

Befestigung mit Dübeln in der Betonzugzone

Von R. Eligehausen und W. Fuchs*

Einleitung

Bei der Bemessung von Stahlbetonbauteilen wird von einer gerissenen Zugzone (Zustand II) ausgegangen, weil Beton nur eine relativ geringe Zugfestigkeit besitzt. Eine Abgrenzung, in welchen Bauteilabschnitten eine Druckzone oder eine Zugzone mit gerissenem Beton vorliegt, ist in der Praxis schwierig und oft nahezu unmöglich (Abb. 1). Daher ist es sinnvoll, davon auszugehen, daß Befestigungen in der Regel in der Betonzugzone angeordnet sind, der Beton gerissen ist und die Befestigungen in Rissen liegen.

Tragverhalten von zugbeanspruchten Einzeldübeln und Dübelgruppen in Rissen

Risse im Ankergrund vermindern die Tragfähigkeit von Befestigungselementen gegenüber Verankerungen im ungerissenen Beton.

Die Höchstlasten von in Rissen verankerten Hinterschnittdübeln, Kopfbolzen sowie gut nachspreizenden, kraftkontrolliert spreizenden Dübeln, bezogen auf die im ungerissenen Beton zu erwartenden Werte, sind in den Abb. 2 und 3 in Abhängigkeit von der Rißbreite aufgetragen. Die Versuchsergebnisse wurden in Dehnkörpern ermittelt. Das Versagen erfolgte durch einen Betonausbruch. Die Bruchlast von in Rissen verankerten Befestigungsmitteln beträgt bei der im Stahlbetonbau maximal als zulässig angesehenen Rißbreite von 0,4 mm das ca. 0,5- bis 0,7fache des für ungerissenen Beton geltenden Wertes. Dabei ist kein wesentlicher Einfluß der unterschiedlichen Befestigungssysteme zu erkennen. Dies deutet darauf hin, daß die niedrigere Bruchlast dieser Befestigungselemente bei Verankerung in Rissen gegenüber dem für ungerissenen Beton geltenden Wert auf die Störung des Spannungszustandes im Beton durch Risse zurückzuführen ist. Zudem können benachbarte Risse einen Teil des möglichen Ausbruchkegels abschneiden.

In Rissen verankerte Einschlagdübel versagen i. a. durch Herausziehen, weil die Spreizkraft durch das Öffnen des Risses abgemindert wird und die Dübel nicht nachspreizen können. Die Bruchlast wird durch Risse deutlich stärker beeinflußt als bei den bisher diskutierten Systemen (vgl. Abb. 2 mit 4). Ein ähnliches Verhalten

ist bei kraftkontrolliert spreizenden Dübeln, die nicht ordnungsgemäß nachspreizen oder einen zu geringen Spreizweg aufweisen, zu erwarten. Bei Verbunddübeln können Risse den Verbund zwischen Bohrlochwand und Kunstharzmörtel aufheben. Dies führt ebenfalls zu einer sehr starken Abminderung der Bruchlast gegenüber einer Verankerung im ungerissenen Beton (Abb. 5).

Bei Dübelgruppen werden meist nicht alle, sondern nur einzelne Dübel im Riß verankert sein. Abb. 6 zeigt die Ausbruchlasten von Vierfachbefestigungen im ungerissenen Beton und in Abhängigkeit von der Lage der einzelnen Dübel zu Rissen (Rißbreite $w \approx 0,4$ mm) [4]. Die auf zentrischen Zug beanspruchte Ankerplatte war gelenkig gelagert.

Die höchsten Traglasten ergaben sich erwartungsgemäß bei Dübelgruppen im ungerissenen Beton. Die Tragkraft der Vierfachbefestigungen in der Zugzone war nahezu unabhängig von der Lage der Dübelgruppe im Rißbild. Die niedrigste Traglast ergab sich, wenn drei Dübel im Riß und ein Dübel im ungerissenen Beton lagen. Nach theoretischen Überlegungen sind diese Ergebnisse näherungsweise auch auf Befestigungen mit drehsteif gelagerter Ankerplatte (Verdrehung nicht möglich) übertragbar [8]. Die bei den beschriebenen Versuchen verwendeten Dübel wiesen sowohl im gerissenen als auch im ungerissenen Beton kontinuierlich ansteigende Last-Verschiebungslinien auf (Linien a¹ und a²

