

Inhaltsverzeichnis

0	Einführung	3	6.3	Beanspruchung der Querschnittsteile	43
1	Grundsätzliches zum Entwurf eines Tragwerks	4	6.4	Vom Biegebalken zum Fachwerkträger	44
1.1	Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit	6	6.5	Ebener Fachwerkträger	45
1.2	Der Eurocode (EC)	9	6.5.1	Bildungsgesetze des ebenen Fachwerks	46
2	Lasten und Lasteinzugsflächen	10	6.5.2	Fachwerkformen - Auswahl	48
2.1	Arten von Lasten Einwirkungen (EW)	10	6.5.3	Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Stabkräfte	50
2.2	Lasteinzugsflächen	17	7	Rahmen	53
3	Lastabtragung und Aussteifung	21	7.1	Vom Balken zum Rahmen	53
3.1	Abtragen von vertikalen Lasten	21	7.2	Rahmenformen - Auswahl	54
3.1.1	Lastweiterleitung	22	7.3	Schnittgrößen und Verformungen	55
3.1.2	Regeln zur Lastabtragung	23	7.4	Beispiel: Einhäufiger Rahmen	58
3.2	Abtragen von horizontalen Lasten	24	7.5	Beispiel: Eingespannter Rahmen	59
3.2.1	Aussteifungselemente	25	7.6	Rahmen als Fachwerkkonstruktionen	60
3.2.2	Räumliche Stabilität	28	7.6.1	Geknickter Fachwerkträger	61
4	Beispiel - Stahlhalle	32			
5	Tragwerke	33			
5.1	Arten von Tragwerken	34			
5.2	Querschnitt und Material	38			
5.3	Tragwerksgestaltung	40			
6	Einfeldträger	41			
6.1	Tragverhalten und Kraftzustand	41			
6.2	Berechnung der Schnittgrößen mittel Gleichgewicht	42			

0 Einführung

Der Lehrinhalt der Baumechanik beschränkte sich im Wesentlichen auf die Lehre der Kräfte, Kraftsysteme und die Ermittlung von Auflagerkräften und Schnittgrößen an statisch bestimmten Systemen. Die dabei betrachteten Körper (Bauteile, Tragsysteme, Tragelemente) werden als „starre“ Körper betrachtet.

Des Weiteren hat die Baumechanik zum Ziel, die Studierenden mit den Methoden der Festigkeitslehre vertraut zu machen. Insbesondere die Ermittlung der Beanspruchungen und Deformationen elastischer Körper (Verschiebungen/Verzerrungen).

Die Lehrveranstaltung TWL 1 Grundlagen soll das Grundverständnis für das Tragverhalten der wichtigsten Tragsysteme vermitteln. Dabei stehen die Lastabtragung „Erkennen des Kraftzustandes“ innerhalb eines Systems und deren Auswirkungen auf die Konstruktion im Vordergrund.

1 Grundsätzliches zum Entwurf eines Tragwerks

Die **Zielsetzung des Tragwerksentwurfs** ist es, ausgehend von einer Nutzungsanforderung ein geeignetes Tragwerkskonzept zu entwickeln. Das Tragwerk unterliegt dabei u.a. folgenden Anforderungen. Es soll, trag- und standsicher, gebrauchstauglich, dauerhaft, wirtschaftlich, ressourcenschonend, angemessen gestaltet und in die Umgebung eingebunden sein.

Der Entwurfsprozess beinhaltet dabei das Erkennen, die Entwicklung und Beurteilung verschiedener Varianten unter Beteiligung aller relevanten Fachplaner. Er ist im Allgemeinen durch eine iterative Vorgehensweise gekennzeichnet.

Die Aufgabe eines Tragwerks aus statischer Sicht besteht darin, alle auf ein Bauwerk einwirkenden Lasten (Belastungen) aufzunehmen, weiterzuleiten und in den Baugrund abzugeben. Daraus ergeben sich folgende 4 Grundaufgaben:

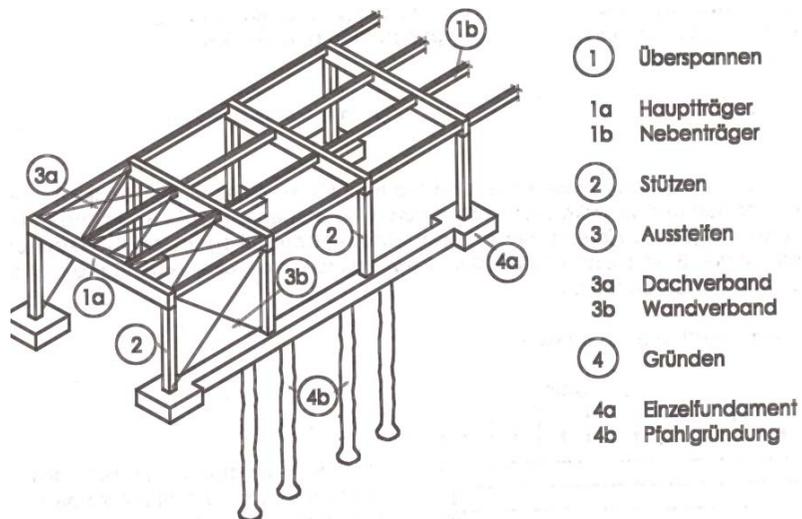


Abbildung 1.1:
Die 4 Grundaufgaben eines Hochbaus aus statischer Sicht:
Überspannen, Stützen, Aussteifen, Gründen¹

¹ Auszug aus „Tragwerkslehre“, G.W. Leicher, Werner Verlag, nur für Lehrzwecke !

Die **Tragwerksanalyse** hat zur Aufgabe, unter Berücksichtigung aller maßgebenden Bausituationen und den damit verbundenen Lastfällen nachzuweisen, dass die maßgebenden Grenzzustände (Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit) nicht überschritten werden.

Die **Tragwerksanalyse** ist unter Verwendung geeigneter Berechnungsmodelle (**Tragwerksmodelle**) durchzuführen, welche das **Tragverhalten** des realen Bauwerks ausreichend genau und zuverlässig beschreiben.

1.1 Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit

Grundlagen

Die Berechnung und Bemessung von Tragwerksteilen und Tragwerken orientieren sich an Grenzzuständen.

Grenzzustände: Zustände bei denen die Entwurfsanforderungen gerade noch erfüllt sind,
 unterschieden in: - Grenzzustand der **Tragsicherheit** (Tragfähigkeit), (ULS)
 - Grenzzustand der **Gebrauchstauglichkeit**, (SLS)

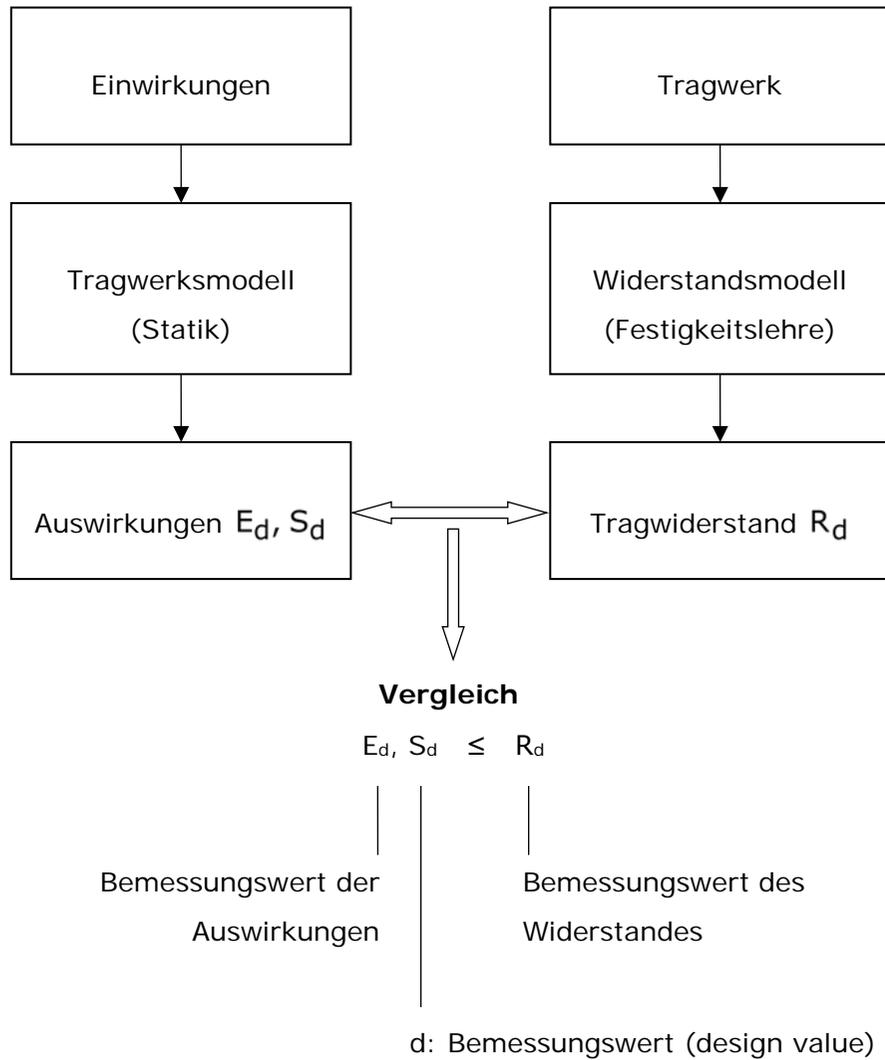
Anmerkung:
 Grenzzustände können sich dabei auf ständige, zeitlich begrenzte (Bauabschnitt) oder außergewöhnliche Bemessungssituationen beziehen

ULS := Ultimate Limit States
 SLS:= Serviceability Limit States

Grenzzustand der Tragsicherheit sind Zustände, mit deren Überschreitung immer ein Tragwerksversagen verbunden ist. Sie umfassen:

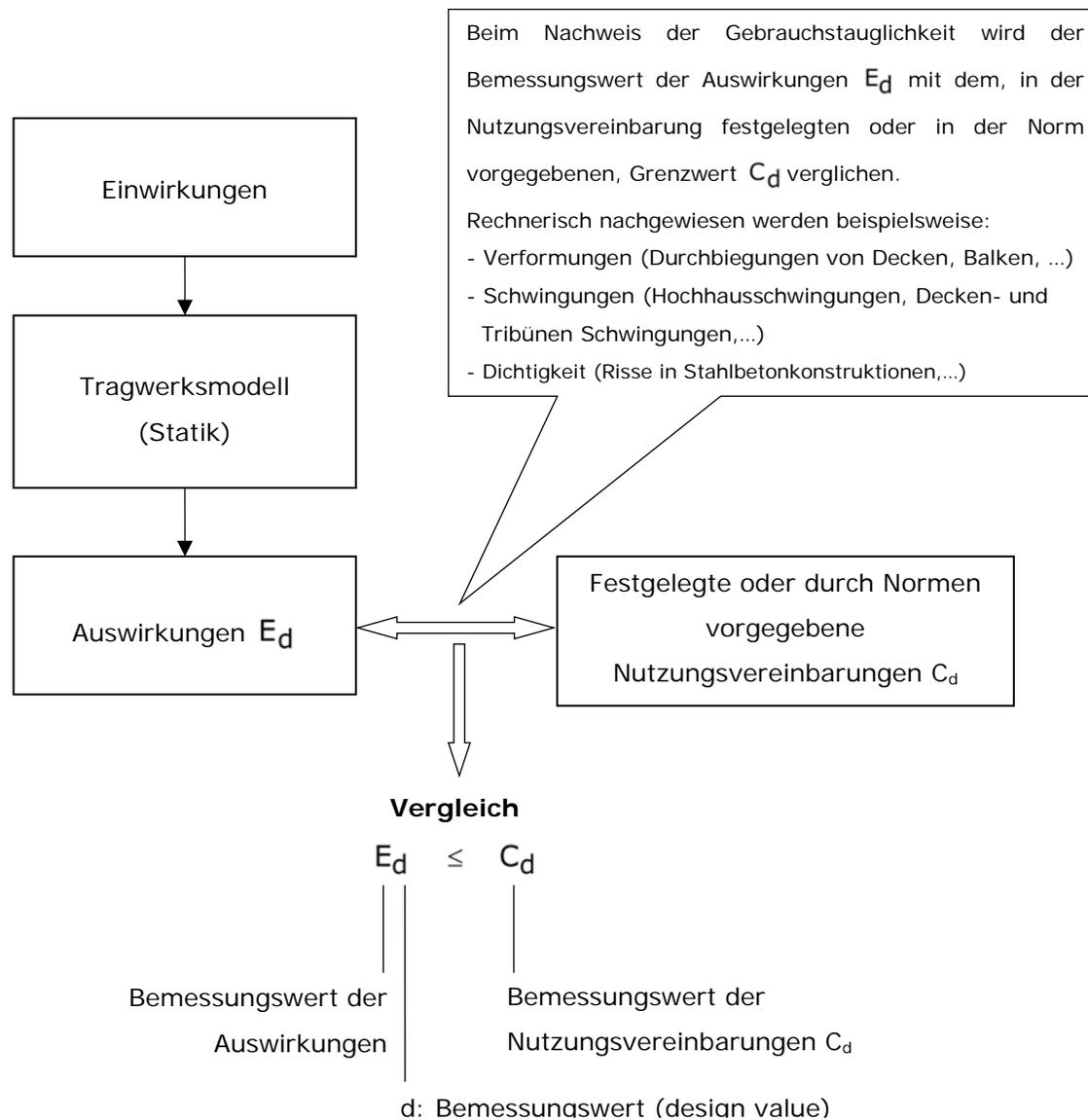
- die Gesamtstabilität des Tragwerks
- die Stabilität einzelner Tragwerksteile
- Tragwiderstand des Tragwerks und Tragwerksteilen
- der Materialermüdung
- Tragwiderstand des Baugrundes,

} wesentlicher Inhalt der
 TWL GL / ERW-GL



In Abbildung 1.2 ist der Nachweis des Tragwiderstandes eines Tragwerks und dessen Tragwerksteile (**Tragsicherheitsnachweis**) schematisch dargestellt. Es gilt die Forderung, dass der Bemessungswert der Auswirkungen („die Beanspruchung“) immer kleiner gleich dem Bemessungswert des Widerstandes („die Beanspruchbarkeit“) sein muss.

Abbildung 1.2: Schematische Darstellung des **Tragsicherheitsnachweises (ULS)**



Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

sind Zustände, mit deren Überschreitung die festgelegten Nutzungsanforderungen an ein Tragwerk oder seiner Teile nicht mehr erfüllt sind. Sie umfassen die Anforderungen betreffend:

- die Funktion (Funktionstüchtigkeit) eines Bauwerks oder seiner Bauwerksteile
- das Wohlbefinden der Nutzer
- das optische Erscheinungsbild des Bauwerks

Abbildung 1.3: Schematische Darstellung des **Gebrauchstauglichkeitsnachweises (SLS)**

1.2 Der Eurocode (EC)

Hintergrund des Eurocode-Programms

Im Jahre 1975 beschloss die Kommission der Europäischen Gemeinschaften, für das Bauwesen ein Programm auf der Grundlage des Artikels 95 der Römischen Verträge durchzuführen. Das Ziel des Programms war die Beseitigung technischer Handelshemmnisse und die Harmonisierung technischer Normen.

Im Rahmen dieses Programms leitete die Kommission die Bearbeitung von harmonisierten technischen Regelwerken für die Tragwerksplanung von Bauwerken ein, die im ersten Schritt als Alternative zu den in den Mitgliedsländern geltenden Regeln dienen und schließlich diese ersetzen sollten.

15 Jahre lang leitete die Kommission mit Hilfe eines Steuerungskomitees mit Repräsentanten der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programms, das zu der ersten Eurocode-Generation in den 80er Jahren führte.

Im Jahre 1989 entschieden sich die Kommission und die Mitgliedsländer der Europäischen Union und der EFTA, die Entwicklung und Veröffentlichung der Eurocodes über eine Reihe von Mandaten an CEN zu übertragen, damit diese den Status von Europäischen Normen (EN) erhielten. Grundlage war eine Vereinbarung¹⁾ zwischen der Kommission und CEN. Dieser Schritt verknüpft die Eurocodes de facto mit den Regelungen der Ratsrichtlinien und Kommissionsentscheidungen, die die Europäischen Normen behandeln (z. B. die Ratsrichtlinie 89/106/EWG zu Bauprodukten, die Bauproduktenrichtlinie, die Ratsrichtlinien 93/37/EWG, 92/50/EWG und 89/440/EWG zur Vergabe öffentlicher Aufträge und Dienstleistungen und die entsprechenden EFTA-Richtlinien, die zur Einrichtung des Binnenmarktes eingeleitet wurden).

Das Eurocode-Programm umfasst die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

EN 1990 Eurocode, *Grundlagen der Tragwerksplanung*.

EN 1991 Eurocode 1, *Einwirkung auf Tragwerke*.

EN 1992 Eurocode 2, *Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbetonbauten*.

EN 1993 Eurocode 3, *Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten*.

EN 1994 Eurocode 4, *Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahl-Beton-Verbundbauten*.

EN 1995 Eurocode 5, *Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauten*.

EN 1996 Eurocode 6, *Entwurf, Berechnung und Bemessung von Mauerwerksbauten*.

EN 1997 Eurocode 7, *Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*.

EN 1998 Eurocode 8, *Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*.

EN 1999 Eurocode 9, *Entwurf, Berechnung und Bemessung von Aluminiumkonstruktionen*.

