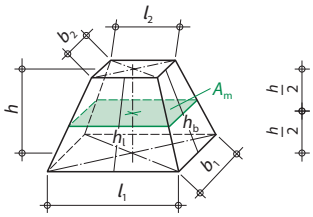
Pyramidenstumpf



$$V = \frac{h}{3}(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$$

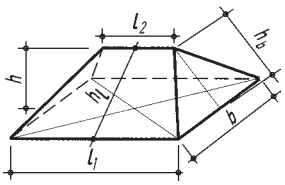
$$V \approx \frac{h}{6}(A_1 + A_2 + 4A_m)$$

$$V \approx \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot h$$

A_m: Mittelfläche

$$A_O = \underbrace{l_1 \cdot b_1}_{\text{Grundfläche}} + \underbrace{l_2 \cdot b_2}_{\text{Deckfläche}} + \underbrace{h_l \cdot (l_1 + l_2) + h_b \cdot (b_1 + b_2)}_{\text{Mantelfläche}}$$

Keil



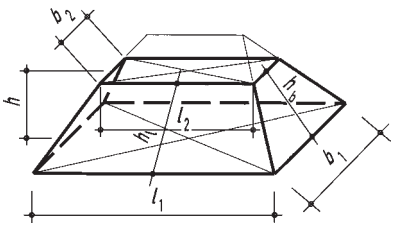
$$V = \frac{b \cdot h}{6}(2\,l_1 + l_2)$$

$$A_O = \underbrace{l_1 \cdot b}_{\text{Grundfläche}} + \underbrace{h_l(l_1 + l_2) + h_b \cdot b}_{\text{Mantelfläche}}$$

Mantelfläche bei gleichem Dachneigungswinkel α

$$A_M = \frac{2\,l_1 \cdot b}{\cos\alpha}$$

Keilstumpf



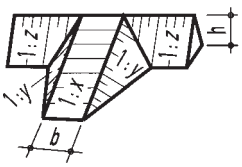
$$V = \frac{h}{6}(2\,l_1 \cdot b_1 + l_1 \cdot b_2 + b_1 \cdot l_2 + 2\,l_2 \cdot b_2)$$

$$V = \frac{h}{3}(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$$

$$V \approx \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot \frac{b_1 + b_2}{2} \cdot h$$

$$A_O = \underbrace{l_1 \cdot b_1}_{\text{Grundfläche}} + \underbrace{l_2 \cdot b_2}_{\text{Deckfläche}} + \underbrace{h_l(l_1 + l_2) + h_b(b_1 + b_2)}_{\text{Mantelfläche}}$$

Rampe



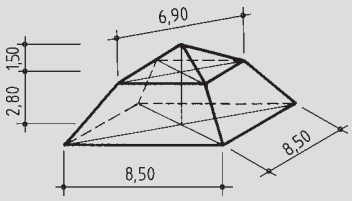
$$V = \frac{h^2}{6}(x - z) \cdot \left(3 \cdot b + 2 \cdot y \cdot h \cdot \frac{x - z}{x}\right)$$

bei $z = 0$

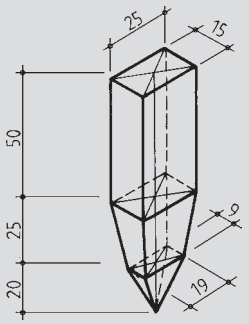
$$V = \frac{h^2 \cdot x}{6}(3 \cdot b + 2 \cdot y \cdot h)$$

Aufgaben

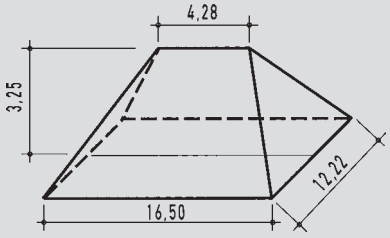
29. Eine Kirchturmspitze soll mit Brettern verschalt und mit Schiefer gedeckt werden. Ermitteln Sie
a) das Volumen der Turmspitze,
b) die Länge der Gratsparren,
c) den Bedarf an Bretterschalung,
d) den Bedarf an Schiefer, wenn für Verschnitt und Überdeckung 18,5 % zu veranschlagen sind.



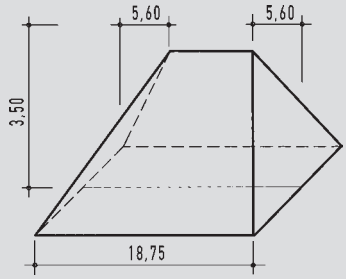
30. Es sind 1 000 Grenzpflöcke aus Stahlbeton herzustellen.
Wie viel Beton ist zur Herstellung erforderlich?



31. Berechnen Sie für das Walmdach mit gleicher Dachneigung
a) das Volumen des Daches,
b) den Ziegelbedarf (Mönch/Nonne) bei 2×13 Ziegeln/m^2,
c) den Bedarf an First- und Gratziegeln, wenn pro m 3 Ziegel benötigt werden.

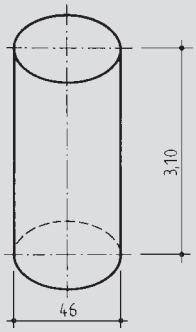


32. Beim gleichgeneigten Walmdach sind zu berechnen
a) das Volumen des Daches,
b) der Bedarf an First- und Gratziegeln, wenn pro m 3 Ziegel benötigt werden,
c) die Anzahl an Biberschwanzziegeln (Kronendeckung) bei einem Bedarf von 37 Ziegeln/m^2.



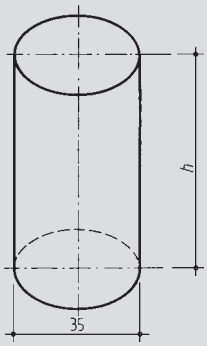
33. Grund- und Deckfläche eines 0,70 m hohen Zylinders haben zusammen eine Fläche von 0,60 m^2.
Wie groß ist
a) die Mantelfläche,
b) das Volumen?

34. Die Stahlbetonsäule soll hergestellt werden.
a) Wie viel m^2 Schalung werden benötigt?
b) Wie viel m^3 Beton sind erforderlich?



35. Zum Schalen von 3 Rundsäulen sind einschließlich 6 % Verschnitt 13,90 m^2 Schalung verarbeitet worden; Säulenhöhe 3,85 m.
Wie viel m^3 Beton werden benötigt?

36. Zum Betonieren von zwei Rundsäulen sind 0,625 m^3 Beton verarbeitet worden.
a) Welche Höhe *h* haben die Säulen?
b) Wie groß ist die zu schalende Fläche einer Säule?



In DIN 18065 sind Grenzmaße für nutzbare Treppenlaufbreite, Steigung und Auftritt festgelegt.

Grenzmaße für	Treppenart	nutzbare Laufbreite [cm]	Steigung s [cm]	Auftritt a [cm]
Wohngebäude mit bis zu zwei Wohnungen und innerhalb von Wohnungen	baurechtlich notwendige Treppe	≥ 80	14 … 20	23 … 37
	baurechtlich nicht notwendige (zusätzliche) Treppe	≥ 50	14 … 21	21 … 37[1)]
Gebäude im Allgemeinen	baurechtlich notwendige Treppe	≥ 100	14 … 19	26 … 37
	baurechtlich nicht notwendige (zusätzliche) Treppe	≥ 50	14 … 21	21 … 37[2)]

[1)] Bei geschlossenen Treppen, deren Treppenauftritt a unter 26 cm liegt, muss die Unterschneidung u mindestens so groß sein, dass bei der Trittfläche eine Tiefe von insgesamt 26 cm erreicht wird.

[2)] Bei baurechtlich nicht notwendigen Treppen, deren Treppenauftritt a unter 24 cm liegt, muss die Unterschneidung u mindestens so groß sein, dass bei der Trittfläche eine Tiefe von insgesamt 24 cm erreicht wird.

Treppenlauflinie

Die Lauflinie ist eine gedachte Linie, die von der Vorderkante der Antrittstufe bis zur Vorderkante der Austrittstufe einer Treppe verläuft. Sie wird mit einem Kreis und einem Pfeil gekennzeichnet, wobei der Kreis den Antritt und der Pfeil den Austritt markiert. Weil die Austrittstufe bereits zur Decke des oberen Geschosses oder des Podestes gehört, zählt dessen Auftrittbreite nicht mehr zur Lauflinie. Damit ergibt sich die Treppenlauflänge als die Summe der Auftrittbreiten entlang der Lauflinie. Die Anzahl der Auftritte entspricht der Anzahl der Steigungen minus 1.

Anzahl der Auftritte = Anzahl der Steigungen − 1 = $n - 1$

Treppenlauflänge = (Anzahl der Steigungen − 1) · Auftritt

$$l = (n - 1) \cdot a$$

Zwischenpodest

Nach DIN 18065 soll spätestens nach 18 Steigungen ein Ruhepodest eingebaut werden.