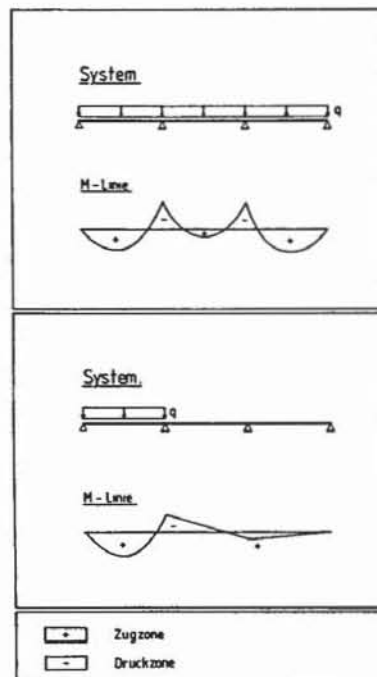


Abb. 1: Zugzonen aus äußerer Last bei einem Dreifeldträger

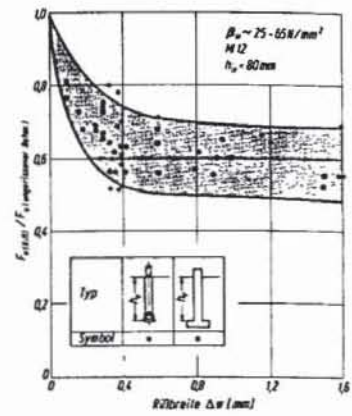


Abb. 2: Tragfähigkeit von Kopfbolzen und Hinterschnittdübeln unter Axialzugbeanspruchung in Rissen, [3]

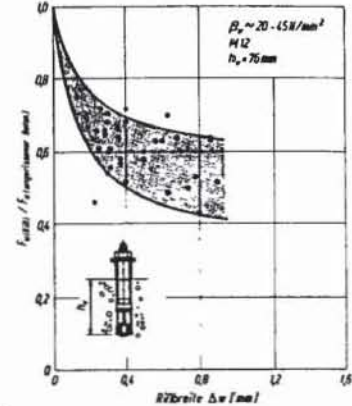


Abb. 3: Tragfähigkeit von geeigneten kraftkontrolliert spreizenden Dübeln unter Axialzugbeanspruchung in Rissen, [3]

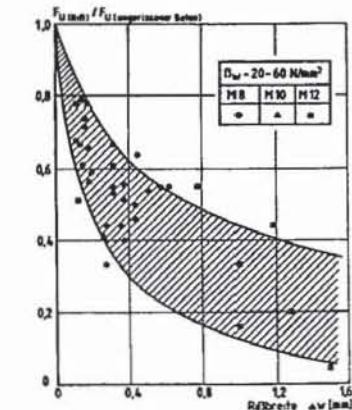


Abb. 4: Tragfähigkeit von Einschlagdübeln unter Axialzugbeanspruchung in Rissen, [3]

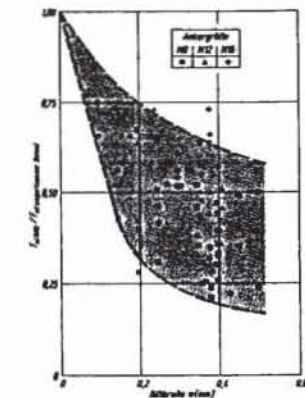


Abb. 5: Tragfähigkeit von Verbunddübeln unter Axialzugbeanspruchung in Rissen, [3]

* Prof. Dr.-Ing. R. Eligehausen und Dipl.-Ing. W. Fuchs vom Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart

in Abb. 7). In Rissen verankerte Dübel können aber auch im Bohrloch gleiten, bevor sie wieder Last aufnehmen (Linie b) oder ohne Lastanstieg ausgezogen werden (Linie c). Der Einfluß dieses Verhaltens auf die Bruchlast einer Gruppe wurde auf theoretischem Wege untersucht. Nimmt man an, daß alle Dübel im Riß ein normales Last-Verschiebungsverhalten aufweisen, dann beträgt die Höchstlast der Gruppe bei großem Achsabstand das ca. 4fache der Traglast eines Einzeldübel im Riß. Die Bruchlast fällt um ca. 1/3 ab, wenn Dübel 2 und/oder 4 der Linie b folgen. Der Lastabfall ist natürlich noch größer, wenn einer der im Riß liegenden Dübel der Linie c folgt, also ohne weitere Lastaufnahme im Bohrloch schlupft. Diese Untersuchungen zeigen, daß Befestigungsmittel, die in der Zugzone angewendet werden sollen, auch dafür geeignet sein müssen.

