

Tragverhalten von Dübelbefestigungen bei Zugbeanspruchung, Teil 2

Loadbearing Behaviour of Anchor Fastenings in Tension, Part 2

Prof. Dr.-Ing. R. Ehligehausen¹⁾, Dipl.-Ing. W. Fuchs¹⁾, Dipl.-Ing. B. Mayer¹⁾

Fortsetzung

4 Tragverhalten im gerissenen Beton

Bei der Bemessung von Stahlbetonbauteilen wird von einer gerissenen Zugzone (Zustand II) ausgegangen, weil der Beton nur eine relativ geringe Zugfestigkeit besitzt, die zudem durch in der Berechnung nicht berücksichtigte Eigen- oder Zwangsspannungen ganz oder teilweise verbraucht werden kann. Die Erfahrung zeigt, daß die Rißbreiten bei überwiegender Lastbeanspruchung die als zulässig angesehenen Werte von $w \approx 0,3$ bis $0,4$ mm nicht überschreiten, bei überwiegender Zwangsbeanspruchung können jedoch auch breitere Einzelrisse auftreten, wenn keine zusätzliche Bewehrung zur Beschränkung der Rißbreiten eingelegt wurde [10].

Risse können in einer Richtung (z. B. in Balken, einachsigen gespannten Platten oder Zuggliedern) oder aber in zwei Richtungen auftreten (z. B. bei kreuzweise gespannten Platten und Flachdecken). Die Dübel können neben bzw. in Rissen liegen und sind im ungünstigsten Fall im Schnittpunkt zweier sich kreuzender Risse (Kreuzriß) verankert. Treten Risse im Beton auf, besteht nach Versuchen [11], [12] eine relativ hohe Wahrscheinlichkeit, daß diese die Dübel treffen oder tangieren.

Zur Untersuchung des Einflusses von Rissen im Ankergrund auf das Tragverhalten von Befestigungselementen werden unterschiedliche Probekörper, nämlich Biegeplatten, Dehnkörper oder spezielle Körper zur Erzeugung von Kreuzrissen benutzt. Üblicherweise werden im Versuch Dübel gezielt in oder neben vorher erzeugte Haarrisse gesetzt, die Risse durch Belastung der Probekörper auf die vorgesehene Breite aufgeweitet und anschließend die Befestigung bei geöffnetem Riß monoton bis zum Bruch belastet.

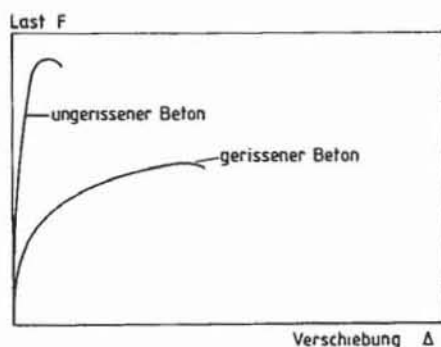


Bild 16. Typische Last-Verschiebungskurven von Metalldübeln in ungerissenen und gerissenen Beton (nach [13])

Fig. 16. Typical load-displacement curves of anchors installed in uncracked and in cracked concrete (according to [13])

Fig. 16. Courbes typiques de déplacement de contraintes de chevilles métalliques dans du béton non fissuré comme fissuré (d'après [13])

4.1 Lastverschiebungsverhalten und Versagensarten

Bild 16 zeigt schematisch die Lastverschiebungskurven eines nachspreizenden Dübels, der im ungerissenen Beton bzw. in einem Riß verankert ist. Die Lastverschiebungskurve des Dübels im Riß verläuft flacher, und der Bruch erfolgt bei geringerer Last und größeren Verschiebungen als im ungerissenen Beton.

Continue

4 Loadbearing behaviour in cracked concrete

Reinforced concrete design is normally based on the assumption that the tensile zone is cracked, since concrete has only a relatively low tensile strength which may moreover be wholly or partly unavailable because of the presence of stresses due to internal or external restraint which are not taken into account in the calculations. Experience shows that in members subjected predominantly to loads the cracks do not exceed about 0.3 to 0.4 mm in width which are regarded as permissible. Under predominantly restraint conditions, however, wider individual cracks may occur if no extra reinforcement to limit their width is provided [10].