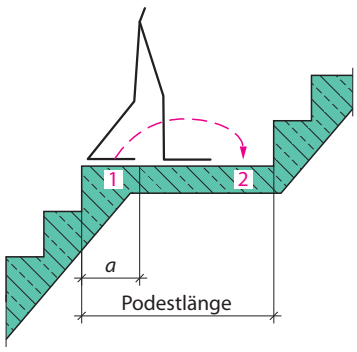
Dessen geringste Länge ist ein Auftritt zuzüglich einer Schrittlänge.

$$l_P = a + 1 \text{ Schrittlänge}$$

Bei mehreren (x) Schritten wird die Schrittlänge mit der geplanten Schrittanzahl multipliziert.

$$l_P = a + x \cdot \text{Schrittlänge}$$

$$l_P = a + x \cdot (a + 2s)$$

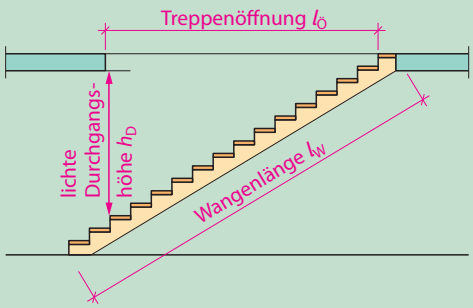


12.2 Treppenberechnung

Beispiel

In einem Einfamilienhaus mit einer Geschosshöhe h von 2,75 m soll eine einläufige gerade Treppe eingebaut werden. Berechnen Sie

a) die Anzahl der Steigungen n,
b) die Steigungshöhe s,
c) die Auftrittbreite a,
d) die Treppenauflänge l,
e) die lichte Durchgangshöhe h_D bei der 3. Steigung und einer Geschossdeckendicke $d = 20$ cm,
f) die Treppenöffnung $l_Ö$,
g) die Treppenwangenlänge l_W.



a) Anzahl der Steigungen n

$$n = \frac{h}{s} = \frac{275\text{ cm}}{17{,}5\text{ cm}} = 15{,}71$$

gewählt: $n = 16$ Steigungen

Zur Berechnung der Anzahl der Steigungen wird die Geschosshöhe h durch eine angenommene Steigungshöhe s (meist 17,5 cm) geteilt.

Die Geschosshöhe ist die Höhe von Oberkante Fertigfußboden des unteren Geschosses bis Oberkante Fertigfußboden des oberen Geschosses.

b) Steigungshöhe s

$$s = \frac{h}{n} = \frac{275\text{ cm}}{16} = 17{,}2\text{ cm}$$

Zur Berechnung der genauen Steigungshöhe s wird die Geschosshöhe h durch die gewählte Anzahl der Steigungen n geteilt.

c) Auftrittbreite a

$a + 2s = 63$ cm

nach a umgeformt: $\boldsymbol{a = 63\text{ cm} - 2s}$

$a = 63\text{ cm} - 2 \cdot 17{,}2\text{ cm} = 28{,}6\text{ cm}$

Zur Berechnung der Auftrittbreite a wird die Schrittmaßregel nach a umgeformt. Anschließend wird die berechnete Steigungshöhe s eingesetzt und a ermittelt.

d) Treppenauflänge l

$\boldsymbol{l = (n - 1) \cdot a}$

$l = (16 - 1) \cdot 28{,}6\text{ cm} = 429\text{ cm}$

Zur Berechnung der Treppenauflänge l wird zunächst die Anzahl der Auftritte ermittelt, indem die Anzahl der Steigungen n um 1 vermindert wird. Anschließend wird dieser Wert mit der Auftrittbreite a multipliziert.

e) lichte Durchgangshöhe h_D

$\boldsymbol{h_D = h - d - x \cdot s}$

$h_D = 275\text{ cm} - 20\text{ cm} - 3 \cdot 17{,}2\text{ cm}$

$h_D = 203{,}4\text{ cm}$

$h_D = 2{,}03\text{ m} > 2{,}00\text{ m}$

Damit liegt die ermittelte lichte Durchgangshöhe über der nach DIN geforderten.

Die lichte Durchgangshöhe h_D ist das lotrechte Maß, gemessen in der Schrägen über den Vorderkanten der Stufen. Nach DIN 18065 muss sie mindestens 2,00 m betragen. In öffentlichen Gebäuden und Industriegebäuden werden mindestens 2,20 m empfohlen.

Zur Berechnung der lichten Durchgangshöhe h_D werden von der Geschosshöhe h die Deckendicke d und die Gesamthöhe der x Steigungen abgezogen.

x gibt die Anzahl der Steigungen an, bei der die lichte Durchgangshöhe mindestens eingehalten werden muss.

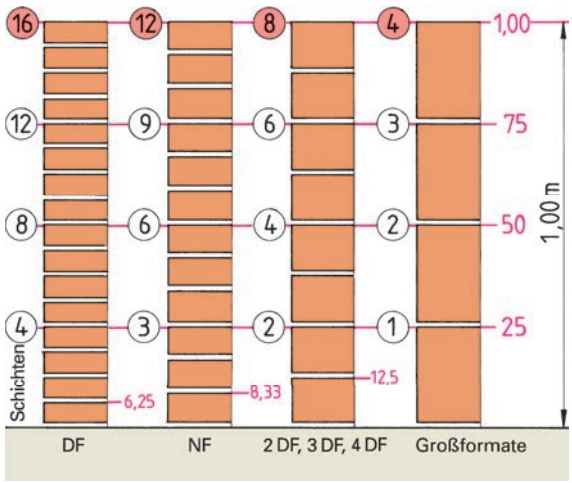
Mauerhöhen

Die Mauerhöhe errechnet sich aus Schichthöhe und Anzahl der Schichten. Die Schichthöhe setzt sich aus Steinhöhe (Steinnennmaß) und Dicke der Lagerfuge zusammen. Für Lagerfugen kann eine durchschnittliche Fugendicke von 1,2 cm angenommen werden. Die genaue Fugendicke errechnet sich nach Anzahl und Höhe der Steine. Aus Mauerhöhe und Schichthöhe wird die Schichtanzahl ermittelt.

Höhenmaße des Mauerwerks nach der Maßordnung

Formate	DF	NF	2 DF 3 DF	Großformate
Steinhöhe in cm	5,2	7,1	11,3	23,8
Lagerfuge in cm	1,05	1,23	1,2	1,2
Schichtenhöhe in cm	6,25	8,33	12,5	25
Schichtenzahl je 25 cm Mauerhöhe	4	3	2	1

Schichtenhöhen mit verschiedenen Formaten



Beispiel

a) Gesucht ist die Höhe einer Mauer von 30 Schichten mit Steinen in NF.

$$\text{Mauerhöhe} = \text{Schichtanzahl} \cdot \text{Schichthöhe}$$

$$h = 30 \cdot 8{,}33\ \text{cm} = 249{,}9\ \text{cm}$$

b) Gesucht ist die Anzahl an Schichten bei einer Mauerhöhe von 3,25 m in 2 DF.

$$\text{Schichtanzahl} = \text{Mauerhöhe} : \text{Schichthöhe}$$

$$n = 325\ \text{cm} : 12{,}5\ \text{cm} = 26$$

Aufgaben

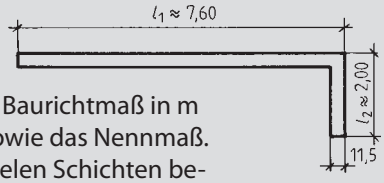
1. Rechnen Sie die Achtelmetermaße in Baurichtmaße und Nennmaße als Innenmaße um.
a) 4 am b) 17 am c) 23 am d) 8 am

2. Geben Sie folgende Nennmaße als Baurichtmaße und Achtelmetermaße (am) an.
a) 3,51 m
b) 1,495 m
c) 12,99 m
d) 2,375 m
e) 3,135 m
f) 8,88 m
g) 18,865 m
h) 6,75 m
i) 0,865 m
k) 0,495 m

3. Rechnen Sie die Achtelmetermaße 2 am (12 am; 116 am; 35 am; 97 am; 133 am) um in
a) Baurichtmaße in m,
b) Innenmaße,
c) Außenmaße.

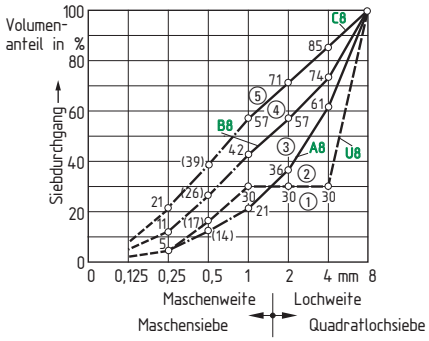
4. Eine 24 cm dicke, frei stehende, gerade Wand aus NF-Steinen enthält in einer Schicht 86 Köpfe. Es wurden 22 Schichten gemauert.
a) Geben Sie das Baurichtmaß sowie das Nennmaß an.
b) Wie viele Steine werden benötigt?

