

2.1 Verhalten von Stützen im Brandfall

Eine Stahlbetonstütze ist als Verbundbauteil anzusehen, das sich aus den Baustoffen Beton und Betonstahl (Bewehrung) zusammensetzt.

Als vorwiegend druckbeanspruchtes Bauteil wird der reine Betonquerschnitt bei der Aufnahme der einwirkenden Stützenlast durch die Bewehrung unterstützt. Mit zunehmendem Bewehrungsgrad, der bei gleicher Stützenlast kleinere Bauteilabmessungen ermöglicht, wächst der Anteil der durch die Bewehrung aufzunehmenden Druckkraft an. Im Falle eines ausmittigen Lastangriffs am Stützenkopf, bzw. einer horizontalen Lastkomponente, z.B. Wind, können in den Randbereichen Biegezugspannungen auftreten, so dass die Bewehrung in diesen Bereichen auch Zugkräfte aufzunehmen hat [8].

Im Brandfall, es wird hier die allseitige Brandbeanspruchung betrachtet, wird der Stützenquerschnitt erwärmt, wobei die Temperaturerhöhung gleichmäßig von außen nach innen fortschreitet. In den Ecken, dort wo ein beidseitiger Wärmeangriff erfolgt, schreitet die Temperaturerhöhung in Richtung Bauteilkern schneller voran, als an den Stützenrändern. Den Einfluss einer Brandbeanspruchung nach ETK auf den Temperaturverlauf im Stützenquerschnitt zeigt Abbildung 5. Die Geschwindigkeit dieser Querschnittserwärmung ist abhängig von der Wärmeleitfähigkeit des Betons, welche wiederum in direktem Zusammenhang mit der Dichte steht [10]. Normalbeton mit einer Dichte von 24 kN/m^3 hat eine Wärmeleitfähigkeit λ von $2,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ [15].

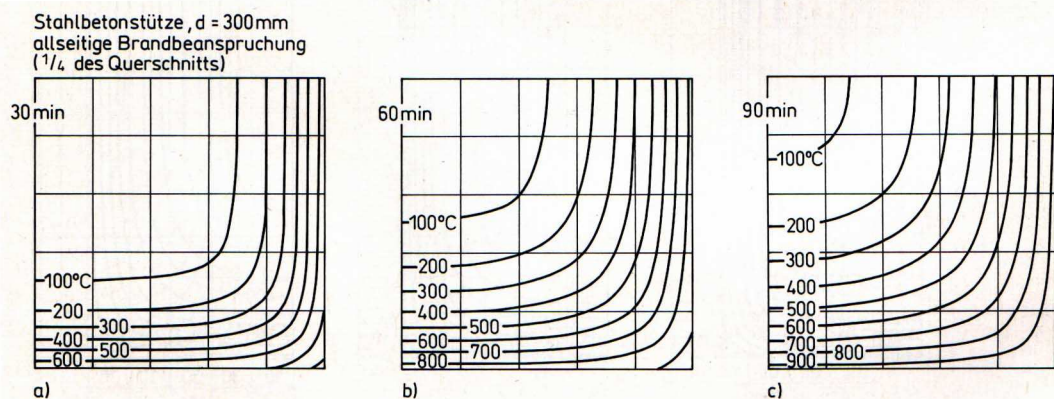


Abbildung 5: Temperaturfelder im Stützenquerschnitt bei Normbeanspruchung [14]

Der Beton selbst zeigt bei Erwärmung strukturelle Veränderungen im Gefüge, die seine Verformungsfreudigkeit zunehmen und die Druckfestigkeit abnehmen lassen (siehe Abbildung 6). Diese zunehmende Verformungsneigung des Betons unter Temperaturerhöhung kann bei Lastausmitten große seitliche Auslenkungen der Stütze und ein beträchtliches Anwachsen der Biegemomente und Zugkräfte zur Folge haben, die dann zusätzlich von der Bewehrung aufgenommen werden müssen.