2

² Auszug aus Eurocode 1 (EC 1), EN 1991-1-1-2002 (D), nur für Lehrzwecke !

2 Lasten und Lasteinzugsflächen

2.1 Arten von Lasten Einwirkungen (EW)

Die Definition der Einwirkungen (EW) erfolgt hier, entsprechend des Eurocodes (ÖNORM EN 1991-1-1), hinsichtlich ihrer zeitlichen Veränderung. Da es sich hier um mechanische Einwirkungen handelt werden sie im Weiteren mit Lasten bezeichnet. Betrachtet werden die wesentlichen, für den Hochbau benötigten, Einwirkungen.

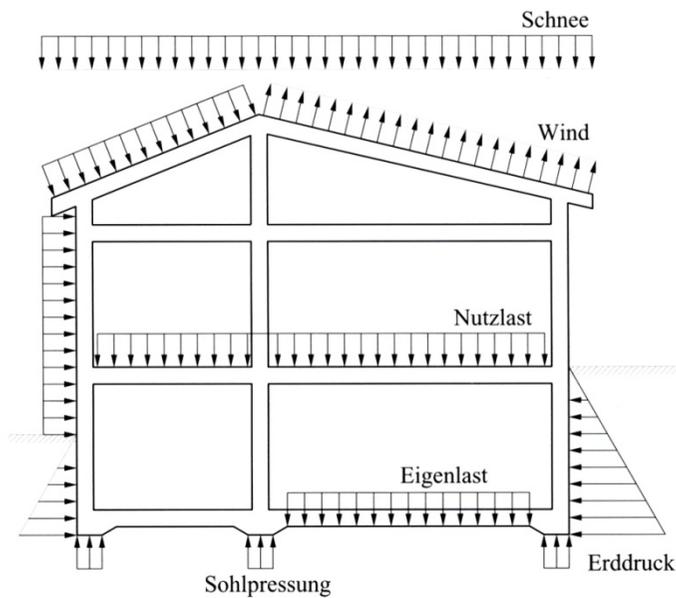


Abbildung 2.1: Lasten im Hochbau³

³ Auszug aus „Entwurf von Tragwerken“ ETH –Zürich Prof. Otto Künzle, nur für Lehrzwecke !

Tabelle 2.1: Definition der wesentlichen Einwirkungen (Auszug aus ÖNORM EN 1991-1-1, Ausgabe 2003, Eurocode, EC 1)

Ständige Einwirkungen (G):

Eine Einwirkung, von der ausgegangen wird,

- dass sie während einer vorgegebenen Bausituation wirkt und deren zeitliche Größenänderung gegenüber dem Mittelwert vernachlässigbar ist,
- oder für die die Änderung immer in der gleichen Richtung (gleichmäßig) stattfindet, bis die Einwirkung einen Grenzwert erreicht.

Veränderliche Einwirkungen (Q):

Eine Einwirkung, von der nicht vorausgesetzt werden kann,

- dass sie dauernd während einer vorgesehenen Bemessungssituation wirkt
- oder deren zeitliche Größenänderung gegenüber dem Mittelwert nicht vernachlässigbar ist
- oder für die die Änderung nicht immer in der gleichen Richtung stattfindet.

Außergewöhnliche Einwirkungen (A, A_E):

- Eine Einwirkung (gewöhnlich von kurzer Dauer), die mit merklicher Größenänderung innerhalb des betrachteten Zeitraums während der geplanten Nutzungsdauer wahrscheinlich nicht auftritt.

Anmerkung: Von einer außergewöhnlichen Einwirkung kann in vielen Fällen vorausgesetzt werden, dass ihr Auftreten bedrohliche Folgen hat, sofern nicht besondere Maßnahmen ergriffen werden.

Weitere Einwirkungen ...

Eigenlasten des Tragwerks ergeben sich aus der Masse des Tragwerks mittels der Wichte γ [kN/m³]. Sie wirken immer lotrecht von oben nach unten. Es zählen nur Lasten der tragenden Bauteile.

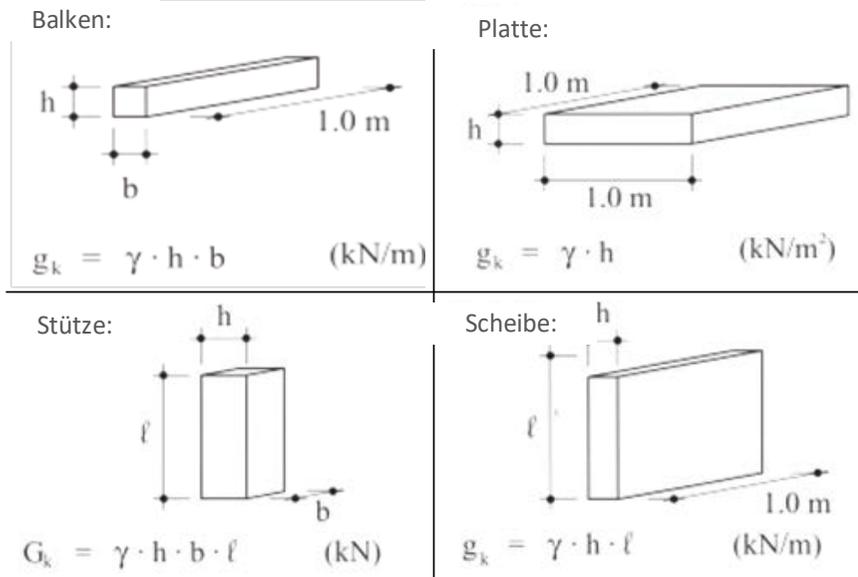


Abbildung 2.2: Berechnung von Eigenlasten⁴

⁴ Auszug aus „Entwurf von Tragwerken“ ETH –Zürich Prof. Otto Künzle, nur für Lehrzwecke !

Beispiel: **Eigenlasten** nach ÖNORM EN 1991-1-1

2. Eigenlasten von Baustoffen und Bauteilen
(gemäß ÖNORM EN 1991-1-1
bzw. ÖNORM B 1991-1-1)

Das Eigengewicht eines Bauteils ist dessen ständige, ortsfeste Einwirkung. Bei zeitlich veränderlichen Eigenlasten ist dessen oberer und unterer charakteristischer Wert zu berücksichtigen (versetzbare Wände etc.). Stoffe, die als Ballast wirken, sind als ständige Einwirkungen zu sehen, ebenso Bodenaufschüttungen auf Dächern oder Terrassen.

Das gesamte Eigengewicht der tragenden und nichttragenden Bauteile sollte in der Lastkombination als einzelne Einwirkung angesetzt werden.

2.1 Bauteile

2.1.1 Dachdeckungen aus Beton und Faserzement

	Bauprodukte	Nennwert in kN/m ²
1	Faserzementdachplatten nach ÖNORM EN 492	
2	auf Lattung	
3	einfach	0,18
4	doppelt	0,25
5	auf Schalung	
6	einfach	0,33
7	doppelt	0,40
8	Faserzementwellplatten gem. ÖN EN 492 ohne Tragkonstr.	0,10 bis 0,15
9	Betondachsteine auf Lattung	0,55

2.1.2 Dachdeckungen aus Glas

	Bauprodukte	Nennwert in kN/m ²
1	Drahtglas, Einscheibensicherheitsglas, 6 mm	0,35
2	Verbundsicherheitsglas, 8 mm	0,40
3	Zuschlag je 1 mm Glasdicke	0,03

2.1.3 Glasbausteine

	Bauprodukte	Nennwert in kN/m ²
1	8 cm Dicke	1,00
2	10 cm Dicke	1,25

2.1.4 Dachdeckungen aus Metall

	Bauprodukte	Nennwert in kN/m ²
1	Aluminiumblech profiliert	0,08
2	Blech auf Schalung	
3	Alublech 0,6 mm	0,28
4	Stahlblech verzinkt 0,6 mm	0,32
5	Kupferblech, Doppelfalz, 0,6 mm	0,30
6	Zinkblech 0,6 mm	0,30
7	Stahlwellblech verzinkt, 1 mm	0,15
8	Trapezblech	0,08 bis 0,20
9	Sandwichdeckung aus Trapezblech, zweischalig inkl. Schaumkern	0,40

2.1.5 Dachdeckungen aus Ziegel

	Bauprodukte	Nennwert in kN/m ²
1	Biberschwanz, Wiener Tasche	
2	einfach	0,65
3	doppelt	0,90
4	Falzplatten, Flachdachpfannen	0,50
5	Kopffalz-, Pressfalzziegel, S-Pfannen	0,45
6	Strangfalzziegel	0,40

⁵ Auszug aus „Krapfenbauer“ ..., nur für Lehrzwecke !

Beispiel: **Nutzlasten** nach ÖNORM EN 1991-1-2

Kategorie	Nutzungsmerkmal	Beispiele
A	Wohnflächen	A1: Räume in Wohngebäuden und -häusern, Stations- und Krankenzimmer in Krankenhäusern ¹ , Zimmer in Hotels und Herbergen, Küchen, Toiletten A2: nicht ausbaubare, begehbare Dachböden ²
B	Büroflächen	B1: Büroflächen in bestehenden Gebäuden B2: Büroräume in Bürogebäuden ³
C	Flächen mit Personenansammlungen (außer Kategorie A, B und D)	C1: Flächen mit Tischen etc. z. B.: Schulen, Cafés, Restaurants, Speisesäle, Lesezimmer, Empfangsräume ⁴ C2: Flächen mit fester Bestuhlung ^{5,6} z. B.: Kirchen, Theater, Kinos, Konferenzräume, Vorlesungssäle, Versammlungshallen, Wartezimmer, Bahnhofswartesaale C3: Flächen ohne Hindernis für die Beweglichkeit von Personen (Decken, Treppen, Zugangsflächen, Balkone, Loggien) C3.1: Flächen mit mäßiger Personenfrequenz (Museen, Ausstellungsräume, Zugang in Bürogebäuden) C3.2: Flächen mit hoher Personenfrequenz (Zugang in öffentl. Gebäuden, Schulen, Verwaltungsgebäude, Hotels, Krankenhäuser, Bahnhofshallen) C4: Flächen mit möglichen körperlichen Aktivitäten (Tanzsäle, Turnhallen, Bühnen) C5: Flächen mit möglichem Menschengedränge (Gebäude mit öffentl. Veranstaltungen, Konzertsäle, Sporthallen mit Tribünen, Terrassen, Bahnsteige)
D	Verkaufsflächen	D1: Flächen in Einzelhandelsgeschäften D2: Flächen in Kaufhäusern
<p>¹ Krankenzimmer sind der Kat. C1 zuzuordnen, wenn die Verwendung von Behandlungs- und Diagnosegeräten nicht ausgeschlossen werden kann. ² Ausbaubare Dachböden sind Kat. C1 zuzuordnen. ³ Zugangsflächen, Treppen und Balkone in Bürogebäuden sind im Allgemeinen der Kat. C3.1 zuzuordnen. ⁴ Es wird empfohlen, Flächen mit Tischen der Kat. C3.1 zuzuordnen, wenn die Entfernung der Tische für die Abhaltung von Veranstaltungen nicht auszuschließen ist. (Schulen, Gaststätten, Restaurants) ⁵ In Räumen mit fester Bestuhlung sind freie Flächen (ohne Bestuhlung), die 25 m² überschreiten, der Kat. C3.2 zuzuordnen. ⁶ Tribünen mit festen Sitzen sind der Kat. C2, sonst der Kat. C5 zuzuordnen.</p> <p>– Terrassen und widmungsgemäß begehbare Dächer sind mind. der Kat. der anschließenden Räume zuzuordnen. – Für Flächen mit Nutzung als Archiv oder Bibliothek ist Tab. 3 zu beachten. – Nichtbefahrbar, außerhalb der Gebäude liegende Flächen (z. B. Kellerdecken unter Höfen und Gärten) müssen je nach Personenfrequenz den entsprechenden Kategorien zugeordnet werden.</p>		

Nutzungskategorien			q_k kN/m ²	Q_k kN
A	A1	Decken	2,0	2,0
		Treppen in Wohnhäusern	3,0	2,0
Balkone (Loggien)		4,0	2,0	
	A2		1,5	2,0
B	B1		2,0	2,0
	B2		3,0	3,0
C	C1		3,0	3,0
	C2		4,0	4,0
	C3	C3.1	4,0	4,0
		C3.2	5,0	5,0
	C4		5,0	4,0
C5	Decken	5,0	4,0	
	Treppen, Zugangsflächen	6,0	4,0	
	Balkone (Loggien)	6,0	4,0	
D	D1		4,0	4,0
	D2		5,0	5,0

Auszug aus „Krapfenbauer“ ..., nur für Lehrzwecke !

Beispiel: Eigenlast und Auflast

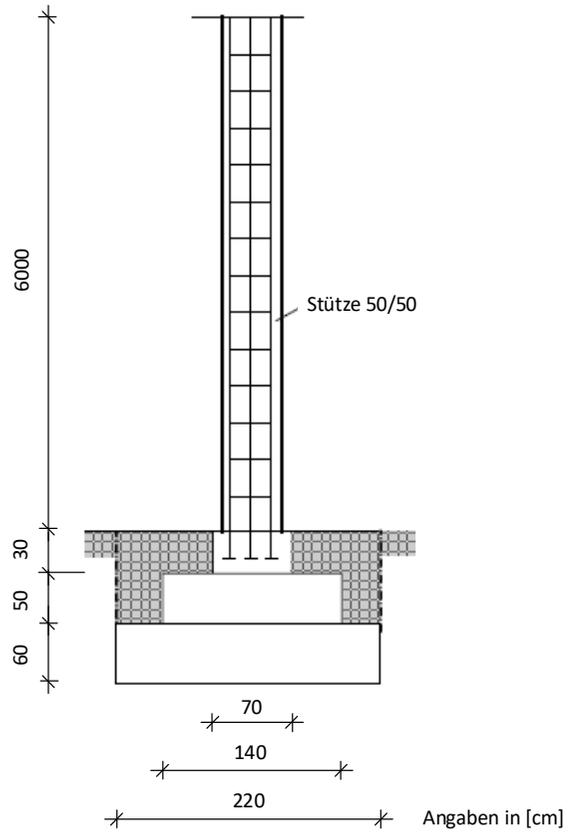


Abbildung 2.3: Quadratische Stahlbetonstütze



Übung !!!

Beispiel: **Schneelast** nach ÖNORM EN 1991-1-3

7. Schneelasten nach ÖNORM EN 1991-1-3 bzw. B 1991-1-3

7.1 Anwendungsbereich

Die folgenden Bestimmungen gelten für vorwiegend ruhende Schneelasten auf Bauwerken bis zu einer Seehöhe von max. 1500 m, sie gelten **nicht** für dynamische Schneelasten (Lawineneinwirkungen).

Für höher gelegene Orte sind die Regellasten an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik zu erfragen. (Einige höher gelegene Orte sind im anschließend angeführten Ortsverzeichnis bereits vorhanden.)

Für die atmosphärische Vereisung von Tragwerken ist ISO 12494 anzuwenden. Für Starkstromfreileitungen gelten die technischen Bestimmungen nach ÖVE-L1, ÖVE/ÖNORM E 8111, ÖVE/ÖNORM EN 50341 bzw. ÖVE/ÖNORM EN 50423.

7.2 Bemessungssituationen

Für den Ansatz der Schneelasten ist die vorübergehende/ständige Bemessungssituation zu ermitteln.

Die Kombination der einwirkenden Lasten ist mit folgenden Kombinationsbeiwerten zu berücksichtigen.

Tabelle 1: Lastkombinationsbeiwerte

	ψ_0 seltene Komb.	ψ_1 häufige Komb.	ψ_2 quasi ständige K.
$H \leq 1000$ m Seehöhe	0,50	0,20	0,00
$1500 > H > 1000$ m Seehöhe	0,70	0,50	0,20

Die Schneeregellast s_k entspricht der maximalen Schneemenge bei einer Wiederkehrperiode von 50 Jahren. Sie wurde durch langjährige Aufzeichnungen der klimatischen Ereignisse statistisch errechnet und für den nationalen Raum lt. Zonenplan (ÖN B 1991-1-3 Anhang B) festgelegt.

7.3 Schneelast auf Dächern

Die Schneelast auf Dächern ist in Projektion auf die Horizontale folgendermaßen zu ermitteln:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

μ_i ... Formbeiwert

C_e ... Umgebungskoeffizient (in Ö gilt: $C_e = 1$)

C_t ... Temperaturkoeffizient (in Ö gilt: $C_t = 1$)

6

Beispiel: **Windlasten** nach ÖNORM EN 1991-1-4

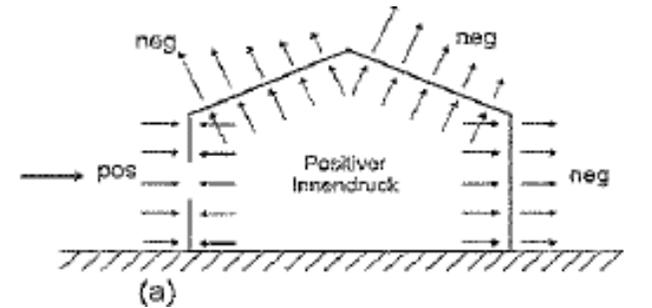


Abbildung 2.4: Windlasten

⁶ Auszug aus „Krapfenbauer“ ..., nur für Lehrzwecke !