5. Ein Mauerwerk soll aus Klinkern DF errichtet werden.
a) Ermitteln Sie für l_1 und l_2 das Baurichtmaß in m und am sowie das Nennmaß.
b) Aus wie vielen Schichten besteht die 1,625 m hohe Mauer?
c) Wie viele Klinkermauerziegel sind erforderlich?

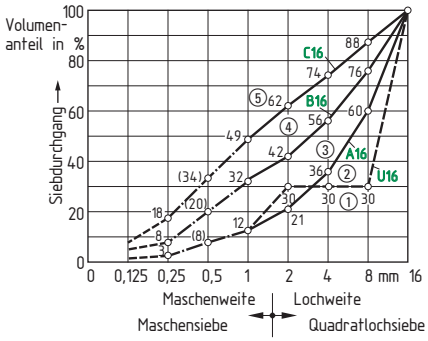


d) Je nach Größtkorn des Prüfgutes gibt es unterschiedliche Regelsieblinien.

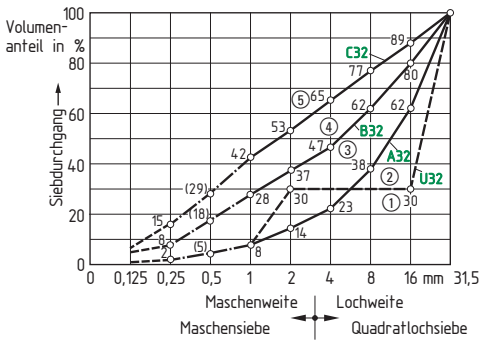
Bedeutung der Bereiche:
① grobkörnig
② Ausfallkörnung
③ grob- bis mittelkörnig
④ mittel- bis feinkörnig
⑤ feinkörnig



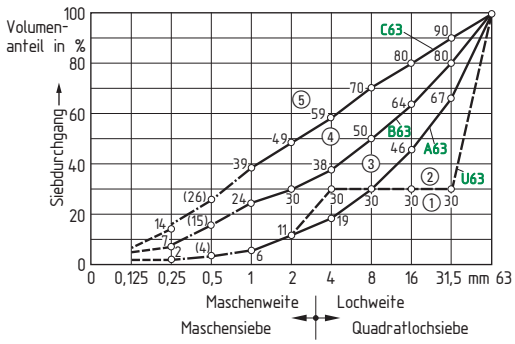
Sieblinien mit einem Größtkorn von 8 mm



Sieblinien mit einem Größtkorn von 16 mm



Sieblinien mit einem Größtkorn von 32 mm



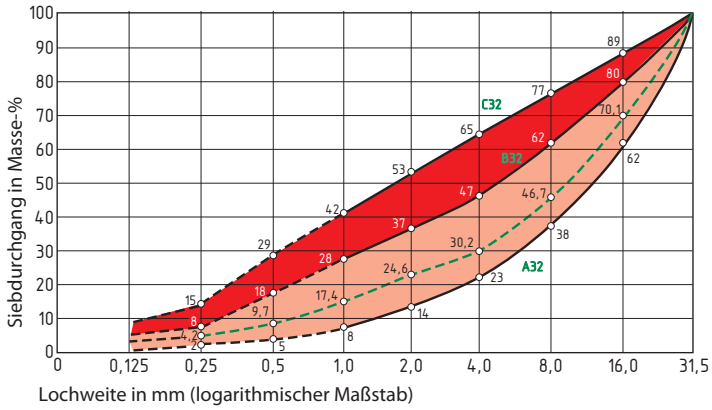
Sieblinien mit einem Größtkorn von 63 mm

In den Regelsieblinien stehen die Werte für das Sieb 0,5 mm in Klammern, weil die DIN 1045 keine allgemeingültigen Durchgangswerte enthält. Durch die Sieblinien A (gröbstes Korngemisch), B (mittleres Korngemisch) und C (feines Korngemisch) entstehen zwei Bereiche.

– Zwischen Linien A und B: grob- bis mittelkörnig
– Zwischen Linien B und C: mittel- bis feinkörnig

Kornzusammensetzungen, die außerhalb der Linien A und C liegen, sind zu fein- oder zu grobkörnig und sollten daher vermieden werden. Fehlen einem Gemisch einzelne Korngruppen, so bezeichnet man es als „Ausfallkörnung". Sieblinien mit Ausfallkörnungen sind unstetig. Sie dürfen nicht unterhalb der Regelsieblinie U liegen.

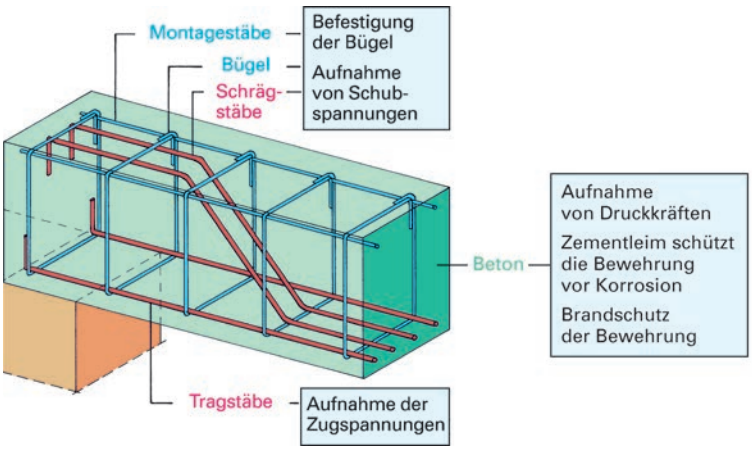
Die unter c) gezeichnete Sieblinie wird in die Regelsieblinie für das Größtkorn von 32 mm eingetragen. Es zeigt sich, dass das untersuchte Korngemisch im Bereich „grob- bis mittelkörnig" liegt.



16 Stahlbeton

Stahlbeton ist ein Verbundbaustoff aus Beton und Stahl. Diese beiden Baustoffe können nur deshalb gemeinsam verarbeitet werden, weil sie etwa den gleichen Längenausdehnungskoeffizienten von $\alpha = 0{,}01$ mm/mK besitzen und somit bei Temperaturänderungen keine Spannungen zwischen den Baustoffen entstehen.

Aufgaben von Beton und Bewehrung eines Stahlbetonbalkens



Der Stahl, der durch seine raue profilierte Oberfläche gut haftet, kann seine Aufgabe als tragendes Glied nur dann erfüllen, wenn er ausreichend von Beton überdeckt ist.

16.1 Betondeckung

Die Betondeckung ist der minimale Abstand zwischen einer Bewehrungsoberfläche und der nächstgelegenen Betonoberfläche (einschließlich vorhandener Bügel, Haken oder Oberflächenbewehrung).

Das Nennmaß der Betondeckung muss auf den Plänen eingetragen werden. Es ist definiert als die Summe aus der Mindestbetondeckung c_{min} und dem Vorhaltemaß Δc_{dev}.

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Zur Sicherstellung des Verbundes darf die Mindestbetondeckung $c_{min,b}$ nicht kleiner sein als:

- der Stabdurchmesser ϕ der Betonstahlbewehrung oder der Vergleichsdurchmesser ϕ_n eines Stabbündels,
- der 1,5-fache Nenndurchmesser einer Litze oder der 2,5-fache Nenndurchmesser eines gerippten Drahts,
- der äußere Hüllrohrdurchmesser eines Spanngliedes.

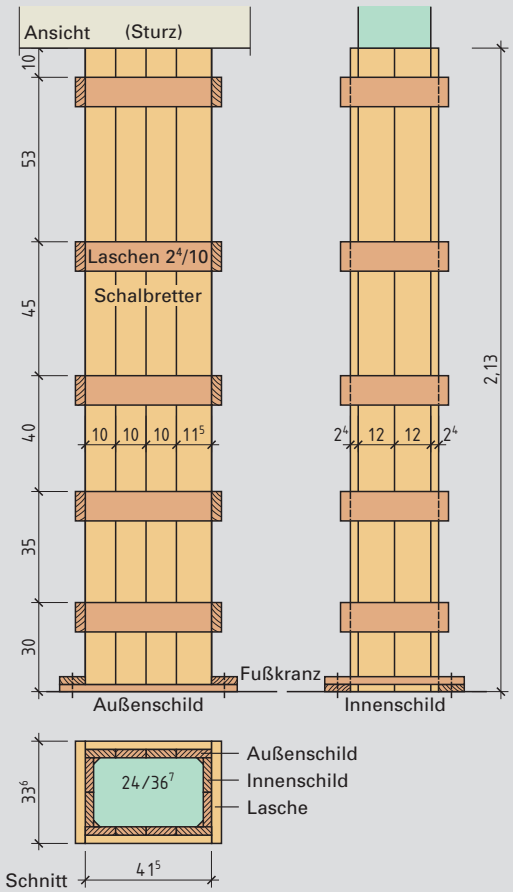
Maßgebend ist der größte Wert, der sich aus den Verbund- bzw. Dauerhaftigkeitsanforderungen ergibt.