Eignung von Befestigungselementen

Die Eignung von Dübeln, die für Befestigungen in der Betonzugzone angewendet werden sollen, wird in speziellen Versuchen überprüft. Dabei werden ungünstige Anwendungsfälle zugrunde gelegt. Einzelheiten der Versuchsdurchführung sind dem Rahmenprogramm des IfBt [6], das auf dem Vorschlag in [2] beruht, zu entnehmen.

Nach den bisherigen Erfahrungen sind Hinterschnittdübel und gut konstruierte kraftkontrolliert spreizende Dübel für Verankerungen in der Zugzone geeignet. Demgegenüber sind bei normaler Verankerungstiefe Einschlagdübel und Verbunddübel unter zentrischer Zugbeanspruchung als weniger bzw. nicht geeignet anzusehen. Unter Querszugbeanspruchung sind alle Dübelssysteme gleichermaßen für die Anwendung in der Zugzone geeignet.

Bemessung

Die Anwendungsbedingungen für Befestigungen mit Dübeln werden durch Zulassungen geregelt.

Die in den Zulassungen angegebenen zulässigen Lasten gelten für alle Beanspruchungsrichtungen. Dabei wird in den neueren Zulassungen zwischen Druck- und Zugzone des als Ankergrund dienenden Stahlbetonbauteils unterschieden. Verankerungen in der Zugzone mit gegenüber der Druckzone abgeminderten Lasten werden jedoch als Regelfall angesehen. Wird in jedem Fall nachgewiesen, daß die Befestigung in der Druckzone liegt, darf die hierfür vorgesehene höhere zulässige Last ausgenutzt werden. Die maximal zulässigen Lasten werden in Abhängigkeit von der Verankerungslänge in Lastklassen eingeteilt (Abb. 8).

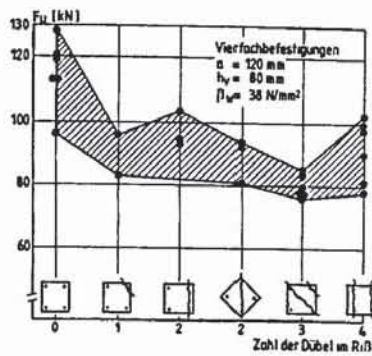


Abb. 8: Lastklassen für Dübel nach neuen Zulassungen

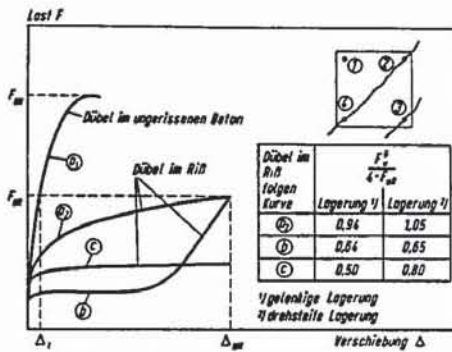


Abb. 7: Einfluß der Form der Last-Verschiebungskurve auf die Ausbruchlast von Vierfachbefestigungen unter zentrischer Zugbeanspruchung, [8]

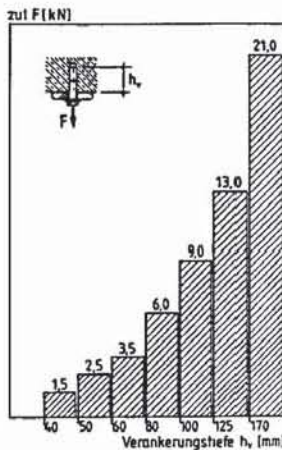
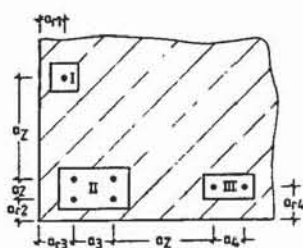