2.2 Lasteinzugsflächen

(A) Einachsig gespannte Platte / Durchlaufträger:

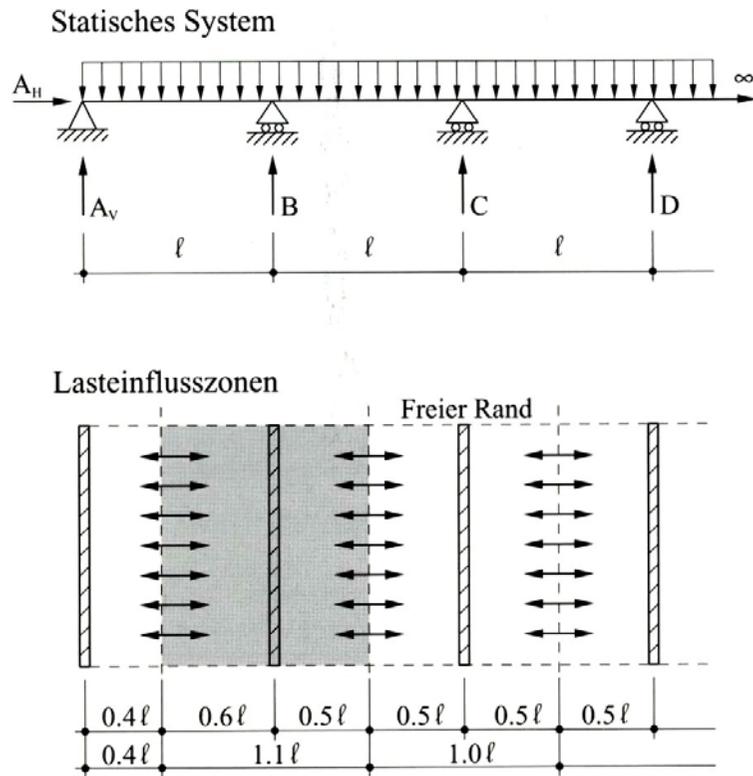


Abbildung 2.5: Lasteinflusszone einer einachsig gespannten Decke⁷

⁷ Auszug aus „Entwurf von Tragwerken“ ETH –Zürich Prof. Otto Künzle, nur für Lehrzwecke !



Übung !!!

Voraussetzung: gleiche Steifigkeit aller Auflagerpunkte !

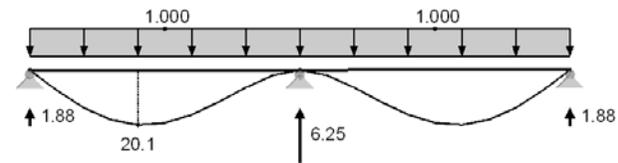


Abbildung 2.6: Zweifeldträger (RSTAB)

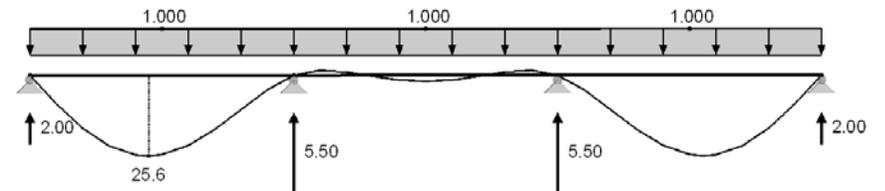


Abbildung 2.7: Dreifeldträger (RSTAB)

2.10 Durchlaufträger mit gleichen Stützweiten über 2 bis 5 Felder¹⁾

Belastung 1	Belastung 2	Belastung 3	Belastung 4	Belastung 5	Belastung 6

Kräfte = Tafelwert · q · l
bzw. = Tafelwert · F

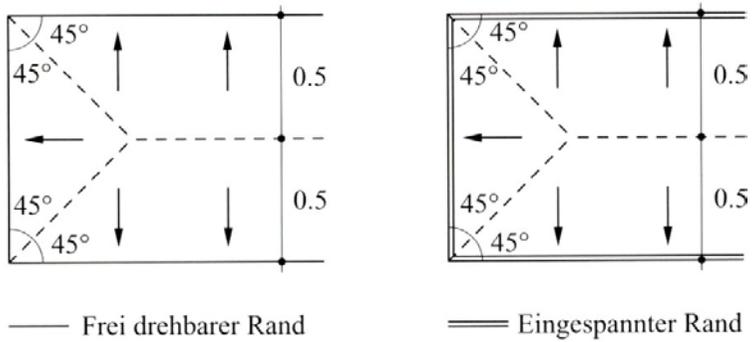
Momente = Tafelwert · q · l²
bzw. = Tafelwert · F · l

Die Feldmomente M₁, M₂ usw. sind die Größtwerte der Feldmomente in den Feldern 1, 2 usw.

Lastfall	Kraftgrößen	Belastung 1	Belastung 2	Belastung 3	Belastung 4	Belastung 5	Belastung 6
	M ₁	0,070	0,048	0,056	0,062	0,156	0,222
	min M ₀	-0,125	-0,078	-0,093	-0,106	-0,188	-0,333
	A	0,375	0,172	0,207	0,244	0,313	0,667
	max B	1,250	0,656	0,786	0,911	1,375	2,667
	min V ₀	-0,625	-0,328	-0,393	-0,456	-0,688	-1,333
	max M ₁	0,096	0,065	0,076	0,085	0,203	0,278
M ₀	-0,063	-0,039	-0,047	-0,053	-0,094	-0,167	
max A	0,438	0,211	0,253	0,297	0,406	0,833	
min C	-0,063	-0,039	-0,047	-0,053	-0,094	-0,167	
	M ₁	0,080	0,054	0,064	0,071	0,175	0,244
	M ₂	0,025	0,021	0,024	0,025	0,100	0,067
	M ₀	-0,100	-0,063	-0,074	-0,085	-0,150	-0,267
	A	0,400	0,188	0,226	0,265	0,350	0,733
	B	1,100	0,563	0,674	0,785	1,150	2,267
	V ₀	-0,600	-0,313	-0,374	-0,435	-0,650	-1,267
V ₁	0,500	0,250	0,300	0,350	0,500	1,000	
max M ₁	0,101	0,068	0,080	0,090	0,213	0,289	
M ₂	-0,050	-0,032	-0,037	-0,043	-0,075	-0,133	
M ₀	-0,050	-0,032	-0,037	-0,043	-0,075	-0,133	
max A	0,450	0,219	0,263	0,307	0,425	0,867	
max M ₂	0,075	0,052	0,061	0,067	0,175	0,200	
M ₀	-0,050	-0,032	-0,037	-0,043	-0,075	-0,133	
min A	-0,050	-0,032	-0,037	-0,043	-0,075	-0,133	
min M ₀	-0,117	-0,073	-0,087	-0,099	-0,175	-0,311	
M _C	-0,033	-0,021	-0,025	-0,029	-0,050	-0,089	
max B	1,200	0,626	0,749	0,871	1,300	2,533	
min V ₀	-0,617	-0,323	-0,387	-0,449	-0,675	-1,311	
max V ₀	0,583	0,303	0,362	0,421	0,625	1,222	
max M ₀	0,017	0,011	0,013	0,015	0,044	0,044	
M _C	-0,067	-0,042	-0,050	-0,057	-0,100	-0,178	
max V ₁	0,017	0,011	0,013	0,015	0,025	0,044	
min V ₁	-0,083	-0,053	-0,062	-0,071	-0,125	-0,222	
	M ₁	0,077	0,052	0,062	0,069	0,170	0,238
	M ₂	0,036	0,028	0,032	0,034	0,116	0,111
	M ₀	-0,107	-0,067	-0,080	-0,091	-0,161	-0,286
	M _C	-0,071	-0,045	-0,053	-0,060	-0,107	-0,190
	A	0,393	0,183	0,220	0,259	0,339	0,714
	B	1,143	0,590	0,707	0,822	1,214	2,381
C	0,929	0,455	0,546	0,638	0,892	1,810	
V ₀	-0,607	-0,317	-0,380	-0,441	-0,661	-1,286	
V ₁	0,536	0,273	0,327	0,381	0,554	1,095	
V ₂	-0,464	-0,228	-0,273	-0,319	-0,446	-0,905	
max M ₁	0,100	0,067	0,079	0,088	0,210	0,286	
M ₂	-0,054	-0,034	-0,040	-0,046	-0,080	-0,143	
M ₀	-0,036	-0,023	-0,027	-0,031	-0,054	-0,095	
max A	0,446	0,217	0,260	0,298	0,420	0,857	
max M ₂	0,080	0,056	0,063	0,071	0,183	0,222	
M ₀	-0,054	-0,034	-0,040	-0,046	-0,080	-0,143	
M _C	-0,036	-0,023	-0,027	-0,031	-0,054	-0,095	
min A	-0,054	-0,034	-0,040	-0,046	-0,080	-0,143	

Auszug aus Holtschemacher, Entwurfs- und Berechnungstabellen für Baingenieur, 3. Auflage, NUR FÜR LEHRZWECKE

(B) Zweiachsig (kreuzweise) gespannte Platte:



Figur 4.5
Ränder mit gleichen Auflagerbedingungen

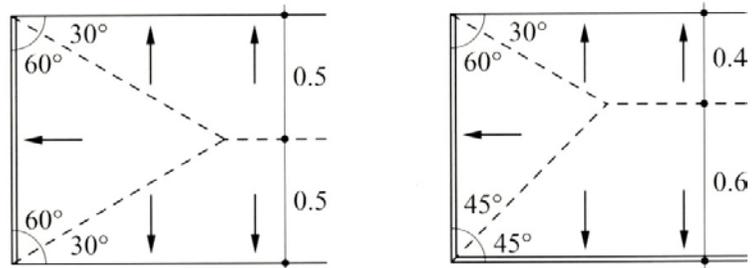


Abbildung 2.8: Lasteinflusszone einer zweiachsig gespannten Decke⁸

(C) Flachdecke auf Stützen:

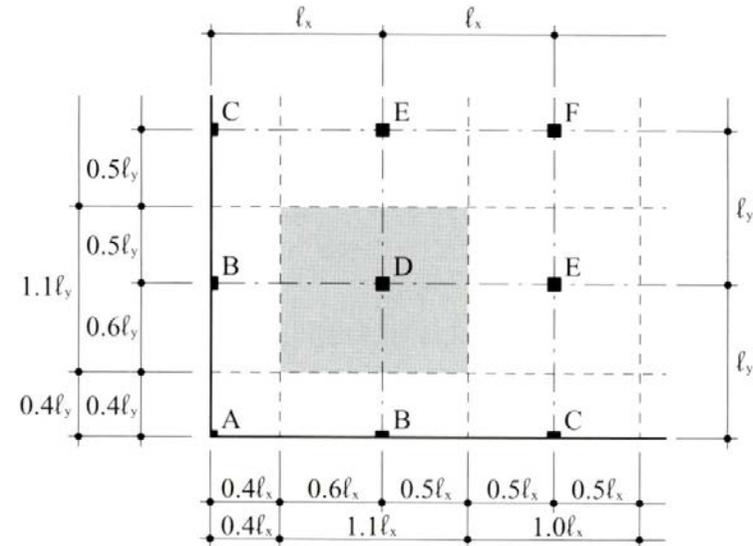


Abbildung 2.9: Lasteinflusszone einer zweiachsig gespannten Decke

⁸ Auszug aus „Entwurf von Tragwerken“ ETH –Zürich Prof. Otto Künzle, nur für Lehrzwecke !

Beispiel: Lasten und Lasteinzugsflächen

Gegeben:

3-geschossiges Schulgebäude

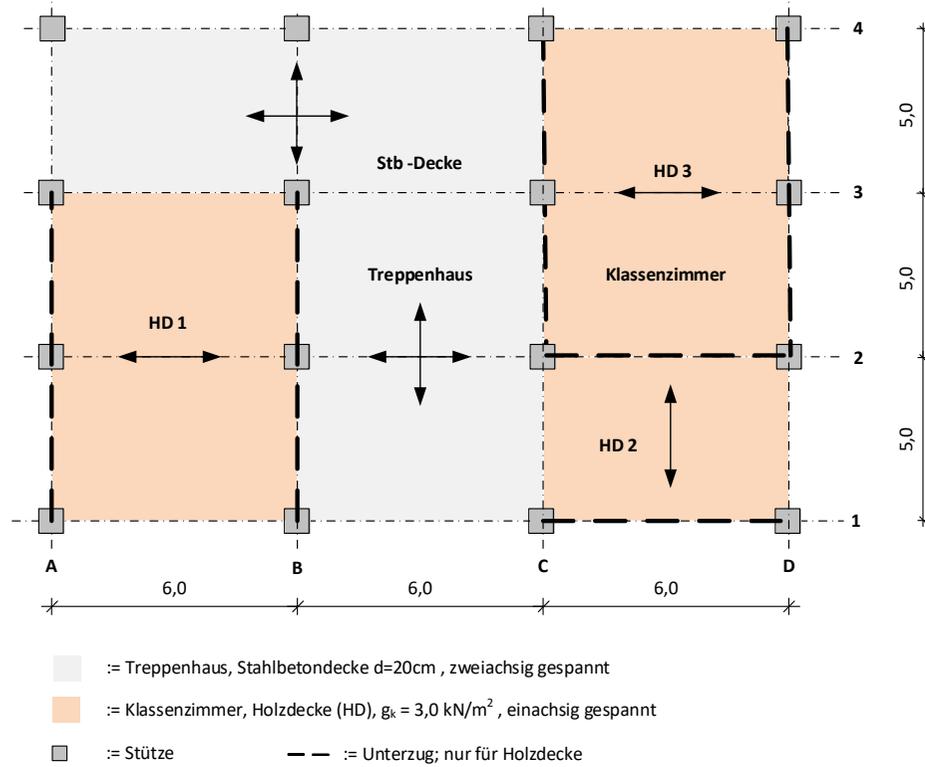


Abbildung 2.10: Grundriss Schulgebäude

Gesucht:

1. Bestimmen Sie die folgenden charakteristischen Lasten für das Gebäude:
 Eigengewicht der Stahlbetondecke (g_k^{StB}) und Verkehrslasten für die Decken im Bürogebäude (q_k).
 Eigengewicht Holzdecke beträgt $g_k^{HD} = 3,0 \text{ kN/m}^2$
 Die Schneelast beträgt $q_k^s = 2,5 \text{ kN/m}^2$
2. Berechnen Sie die Lasteinzugsflächen **aller** Stützen (**A1, A2, ... D4**) – **getrennt für Beton – und Holzdecke!**
3. Ermitteln Sie die Normalkraft (N_d) in der max. beanspruchten Stütze für die Lastfallkombination: Eigengewicht und Verkehrslasten.
 Anm.: Das Eigengewicht der Stützen und der Unterzüge ist zu vernachlässigen.
 Kombinationsbeiwert für alle Lasten (Vorgabe): $\gamma_F = 1,4$



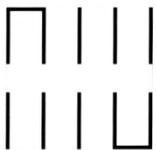
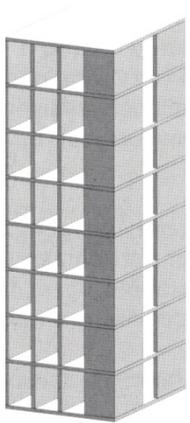
Übung !!!

3 Lastabtragung und Aussteifung

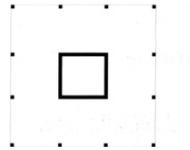
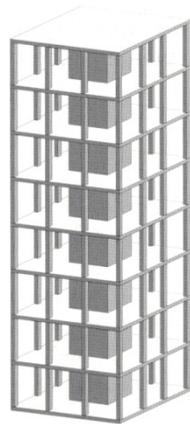
3.1 Abtragen von vertikalen Lasten

Direkte Systeme⁹:

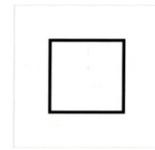
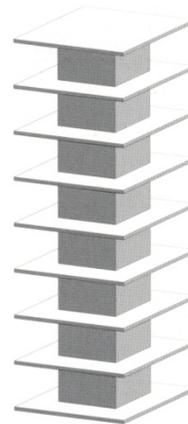
Scheibentragwerk:



Skelettbau:

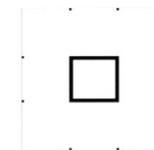
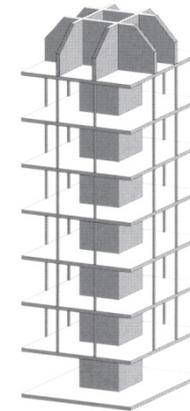


Kragssysteme:



Indirektes System:

Hängendes System:



[lastabtrag_vert.ppt](#)

[bilder-max-hochhaus](#)

⁹ Auszug aus „Entwurf von Tragwerken“ ETH –Zürich Prof. Otto Künzle, nur für Lehrzwecke !