$$c_{min} = \max\{c_{min,b};\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add};\ 10\ mm\} \text{ jedoch stets } c_{min} \geq c_{min,b}$$

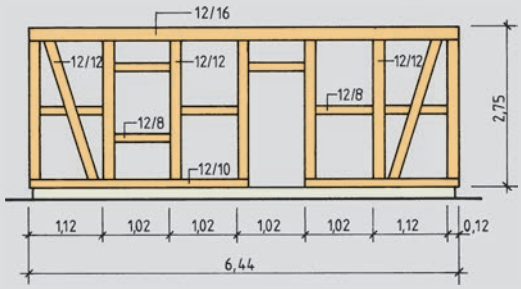
- $c_{min,b}$: Mindestbetondeckung zur Sicherstellung des Verbundes (b: engl. bond)
- $c_{min,dur}$: Mindestbetondeckung zur Sicherstellung der Dauerhaftkeit (dur: engl. durance)
- γ: Sicherheitszuschlag
- st: Abminderung bei Verwendung nichtrostender Stähle
- add: Abminderung bei Anwendung zusätzlicher Schutzmaßnahmen

Aufgaben

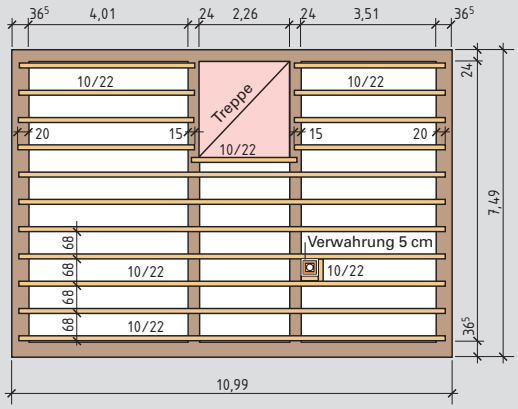
3. Der Schalungsplan für eine Stahlbetonstütze ist in den Ansichten und im Schnitt dargestellt. Für die dargestellte Stützenschalung ist die Holzliste aufzustellen. Verwendet werden für die Schalhaut einschließlich ihrer Laschen sägeraue Bretter, 2,4 cm dick und 10/11,5/12 cm breit. Der Verschnitt beträgt 15 %.



4. Für die dargestellte Fachwerkwand soll eine Holzliste aufgestellt werden.
Streben, Pfosten und Riegel werden verzapft.
Die Zapfenlänge beträgt 4 cm.
Länge der Streben ohne Zapfen 2,61 m.



5. Ermitteln Sie die benötigte Fertigholzmenge für die Balkenlage im Dachgeschoss des Reihenhauses. Die Zapfen des Wechselbalkens sind 4 cm lang.



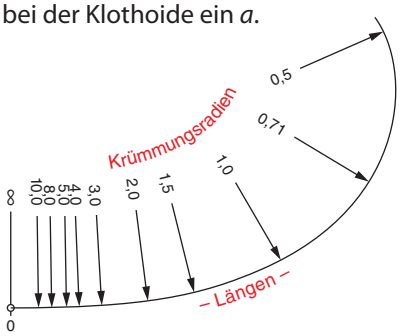
Klothoiden

Klothoiden sind Übergangskurven, die den Übergang von der Geraden zum Kreisbogenradius durch einen stetig veränderten Radius vollziehen. Dies ist notwendig, denn es besteht bei höheren Geschwindigkeiten die Gefahr, dass sich ein Fahrer beim Übergang von der Geraden zum Kreisbogen nicht schnell genug auf den Kurvenradius einstellen kann. Im Lageplan ist die Klothoide an der Kennzeichnung der Bögen erkennbar. Während Kreisbögen mit ihrem Radius *r* bezeichnet werden, steht bei der Klothoide ein *a*.

Das Bildungsgesetz für alle Klothoiden lautet:

$$r \cdot l = a^2$$

r: Krümmungsradius an dieser Stelle (m)
l: Bogenlänge (m) vom Anfangspunkt 0 der Klothoide bis zur jeweiligen Stelle
a: Klothoidenparameter (m)



Das heißt: Bei einer bestimmten Klothoide haben *r* und *l* an jeder Stelle einer anderen Wert, jedoch muss das Produkt $r \cdot l$ immer gleich sein.

Beispiel

$$r \cdot l = a^2$$

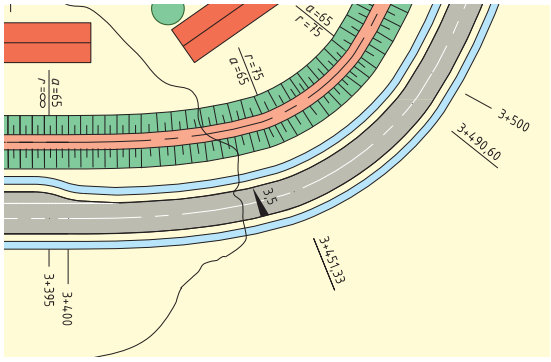
$$50\ \text{m} \cdot 72\ \text{m} = 3600\ \text{m}^2$$
$$75\ \text{m} \cdot 48\ \text{m} = 3600\ \text{m}^2$$
$$120\ \text{m} \cdot 30\ \text{m} = 3600\ \text{m}^2$$

Beispiel

Berechnen Sie die Radien im Übergangsbogen der Umgehungsstraße für die folgenden Stationen:

3 + 405 3 + 435
3 + 415 3 + 445
3 + 425 3 + 451,33

Was stellen Sie fest?

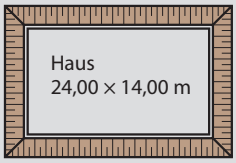


Die Gerade endet an der Station 3 + 395. Dort ist der Radius also noch ∞ (unendlich). Nach 10 m, an der Station 3 + 405, beträgt der Radius:
$r = a^2 : l = (65\ \text{m})^2 : 10\ \text{m} = 422{,}5\ \text{m}$ usw. Die Radien werden also immer kleiner.

Station	*l* [m]	*r* [m]
3 + 395	–	∞
3 + 405	10	422,50
3 + 415	20	211,25
3 + 425	30	140,83
3 + 435	40	105,63
3 + 445	50	84,50
3 + 451,33	56,33	75,00

Aufgaben

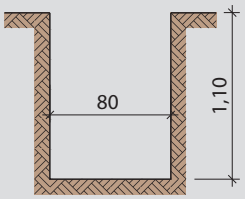
13. Um ein Haus mit den Außenmaßen 24,00 × 14,00 m soll allseitig ein Arbeitsraum mit einer Breite von 50 cm ausgehoben werden. Die Böschung muss einen Winkel von 60° erhalten. Die Tiefe der Baugrube beträgt 2,60 m.



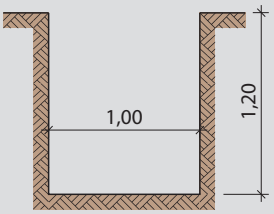
Grundriss

a) Wie viel m³ Boden sind auszuheben?
b) Wie viel m³ sind nach Erstellung des Hauses wieder zu verfüllen?
c) Wievielmal muss ein Lkw, der 26 t laden kann, fahren, wenn der Boden durch das Ausheben um 14 % aufgelockert wurde (ϱ = 1,8 t/m³)?

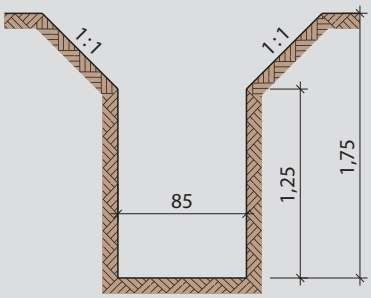
14. Wie viel m³ sind pro 100 m Länge auszuschachten?



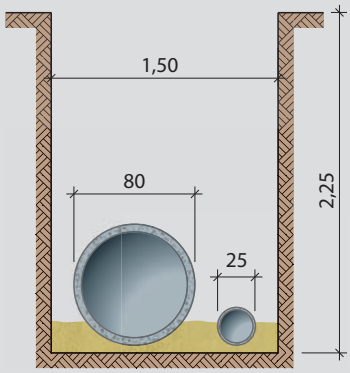
15. Wie groß ist die auszuhebende Bodenmenge bei einer Grabenlänge von 50 m.



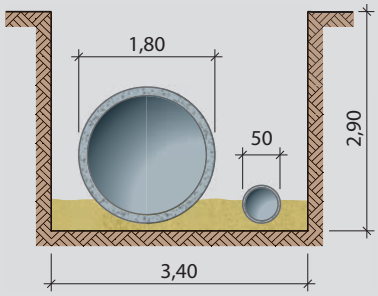
16. Wie viel m³ sind pro m Grabenlänge auszuheben?