Cracks may occur in one direction (e.g., in beams, slabs spanning in one direction, tension members) or in two directions (e.g., slabs spanning in two directions, flat-slab floors). The anchors may be located beside or in cracks and, in the most unfavourable case, may be at the intersection of two cracks extending in different directions (cruciform crack). As tests have shown [11], [12], in cracked concrete there is a relatively high probability that cracks will encounter or tangentially extend past the anchors.

Various types of test specimen – flexurally loaded slabs, tensionally loaded specimens, or special specimens for forming cruciform cracks – are employed for investigating the effect of cracks in the concrete upon the loadbearing behaviour of fixings. As a rule, in such tests, anchors are deliberately installed in or beside preformed hair cracks, which are then widened to a specified width by loading of the specimen, followed by monotonic loading of the anchor to failure while the crack is maintained at that width.

4.1 Load-displacement behaviour and failure modes

Fig. 16 schematically shows the load-displacement curves for an anchor which develops subsequent additional expansion under load and is installed in uncracked concrete and in a crack respectively. The load-displacement curve for the anchor in the crack has a flatter shape, and failure occurs at a lower value of the load and is associated with greater displacement than for an anchor in uncracked concrete.

In the case of anchor-type fastenings in cracks the failure modes observed are similar to those in uncracked concrete (cf. Fig. 4). However, torque-controlled expansion anchors which do not undergo proper subsequent expansion or which expand too little, as well as displacement-controlled anchors, often fail in consequence of pull-out, whereas in uncracked concrete such anchors may cause break-out of concrete.

4.2 Failure load

The failure loads (or ultimate loads) of undercut anchors installed in cracks and of torque-controlled expansion anchors with good subsequent expansion, referred to the values expected to be attained in uncracked concrete according to equation (2), have been plotted against the crack width in Fig. 17. The tests were performed on tensional test specimens. Failure occurred in consequence of break-out of the concrete. For the crack width of 0.4 mm which is regarded as the permissible maximum value in reinforced concrete construction the failure loads of fastenings installed in cracks are about 0.5 to 0.7 of those attained by such fastenings in

¹⁾ Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart

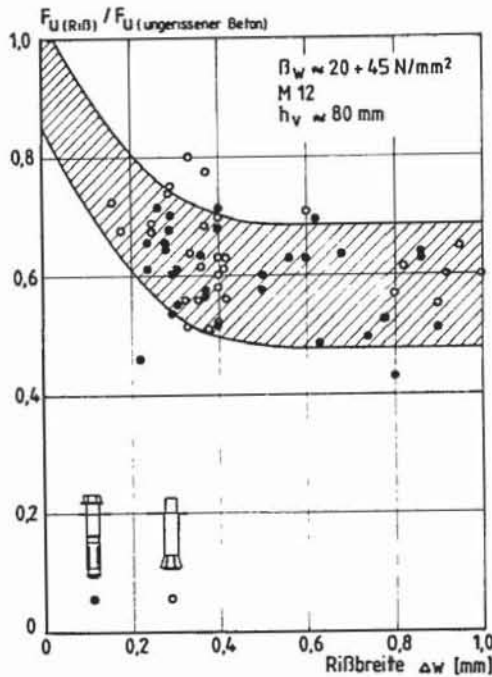


Bild 17. Einfluß von Rissen auf die Bruchlast von kraftkontrolliert spreizenden Dübeln und Hinterschnittdübeln

Fig. 17. Effect of cracks on the failure load of torque-controlled expansion anchors and undercut anchors

Fig. 17. Influence des fissures sur la charge de rupture des goujons-chevilles à écartement contrôlé par rapport à la charge et les chevilles autotaraudeuses

Bei in Rissen liegenden Befestigungen werden die gleichen Versagensarten wie im ungerissenen Beton beobachtet (vgl. Bild 4). Allerdings versagen kraftkontrolliert spreizende Dübel, die nicht ordnungsgemäß nachspreizen oder einen zu geringen Spreizweg aufweisen, sowie wegkontrolliert spreizende Dübel oft durch Herausziehen, während sie im ungerissenen Beton einen Betonausbruch erzeugen können.

