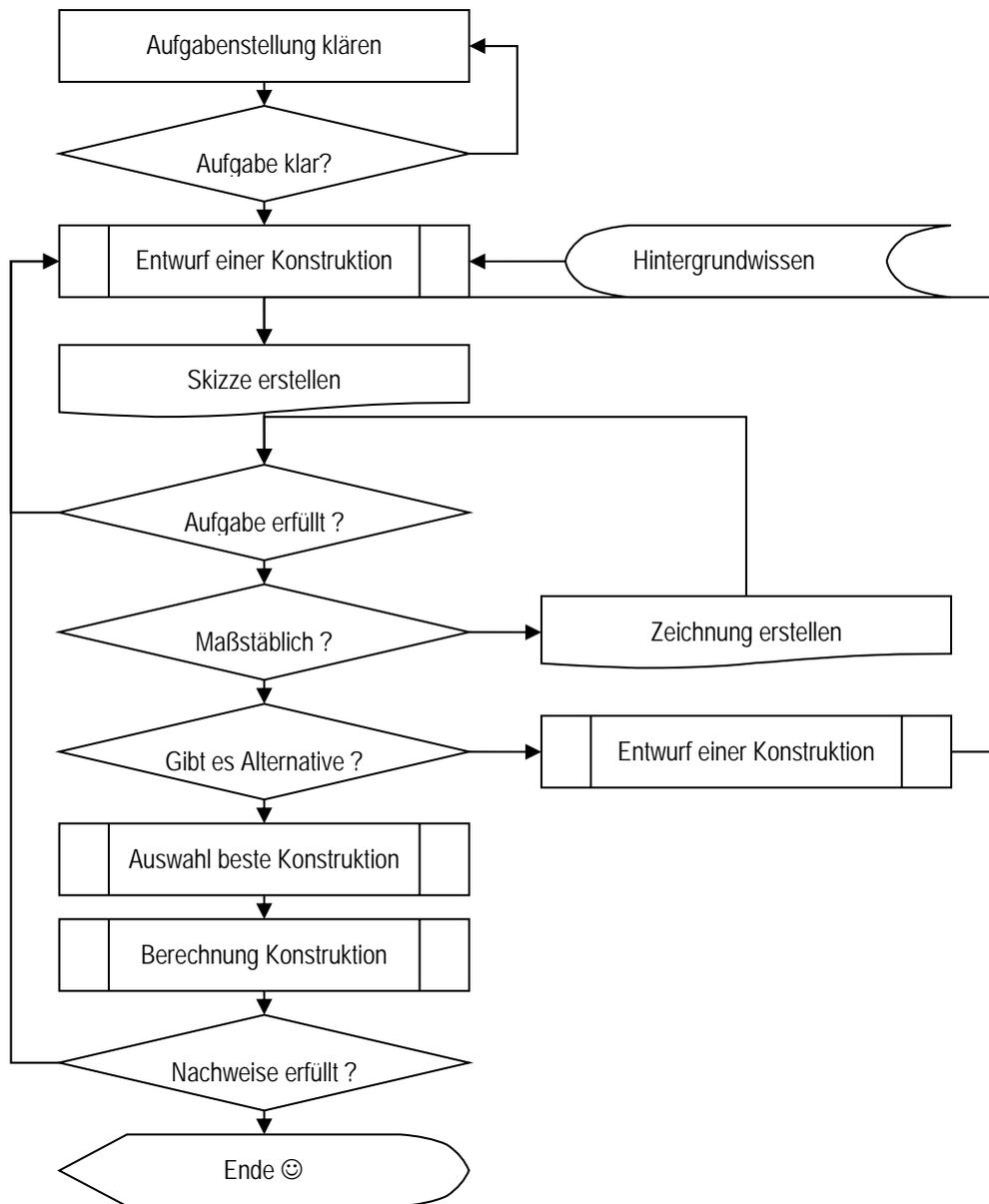
Pläne:

- Entwurfsplan, parallel: zeitlicher Ablaufplan für Terminplanung / Koordination
- Eingabe / Architektenplan
- Positionsplan (für Statik, basiert auf Architektenplan))
- Ausführungsplan
 - o Beton: Schalung, Bewehrung
 - o Stahl
 - o Holz
 - o Mauerwerk
 - o Detail

Aufbau einer Statik = statischen Berechnung = bautechnischen Nachweise, vgl. auch 5.1.4

- Titelseite
- Inhaltsverzeichnis
- Baubeschreibung
- Normen und Literatur
- Lastannahmen Gebäude
- Standsicherheitsnachweis (Grenzzustand Tragfähigkeit GZT = ULS, Grenzzustand Gebrauchstauglichkeit GZGT = SLS) für alle Positionen (ggf. neben End- auch Bau- und Montagezustand) und ggf. erforderliche Baubehelfe mit folgenden Angaben
- Bauphysikalische Nachweise wie
- Positionspläne (i.d.R. M=1:100) mit folgenden Angaben
- Konstruktionszeichnungen (Ausführungspläne)
- Ggf. Anhänge und Nachträge

1.2 Entwurfsprozess



1.3 Aufgabenstellung – Sicherheitsphilosophie

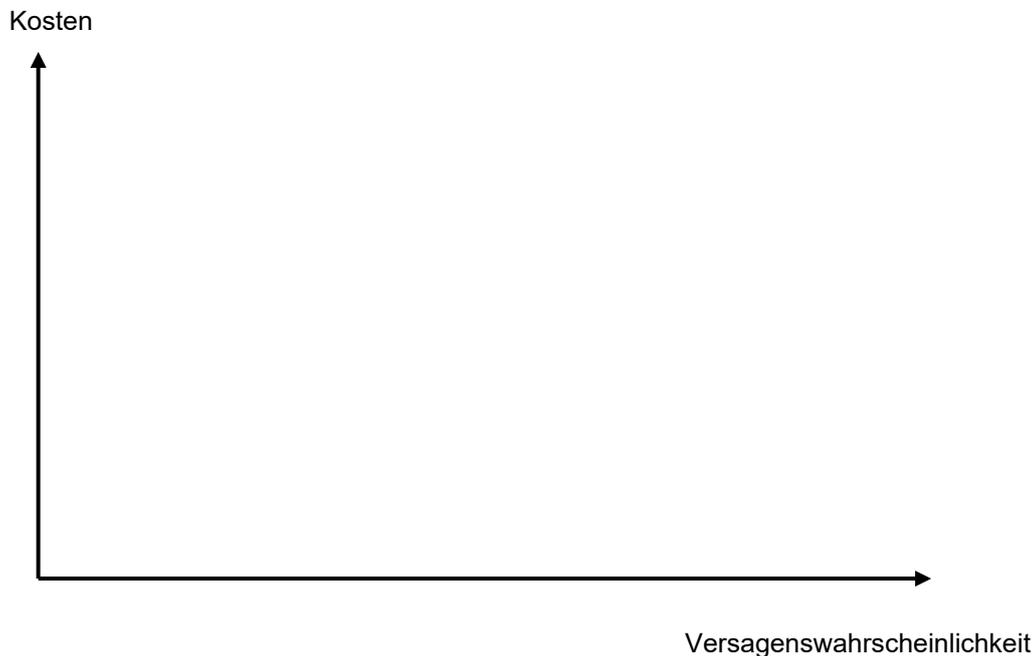
1.3.1 Allgemeines

1.3.1.1 Was ist Sicherheit?

1.3.1.2 Was kostet ein Mensch?

Vgl. – SZ Magazin No.17 vom 23.04.2004

1.3.1.3 „optimale“ Versagenswahrscheinlichkeit



1.3.1.4 Grundlegende Anforderungen – Auszug aus DIN EN 1990 (2010), Abschnitt 2

Ein Tragwerk ist so zu planen und auszuführen, dass es während der Errichtung und in der vorgesehenen Nutzungszeit mit angemessener Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit

- *den möglichen Einwirkungen und Einflüssen standhält und*
- *die geforderten Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit eines Bauwerks oder eines Bauteils erfüllt.*

Bei der Planung und der Berechnung des Tragwerks sind zu beachten:

- *ausreichende Tragfähigkeit,*
- *Gebrauchstauglichkeit und*
- *Dauerhaftigkeit*

Im Brandfall muss für die geforderte Feuerwiderstandsdauer eine ausreichende Tragsicherheit vorhanden sein.

Ein Tragwerk ist so auszubilden und auszuführen, dass durch Ereignisse wie

- *Explosionen,*
- *Anprall oder*
- *menschliches Versagen*

keine Schadensfolgen entstehen, die in keinem Verhältnis zur Schadensursache stehen.

ANMERKUNG 1 Die vorgenannten Ereignisse und Gefährdungen sind für jedes Projekt mit dem Bauherrn und der zuständigen Behörde festzulegen.

Die mögliche Schädigung ist durch die angemessene Wahl einer oder mehrerer der folgenden Maßnahmen zu begrenzen oder zu vermeiden:

- *Verhinderung, Ausschaltung oder Minderung der Gefährdungen, denen das Tragwerk ausgesetzt sein kann;*

- *Wahl der Art des Tragsystems so, dass die Anfälligkeit gegen die hier betrachteten Gefährdungen gering bleibt;*
- *Wahl der Art des Tragsystems und seiner baulichen Durchbildung derart, dass mit dem schädigungsbedingten Ausfall eines einzelnen Bauteils oder eines begrenzten Teils des Tragwerks oder mit sonstigen in Kauf genommenen lokalen Schäden kein Totalversagen des Gesamttragwerks auftritt;*
- *wenn möglich, Vermeidung von Tragsystemen, die ohne Vorankündigung total versagen können;*
- *Kopplung von Tragelementen.*

Die grundlegenden Anforderungen sind durch

- *die Wahl geeigneter Baustoffe,*
- *durch zweckmäßigen Entwurf und Bemessung und geeignete bauliche Durchbildung sowie*
- *durch die Festlegung von Überwachungsverfahren für den Entwurf, die Herstellung, Ausführung und Nutzung entsprechend den Besonderheiten des Projektes zu erfüllen.*

Die Festlegungen in Abschnitt 2 setzen voraus, dass der Entwurf und die Berechnung nach dem anerkannten Stand der Technik mit der für das Projekt erforderlichen Befähigung und Sorgfalt durchgeführt werden.

...

1.3.1.5 Zuverlässigkeit im Bauwesen

Vgl. dazu insbesondere DIN EN 1990 Anhang B (informativ)

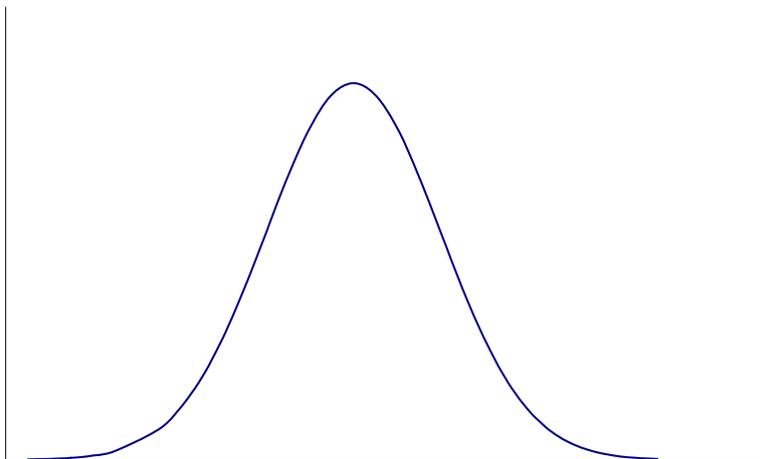
Schadensfolgeklassen CC zur Differenzierung der Zuverlässigkeit

Schadensfolgeklassen	Merkmale	Beispiele im Hochbau oder bei sonstigen Ingenieurbauwerken
CC 3	Hohe Folgen für Menschenleben oder sehr große wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Tribünen, öffentliche Gebäude mit hohen Versagensfolgen (z. B. eine Konzerthalle)
CC 2	Mittlere Folgen für Menschenleben, beträchtliche wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Wohn- und Bürogebäude, öffentliche Gebäude mit mittleren Versagensfolgen (z. B. ein Bürogebäude)
CC 1	Niedrige Folgen für Menschenleben und kleine oder vernachlässigbare wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Landwirtschaftliche Gebäude ohne regelmäßigen Personenverkehr (z. B. Scheunen, Gewächshäuser)

1.4 Statistik – Grundlagen

1.4.1 Gauß'sche Glockenkurve

Die Gauß'sche Glockenkurve (=“Normalverteilung“) lässt sich darstellen als Funktion $f(x)$



$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-x_M}{\sigma_x} \right)^2}$$

mit $x_M = \frac{\sum x_i}{n}$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_M)^2}{n-1}}$$

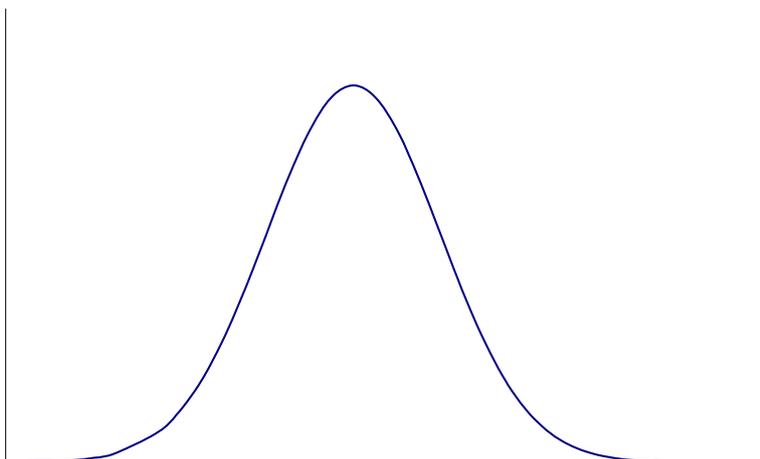
x_M Mittelwert (auch: μ)

σ_x Standardabweichung

v Varianz $v = \sigma_x^2 / x_M$

Das Integral über $f(x)$ – d.h. die Fläche unter $f(x)$ – hat den Wert 1.

1.4.2 Fraktil – Quantil



Mit „Fraktile“ wird ein Flächenabschnitt des Integrals bezeichnet. Die Angabe erfolgt i.d.R. in %, z.B. 5%-Fraktile (als unterer Wert der Festigkeit) oder 95%-Fraktile (als oberer Wert der Belastung).

Bei der Normalverteilung kann der Fraktilwert x_p (in %) mit Hilfe des Mittelwertes x_M und der Standardabweichung σ_x beschrieben werden:

$x_p = x_M \pm k \sigma_x$ Standardabweichung bekannt

$x_p = x_M \pm k' \sigma_x$ Standardabweichung aus der Stichprobe ermittelt

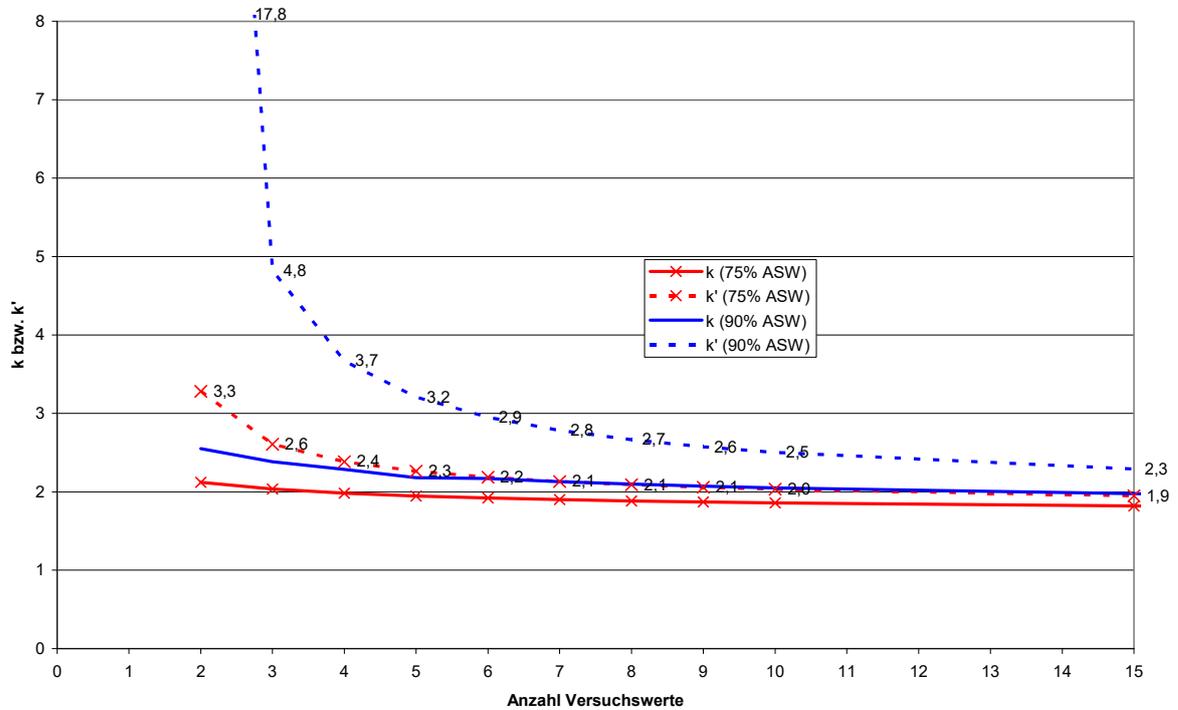
k bzw. k' sind abhängig von

- Anzahl n der Stichproben
- Aussagewahrscheinlichkeit

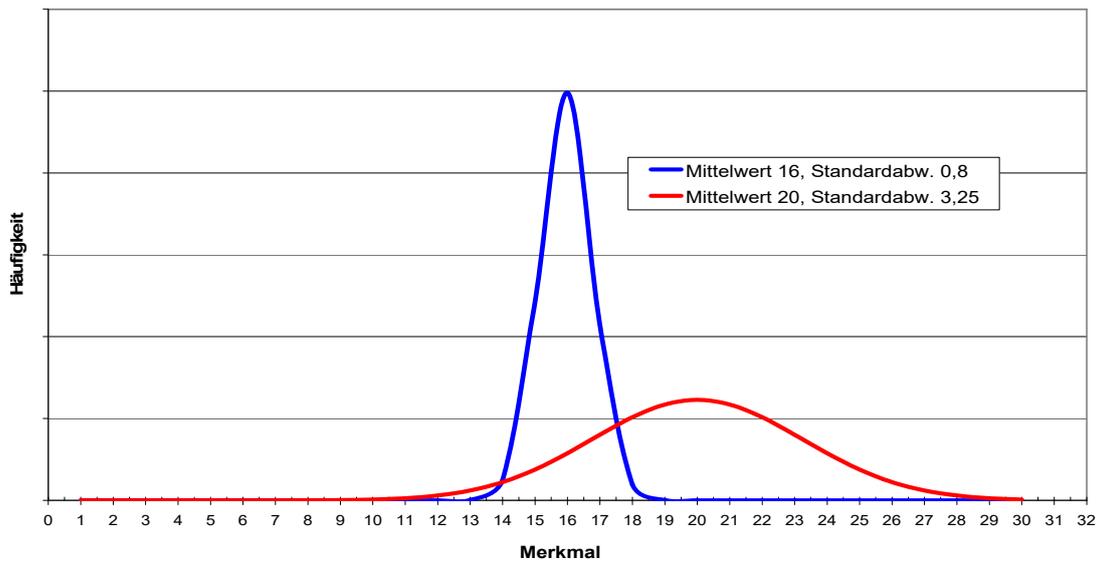
Beispiel für k bei Stichprobenanzahl $n = \infty$ und Aussagewahrscheinlichkeit 75%

5% bzw. 95%	$k = 1,645$
10% bzw. 90%	$k = 1,282$
50%	$k = 0$

Beispiel für k und k' in nächstem Bild



Standardverteilungen mit gleichem Wert der 5%-Fraktile (14,65)



1.4.3 Sicherheitsfaktor

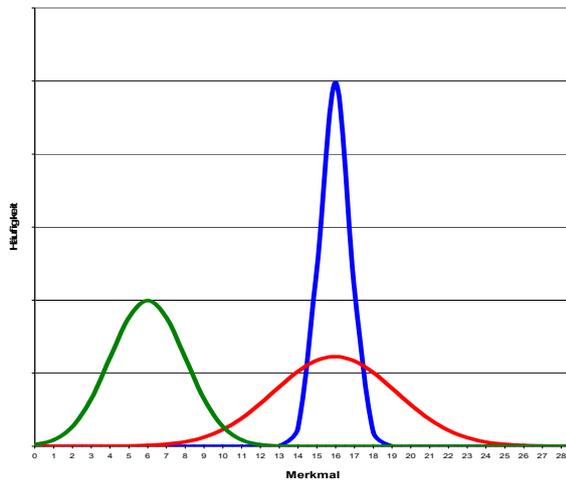
Zentraler Sicherheitsfaktor, verwendet Mittelwerte

$$V_{\text{zentral}} = \mu_R / \mu_S$$

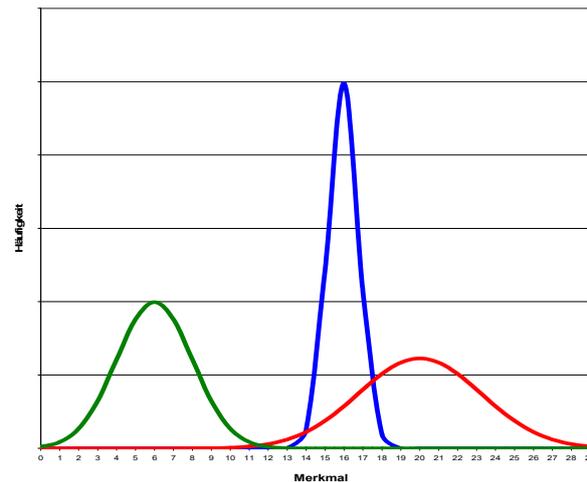
Nennsicherheitsfaktor, unter Verwendung Fraktilwert

$$V_{N_{\text{nenn}}} = R_p / S_p = (\mu_R - k_R \sigma_R) / (\mu_S + k_S \sigma_S)$$

wobei k_R 5% und k_S 95%-oder 98%Fraktil



Mittelwert der beiden rechten Kurven gleich



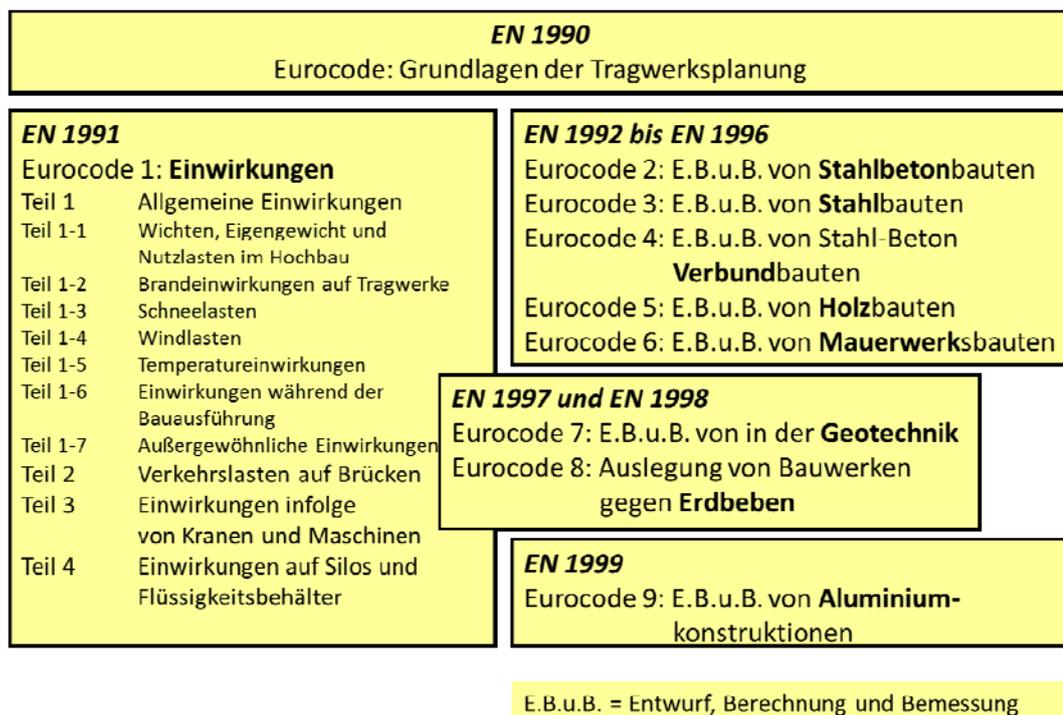
5%-Fraktilwert der beiden rechten Kurven gleich

2 Lastannahmen

2.1 Allgemeines

2.1.1 Vorschriften und Normen

Die sog. Lastannahmen sind in DIN EN 1991 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke sowie zugehörigen Nationalen Anhängen DIN EN 1991 NA geregelt.