17. a) Wie viel m³ sind für einen 150 m langen Rohrgraben auszuheben?
b) Wie viel Boden ist abzufahren, wenn nach Verlegung der Rohre die Verfüllmenge auf das vorherige Volumen verdichtet wird (Bettung bleibt unberücksichtigt)?



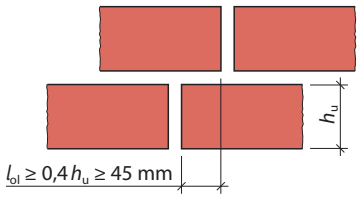
18. Es ist ein 325 m langer Rohrgraben für Entwässerungsrohre nach dem Trennsystem anzulegen.
a) Wie viel m³ Boden sind auszuheben?
b) Wie viel m³ sind nach Verlegung der Rohre zu verfüllen und vollständig zu verdichten (Bettung bleibt unberücksichtigt)?
c) Die Restmenge ist abzufahren. Wie viel m³ sind dies bei 12,5 % Auflockerung (Bettung bleibt unberücksichtigt)?



21.7 Berechnung nach DIN EN 1996-3

Das vereinfachte Verfahren darf angewendet werden, wenn

- die Gebäudehöhe nicht mehr als 20 m beträgt (als Gebäudehöhe bei geneigten Dächern gilt das Mittel zwischen First- und Traufhöhe),
- die Stützweiten maximal 6,00 m betragen (bei zweiachsig gespannten Decken ist für l_f die kürzere der beiden Spannweiten einzusetzen),
- das Überbindemaß $l_{ol} \geq \begin{cases} 0{,}4 \cdot h_u \\ 45 \text{ mm} \end{cases}$
- die Deckenauflagertiefe $a \geq \begin{cases} 0{,}5\,t \\ 100 \text{ mm} \end{cases}$
- die Werte der unten stehenden Tabelle eingehalten werden.



Beim vereinfachten Verfahren für Rezeptmauerwerk (RM) müssen nicht nachgewiesen werden:

- Knotenmomente von Wänden, die als Innenauflager von durchlaufenden Decken dienen.
- Windkräfte auf tragende Wände, da sie im Sicherheitsabstand bzw. durch konstruktive Maßnahmen berücksichtigt sind.
- Aussteifung,
  - wenn Geschossdecken gleichzeitig steife Scheiben oder ausreichend steife Ringbalken sind,
  - wenn in Längs- und Querrichtung des Gebäudes eine ausreichende Anzahl aussteifender Wände vorhanden ist.

Voraussetzungen für die Anwendung des vereinfachten Nachweisverfahrens

Bauteil	Voraussetzungen			
	Wanddicke	lichte Wandhöhe	aufliegende Decke	
			Stützweite	Nutzlast[1]
	t [mm]	h [m]	l_f [m]	q_k [kN/m²]
tragende Innenwände	≥ 115	≤ 2,75	≤ 6,00	≤ 5,00
	< 240			
	≤ 240	—		
tragende Außenwände und zweischalige Haustrennwände	≥ 115[2]	≤ 2,75	≤ 6,00	≤ 3
	< 150[2]			
	≥ 150[3]			
	< 175[3]			
	≥ 175			≤ 5
	< 240			
	≥ 240	≤ 12 d		

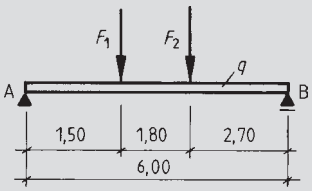
[1] Einschließlich Zuschlag für nichttragende innere Trennwände

[2] Als Tragschale zweischaliger Außenwände und bei zweischaligen Haustrennwänden bis maximal zwei Vollgeschosse zuzüglich ausgebautes Dachgeschoss, aussteifende Querwände im Abstand ≤ 4,50 m bzw. Randabstand von einer Öffnung ≤ 2,00 m. Als einschalige Außenwand nur bei eingeschossigen Garagen und Bauwerken, die nicht dem Aufenthalt von Menschen dienen.

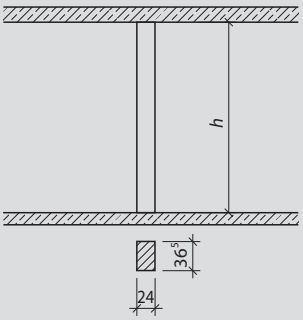
[3] Bei charakteristischen Mauerwerksdruckfestigkeiten $f_k < 1{,}8$ N/mm² gilt zusätzlich Fußnote 2.

Aufgaben

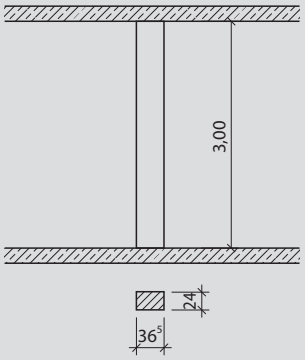
79. $F_1 = 52$ kN; $F_2 = 45$ kN; $q = 3{,}2$ kN/m
Ermitteln Sie
a) die Auflagerkräfte A und B,
b) die Mauerwerksspannung unter dem Auflager A, bei einer Auflagerfläche von 24×30 cm,
c) den Bemessungswert der aufnehmbaren und einwirkenden Normalkraft unter dem Pfeiler des Auflagers B. Knicklänge 3,20 m, Mz28, NM III, $\varrho = 2{,}0$ kg/dm^3.



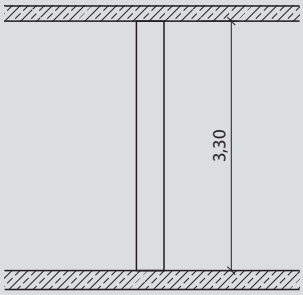
80. Wie groß ist die zulässige Spannung für einen Pfeiler in KS12–1,6, NM IIa?
a) $h_{ef} = 3{,}75$ m
b) $h_{ef} = 4{,}00$ m
c) $h_{ef} = 3{,}20$ m



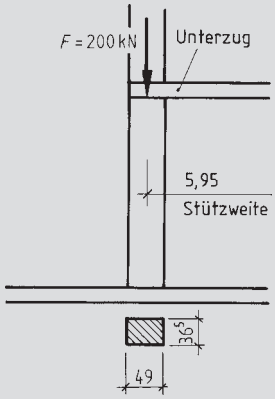
81. Welche Last könnte der Pfeiler, ausgeführt in Mz12–1,4, NM II, aufnehmen, bis er den Bemessungswert der aufnehmbaren Normalkraft erreicht hat?



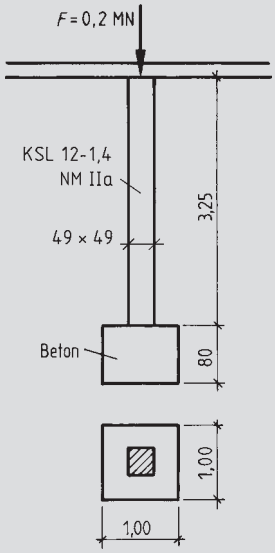
82. Welche Abmessung muss der quadratische Mauerwerkspfeiler in KMz36–1,8, NM IIIa mindestens haben, wenn die Schlankheit maximal 12 erreichen und der Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft 0,45 MN nicht überschreiten soll?



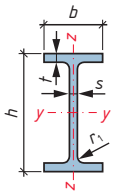
83. Wie hoch darf der Pfeiler in KS28–1,8, NM IIa höchstens werden, wenn bei einer Schlankheit von 12 die einwirkende Normalkraft $N_{E,d}$ nur 85 % betragen soll?



84. a) Vergleichen Sie den Bemessungswert der einwirkenden und aufnehmbaren Normalkraft.
b) Wie groß ist der Sohldruck unter dem Fundament?