3.1.1 Lastweiterleitung

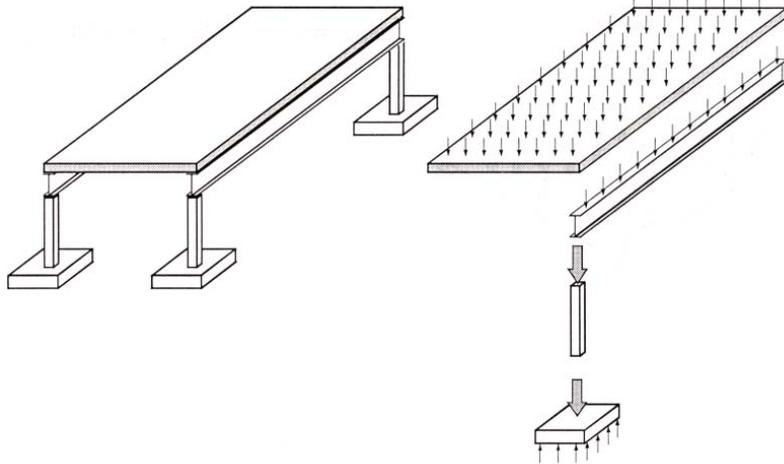


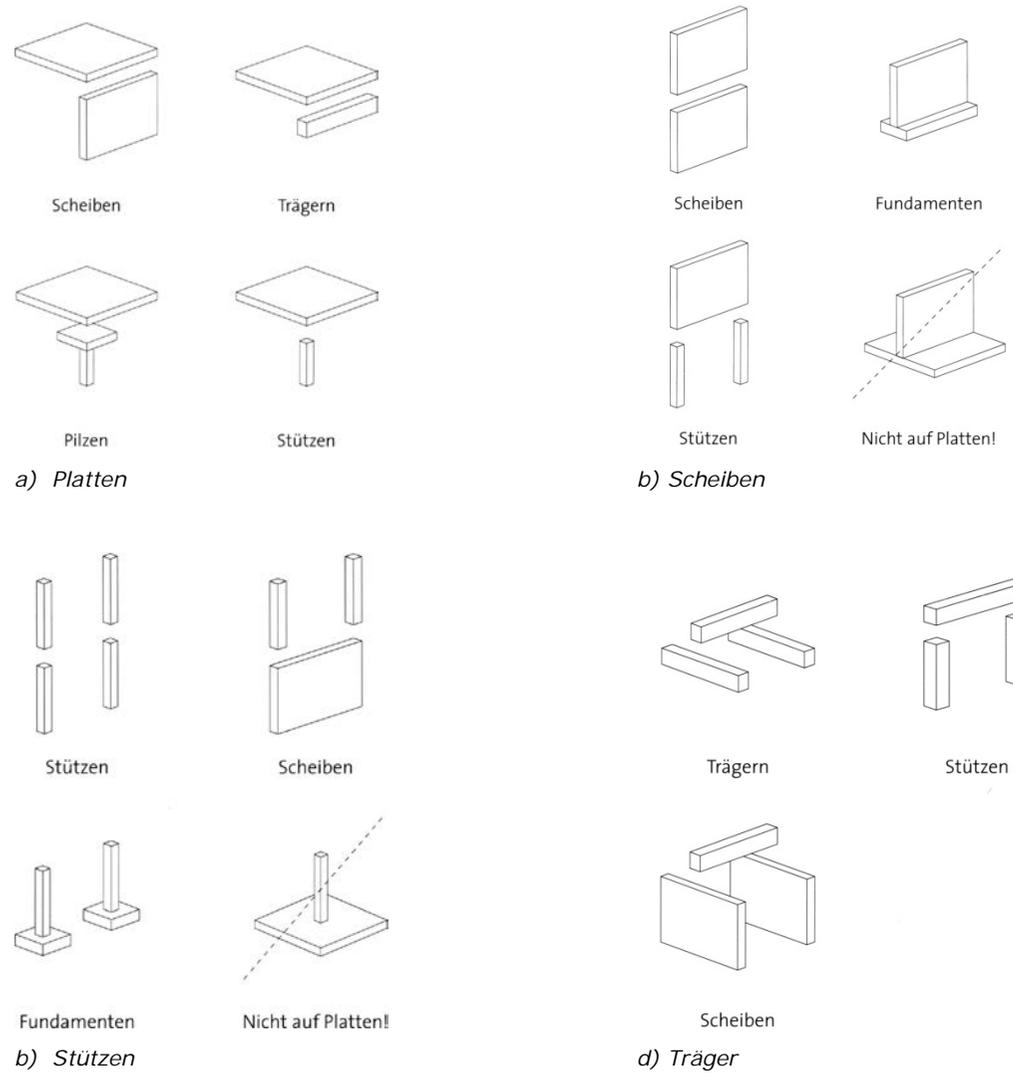
Abbildung 3.1: Weiterleitung vertikaler Lasten – Platte – Träger – Stütze - Fundament¹⁰



Übung !!!

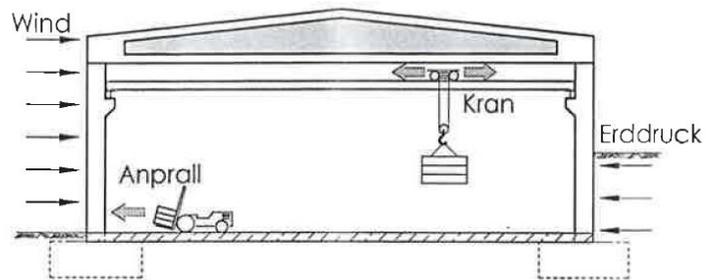
¹⁰ Auszug aus „Tragwerkslehre“, G.W. Leicher, Werner Verlag, nur für Lehrzwecke !

3.1.2 Regeln zur Lastabtragung¹¹



¹¹ Auszug aus „Entwurf von Tragwerken“ ETH –Zürich Prof. Otto Künzle, nur für Lehrzwecke !

3.2 Abtragen von horizontalen Lasten



- Wind
- Erddruck bei Hanglage
- Schiefstellung von Stützen
- Anpralllasten von Fahrzeugen
- Brems- und Beschleunigungskräfte aus Kranbahnen
- Erdbeben

Abbildung 3.2: Arten von horizontalen Lasten:¹²

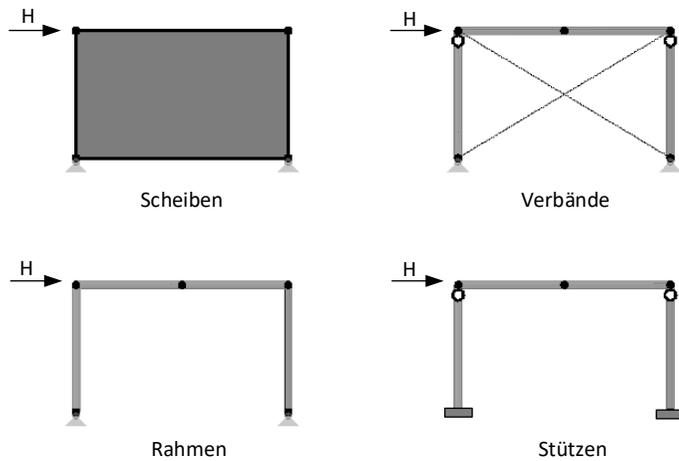
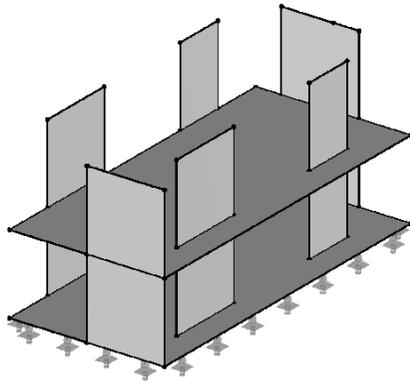


Abbildung 3.3: Arten von Aussteifungselementen (RFEM)

¹² Auszug aus „Tragwerkslehre“, G.W. Leicher, Werner Verlag, nur für Lehrzwecke !

3.2.1 Aussteifungselemente

(A) Aussteifung mittels Scheiben



Anm.:

Wandscheiben bzw. Kerne aus Stahlbeton sind im Hochbau (Geschossbau) die am häufigsten verwendeten Aussteifungselemente.

Sie wirken als in die Fundamente eingespannte vertikale Kragträger und müssen durch das gesamte Gebäude verlaufen.

Scheiben nehmen die jeweiligen Horizontallasten in jedem Geschoss auf und leiten sie in den Baugrund ab.

Für kleinere Bauten (ca. 3 Geschosse) können tragende Mauerwerks- oder Holzwände für die Aussteifung verwendet werden.

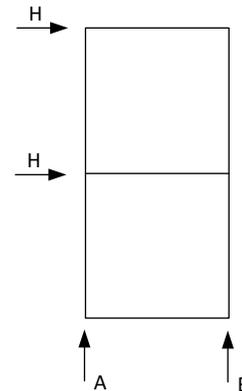
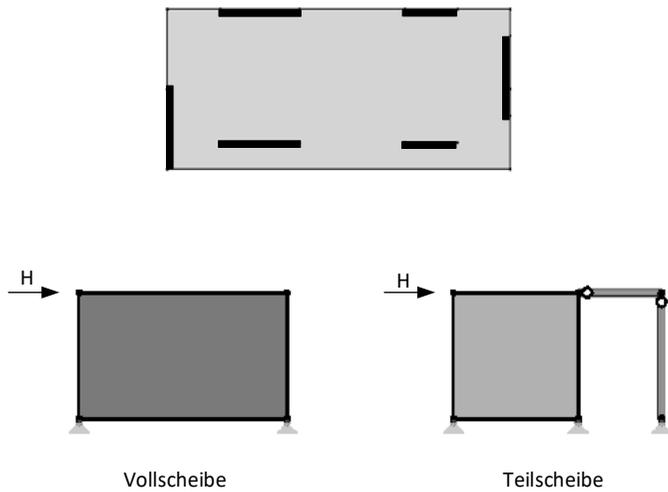
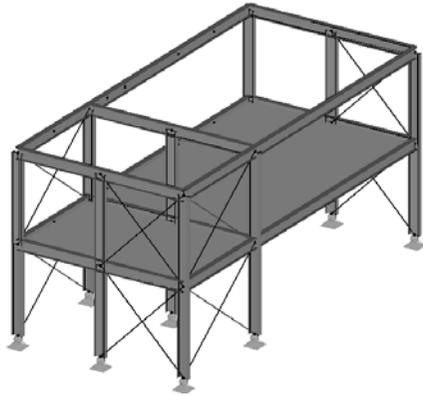


Abbildung 3.4: Aussteifungselemente - Scheiben ([RFEM](#))

Abbildung 3.5: Kraftzustand (FW-Modell) in einer Scheibe

(B) Aussteifung mittels Verbände



Anm.:
 Anstelle der Wandscheiben treten hier Verbände.
 bzw. Kerne aus Stahlbeton sind
 - oder Holzwände für die Aussteifung verwendet
 werden.

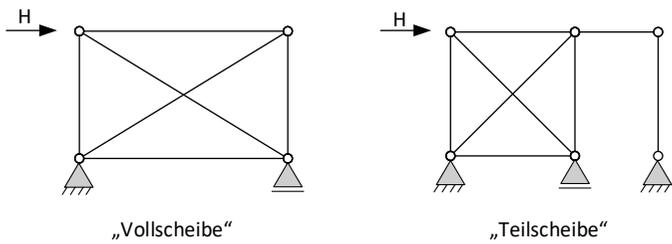


Abbildung 3.6: Aussteifungselemente – Verbände (RFEM)

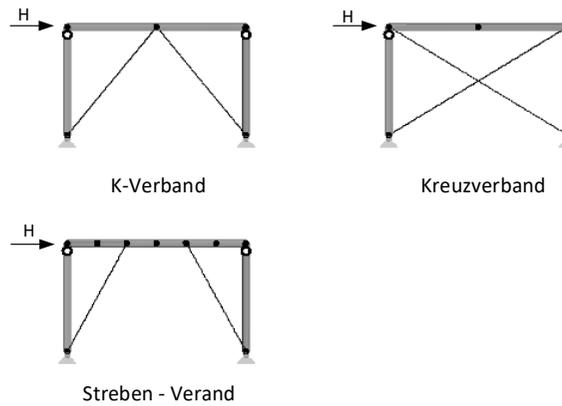


Abbildung 3.7: Verbandsarten

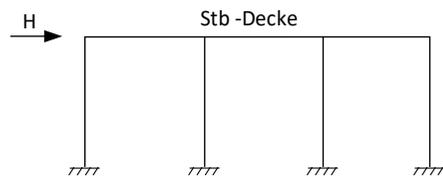
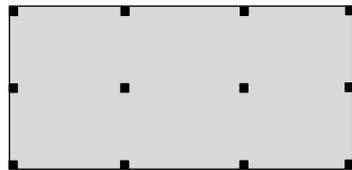
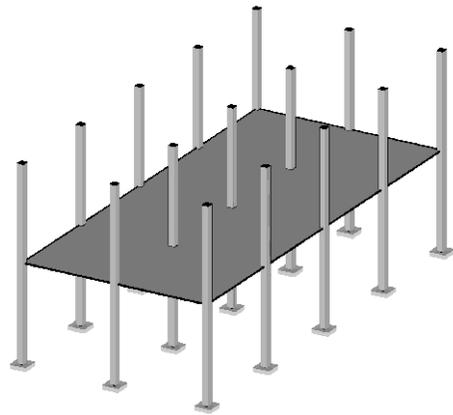


Gut ?

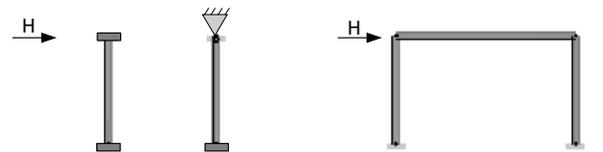
(Bilder)

(C) Aussteifung mittels Stützen und Rahmen

Anm.:
Stützen wirken zusammen



Eingespannte Stützen



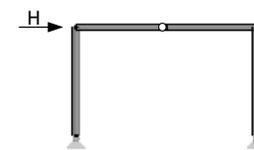
Stützen



Eingespannter Rahmen



Zweigelenrahmen



Dreigelenrahmen

Abbildung 3.8: Aussteifungselemente – Stützen/Rahmen

Abbildung 3.9: Verbandsarten (RFEM)



(Bilder)

3.2.2 Räumliche Stabilität

3.2.2.1 Grundsätzliches

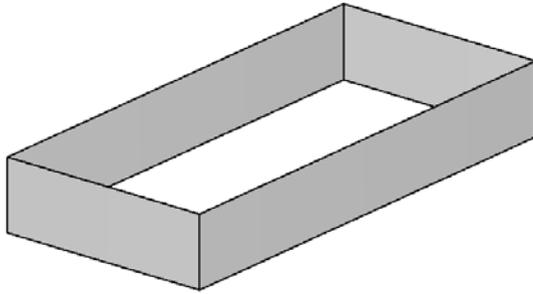


Abbildung 3.10: System ohne Deckenscheibe ([RFEM](#))

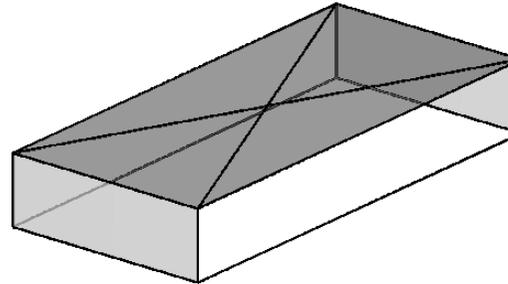


Abbildung 3.11: System mit Deckenscheibe

Anm.:

Um größerer Verformungen zu vermeiden werden die Aussteifungselement (Scheibe, Kernwände, Verbände) parallel zu den angreifenden Horizontalkräften angeordnet. Der Lastabtrag erfolgt dabei in der Ebene der Aussteifungselemente.

Für ein System ohne Deckenscheibe (Abb.3.10) ist eine theoretische Mindestanzahl von vier Aussteifungselementen, zwei für jede Hauptrichtung des Gebäudes, nötig.

Für ein System mit Deckenscheibe werden mindestens drei Aussteifungselementen benötigt. Die Aussteifungselemente dürfen dabei keinen gemeinsamen Schnittpunkt haben.

3.2.2.2 Anordnung von Aussteifungselementen im Hochbau

Bei durchgehenden Deckenplatten (Deckenscheibe) – wie im Hochbau üblich – werden theoretisch nur drei Aussteifungselemente (Scheiben) benötigt. In den meisten Fällen sind bei größeren Geschossbauten mehr als nur drei Scheiben vorhanden.

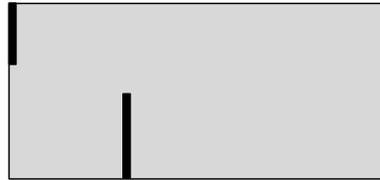
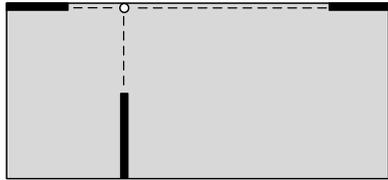


Abbildung 3.12: Instabil Anordnung



Abbildung 3.13: Ungünstige Anordnung



Abbildung 3.14: Günstige Anordnung

(Kerne):

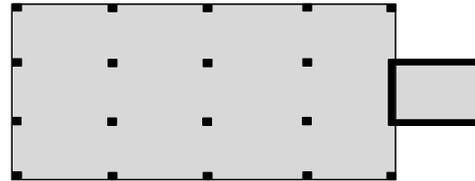
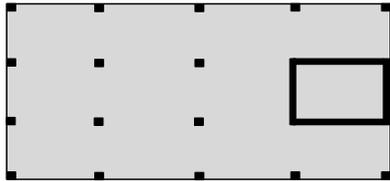


Abbildung 3.15: Ungünstige Anordnung

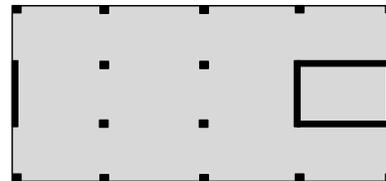
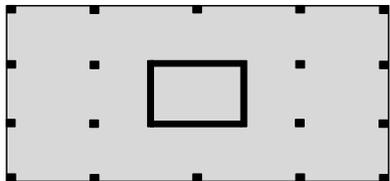


Abbildung 3.16: Günstige Anordnung

Anmerkungen zu Stützen und Rahmen:

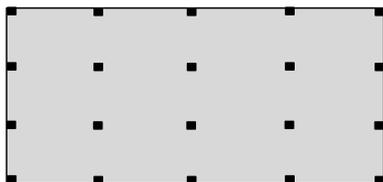


Abbildung 3.17: Stützen Rahmen

Anm.:

In Stahlbetondecken eingespannte Stützenreihen können bei Hochbauten als räumliche Rahmensysteme betrachtet werden. Aufgrund der größeren Verformungen wird diese Bauweise aber meist nur bei ein- bis zweigeschossigen Gebäuden – Lager und leichte Industriebauten – eingesetzt.