Näheres zum Inhalt wird im Rahmen der Übung behandelt.

Näheres zur Verbindlichkeit etc. der Regelungen findet sich in diesem Skript im Kapitel Baurecht.

Aktuelle Angaben hierzu sind auch zusammengestellt in der

- „Musterverwaltungsvorschrift Technischen Baubestimmungen“ (vgl. z.B. www.dibt.de bzw. <https://www.dibt.de/de/wir-bieten/technische-baubestimmungen>) oder
- in den von den einzelnen Ländern jeweils umgesetzten Dokumente (z.B. für Bayern „Bay-erische Technische Baubestimmungen“ unter <http://bauen.bayern.de/buw/baurechtundtechnik/bautechnik/eingefuehrtetechnischebestimmungen/>

2.1.2 Angabe von Lasten

2.1.2.1 Geometrisch

Volumenlasten / Wichte in kN/m^3

z.B. Baustoffe, Lagerstoffe

Flächenlasten (= Druck)

z.B. Baustoffe, Nutzlasten

ergibt sich auch aus

Volumenlast x Dicke

Streckenlasten = Linienlasten

z.B. Eigenlasten von Wänden, Nutzlasten (Holmlasten)

ergibt sich auch aus

Volumenlast x Fläche

Flächenlast x Einzugsbreite / Einzugshöhe

Einzellasten = Punktlasten

z.B. Radlasten, Mannlast / Personenlast

ergibt sich auch aus

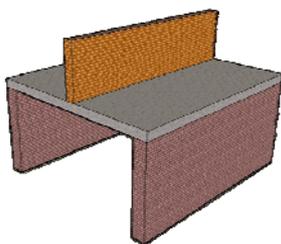
Volumenlast x Volumen

Flächenlast x Einzugsfläche

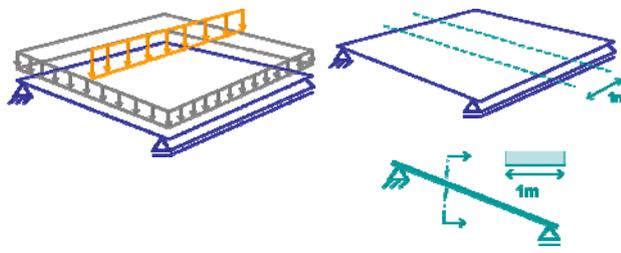
Streckenlast x Einzugslänge

2.1.2.2 Beispiel

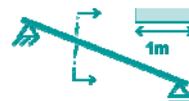
Decke, durch Mauer belastet, auf zwei gegenüberliegenden Wänden aufliegend



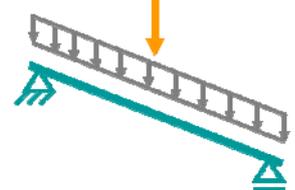
System isometrisch



Statisches Modell als
Platte mit Belastung



Ersatzsystem
Balkenstreifen



Statisches Modell als
Balken mit Belastung

2.1.3 Einteilung der Einwirkungen

2.1.3.1 Einwirkungsdauer / -häufigkeit

Ständige Einwirkungen:

- Eigenlasten

Veränderliche Einwirkungen (statisch bzw. vorwiegend ruhend \Leftrightarrow dynamisch):

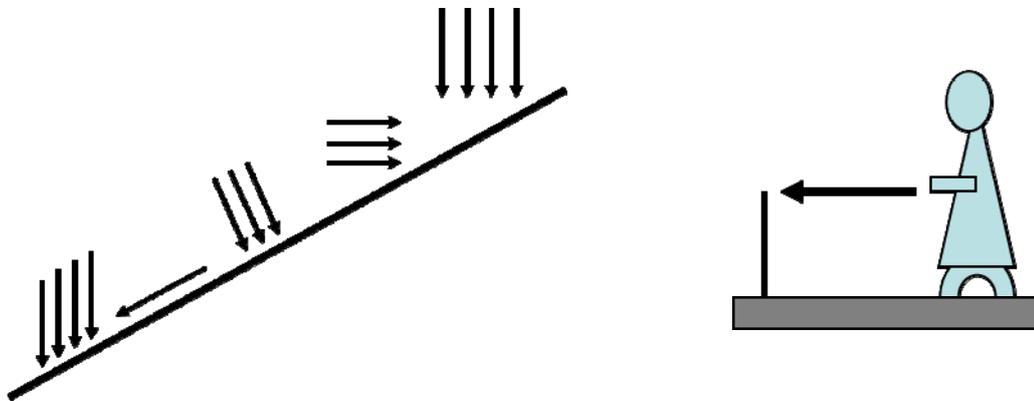
- Nutzlasten (häufig auch als Verkehrslasten bezeichnet)
- Wind
- Schnee
- Temperatur

Sonderlasten:

- Anprall
- Explosion

2.1.3.2 Wirkungsrichtung

Vertikal – horizontal – normal auf Fläche – parallel zur Fläche



2.2 Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau → EC 1 Teil 1-1

Vgl. dazu DIN EN 1991-1-1:2012-12 einschließlich DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12 oder Literatur wie Bautabellen.

2.2.1 Allgemeines

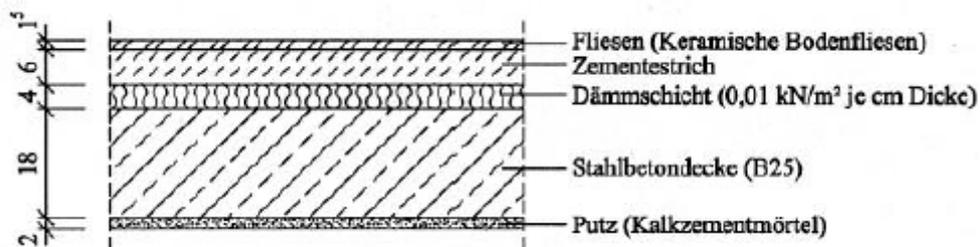
Unterscheidung in

- Eigenlasten: ständig, i.d.R. unveränderlich
- Nutzlasten: veränderlich oder beweglich
 - Vorwiegend ruhend
 - Nicht vorwiegend ruhend

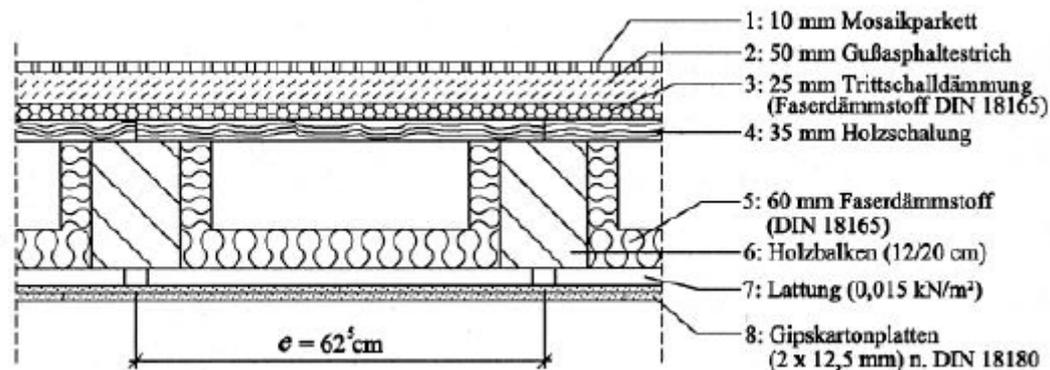
Wichtig zu beachten dabei: Angaben erfolgen in unterschiedlichen Einheiten (Volumenlasten oder Flächenlasten, z.T. bezogen auf unterschiedliche Dicken wie je cm oder je Lage)

2.2.2 Eigenlasten

Beispiele:



Flächenlast (z.T. aus Volumenlasten zu ermitteln)



Flächenlast

Streckenlast = Last auf einen Holzbalken

2.2.3 Lotrechte Nutzlasten, Vorwiegend ruhend

2.2.3.1 Wohnungen, Versammlungsräume, Geschäfts- und Verwaltungsräume

Flächenlasten

- Zuschlag für „leichte Trennwände“
- Abschlag bei Lastweiterleitung auf sekundäre Tragglieder abhängig von
 - Einzugsfläche
 - Anzahl der Geschosse (bei mehrgeschossigen Gebäuden)

Einzellasten für Nachweis örtlicher Mindesttragfähigkeit

2.2.3.2 Lagerflächen und Flächen für industrielle Nutzung

2.2.3.3 Parkhäuser und Bereiche mit Fahrzeugverkehr (Brücken sind ausgeschlossen)

Flächenlasten und Einzellasten (Radlasten)

Abschlag der Flächenlasten für Lastweiterleitung

2.2.3.4 Dachkonstruktionen einschl. Hubschrauberlandeplätze

Flächenlasten und Einzellasten

2.2.4 Lotrechte Nutzlasten, Nicht vorwiegend ruhend

Schwingbeiwert für Einzellasten, nicht für Flächenlasten

Gegengewichtsstapler

Hofkellerdecken, befahrbare Decken

Hubschrauberlandeplätze

2.2.5 Horizontale Nutzlasten

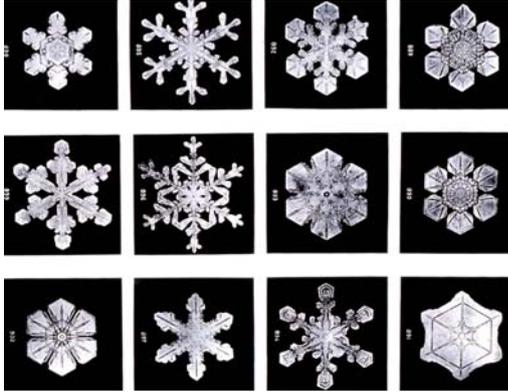
2.2.5.1 Zwischenwände und Absturzsicherungen (Geländer, Brüstungen)

Linienlast in Holmhöhe

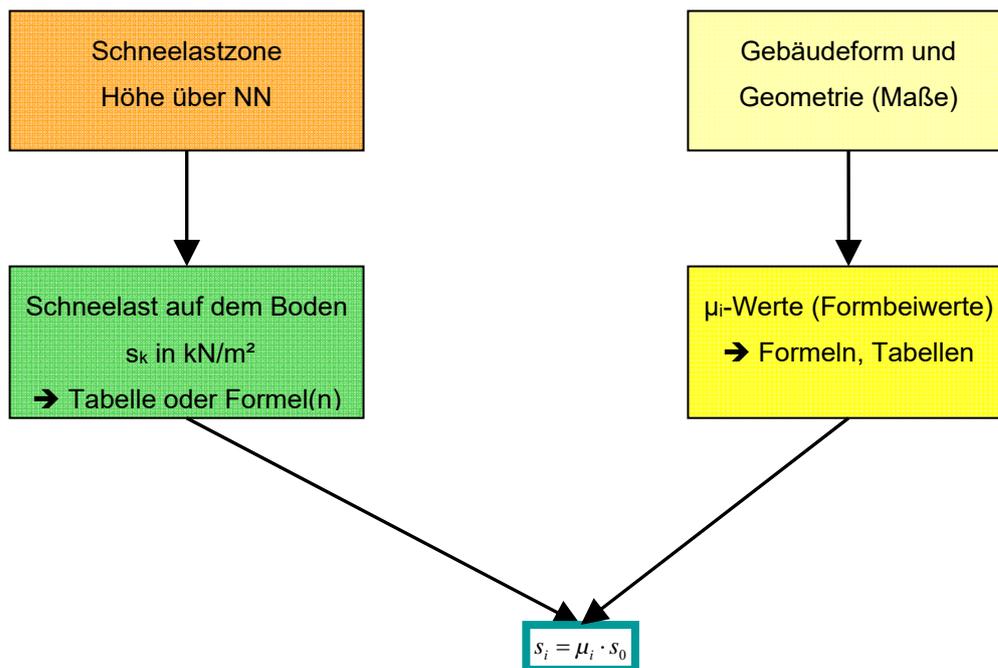
2.3 Schnee- und Eislasten → EC 1 Teil 1-3

2.3.1 Grundlagen

Wasserkreislauf und Temperatur führen zu Schnee und Eis...



2.3.2 Umsetzung in Norm



Vgl. Übung

2.4 Wind → EC 1 Teil 1-4

2.4.1 Grundlagen

2.4.1.1 Allgemeines

Wind = bewegte Luft

2.4.1.2 Geschwindigkeitsfeld

$$v(x, y, z, t)$$

oder in Komponentenschreibweise

$$u(x, y, z, t)$$

$$v(x, y, z, t)$$

$$w(x, y, z, t)$$

2.4.1.2.1 Stationäre Strömung:

Geschwindigkeit v unabhängig von der Zeit, d.h. in einem beliebigen Punkt des Strömungsfeldes zu allen Zeiten jeweils gleich.

2.4.1.2.2 Instationäre Strömung:

Geschwindigkeit v von der Zeit abhängig, z.B. Wind.

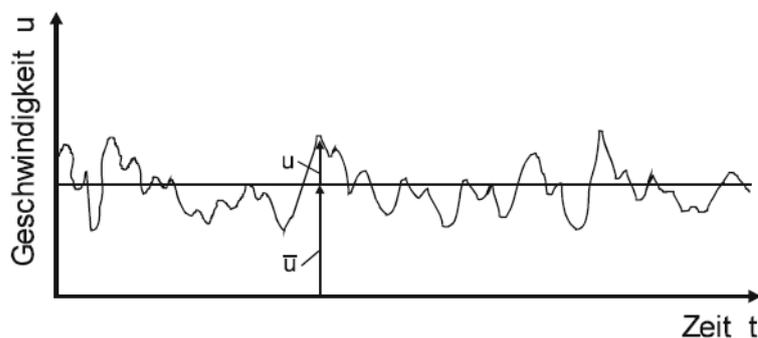
2.4.1.2.3 Laminare Strömung:

Getrennte Strömungsschichten, bewegen sich unabhängig / getrennt, Farbfaden gut sichtbar.

2.4.1.2.4 Turbulente Strömung:

Gemischte Strömungsschichten, der Hauptströmungsrichtung sind räumliche Schwankungen (regelmäßig oder zufällig) überlagert, Zusammengesetzt aus stationärem und instationärem Anteil.

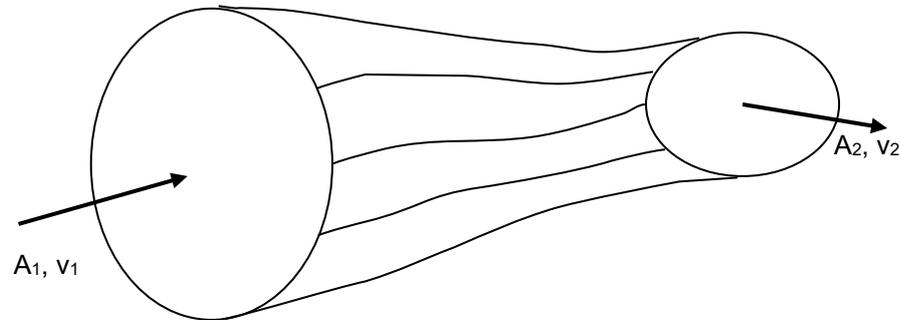
Farbfaden nicht erkennbar, Strömungsfeld gefärbt. (beim Übergang beginnt Farbfaden zu flattern/zittern).



2.4.1.3 Kontinuität und Bernoullische Gleichung

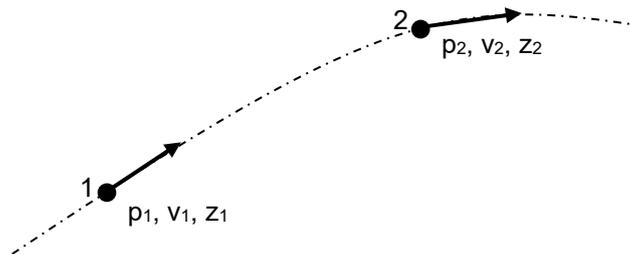
Es wird eine Stromröhre in einem stationären Strömungsfeld betrachtet, die durch Stromlinien begrenzt ist.

$$\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2$$



Für eine inkompressible Strömung gilt $\rho_1 = \rho_2$.

$$v_1 A_1 = v_2 A_2$$



Mit einem Kräftegleichgewicht, der Integration über den Weg und einigen Umformungen erhält man die Bernoullische Gleichung:

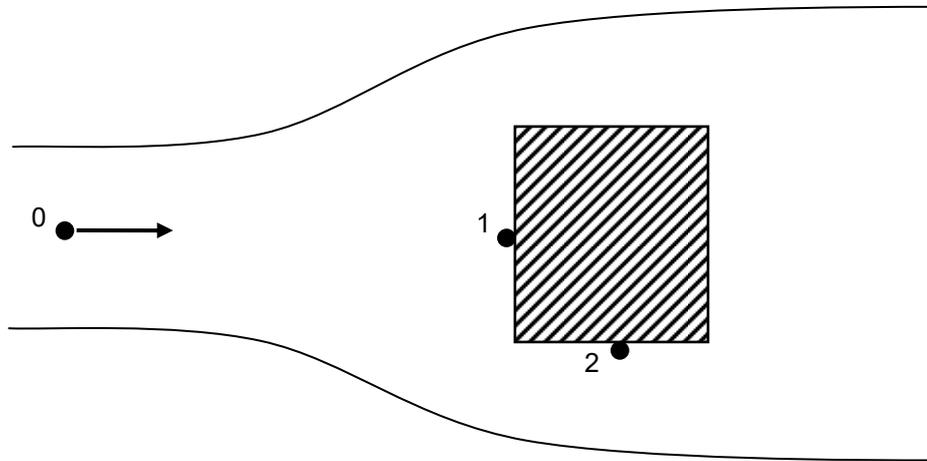
$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g z_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g z_2 = \text{const.}$$

Wobei

- p_i statischer Druck (Druckenergie)
- $\rho g z_i$ geodätischer Druck (Potentielle Energie)
- $\rho/2 v_i^2$ dynamischer Druck oder Staudruck (Kinetische Energie)
- i Punkt 1 oder 2

Beispiel:

Draufsicht auf Körper in Strömungsfeld (d.h. $z = \text{const.}$)



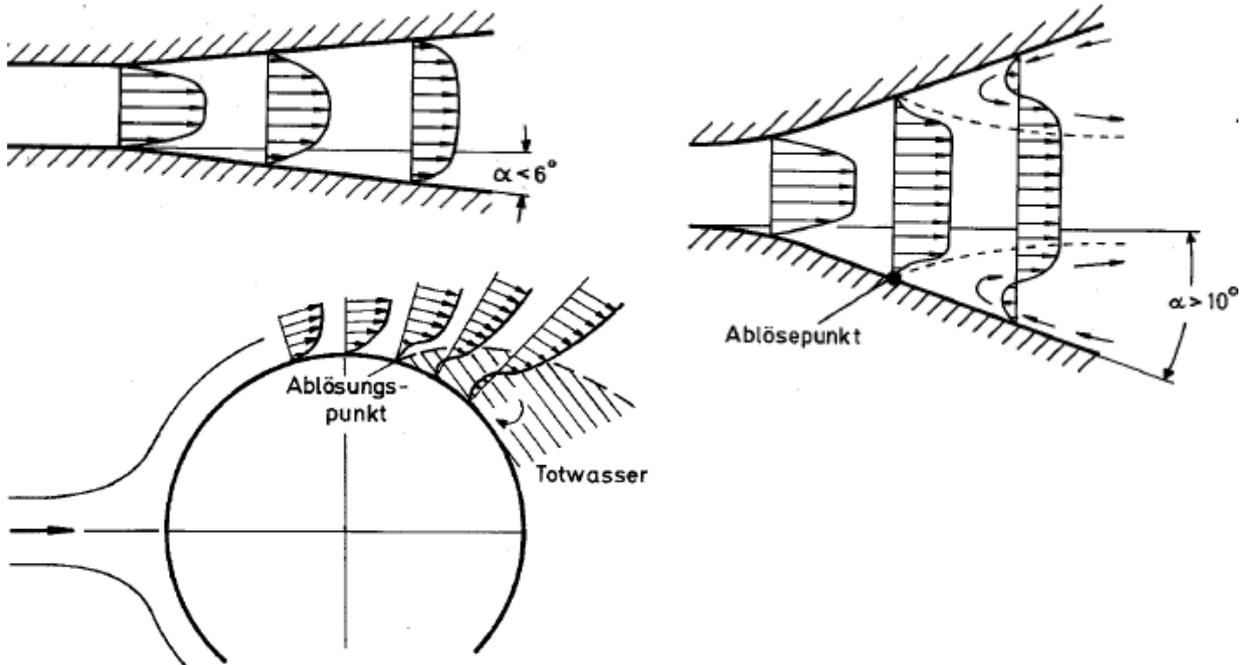
Aus der Bernoullischen Gleichung:

$$p_0 + \frac{1}{2} \rho v_0^2 =$$

$$p_0 + \frac{1}{2} \rho v_0^2 =$$

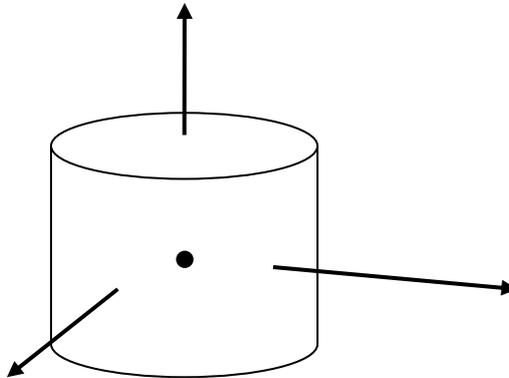
Damit folgt unter Berücksichtigung der Kontinuitätsbedingung wegen $A_2 < A_0$, dass $v_2 > v_1$. Und damit auch, dass der Druck p hier jeweils unterschiedlich sein muss ($p_1 > p_2$).

2.4.1.4 Strömungsablösungen



2.4.1.5 Aerodynamische Beiwerte

Auf jeden dem Wind ausgesetzten Körper wirken Kräfte, die wie auch die Geschwindigkeiten in (vektorielle) Komponenten (entsprechend Koordinatensystem) aufgeteilt werden können.



Kraftkomponenten:

- F_W Widerstand, in Strömungsrichtung
- F_A Auftrieb, senkrecht zum Widerstand und nach oben
- F_Q Querkraft, senkrecht zum Widerstand und horizontal

Für Vergleichszwecke werden dimensionslose aerodynamische Beiwerte eingeführt:

$$c_i = F_i / (q A) = F_i / (\frac{1}{2} \rho v_0^2 A)$$

wobei

i Abkürzung für W, A, Q

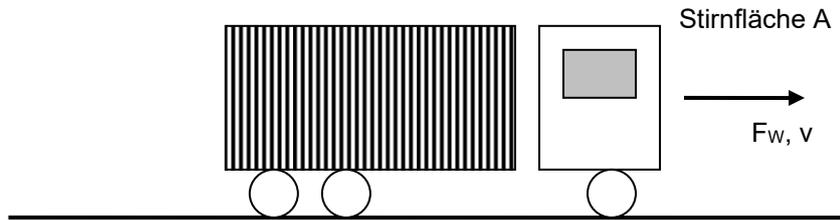
F_i Kraft

q Staudruck (Staudruck = dynamischer Druck = $\frac{1}{2} \rho v^2$)

A Bezugsfläche (beliebig, aber bitte angeben!)

v_0 Bezugswindgeschwindigkeit (bitte Höhe z angeben, wenn bzgl. Höhe veränderlich!)

Beispiel:



Verlustleistung des Autos infolge der Windanströmung:

$$P_{\text{wind}} = F_W v = c_W A q v = c_W A \frac{1}{2} \rho v^3$$

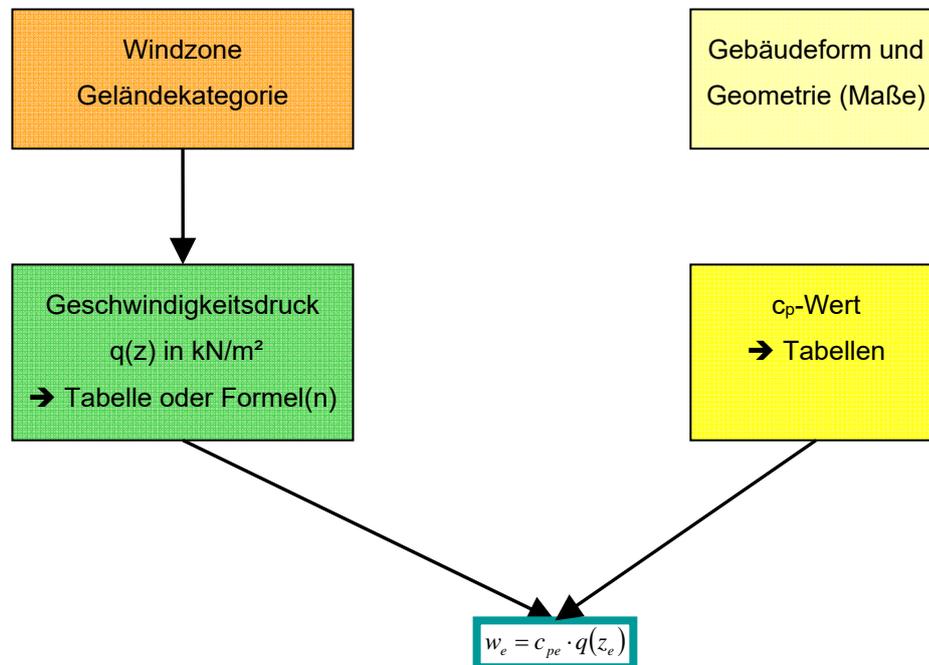
Verdoppelt man die Motorleistung, erhöht sich die erreichbare Geschwindigkeit nur um 26%:

$$P_{\text{wind1}} / P_{\text{wind2}} = 2 \rightarrow v_1^3 / v_2^3 = 2 \rightarrow v_1 / v_2 = 2^{1/3} = 1,26$$

Für Bauwerke wird nicht c_W sondern c_p verwendet:

$$c_p = (p - p_0) / q = (p - p_0) / (\frac{1}{2} \rho v_0^2)$$

2.4.2 Umsetzung in Normen



Vgl. Übung

2.5 Weitere Einwirkungen

Temperatur, Anprall, Bauzustand...