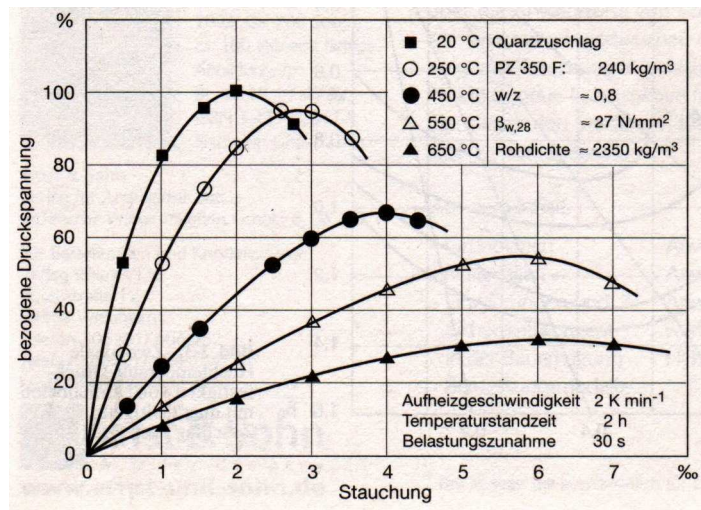


Abbildung 6: Spannungs-Dehnungskurven von Normalbeton bei hohen Temperaturen [11]

Die Bewehrung, die folglich druck- oder zugbeansprucht ist, besteht aus Betonstahlstäben, die durch eine umgreifende Bügelbewehrung oder, bei runden Stützen alternativ, eine Wendelbewehrung am Ausknicken gehindert werden.

Stahl ist in Bezug auf seine Temperatureigenschaften immer skeptisch zu betrachten, da er rasch seine Festigkeit verliert und eine thermisch bedingte Längenänderung erfährt. Ähnlich einem reinen Stahlbauteil kann also die sog. kritische Stahltemperatur zur Achillesferse eines Stahlbetonbauteils werden. Bei dieser kritischen Temperatur von ca. 500°C betragen die Werte für Streckgrenze und Zugfestigkeit nur noch zwischen 50% und 60% im Vergleich zu denen bei Normaltemperatur (20°C) [10]. Deutlich wird diese „Entfestigung“ des Stahls am Absinken der bezogenen Streckgrenze bei Temperaturerhöhung in Abbildung 7.

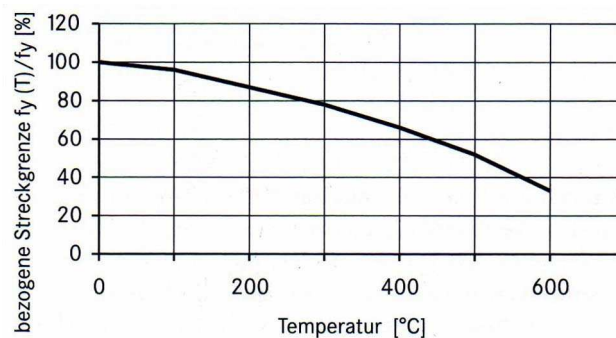


Abbildung 7: Relative Streckgrenze von Baustählen bei Temperaturerhöhung [10]

Kommt es im Verlauf einer Brandbeanspruchung zu diesem temperaturbedingten Festigkeitsverlust, findet eine Umlagerung des Lastanteils der Bewehrung auf den Betonquerschnitt statt [8]. Dieser ist ebenfalls durch den Temperaturanstieg in seiner Druckfestigkeit geschwächt und weist unter Umständen, bedingt durch im Folgenden erläuterte Abplatzungen, einen verringerten Restquerschnitt auf. Daraus resultiert eine Überschreitung der Betondruckfestigkeit, die letztendlich das Versagen der Druckzone

bedeutet (siehe Abbildung 8). Das Maß der Zerstörung ist also im Wesentlichen von den Stützenabmessungen und der Höhe der Druckspannungen im Querschnitt abhängig [13].

Da die kritische Stahltemperatur, wie beschrieben, eine wichtige Rolle im Hinblick auf die Gesamtragfähigkeit der Stütze spielt, kommt dem Maß der Betonüberdeckung als isolierende Schutzschicht eine große Bedeutung zu. Der Beton schirmt die Stahleinlagen vor der direkten Beflammung ab und verzögert als schlechter Wärmeleiter die Erwärmung der Bewehrungsstäbe.