3.2.2.3 Anordnung von Verbänden im Hallenbau

Im Hallenbau wird die Aussteifung meist durch Verbände realisiert. Hinsichtlich der Mindestanzahl und Anordnung gelten die gleichen Grundsätze wie im Hochbau.

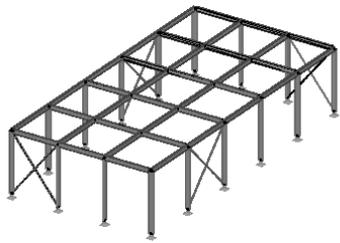


Abbildung 3.18: ohne Dachscheibe



Abbildung 3.19: mit Dachscheibe

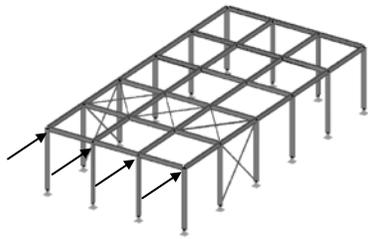


Abbildung 3.20: Verband – Längsrichtung

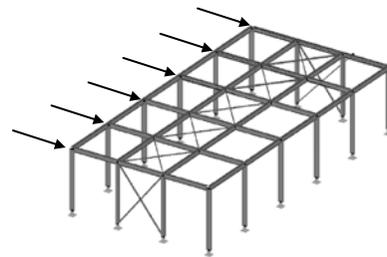


Abbildung 3.21: Verband - Querrichtung

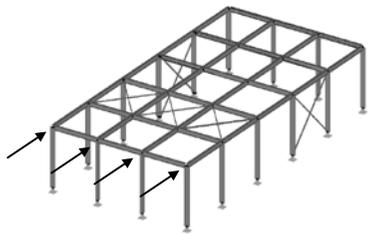


Abbildung 3.22: versetzte Verbände

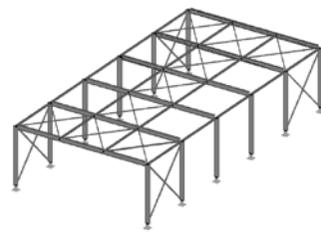
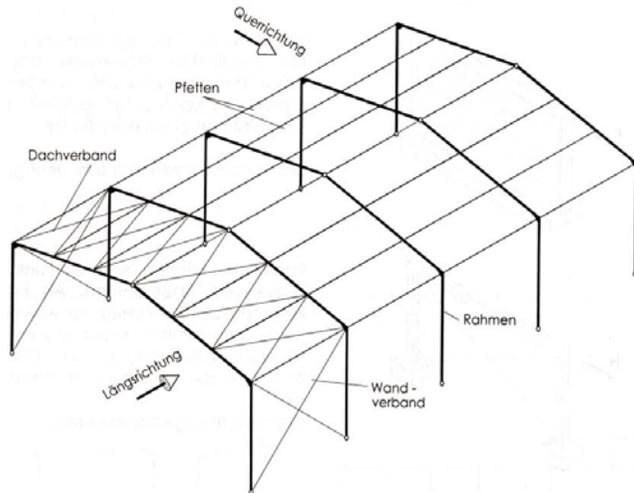


Abbildung 3.23: Rahmenaussteifung - Querrichtung

4 Beispiel - Stahlhalle



Gegeben:
 Hallenbreite $b = 12,00 \text{ m}$
 Achsabstand $a = 6,00 \text{ m}$
 Hallenhöhe $h = 4,00 \text{ m}$
 Firsthöhe $h_F = 4,50 \text{ m}$
 Stahl S235

Anm.:
 Eigengewicht und Schiefstellung der Konstruktion
 wird hier vernachlässigt!

(RSTAB)

Abbildung 4.1: Stahlhalle¹³

Gesucht:

1. Berechnen Sie die Einwirkungen (EW) aus Eigengewicht, Schnee und Windlast auf eine Rahmenstütze.
2. Ermitteln Sie die EW auf eine Zugdiagonale des Windverbandes.



Übung !!!

¹³ Auszug aus „Tragwerkslehre“, G.W. Leicher, Werner Verlag, nur für Lehrzwecke !

5 Tragwerke

Die Abbildung dreidimensionaler Tragwerke (Gesamtsysteme) erfolgt meist durch die schrittweise Rückführung auf einzelne Teilsysteme (Stützen, Träger, Wände, Decken,...) und deren Tragelemente (Stäbe, Balken, Scheiben, Platten,...). → „Baukastenprinzip“

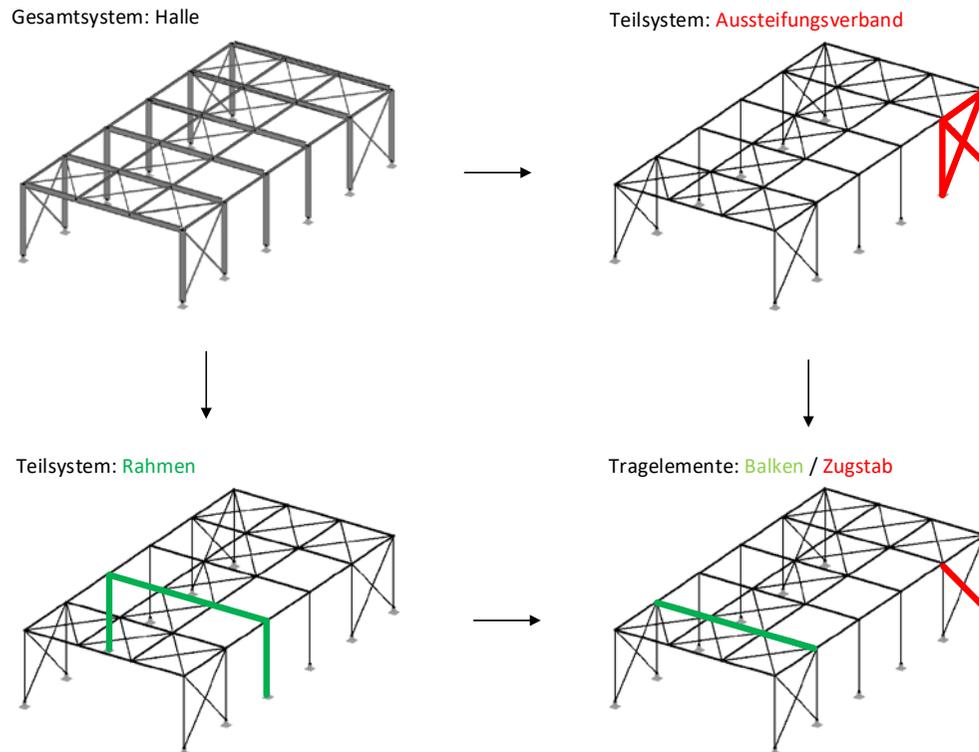


Abbildung 5.1: „Baukastenprinzip“

5.1 Arten von Tragwerken

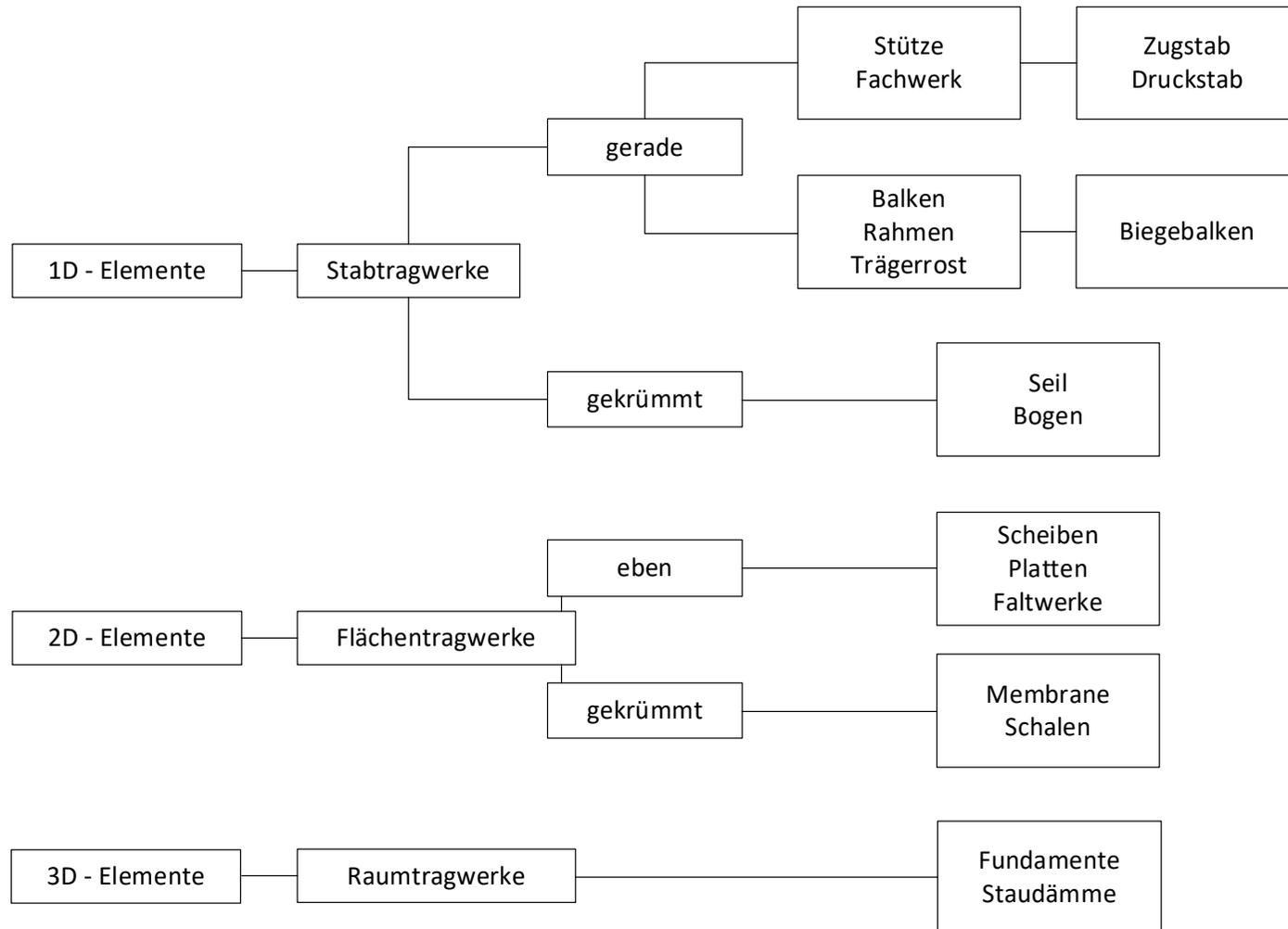
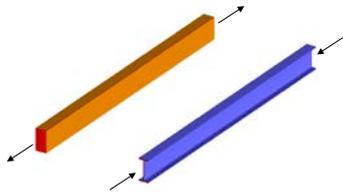


Abbildung 5.2: Einteilung hinsichtlich ihrer Tragelemente¹⁴

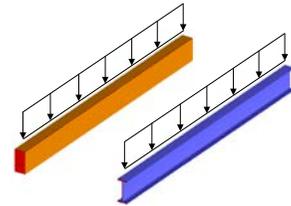
¹⁴ Siehe u.a. „Stabtragwerke Teil 1“, Uni Stuttgart, Prof. Ramm

Stabtragwerke - bestehende aus 1D Tragelementen:

Gerade Elemente:

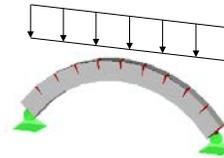


Zug – Druckstab:
 $h, b \ll l$
 Kraft in Längsrichtung

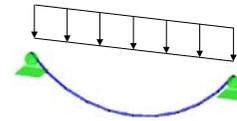


Biegebalken – Träger

Gekrümmte Elemente:

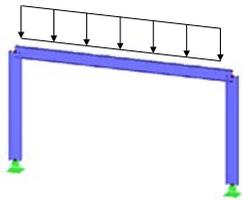


Druckbogen:

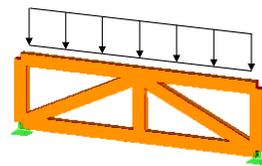


Zugseil:

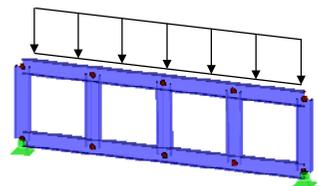
Kombination von Elementen:



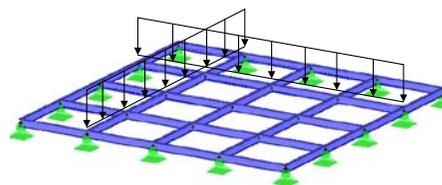
Rahmen:



Fachwerkträger:



Vierendeelträger:



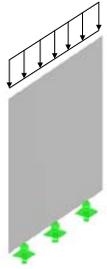
Trägerrost



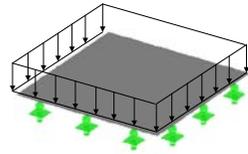
Vierendeelträger !
 ([Stabtragwerke](#))

Flächentragwerke - bestehende aus 2D Tragelementen

Gerade Elemente:

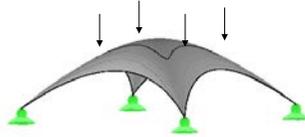


Scheibe:

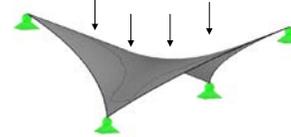


Platte:

Gekrümmte Elemente:

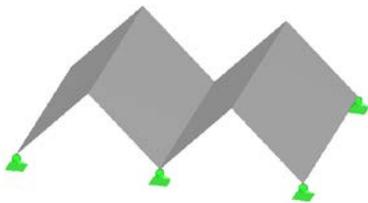


Schale:



Membran:

Kombination von Elementen:



Faltwerk:



4-Punkt-Segel !
[\(Flächentragwerke\)](#)

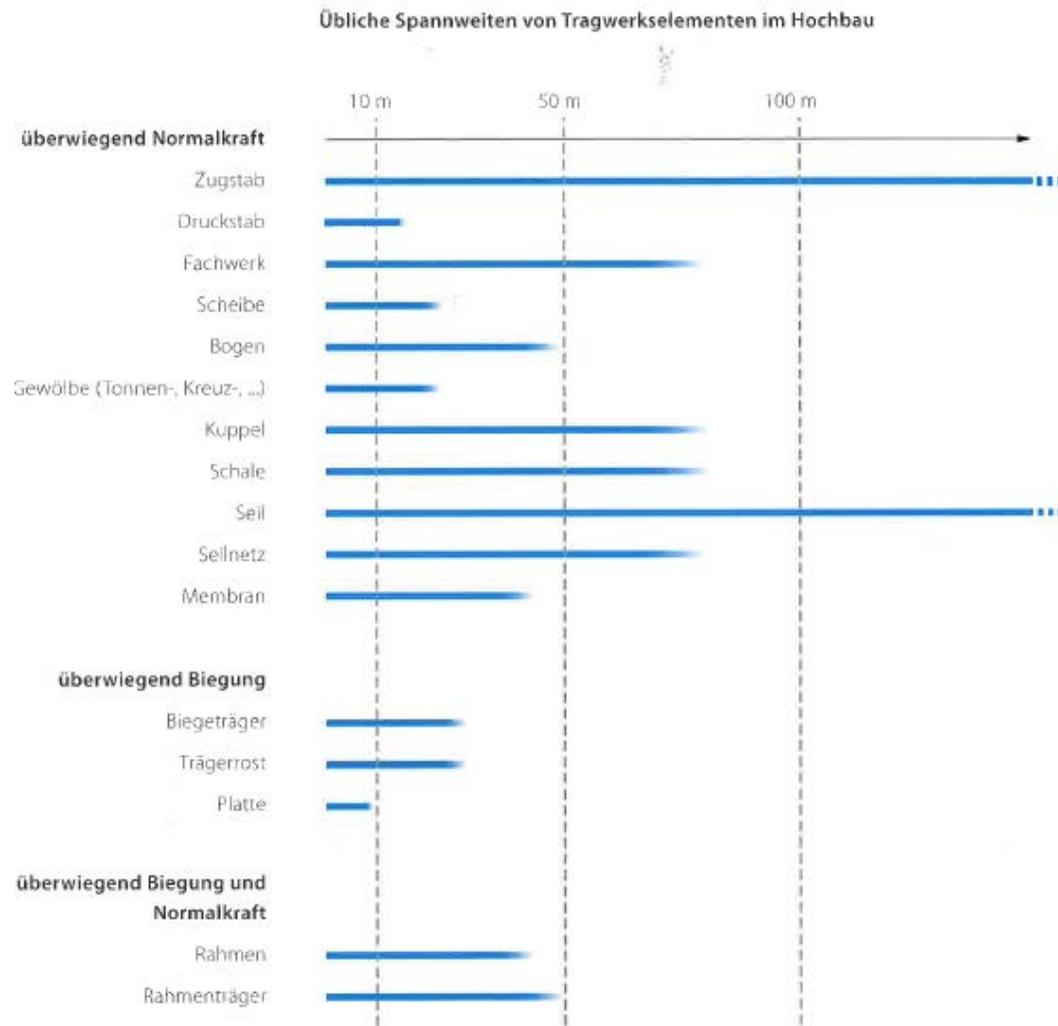


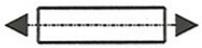
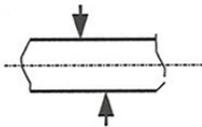
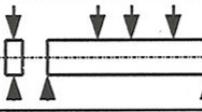
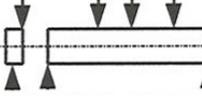
Abbildung 5.3: Übliche Spannweiten von Tragwerkselementen im Hochbau ¹⁵

¹⁵ Auszug aus Faustformel Tragwerksentwurf, Ph. Block, Ch. Gengnagel, St. Peters, DVA-Verlag, , nur für Lehrzwecke !