Sog. Klimalasten bei Mehrscheiben-Isolierglas

3 Unterscheidung von Baukonstruktionen

3.1 Allgemeines: Unterteilung, Verhalten von Bauteil und Material

Rohstoff – Baustoff – Bau(konstruktions)element – Baukonstruktion

Rohstoff	Baustoff	Bau(konstruktions)Element	Baukonstruktion
Wald	Holz, BSH	Stab, Balken, Brett	Dachschalung, Sparren, Pfette, Unterzug, Stütze, Holzbalkendecke, Binder aus BSH für kleine Halle / Kommunalbau
„Erde“, Steine, Erz	Steine, Mineralische Bindemittel, Zuschlag	Beton, Ziegel, Mauersteine	Mauerwerk auf Betondecke
Erz	Stahl	Walz-Profil, Blech	Stahlbau
		Dämmung, Isolierung	

3.1.1 Gliederung von Bauwerken

3.1.1.1 Einfache Unterteilungen:

Hochbau ⇔ Tiefbau

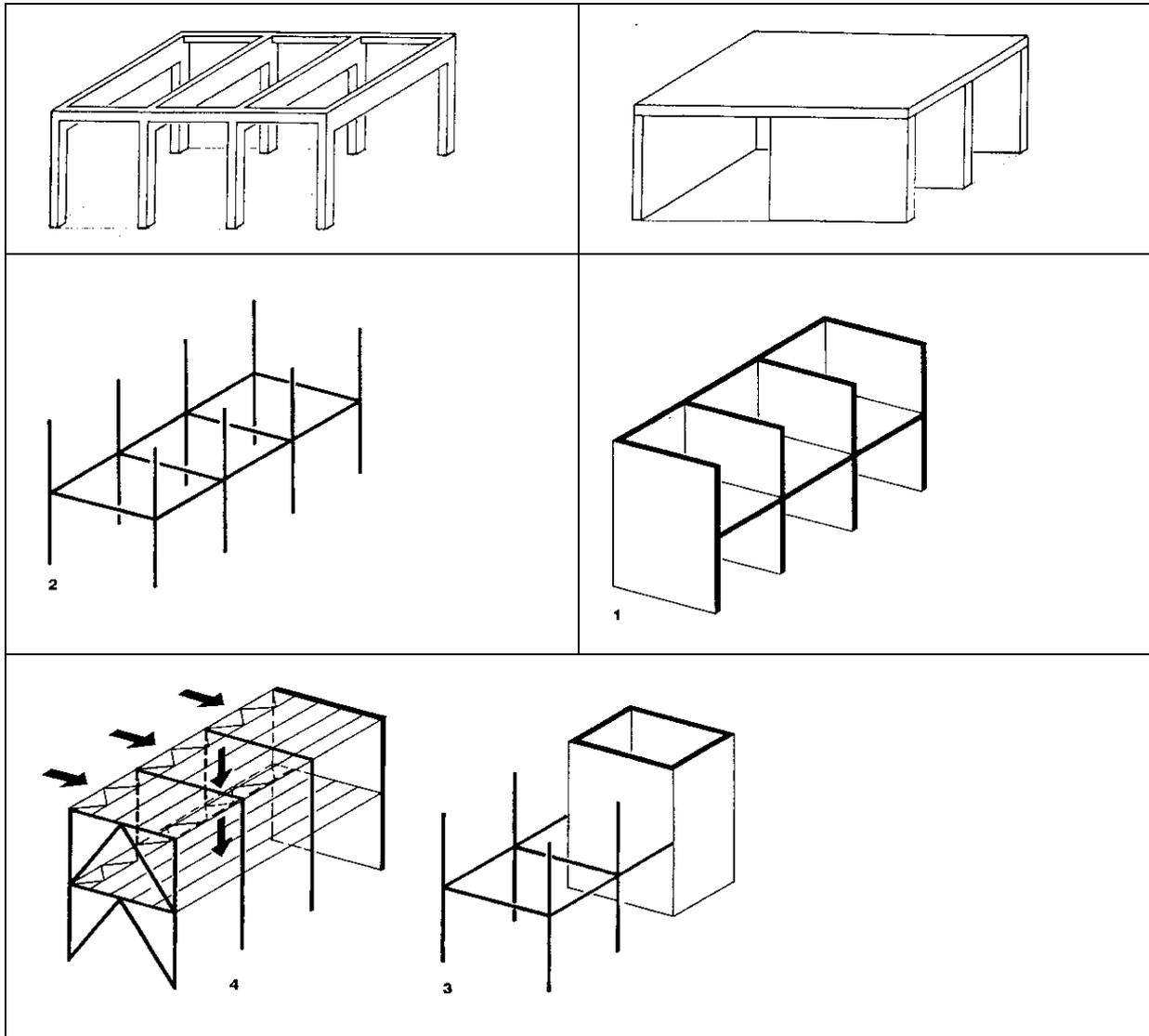
Tragwerk ⇔ Ausbau

3.1.1.2 Unterscheidung nach Geometrie / Tragverhalten

3-dimensional – Volumen	2-dimensional – Fläche (flächig oder „aufgelöst“) $h \ll l, h \ll b$	1-dimensional – Linie (Stab, Balken, Seil) $h \ll l; b \ll l$
	eben – gefaltet – gekrümmt	gerade – geknickt – gekrümmt
Staudamm, Staumauer	Tunnelquerschnitt aus Platten / Scheiben, Sheddach, HP-Schale als Dach	Fachwerk Räumliche Stabwerke = Volumen?

3.1.1.3 Unterscheidung nach Bauweise (Konstruktion) / Bauart (Material)

Massivbau ⇔ Plattenbauweise ⇔ Skelettbau / Fachwerksbau ⇔ Seil- und Membrantragwerke



Stahlbau ⇔ Betonbau ⇔ Holzbau ⇔ Mauerwerksbau

3.1.2 Verhalten Bauteil / Bauelement

Druck

Biegung

(Ab)Scheren

Zug

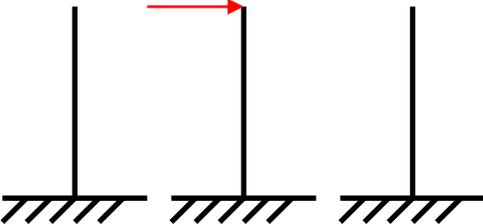
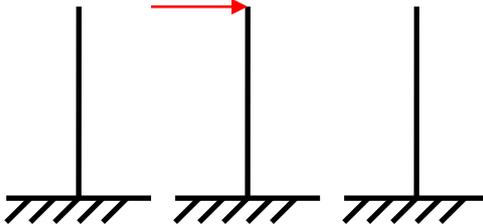
Schub

Torsion (Verdrehung, Drillung)

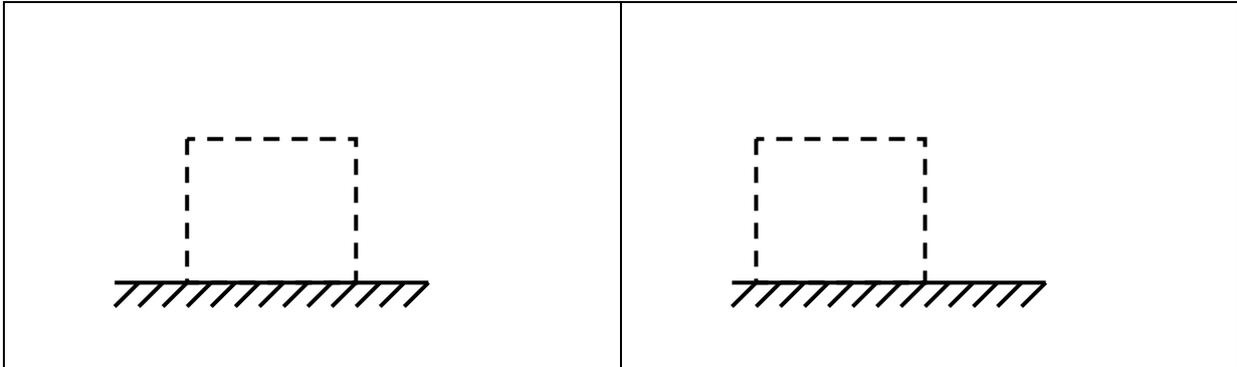
3.1.3 Verhalten Material

Elastisch, plastisch, elastisch-plastisch (=duktil), spröde

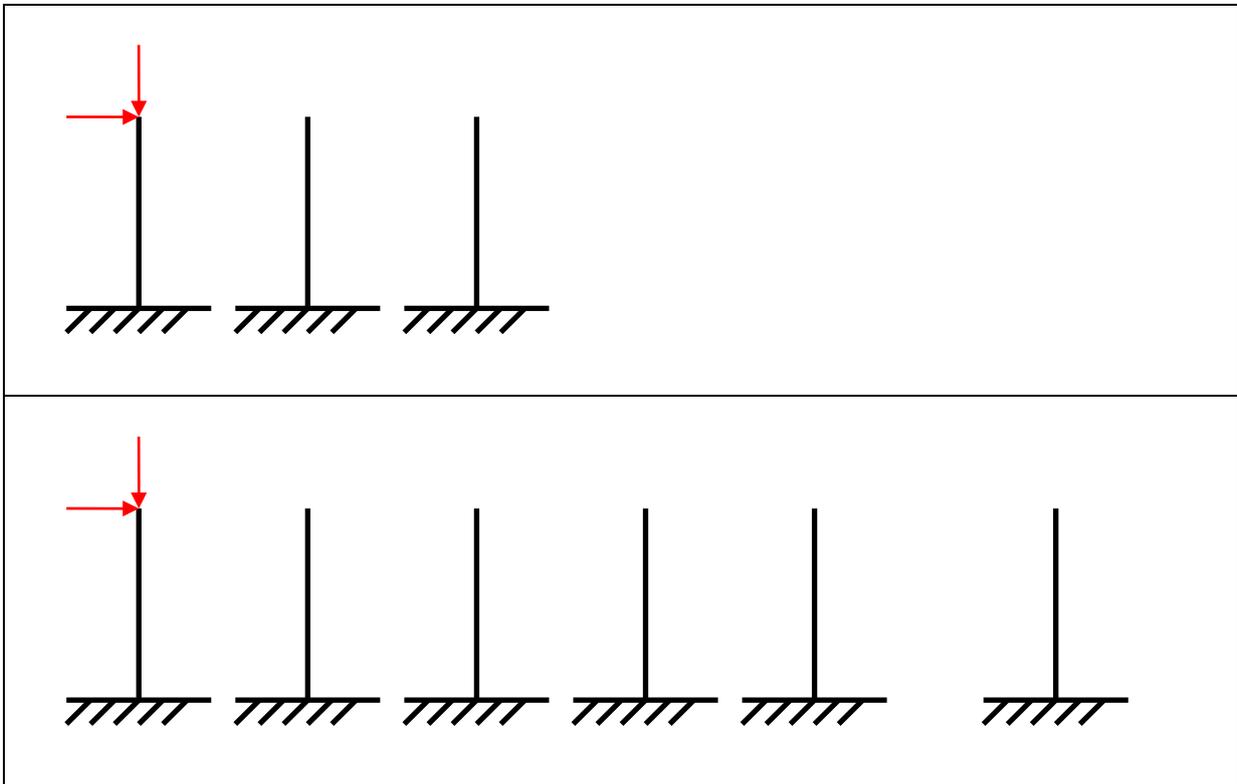
	
	

3.1.4 Verhalten Tragelement

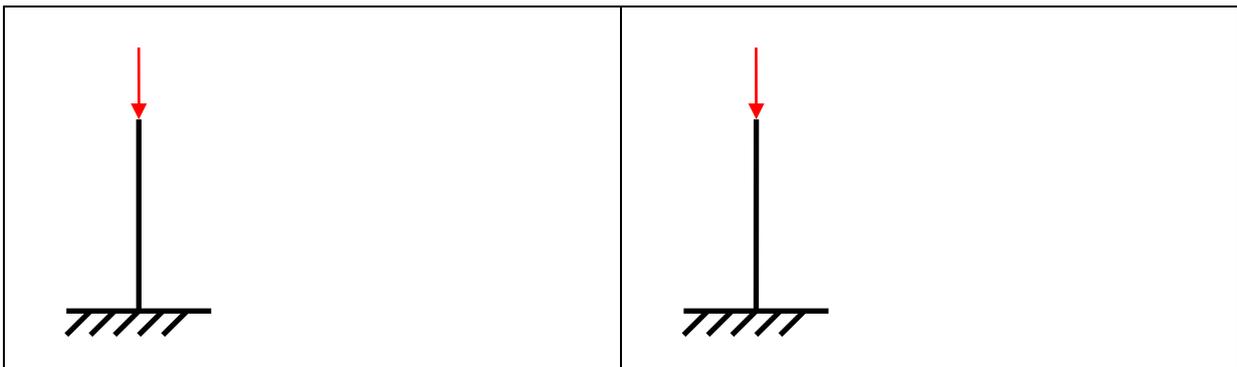
Starrkörper: (um)kippen, gleiten



Verformung (Biegung): Theorie I. Ordnung, Theorie II. Ordnung und Theorie III. Ordnung



Stabilität: Knicken, Biegedrillknicken (früher: Kippen), Beulen



3.1.5 Lager

3.1.5.1 Ebene Systeme

3-wertig: Einspannung

2-wertig: unverschieblich gelenkig, verschieblich drehbehindert

1-wertig: verschieblich gelenkig

3.1.5.2 Räumliche Systeme

Allgemein: 6 Freiheitsgrade: Kräfte und Momente (2 x Biegung, Torsion) in 3 Richtungen

Trägerrost: 3 Freiheitsgrade : Kräfte in 1 Richtung, Momente in 2 Richtungen (Biegung, Torsion)

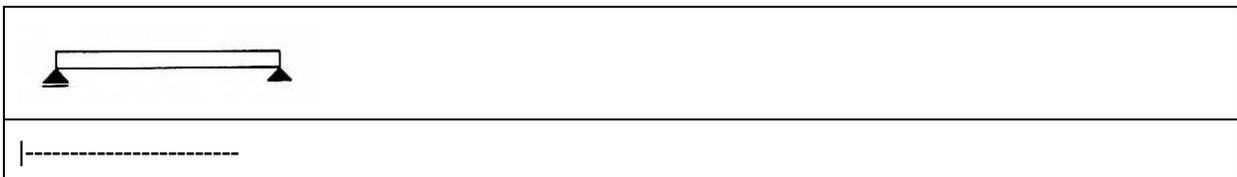
3.1.5.3 Ergänzungen

3.1.6 Lastabtragung und Lasteinzugsflächen

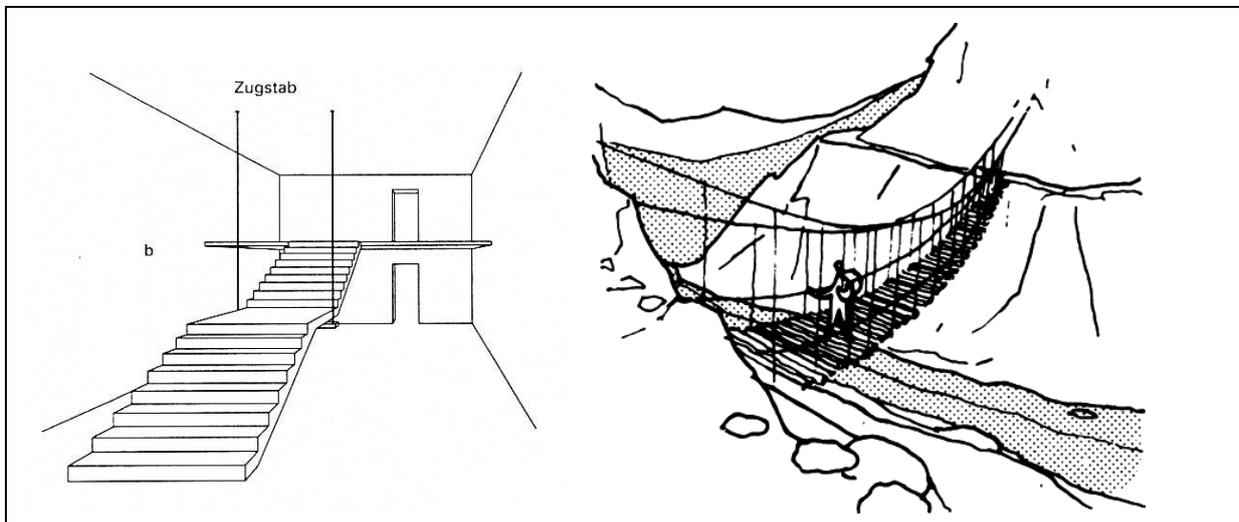
Vgl. später !

