

Brandschutz-Nachweise (für Deutschland) in 4H-StuB

Der Brandschutz nimmt einen hohen Stellenwert in der Tragsicherheit von Stahlbetonbauwerken ein. Die Regeln zur Bemessung von Stahlbetonstützen sind vielfältig und in Abhängigkeit der Bedeutung der betrachteten Stütze einzusetzen. Zunächst werden die im Programm 4H-StuB – Stütze (Stahlbeton) verfügbaren Verfahren im Bezug zur aktuellen Bemessungsnorm DIN EN 1992-1-2 + NA/DE (EC 2-1-2) dargestellt. Anschließend wird die von *pcae* empfohlene Vorgehensweise für ausgesteifte (Pendel-) und nicht ausgesteifte (Krag-) Stützen vorgestellt.

Es werden 2 Verfahren unterschieden:

- **tabellarisches Verfahren EC 2-1-2, Kap. 5.3**

gilt nur für Stützen in ausgesteiften Bauwerken, d.h. es dürfen nur Stützen damit bemessen werden, die nicht der Aussteifung des Gebäudes dienen.

Voraussetzungen:

Normbrandbeanspruchung bis 240 Min

Bauteilberechnungen nach EC 2-1-2, 2.4.2

Normalbeton mit quarzhaltigen Zuschlägen

Ersatzlänge der Stütze im Brandfall $l_{0,fi} = l_0$ (Knicklänge bei Normaltemperatur)

Auswertung von **Tabelle 5.2a**, EC 2-1-2, 5.3.2 (1)

Voraussetzung:

Stützen mit Ersatzlänge $l_{0,fi} \leq 3$ m (Rechteck), $l_{0,fi} \leq 2.5$ m (Kreis),

Ausnutzungsgrad im Brandfall $0.2 \leq \mu_{fi} \leq 0.7$

Eingangswerte:

vorhandene Querschnittsbreite $b \leq h$ oder ϕ (Durchmesser), vorhandener Achsabstand u ,

Ersatzlänge $l_{0,fi}$, Ausnutzungsgrad im Brandfall μ_{fi}

Ergebnis:

Feuerwiderstandsklasse

Berechnung von **Gleichung 5.7**, EC 2-1-2, 5.3.2 (4)

Voraussetzung:

Stützen mit Ersatzlänge $l_{0,fi} \leq 6$ m, vorhandener Achsabstand $25 \text{ mm} \leq u \leq 80 \text{ mm}$

Eingangswerte:

vorhandene Querschnittsabmessungen $b \leq h$ oder ϕ (Durchmesser),

vorhandener Achsabstand u , Ersatzlänge $l_{0,fi}$, mechanischer Bewehrungsgrad $\omega = (A_s \cdot f_{yd}) / (A_c \cdot f_{cd})$,

Ausnutzungsgrad im Brandfall μ_{fi}

Ergebnis:

Feuerwiderstandsdauer

- **Heißbemessung mit vereinfachten Rechenverfahren EC 2-1-2, Kap. 4.2**

Voraussetzungen:

Normbrandbeanspruchung

aus Parameterstudien: Imperfektion erforderlich

Verwendung der Zonenmethode, Anhang B.2

1. Berechnung des Temperaturprofils (thermische Berechnung)
2. Ermittlung des reduzierten Querschnitts (Einteilung des Querschnitts in n Zonen → Berechnung des statisch unwirksamen Randbereichs)
3. Knickuntersuchung unter Berücksichtigung der verminderten Festigkeiten für Beton und Betonstahl (mechanische Berechnung)

Festigkeitsabminderungen sind durch geänderte Spannungsdehnungslinien festgelegt. Diese können auf 2 Arten beschrieben werden:

vereinfacht (thermische Abminderung der Spannungsdehnungslinien, wie sie bei Normaltemperatur verwendet werden)