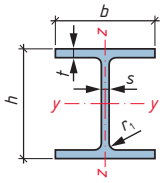


Mittelbreite I-Träger mit parallelen Flanschen – IPE-Reihe



Kurzzeichen IPE	Abmessungen in mm				Querschnittsfläche S [mm²]	Längenbezogene Masse [kg/m]	Trägheitsmomente I [cm⁴] und Widerstandsmomente W [cm³]			
	h	b	s	t			I_y	W_y	I_z	W_z
80	80	46	3,8	5,2	764	6,0	80,1	20,0	8,49	3,69
100	100	55	4,1	5,7	1 030	8,1	171	34,2	15,9	5,79
120	120	64	4,4	6,3	1 320	10,4	318	53,0	27,7	8,65
140	140	73	4,7	6,9	1 640	12,9	541	77,3	44,9	12,3
160	160	82	5,0	7,4	2 010	15,8	869	109	68,3	16,7
180	180	91	5,3	8,0	2 390	18,8	1 320	146	101	22,2
200	200	100	5,6	8,5	2 850	22,4	1 940	194	142	28,5
220	220	110	5,9	9,2	3 340	26,2	2 770	252	205	37,3
240	240	120	6,2	9,8	3 910	30,7	3 890	324	284	47,3
270	270	135	6,6	10,2	4 590	36,1	5 790	429	420	62,2
300	300	150	7,1	10,7	5 380	42,2	8 360	557	604	80,5
330	330	160	7,5	11,5	6 260	49,1	11 770	713	788	98,5
360	360	170	8,0	12,7	7 270	57,1	16 270	904	1040	123
400	400	180	8,6	13,5	8 450	66,3	23 130	1160	1320	146
450	450	190	9,4	14,6	9 880	77,6	33 740	1500	1680	176
500	500	200	10,2	16,0	11 600	90,7	48 200	1930	2140	214
550	550	210	11,1	17,2	13 400	106	67 120	2440	2670	254
600	600	220	12,0	19,0	15 600	122	92 080	3070	3390	308

Breite I-Träger mit parallelen Flanschflächen – IPBl-Reihe



Kurzzeichen IPBl	Abmessungen in mm				Querschnittsfläche S [mm²]	Längenbezogene Masse [kg/m]	Trägheitsmomente I [cm⁴] und Widerstandsmomente W [cm³]			
	h	b	s	t			I_y	W_y	I_z	W_z
100	96	100	5	8	2 120	16,7	349	72,8	134	26,8
120	114	120	5	8	2 530	19,9	606	106	231	38,5
140	133	140	5,5	8,5	3 140	24,7	1 030	155	389	55,6
160	152	160	6	9	3 880	30,4	1 670	220	616	76,9
180	171	180	6	9,5	4 530	35,5	2 510	294	925	103
200	190	200	6,5	10	5 380	42,3	3 690	389	1 340	134
220	210	220	7	11	6 430	50,5	5 410	515	1 950	178
240	230	240	7,5	12	7 680	60,3	7 760	675	2 770	231
260	250	260	7,5	12,5	8 680	68,2	10 450	836	3 670	282

23.2 Rauminhalte, Nettoraumflächen von Gebäuden (DIN 277) und Baukostenermittlung (DIN 276)

Um schon im Vorstadium der Planung eines Bauwerks über die Kostensituation Auskunft zu erhalten, ist eine Kostenschätzung vorzunehmen. Die Kostenschätzung ist eine Unterlage, die im Gegensatz zur Kostenberechnung und zum Kostenanschlag noch als unverbindlich gilt. Während die Kostenschätzung in erster Linie als Grundlage für Finanzierungsüberlegungen oder für die Abgrenzung des Raum- und Ausstattungsprogrammes dient, sind Kostenberechnung und Kostenanschlag notwendige Voraussetzungen für die Baudurchführung. Charakteristisch für die Kostenschätzung ist, dass die Kosten sowohl aus Einzelbeträgen gesondert ermittelt als auch durch Verwendung von Erfahrungswerten, Kostenrichtwerten oder überschlägig ermittelten Pauschalen gefunden werden können (siehe Kap. 25.1). Die Schätzung der Bauwerkskosten kann erfolgen nach

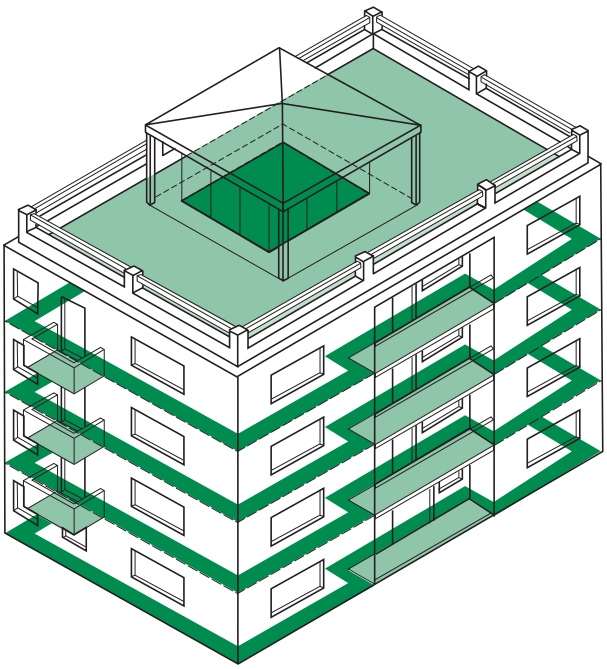
1. **Rauminhalten**, wobei für jede der beiden Arten eine Pauschale eingesetzt wird,
2. **Gebäudeflächen**; Bezugsgröße ist die Nettoraumfläche (NRF),
3. **Nutzeinheiten** wie z. B. je Arbeitsplatz, Bettplatz oder je Stück Vieh.

Der Genauigkeitsgrad erhöht sich, wenn nach Rauminhalten und Gebäudeflächen und, soweit möglich, nach Nutzeinheiten geschätzt und das Ergebnis gemittelt wird.

Die DIN 277 unterscheidet bei den Rauminhalten und Grundflächen zwei Gliederungsebenen.

Gliederungsebenen nach DIN 277

Regelfall der Raumumschließung R:	**Sonderfall der Raumumschließung S:**
bei allen Begrenzungsflächen des Raums (Boden, Decke, Wand) vollständig umschlossen	nicht bei allen Begrenzungsflächen (Boden, Decke, Wand) vollständig umschlossen, aber konstruktiv mit Bauwerk verbunden
z. B. normale Räume	z. B. Loggien, Balkone, Terrassen auf Flachdächern, Eingangsbereiche, Außentreppen



Dargestellt ist der Bruttorauminhalt (BRI). Er ist gekennzeichnet durch die jeweils farbig angelegte Bruttogrundfläche und die den BRI umschließenden, zum Teil gestrichelten Linien. Zur Vereinfachung der Darstellung sind die BGF der Geschosse nur durch farbige Randlinien verdeutlicht.

- R: Bruttorauminhalt von Räumen, die bei allen Begrenzungsflächen vollständig umschlossen sind (EG, 1., 2. und 3. OG, DG)
- S: Bruttorauminhalt von Räumen, die nicht bei allen Begrenzungsflächen vollständig umschlossen sind (Loggien im EG und im 1., 2. und 3. OG, Balkone im 1., 2. und 3. OG, Dachterrasse)

Aufgaben

16. Ermitteln Sie

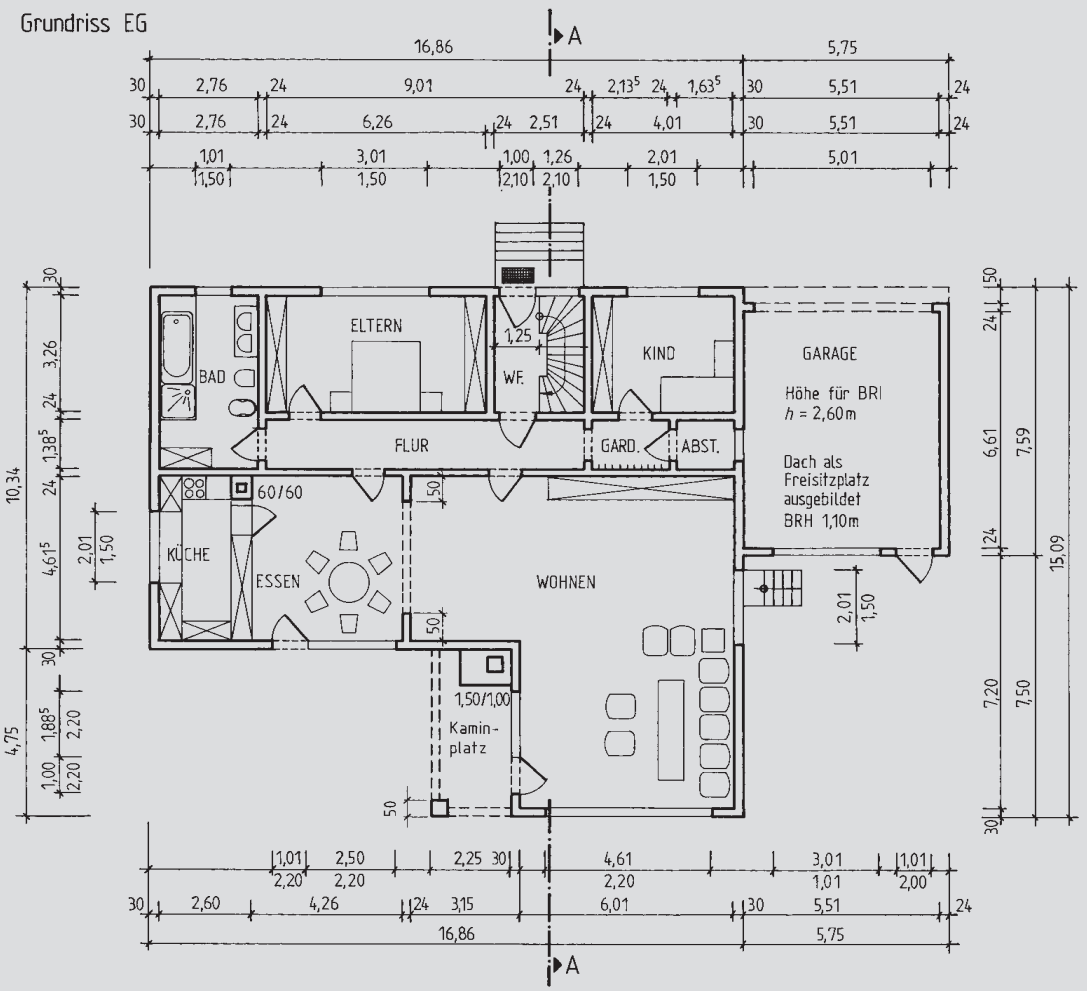
a) die überschlägigen Baukosten auf der Grundlage der Bruttorauminhalte bei Pauschalen für vollständig umschlossene Räume von 670 €/m³ und von 510 €/m³ für nicht vollständig umschlossene Räume,

b) die überschlägigen Baukosten auf der Grundlage der Nettoraumflächen bei Pauschalen von 2100 €/m² für vollständig umschlossene Räume und von 1400 €/m² für nicht vollständig umschlossene Räume,

c) die gemittelte Baukostensumme auf der Grundlage von a) und b),

d) die Wohnfläche.