3.2 Lineare Tragwerke bzw. Tragwerkselemente

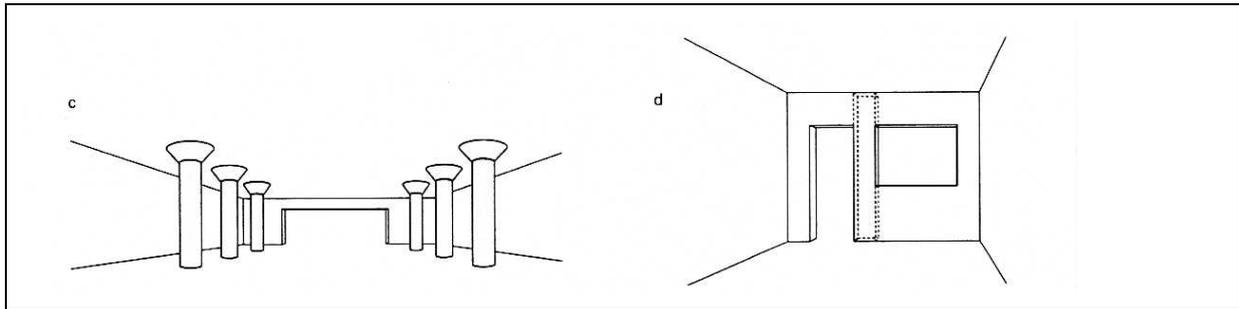
3.2.1 (Biege-)Balken / (Biege-)Träger



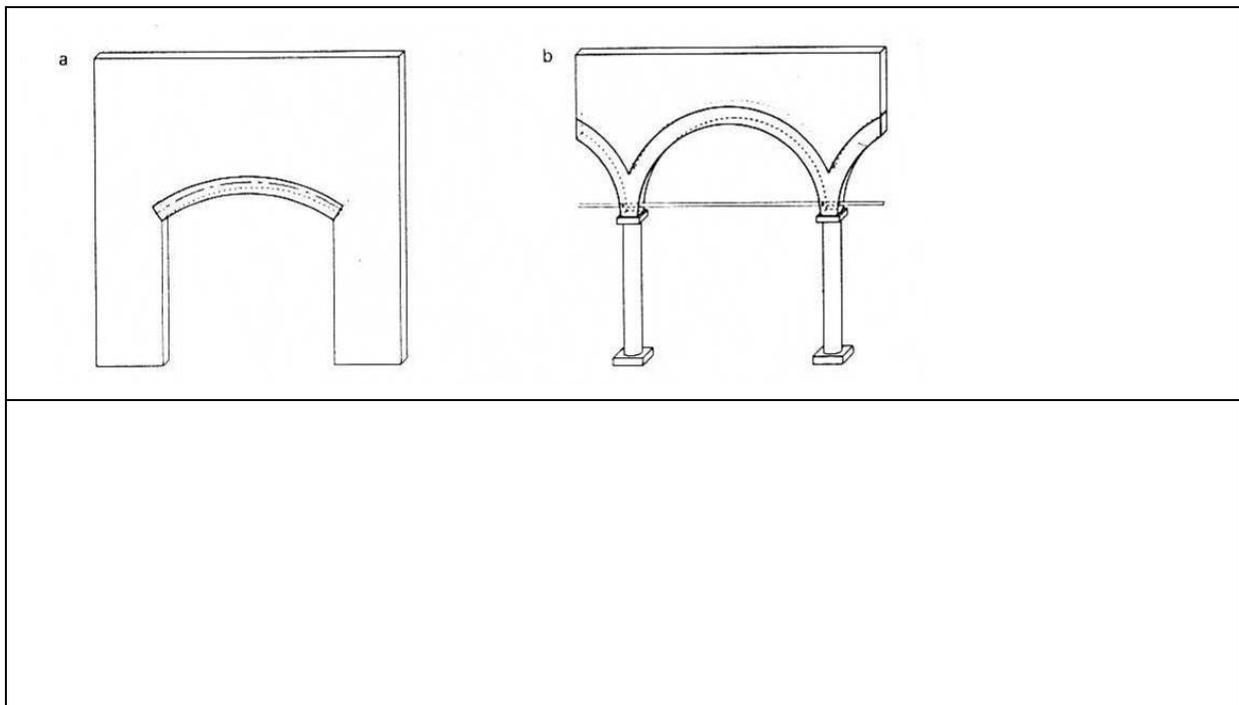
3.2.2 Zugstab



3.2.3 Druckstab (Säule, Pfeiler, Stütze)

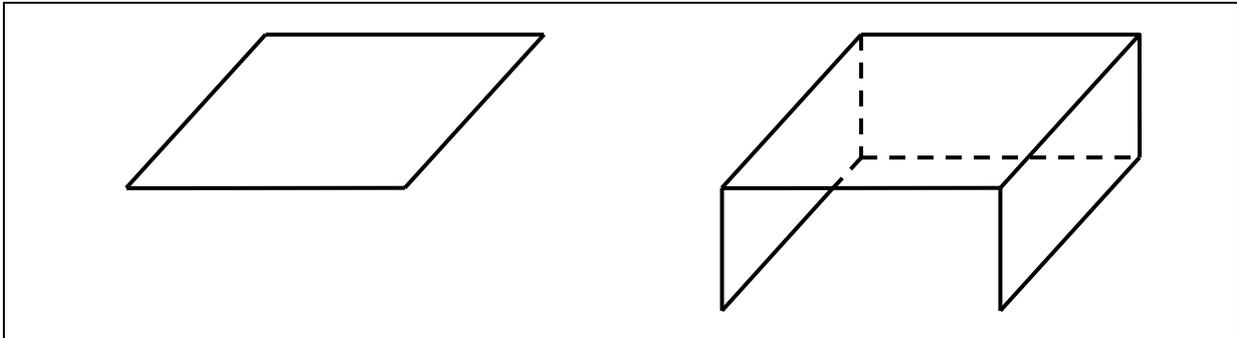


3.2.4 Bogen / gekrümmter Balken

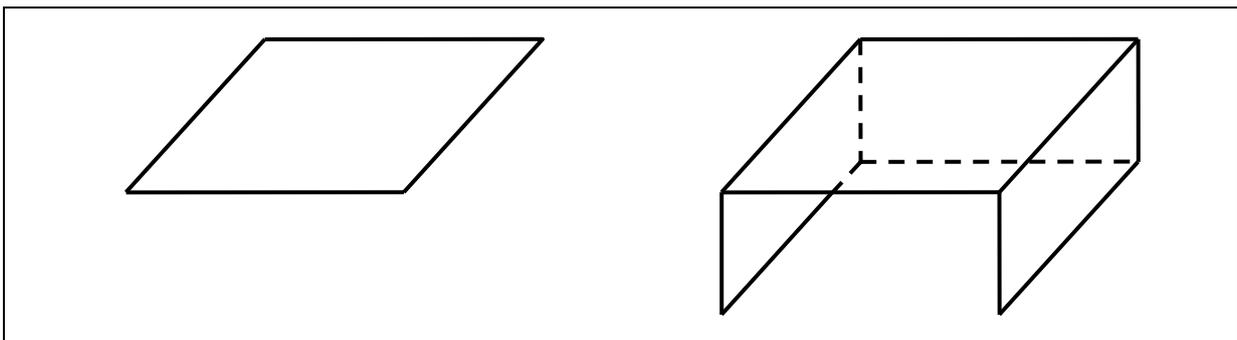


3.3 Flächige Tragwerke bzw. Tragwerkselemente

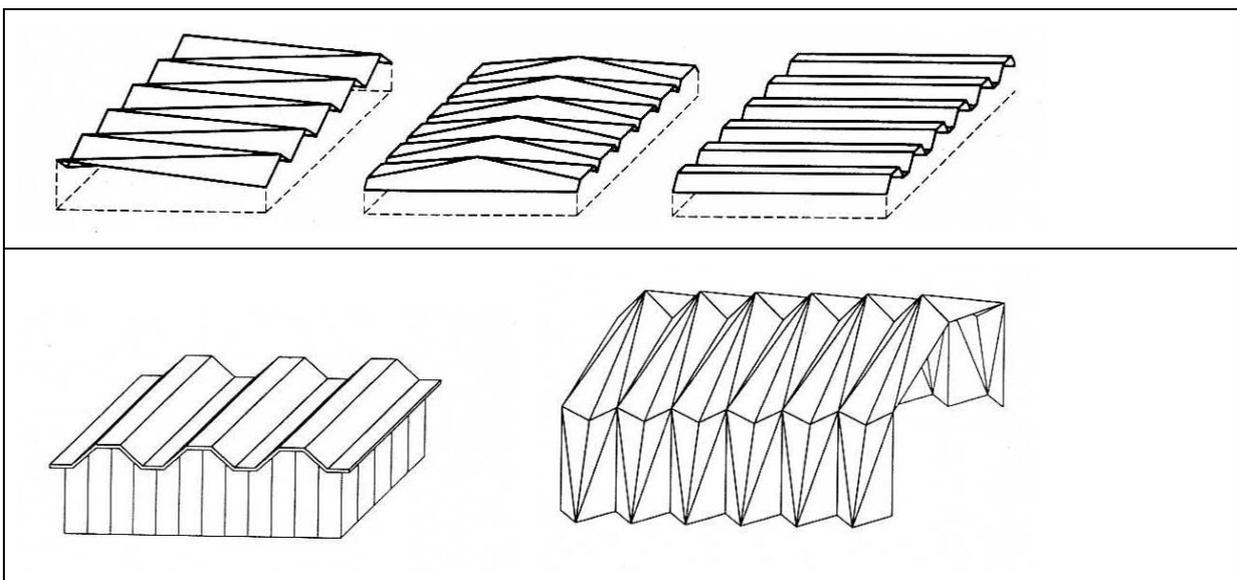
3.3.1 Platte



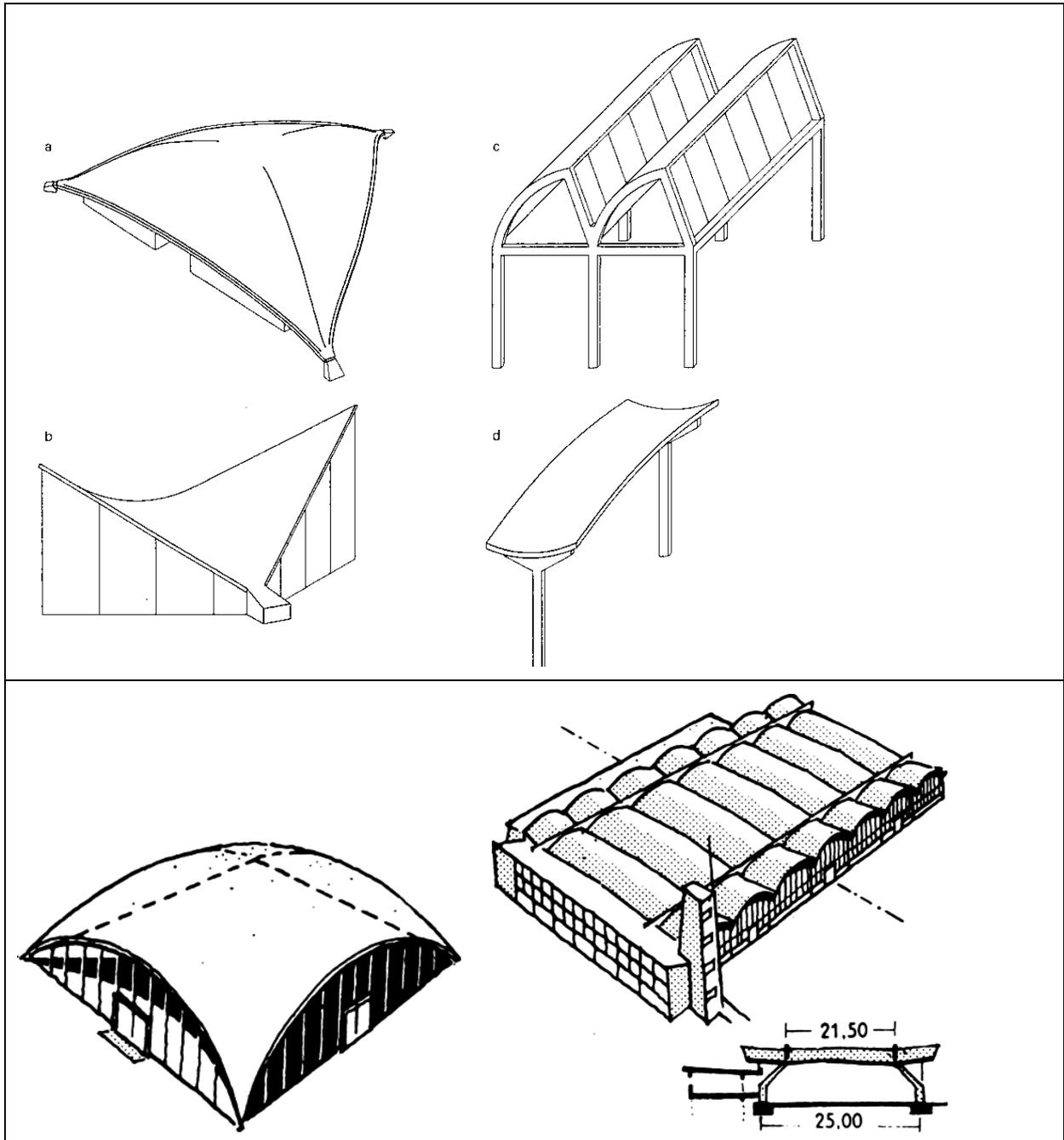
3.3.2 Scheibe



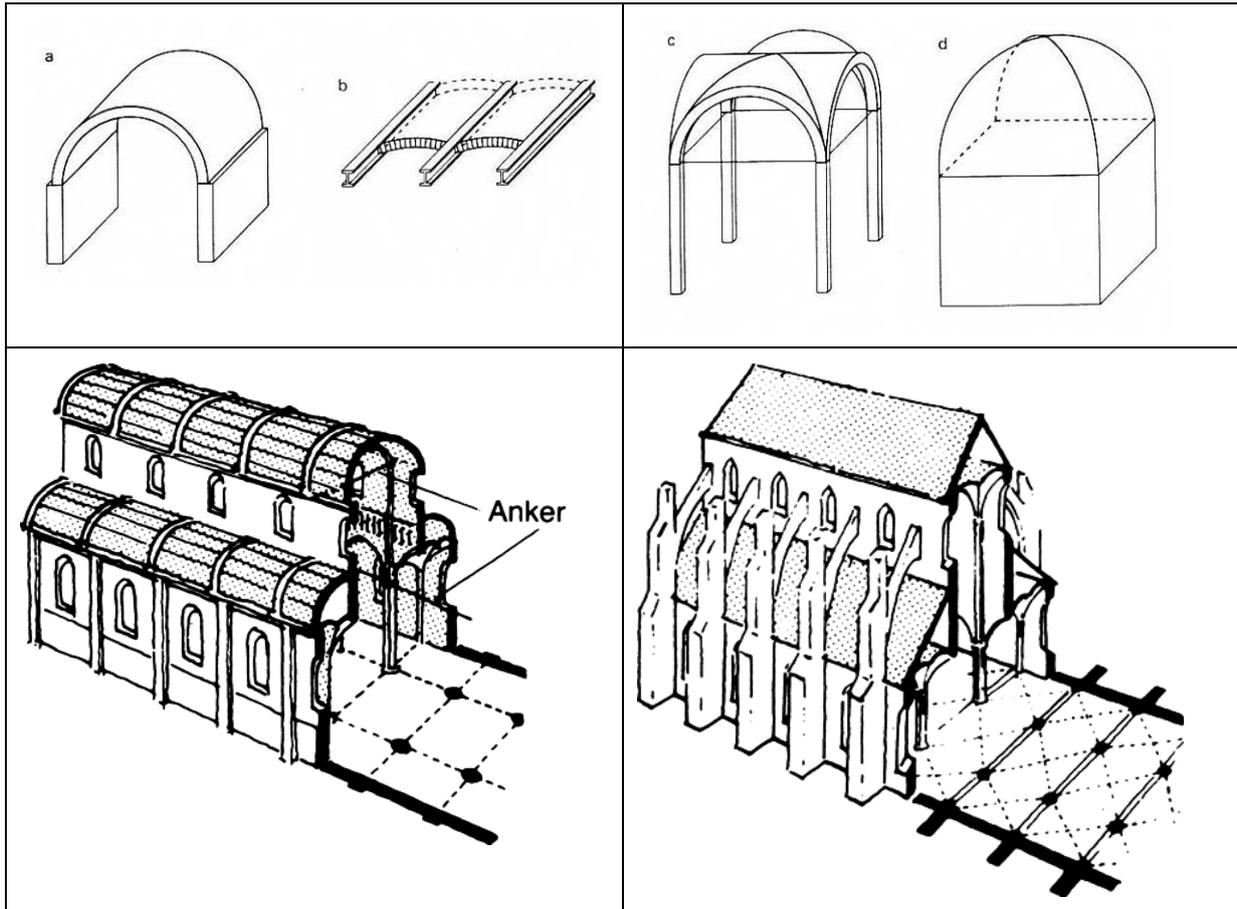
3.3.3 Faltwerk



3.3.4 Schale

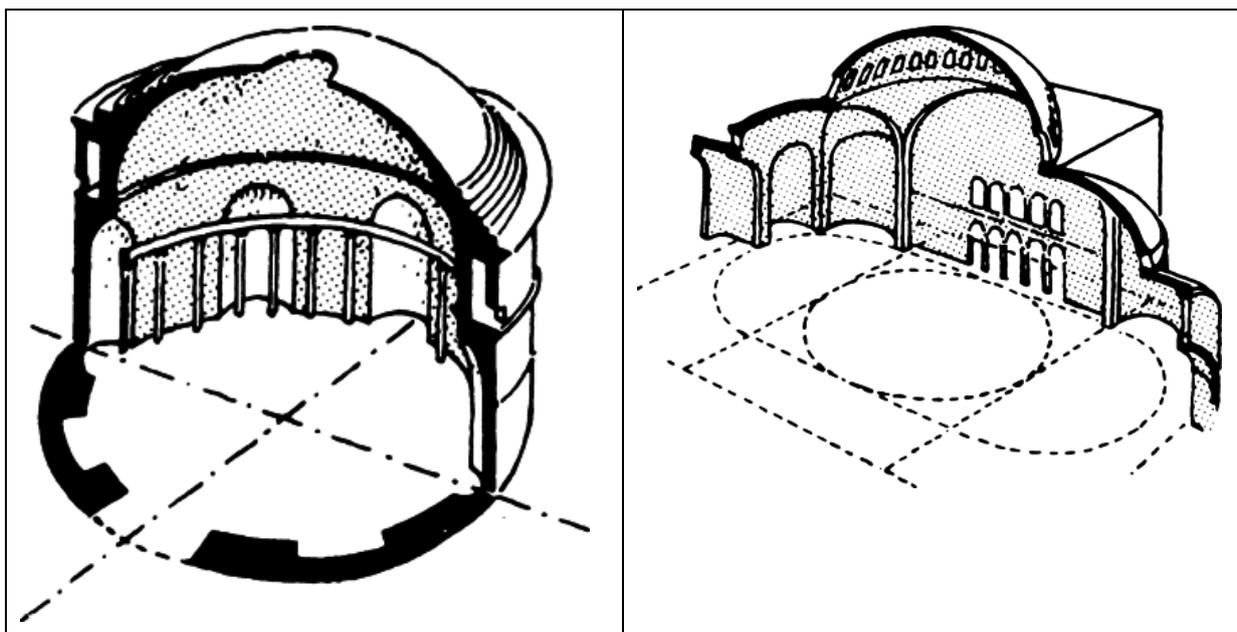


3.3.5 Gewölbe



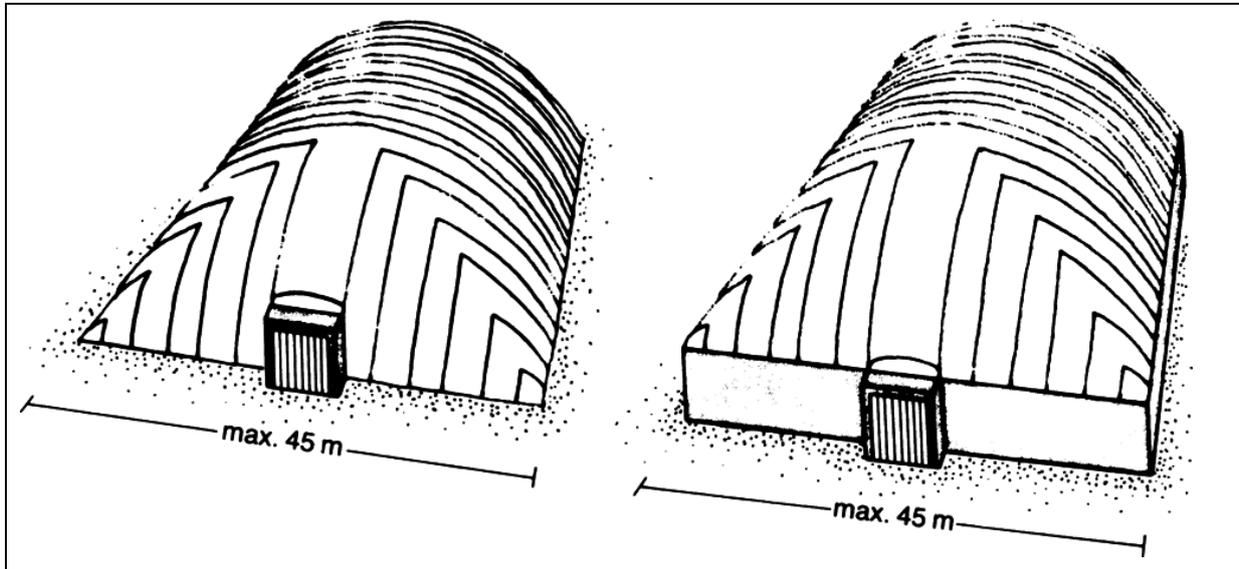
3.3.6 Kuppel

Gelegentlich Bezeichnung auch für Gewölbe / Schalen über polygonalem Grundriss

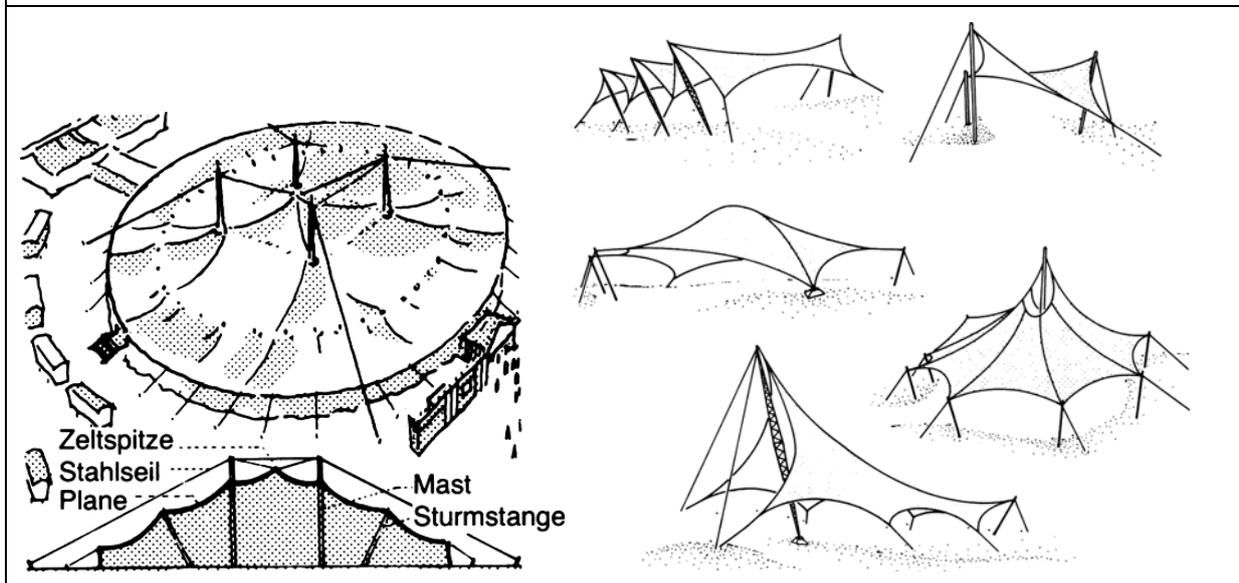


3.3.7 Membran

- Tragluftbauten
- Stützschläuche / Kissen
- Zelte

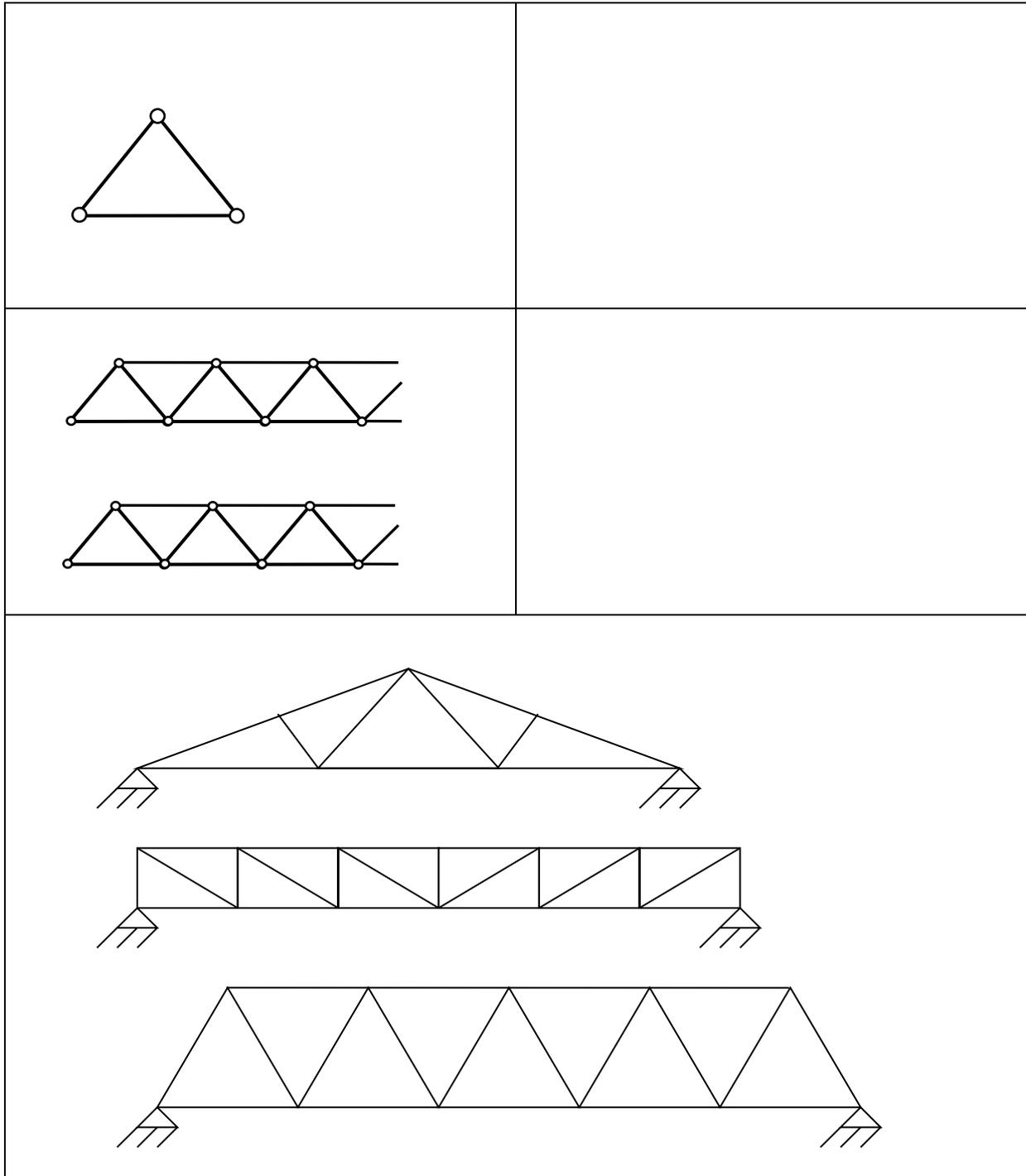


Beispiel Dachhaut der Allianz-Arena



3.4 Zusammengesetzte Tragwerke / Tragsysteme (eben und / oder räumlich)

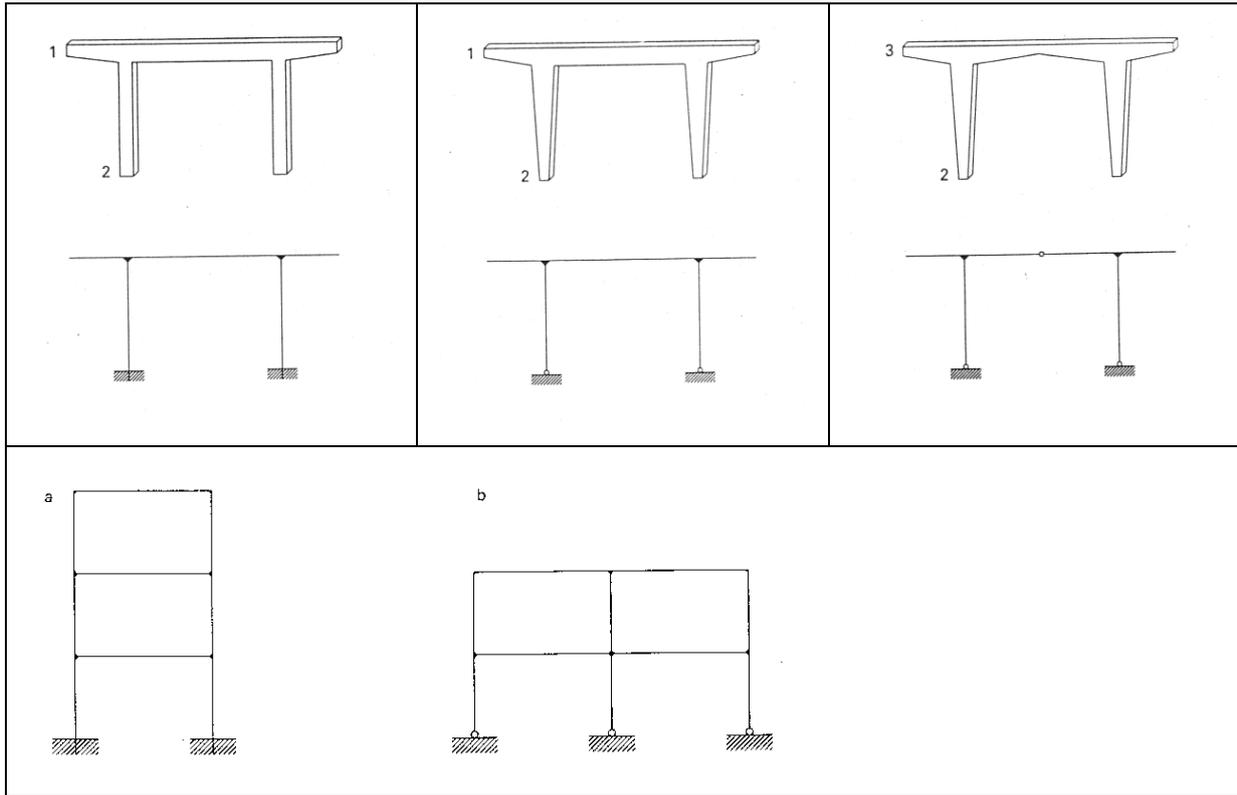
3.4.1 Fachwerk



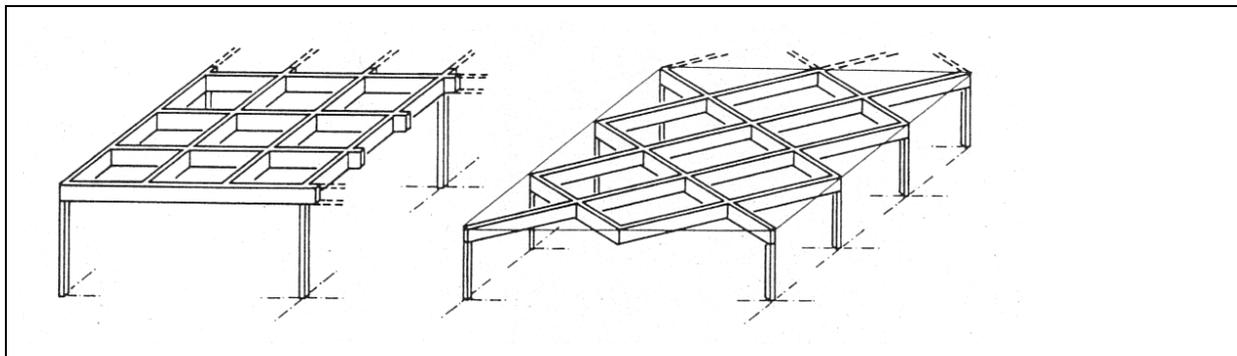
3.4.2 Rahmen

Unterscheidung in

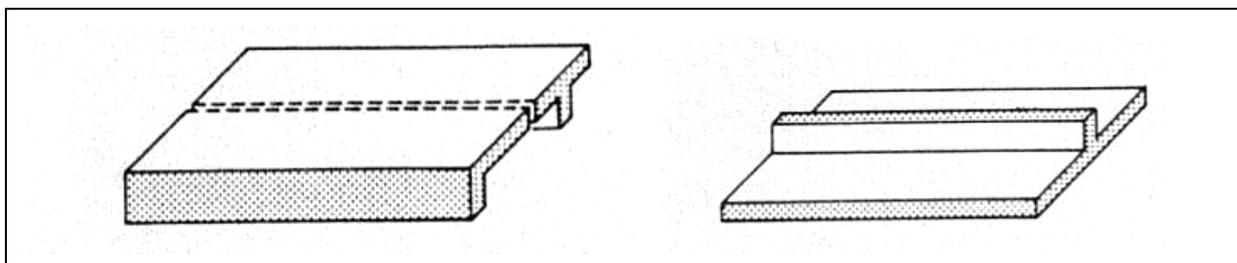
- eingespannter Rahmen
- Zweigelenrahmen
- Dreigelenrahmen
- Stockwerkrahmen (mehrere Rahmen übereinander)