- für Beton: EC 2-1-2, 3.2.2, Tab. 3.1
- für Betonstahl: EC 2-1-2, 3.2.3, Tab. 3.2a bzw. für Druckbewehrung in Stützen 4.2.4.3

genau (Berechnung der Spannungsdehnungslinien unter Brandbedingungen)

- für Beton: EC 2-1-2, 3.2.2, Bild 3.1
- für Betonstahl: EC 2-1-2, 3.2.3, Bild 3.3

Da auch unter Temperaturbeanspruchung die Bernoulli-Hypothese (Ebenbleiben des Querschnitts) gilt, entstehen innere Spannungen im Querschnitt, die durch eine Anpassung des Stoffgesetzes abgebildet werden müssen. Die thermisch bedingten Zwangsspannungen werden durch Verschiebung der Spannungsdehnungslinien (Aufbringen von Vorverformungen) erzeugt. Diese ergeben sich

- für Beton: EC 2-1-2, 3.3.1
- für Stahl: EC 2-1-2, 3.4

Die Festigkeitsabminderung der Spannungsdehnungslinien wird aus der maßgebenden Temperatur ermittelt

- für Beton: Temperatur im kältesten Querschnittspunkt
- für Stahl: Temperatur in Mitte des Bewehrungsstabs

Da der Eurocode Interpretationen zulässt, stehen derzeit 3 Verfahren zur Auswahl:

‘Zonenmethode’:

- Auswahl des Verfahrens zur Festigkeitsabminderung entweder ‘vereinfacht’ oder ‘genau’
- Vordehnung als Temperaturdehnung im kältesten Querschnittspunkt (ϵ_{s0} der Dehnungsebene)
- maßgebende Betontemperatur im kältesten Querschnittspunkt

‘Zonenmeth. n. Cyllok/Achenbach’: entwickelt für Kragstützen

- Festigkeitsabminderung ‘nach EC2, Heißbemessung’
- keine Vordehnung
- maßgebende Betontemperatur im kältesten Querschnittspunkt, mindestens 75°C

‘Zonenmeth. n. Zilch/Müller/Reitmayer’: entwickelt für Kragstützen

- Festigkeitsabminderung ‘nach EC2, Heißbemessung’
- Vordehnung als der über den Querschnitt gemittelten Temperaturdehnung
- maßgebende Betontemperatur im kältesten Querschnittspunkt, mindestens 100°C

Da es sich um eine Knickuntersuchung nach Th.II.O. (Zustand 2) handelt, sind Imperfektionen vorzugeben. Es wird empfohlen, diese analog der Kaltbemessung (Bemessung bei Normaltemperatur, s. Knicksicherheit Z2) anzunehmen.

Die Isothermenmethode ist in Deutschland nicht zugelassen.

Berechnung von ausgesteiften Stützen (i.A. Pendelstützen)

Tabellarisches Verfahren:

Ist die Ersatzlänge im Brandfall $l_{0,fi} \leq 3$ m (Rechteck) bzw. $l_{0,fi} \leq 2.5$ m (Kreis), kann Tabelle 5.2a angewandt werden. Da dieses Verfahren jedoch sehr konservative Ergebnisse liefert, ist zu empfehlen, die Berechnung mit **Gleichung 5.7** durchzuführen. Die Gleichung kann bis zu einer Knicklänge von 6 m verwendet werden.

4H-StuB: Verwaltung der Nachweise → EC 2 Brandschutz-Bemessung → optionale Einstellungen → EC 2-1-2, Gleichung (5.7)

Dazu: Parameter der Stützenabschnitte → Register 'Bemessung' →

Kapitel Brandbemessung: 'Tabelle' →

Eingabe der Ersatzlänge im Brandfall (Knicklänge) und der geforderten Feuerwiderstandsdauer

Heißbemessung mit der Zonenmethode:

Ausgesteifte Stützen sind oben und/oder unten gelenkig gelagert. Im Brandfall wird allerdings davon ausgegangen, dass sich auf Grund der hohen Hitzeentwicklung die Stützenenden mit den anschließenden Deckenplatten biegesteif verbinden. Daher darf das statische System der Stütze dahingehend verändert werden, dass je nach Anwendungsfall oben und/oder unten eine biegesteife Lagerung angenommen wird. Lasten und Imperfektionen sind wie bei der Bemessung unter Normaltemperatur anzunehmen. Es wird empfohlen, bei ausgesteiften Stützen die **Zonenmethode** mit der **vereinfachten** Beschreibung der **Spannungsdehnungslinien** zu verwenden.