4.2 Bruchlast

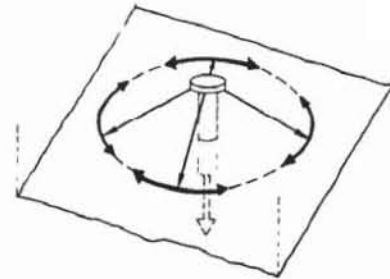
Die Bruchlasten von in Rissen verankerten Hinterschnittdübeln und gut nachspreizenden kraftkontrolliert spreizenden Dübeln bezogen auf die im ungerissenen Beton zu erwartenden Werte (Gleichung [2]) sind in Bild 17 in Abhängigkeit von der RiBbreite aufgetragen. Die Versuchsergebnisse wurden in Dehnkörpern ermittelt. Das Versagen erfolgte durch einen Betonausbruch. Die Bruchlast von in Rissen verankerten Befestigungselementen beträgt bei der im Stahlbetonbau maximal als zulässig angesehenen RiBbreite von 0,4 mm das ca. 0,5- bis 0,7fache des für ungerissenen Beton geltenden Wertes. Eine Abminderung in derselben Größenordnung wurde in [11] gefunden. Dabei ist kein wesentlicher Einfluß der unterschiedlichen Befestigungssysteme zu erkennen.

Hinterschnittdübel übertragen die angreifende Zugkraft durch mechanische Verzahnung mit dem Beton in den Ankergrund. Daher ist 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. Bei Verankerungen im ungerissenen Ankergrund sind die Spannungen rotationssymmetrisch zum Befestigungselement verteilt. Das Gleichgewicht wird durch Ringzugkräfte im Beton gewährleistet (Bild 18 a). Liegt das Befestigungselement in einem breiten RiB, dann können keine Zugkräfte senkrecht zum RiB übertragen werden. Der RiB bewirkt daher eine Änderung der Kräfteinleitung in den Beton und reduziert die zur Übertragung der Zugkräfte zur Verfügung stehende Fläche (Bild 18 b). Weiterhin können benachbarte Risse einen Teil des möglichen Ausbruchkegels abschneiden.

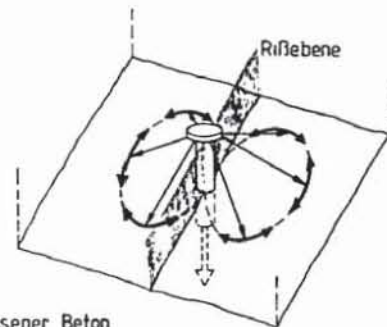
Bei Metallspreizdübeln bewirkt die Öffnung eines Risses zusätzlich eine Reduzierung der Spreizkraft und damit der Haltekraft. Dies ist aus Bild 19 zu ersehen, das aus Gründen der Übersicht-

ungerissenen Beton. A reduction factor of about the same magnitude was found in [11]. No significant influence of the type of fixing system employed is discernible.

Undercut anchors transmit the tensile force into the concrete through mechanical interlock. This being so, the lower failure loads attained by such fixings installed in cracks as compared with those in uncracked concrete must be attributed to disturbance of the state of stress in the concrete by the presence of cracks. In uncracked concrete the stresses are distributed axisymmetrically around the anchor, equilibrium being ensured by ring tensile forces in the concrete (Fig. 18 a). If the anchor is located in a wide crack, no tensile forces acting perpendicularly to the crack can be transmitted. Hence the crack brings about a change in the introduction of the force into the concrete and reduces the area available for the transmission of tensile forces (Fig. 18 b). Furthermore, adjacent cracks may cut off a portion of the break-out cone that can potentially develop.



a) ungerissener Beton



b) gerissener Beton

Bild 18. Einfluß von Rissen auf den Kräfteverlauf im Beton im Bereich eines durch eine Zuglast beanspruchten Kopfbolzens (schematisch)

Fig. 18. Effect of cracks on the distribution of forces in the concrete in the vicinity of a headed stud under tensile load (schematic)

Fig. 18. Influence des fissures sur l'orientation des forces dans le béton à l'endroit d'un boulon sous traction

