

**Die Formelsammlungen sind teilweise stark veraltet (Vorlesungsinhalte aus vergangenen Semestern, alte Normen...) und sollten lediglich als Hilfestellung zum Verfassen eigener Formelsammlungen dienen. Kontrolliert auf jeden Fall die Formeln, es haben sich auch Fehler eingeschlichen.**

# BKL Formelsammlung

Jan Höffgen

21. April 2013



Die Formelsammlung wurde auf der Grundlage der Vorlesung  
Baukonstruktionslehre im WS2011/12 am KIT  
sowie der im Februar 2012 gültigen Versionen der DIN1053, 1054 und 1055  
und der 19. Auflage der Schneider Bautabellen für Ingenieure erstellt.

Es besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit oder Fehlerfreiheit.  
Fehler bitte der Fachschaft melden.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Dachlasten</b>	<b>2</b>
1.1 Eigenlasten (DIN 1055-1, Schneider 3.16) . . . . .	2
1.2 Nutzlasten (DIN 1055-3, Schneider 3.16) . . . . .	2
1.3 Windlasten (DIN 1055-4, Schneider 3.24) . . . . .	2
1.4 Schneelasten (DIN 1055-5, Schneider 3.46) . . . . .	2
1.5 Lastkombination (DIN 1055-100, Schneider 3.4) . . . . .	2
<b>2 Aussteifung (Schneider 4.109)</b>	<b>3</b>
2.1 Aussteifung über Kreuzverbände (Schneider 3.25,28,29) . . . . .	3
2.2 Aussteifung von Wänden (Schneider 4.112) . . . . .	3
<b>3 Dächer</b>	<b>3</b>
<b>4 Decken</b>	<b>4</b>
<b>5 Wände</b>	<b>4</b>
5.1 Aussteifungskräfte . . . . .	4
5.2 Drucknachweis Mauerwerk (Schneider 7.26) . . . . .	5
5.3 Auflagerpressung durch Sturz . . . . .	5
5.4 Nachweis der Schubfestigkeit (Schneider 7.30) . . . . .	6
5.5 Randdehnungen bei klaffender Fuge (nur Windscheiben) (Schneider S. 7.29) . . . . .	6
<b>6 Treppen</b>	<b>6</b>
<b>7 Fundamente</b>	<b>7</b>
7.1 Böden . . . . .	7
7.2 Voraussetzungen vereinfachtes Verfahren (DIN 1054-6.10) . . . . .	7
7.3 Sohldruck-Nachweis nach dem vereinfachten Verfahren (DIN 1054-6.10, S.48) . . . . .	7
7.4 Sonstiges . . . . .	7

# 1 Dachlasten

## 1.1 Eigenlasten (DIN 1055-1, Schneider 3.16)

1. Berechnung der Flächenlasten  $g_k, |g| = \frac{kN}{m^2}$  in vertikaler Richtung (S3.7-3.12)
2. Mit *Lasteinzugsbreite* Umrechnung in Streckenlast
3. Addition der Streckenlast des Sparrens
4. Umrechnung auf Achsen:  $g_{k\parallel} = g \cdot \sin \alpha, g_{k\perp} = g \cdot \cos \alpha$

## 1.2 Nutzlasten (DIN 1055-3, Schneider 3.16)

1. i.d.R. nicht begehbare Dächer:  $q_k = 0,75 \frac{kN}{m^2}$  für  $\alpha \leq 20^\circ, q_k = 0$  für  $\alpha \geq 40^\circ$  (DIN 6.2)
2. Örtliche Mindesttragfähigkeit: Einzellast  $Q_k = 1kN$  ungünstig ansetzen (S3.19)
  - Q nicht mit q überlagern
3. Umrechnung in Streckenlast
4. Umrechnung auf Achsen wie Eigenlasten

## 1.3 Windlasten (DIN 1055-4, Schneider 3.24)

1. Ausreichend Steife Konstruktionen sind nicht schwingungsanfällig
2. Gebäudehöhe und Windlastzone ermitteln (S3.24)
3. Aerodynamischen Beiwert bestimmen (belastend) (S3.29-3.33)
4.  $w_e = c_{pe} \times q(z_i)$  oder  $w = \frac{v^2}{1600 \frac{m}{kg}}$  (S3.28)