3.4.3 Trägerrost



3.4.4 Plattenbalken



3.4.5 Unterspannter Träger

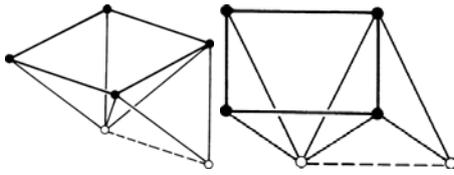


3.4.6 Durchlaufträger / Mehrfeldträger

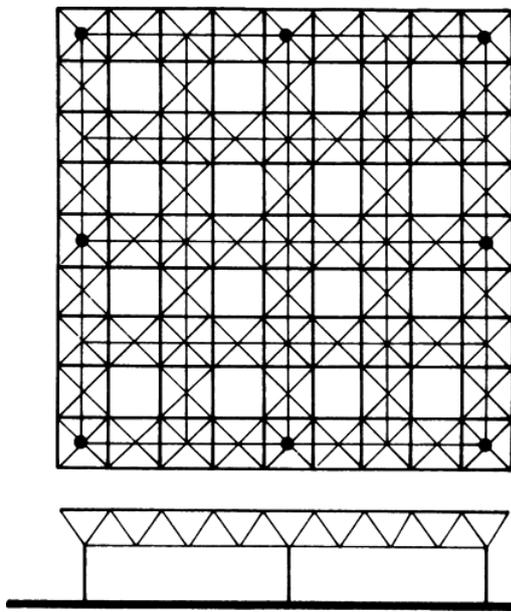
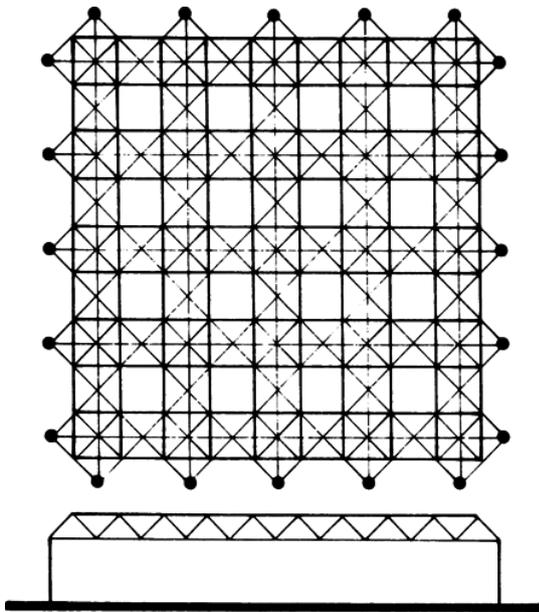
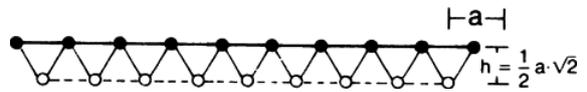
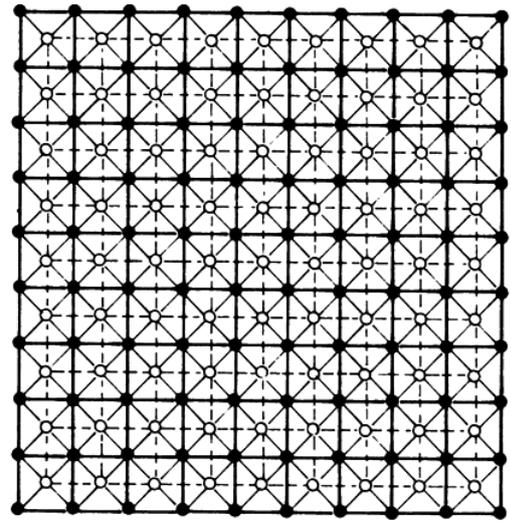


3.4.7 Raumtragwerk

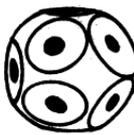
<p>Fünf platonische Körper</p> <p>Tetraeder = 4-Flächner Hexaeder = 6-Flächner Oktaeder = 8-Flächner Dodekaeder = 12-Flächner Ikosaeder = 20-Flächner</p> <p>→ sphärische Netze</p>	
<p>Raumbausteine Oktaeder und Tetraeder</p>	<p>$h = \frac{1}{3} a \cdot \sqrt{6}$</p>



Raumbausteine Halboktaeder und Tetraeder



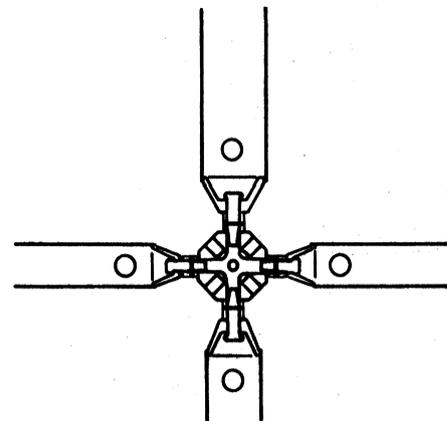
Der Normknoten als 18-Flächner erlaubt Anschlußwinkel von 45°, 60°, 90° und vielfache Werte hiervon. Es gibt nur einen Normknoten eines Typs, der auf Lager in Großserie produziert wird.

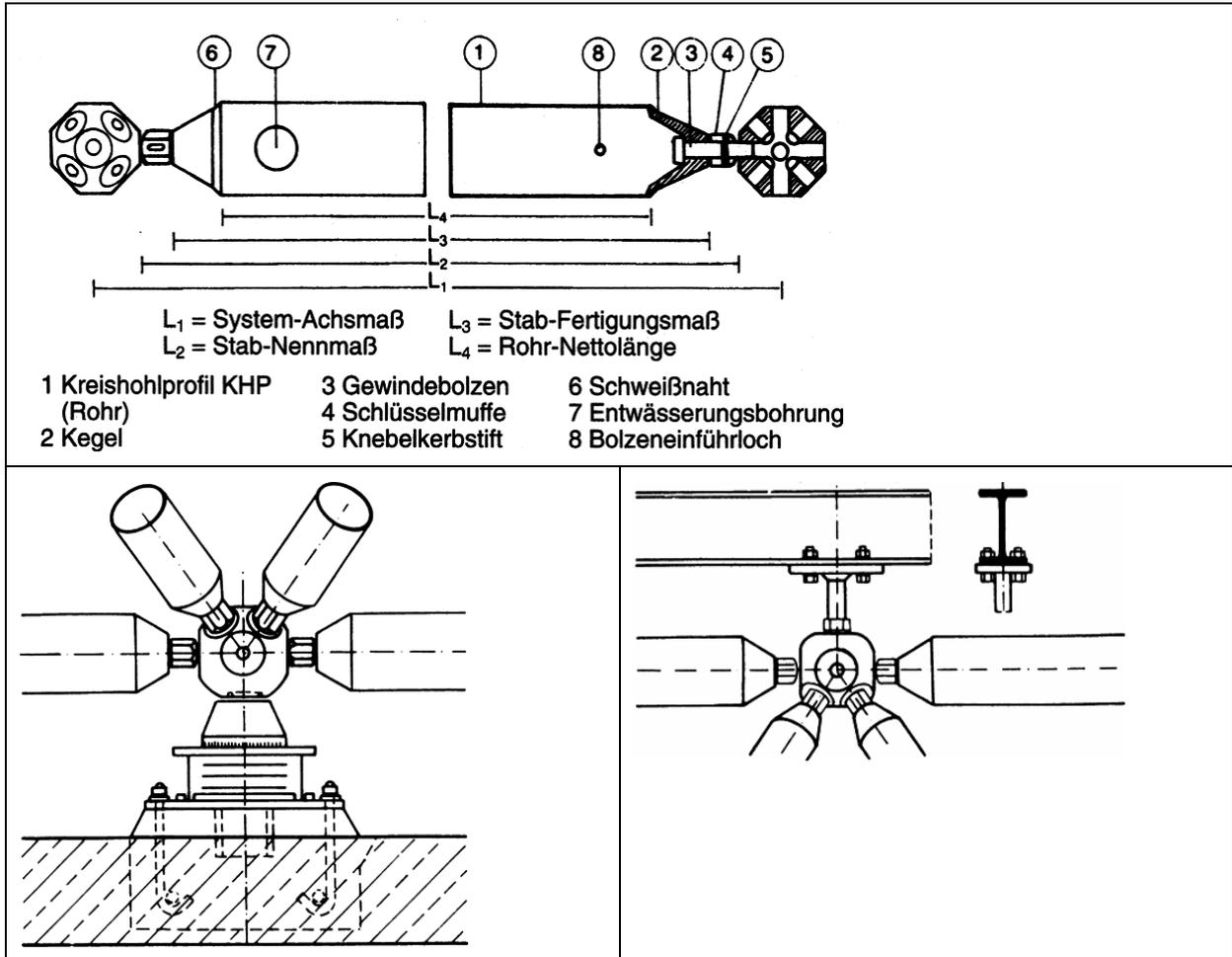


Der Regelknoten hingegen, der meist als 10-Flächner ausgeführt wird, erhält nur so viele Bohrungen, wie sie zum Bau von immer wiederkehrenden, gleichen, räumlichen Fachwerkrosten benötigt werden.



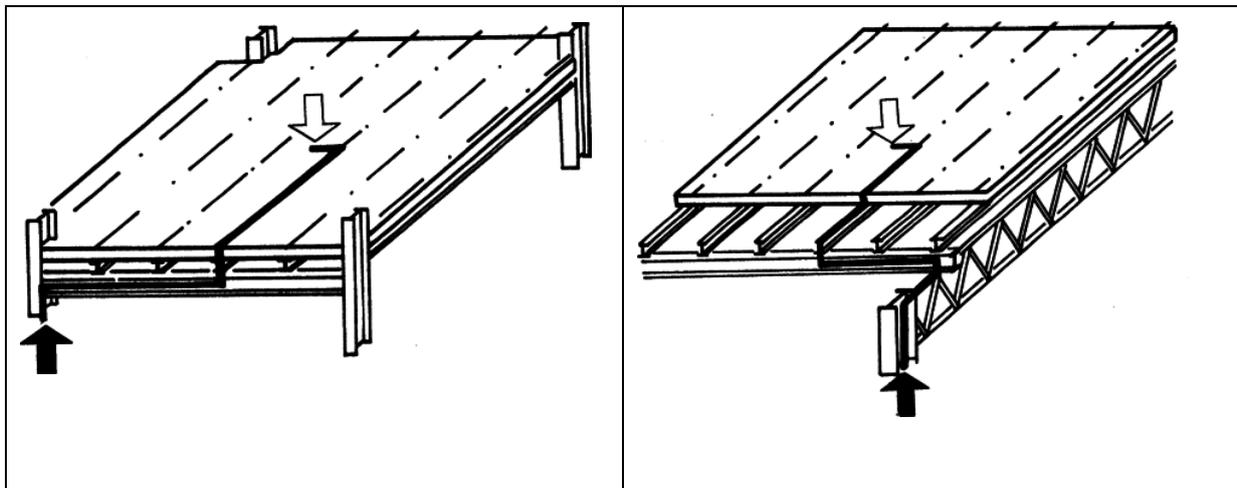
Die Sonderknoten hingegen sind sowohl bezüglich der Anschlußgröße, wie auch der Winkel zwischen zwei Gewindebohrungen völlig frei gestaltbar.





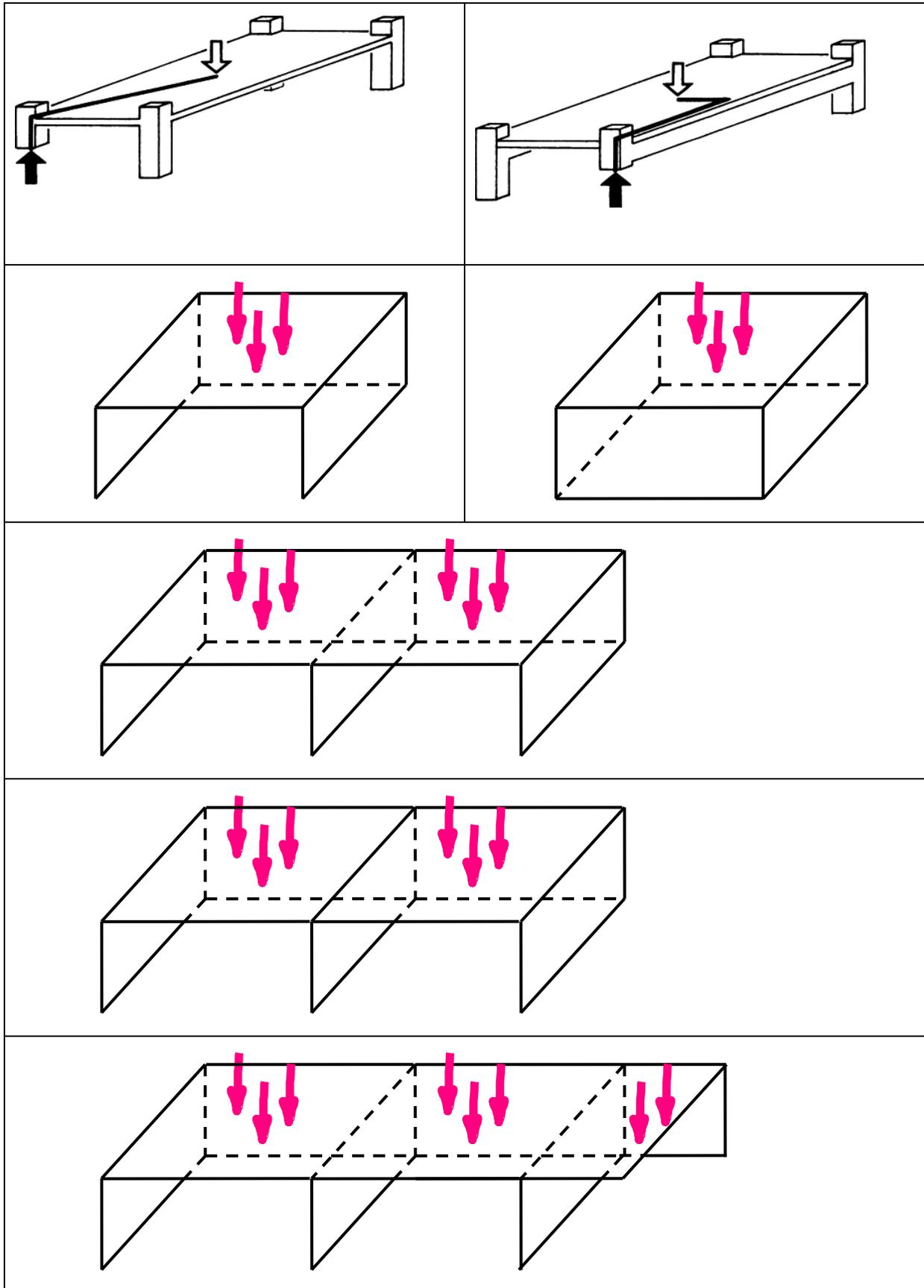
3.5 Lastabtragung und Lasteinzugsflächen

3.5.1 Skelettbau



3.5.2 Wandbauweise (Massivbauweise)

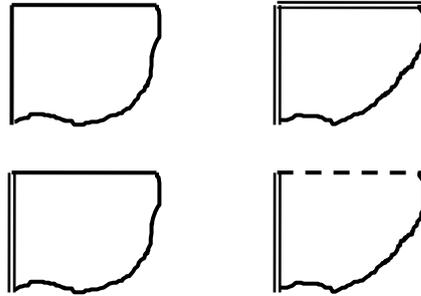
Platte, Wand



Bezeichnungen der Lagerung von **Rändern** bei
Darstellung der Platte im Grundriss

-  gelenkig
-  freier Rand
-  eingespannt

Lastaufteilung an Ecken:



4 Bemessungskonzepte

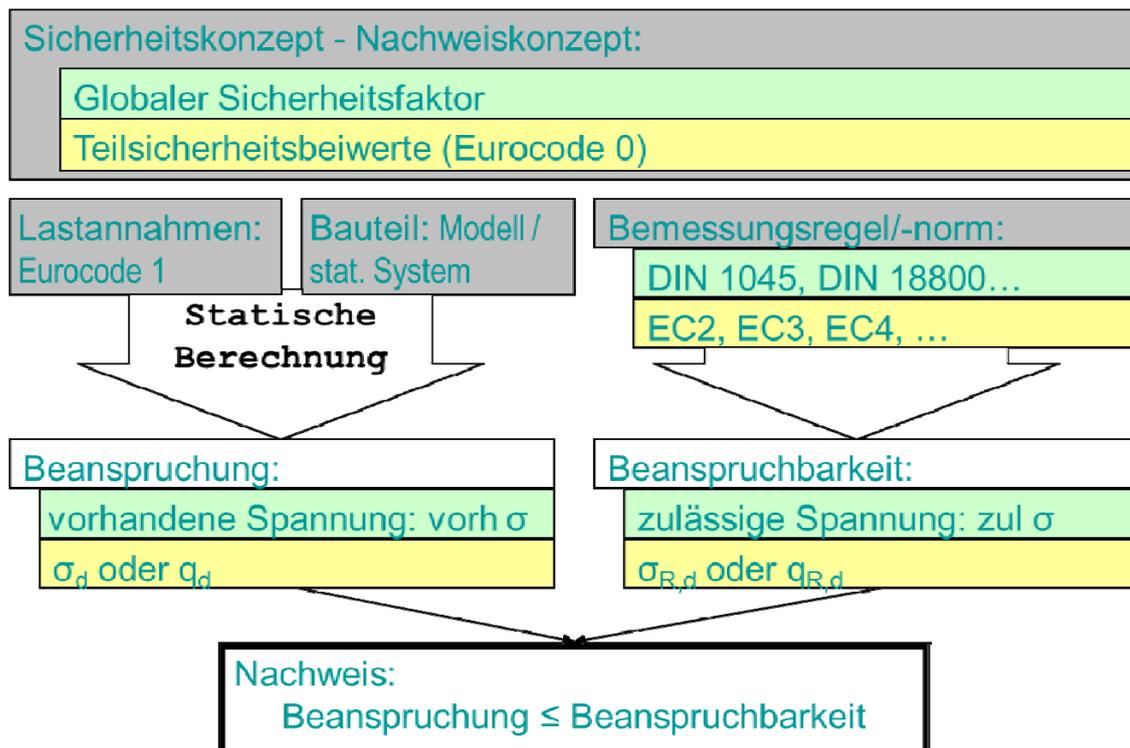
4.1 Allgemeines

4.1.1 Allgemeines

Generell erfolgt eine Bemessung in mehreren Schritten (Statik); vereinfacht sind dies die Folgenden:

- (1) Bestimmung der Einwirkung / Belastung (Lastannahmen)
- (2) Berechnung der Beanspruchung (Material)
- (3) Bestimmung der Beanspruchbarkeit
- (4) Vergleich Beanspruchung mit Beanspruchbarkeit (Nachweis)

Um Unsicherheiten (Streuungen) beispielsweise von Lasten oder Materialeigenschaften zu berücksichtigen, werden die Nachweise unter Verwendung entsprechender Sicherheitsbeiwerte geführt. Früher üblich war das Konzept mit einem einzigen sog. globalen Sicherheitsfaktor, das neuere ist das sog. Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte.



4.1.2 Anforderungen

(Bereits zum Teil unter Kapitel 1.3 und 1.4 angesprochen)

Vgl. dazu insbesondere DIN EN 1990 Abschnitt 2: *Grundlegende Anforderungen* - Auszug daraus:

Ein Tragwerk ist so zu planen und auszuführen, dass es während der Errichtung und in der vorgesehenen Nutzungszeit mit angemessener Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit

- *den möglichen Einwirkungen und Einflüssen standhält und*
- *die geforderten Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit eines Bauwerks oder eines Bauteils erfüllt.*

Bei der Planung und der Berechnung des Tragwerks sind zu beachten:

- *ausreichende Tragfähigkeit,*
- *Gebrauchstauglichkeit und*
- *Dauerhaftigkeit*

Im Brandfall muss für die geforderte Feuerwiderstandsdauer eine ausreichende Tragsicherheit vorhanden sein.

Ein Tragwerk ist so auszubilden und auszuführen, dass durch Ereignisse wie

- *Explosionen,*
- *Anprall oder*
- *menschliches Versagen*

keine Schadensfolgen entstehen, die in keinem Verhältnis zur Schadensursache stehen.

ANMERKUNG 1 Die vorgenannten Ereignisse und Gefährdungen sind für jedes Projekt mit dem Bauherrn und der zuständigen Behörde festzulegen.

Die mögliche Schädigung ist durch die angemessene Wahl einer oder mehrerer der folgenden Maßnahmen zu begrenzen oder zu vermeiden:

- *Verhinderung, Ausschaltung oder Minderung der Gefährdungen, denen das Tragwerk ausgesetzt sein kann;*
- *Wahl der Art des Tragsystems so, dass die Anfälligkeit gegen die hier betrachteten Gefährdungen gering bleibt;*
- *Wahl der Art des Tragsystems und seiner baulichen Durchbildung derart, dass mit dem schädigungsbedingten Ausfall eines einzelnen Bauteils oder eines begrenzten Teils des Tragwerks oder mit sonstigen in Kauf genommenen lokalen Schäden kein Totalversagen des Gesamttragwerks auftritt;*
- *wenn möglich, Vermeidung von Tragsystemen, die ohne Vorankündigung total versagen können;*
- *Kopplung von Tragelementen.*

Die grundlegenden Anforderungen sind durch

- *die Wahl geeigneter Baustoffe,*
- *durch zweckmäßigen Entwurf und Bemessung und geeignete bauliche Durchbildung sowie*
- *durch die Festlegung von Überwachungsverfahren für den Entwurf, die Herstellung, Ausführung und Nutzung entsprechend den Besonderheiten des Projektes zu erfüllen.*

Die Festlegungen in Abschnitt 2 setzen voraus, dass der Entwurf und die Berechnung nach dem anerkannten Stand der Technik mit der für das Projekt erforderlichen Befähigung und Sorgfalt durchgeführt werden.

...