With expanding anchors there is moreover a reduction in the magnitude of the expansion force, and therefore of the securing force, when the crack opens. This is apparent from Fig. 19 which, for reasons of convenient presentation, relates to an anchor located at the intersection of cracks. If an anchor is located in a crack of constant width extending only in one direction, conditions are more favourable because the expansion force is affected only in one direction by the opening of the crack. For fixing the anchor the anchor shell is forced into the concrete, thereby producing an expansion force. The expansion displacement comprises an elastic and a plastic portion. When the crack opens, the expansion force rapidly decreases, as corresponds to the steep unloading curve. If the crack width is sufficiently small, however, a certain expansion force will still be acting, and the anchor will remain in contact with the wall of the hole (Fig. 19 b). Suitably designed torque-controlled expansion anchors will undergo subsequent further expansion when subjected to load and thus develop a sufficiently high expansion forces to bring about break-out of the concrete. In that case the failure load is of course not different from the value to be expected for a comparable undercut anchor (see Fig. 17). For large crack widths the expansion displacement and therefore the maximum attainable expansion force may be

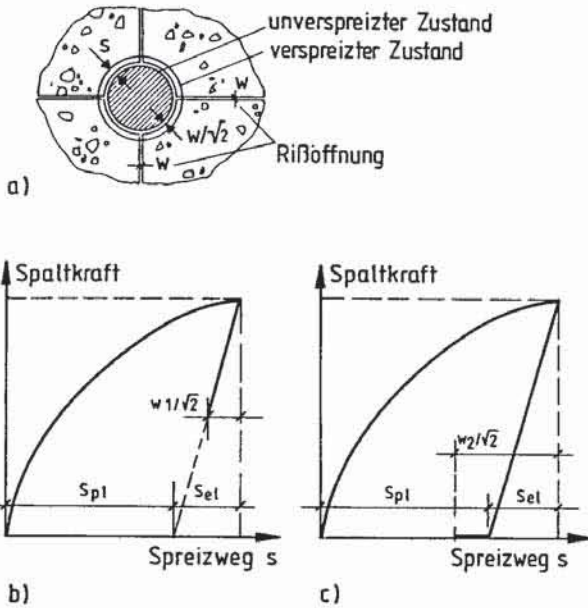


Bild 19. Verhalten eines Dübels im Kreuzriß (schematisch)
Fig. 19. Behaviour of an anchor in a cruciform crack (schematic)
Fig. 19. Comportement d'un cheville dans une fissure croisée (schématique)

lichkeit für einen im Schnittpunkt sich kreuzender Risse liegenden Dübel gilt. Sind Dübel in einem nur in einer Richtung laufenden Riß gleicher Breite verankert, liegen günstigere Verhältnisse vor, weil die Spreizkraft durch das Öffnen des Risses nur in einer Richtung beeinflußt wird. Beim Verspreizen wird die Sprezhülse in den Beton eingedrückt und dadurch eine Spreizkraft geweckt. Der auftretende Spreizweg setzt sich aus einem elastischen und plastischen Anteil zusammen. Wird der Riß geöffnet, fällt die Spreizkraft wegen des steilen Verlaufs der Entlastungskurve schnell ab. Ist die Rißöffnung ausreichend klein, wirkt noch eine gewisse Spreizkraft, und der Dübel bleibt in Kontakt mit der Bohrlochwandung (Bild 19 b). Geeignet konstruierte kraftkontrolliert spreizende Dübel spreizen bei Belastung nach und bauen dadurch eine ausreichend hohe Spreizkraft auf, um einen Betonausbruch zu erzeugen. In diesem Fall unterscheidet sich die Bruchlast naturgemäß nicht von dem bei Hinterschnittdübeln zu erwartenden Wert (siehe Bild 17). Ist bei großen Rißbreiten der Spreizweg und damit die maximale Spreizkraft zu gering, wird der Dübel ausgezogen, und die Bruchlast fällt gegenüber Systemen mit mechanischer Verzahnung ab.

In Rissen verankerte Einschlagdübel nach Bild 1 b₁, versagen i. a. durch Herausziehen, weil die Spreizkraft durch das Öffnen des Risses abgemindert wird (siehe Bild 19) und die Dübel nicht nachspreizen können. Die Bruchlast wird durch Risse deutlich stärker beeinflußt als bei den bisher diskutierten Systemen (vgl. Bild 20 mit Bild 17). Ein ähnliches Verhalten ist bei kraftkontrolliert spreizenden Dübeln, die nicht ordnungsgemäß nachspreizen oder einen zu geringen Spreizweg aufweisen, zu erwarten.