## 1.4 Schneelasten (DIN 1055-5, Schneider 3.46)

1. Feststellen der Schneelastzone und der Höhe über NN (S3.47)
2. Schneelast auf dem Boden:  $s_k = \begin{pmatrix} 0.19 \\ 0.25 \\ 0.31 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.91 \\ 1.91 \\ 2.91 \end{pmatrix} \cdot \left(\frac{A+140}{760}\right)^2 \stackrel{!}{\geq} \begin{pmatrix} 0.65 \\ 0.85 \\ 1.10 \end{pmatrix}$ 
  - Zonen 1a und 2a: Wert mit 1.25 multiplizieren
3.  $s_i = \mu_1 \cdot s_k$  (S3.48)
  - Formbeiwert i.d.R.  $\mu_1 = 0.8$  für  $\alpha \leq 30^\circ$ , lin. Abfall bis  $\mu_1 = 0$  für  $\alpha \geq 60^\circ$  (S3.49)
4. Umrechnung in Streckenlast  $s$
5. Schneeüberhang an Traufe (S3.51)
  - Streckenlast  $S_e = \frac{s_i^2}{\gamma}$  mit  $\gamma := 3 \frac{kN}{m^3}$
  - Umrechnung in Einzellast mit Lasteinzugsbreite
6. Umrechnung auf Achsen:  $s_{i\parallel} = s_i \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha, s_{i\perp} = s_i \cdot \cos^2 \alpha, S_e$  wie Eigenlasten

## 1.5 Lastkombination (DIN 1055-100, Schneider 3.4)

- $q_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} \oplus \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
- $\gamma_G = 1.35, \gamma_Q = 1.5$  (ungünstige Auswirkungen) (S3.5)
- $\psi_{0,Wind} = 0.6, \psi_{0,Schnee, < 1000m} = 0.5, \psi_{Nutzlast} = 0.7$  (S3.5)
- Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit:  $\gamma_i = 1$

## 2 Aussteifung (Schneider 4.109)

- durch Wandscheiben und Rahmen mit biegesteifen Ecken
- durch Dianonalverbände und Rahmen mit biegesteifen Ecken
- durch Einspannung
- Ringanker: in Wandebene liegend, umschließt Decke, auf Zug bemessen (S4.111)
- Ringbalken (falls Scheibenwirkung der Decke reduziert ist): in Wandebene liegend, horizontal, auf Biegung bemessen, mehr Bewehrung

### 2.1 Aussteifung über Kreuzverbände (Schneider 3.25,28,29)

1. Windlasten an beiden Seiten ansetzen
2. Höhe der Wand (kleiner Breite?) (S3.29)
3. Größe der Wandfläche, Bestimmung der Flächen, Ablesen der  $c_{pe}$  aus Tabellen (S3.29)
4. Berechnung  $W_{Res} = A \cdot \sum w_i$  (S3.25,28)
5. Lasteinzugsfläche: Rechteck:  $W_{Kreuzv.} = \frac{W_{Res}}{4}$  (greifen an Ecken an)
6. Berechnung der Spannungen/Kräfte im Kreuzverband

### 2.2 Aussteifung von Wänden (Schneider 4.112)

- Drei Wandscheiben und schubsteife Deckenplatte oder vier Wandscheiben
- Drei Scheiben dürfen sich nicht in einem Punkt schneiden oder parallel sein

## 3 Dächer

- Verschiedene Dächer: Schneider S. 4.86
- Funktionen: Wärmeschutz, Feuchteschutz, Schallschutz, Brandschutz
- Witterungsschutz: Dachhaut, Tragende Fkt: Dachtragwerk, Bauphys. Fkt: Wärmedämmschichten, Dampfbremsen...
- Steildach: ab 15° Neigung
  - Schnelles Ableiten des Niederschlags
  - Dachraum
  - nachgiebige Dachhaut
  - schnelles Finden von undichten Stellen
- Sparrendach
  - Sparrenhöhe  $h = \frac{s}{24} + 20mm$ , s: Sparrenlänge
  - Sparrenbreite  $b = \frac{e}{8} \geq 80mm$ , e: Sparrenabstand
- Kehlbalkendach
  - Sparrenhöhe  $h = \frac{l_1}{24} + 40mm$  mit  $l_1$ : max. Abstand zwischen zwei Unterstützungen
  - Sparrenbreite  $b = \frac{e}{8} \geq 80mm$
  - Kehlbalkenhöhe  $h_k = \frac{l_k}{20}$
  - Kehlbalkenbreite  $b_k = \frac{e}{8}$
  - verschiebliches Kehlbalkendach: jedes Gesparr einzeln mit Kehlbalken
  - unverschiebliches Kehlbalkendach: Kehlbalkenebene als Scheibe ausgebildet, an Giebel angehangen
- Vorholzlänge: Abtragung der Druckspannung ( $\rightarrow$  zweiwertiges Auflager)