Außenputz 2,0 cm, Innenputz 1,5 cm



25.3 Kalkulatorische Kosten

Außer den Einzelkosten und Gemeinkosten, die auch zu Ausgaben des Unternehmers führen, sind Kosten bekannt, die zwar keine Ausgaben verursachen, aber dennoch kalkuliert werden können – wenn die Auftragslage am Baumarkt dies zulässt. Diese Kosten werden kalkulatorische Kosten genannt.

Kalkulatorische Kosten

Kalkulatorischer Unternehmerlohn

Der Unternehmer, der in seiner Unternehmung tätig ist, kann in der Kalkulation einen ähnlichen Betrag ansetzen, der ihm auch in einer fremden Unternehmung bezahlt werden würde.

Kalkulatorische Miete

Würde der Unternehmer in gemieteten, d. h. gepachteten Räumen arbeiten, so müsste er dafür eine Miete zahlen. Durch die kalkulatorische Miete werden Quasikosten für Miete in Rechnung gestellt.

Kalkulatorische Zinsen

Eine Unternehmung erfordert Kapital. Würde ein Unternehmer dieses Geld anlegen, bekäme er dafür evtl. Erträge. Folglich muss auch die eigene Unternehmung einen solchen Ertrag erbringen.

Kalkulatorische Wagnisse

Entwicklungswagnis: Fehlgeschlagene Entwicklungsarbeiten

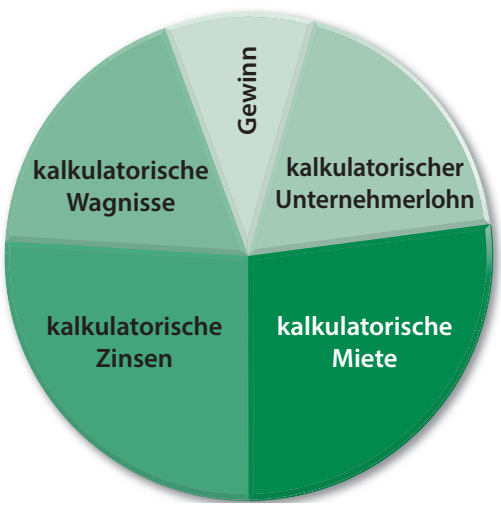
Anlagewagnis: Vorzeitige technische Veralterung

Beständewagnis: Bruch, Verderb, Schwund, technische Veralterung

Fertigungswagnis: Fehlerhafte Ausführung, Materialfehler, fehlerhafte Konstruktionsunterlagen

Gewährleistungswagnis: Preisnachlass, Ersatzlieferung, Nachbesserung

Forderungswagnis: Zahlungsausfälle von Kunden



Der Gesamtgewinn ergibt sich aus der Kalkulation der vier kalkulatorischen Kosten und, wenn der Markt es hergibt, noch einem Gewinnanteil.

Je nach Konjunkturlage kann es auch der Fall sein, dass nicht alle kalkulatorischen Kosten gedeckt sind.

1. Wärmemenge *Q*

Die Wärmemenge *Q* wird in Joule (J) angegeben. Unter einem Joule wird die Arbeit verstanden, die verrichtet wird, wenn eine Kraft von 1 N in Kraftrichtung um 1 m verschoben wird. Da Arbeit eine Form von Energie ist, dürfen auch die Einheiten Newtonmeter und Wattsekunde verwendet werden (siehe Kapitel 22).

1 J = 1 Ws = 1 Nm

In bauphysikalischen Berechnungen wird anstelle des Joule die Einheit Wattsekunde verwendet.

2. Wärmestrom Φ

Der Wärmestrom Φ wird in Watt (W) angegeben. Unter einem Watt wird die Leistung eines gleichmäßig ablaufenden Vorganges verstanden, bei dem in einer Sekunde die Arbeit von einem Joule verrichtet wird.

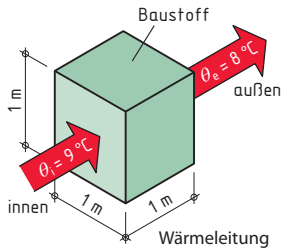
$$1\ \mathrm{W} = 1\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}} = 1\ \frac{\mathrm{Nm}}{\mathrm{s}}$$

3. Wärmeleitfähigkeit λ

Sie gibt den Wärmestrom in Watt an, der sich auf einer Fläche von 1 m^2 bei einer 1 m dicken Schicht einstellt, wenn der Temperaturunterschied an den beiden Schichtoberflächen 1 Kelvin beträgt.

Einheit: $\frac{\mathrm{W \cdot m}}{\mathrm{m^2 \cdot K}} = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{mK}}$

Die Wärmeleitfähigkeit hängt vom Material sowie von Art, Größe und Verteilung der Poren ab, und damit von der Rohdichte des Stoffes. Des Weiteren spielen die Temperatur und der Feuchtegehalt des Stoffes eine Rolle.



Temperaturdifferenz
$\Delta\theta = \theta_i - \theta_e$
$= 9\ °C - 8\ °C = 1\ °C$
$\triangleq 1\ K$

Je kleiner λ, desto besser die Wärmedämmung und desto schlechter die Wärmeleitung.

Je mehr Luftporen und je geringer die Rohdichte des Stoffes, desto kleiner λ.

Je feuchter ein Stoff, desto schlechter die Wärmedämmung.

Je niedriger die Stofftemperatur, desto schlechter die Wärmeleitung.

Werte für die Wärmeleitfähigkeit sind in den Tabellen S. 296 … 301 enthalten.

4. Wärmedurchlasswiderstand *R*

Ein Bauteil wird in der Praxis nach dem Wärmedurchlasswiderstand beurteilt. Je größer sein Wärmedurchlasswiderstand ist, desto besser ist die Wärmedämmung. Besteht ein Bauteil aus mehreren Schichten, so können die Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Schichten addiert werden.

Wärmedurchlasswiderstand = Schichtdicke in m / Wärmeleitfähigkeit

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Einheit: $\frac{\mathrm{m}}{\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{mK}}} = \frac{\mathrm{m^2K}}{\mathrm{W}}$

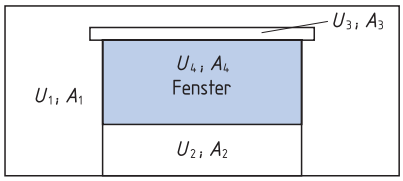
$$R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \ldots + \frac{d_n}{\lambda_n}$$ (bei mehreren Schichten)

Mittlerer *U*-Wert/*R*-Wert

Setzt sich ein Bauteil aus mehreren Einzelflächen zusammen, z. B. eine Wand mit Brüstungsnische, Fenster und Sturz, so wird der mittlere *U*-Wert bzw. mittlere *R*-Wert ermittelt.

$$U_m = \frac{U_1 \cdot A_1 + U_2 \cdot A_2 + U_3 \cdot A_3 + \ldots U_n \cdot A_n}{A_{ges}}$$

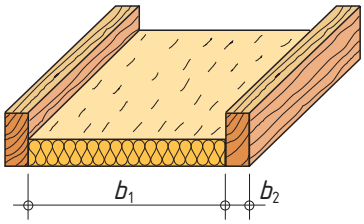
$$R_m = \frac{A_{ges}}{A_1 \cdot \frac{1}{R_1} + A_2 \cdot \frac{1}{R_2} + A_3 \cdot \frac{1}{R_3} + \ldots A_n \cdot \frac{1}{R_n}}$$