4.1.3 Zuverlässigkeit im Bauwesen

(Bereits zum Teil unter Kapitel 1.3 und 1.4 angesprochen)

Vgl. dazu insbesondere DIN EN 1990 Anhang B (informativ)

Schadensfolgeklassen CC zur Differenzierung der Zuverlässigkeit

Schadensfolgeklassen	Merkmale	Beispiele im Hochbau oder bei sonstigen Ingenieurbauwerken
CC 3	Hohe Folgen für Menschenleben oder sehr große wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Tribünen, öffentliche Gebäude mit hohen Versagensfolgen (z. B. eine Konzerthalle)
CC 2	Mittlere Folgen für Menschenleben, beträchtliche wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Wohn- und Bürogebäude, öffentliche Gebäude mit mittleren Versagensfolgen (z. B. ein Bürogebäude)
CC 1	Niedrige Folgen für Menschenleben und kleine oder vernachlässigbare wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Landwirtschaftliche Gebäude ohne regelmäßigen Personenverkehr (z. B. Scheunen, Gewächshäuser)

Zuverlässigkeitsklassen RC mittels Zuverlässigkeitsindex β

Zuverlässigkeitsklasse	Mindestwert für β bei	
	Bezugszeitraum 1 Jahr	Bezugszeitraum 50 Jahre
RC 3	5,2	4,3
RC 2	4,7	3,8
RC 1	4,2	3,3

Differenzierung der Überwachungsmaßnahmen bei der Planung (DSL)

Überwachungsmaßnahmen bei der Planung	Merkmale	Mindestanforderungen an die Prüfung statischer Berechnungen, von Zeichnungen und Anweisungen
DSL 3 verknüpft mit RC 3	Bauaufsichtliche Überwachung	Prüfung durch die Bauaufsicht oder durch einen Prüflingenieur für Bautechnik als hoheitlich beliehener Unternehmer
DSL 2 verknüpft mit RC 2	Verstärkte Überwachung	Prüfung durch eine von der Planungsstelle organisatorisch unabhängige Prüfstelle, durch einen Prüflingenieur oder einen Prüfsachverständigen für Bautechnik (Fremdüberwachung)
DSL 1 verknüpft mit RC 1	Normale Überwachung	Prüfung durch eine von der Planungsstelle unabhängige Prüfstelle in der eigenen Organisation (Eigenüberwachung durch eigene Prüfstelle), in einfachen Fällen durch die Planungsstelle selbst

4.2 Bemessungskonzepte

4.2.1 Globales Sicherheitskonzept

$$\text{Nennlast} \leq \frac{\text{Tragkraft}}{\text{globaler Sicherheitsfaktor}}$$

4.2.2 Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte

$$\text{Teilsicherheitsbeiwert} \cdot \text{charakt. Einwirkung} \leq \frac{\text{charakt. Widerstand}}{\text{Teilsicherheitsbeiwert}}$$

Bemessungswert der Einwirkung \leq Bemessungswert des Widerstandes

4.2.3 Grundlagen (bzw. Hintergrund) für die Bemessung mit Teilsicherheitsbeiwerten und die Zuverlässigkeitsanalyse

Vgl. insbesondere DIN EN 1990 Anhang C (informativ)

...

(2) Prinzipiell können Zahlenwerte für Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte auf folgende Weise bestimmt werden:

a) durch Kalibration an der bisherigen Erfahrung;

ANMERKUNG Die meisten Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte in den derzeit verfügbaren Eurocodes sind auf diese Weise entstanden.

b) durch statistische Auswertung von Versuchsergebnissen oder Messungen. (Diese sollte mit probabilistischen Vorgehensweisen durchgeführt werden.)

...

ANMERKUNG Die „Versagenswahrscheinlichkeit“ und der zugehörige Zuverlässigkeitsindex (siehe C.5) sind lediglich operative Werte, die nicht die wirklichen Versagensraten ausdrücken, sondern nur für die Kalibrierung der Normen und für Vergleiche der Zuverlässigkeitsniveaus verschiedener Tragwerke verwendet werden.

4.2.4 Probabilistisches Sicherheits-/ Bemessungskonzept

4.2.4.1 Allgemeines

Bauwerke sind so zu bemessen, dass Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchsfähigkeit – mit ausreichender Zuverlässigkeit – nicht erreicht werden, der Widerstand R (resistance) also maximal gleich der Beanspruchung S (stress) wird. Die Gleichung für den Grenzzustand lautet somit

$$R = S$$

R Beanspruchbarkeit (Widerstand, resistance)

S Beanspruchung (Schnittgrößen / Spannungen, stress)

Durch Bemessung ist demnach sicherzustellen, dass R nicht kleiner als S wird, d.h. die Bemessungsgleichung lautet

$$R - S \geq 0$$

4.2.4.2 Unsicherheiten – Grund für Streuungen von S und R

Bei S (Beanspruchungen, Schnittgrößen / Spannungen)

- Lastannahmen
- Rechenannahmen zur Statik
- Bauausführung
- Rechenfehler

Bei R (Beanspruchbarkeit = Widerstand)

- Streuung Werkstoff
- Werkstofffehler
- Eigen- und Zwangsspannungen
- Art der Beanspruchung, zeitlicher Aspekt
- Ausführungsfehler

4.2.4.3 Versagenswahrscheinlichkeit und Zuverlässigkeit

Im Allgemeinen sind R und S Zufallsvariablen, deren Realisationen r und s im Bauwerk unbekannt sind. R und S lassen sich durch statistische Verteilungen $f_R(r)$ und $f_S(s)$ beschreiben. Die Verteilungsdichten überschneiden sich, d.h. es kann ein zufälliger Widerstand r kleiner sein als die gleichzeitig vorhandene Einwirkung s ; d.h. absolute Sicherheit kann es nicht geben.

Die Wahrscheinlichkeit p_f von Kombinationen mit $r < s$ (Versagenswahrscheinlichkeit = failure) ist ein Maß für die Unsicherheit eines Bauwerkes. Umgekehrt ist die Wahrscheinlichkeit p_s der Kombination $r \geq s$ (Überlebenswahrscheinlichkeit = survival) ein Maß für die Zuverlässigkeit.

Bemessungsgleichung für streuende R und S :

$$P[R-S \geq 0] = p_s = 1 - p_f$$

Wenn R und S unabhängig und normalverteilt sind, kann man sie zu einer neuen Zufallsvariable Z (Sicherheitsabstand zwischen R und S) zusammenfassen

$$Z = R - S$$

Z ist ebenfalls normalverteilt.

Entsprechend des Fehlerfortpflanzungsgesetzes ergeben sich Mittelwert und Standardabweichung zu

$$\begin{aligned} \mu_Z &= \mu_R - \mu_S && \text{Mittelwert} \\ \sigma_Z &= \sqrt{(\sigma_R^2 + \sigma_S^2)} && \text{Standardabweichung} \\ V_Z &= \sigma_Z / \mu_Z && \text{Varianz} \end{aligned}$$

$$F_Z(z) = \frac{1}{\sigma_Z \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{u - \mu_Z}{\sigma_Z} \right)^2} du$$

Die Versagenswahrscheinlichkeit entspricht dem Wert der Normalverteilung F_Z an der Stelle $z = 0$:

$$P_f = F_Z(z = 0) = \Phi(-\mu_Z / \sigma_Z)$$

mit der auf σ_Z normierten Normalverteilung (d.h. Standardnormalverteilung) $\Phi(z / \sigma_Z - \mu_Z / \sigma_Z)$

$$\Phi\left(\frac{z - \mu_Z}{\sigma_Z}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{z - \mu_Z}{\sigma_Z}} e^{-\frac{1}{2} t^2} dt$$

Dem probabilistischen Nachweisverfahren liegt als Maß für die Sicherheit das Argument der Standardnormalverteilung bei $z = 0$ als Sicherheitsmaß β zugrunde:

$$\beta = m_Z / \sigma_Z = (m_R - \mu_S) / \sqrt{(\sigma_R^2 + \sigma_S^2)}$$

Diese Gleichung gilt auch als probabilistische Nachweisgleichung. Um bei unterschiedlichen Streuungen (ausgedrückt durch σ_Z) jeweils gleiche Zuverlässigkeit (ausgedrückt durch festen Zahlenwert für β) zu erreichen, muss bei einer Bemessung abhängig vom jeweiligen σ_Z jeweils μ_R um $\beta \sigma_Z$ über μ_S angehoben werden.

Der Nachweis ausreichender Zuverlässigkeit wird jedoch sinnvoll geführt mit Bemessungswerten r^* und s^* , die Nachweisgleichung lautet

$$r^* - s^* = 0$$

$$r^* = \mu_R - \alpha_R \beta \sigma_R \quad \text{Bemessungswert des Widerstandes}$$

$$s^* = \mu_S - \alpha_S \beta \sigma_S \quad \text{Bemessungswert der Beanspruchung}$$

$$\alpha_R = \sigma_R / \sqrt{(\sigma_R^2 + \sigma_S^2)} \quad \text{Wichtungsfaktor}$$

$$\alpha_S = -\sigma_S / \sqrt{(\sigma_R^2 + \sigma_S^2)} \quad \text{Wichtungsfaktor}$$

4.2.4.4 Sicherheitsindex

Der Sicherheitsindex β ist abhängig von Bezugszeitraum; bei einem Bezugszeitraum von einem Jahr gilt:

Sicherheitsklasse	Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit		Grenzzustand der Tragfähigkeit	
	β	p_f	β	p_f
1	2,5	$5 \cdot 10^{-3}$	4,2	10^{-5}
2	3,0	10^{-3}	4,7	10^{-6}
3	3,5	$2 \cdot 10^{-4}$	5,2	10^{-7}

Möglich Folgen von Gefährdungen, die		Klasse
Vorwiegend die Tragfähigkeit betreffen	Vorwiegend die Gebrauchsfähigkeit betreffen *)	
Keine Gefahr für Menschenleben und geringe wirtschaftliche Folgen	Geringe wirtschaftliche Folgen, geringe Beeinträchtigung der Nutzung	1
Gefahr für Menschenleben und/oder beachtliche wirtschaftliche Folgen	Beachtliche wirtschaftliche Folgen, beachtliche Beeinträchtigung der Nutzung	2
Große Bedeutung der baulichen Anlage für die Öffentlichkeit	Große wirtschaftliche Folgen, große Beeinträchtigung der Nutzung	3

*) Besteht bei Verlust der Gebrauchsfähigkeit Gefahr für Leib und Leben (z.B. Undichtigkeit von Behältern und Leitungen mit gefährlichen Stoffen), so wird dieser wie ein Verlust der Tragfähigkeit behandelt.

4.3 Umsetzung in Eurocodes

4.3.1 Struktur des Nachweises nach EN 1990:

- Grundsätzliches → 3
- Grundlegende Anforderungen → 2

werden erreicht durch

- Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten → 6

Dazu benötigt man also

- Basisvariable → 4

Daraus bestimmt man

- Bemessungswerte → 6.3

Und damit führt man schließlich

- Nachweis GZTF → 6.4
- Nachweis GZGT → 6.5

Jeweils für entsprechende Bemessungssituationen.

4.3.2 Übersicht des Nachweises nach DIN EN 1990 i.V.m. Eurocodes 1 bis 9

	Beanspruchung	Beanspruchbarkeit
System	Modell und Geometrie → Nenngrößen	
Charakteristische Größen Index k (k[characteristic])	Einwirkungen g_k, w_k, s_k, q_k, Q_k → DIN EN 1991 (EC1)	Widerstand: Festigkeit $f_{y,k}$, Steifigkeit EA, EI → Bemessungsnorm z.B. Stahlbau DIN EN 1993 (EC 3)
Bemessungswerte Index d (design)	Für Einwirkungskombinationen unter Verwendung von $\gamma_g, \gamma_w, \gamma_s \dots \psi_0 \dots$ „+“ → DIN EN 1990 („EC 0“) Beanspruchung $M_d, N_d, \sigma_d, w_d \dots$ $E_d = E(\dots)$	unter Verwendung von γ_M → DIN EN 1990 + (EC 2...EC9) Beanspruchbarkeit $M_{R,d}, N_{R,d}, \sigma_{R,d} \dots$ R_d bzw. C_d
Nachweis Grenzzustand Tragfähigkeit	$E_d \leq R_d$	
Nachweis Grenzzustand Gebrauchstauglichkeit	$E_d \leq C_d$	

4.3.3 Bemessung für Grenzzustände der Tragfähigkeit GZTF (ULS)

Nachweise für folgende Grenzzustände der Tragfähigkeit erforderlich:

- a) EQU: Verlust der Lagesicherheit des Tragwerks oder eines seiner Teile betrachtet als starrer Körper, bei dem:
- kleine Abweichungen der Größe oder der räumlichen Verteilung der ständigen Einwirkungen, die den gleichen Ursprung haben; und
 - die Festigkeit von Baustoffen und Bauprodukten oder des Baugrunds im Allgemeinen keinen Einfluss hat;
- b) STR: Versagen oder übermäßige Verformungen des Tragwerks oder seiner Teile einschließlich der Fundamente, Fundamentkörper, Pfähle, wobei die Tragfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen entscheidend ist;
- c) GEO: Versagen oder übermäßige Verformungen des Baugrundes, bei denen die Festigkeit von Boden oder Fels wesentlich an der Tragsicherheit beteiligt ist;
- d) FAT: Ermüdungsversagen des Tragwerks oder seiner Teile.
- ANMERKUNG Für den Ermüdungsnachweis werden die Kombinationen der Einwirkungen in EN 1992 bis EN 1995, EN 1998 und EN 1999 angegeben.
- e) UPL: Verlust der Lagesicherheit des Tragwerks oder des Baugrundes aufgrund von Hebungen durch Wasserdruck (Auftriebskraft) oder sonstigen vertikalen Einwirkungen;
- ANMERKUNG Siehe EN 1997.
- f) HYD: hydraulisches Heben und Senken, interne Erosion und das Rohrleitungssystem im Baugrund aufgrund von hydraulischen Gradienten.
- ANMERKUNG Siehe EN 1997.

Dabei sind unterschiedliche Bemessungssituationen zu untersuchen:

- **ständige** Situationen, die den üblichen Nutzungsbedingungen des Tragwerks entsprechen; zur Vermeidung von Verwechslungen besser „**planmäßig**“
- **vorübergehende** Situationen, die sich auf zeitlich begrenzte Zustände des Tragwerks beziehen, z. B. im Bauzustand oder bei der Instandsetzung;
- **außergewöhnliche** Situationen, die sich auf außergewöhnliche Bedingungen für das Tragwerk beziehen, z. B. auf Brand, Explosionen, Anprall oder Folgen lokalen Versagens;
- Situationen bei **Erdbeben**, die die Bedingungen bei Erdbebeneinwirkungen auf das Tragwerk umfassen.

Die Einwirkungskombinationen für die einzelnen Bemessungssituationen lauten:

- Kombination von Einwirkungen bei ständigen oder vorübergehenden Bemessungssituationen (**Grundkombinationen**) („*planmäßig*“), zu ermitteln aus Bemessungswerten der
 - o dominierenden veränderlichen Einwirkung (Leiteinwirkung)
 - o Kombinationswerte der begleitenden veränderlichen Einwirkungen (Begleiteinwirkungen)
 - o Ständige Einwirkungen

$$E_d = \gamma_{Sd} E \{ \gamma_{g,j} G_{k,j} ; \gamma_p P ; \gamma_{q,1} Q_{k,1} ; \gamma_{q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \} j \geq 1 ; i > 1 \quad (6.9a)$$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10)$$

Linear-elastisch:

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot E_{Gk,j} + \gamma_p \cdot E_{Pk} + \gamma_{Q,1} \cdot E_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot E_{Qk,i} \quad (6.10c)$$

- Kombinationen von Einwirkungen bei **außergewöhnlichen** Bemessungssituationen

$$E_d = E \{ G_{k,j} ; P ; A_d ; (\psi_{1,1} \text{ oder } \psi_{2,1}) Q_{k,1} ; \psi_{2,i} Q_{k,i} \} j \geq 1 ; i > 1 \quad (6.11a)$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ oder } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.11b)$$

- Die Einwirkungskombinationen für außergewöhnliche Bemessungssituationen sollten entweder
- o explizit eine außergewöhnliche Einwirkung A (Brandbelastung oder Anprall) enthalten oder
 - o eine Situation nach dem außergewöhnlichen Ereignis erfassen ($A = 0$)

- Kombination von Einwirkungen für Bemessungssituationen bei **Erdbeben**

$$E_d = E \{ G_{k,j} ; P ; A_{Ed} ; (\psi_{2,1} Q_{k,1}) \} j \geq 1 ; i > 1 \quad (6.12a)$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.12b)$$

Linear-elastisch:

$$E_{dE} = \sum_{j \geq 1} E_{Gk,j} + E_{Pk} + E_{AEd} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot E_{Qk,i} \quad (6.12c)$$

4.3.4 Bemessung für Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit GZGT (SLS)

Es kommen folgende Einwirkungskombinationen für Gebrauchstauglichkeitsnachweise infrage:

- Charakteristische Kombination, i.d.R. für nicht umkehrbare Auswirkungen am Tragwerk

$$E_d = E \{G_{k,j}; P; Q_{k,1}; \psi_{0,i} Q_{k,i}\} j \geq 1; i > 1 \quad (6.14a)$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.14b)$$

Linear-elastisch

$$E_{d,char} = \sum_{j \geq 1} E_{Gk,j} + E_{Pk} + E_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot E_{Qk,i} \quad (6.14c)$$

- Häufige Kombination, i.d.R. für umkehrbare Auswirkungen am Tragwerk

$$E_d = E \{G_{k,j}; P; \psi_{1,1} Q_{k,1}; \psi_{2,i} Q_{k,i}\} j \geq 1; i > 1 \quad (6.15a)$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.15b)$$

Linear-elastisch

$$E_{d,frequ} = \sum_{j \geq 1} E_{Gk,j} + E_{Pk} + \psi_{1,1} \cdot E_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot E_{Qk,i} \quad (6.15c)$$

- Quasi-ständige Kombination, i.d.R. für Langzeitauswirkungen z.B. das Erscheinungsbild des Bauwerks

$$E_d = E \{G_{k,j}; P; \psi_{2,i} Q_{k,i}\} j \geq 1; i > 1 \quad (6.16a)$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.16b)$$

Linear elastisch:

$$E_{d,perm} = \sum_{j \geq 1} E_{Gk,j} + E_{Pk} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot E_{Qk,i} \quad (6.16c)$$

4.3.5 Übersicht zu Bemessungswerten für Grenzzustände

4.3.5.1 GZTF (ULS)

Bemessungs-situation	Ständige Einwirkungen G_d	Vorspannung P_d	Unabhängige veränderliche Einwirkungen Q_d		Außergewöhnliche Einwirkung bzw. Erdbeben
			Leiteinwirkung	Begleiteinwirkungen	
(P) Ständig i.S.v. planmäßig	$\gamma_G G_k$	$\gamma_P P_k$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	-
(T) Vorübergehend	$\gamma_G G_k$	$\gamma_P P_k$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	-
(A) Außergewöhnlich mit A	G_k	P_k	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$ oder $\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	A_d
(A) Außergewöhnlich mit A=0	G_k	P_k	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$ oder $\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	Situation nach außergew. Ereignis
(E) Erdbeben	G_k	P_k	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	$A_{E,d}$

Bei γ_G jeweils $\gamma_{G,dst}$ und $\gamma_{G,sup}$ im Fall ungünstiger Auswirkung bzw. $\gamma_{G,stab}$ und $\gamma_{G,inf}$ für günstige Auswirkung verwenden! γ_Q ist jeweils für ungünstige Auswirkungen, bei günstiger Auswirkung ist $\gamma_Q=0$.

4.3.5.2 GZGT (SLS)

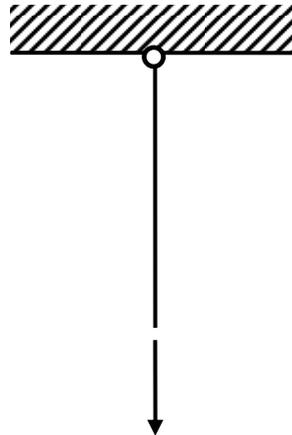
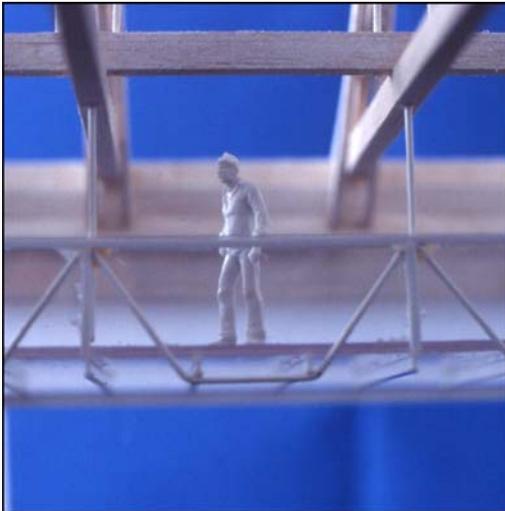
Einwirkungskombinationen	Ständige Einwirkungen G_d		Veränderliche Einwirkungen Q_d	
	Ungünstig	Günstig	Leiteinwirkung	Begleiteinwirkung
Charakteristisch	$G_{k,i,sup}$	$G_{k,i,inf}$	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i} Q_{k,i}$
Häufig	$G_{k,i,sup}$	$G_{k,i,inf}$	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Quasi ständig	$G_{k,i,sup}$	$G_{k,i,inf}$	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

4.3.5.3 Zahlenwerte für Anwendungen im Hochbau

	Bemessungs-situation	Ständige Einwirkungen G_d		Unabhängige veränderliche Einwirkungen Q_d	Außergewöhnliche Einwirkung bzw. Erdbeben	ψ_i
		ungünstig	günstig			
EQU	(P) / (T)	$\gamma_G = 1,05 \dots 1,35$	$\gamma_G = 0,9 \dots 1,15$	$\gamma_Q = 1,50$	-	0... 1,0.
	(A) / (E)	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_Q = 1,0$	$\gamma_A = 1,0$	
STR/ GEO	(P) / (T)	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_Q = 1,50$	-	
	(A) / (E)	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_Q = 1,0$	$\gamma_A = 1,0$	

4.4 Beispiel: Bemessung eines Zugstabes

In diesem Beispiel wird vereinfacht nur der Nachweis der Tragsicherheit dargestellt: $E_d \leq R_d$



4.4.1 Modelle und charakteristische Größen

4.4.1.1 Statisches Modell

3-D: daraus obiges statisches Modell incl. Durchmesser Zugstab (20 mm)

4.4.1.2 Einwirkungen

Ständige Einwirkungen g_k

Belag aus Glas: $(8+10+10) \text{ mm} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 0,028 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^2 = 0,70 \text{ kN/m}^2$

Unterkonstruktion Stahl ca. $0,30 \text{ kN/m} \times 1/1 \text{ m Breite} = 0,30 \text{ kN/m}^2$

Somit $g_k = 0,70 + 0,30 = 1,0 \text{ kN/m}^2$

Veränderliche Einwirkungen q_k

Tabelle $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ [Einzellast Q_k nicht maßgebend]

4.4.1.3 Baustoffeigenschaft

Festigkeit Stahl St 37 = S235

$f_{y,k} = 235 \text{ N/mm}^2$

4.4.1.4 Geometrische Größen

Vgl. statisches System

4.4.2 Bemessungswerte

4.4.2.1 Beanspruchungen [auch Kombinationen] (Effects E): $E_d = E (F_d \dots a_d \dots X_d \dots)$

Einwirkungen F_d : später in der Kombination!

Geometrie a_d : Nennwerte

Baustoffeigenschaft X_d : hier nicht benötigt [z.B. bei statisch unbestimmten Berechnungen interessant!]

