



## Anleitung zur Benutzung der Excel-Arbeitsblätter zum „Rissbreitennachweis für Kreisquerschnitte“

### 1. Grundlagen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

Die Grundlagen für die Bemessung von Kreis- und Kreisringquerschnitten sind bei LÖSER [1], Abschnitte 10 und 11 auf der Grundlage der DIN 1045 Ausgabe Juli 1988 und früher abgeleitet worden. Die Anpassung an die neue Vorschrift DIN 1045-1 Ausgabe Juli 2001 erfolgt in dem Lehrbrief/Skript [2]

und zwar

- für den Kreisquerschnitt im Abschnitt 12.9.1 (Betonanteil) und 12.9.2 (Bewehrungsanteil), zugehöriges Programm „Kreis\_Bem\_Trarf.xls“,
- für den Kreisringquerschnitt im Abschnitt 12.9.4 (Betonanteil) und 12.9.5 (Bewehrungsanteil), zugehöriges Programm „Kreisring\_Bem\_Trarf.xls“, und
- für das dickwandige Rohr im Abschnitt 12.9.7 (Betonanteil) und 12.9.2 (Bewehrungsanteil), zugehöriges Programm „Dickes Rohr (R-d)\_Bem\_Trarf.xls“,

Mit den dort abgeleiteten Gleichungen sind die Programme erarbeitet worden.

#### 1.1 Eingaben

Die Eingaben müssen für alle Querschnittsformen in den angelegten Feldern der Tabelle „Iteration\_1“ erfolgen. Sie werden an alle weiteren Tabellen übergeben.

Baustoffgüten und Querschnittsabmessungen müssen immer eingegeben werden, bei der Bemessung dann zusätzlich die Schnittgrößen, beim Tragfähigkeitsnachweis die vorhandene Bewehrung und eine der beiden zusätzlichen Angaben ( $N_{Ed}$  oder  $e/d$ ). Eine Lösung für den Tragfähigkeitsnachweis mit vorgegebenem Moment  $M_{Ed}$  ist nicht möglich, weil in den Lösungsansatz das Randmoment  $M_{Es,r}$  eingeht, das einen Anteil der gesuchten Normalkraft  $N_{Ed}$  enthält. In diesem Fall ist nur eine Lösung durch Probieren möglich (Normalkraft  $N_{Ed}$  schätzen, bis zu  $M_{Ed}$  ausreichend mit vorh  $M_{Ed}$  übereinstimmt).

#### 1.2 Lösungsbedingungen für den Kreisquerschnitt

1.2.1 Bei der Bemessung                      DIN 1045 07/88                      DIN 1045-1 07/01

1.2.1.1 bei reiner Biegung:                       $m_m - c = 0$                        $\mu_{Ed} - c = 0$ ,                      (1)

1.1.1.2 bei Biegung mit Längskraft:  $\frac{c}{e_r/d - c_m/c_n} - n_0 = 0$                        $\frac{c}{e_r/d - c_{Rd,m}/c_{Rd,n}} - \nu_{Ed} = 0$                       (2)

oder

$\frac{n_0 + n}{c_n} - \frac{m_r - m}{c_m} = 0$                        $\frac{\nu_{Ed} + \nu_{Rd,c}}{c_{Rd,n}} - \frac{\mu_{Ed,r} - \mu_{Rd,c}}{c_{Rd,m}} = 0$ .                      (3)

1.2.2. Beim Tragfähigkeitsnachweis      Ergänzungen zu „Löser“, Seite 466, Gl. (731)

### 1.2.2.1 für DIN 1045 Ausgabe 07/88 und früher

$$\frac{d^{[cm]} \cdot \beta_R^{[MN/m^2]}}{a_s^{[cm^2/cm]}} = \frac{\pi \cdot d_s^{[cm]} \cdot d^{[cm]} \cdot \beta_R^{[MN/m^2]}}{A_s^{[cm^2]}} = \frac{1}{K}; \quad (4)$$

1.2.2.1.1 wenn die Normalkraft N bekannt ist (auch bei N = 0!):  $\frac{c_n}{n_0 + n} - \frac{1}{K} = 0, \quad (5)$

1.2.2.1.2 wenn das Moment M<sub>r</sub> bekannt ist:  $\frac{c_m}{m_r - m} - \frac{1}{K} = 0, \quad (6)$

für das Mittenmoment M<sub>m</sub> ist keine Lösung möglich,  
weil zur Berechnung des Randmomentes M<sub>r</sub> die unbekannte Normalkraft N benötigt wird.