5.2 Querschnitt und Material

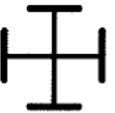
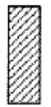
Neben der Anordnung der einzelnen Tragwerksteile und deren Fügung wird die Funktionsweise und Gebrauchstauglichkeit eines Tragwerks durch die Wahl der Querschnitte und deren Materialität bestimmt. Die Wahl steht dabei im engen Zusammenhang mit der Gestaltung und Herstellung des gesamten Tragwerks und hängt von der Fähigkeit ab bestimmte Beanspruchungen wie Zug, Druck, Schub, Biegung, usw. aufzunehmen.

Tab. 4.1: Beanspruchungsarten ¹⁶

Wirkungsrichtung	Schnittgrößen	Beanspruchungsform		Beispiele für Bauteile
		Festigkeitsfall	Stabilitätsfall	
	Normalkraft N	Zug oder Druck	Knicken	Fachwerkstäbe Stützen
	Querkraft V (Scherkraft)	Scheren Lochleibung		Schrauben Niete Schweißnähte Dübel Nägel
	Querkraft V Biegemoment M	Schub Biegung	Beulen Knicken	Träger Rahmen Deckenplatten
	Querkraft V Biegemoment M Torsionsmoment M_t	Schub Biegung Torsion	Beulen Knicken	Träger Rahmen

¹⁶ Auszug aus „Statik im Bauwesen, F. Bochmann, nur für Lehrzwecke !

Tab. 4.2: Geeignete Querschnitte¹⁷

	geeignet	ungeeignet
Zug N [kN]		
Druck N [kN]	      	
Querkraft V [kN]	 	
Biegung M [kNm]	      	
Torsion M_T [kNm]	      	

¹⁷ Auszug aus ,TWL-Skript, Institut für Tragkonstruktionen, Uni Stuttgart, nur für Lehrzwecke !

5.3 Tragwerksgestaltung



Wo die tragenden Teile eines Gebäudes hervortreten, die Konstruktion eines Gebäudes sichtbar ist, kommt es auf die perfekte Einpassung des Tragwerks in den Gesamtkontext an. Die Abstimmung zwischen Architektur und Konstruktion ist wesentlich für die architektonische Zielsetzung. Dies erfordert ein weitreichendes Verständnis des Ingenieurs für die architektonische Intention und ein Verständnis des Architekten für Möglichkeiten und Grenzen der Konstruktion.

Das Zusammenführen von Funktion, Materialität, Form und konstruktiver Ausbildung von Bauteil und Bauwerk ist ein gemeinsames Ziel, welches die Auflösung der Grenzen zwischen Architekten und Ingenieuren erfordert.

Abbildung 5.4: NBIA – Bangkok ([NBIA](#))

6 Einfeldträger

6.1 Tragverhalten und Kraftzustand

Nachfolgend wird das generelle Tragverhalten eines Einfeldträgers für eine Biegebalken (Biegeträger) näher erläutert.

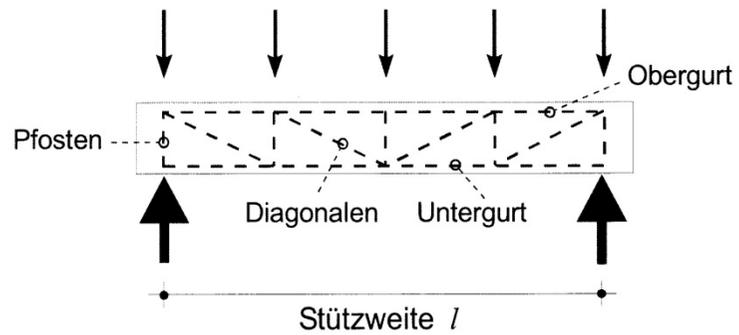


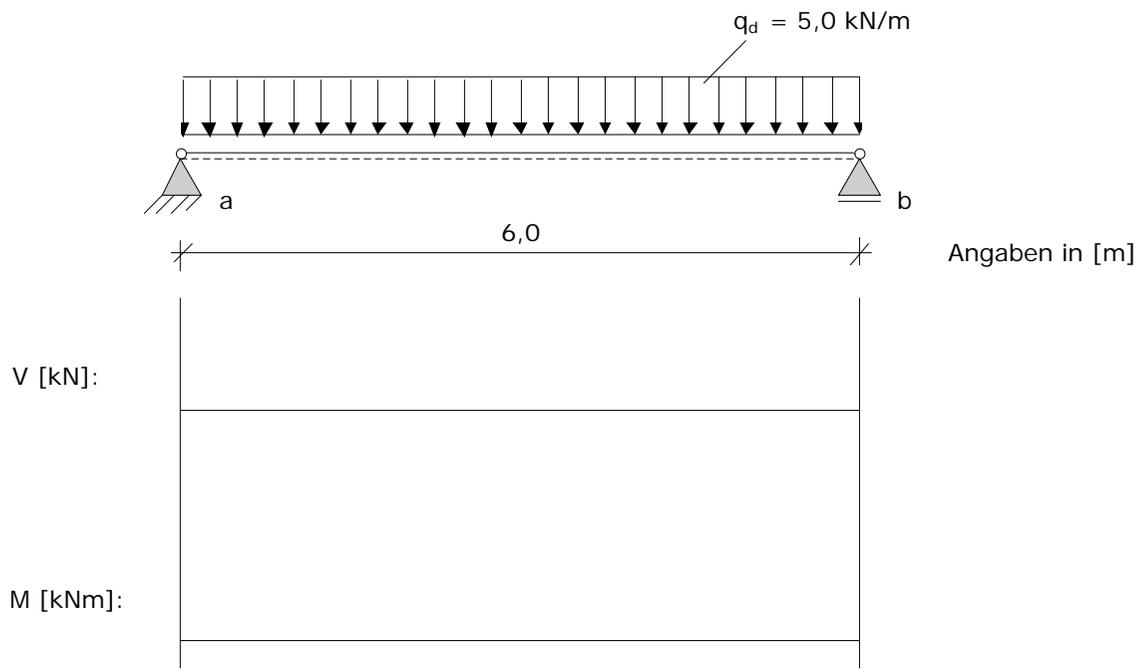
Abbildung 6.1: Kraftzustand eines Biegebalkens - Fachwerkmodell¹⁸ ([Einfeldträger](#))

Anmerkung:

- Unter- und Obergurt zur Aufnahme des Momentes (Zug- Druckkräfte)
- Pfosten und Diagonalen zur Aufnahme der Querkraft

¹⁸ Auszug aus „Tragwerksentwurf für Architekten und Bauingenieure“, Stöffler, Samberg, nur für Lehrzwecke !

6.2 Berechnung der Schnittgrößen mittel Gleichgewicht



1. Bestimmen Sie für das gegebene System die Auflagerkräfte
2. Skizzieren Sie für das gegebene System die Schnittgrößenverläufe (V,M)

6.3 Beanspruchung der Querschnittsteile

Beanspruchungen durch Biegemoment, Querkraft und Normalkraft

Gleichungen zur Spannungsberechnung von σ := Normalsp., τ := Schubsp.

Rechteckquerschnitt):

$$\sigma = \frac{M}{I} z = \frac{M}{W}, \quad \tau = \frac{3V}{2A}$$

$$\text{mit } I = \frac{b h^3}{12}, \quad W = -$$

I-Querschnitt:

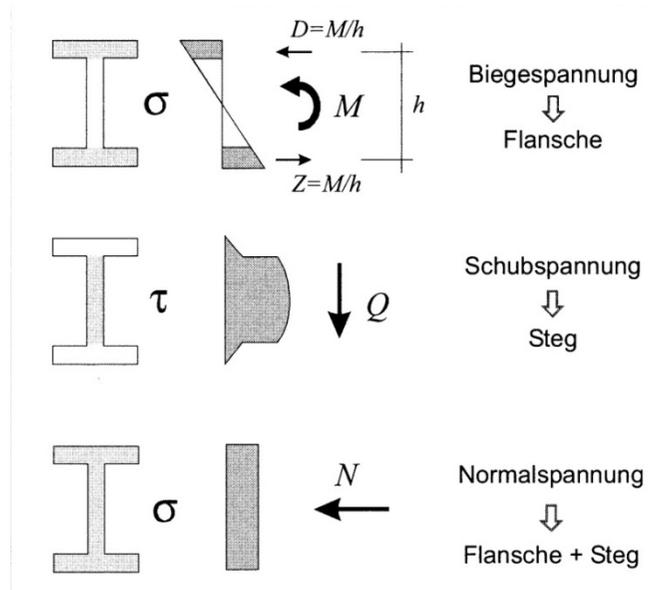


Abbildung 6.2:
Zuordnung von Schnittgrößen/Spannungen zu Querschnittsteilen ¹⁹

¹⁹ Auszug aus „Tragwerksentwurf für Architekten und Bauingenieure“, Stöffler, Samberg, nur für Lehrzwecke

6.4 Vom Biegebalken zum Fachwerkträger

Die Ausnutzung eines Querschnitts lässt sich in der Form steigern, indem das Material entsprechend der inneren Beanspruchung des Querschnitts („form follows force“) verteilt wird. Nachfolgend ist die schrittweise Umverteilung/Reduzierung des Materials vom Rechteckquerschnitt hin zum Fachwerkträger dargestellt. Zu beachten sind die Eigenschaften der verwendeten Materialien. Stahl und Holz können sowohl Druck-als auch Zugkräfte aufnehmen. Für Beton gilt: hohe Druckfestigkeit und geringe Zugfestigkeit.

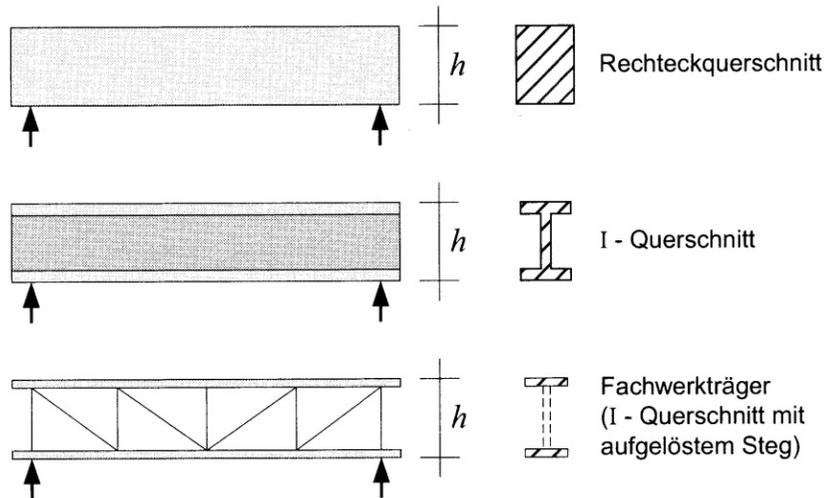


Abbildung 6.3: Materialanordnung für eine Biegeträger I²⁰

²⁰ Auszug aus „Tragwerksentwurf für Architekten und Bauingenieure“, Stöffler, Samberg, nur für Lehrzwecke

6.5 Ebener Fachwerkträger

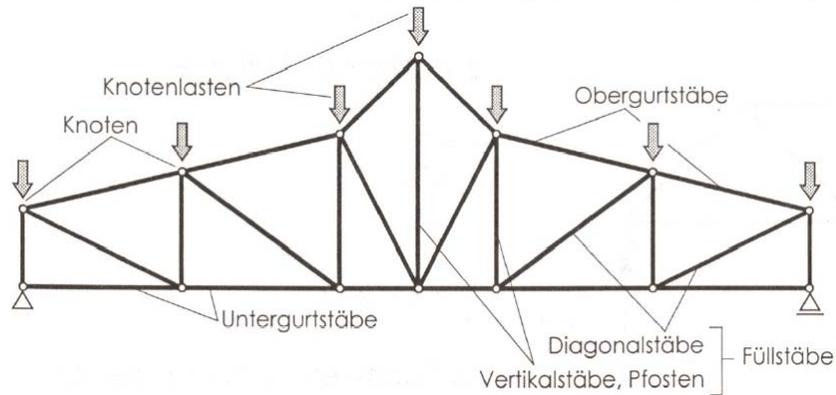


Abbildung 6.4: Dachbinder - Idealer Fachwerkträger²¹



Abbildung 6.5: Holzbrücke aus Fachwerkträgern

Definition:

Ein Fachwerk (FW) ist ein System, welches aus geraden mit einander verbundenen Stäben besteht.

Folgende Annahmen werden für die Idealisierung eines FW getroffen:

- Die Stäbe sind durch Gelenk an den Endpunkten (Knoten) miteinander verbunden
- Lasten und Auflagerkräfte greifen nur in den Knoten an
- Die Stäbe übertragen nur Zug – oder Druckkräfte (FW-Stäbe)

Reale Fachwerke erfüllen diese Annahmen meist nicht exakt. Die Idealisierung (Ideales Fachwerk) ist dennoch hinreichend genau.



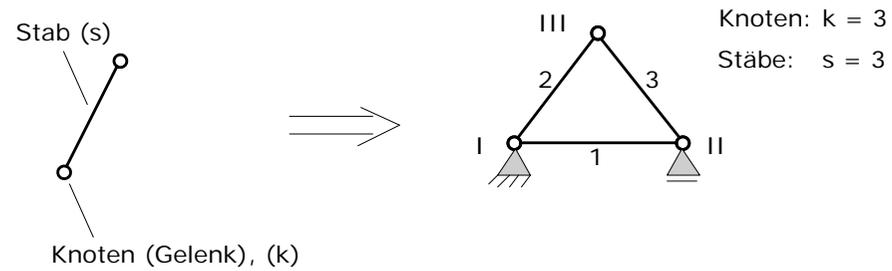
Abbildung 6.6: [FW-Knoten](#)

²¹ Auszug aus „Tragwerkslehre“, G.W. Leicher, Werner Verlag, nur für Lehrzwecke !

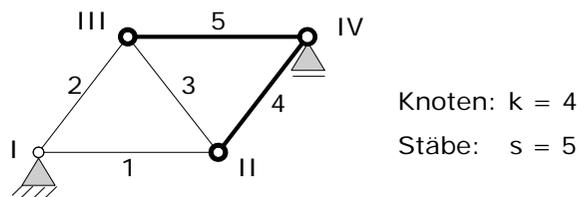
6.5.1 Bildungsgesetze des ebenen Fachwerks

1. Bildungsgesetz, Aufbau eines unverschieblichen ebenen Fachwerks

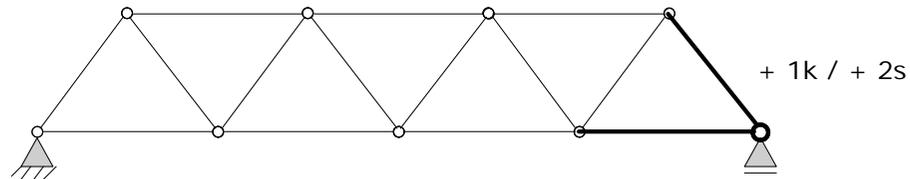
(1) Grunddreieck; aus drei Knoten und drei Stäben gebildetes Dreieck



(2) Aufbau; ein neuer Knoten (IV) wird mit zwei neuen Stäben (4,5) an das Grunddreieck angeschlossen



- (3) Fortsetzung bis hin zum gewünschten einfachen Fachwerk; ein neuer Knoten (+1k), zwei neuen Stäben (+2s)



Daraus folgt die rechnerische Beziehung zwischen der Anzahl eines Knoten (k) und der Anzahl der Stäbe (s) eines ebenen Fachwerks:

$$2k = s + a \text{ (notwendige Bedingung)} \tag{6.1}$$

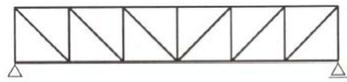
k := Anzahl der Knoten

s := Anzahl der Stäbe

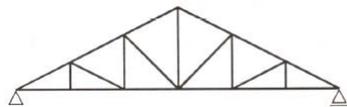
a := Anzahl der Auflagerreaktionen

Weiter Bildungsgesetze:

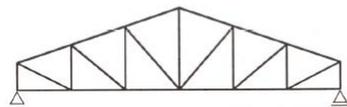
6.5.2 Fachwerkformen - Auswahl



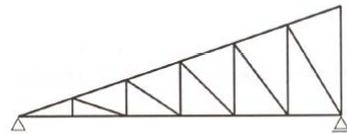
Parallelfachwerk mit Pfosten und Diagonalen



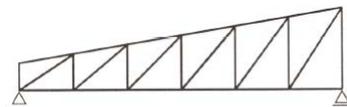
Dreieckfachwerk (Satteldachfachwerk)
Dachneigung $\alpha \geq 15^\circ$



Satteldachfachwerk mit angehobener Traufe (Trapezträger)



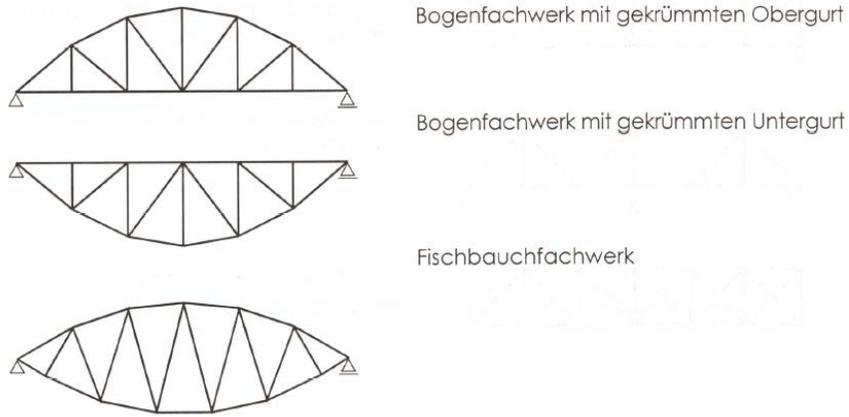
Pulffachwerk
Dachneigung $\alpha \geq 15^\circ$



Pulffachwerk mit angehobener Traufe

Abbildung 6.7: Fachwerkformen – Unterscheidung nach der Gurtform²²

²² Auszug aus „Tragwerkslehre“, G.W. Leicher, Werner Verlag, nur für Lehrzwecke !