Haben zusammengesetzte Bauteile gleiche Längen, wie z. B. eine Balken- oder Sparrenlage mit gedämmtem Gefachbereich, so reduzieren sich oben stehende Formeln auf:

$$U_m = \frac{U_1 \cdot b_1 + U_2 \cdot b_2}{b_1 + b_2}$$

$$R_m = \frac{b_1 + b_2}{b_1 \cdot \frac{1}{R_1} + b_2 \cdot \frac{1}{R_2}}$$



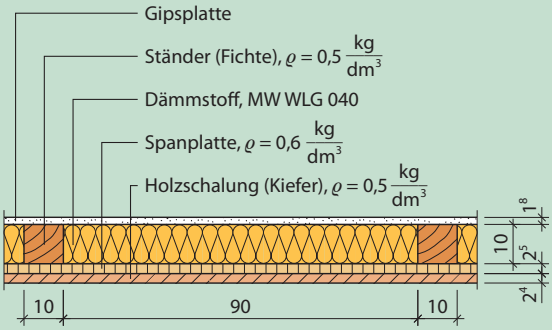
Wird das Flächenverhältnis in % ausgedrückt, z. B. bei einer Fachwerkwand, so ergibt sich der mittlere *U*-Wert bzw. *R*- Wert zu:

$$U_m = \frac{U_1 \cdot p_1 + U_2 \cdot p_2 + U_3 \cdot p_3 + \ldots U_n \cdot p_n}{100\,\%}$$

$$R_m = \frac{100\,\%}{p_1 \cdot \frac{1}{R_1} + p_2 \cdot \frac{1}{R_2}}$$

Beispiel

Ermitteln Sie den mittleren Wärmedurchlasswiderstand der Außenwand eines Fertighauses.



Bereich der Ständer:

$$R = \left[\frac{0{,}024}{0{,}13} + \frac{0{,}025}{0{,}14} + \frac{0{,}10}{0{,}13} + \frac{0{,}018}{0{,}25}\right] \frac{m^2K}{W} = 1{,}20 \frac{m^2K}{W}$$

Bereich der Dämmung:

$$R = \left[\frac{0{,}024}{0{,}13} + \frac{0{,}025}{0{,}14} + \frac{0{,}10}{0{,}04} + \frac{0{,}018}{0{,}25}\right] \frac{m^2K}{W} = 2{,}94 \frac{m^2K}{W}$$

Im Mittel:

$$R_m = 1{,}20 \frac{m^2K}{W} \cdot 10/100 + 2{,}94 \frac{m^2K}{W} \cdot 90/100 = 2{,}77 \frac{m^2K}{W}$$

Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte für Baustoffe (Fortsetzung)

Baustoffe	Rohdichte[1,2] ϱ [kg/m³]	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ [W/(mK)]			Richtwert der Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ[3]
Metalle					
• Aluminiumlegierungen	2800	160			∞
• Kupfer	8900	380			
• Zink	7200	110			
• Gusseisen	7500	50			
• Blei	11 300	35			
• Stahl	7800	50			
• nichtrostender Stahl	7900	17			
Gase					
• trockene Luft	1,23	0,025			1
• Kohlendioxid	1,95	0,014			1
Gestein					
• Lava	1600	0,55			15/20
• Basalt	2700 … 3000	3,50			10 000
• Gneis	2400 … 2700	3,50			
• Granit	2500 … 2700	2,80			
• Marmor	2800	3,50			
• Schiefer	2000 … 2800	2,20			800/1000
• Kalkstein, weich	1800	1,10			25/40
• Kalkstein, hart	2200	1,70			150/200
• Naturbims	400	0,12			6/8

[1] Die bei den Steinen angegebenen Rohdichtewerte entsprechen den Rohdichteklassen der zitierten Stoffnormen.
[2] Die in Klammern angegebenen Rohdichtewerte dienen nur zur Ermittlung der flächenbezogenen Masse.
[3] Es ist jeweils der für die Baukonstruktion ungünstigere Wert einzusetzen.
[4] Wenn keine Werte angegeben sind, gelten die Werte der Spalte „NM".

Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte für Wärmedämmstoffe (DIN 4108-4)

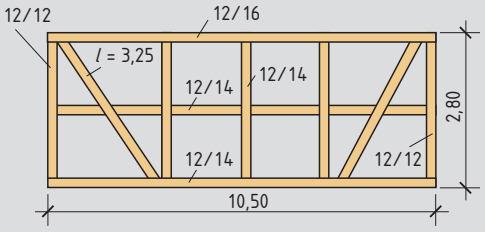
Dämmstoff	Nennwert λ_D [W/mK]	Bemessungswert λ [W/(mK)]	Richtwert der Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ[4]
Mineralwolle (MW) nach DIN EN 13162[1]	0,030 0,031 … 0,050	0,031 0,032 … 0,052	1

Aufgaben

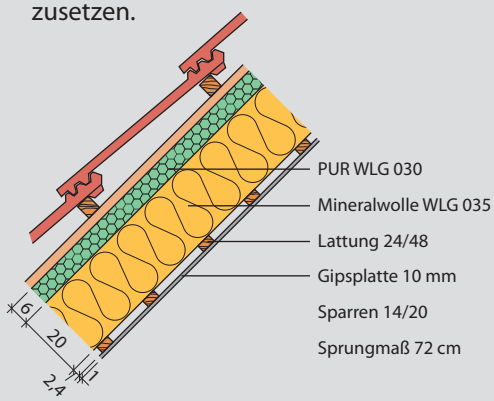
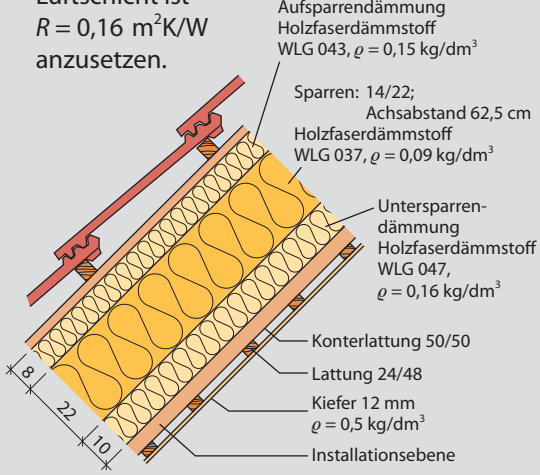
28. Bei einer 17,5 cm dicken Fachwerkwand sind die Gefache mit Strohlehm ($\varrho = 1{,}4$ kg/dm^3) ausgefüllt.
Fachwerk Nadelholz, $\varrho = 0{,}5$ kg/dm^3; Fachwerkanteil: 35,5 %.
a) Berechnen Sie den mittleren *U*-Wert.
b) Zu wie viel % sind die Forderungen der DIN 4108 und der EnEV erfüllt, wenn diese Fachwerkwand erneuert werden müsste?
c) Oft werden hierfür als Innendämmung Calciumsilicatplatten WLG 060 empfohlen. Wie dick müsste die Dämmschicht sein, um die Forderungen der EnEV zu erfüllen, wenn sich die Wärmeleitfähigkeit wegen Feuchtespeicherung um 25 % verschlechtern würde?

29. Es ist eine 13,5 cm dicke Fachwerkwand zu erneuern. Ihre Holzfläche ($\varrho = 0{,}5$ kg/dm^3) beträgt 3,95 m^2, die Gefachfläche (ausgefüllt mit Lehmwickel mit $\lambda = 0{,}50$ W/mK) 12,55 m^2.
a) Berechnen Sie den mittleren *U*-Wert der Wand.
b) Wie viel mm Dämmstoff (WLG 035) muss auf der Innenseite aufgebracht werden, wenn sowohl die DIN 4108 als auch die EnEV für Bestandsgebäude erfüllt werden müssen?

30. Bei einer Fachwerkwand besteht das Fachwerk aus Eichenholz ($\lambda = 0{,}13$ W/mK) und die Ausfachung aus Lehmwickel mit Stroh auf Holzstaken ($\lambda = 0{,}50$ W/mK).
Berechnen Sie den mittleren *U*-Wert.



31. a) Ermitteln Sie den mittleren *U*-Wert des Pultdaches.
b) Erfüllt der Dachaufbau die Forderung der EnEV?
c) An welchen Stellen werden die Folien angebracht? (Mit s_d-Wert und Begründung)
Alle Hölzer sind Nadelhölzer ($\varrho = 0{,}5$ kg/dm^3). Lattung und Konterlattung werden vernachlässigt und als ruhende Luftschicht angesehen. Für eine 15 … 300 mm dicke ruhende Luftschicht ist $R = 0{,}16$ m^{2}K/W anzusetzen.



32. a) Wie groß ist der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient der Dachfläche des ausgebauten Dachgeschosses?
b) Berechnen Sie die Temperaturleitzahl und den Wärmeeindringkoeffizienten der Auf-, Zwischen- und Untersparrendämmung.
Lattung und Konterlattung werden vernachlässigt und als ruhende Luftschicht angesehen. Für eine 15 … 300 mm dicke ruhende Luftschicht ist $R = 0{,}16$ m^{2}K/W anzusetzen.