1.2.2.1.3 wenn das Verhältnis e<sub>r</sub>/d festliegt:  $\frac{\frac{c_n}{c}}{e_r/d - c_m/c_n} + n - \frac{1}{K} = 0. \quad (7)$

### 1.2.2.2 für DIN 1045-1 Ausgabe 07/01

$$\frac{d^{[cm]} \cdot f_{cd}^{[MN/m^2]}}{a_s^{[cm^2/cm]}} = \frac{\pi \cdot d_s^{[cm]} \cdot d^{[cm]} \cdot f_{cd}^{[MN/m^2]}}{A_s^{[cm^2]}} = \frac{1}{K}; \quad (8)$$

1.2.2.2.1 wenn die Normalkraft N<sub>Ed</sub> bekannt ist (auch bei N<sub>Ed</sub> = 0!):  $\frac{c_{Rd,n}}{v_{Ed} + v_{Rd,c}} - \frac{1}{K} = 0, \quad (9)$

1.2.2.2.2 wenn das Moment M<sub>Ed,r</sub> bekannt ist:  $\frac{c_{Rd,m}}{\mu_{Ed,r} - \mu_{Rd,c}} - \frac{1}{K} = 0, \quad (10)$

für das Mittenmoment M<sub>Ed</sub> ist keine Lösung möglich,  
weil zur Berechnung des Randmomentes M<sub>Ed,r</sub> die unbekannte  
Normalkraft N<sub>Ed</sub> benötigt wird.

1.2.2.2.3 wenn das Verhältnis e<sub>r</sub>/d festliegt:  $\frac{\frac{c_{Rd,n}}{c}}{e_r/d - c_{Rd,m}/c_{Rd,n}} + v_{Rd,c} - \frac{1}{K} = 0. \quad (11)$

„Löser“ Seite 465, Gl. (723):  $\mu_{0,DIN1045}^{[%]} = 0,04 \cdot \frac{a_s^{[cm^2/m]}}{d^{[m]}} \cdot \frac{d_s}{d} = \rho_{0,DIN1045-1}^{[%]} \quad (12)$

## 1.3 Lösungsbedingungen für den Kreisringquerschnitt

1.3.1 Bei der Bemessung                      DIN 1045 07/88                      DIN 1045-1 07/01

1.3.1.1 bei reiner Biegung:  $m_m - c = 0$                        $\mu_{Ed} - c = 0, \quad (13)$

1.3.1.2 bei Biegung mit Längskraft:  $\frac{c}{e_r/d - c_m/c_n} - n_0 = 0$                        $\frac{c}{e_r/d - c_{Rd,m}/c_{Rd,n}} - v_{Ed} = 0 \quad (14)$

oder

$$\frac{n_0 + n}{c_n} - \frac{m_r - m}{c_m} = 0 \quad \frac{v_{Ed} + v_{Rd,c}}{c_{Rd,n}} - \frac{\mu_{Ed,r} - \mu_{Rd,c}}{c_{Rd,m}} = 0. \quad (15)$$

1.3.2 Beim Tragfähigkeitsnachweis      Ergänzungen zu „Löser“, Seite 488, Gl. (731a)

### 1.3.2.1 für DIN 1045 Ausgabe 07/88 und früher

$$\frac{\Delta d^{[cm]} \cdot \beta_R^{[MN/m^2]}}{a_s^{[cm^2/cm]}} = \frac{\pi \cdot d_s^{[cm]} \cdot \Delta d^{[cm]} \cdot \beta_R^{[MN/m^2]}}{A_s^{[cm^2]}} = \frac{1}{K}; \quad (16)$$

1.3.2.1.1 wenn die Normalkraft  $N$  bekannt ist (auch bei  $N = 0$ !): 
$$\frac{c_n}{n_0 + n} - \frac{1}{K} = 0, \quad (17)$$

1.3.2.1.2 wenn das Moment  $M_r$  bekannt ist: 
$$\frac{c_m}{m_r - m} - \frac{1}{K} = 0, \quad (18)$$

für das Mittenmoment  $M_m$  ist keine Lösung möglich,  
weil zur Berechnung des Randmomentes  $M_r$  die unbekannte Normalkraft  $N$  benötigt wird.