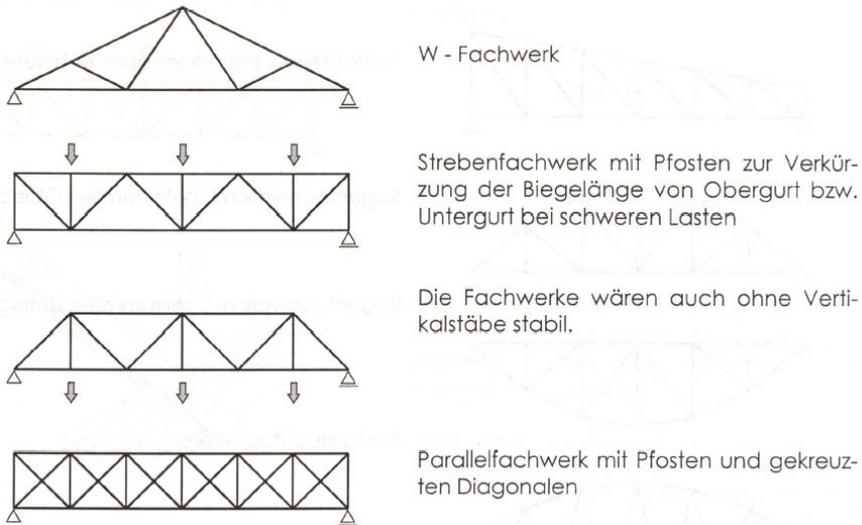


Bogenfachwerk mit gekrümmten Obergurt

Bogenfachwerk mit gekrümmten Untergurt

Fischbauchfachwerk

Abbildung 6.8: Fachwerkformen – Unterscheidung nach der Gurtform ([RSTAB](#))



W - Fachwerk

Strebenfachwerk mit Pfosten zur Verkürzung der Biegelänge von Obergurt bzw. Untergurt bei schweren Lasten

Die Fachwerke wären auch ohne Vertikalstäbe stabil.

Parallelfachwerk mit Pfosten und gekreuzten Diagonalen

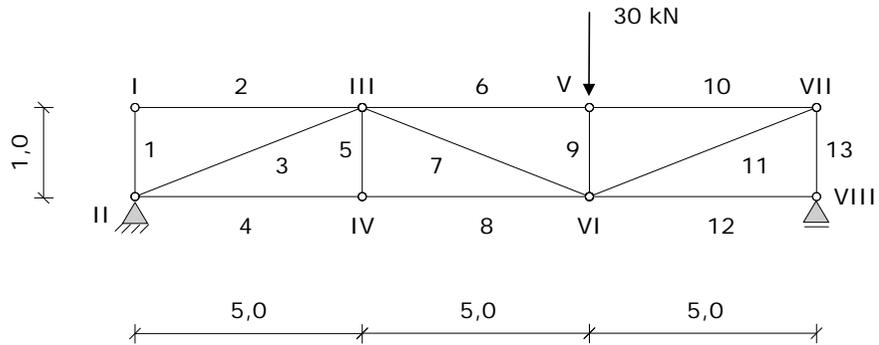
Abbildung 6.9: Fachwerkformen – Unterscheidung nach Anordnung der Füllstäbe

6.5.3 Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Stabkräfte

6.5.3.1 Knotenpunktverfahren



Beispiel: Fachwerkträger



Angaben in [m]

Gesucht:

1. Bestimmen Sie die Auflagerkräfte für das dargestellte System.
2. Wie viele Nullstäbe hat das System?
3. Berechnen Sie die Stabkräfte (S_1 bis S_{13}) und tragen Sie die Werte in die nachfolgende Tabelle ein.

Stab-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Stabkräfte in [kN]													



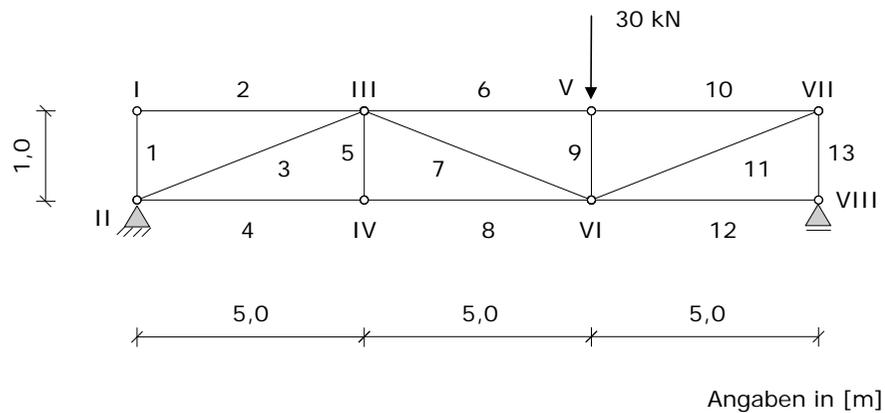
Übung !!!

[\(RSTAB\)](#)

6.5.3.2 Rittersches Schnittverfahren

- Verfahren zur Berechnung ausgewählter Fachwerkstäbe
- Zerlegung des Fachwerk durch einen Schnitt in zwei Teile
- Schnittführung:
 - durch max. drei unbekannte Stäbe die nicht alle zum gleichen Knoten gehören
 - durch einen unbekanntem Stab und ein Gelenk

Vorgehensweise anhand eines Beispiels:



Gesucht: Stabkräfte in den Stäben 6,7 und 8

7 Rahmen

7.1 Vom Balken zum Rahmen

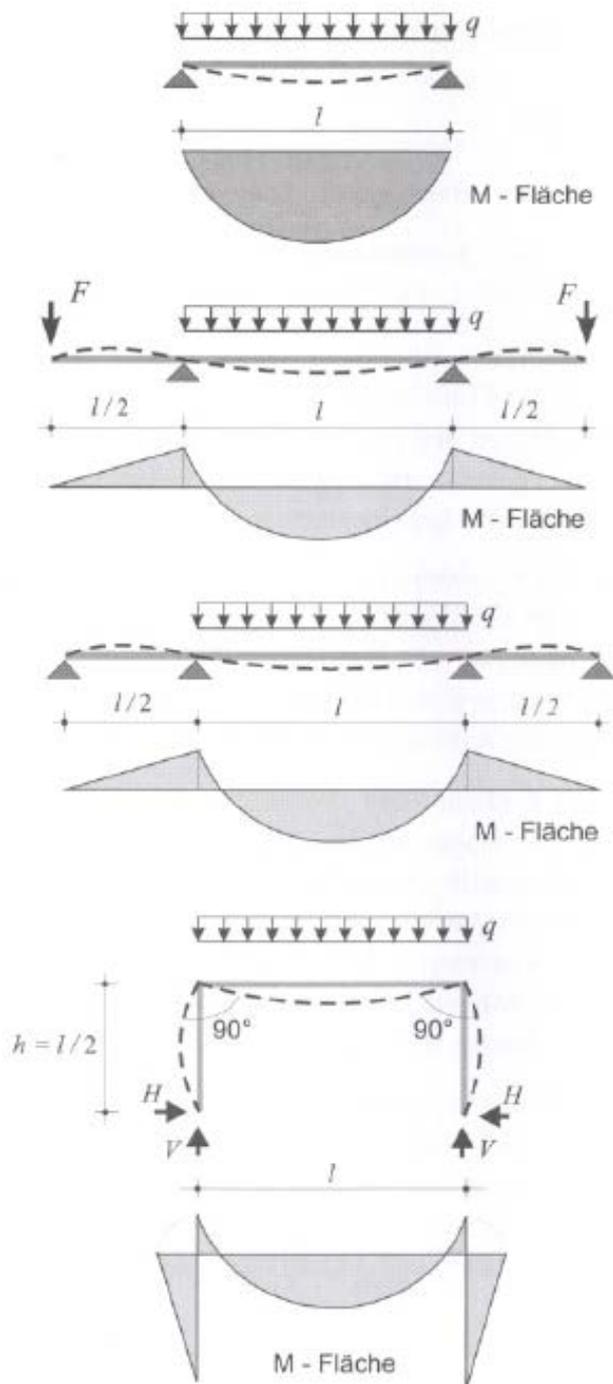


Abbildung 7.1:²³

Wirkungsweise – vom Balken zum Rahmen

²³ Auszug aus „Tragwerksentwurf“, J. Stöffler, S. Samberg, Verlag Bauwerk, 2002, nur für Lehrzwecke !

7.2 Rahmenformen - Auswahl

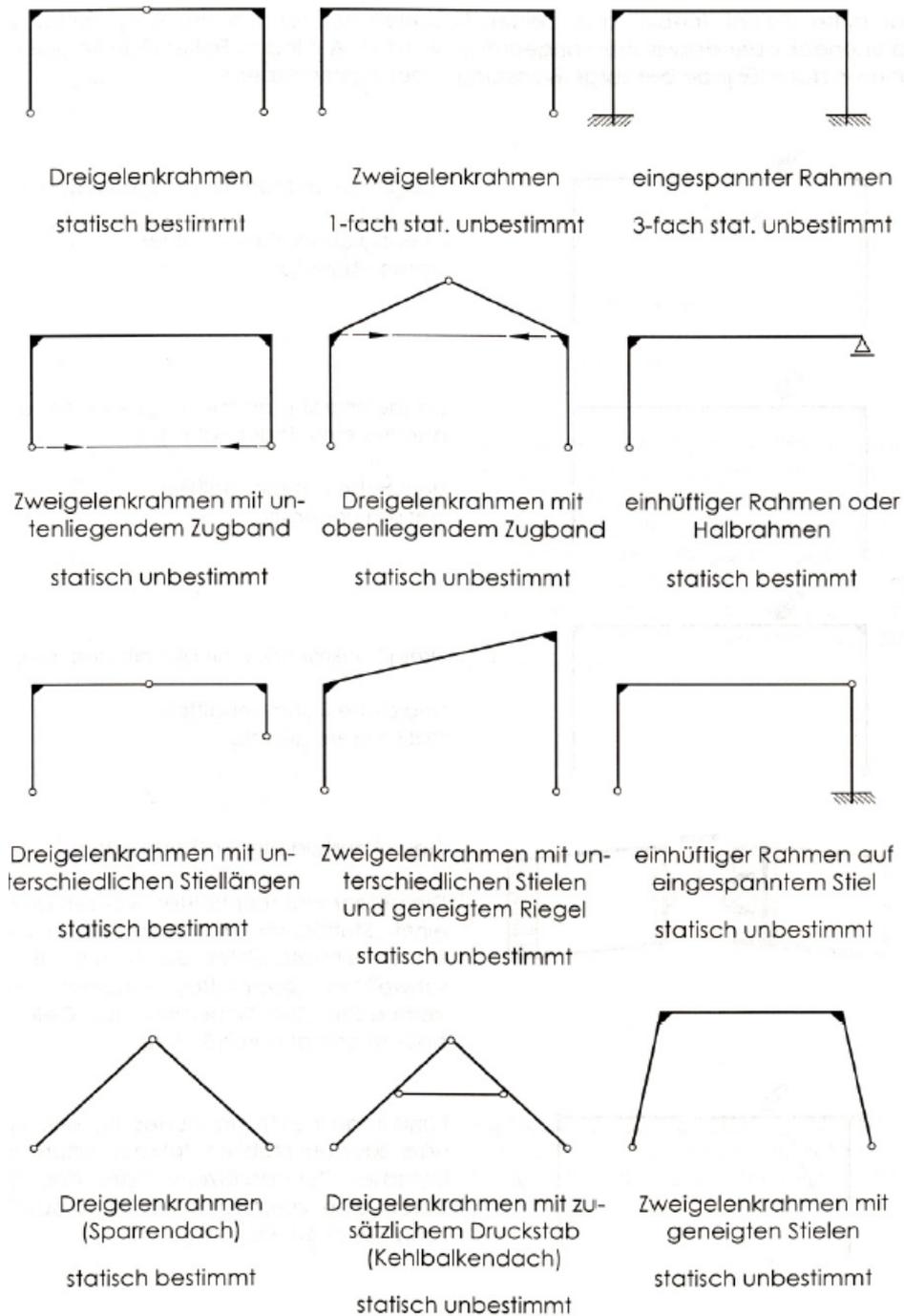
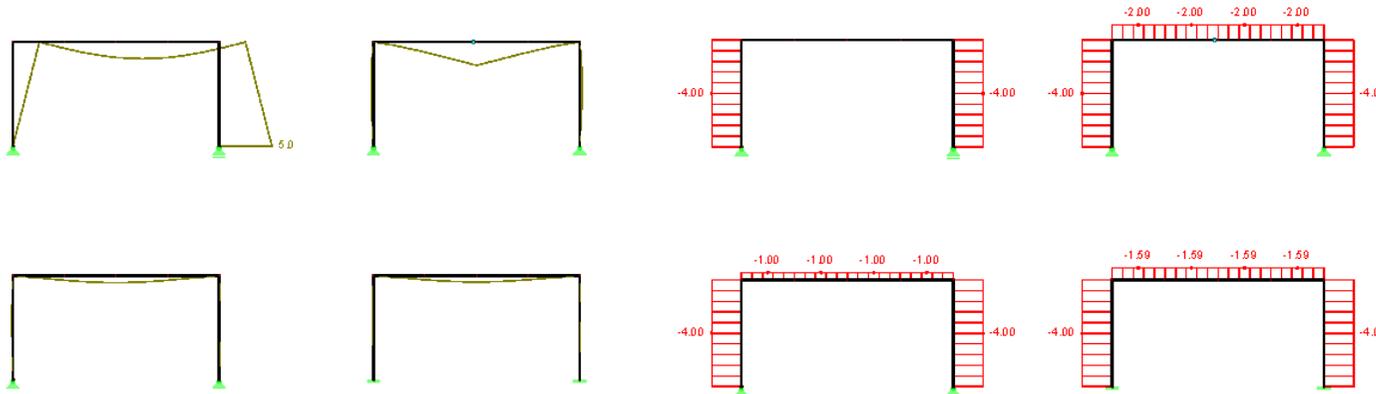


Abbildung 7.2: Rahmenformen ²⁴

²⁴ Auszug aus „Tragwerkslehre“, G.W. Leicher, Werner Verlag, nur für Lehrzwecke !