Einwirkungskombination = Kombination der Einwirkungen

$$\gamma_G g_k + \gamma_q q_k = 1,35 \times 1,0 \text{ kN/m}^2 + 1,50 \times 5,0 \text{ kN/m}^2 = 8,85 \text{ kN/m}^2$$

Auswirkungen der Einwirkungen = Schnittgrößen für obige Einwirkungskombination

$$E_d = E (F_d \dots a_d \dots X_d \dots) = N_d = 2,0 \text{ m} \times 3,0 \text{ m} \times 8,85 \text{ kN/m}^2 = 53,1 \text{ kN}$$

4.4.2.2 Tragwiderstand (Resistance R)

$$R_d = R (X_d \dots a_d \dots)$$

$$R_d = f_{y,k} / \gamma_{MO} \times A = 235 \text{ N/mm}^2 / 1,0 \times 20^2 \text{ mm}^2 \pi/4 = 73827,43 \text{ N} = 73,8 \text{ kN}$$

4.4.3 Nachweis der Tragsicherheit

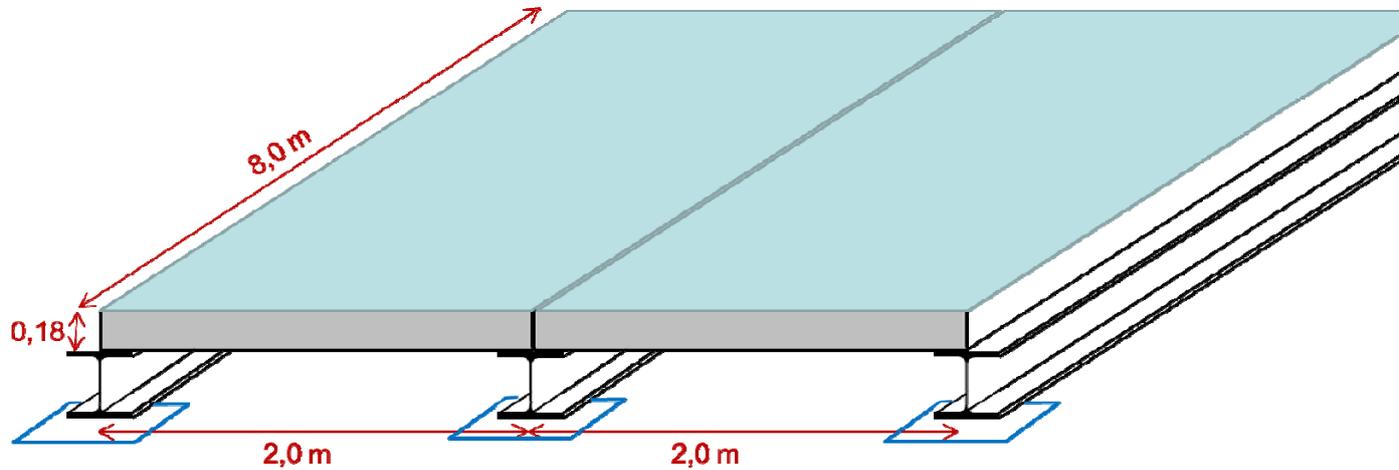
$$E_d \leq R_d$$

$$53,1 \leq 73,8$$

$$\text{Bzw. } E_d / R_d \leq 1$$

$$53,1 / 73,8 = 0,72 \leq 1,0$$

4.5 Beispiel: Bemessung eines Biegeträgers



$$I_y = 22930 \text{ cm}^4$$
$$W_y = 1480 \text{ cm}^3$$



System, beansprucht durch g , q oder Q , s , w

Balken:

Länge $l = 8 \text{ m}$, Breite $b = 2 \text{ m}$

Einwirkungen:

$g_k = 5 \text{ kPa}$ (= 5 kN/m^2)

$q_k = 3,5 \text{ kPa}$ bzw. $Q_k = 20 \text{ kN}$

$s_k = 2,5 \text{ kPa}$

$w_k = 3 \text{ kPa}$

Moment in Feldmitte:

Streckenlast $M = q l^2 / 8$ wobei hier q (Streckenlast) = q (Flächenlast) $\cdot b$ (Breite)

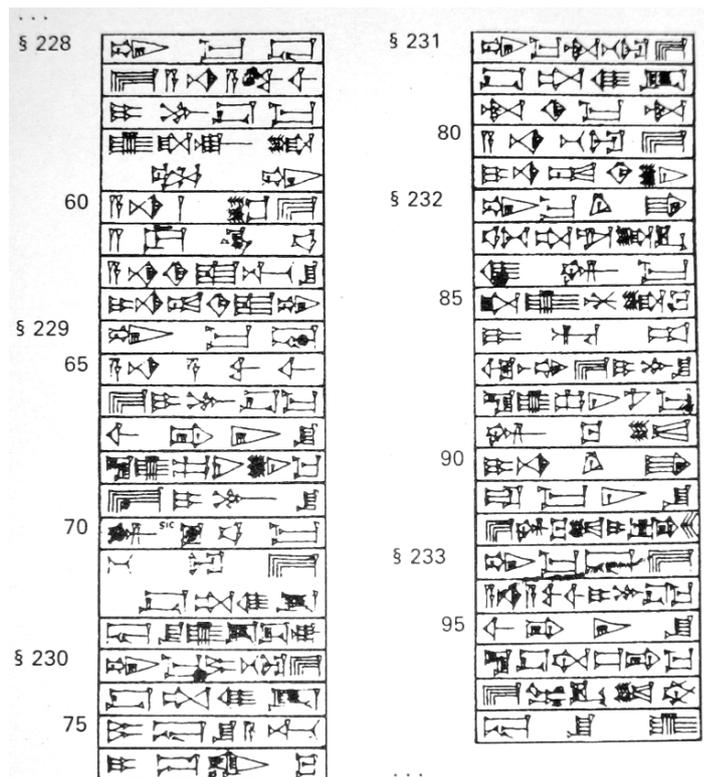
Einzellast $M = Q l / 4$

5 Baurecht

5.1 Allgemeines

5.1.1 Codex Hammurabi

Codex Hamurabi, babylonischer König, 1728 - 1686 v. Chr.



§228 Wenn ein Baumeister einem Bürger ein Haus fix und fertig baut, so gibt er ihm als Honorar für ein Mustar (36m²) zwei Sekel Silber.

§229 Wenn ein Baumeister einem Bürger ein Haus baut, aber seine Arbeit nicht fest (genug) ausführt, das Haus, das er gebaut hat, einstürzt und er (dadurch) den Hauseigentümer ums Leben bringt, so wird dieser Baumeister getötet;

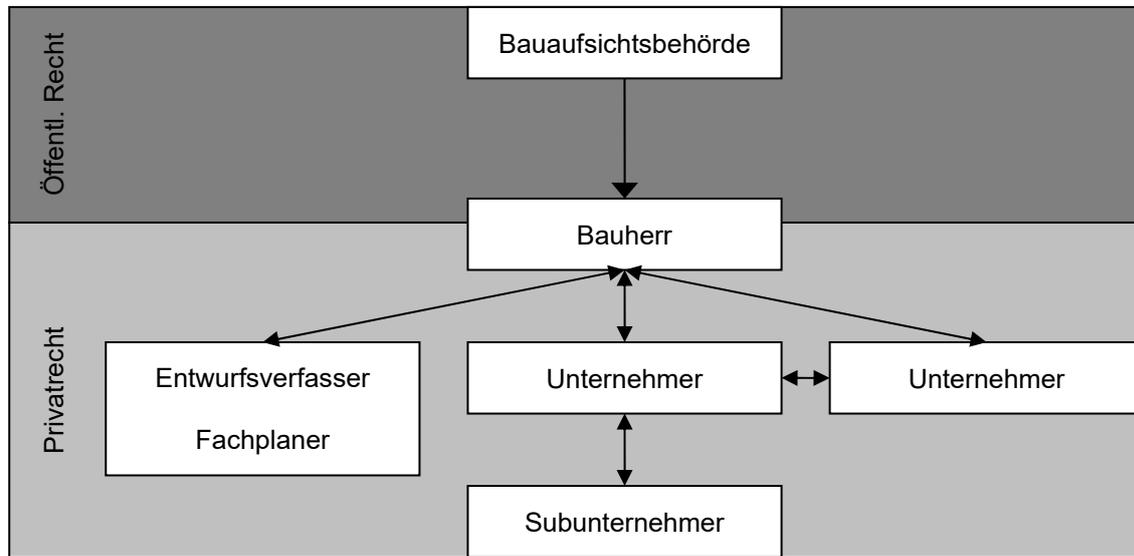
§230 wenn er den Sohn des Hauseigentümers (dadurch) ums Leben bringt, so tötet man den Sohn dieses Baumeisters;

§231 wenn er einen Sklaven des Hauseigentümers (dadurch) ums Leben bringt, so gibt er dem Hauseigentümer einen gleichwertigen Sklaven;

§232 wenn er Gut vernichtet, so ersetzt er alles, was er vernichtet hat; auch baut er, weil er das Haus, das er gebaut, nicht fest (genug) gefügt hat und es eingefallen ist, aus eigenen Mitteln das Haus, das eingefallen ist;

§233 Wenn ein Baumeister einem Bürger ein Haus baut, aber sein Werk nicht überprüft und dann die Wand einstürzt, so baut dieser Baumeister diese Wand aus eigenen Mitteln solide auf.

5.1.2 Unterscheidung öffentliches Baurecht – Privatrecht:



Öffentliches Recht:

- Verfassungsrecht
- Strafrecht
- Verwaltungsrecht öffentliches Baurecht, z.B. BayBO

Privatrecht:

- Handelsrecht, Gesellschaftsrecht
- Arbeitsrecht
- Bürgerliches Recht BGB privates Baurecht, z.B. Werkvertrag, Kaufvertrag, Schadensersatz

5.1.3 Aufgabenfeld (konstruktiver) Bauingenieur – Ablauf einer Baumaßnahme

Beteiligte und ihre Aufgaben, definiert bspw. in MBO bzw. BayBO

Bauherrschaft (§ 53)

Entwurfsverfasser Planende für Entwurf, Tragwerk, Fachplanungen (§ 54)

Unternehmer (§ 55)

Bauleiter (§ 56)

Bauaufsicht (untere, höhere, oberste) (§ 57 ff)

5.1.4 Bautechnische Unterlagen

5.1.4.1 Bauvorlage

Im Folgenden einige Auszüge aus der bayerischen BauVorIV.

Verordnung über Bauvorlagen und bauaufsichtliche Anzeigen (Bauvorlagenverordnung – BauVorIV) vom 10. November 2007

Auf Grund von Art. 80 Abs. 4 der Bayerischen Bauordnung (BayBO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2007 (GVBl S. 588, BayRS 2132-1-I) und Art. 7 Abs. 2 des Bayerischen Abgrabungsgesetzes (BayAbgrG) vom 27. Dezember 1999 (GVBl S. 532, 535, BayRS 2132-2-I) erlässt das Bayerische Staatsministerium des Innern folgende Verordnung:

...

BauVorIV: Erster Teil Allgemeines; §1 Begriff, Beschaffenheit

1Bauvorlagen sind die einzureichenden Unterlagen, die für die Beurteilung des Bauvorhabens und die Bearbeitung des Bauantrags (Art. 64 Abs. 2 Satz 1 BayBO), für die Anzeige der beabsichtigten Beseitigung (Art. 57 Abs. 5 Satz 2 BayBO) oder für die Genehmigungsfreistellung (Art. 58 Abs. 3 Satz 1 Halbsatz 1 BayBO) erforderlich sind.
2Bautechnische Nachweise gelten auch dann als Bauvorlagen im Sinn dieser Verordnung, wenn sie der Bauaufsichtsbehörde nicht vorzulegen sind.

...

BauVorIV: Zweiter Teil Vorzulegende Bauvorlagen; § 3 Bauliche Anlagen

Vorzulegen sind:

1. ein aktueller Auszug aus dem Katasterwerk und, soweit es sich nicht um Änderungen baulicher Anlagen handelt, bei denen Außenwände und Dächer sowie die Nutzung nicht verändert werden, der Lageplan (§ 7),
2. die Bauzeichnungen (§ 8),
3. die Baubeschreibung (§ 9),
4. der Nachweis der Standsicherheit (§ 10), soweit er bauaufsichtlich geprüft wird, andernfalls die Erklärung des Tragwerksplaners nach Maßgabe des Kriterienkatalogs der Anlage 2,
5. der Nachweis des Brandschutzes (§ 11), soweit er bauaufsichtlich geprüft wird und nicht bereits in den übrigen Bauvorlagen enthalten ist,
6. die erforderlichen Angaben über die gesicherte Erschließung hinsichtlich der Versorgung mit Wasser und Energie sowie der Entsorgung von Abwasser und der verkehrsmäßigen Erschließung, soweit das Bauvorhaben nicht an eine öffentliche Wasser- oder Energieversorgung oder eine öffentliche Abwasserentsorgungsanlage angeschlossen werden kann oder nicht in ausreichender Breite an einer öffentlichen Verkehrsfläche liegt,
7. bei Bauvorhaben im Geltungsbereich eines Bebauungsplans, der Festsetzungen darüber enthält, eine Berechnung des zulässigen, des vorhandenen und des geplanten Maßes der baulichen Nutzung,
8. soweit erforderlich, die Erklärung der Übernahme einer Abstandsfläche nach Art. 6 Abs. 2 Satz 3 Halbsatz 1 BayBO.

...

BauVorIV: Dritter Teil, Inhalt der Bauvorlagen

- § 7 Auszug aus dem Katasterwerk, Lageplan
- § 8 Bauzeichnungen
- § 9 Baubeschreibung
- § 10 Standsicherheitsnachweis
- § 11 Brandschutznachweis
- § 12 Nachweise für Wärme-, Schall-, Erschütterungsschutz
- § 13 Übereinstimmungsgebot

Hinweise bzw. Beispiel im Handbuch „Der vollständige Bauantrag – Der schnelle Weg zur Baugenehmigung“ von LBK München, vgl. www.muenchen.de

Link Herbst 2016: <https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Stadtplanung-und-Bauordnung/Bauaufsicht/Handbuch-der-vollstaendige-Bauantrag.html>

In BERLIN werden Bauvorlagen nur noch elektronisch als PDF akzeptiert
<http://www.berlin.de/ebg/elektronische-bauvorlagen/artikel.276304.php>

5.1.4.2 Statik / Bautechnische Nachweise

Aufbau einer Statik = statischen Berechnung = bautechnischen Nachweise

- Titelseite
 - o Bauvorhaben, Bauherr, Bauort
 - o Name und Anschrift des Aufstellers der statischen Berechnung
 - o Architekt mit Anschrift
 - o Umfang der Unterlagen (Kapitelweise)
 - o Freiraum für (Prüf-)Stempel
 - o Unterschrift (wenn nicht auf Schlussseite)
- Inhaltsverzeichnis
- Baubeschreibung
 - o Angaben zum Standort (Umgebung, Höhe über NN, Schneelastzone, Erdbebenzone...)
 - o Angaben zur Nutzung des Bauwerks, Lastannahmen, besondere Erfordernisse
 - o Abmessungen des Gebäudes
 - o Statisches Grundkonzept (Vertikallasten, Aussteifung)
 - o Materialien

- Baugrundverhältnisse
- Ggf. Angaben zu Dehnfugen, Fertigteilkonstruktionen, Umbauten, Befähigungserfordernisse
- Sicherheitskonzept
- Normen und Literatur
- Lastannahmen Gebäude
 - Ständige Lasten (Decken, Fußboden, ...)
 - Nutzlasten
 - Windlasten
 - Schneelasten
 - Weitere Lasten (Anprall, Temperatur, Bauzustand...)
- Standsicherheitsnachweis (Grenzzustand Tragfähigkeit GZT = ULS, Grenzzustand Gebrauchstauglichkeit GZGT = SLS) für alle Positionen (ggf. neben End- auch Bau- und Montagezustand) und ggf. erforderliche Baubehelfe mit folgenden Angaben
 - System (Länge/Spannweite, Querschnitt, Lagerung)
 - Einwirkungen und Kombinationen
 - Schnittgrößenverläufe
 - Verformungen
 - Bemessung (Spannungsnachweis, Bewehrung, Verbindungsmittel ...)
- Bauphysikalische Nachweise wie
 - Wärmeschutz
 - Feuchteschutz
 - Schallschutz
 - Brandschutz
 - Licht ...
- Positionspläne (i.d.R. M=1:100) mit folgenden Angaben
 - Ggf. Achsen und Reihen
 - Angesetzte Einwirkungen (Verkehrslasten)
 - Höchster Grundwasserstand
 - Für Prüfung erforderliche Bauteil- und Raumabmessungen
 - Aussparungen, Durchbrüche, Schlitze (wenn Auswirkung auf Bemessung)

- Bestehende und neue, tragende und nichttragende Bauteile
- Vorhandene und neue Baustoffe
- Statisch nachgewiesene Positionen ggf. mit Spannrichtung
- Konstruktionszeichnungen (Ausführungspläne)
- Anhang mit beispielsweise
 - Baueingabepläne
 - Bodengutachten
 - Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen
 - Typenprüfungen
 - Nicht allgemein zugängliche Literatur
 - Zustimmung im Einzelfall
 - Dokumentation von EDV-unterstützten Berechnungen (Ausdrucke)
- Nachträge wie z.B.
 - Ergänzungen, Änderungen, Berichtigungen

Weitere Informationen hierzu:

- „Anforderungen für das Aufstellen EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise“, Oktober 2002, herausgegeben von Fachkommission der Vereinigung der Prüfengeiere für Baustatik in Niedersachsen, Bremen und Hamburg
- „Ri-EDV-AP-2001 Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise“ April 2001, vpi Bundesvereinigung der Prüfengeiere für Bautechnik e.V.

5.1.4.3 Pläne

Zu unterscheiden in

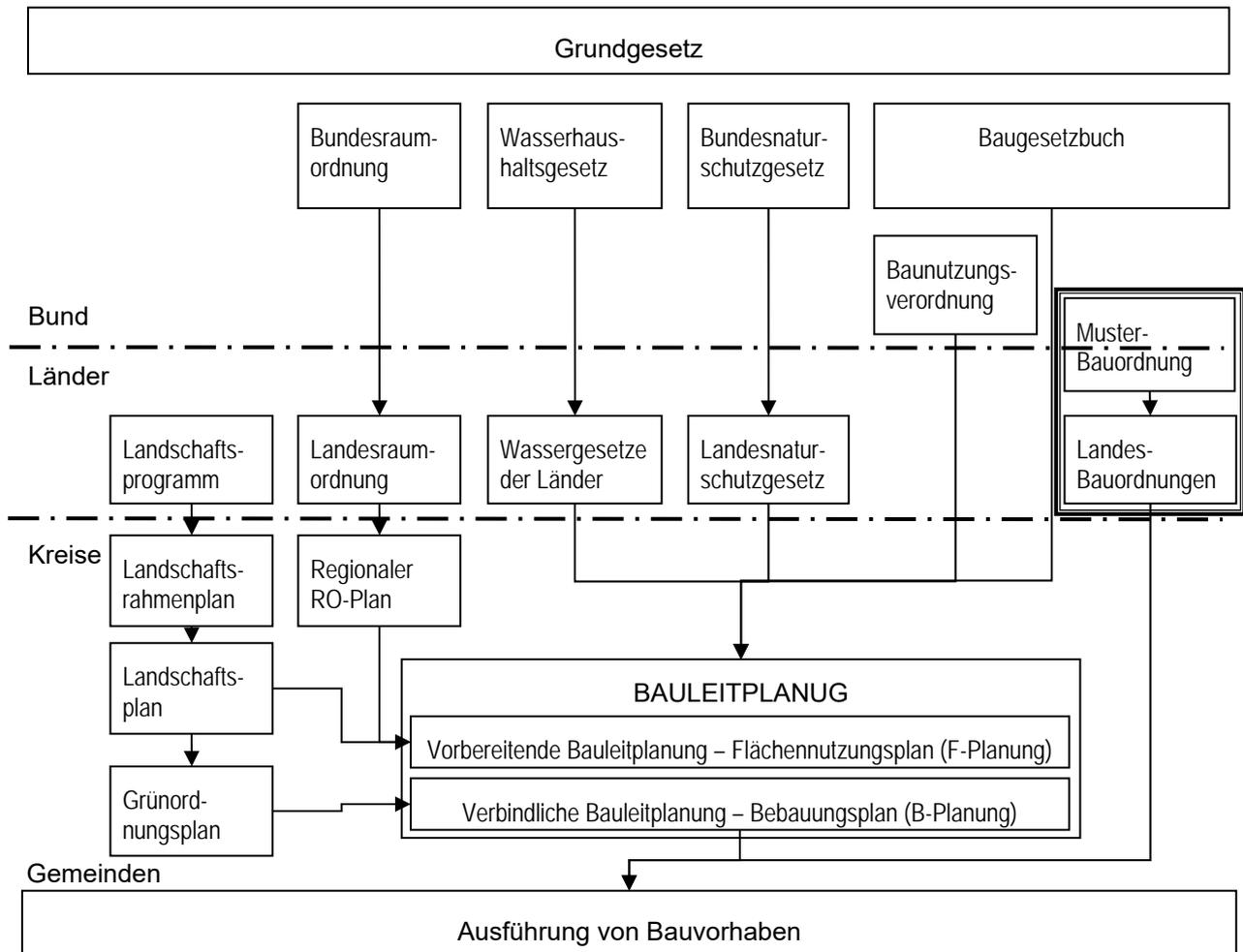
- Eingabepläne („Architektenpläne“)
- Positionspläne (als Teil der Statik!)
- Ausführungspläne für
 - Stahlbetonbauten (Bewehrungspläne, Schalpläne)
 - Stahlbauten
 - Holzbauten
 - Mauerwerksbauten

Vgl. dazu auch **Darstellungstechnik**.

5.2 Öffentliches Baurecht

5.2.1 Bauplanung in der Hierarchie der Gesetze in der BRDtl.

Unterscheidung Bauplanungsrecht (5.2.2) – Bauordnungsrecht (5.2.3)



5.2.2 Raumordnung, Landschaftsplanung, Bauleitplanung, Planfeststellung (Bauplanungsrecht)

Raumordnung: Die allgemeine räumliche Struktur ist einer Entwicklung zuzuführen, die unter Berücksichtigung der natürlichen Gegebenheiten und wirtschaftlicher, sozialer und kultureller Erfordernisse der freien Entfaltung der Persönlichkeit in der Gemeinschaft dient. Die Raumordnung ist mehrstufig: Bundesraumordnung, Landesraumordnung, regionale Raumordnung.

Landschaftsplanung: Landschaftsplanung beschränkt sich i.d.R. auf den Außenbereich. Die Landschaftsplanung ist mehrstufig: Landschaftsprogramm (Landesebene), Landschaftsrahmenplanung (begrenzte Gebiete, Landkreise), Landschaftsplanung (Gemeinden)

Bauleitplanung basiert auf regionaler Raumordnung und Landschaftsplanung; es wird unterschieden in vorbereitenden Bauleitplan (F[lächennutzungs]-Plan) und verbindlichen Bauleitplan (B[ebauungs]-Plan).

Bauleitplanung: Begriffe und Rechtsnatur (Verbindlichkeit)

Bezeichnung	Vorbereitender Bauleitplan	Verbindlicher Bauleitplan	BauGB §1 (2)
	Flächennutzungsplan	Bebauungsplan	
	F-Plan	B-Plan	
Maßstab	1 : 5.000...1 : 20.000	1 : 500...1:1000	
Aufgabe	Entwickeln	Ordnen	§§ 1 (3), 8 (1)
Auf Basis	Raumordnung		§ 1 (4)
		Flächennutzungsplan	§ 8 (2)
Rechtsnatur	Darstellung der Bodennutzung nach den voraussehbaren Bedürfnissen der Gemeinde in den Grundzügen. Keine unmittelbare Rechtswirkung auf einzelne Grundstücke.	Rechtverbindliche Festsetzung für die städtebauliche Ordnung. B-Plan ist eine Rechtsnorm	§§ 5 (1), 8 (1)
	Rahmengebend	Beschluss als Satzung	§§ 7, 8 (2), 10
	F-Plan wird wirksam	B-Plan wird rechtsverbindlich	§§ 6 (5), 12
Schriftlicher Teil	Erläuterungsbericht	Begründung	§§ 5 (5), 9 (8)

Unterscheidung nach der Art der baulichen Nutzung

Flächennutzungsplan	Bebauungsplan	BauNVO
Allgemeine Nutzung, Bauflächen	Besondere Nutzung, Baugebiete	§ 1
Wohnbauflächen (W)	WS Kleinsiedlungsgebiete WR reine Wohngebiete WA allgemeine Wohngebiete WB besondere Wohngebiete	§ 2 § 3 § 4 § 4a
Gemischte Bauflächen (M)	MD Dorfgebiete MI Mischgebiete MK Kerngebiete	§ 5 § 6 § 7
Gewerbliche Bauflächen (G)	GE Gewerbegebiete GI Industriegebiete	§ 8 § 9
Sonderbauflächen (S)	SO Sondergebiete die der Erholung dienen sonstige Sondergebiete	§ 10 § 11

Planfeststellungsverfahren wird angewendet auf den Gebieten des Verkehrs-, Wege- und Wasserrechts und der öffentlichen Versorgung. Verwaltungsverfahren mit Anhörung der Planungsbetroffenen.