## 4 Decken

### 1. Bestimmung des Spannungszustands

- einachsig gespannt:  $\frac{l}{b} > 2 \rightarrow$  Platte trägt nur über die langen (=nahen) Wände Lasten ab.
- zweiachsig gespannt:  $\frac{l}{b} \leq 2$

### 2. Bestimmung der Flächenlasten der Decke

### 3. Bestimmung der Lasteinzugsbreite

- einachsig:  $0.5b$
- zweiachsig: Winkel aufgrund der Lagerart festlegen ( $\triangle$  mit  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\beta = 45^\circ$ :  $h = 0.366b$ ) (S5.54)
- Statische Höhe von Stahlbetonplatten:  $h \geq \frac{l_i}{35}$ , bei leichten Trennwänden zusätzl.  $h \geq \frac{l_i^2}{150}$ ,  $l_i$ : kurze Seite

## 5 Wände

### • Mauersteine (S7.4)

$$- 1NF = l/b/h = \underbrace{24cm}_{25-1} / \underbrace{11.5cm}_{12.5-1} / \underbrace{7.1cm}_{\frac{25}{3}-1,23}$$

$$- 1DF = l/b/h = 24cm/11.5cm / \underbrace{5.2cm}_{\frac{12.5}{2}-1.05}$$

$$- 2DF = l/b/h = 24cm/11.5cm / \underbrace{11.3cm}_{12.5-1,2=2 \cdot 5.2+1.1}$$

- Baurichtmaß: ganzzahliges Vielfaches von 12.5cm
- Nennmaß: Baurichtmaß  $\pm$  Fugenanteil (Wanddicke: - ; Raumbreite, Türen: +)
- Berechnung von Maßen
  - Außenmaß:  $A = n \cdot 12.5 - 1.0$  [cm]
  - Öffnungsmaß:  $\ddot{O} = n \cdot 12.5 + 1.0$  [cm]
  - Vorsprungmaß:  $V = n \cdot 12.5$  [cm]

### 5.1 Aussteifungskräfte

- Nachweis darf entfallen, wenn  $h_{ges} \sqrt{\frac{N_k}{EI}} \leq 0.2 + 0.1n \leq 0.6$ ,
- Nachweis:  $H_{\alpha,i} = N_{k,i} \cdot \alpha_{\alpha 1}$  mit  $i = 1, \dots, n$ ,  $\alpha_{\alpha,1} = \pm \frac{1}{100 \sqrt{h_{ges}}}$

## 5.2 Drucknachweis Mauerwerk (Schneider 7.26)

1. Voraussetzungen: Schneider 7.12
2. Decken: Bestimmung einachsige/zweiachsige gespannt
3. Lastannahmen  $\rightarrow q_d$ 
  - MW in Wandkopf, -mitte, -fuß nachzuweisen
4. Exzentrizität:  $e(h) = \frac{M_d(h)}{R_d}$  (Schneider 4.31)
  - $e \leq \frac{d}{6} : \sigma_{1,2} = \frac{F}{A} \pm \frac{F \cdot e}{W} = \frac{F}{bd} (1 - \frac{6e}{d})$
  - $\frac{d}{6} \leq e \leq \frac{d}{3} : \sigma = \frac{2F}{3cb}$  mit  $c = \frac{d}{2} - e$ , Klaffende Fuge der Länge  $l' = d - 3c = 3e - \frac{1}{2}d$
5.  $N_{e,d} \leq N_{R,d}$ 
  - Einheitsmeter:  $N_{e,d} = q_d \cdot 1m$
  - $N_{R,d} = \Phi \cdot \frac{\eta \cdot f_k}{\gamma_M} \cdot A$  mit
    - $\eta = 0.85, \gamma_M = 1.5k_0, k_0 = 1.0, f_k : \text{DIN 1053-100 Tab.5, Schneider 7.27}$
    - $A \equiv b \cdot 1m$
    - $\Phi_1(h) = 1 - 2\frac{e(h)}{b}, \Phi_2 = 0.85 - 0.0011(\frac{h_k}{d})^2, \Phi_3 = 1.6 - \frac{l}{6} \leq 0.9$  für  $f_k \geq 1.8, 4.20m < l \leq 6.00m, \Phi_3 = 0.9$  für  $l \leq 4.2m$ , gebäudeabschließende Decken (alle 1):  $\Phi_3 = 0.33$  (S7.28)
      - EF2:  $h_k = \beta h_s, \beta = 1.0$  für  $d > 250mm$  (S7.13)
      - EF1:  $h_k = 2h_s \sqrt{\frac{1+2\frac{N_{e,d}}{N_{u,d}}}{3}}$
    - Kopf:  $\Phi = \Phi_3$ , Wandmitte:  $\Phi = \min\{\Phi_2, \Phi_3\} \cdot \Phi_1(\frac{h}{2})$ , Fuß:  $\Phi = \min\{\Phi_1(0), \Phi_3\}$