7.3 Schnittgrößen und Verformungen



Systeme und Verformung

Normalkraft

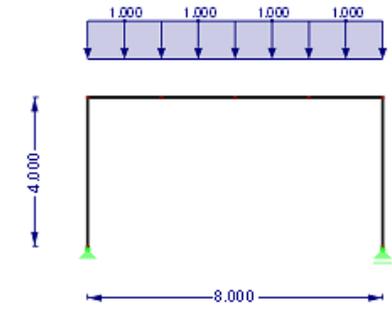
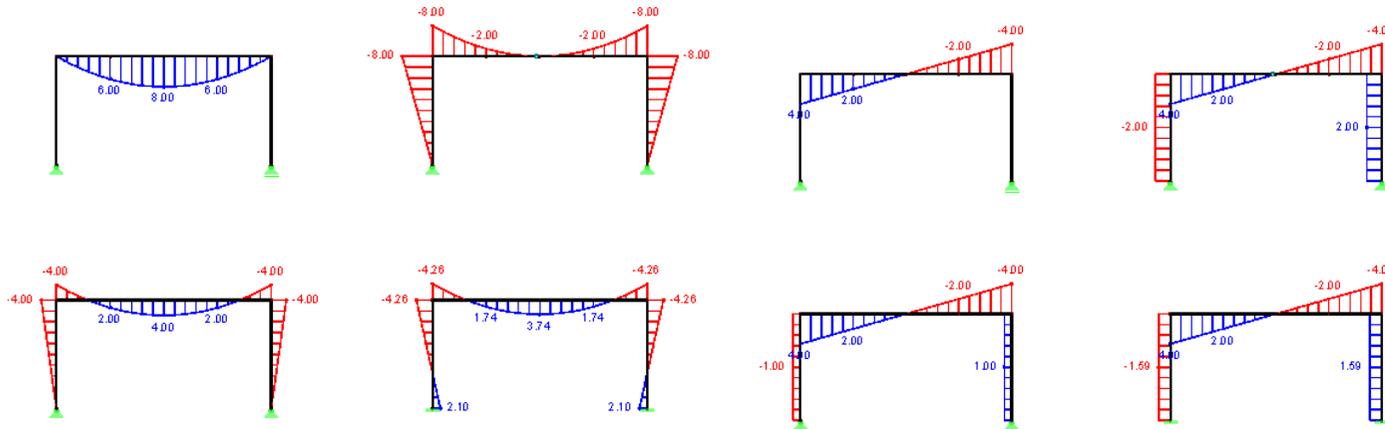


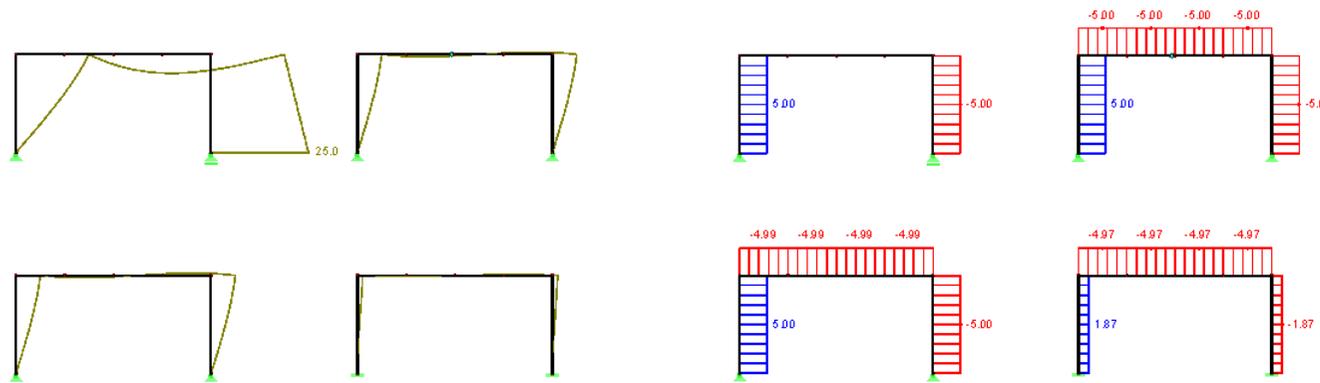
Abbildung 7.4:
System und Belastung (RSTAB)



Querkraft

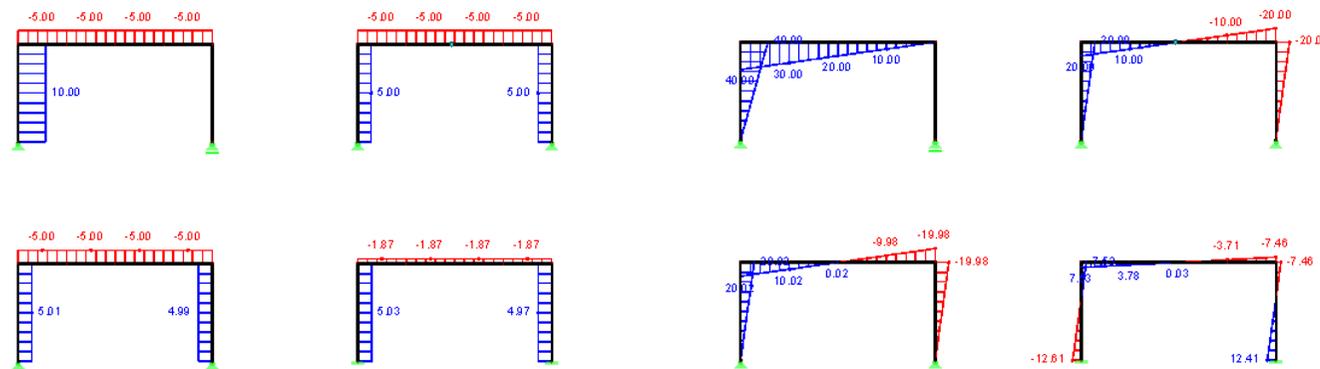
Moment

Abbildung 7.3:



Systeme und Verformung

Normalkraft



Querkraft

Moment

Abbildung 7.5:

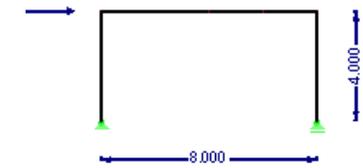


Abbildung 7.6:
System und Belastung (RSTAB)

Zweigelenrahmen¹⁾

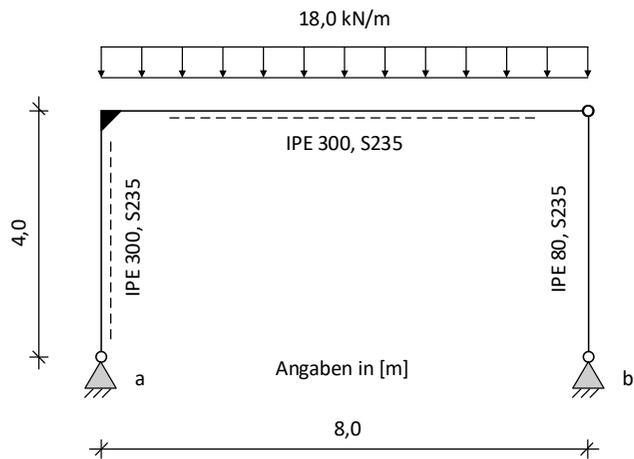
		Abkürzung: $k = \frac{I_R \cdot h}{I_S \cdot l}$ Bei unbelastetem Stiel $M_3 = -H_1 \cdot h; M_4 = -H_2 \cdot h$	----- M-Linie
1		$A = \frac{ql}{2}$ $B = A$ $H_1 = H_2 = \frac{ql^2}{4h(2k+3)}$	
2		$A = F \cdot \frac{b}{l}$ $B = F \cdot \frac{a}{l}$ $H_1 = H_2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{Fab}{hl(2k+3)}$	
3		$A = \frac{qh^2}{2l}$ $B = -A$ $H_1 = \frac{qh}{8} \cdot \frac{5k+6}{2k+3}$ $H_2 = H_1 - qh$	$M_4 = -H_2h - qh^2/2$
4		$A = \frac{qa^2}{2l}$ $B = -A$ $H_1 = -\frac{M_3}{h}$ $H_2 = -(qa - H_1)$	$M_3 = -\frac{qa^2}{4} \cdot \left[\frac{2 - (a/h)^2}{2(2k+3)} + 1 \right]$
5		$A = F \cdot \frac{h}{l}$ $B = -A$ $H_1 = -H_2 = \frac{F}{2}$	
6		$A = \frac{Fa}{l}$ $B = -A$ $H_1 = \frac{3Fak}{2h(2k+3)} \cdot \left(1 - \frac{a^2}{3h^2} + \frac{1}{k} \right)$ $H_2 = H_1 - F$	$M_4 = -H_2h - F(h-a)$
7		$A = -\frac{M^L}{l}$ $B = -A$ $H_1 = \frac{3M^L}{2h} \cdot \left(1 - \frac{a^2}{h^2} + \frac{1}{k} \right) \cdot \frac{k}{2k+3}$ $H_2 = H_1$	$M_3 = M^L - H_1h$
8		gleichmäßige Erwärmung t $A = B = 0$ $H_1 = \alpha_t \cdot t \cdot \frac{EI_R}{h^2} \cdot \frac{3}{2k+3}$ $H_2 = H_1$	
9		ungleichmäßige Erwärmung $\Delta t = t_t - t_b$ $A = B = 0$ $H_1 = \alpha_t \cdot \left(\frac{\Delta t_s}{d_s} h + \frac{\Delta t_R}{d_R} l \right) \cdot \frac{EI_R}{hl} \cdot \frac{3}{2k+3}$ $H_2 = H_1$	

¹⁾ Weitere Rahmenformeln siehe Kleinogel/Haselbach „Rahmenformeln“.

Eingespannter Rahmen

		Abkürzung: $k = \frac{I_R \cdot h}{I_S \cdot l}$ Bei unbelastetem Stiel: $M_3 = M_1^E - H_1 \cdot h; M_4 = M_2^E - H_2 \cdot h$	----- M-Linie
1		$A = \frac{ql}{2}$ $H_1 = \frac{ql^2}{4h(k+2)}$ $H_2 = H_1$	$M_1^E = M_2^E = \frac{Hh}{3}$
2		$A = \frac{Fb}{l}$ $\left[1 + \frac{a(b-a)}{l^2(6k+1)} \right]$ $B = F - A$ $H_1 = \frac{3Fab}{2hl(k+2)}$ $H_2 = H_1$	$M_1^E = \frac{Fab}{2l^2} \cdot \frac{5kl - l + 2a(k+2)}{(k+2)(6k+1)}$ $M_2^E = \frac{Fab}{2l^2} \cdot \frac{7kl + 3l - 2a(k+2)}{(k+2)(6k+1)}$
3		$A = \frac{qh^2}{l} \cdot \frac{k}{6k+1}$ $B = -A$ $H_1 = \frac{qh}{8} \cdot \frac{2k+3}{k+2}$ $H_2 = H_1 - qh$	$M_1^E = \frac{qh^2}{24} \cdot \left(\frac{5k+9}{k+2} - \frac{12k}{6k+1} \right)$ $M_2^E = -\frac{qh^2}{24} \cdot \left(12 - \frac{5k+9}{k+2} - \frac{12k}{6k+1} \right)$ $M_4 = M_2^E - H_2 \cdot h - \frac{qh^2}{2}$
4		$A = \frac{Fh}{l} \cdot \frac{3k}{6k+1}$ $B = -A$ $H_1 = \frac{F}{2}$ $H_2 = -H_1$	$M_1^E = \frac{Fh}{2} \cdot \frac{3k+1}{6k+1}$ $M_2^E = -M_1^E$
5		$A = \frac{2R_3}{l}$ $B = -A$ $H_1 = \frac{Fa}{2h} - \frac{R_1 - R_2}{h}$ $H_2 = -(F - H_1)$	$M_1^E = -R_1 + (Fa/2 - R_3)$ $M_2^E = -R_1 - (Fa/2 - R_3)$
$R_1 = \frac{Fab}{h} \cdot \frac{1+\beta+\beta k}{2(k+2)}; R_2 = \frac{Fab}{h} \cdot \frac{\alpha k}{2(k+2)}; R_3 = \frac{3Fack}{2(6k+1)}$ $\alpha = \frac{a}{h}; \beta = \frac{b}{h}$			
6		$A = 0$ $B = 0$ $H_1 = H_2 = 3\alpha_t \cdot \frac{EI_R}{h^2} \cdot \frac{2k+1}{k(k+2)}$ $M_1^E = M_2^E = H \cdot \frac{h(k+1)}{2k+1}$	gleichm. Erwärmung t
7		$A = 0$ $B = 0$ $H_1 = H_2 = \alpha_t \cdot \frac{EI_R}{hl} \cdot \left(\frac{\Delta t_R}{d_R} kl - \frac{\Delta t_S}{d_S} h \right) \cdot \frac{3}{k(k+2)}$ $M_1^E = M_2^E = \alpha_t \cdot \frac{EI_R}{l} \cdot \left[\frac{\Delta t_R}{d_R} kl - \frac{\Delta t_S}{d_S} h(k+3) \right] \cdot \frac{1}{k(k+2)}$	

7.4 Beispiel: Einhäufiger Rahmen



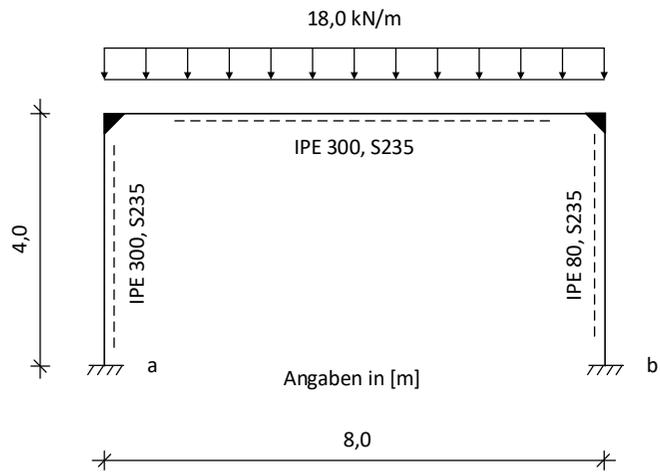
Gesucht:
 Auflagerkräfte und Schnittgrößen ?



Übung !!!

Abbildung 7.7: System und Belastung ([RSTAB](#))

7.5 Beispiel: Eingespannter Rahmen



Gesucht:
 Auflagerkräfte und Schnittgrößen ?



Übung !!!

Abbildung 7.8: System und Belastung [\(RSTAB\)](#)

7.6 Rahmen als Fachwerkkonstruktionen

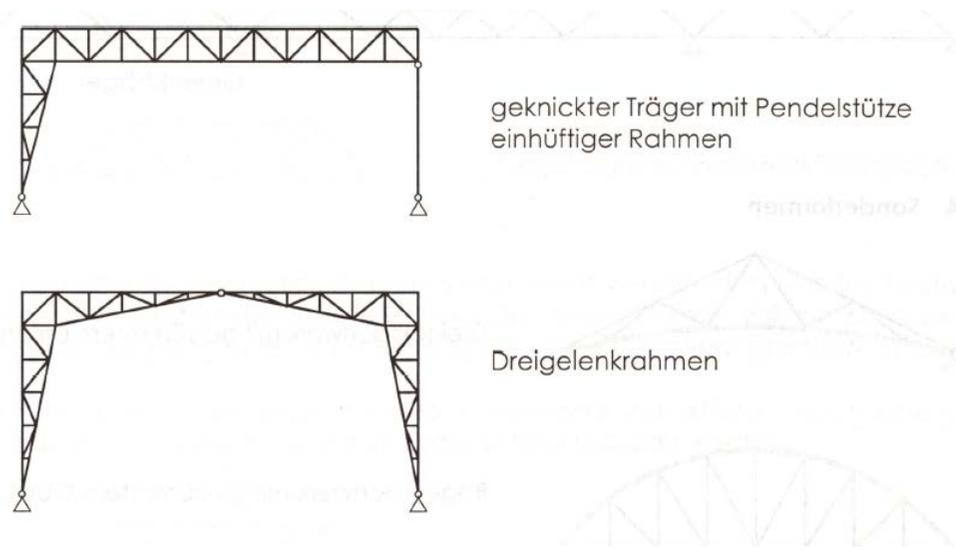
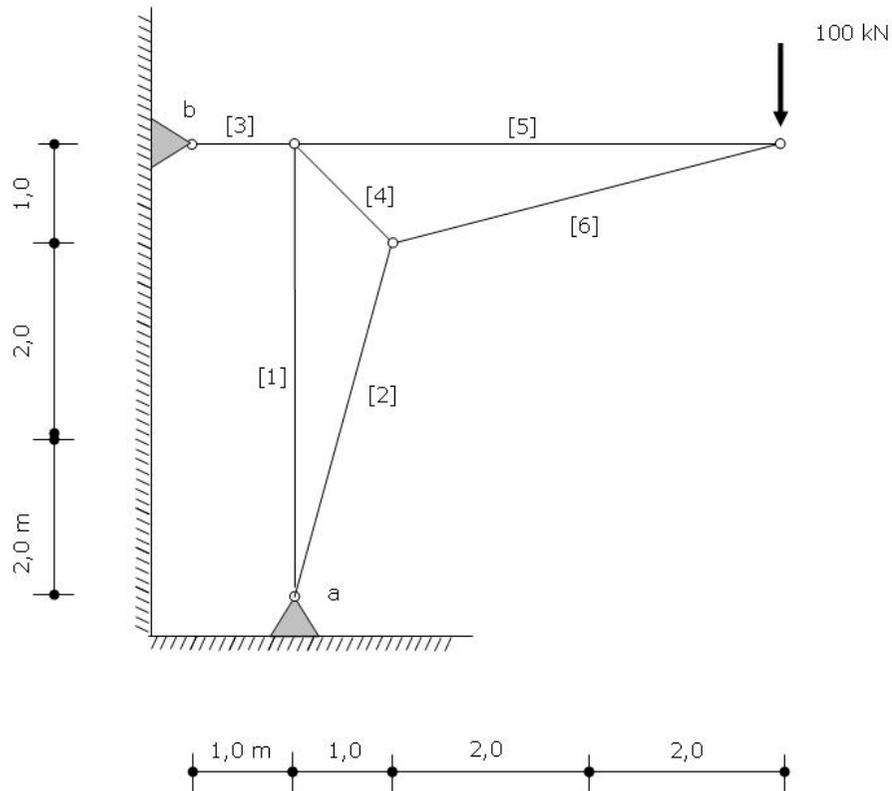


Abbildung 7.9: Fachwerkformen – Unterscheidung nach dem statischen System²⁵

²⁵ Auszug aus „Tragwerkslehre“, G.W. Leicher, Werner Verlag, nur für Lehrzwecke !

7.6.1 Geknickter Fachwerkträger



Übung !!!

1. Berechnen Sie die Auflagekräfte für das oben dargestellte Tragwerk.
2. Berechnen Sie die Stabnormalkräfte aller Stäbe.

Ende TWL GL
 Weiterführendes Skript:
 TWL Erweiterte Grundlagen