- Anordnung des Verfahrens durch Rechtsvorschrift

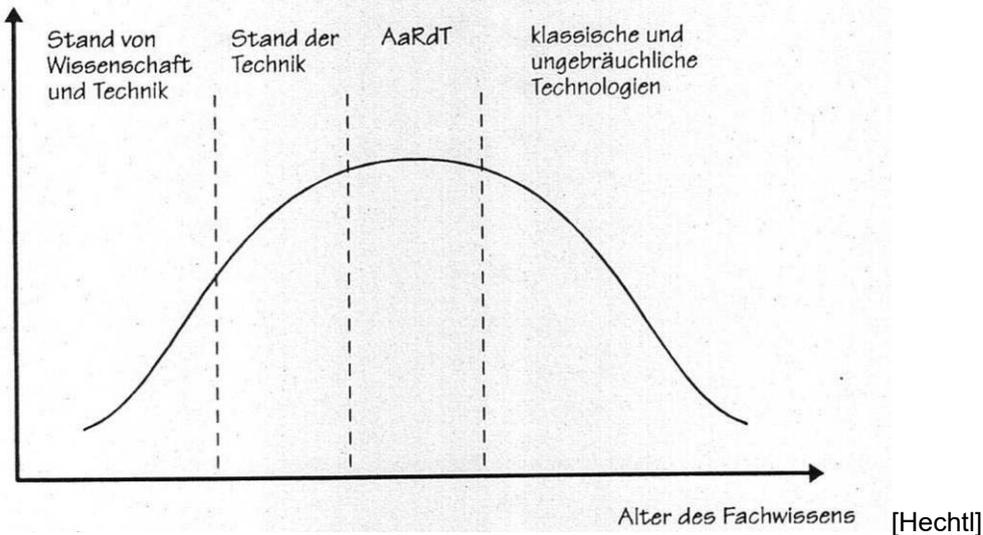
- Anhörungsverfahren: Stellungnahmen von Behörden oder betroffenen Personen, Auslegung, Erörterung
- Planfeststellungsbeschluss
- Eingriffe (d.h. Veränderung der Gestalt oder Nutzung von Grundflächen, die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes oder das Landschaftsbild erheblich beeinträchtigen) sind auszugleichen
- Ausgleichsmaßnahmen (am Eingriffsort) und Ersatzmaßnahmen (an anderer Stelle Zerstörtes ersetzen) entsprechend landschaftspflegerischem Begleitplan

5.2.3 (Muster)Bauordnung, Regeln der Baukunst, anerkannte Regeln der Technik...

Technische Baubestimmungen, Regelwerke und Normungswesen (Bauordnungsrecht)

5.2.3.1 Allgemeines

Verbreitung des Fachwissens



AaRdT: Summe der bautechnischen Regeln und Erfahrungen, die sich in der Praxis bewährt haben, wissenschaftlich belegt sind und in den Kreisen der betreffenden Techniker bekannt und als richtig anerkannt sind. Sie haben einen hohen Grad an Verbindlichkeit. Bei DIN-Normen kann i.a. davon ausgegangen werden, dass sie dazu gehören.

Stand der Technik: Hiermit werden das Fachwissen des technischen Fortschritts und der technischen Entwicklung einschließlich der technischen Möglichkeiten bezeichnet. Langjährige Praxisbewährung muss nicht vorliegen. Beispiel AbZ.

Stand von Wissenschaft und Technik: Der Stand von Wissenschaft und Technik stellt auf Übereinstimmung von Wissenschaft und Technik unter Berücksichtigung der jeweils neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse ab. Deren Berücksichtigung wird in Bereichen mit hohen Sicherheitsanforderungen verlangt. Beispiel: Forschungsberichte, ZiE.

Literatur, kostenlos aus Internet:

- BAUPVO Verordnung Nr. 305/2011 des europäischen Parlamentes und des Rates vom 9.03.2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates
- MBO Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss Bauministerkonferenz vom 13.05.2016
- BayBO in der Fassung der Bekanntmachung vom 14.8.2007, die zuletzt durch Gesetz vom 10.07.2018 geändert worden sind
- MVV TB Ausgabe 2017/1 mit Druckfehlerkorrektur 11.12.2017, von DIBt
- Bayerische technische Baubestimmungen (Bay TB) Ausgabe Oktober 2018
- Gesetz zur Änderung der Bayer. Bauordnung und weiterer Rechtsvorschriften, Hinweise zum Vollzug, Schreiben des Bay. Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr mit Az 24-4101-2-1 vom 29.08.2018

5.2.3.2 Bayerische Bauordnung, Auszug

Art. 1 Anwendungsbereich

(1) ¹Dieses Gesetz gilt für alle baulichen Anlagen und Bauprodukte.²Es gilt auch für Grundstücke sowie für andere Anlagen und Einrichtungen, an die nach diesem Gesetz oder in Vorschriften auf Grund dieses Gesetzes Anforderungen gestellt werden.

(2) Dieses Gesetz gilt nicht für

1. Anlagen des öffentlichen Verkehrs sowie ihre Nebenanlagen und Nebenbetriebe, ausgenommen Gebäude an Flugplätzen,
2. Anlagen, die der Bergaufsicht unterliegen,
3. Rohrleitungsanlagen sowie Leitungen aller Art, ausgenommen in Gebäuden,
4. Kräne und Krananlagen,
5. Gerüste,
6. Feuerstätten, die nicht der Raumheizung oder der Brauchwassererwärmung dienen, ausgenommen Gas-Haushalts-Kochgeräte,
7. Einrichtungsgegenstände, insbesondere Regale und Messestände.

Art. 2 Begriffe

(1) ¹Bauliche Anlagen sind mit dem Erdboden verbundene, aus Bauprodukten hergestellte Anlagen.²Ortsfeste Anlagen der Wirtschaftswerbung (Werbeanlagen) einschließlich Automaten sind bauliche Anlagen.³Als bauliche Anlagen gelten Anlagen, die nach ihrem Verwendungszweck dazu bestimmt sind, überwiegend ortsfest benutzt zu werden, sowie

1. Aufschüttungen, soweit sie nicht unmittelbare Folge von Abgrabungen sind,
2. Lagerplätze, Abstellplätze und Ausstellungsplätze,
3. Campingplätze und Wochenendplätze,
4. Freizeit- und Vergnügungsparks,
5. Stellplätze für Kraftfahrzeuge.

⁴Anlagen sind bauliche Anlagen sowie andere Anlagen und Einrichtungen im Sinn des Art. 1 Abs. 1 Satz 2.

...

(4) Sonderbauten sind Anlagen und Räume besonderer Art oder Nutzung, die einen der nachfolgenden Tatbestände erfüllen:

1. Hochhäuser (Gebäude mit einer Höhe nach Abs. 3 Satz 2 von mehr als 22 m),
2. bauliche Anlagen mit einer Höhe von mehr als 30 m,
3. Gebäude mit mehr als 1 600 m² Fläche des Geschosses mit der größten Ausdehnung, ausgenommen Wohngebäude und Garagen,

...

(11) Bauprodukte sind

1. Produkte, Baustoffe, Bauteile, Anlagen und Bausätze gemäß Art. 2 Nr. 2 der Verordnung (EU) Nr. 305/2011, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen eingebaut zu werden,
2. aus ihnen vorgefertigte Anlagen, die hergestellt werden, um mit dem Erdboden verbunden zu werden, wenn sich deren Verwendung auf die Anforderungen nach Art. 3 Satz 1 auswirken kann.

(12) Bauart ist das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen von baulichen Anlagen.

Art. 3 Allgemeine Anforderungen

¹Bei der Anordnung, Errichtung, Änderung, Nutzungsänderung, Instandhaltung und Beseitigung von Anlagen sind die Belange der Baukultur, insbesondere die anerkannten Regeln der Baukunst, so zu berücksichtigen, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben und Gesundheit, und die natürlichen Lebensgrundlagen nicht gefährdet werden. ²Anlagen müssen bei ordnungsgemäßer Instandhaltung die Anforderungen des Satzes 1 während einer dem Zweck entsprechenden angemessenen Zeitdauer erfüllen und ohne Mängel benutzbar sein.

...

Art. 81a Technische Baubestimmungen

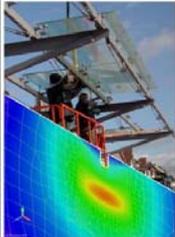
(1) ¹Die vom Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr öffentlich bekanntgemachten Technischen Baubestimmungen sind zu beachten. ²Von den Technischen Baubestimmungen kann abgewichen werden, wenn mit einer anderen Lösung in gleichem Maße die allgemeinen Anforderungen des Art. 3 Satz 1 erfüllt werden und in der Technischen Baubestimmung eine Abweichung nicht ausgeschlossen ist; Art. 15 Abs. 2 und Art. 17 bleiben unberührt. ³Werden die allgemein anerkannten Regeln der Baukunst und Technik beachtet, gelten die entsprechenden bauaufsichtlichen Anforderungen dieses Gesetzes und der auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Vorschriften als eingehalten.

...

5.2.3.3 Bauprodukt – Bauart, Nachweis der Verwendbarkeit und Kennzeichnung

Allgemeine Übersicht

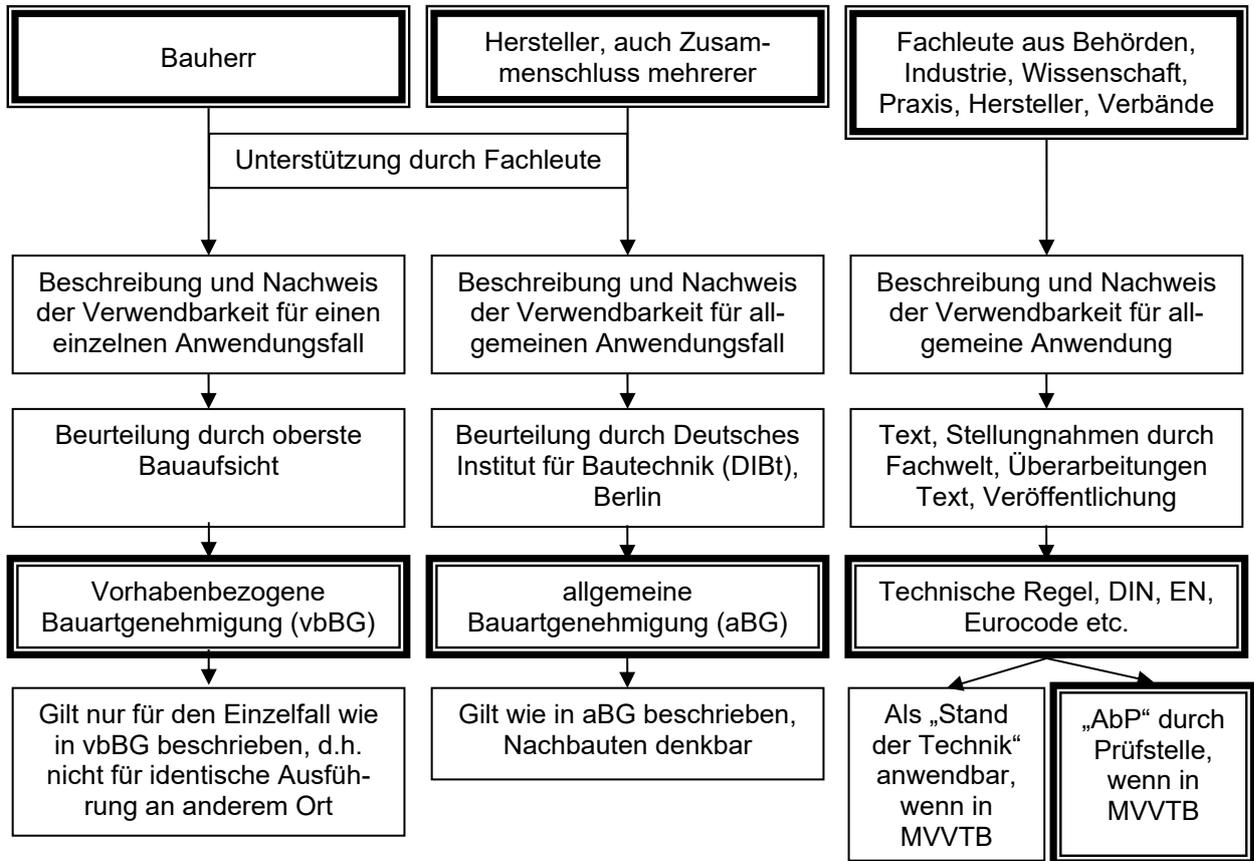
Verwendung / Anwendung von BP und Ba

	Bauprodukt Art.2(11)		Bauart Art.2(12)		
					
Art	europäisch harmonisiertes BP Art.16(1)	nicht harmonisiert. (nationales) BP Art.16(2)	Geregelte Ba	Wesentlich abweichend, nicht geregelte Ba	
Basis	Harmonisierte europäische (hEN) Norm , ETAG/EAD/ETA	abZ, ZiE, abP (DIBt,OBB,Prüfst.) ETA (DIBt)	Technische Regeln → MVVTB / BayTB	aBaG,vbBaG,abP (DIBt,OBB,Prüfst.)	
Ü?	<i>Declaration of Performance</i> DoP CE-Zeichen	<i>Übereinstimmungs</i> erklärung Ü-Zeichen	<i>Übereinstimmungs</i> bestätigung „Zettel“	<i>Übereinstimmungs</i> bestätigung „Zettel“	
Verwendung	Nur wenn erklärte Leistungen ≥ Bauw.Anforderung	Entsprechend Basis	Entsprechend Regeln	Entsprechend Basis	

Abkürzungen:

ETAG / EAD / ETA	European Technical Approval Guideline, European Assessment document, European Technical Assessment
abZ, ZiE, abP	allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Zustimmung im Einzelfall allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis
DIBt, OBB, Prüfs.	Deutsches Institut für Bautechnik Oberste BauBehörde Prüfstelle (anerkannt vom DIBt)
MVVTB / BayTB	Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen Bayerische technische Baubestimmungen
aBG, vbBG, abP	allgemeine BauartGenehmigung vorhabenbezogene BauartGenehmigung allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis

Möglichkeiten für den Nachweis der Verwendbarkeit:



Für Bauprodukte analoges Procedere, Bezeichnungen allerdings abweichend.

Aktuelle Informationen sind zu finden unter
<https://www.dibt.de/de/DIBt/DIBt-EuGH-Urteil.html>

5.3 Privatrecht

5.3.1 Allgemeines

Einordnung vgl. Darstellung / Bild unter 5.1

Privatrecht bedeutet dementsprechend Rechtsbeziehungen zwischen „Partnern“, diese können auch „öffentliche Hand“ (wie z.B. staatl. Hochbauamt, Baureferat der LH München ...) sein

5.3.2 Architekten- und Ingenieurvertrag

Unterscheidung Werkvertrag – Dienstvertrag

Merkmal	Werkvertrag	Dienstvertrag
Erfolgshaftung	Ja	Nein
Gewährleistung	Mängelbeseitigung ohne Verschulden	Nein
Haftung / Schadensersatz	Fehlender Erfolgseintritt und Verschuldensunabhängig	Unsorgfältige Erfüllung der übernommenen Tätigkeiten und Verschulden
Verjährungsfrist	6 Monate / 5 Jahre bei Bauvertrag	30 Jahre
Vergütung	Abhängig von der Erbringung des geschuldeten Erfolges	Erbringen der vereinbarten (erfolgsunabhängigen) Tätigkeit
Vertragsbeendigung	Kündigung bei Beibehaltung des Werklohnanspruches §649 BGB	Kündigung gemäß vertraglichen oder gesetzlichen Kündigungsfristen

5.3.3 HOAI und Kostenermittlung

5.3.3.1 Gliederung HOAI vom 10. Juli 2013

Inhaltsübersicht:

Teil 1: Allgemeine Vorschriften

Teil 2: Flächenplanung

Teil 3: Objektplanung (Gebäude und raumbildende Ausbauten, Freianlagen, Ingenieurbauwerke, Verkehrsanlagen)

Teil 4: Fachplanung (Tragwerksplanung, Technische Ausrüstung)

Teil 5: Übergangs- und Schlussvorschriften

Anlage 1: Beratungsleistungen (Umweltverträglichkeitsstudie, Thermische Bauphysik, Schallschutz und Raumakustik, Geotechnik, Ingenieurvermessung)

Anlage 2 - 15: Grundleistungen im Leistungsbild Flächennutzungsplan

Gliederung Teil 4, Abschnitt 1 Tragwerksplanung

§49 Anwendungsbereich

§50 Besondere Grundlagen des Honorars

§51 Leistungsbild Tragwerksplanung

§52 Honorare für Grundleistungen bei Tragwerksplanungen

Das Honorar nach HOAI richtet sich für Leistungsbilder der Teile 3 und 4 nach

- anrechenbaren Kosten des Objekts auf Grundlage der Kostenberechnung oder Kostenschätzung oder einer schriftlich vereinbarten, nachprüfbaren Baukostenvereinbarung
- dem Leistungsbild (entspricht Abschnitten der HOAI)
- der Honorarzone
- der zugehörigen Honorartafel
- und bei Leistungen im Bestand einem evtl. Zuschlag
- sowie den übertragenen Leistungsphasen

Leistungsbilder gliedern sich in die folgenden Leistungsphasen (Tragwerksplanung nur Phasen 1-6):

1. Grundlagenermittlung
2. Vorplanung
3. Entwurfsplanung
4. Genehmigungsplanung
5. Ausführungsplanung
6. Vorbereiten der Vergabe
7. Mitwirken bei der Vergabe
8. Objektüberwachung (Bauüberwachung oder Bauoberleitung)
9. Objektbetreuung und Dokumentation

5.3.3.2 *Kosten im Hochbau*

DIN 276: Dieser Teil der Norm gilt für die Kostenplanung im Hochbau, insbesondere für die Ermittlung und die Gliederung von Kosten. Sie erstreckt sich auf die Kosten für den Neubau, den Umbau und die Modernisierung von Bauwerken sowie die damit zusammenhängenden projektbezogenen Kosten; für Nutzungskosten im Hochbau gilt DIN 18960.

Die Norm legt Begriffe der Kostenplanung im Bauwesen fest; sie legt Unterscheidungsmerkmale von Kosten fest und schafft damit die Voraussetzungen für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Kostenermittlungen. Die nach dieser Norm ermittelten Kosten können bei Verwendung für andere Zwecke (z. B. Vergütung von Auftragnehmerleistungen, steuerliche Förderung) den dabei erforderlichen Ermittlungen zugrunde gelegt werden. Eine Bewertung der Kosten im Sinne der entsprechenden Vorschriften nimmt die Norm jedoch nicht vor

Stufen der **Kostenermittlung**:

- **Kostenrahmen**
- **Kostenschätzung**
Entscheidung über Vorplanung
während Vorplanung erstellt
erste Gliederungsebene
Bezugsgrößen: Grundflächen und Rauminhalte
- **Kostenberechnung**
Grundlage für Finanzierung
spätestens mit Entwurfsplanung erstellt

zweite Gliederungsebene

Bezugsgrößen: noch Grundflächen oder Rauminhalte oder besser Gebäudeelemente

- **Kostenanschlag**

Vergabeentscheidungen

Grundlage für Kostenkontrolle

Sollkosten

dritte Gliederungsebene, zusätzlich / alternativ nach Vergabeeinheiten / Leistungsbereichen

- **Kostenfeststellung**

tatsächlich entstandene Kosten

Grundlage geprüfte Schlussrechnungen, Gebührenrechnungen etc.

Instrument der Kostenkontrolle

In der 1. Ebene der Kostengliederung werden die Gesamtkosten in folgende sieben Kostengruppen gegliedert:

100 Grundstück

200 Herrichten und Erschließen

300 Bauwerk — Baukonstruktionen

400 Bauwerk — Technische Anlagen

500 Außenanlagen

600 Ausstattung und Kunstwerke

700 Baunebenkosten

Die Kostengruppen 300 und 400 können zu Bauwerkskosten zusammengefasst werden.

Bei Bedarf werden diese Kostengruppen entsprechend der Kostengliederung in die Kostengruppen der 2. und 3. Ebene der Kostengliederung unterteilt.

Kalkulation (= Bauauftragsrechnung) von bauausführender Seite erstellt:

- **Vorkalkulation:** Findung von Angebotspreisen, Berücksichtigung von Änderungen bei Auftragsverhandlungen sowie Preisfindung bei Nachträgen zum Angebot
- **Arbeitskalkulation:** Ermittlung der Soll-Kosten im Rahmen Arbeitsvorbereitung
- **Nachkalkulation:** Ermittlung der tatsächlich entstandenen Kosten nach erbrachter Leistung

Jeweils angeben ob mit oder ohne MwSt. ...

5.3.3.3 DIN 277: Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau

Brutto-Grundfläche, BGF: Gesamtfläche aller Grundrissebenen des Bauwerks

Konstruktions-Grundfläche, KGF: Teilfläche der Brutto-Grundfläche (BGF), die sämtliche Grundflächen der aufgehenden Baukonstruktionen des Bauwerks umfasst

Netto-Raumfläche, NRF: Teilfläche der Brutto-Grundfläche (BGF), die sämtliche Grundflächen der nutzbaren Räume aller Grundrissebenen des Bauwerks umfasst

Nutzungsfläche, NUF: Teilfläche der Netto-Raumfläche (NRF), die der wesentlichen Zweckbestimmung des Bauwerks dient

Technikfläche, TF: Teilfläche der Netto-Raumfläche (NRF) für die technischen Anlagen zur Versorgung und Entsorgung des Bauwerks

Verkehrsfläche, VF: Teilfläche der Netto-Raumfläche (NRF) für die horizontale und vertikale Verkehrserschließung des Bauwerks

Brutto-Grundfläche, BGF					
Konstruktions-Grundfläche, KGF			Netto-Raumfläche, NRF		
Außenwand-Konstruktions-Grundfläche (AKF)	Innenwand-Konstruktions-Grundfläche (IKF)	Trennwand-Grundfläche (TGF)	Nutzungsfläche (NUF)	Technikfläche (TF)	Verkehrsfläche (VF)
			Wohnen und Aufenthalt (NUF 1)		
			Büroarbeit (NUF 2)		
			Produktion, Hand- und Maschinenarbeit, Forschung und Entwicklung (NUF 3)		
			Lagern, Verteilen und Verkaufen (NUF 4)		
			Bildung, Unterricht und Kultur (NUF 5)		
			Heilen und Pflegen (NUF 6)		
Sonstige Nutzungen (NUF 7)					

Hinweis: Obige Flächen nicht verwechseln mit Wohnfläche und Nutzfläche für wohnungswirtschaftliche Berechnungen; früher nach DIN 283-2 (02-1962) „Wohnungen – Berechnung der Wohnflächen und Nutzflächen“, dann „Zweite Berechnungsverordnung“, jetzt Wohnflächenberechnungsverordnung WoFIV 2004.

5.3.3.4 Kostenrichtwerte

Für überschlägige Kostenermittlung dienen sog. Kostenrichtwerte. Hierzu werden entsprechende Daten gesammelt und veröffentlicht. Zu unterscheiden sind Bezugsgrößen

- Grundflächen oder Volumen
- Gebäudeelemente

Wichtig dabei

- Basis bei Bezugsgrößen (z.B. Volumen als „umbauter Raum“ oder „Bruttorauminhalt“)
- Preisbasis => ggf. Preisindex anwenden

- Mit oder ohne Mehrwertsteuer
- Mit oder ohne Wagnis und Gewinn, Gemeinkosten
- Regionale Einflüsse
- Objektbedingte Einflüsse (Baukörperform, Gründungssituation, Witterung)

5.3.4 Ausschreibung und Vergabe

Europaweite Verfahren	Nationale Vergabeverfahren
Offenes Verfahren	Öffentliche Ausschreibung
Nichtoffenes Verfahren	Beschränkte Ausschreibung
Verhandlungsverfahren	Freihändige Vergabe

Vergabe zielt auf Schaffung von Vertragswerk:

Leistungsbeschreibung	Vertragsbedingungen		
Verdingungsunterlagen		Anschreiben	
Vergabeunterlagen		Preis + Unterschrift	
Angebot			Zuschlag

Bauvertrag

Leistungsbeschreibung: eindeutige, erschöpfende Definition der Bauleistungen mittels Leistungsverzeichnis oder Leistungsprogramm (funktionale Leistungsbeschreibung)
 dazu als „Hilfe“ Standardleistungsbuch (StLB), LV-Muster oder herstellerbezogene Vorlagen.

Vergabe möglich durch

- BGB (Bürgerliches Gesetzbuch): Werkvertrag
- VOB (Verdingungsordnung für Bauleistungen): Bauvertrag
 spezielle Regelungen (im Gegensatz zu allgemeinem BGB)

Gliederung der VOB in 3 Teile:

- VOB/A Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen
 Richtlinien für Gestaltung und Aufbau von Ausschreibungen, Vergabe, Vertrag;
 Empfehlung für private Bauherrn, bindend für öffentlichen Bauherrn.
- VOB/B Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen
 speziell für Bauverträge verfasste Bedingungen, die entsprechende BGB-Regelungen außer Kraft setzen, wenn sie vereinbart sind.

- VOB/C Allgemeine technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen
Regelungen (bei Vereinbarung) für einzelne Gewerke (z.B. Erdarbeiten, Maurerarbeiten)

5.3.5 Bauvertrag

Hierzu wird auf die Vorlesungen in anderen Modulen verwiesen, insbesondere Baurecht im Masterstudium.

5.3.6 Weitere privatrechtliche Fragestellungen bei Baumaßnahmen

Abnahme, Verspätete Leistung, Mängel und Mängelbeseitigung, Gewährleistung, Verjährung, Vergütung von Bauleistungen, Haftung von Unternehmer und Architekt sowie Prüflingenieur... vgl. weitere Module oder Literatur.