Geht man davon aus, dass ein Brand gemäß ETK bereits nach ca. 5 Minuten eine Temperatur von 500°C erreicht und eine Stütze nach einer Bemessungszeit von 90 Minuten einer Temperaturbeanspruchung von mehr als 1000°C ausgesetzt ist, wird deutlich, dass die schützende Betonüberdeckung während der Bemessungszeit nicht abplatzen darf. Das Freiliegen der Bewehrung hätte einen fast unmittelbaren Verlust ihrer Funktion als mittragendes Element zur Folge.

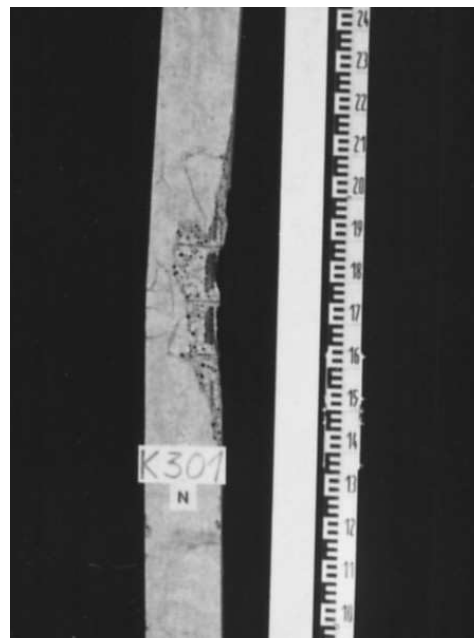


Abbildung 8: Druckbruch einer Stahlbetonstütze

Die Abplatzungen begründen sich im Verdunsten des kapillar gebundenen Restwassers im Beton und sind damit abhängig vom Feuchtegehalt. Explosionsartige Abplatzungen sind nur bei Feuchtegehalten größer als 2 Massenprozent zu erwarten, was dem Regelfall entspricht. Der dabei entstehende Dampfdruck lässt Zugspannungen im Beton entstehen. Wenn diese die Betonzugfestigkeit überschreiten, kommt es zum explosionsartigen Abplatzen der äußeren Betonschichten. In Versuchsreihen konnte beobachtet werden, dass sich die Abplatzungen in der Regel nach 7 – 30 Minuten Brandbeanspruchung einstellten. Geringfügige Abplatzungen lassen sich auch bei korrekter Bemessung nicht gänzlich vermeiden und werden akzeptiert. Die in Tabelle 31 der DIN 4102-4 und in EC 2-1-2 Tabelle 4.1 geforderten Mindeststützenabmessungen sind so gewählt, dass zerstörende Abplatzungen, die

eine Freilegung der Bewehrung bewirken, im Normalfall ausgeschlossen werden können [13].

Zusätzlich von großer Bedeutung für das Stützenverhalten im Brandfall sind die Lagerungsbedingungen. Durch die Norm, speziell durch die Randbedingungen der Tabelle 31, werden nur beidseitig eingespannte, rotationsbehinderte Stützen erfasst, deren Last nach Eulerfall 2 ermittelt wurde. Wie in Abbildung 9 ersichtlich ist, weisen diese Stützen im Vergleich zu Pendelstützen, bei ansonsten gleichen Bedingungen, deutlich höhere Feuerwiderstandsdauern auf, da sich die Einspannung am Kopf- und Fußpunkt günstig auswirkt [13].

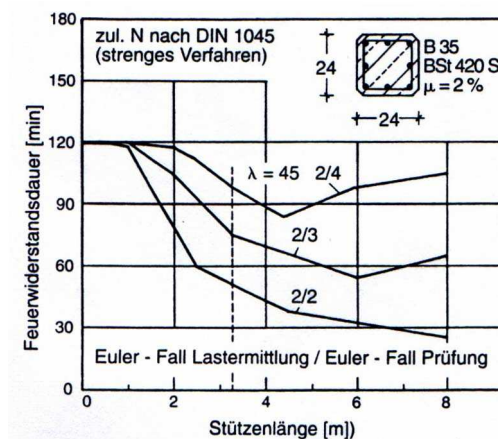


Abbildung 9: Feuerwiderstand in Abhängigkeit von Lagerungsbedingungen und Stützenlänge [13]

Die Faktoren

- Schlankheit
- Lastausnutzung
- Bewehrungsgrad
- Lastausmitten und
- Lagerungsbedingungen

beeinflussen also das Verhalten der Stütze unter Brandeinwirkung maßgeblich und entscheiden über den Grad der Gefährdung.