Abb. 6: Einfluß der Zahl der Dübel im Riß auf die Betonausbruchlast einer Vierfachbefestigung, [8]



$$\begin{aligned} \text{red } F^I &= x_{a1} \cdot F_{zul} \\ \text{red } F^{II} &= 4 \cdot x_{a2} \cdot x_{a3} \cdot x_{a4} \cdot F_{zul} \\ \text{red } F^{III} &= 2 \cdot x_{a4} \cdot x_{a5} \cdot F_{zul} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{a1} &= a_r / a_{krit} = 1,0 \\ x_{a2} &= 0,5 \cdot (1 + a / a_{krit}) = 1,0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{zul} & \quad a_z \\ a_{r,krit} & \quad m \cdot a_r \\ a_{krit} & \quad m \cdot a \end{aligned} \quad \text{nach Zulassung IfBt}$$

Abb. 9: Bemessung von Befestigungen nach dem x-Verfahren (Zulassung), [5]

Die Ermittlung der zul. Lasten von Einzeldübeln oder Dübelgruppen mit geringen Rand- und/oder Achsabständen erfolgt mit Hilfe des sog. x-Verfahrens. Danach ergibt sich die zul. Last einer Einzel- oder Mehrfachbefestigung durch Multiplikation der Beiwerte x_a und x_{ar} mit der zul. Last eines Einzeldübel mit großen Achs- und Randabständen. Beispiele für die Bemessung solcher Befestigungen sind in Abb. 9 aufgeführt. Weitere Hinweise zur Bemessung enthalten [5, 9, 10]. Ein zukünftiges Konzept für die Bemessung von Stahldübeln wird in [1] vorgeschlagen.

Zusammenfassung

Dübel, die in der Zugzone von Stahlbetonbauteilen angeordnet sind, werden mit einer nicht zu vernachlässigenden Wahrscheinlichkeit von Rissen gekreuzt. Daher werden in diesem Beitrag die Kenntnisse über das Tragverhalten von in Rissen verankerten Dübeln zusammengefaßt, Hinweise zur Eignung von Dübeln für diesen Anwendungsfall gegeben und die Bemessung nach Zulassung kurz erläutert.

Literatur

- [1] Eligehausen, R.: Bemessung von Befestigungen mit Stahldübeln – zukünftiges Konzept. Erscheint demnächst in Betonwerk + Fertigteil-Technik.
- [2] Eligehausen, R.: Vorschlag für ein Prüfprogramm für Eignungs- und Zulassungsversuche für Dübel, die in der Zugzone eingesetzt werden sollen. Bericht Nr. 1/16-86/2, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart, Februar 1986, nicht veröffentlicht.
- [3] Eligehausen, R.; Fuchs, W.; Mayer, B.: Tragverhalten von Dübelbefestigungen unter Zugbeanspruchung. Erscheint demnächst in Betonwerk + Fertigteil-Technik.
- [4] Eligehausen, R.; Lotze, D.; Sawade, G.: Untersuchungen zur Frage der Wahrscheinlichkeit, mit der Dübel in Rissen liegen. Bericht Nr. 1/20-86/17, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart, Oktober 1986, nicht veröffentlicht.
- [5] Eligehausen, R.; Mallée, R.; Rehm, G.: Befestigungen mit Verbundankern. Betonwerk + Fertigteil-Technik, 1984, Heft 10, S. 686–692, Heft 11, S. 781–785, Heft 12, S. 825–829.
- [6] Institut für Bautechnik, Berlin: Rahmenprogramm für Eignungs- und Zulassungsversuche für Dübel, die in der Betonzugzone eingesetzt werden sollen. Fassung März 1987, nicht veröffentlicht.
- [7] Lotze, D.: Untersuchungen zur Frage der Wahrscheinlichkeit, mit der Dübel in Rissen liegen – Einfluß der Querbewehrung. Bericht Nr. 1/24-87/6, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart, September 1987, nicht veröffentlicht.
- [8] Mayer, B.; Eligehausen, R.: Ankergruppen mit Dübeln in der Betonzugzone. Werkstoffe und Konstruktion, Institut für Werkstoffe im Bauwesen der Universität Stuttgart und Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden-Württemberg (Eigenverlag), Oktober 1984, S. 167–180.
- [9] Riemann, H.: Das „erweiterte x-Verfahren“ für Befestigungsmittel, Bemessung an Beispielen für Kopfbolzenverankerungen. Betonwerk + Fertigteil-Technik, 1985, Heft 12, S. 808–815.
- [10] Riemann, H.: Zugbeanspruchte randnahe Verankerungen – Nachweis gegen Betonversagen mit einem verbesserten x_r -Wert. Betonwerk + Fertigteil-Technik, Heft 6, 1987, S. 437–442.