Wird bei Spreizdübeln der Riß sehr weit geöffnet, kann die Spreizkraft auf Null abfallen (vgl. Bild 19 c). Dann löst sich der Dübel von der Bohrlochwand und wird ohne wesentlichen Kraftaufwand ausgezogen. Diese kritische Rißbreite hängt von der Art des Risses, dem Dübelssystem und dem Dübelmesser ab.

Die Ausbruchlast ist nahezu unabhängig davon, ob die Befestigungselemente in bzw. dicht neben einem Riß sitzen [13], weil auch bei einer Verankerung unmittelbar neben dem Riß der Spannungsverlauf im Beton durch den Riß gestört und der Ausbruchkörper durch den Riß teilweise abgeschnitten wird. Die Betonausbruchlast ergibt sich für Einzelbefestigungen in der Zugzone mit in der Praxis üblichen Rißweiten $w \leq 0,4$ mm zu

$$F_{u, Ri\beta}^E = \kappa_w \cdot F_{u, ungerissener Beton}^E \tag{8}$$

mit $\kappa_w \approx 0,6$ (8 a)

$F_{u, ungerissener Beton}^E$ nach Gleichung (2)

Sind Dübel in Sonderfällen im Schnittpunkt zweier sich kreuzender Risse verankert, ergeben sich bis zu ca. 20% niedrigere

too small, so that the anchor is then pulled out under the action of the load and the failure load attained is less than that of anchors providing mechanical interlock with the concrete.

A driven-in anchor (Fig. 1 b₁), installed in a crack will in general fail by pull-out because the expansion force is reduced by the opening-up of the crack (see Fig. 19) and the anchor is unable to develop further expansion. The failure load of such fastenings is notably more strongly affected by cracks than that of the systems so far described (compare Fig. 20 with Fig. 17). A similar mode of behaviour is to be expected with torque-controlled expansion anchors which do not develop proper subsequent further expansion or which attain insufficient expansion displacement.

If the crack in which an expanding anchor is installed opens very wide, the expansion force may decrease to zero (cf. Fig. 19 c). When that happens, the anchor becomes detached from the wall of the hole and is pulled out of the concrete without developing any appreciable resistance. This critical crack width depends on the type of crack in question, on the anchorage system and on the diameter of the anchor.

It makes virtually no difference to the magnitude of the break-out load whether an anchor is located in or close beside a crack [13], because in the latter case, too, the stress pattern in the concrete is disturbed by the crack, which intersects the break-out cone and renders it partly ineffective.

The concrete break-out load for an individual anchor in the tensile zone with crack widths $w \leq 0.4$ mm as commonly encountered in practice is expressed by:

$$F_{u, crack}^E = \kappa_w \cdot F_{u, uncracked concrete}^E \tag{8}$$

where $\kappa_w \approx 0.6$ (8 a)

$F_{u, uncracked concrete}^E$ is obtained from equation (2)

If, in exceptional cases, an anchor is located at the intersection of two cracks extending in different directions, the failure load is reduced by up to about 20 per cent in relation to the value given by equation (8) because in such cases the state of stress in the concrete is disturbed in two directions.

In a group of anchors, usually not all of them but only a few individual ones will be located in a crack. Fig. 21 shows the break-out loads of quadruple fastenings as a function of the location of the individual anchors in relation to cracks. The tests were performed in tensile specimens (crack width $w \approx 0.4$ mm); the anchor plate, which was loaded in centric tension, was pivotally mounted and therefore able to rotate [14].

As expected, the highest failure loads were obtained with anchor groups in uncracked concrete. The loadbearing capacity of the quadruple fastenings in the tensile zone was virtually independent of the location of the group of anchors within the crack pattern.