## 5.3 Auflagerpressung durch Sturz

1. Bestimmung der Last aus Wand auf Sturz (S7.13)
  - (a) Last durch Wand: gleichseitiges Dreieck mit  $l = l_{\ddot{O}} + 2\frac{l_{Auflager}}{2}, h = \frac{\sqrt{3}}{2}l$   
 $\rightarrow g_{MW,d,max} = \gamma_{w,d} \cdot b \cdot h$
  - (b) Last aus Decke: Entfernung Decke-Sturz:  $h' = h_{Geschoss} - h_{\ddot{O}} - d_{Decke}, l' = l - \frac{2h'}{\tan 60^\circ}$
2.  $N_{e,d} = q_d(\frac{l_{Sturz}}{2} + l_{Auflager})$  (Nachweis in halber Auflagerfläche) für Streckenlast oder  
 $N_{e,d} = q_d \cdot \frac{l'}{2} + \frac{1}{4}g_{MW,d,max}$  für Streckenlast und  $\Delta$  Mauerwerk
3.  $N_{R,d} = \alpha \cdot \frac{\eta f_k}{\gamma_M} A, \alpha = 1.0$  für Auflager nahe Wandende, 1.3 sonst
4. für  $N_{R,d} < N_{e,d}$ : Berechnung der Anzahl der Steine, die durch festere ausgetauscht werden müssen
  - Strahlensatz:  $\frac{l_{erf.}}{N_{e,d}} = \frac{l_{Auflager}}{N_{R,d}} \rightarrow h_{erf.} = \frac{\Delta l}{2} \cdot \tan 60^\circ$  ( $N_{R,d}$  mit  $\alpha = 1.0$ )  
 $\rightarrow$  Mindestabmessungen festerer Stein
  - $N_{R,d} \equiv N_{e,d} \rightarrow f_{k,neu} \rightarrow$  Steifigkeitsklasse wählen
  - Wenn Dicke des Sturz' nicht gegeben:  $\Delta$  ab Auflager, Sturz wie MW berechnen

## 5.4 Nachweis der Schubfestigkeit (Schneider 7.30)

- Nachweis am Wandfuß
1. Bestimmung  $V_{e,d} \equiv$  horizontale Lasten
  2. Berechnung  $V_{R,d} = \alpha_s \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot \frac{d}{c}$ 
    - $\alpha_s = \min \begin{cases} 1.125l & \text{mit } l : \text{Länge der Wand} \\ 1.333l_c & \text{mit } l_c = 1.5(l - 2e) \leq l \end{cases}$  für Wandscheiben mit Wind/Erddruck, sonst  $\alpha_s = l_c$
    - Plattenschub:  $f_{v,k} = f_{vk0} + 0.6 \cdot \sigma_{Dd}$ ,  $f_{vk0}$ : S7.30  
Scheibenschub:  $f_{v,k} = f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_{Dd} \leq \max f_{v,k}$ ,  $\max f_{v,k} = 0.016 \cdot f_{b,k}$ ,  $f_{b,k}$ : char. Steifigkeit (S7.3)  
–  $\sigma_{Dd} = \frac{N_{Ed}}{A'}$  mit  $N_{Ed}$ : minimale (ständige) Einwirkung ohne  $\gamma_M$ , i.d.R.  $N_{Ed} = 1.0N_G$ ,  
 $A'$ : überdrückte Fläche
    - $c$ :  $\frac{h}{l} \geq 2$ :  $c = 1.5$ ,  $\frac{h}{l} \leq 1$ :  $c = 1.0$ , Interpolation
  3.  $V_{e,d} \leq V_{R,d}$ 
    - Analoger Nachweis:  $\tau_{e,d} = \frac{V_{e,d} \cdot c}{\alpha_s \cdot d} \leq \tau_{max} = f_{v,d}$

## 5.5 Randdehnungen bei klaffender Fuge (nur Windscheiben) (Schneider S. 7.29)

1. Randspannung aus Exzentrizität (s.o.)
2.  $\varepsilon_D = \frac{\sigma_R}{E}$  mit  $E = 1000f_k$ ,  $f_k$ : Mauerwerksfestigkeit,  $\sigma_R$ : Schneider 4.31
3.  $\frac{\varepsilon_R}{a} = \frac{\varepsilon_D}{l_c}$
4.  $\varepsilon_R \leq 10^{-4}$