1.3.2.1.3 wenn das Verhältnis  $e_r/d_m$  festliegt: 
$$\frac{\frac{c_n}{c}}{e_r/d_m - c_m/c_n} + n - \frac{1}{K} = 0. \quad (19)$$

### 1.3.2.2 für DIN 1045-1 Ausgabe 07/01

$$\frac{\Delta d^{[cm]} \cdot f_{cd}^{[MN/m^2]}}{a_s^{[cm^2/cm]}} = \frac{\pi \cdot d_s^{[cm]} \cdot \Delta d^{[cm]} \cdot f_{cd}^{[MN/m^2]}}{A_s^{[cm^2]}} = \frac{1}{K}; \quad (20)$$

1.3.2.2.1 wenn die Normalkraft  $N_{Ed}$  bekannt ist (auch bei  $N_{Ed} = 0$ !): 
$$\frac{c_{Rd,n}}{v_{Ed} + v_{Rd,c}} - \frac{1}{K} = 0, \quad (21)$$

1.3.2.2.2 wenn das Moment  $M_{Ed,r}$  bekannt ist: 
$$\frac{c_{Rd,m}}{\mu_{Ed,r} - \mu_{Rd,c}} - \frac{1}{K} = 0, \quad (22)$$

für das Mittenmoment  $M_{Ed}$  ist keine Lösung möglich,  
weil zur Berechnung des Randmomentes  $M_{Ed,r}$  die unbekannte  
Normalkraft  $N_{Ed}$  benötigt wird.

1.3.2.2.3 wenn das Verhältnis  $e_r/d_m$  festliegt: 
$$\frac{\frac{c_{Rd,n}}{c}}{e_r/d_m - c_{Rd,m}/c_{Rd,n}} + v_{Rd,c} - \frac{1}{K} = 0. \quad (23)$$

„Löser“ Seite 480, Gl. (748): 
$$\mu_{0,DIN1045}^{[%]} = 0,04 \cdot \frac{a_s^{[cm^2/m]}}{\Delta d^{[m]}} \cdot \frac{d_s}{d_m} = \rho_{0,DIN1045-1}^{[%]}. \quad (24)$$

## 1.4 Bearbeitung

Die Bearbeitung beginnt bei der Bemessung in der Tabelle „Iteration\_1“, beim Tragfähigkeitsnachweis in der Tabelle „Itera\_Trag\_1“ in der Spalte „Kontrolle“, wo das Programm mit den Befehlen „Extras“ – „Solver“ – „lösen“ die erforderliche Iteration durchführt. Wird dabei die Stauchung am Druckrand  $\varepsilon_{c2} < -3,5$  ausgewiesen, so wird Tabelle „Iteration\_2“ bzw. „Itera\_Trag\_2“ maßgebend. Wird darin  $\varepsilon_{c1} < 0$ , so muß die Iteration in Tabelle „Iteration\_3“ bzw. „Itera\_Trag\_3“ durchgeführt werden, wird die Dehnung am Zugrand  $\varepsilon_{c1} > 25$  überschritten, so muß die Lösung in Tabelle „Iteration\_1“ bzw. „Itera\_Trag\_1“ gesucht werden.

Eine Abschätzung darüber, in welcher der drei Tabellen die Lösung zu erwarten ist, gibt auch Tabelle „Grundlagen“ in den Spalten „Kontrolle“ (Spalte AD ff), wo der Vorzeichenwechsel die Stelle angibt, an der die Lösung zu erwarten ist.

Zu Beginn der Iteration müssen in die Spalte der veränderlichen Größe vernünftige Ausgangswerte eingegeben werden, weil dort durch eine vorangegangene Iteration im nicht zutreffenden Bereich auch nicht zutreffende Werte stehen können. Es sollte sein:

- in den Tabellen „Iteration\_1“ und „Itera\_Trag\_1“:  $0 > \varepsilon_{c2} > -3,5$  , Ausgangswert  $\varepsilon_{c2} = -2$  ;
- in den Tabellen „Iteration\_2“ und „Itera\_Trag\_2“:  $25 > \varepsilon_{c1} > 0$  , Ausgangswert  $\varepsilon_{c1} = 15$  ;
- in den Tabellen „Iteration\_3“ und „Itera\_Trag\_3“:  $0 > \varepsilon_{c1} > -2,2$  , Ausgangswert  $\varepsilon_{c2} = -1$  .