Anwendung in 4H-StuB: Verwaltung der Nachweise → EC 2 Brandschutz-Knicksicherheit Z2 → optionale Einstellungen → Zonenmethode

Dazu: Parameter der Stützenabschnitte → Register 'Bemessung' →

Kapitel Brandbemessung: 'Heißbemessung' →

Eingabe von Parametern zur Berechnung der thermischen und mechanischen Berechnung

Berechnung von nicht ausgesteiften Stützen (i.A. Kragstützen)

Es hat sich bewährt, für Kragstützen die Interpretation der Zonenmethode von **Zilch/Müller/Reitmayer** zu verwenden.

Anwendung in 4H-StuB: Verwaltung der Nachweise → EC 2 Brandschutz-Knicksicherheit Z2 → optionale Einstellungen → Zonenmeth. n. Zilch/Müller/Reitmayer

Dazu: Parameter der Stützenabschnitte → Register 'Bemessung' → Kapitel Brandbemessung:

'Heißbemessung' → Eingabe von Parametern zur Berechnung der thermischen und mechanischen Analyse.

Verwaltung der Nachweise

Nachweise

- 1: EC 2 Brandschutz-Bemessung
 - 1: Standardkombination
- 2: EC 2 Brandschutz-Knicksicherheit Z2
 - 1: Standardgenerierungsvorschrift

Nachweis (Nummer und Bezeichnung) aktiviert

7 EC 2 Brandschutz-Knicksicherh

Typ: EC 2 Brandschutz-Knicksicherheit Z2

optionale Einstellungen

EC 2-1-2, Tabelle 5.2a
 EC 2-1-2, Gleichung (5.7)

Verfahren zur Heißbemessung:

- Zonenmethode EC 2-1-2, Anhang B.2
 - OHNE thermische Vorverformungen
 - Festigkeitsabminderung
 - vereinfacht (EC 2-1-2, Kap. 4.2.4)
 - genau (EC 2-1-2, Kap. 3.2.2)
- Zonenmeth. n. Cyllok/Achenbach
- Zonenmeth. n. Zilch/Müller/Reitmayer
- Isothermenmethode EC 2-1-2, Anhang B.1

4H-Stub: Auswahl der Berechnungsmethode für die Heißbemessung

Brandbemessung

Tabelle:

Ersatzlänge im Brandfall $l_{0,fi}$ m

geforderter Feuerwiderstand

Heißbemessung:

instationärer Wärmetransport Profil ermitteln

Rechengenauigkeit gering mittel hoch

Brandseiten oben
 unten
 links
 rechts

Beflammungsdauer min

Anfangsfeuchte (Beton) %

Rohdichte (Stahlbeton) kg/m³

therm. Leitfähigkeit (Beton) untere Grenze obere Grenze EC 2-1-2 / NA-DE: obere Grenze

Zuschlagstoff (Beton) Quarz Kalkstein

Herstellart (Stahl) warmgewalzt kaltverformt

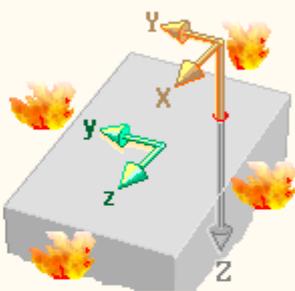
Zonenmethode:

Anzahl Zonen

Isothermenmethode:

kritische Temperatur °C

stat. unwirksame Randzone



4H-Stub: Beschreibung der Brandparameter eines Stützenabschnitts