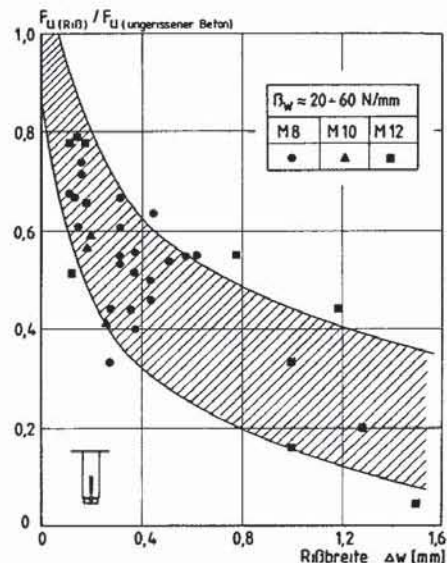


Bild 20. Einfluß von Rissen auf die Höchstlast von Einschlagdübeln
Fig. 20. Effect of cracks on the maximum load of driven-in anchors
Fig. 20. Influence des fissures sur la charge admissible des chevilles battus

Bruchlasten als nach Gleichung (8), weil die Störung des Spannungszustandes im Beton in zwei Richtungen erfolgt.

Bei Dübelgruppen werden meist nicht alle, sondern nur einzelne Dübel im Riß verankert sein. Bild 21 zeigt die Ausbruchlasten von Vierfachbefestigungen in Abhängigkeit von der Lage der einzelnen Dübel zu Rissen. Die Versuche wurden in Dehnkörpern (Rißbreite $w \approx 0,4$ mm) durchgeführt [14]. Die auf zentrischen Zug beanspruchte Ankerplatte war gelenkig gelagert, konnte sich also verdrehen.

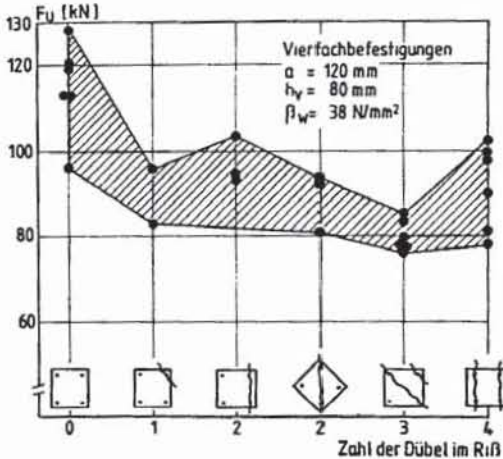


Bild 21. Einfluß der Zahl der Dübel im Riß auf die Betonausbruchlast einer Vierfachbefestigung (nach [14])

Fig. 21. Effect of the number of anchors in the crack on the concrete breakout load of a quadruple fastening (according to [14])

Fig. 21. Influence du nombre des chevilles placées dans la fissure sur la charge limite d'arrachement du béton dans le cas de quadrifixation (d'après [14])

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 [14].

Die Versuche zeigen, daß die Abminderung der Höchstlast durch Risse bei Einzel- und Gruppenbefestigungen in der gleichen Größenordnung liegt. Dies bedeutet, daß der Einfluß von Rissen und von reduzierten Abständen multiplikativ überlagert werden kann:

$$F_{u, \text{Riß}}^G = \alpha_w \cdot F_{u, \text{ungerissener Beton}}^G \quad (9)$$

mit $\alpha_w \approx 0,6$

$$F_{u, \text{ungerissener Beton}}^G \text{ nach Gleichung (6)}$$

Bild 22 zeigt, daß der Ansatz nach Gleichung (9) für praktische Verhältnisse ausreichend genau ist:

Die bei den beschriebenen Untersuchungen (Bilder 21 und 22) verwendeten Dübel wiesen sowohl im gerissenen als auch im ungerissenen Beton kontinuierlich ansteigende Lastverschiebungslinien auf (Linien a_1 und a_2 in Bild 23). 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 in [14] auf theoretischem Wege untersucht. Nimmt man an, daß alle Dübel im Riß ein normales Lastverschiebungsverhalten aufweisen, dann beträgt die Höchstlast der Gruppe bei großem Achsabstand das ca. 4fache der Traglast eines Einzeldübels im Riß. Die Bruchlast fällt um ca. $\frac{1}{3}$ ab, wenn Dübel 2 und/oder 4 der Linie b folgen. Der Lastabfall ist natürlich größer, wenn einer der im Riß liegenden Dübel der Linie c folgt, also ohne weitere Lastaufnahme im Bohrloch schlupft.

Die Untersuchungen zeigen, daß Befestigungselemente, die in der Zugzone angewendet werden sollen, besonders hohen Anforderungen genügen müssen. Ihre Eignung wird daher in speziellen Versuchen [15], [16], [17] überprüft. Nach den bisherigen Ergebnissen können nur Hinterschnittdübel und gut konstruierte kraftkontrolliert spreizende Dübel als geeignet angesehen werden.