Falls die Iteration über „Solver“ keine oder keine vernünftige Lösung ergibt, ist nach den vorgenannten Spalten „Kontrolle“ in der Tabelle „Grundlagen“ ein besserer Ausgangswert festzulegen, mit dem dann in der Regel eine Lösung ausgewiesen wird. Das kann besonders in den Tabellen „Iteration\_3“ und „Itera\_Trag\_3“ erforderlich werden. Wenn auch damit ausnahmsweise keine Lösung gefunden wird, kann immer noch im Bereich der aus der Tabelle „Grundlagen“ zu entnehmenden Stelle mit dem Vorzeichenwechsel eine Lösung durch Probieren (Variation der maßgebenden Größe  $\varepsilon_{c1}$  oder  $\varepsilon_{c2}$ ) gefunden werden.

Den Programmen „Kreis\_Bem\_Tragf.xls“ und „Kreisring\_Bem\_Tragf.xls“ sind in den Tabellen „Kontroll\_Beispiele“ Zahlenbeispiele für alle Tabellen und Aufgabenarten beigelegt.

## **2. Grundlagen für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) (Rißbreitennachweis)**

Die Grundlagen für den Nachweis der Rißbreite beim Kreisquerschnitt wurden im Forschungsbericht [3] erarbeitet. Rechenwege und Bemessungsdiagramme werden von WIESE [4] dargelegt.

Die Lösungen gelten für Pfähle mit Kreisquerschnitt und auch für dicke Rohrquerschnitte, für die beim Rißbreitennachweis der innere Hohlraum vernachlässigt werden darf. Das zugehörige Programm ist „Kreis\_Riß.xls“.

Für den Kreisringquerschnitt können die Hilfsmittel übernommen werden, die in den Vorschriften für den Rechteckquerschnitt angeboten werden. Es müssen dafür keine neuen Rechenhilfsmittel erarbeitet werden.

### **2.1 Eingaben für das Programm „Kreis\_Riß.xls“**

Die Eingaben müssen in den angelegten Feldern der Tabelle „Iteration\_1“ erfolgen. Dabei ist als Ausgangswert für das Bewehrungsverhältnis  $\rho_0$  derjenige aus der Bemessung einzusetzen.

Wenn sich die reziproke Exzentrizität  $\vartheta = d/(2 \cdot e)$  dem Wert  $\vartheta_{\text{grenz}} = 2 \cdot (d/d_s)^2$  nähert, so muß für die bezogene Druckzonenhöhe  $\xi_0 = x/d$  ein sehr kleiner Wert ( $\approx 0,001$ ) vor Beginn der Iteration eingegeben werden.

Die Lösung erfolgt durch Iteration über „Extras“ – „Solver“ – „lösen“ in Spalte „ $K_n/K_m - \vartheta = 0$ “. Ist sie korrekt erfolgt, erscheint statt des eingegebenen Bewehrungsverhältnisses  $\rho_{0,\text{Bemessung}}$  nun an dieser Stelle dasjenige  $\rho_0$ , das für die Einhaltung der rechnerischen Rißbreite  $w_k = 0,30$  mm erforderlich ist.

Das Ergebnis ist nicht korrekt, wenn Spannungswerte  $\sigma_{s1} > 435$  N/mm<sup>2</sup> ausgewiesen werden. In diesem Falle muß die Lösung in der Tabelle „Iteration\_2“ gesucht werden. Als Ausgangswert für das Bewehrungsverhältnis  $\rho_0$  kann einer zwischen dem der Bemessung und demjenigen aus der Tabelle „Iteration\_1“ gewählt werden. In der Tabelle „Iteration\_2“ muß nun  $\sigma_{s1} = 435$  N/mm<sup>2</sup> und  $w_k < 0,30$  mm ausgewiesen werden, sonst gilt Tabelle „Iteration\_1“.

### **3. *Literaturnachweis***

- [1] B. Löser u. a.: Bemessungsverfahren für Beton- und Stahlbetonbauteile, 19. Auflage.  
Ernst & Sohn, Berlin: 1986; Abschnitte 10 und 11
  
- [2] Lehrbrief/Skript  
H. Wiese: Grundlagen des Stahlbetons. Übungen – Teil 2. Nach DIN 1045-1 Ausgabe 07/01  
(Juli 2001). TUD, Lehrstuhl für Massivbau; März 2002
  
- [3] M. Curbach u. a.: Ermittlung des Rißverhaltens von Kreisquerschnitten  
Forschungsbericht vom April 2003. TUD, Lehrstuhl Massivbau
  
- [4] H. Wiese: Ermittlung des Rißverhaltens von Kreisquerschnitten vom April 2003  
TUD, Schriftenreihe des Instituts für Massivbau; im Vorbereitung