## 6 Treppen

- Austritt: oben, Antritt: unten
- a: Auftritt, s: Steigung, u: Unterschneidung
- Schrittmaßformel:  $a + 2s = 63cm$
- Bequemlichkeitsformel:  $a - s = 12cm$
- Sicherheitsformel:  $a + s = 46cm$
- Lauflänge:  $L = (n - 1) \cdot a$



## 7 Fundamente

### 7.1 Böden

- Gewachsener Boden (Lockergestein) (Nichtbindig-bindig)
- Fels (Festgestein), optimal
- geschütteter Boden (bei zu schlechtem Baugrund)

### 7.2 Voraussetzungen vereinfachtes Verfahren (DIN 1054-6.10)

- e) Neigung der Sohldruckresultierenden:  $\tan \delta = \frac{H_k}{V_k} \leq 0.2$
- Genauere Berechnung: Gleitsicherheitsnachweis:  $R_d \geq E_d$   
mit  $R_d = \frac{V_k \cdot \tan \rho}{\gamma_{R,h}}$ ,  $E_d = \gamma_{E0g} \cdot g_k$  ( $\gamma_{R,h}$ : S11.5,  $\gamma_{E0g}$ : S11.4)
- f) Ausmitte der Sohldruckres.:  $(\frac{x_e}{b_L})^2 + (\frac{y_e}{b_B})^2 \leq \frac{1}{9}$  mit  $e = \frac{M_k}{V_k}$  (char. Werte ohne  $\gamma$ )
- Für ausschließlich ständige Einwirkungen:  $\frac{e_x}{b_x} + \frac{e_y}{b_y} \leq \frac{1}{6}$  (S11.52)
- g) Gleichgewichtsverlust durch Kippen/Verlust der Lagesicherheit:  $\frac{M_{kippp,d}}{M_{Stand,d}} \leq 1.0$   
(Drehung um untere Fundamentecke)
- Nachweis kann entfallen, wenn Resultierende innerhalb 2. Kernweite liegt (DIN1054 A6.6.5 A(4))
  - Ungünstige ständ. Einwirkungen:  $\gamma_{G,dst} = 1.10$  (DIN 1054 Tab. A2.1 (S.30), Schneider 11.4)
  - Günstige ständ. EW:  $\gamma_{G,sth} = 0.90$
  - Ungünstige veränd. EW:  $\gamma_Q = 1.50$
  - Günstige veränd. EW:  $\gamma_Q = 0$

### 7.3 Sohldruck-Nachweis nach dem vereinfachten Verfahren (DIN 1054-6.10, S.48)

- $\sigma_{e,d} = \frac{N_{e,d}}{A'}$ 
  - $N_{e,d} = \gamma N_k$  mit i.A.  $\gamma_G = 1.35$ ,  $\gamma_Q = 1.5$  (Din 1054 S.30, Schneider 11.4)
  - maßgeb. Sohlfläche bei Ausmitte:  $A' = b'_L \cdot b'_B = (b_L - 2e_L)(b_B - 2e_B)$  mit  $e = \frac{M_k}{V_k}$
- $\sigma_{R,d} = \sigma_{R,d(B)} \cdot (1 + V - A)$ 
  - $\sigma_{R,d(B)}$  aus DIN 1054 Tab. 6.5-8 (S. 53f)/Schneider 11.46
  - Abminderung für  $2m < b' < 5m$ :  $A = 0.1 \cdot (\frac{b'}{2} - 1)$
  - Vergrößerung bei Kreisfundamenten oder Rechteckfundamenten mit  $\frac{a'}{b'} < 2$ :  $V = 0.2$
- $\sigma_{e,d} \leq \sigma_{R,d}$

### 7.4 Sonstiges

- Unbewehrte Fundamente ab Druckverteilungswinkel  $\alpha \geq 60^\circ$  mit  $\tan \alpha = \frac{\text{Fundamenthöhe}}{\text{Abstand Stütze-Rand}}$
- keine gegenseitige Beeinflussung von Fundamenten für Abstand  $a \geq 4b$  (Fundamentbreite)
- Erwartete Setzungen: setzungsempfindlich: weniger als 2cm, setzungsunempfindlich, bis 2 oder mehr
- i.d.R. Einbindetiefe  $d \geq 0.8m$