The lowest value was obtained when three anchors were located in the crack and one anchor in the uncracked concrete. On the basis of theoretical considerations these results are approximately also applicable to fastenings formed with a rigidly fixed anchor plate (no rotation possible) [14].

The tests show that the reduction of the maximum attainable load in consequence of cracks in the concrete is of the same order of magnitude for individual anchors and for groups. This means that the effect of cracks and of reduced anchor spacings can be superimposed by multiplication of the relevant factors:

$$F_{u, \text{crack}}^G = \alpha_w \cdot F_{u, \text{uncracked concrete}}^G \quad (9)$$

where $\alpha_w \approx 0,6$

$$F_{u, \text{uncracked concrete}}^G \text{ is obtained from equation (6)}$$

Fig. 22 shows that equation (9) is sufficiently accurate for practical purposes.

The anchors employed in the investigations (Figs. 21 and 22) displayed continuous load-displacement curves both in the cracked and in the uncracked concrete (lines a_1 and a_2 in Fig. 23). Anchors installed in cracks may also slip in the hole before again being able to resist load (line b) or may be pulled out of the hole without further load increase (line c). The effect of this behaviour on the failure load of a group has been theoretically investigated in [14]. On the assumption that all the anchors in a crack show normal load-displacement behaviour, the maximum load attained by the group will, for widely spaced anchors, be approximately four times the maximum load of an individual anchor in the crack. The failure load is reduced by about one-third if anchor 2 and/or anchor 4 show behaviour corresponding to line b. Of course, the load reduction is even greater if one of the anchors located in the crack corresponds to line c, i.e., it slips out of the hole without resisting any further load increase.

The investigations show that fastenings intended for use in the tensile zone must satisfy particularly stringent requirements. Their suitability for the purpose is therefore verified in special tests [15], [16], [17]. The results so far indicate, only undercut anchors and well designed torque-controlled expansion anchors can be regarded as suitable.

When a reinforced concrete member is loaded, not only do cracks occur, but high tensile stresses may also be produced in the concrete, e.g., in the zones of anchorages and lap splices of ribbed reinforcing bars. If fastenings are installed in such zones,

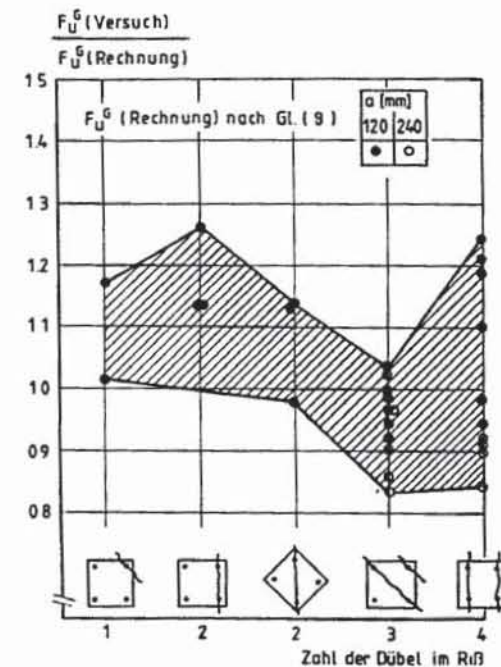


Bild 22. Verhältnis der gemessenen zu den rechnerischen Höchstlasten von Vierfachbefestigungen in Abhängigkeit von der Anzahl der Dübel im Riß (nach [14])

Fig. 22. Ratio of the measured to the calculated maximum loads of quadruple fastenings as a function of the number of anchors in the crack (according to [14])

Fig. 22. Rapport des charges maximales mesurées et calculées de quadrifixations par rapport au nombre des chevilles dans la fissure (d'après [14])

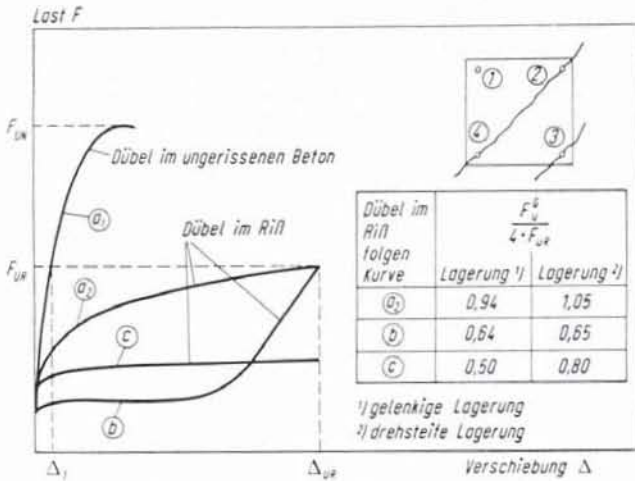


Bild 23. Einfluß der Form der Last-Verschiebungskurve auf die Ausbruchlast von Vierfachbefestigungen unter zentrischer Zugbeanspruchung (nach [14])

Fig. 23. Effect of the shape of the load-displacement curve on the break-out load of quadruple fixings under centric tensile loading (according to [14])

Fig. 23. Influence de la forme de la courbe de déplacement de charge sur la charge de rupture des quadri-fixations sous contrainte de traction centrique (d'après [14])

Bei Belastung eines Stahlbetonbauteils treten nicht nur Risse auf, sondern es können auch hohe Zugspannungen im Beton hervorgerufen werden, z. B. im Bereich von Verankerungen und Übergreifungsstößen von Rippenstäben. Ordnet man dort Befestigungen an, kommt es zu einer örtlichen Überlagerung dieser Zugspannungen mit jenen aus der Befestigung. Dadurch kann nach theoretischen und experimentellen Untersuchungen je nach Verankerungstiefe und Lage der Befestigung im Stoßbereich die Betonausbruchlast um bis zu etwa 30% gegenüber ungerissenen und ansonsten unbelastetem Beton abgemindert werden [18]. Da diese Abminderung der Ausbruchlast i. a. geringer ist als die durch Risse hervorgerufene, kann man davon ausgehen, daß für die Tragfähigkeit von Befestigungen in der Zugzone hauptsächlich die Lage im Riß maßgebend ist.

Ungünstig ist weiterhin, wenn Dübel in der Betondeckung oder in der Nähe der Bewehrung verankert werden. Auch hier überlagern sich die Zugspannungen aus der Verbundwirkung der Bewehrungsstäbe mit denen aus der Befestigung. Zudem ist die Festigkeit des Betons in der Betondeckung und zwischen den Stäben in der Regel geringer als im Querschnittsinneren, insbesondere bei dichter Bewehrung. Außerdem schwächt die Bewehrung die zur Übertragung von Zugkräften zur Verfügung stehende Fläche. Die in solchen Fällen zu erwartende Ausbruchlast wurde in Versuchen mit Einzel- und Vierfachbefestigungen ($h_v = 40$ mm bis 60 mm) studiert [19]. Als Versuchskörper dienten Biegebalken. Die Dübel wurden in der Betondeckung bzw. in Höhe der Bewehrungsstäbe ($d_s = 28$ mm, Achsabstand 60 mm) verankert (Bild 24). Der Versuchskörper nach Bild 24 a wurde auch für Dübel mit einer Verankerungstiefe $h_v = 50$ mm verwendet. Das Versagen erfolgte bei Dübelgruppen durch Abreißen der gesamten Betonschale (Bild 25). Die Ausbruchlasten waren unabhängig vom Dübeltyp und der Lage der Befestigung auf der Bauteilunter- bzw. -oberseite. Sie waren im Mittel um ca. 30% niedriger als die bei großem Stababstand zu erwartenden rechnerischen Werte (Bild 26).

Zusammenfassung:

In diesem Aufsatz werden die Kenntnisse zum Tragverhalten von auf Zug beanspruchten Einzelbefestigungen und Dübelgruppen mit beliebigen Achs- und Randabständen im ungerissenen und gerissenen Beton zusammengefaßt. Die Ausführungen sollen einen optimalen Einsatz der Dübel ermöglichen und zum Verständnis des in den Zulassungen niedergelegten Bemessungsverfahrens beitragen.

Literaturnachweis

- [1] Ellgehausen, R., und Fuchs, W.: Tragverhalten von Dübelbefestigungen unter Querkzug-, Schrägzug- und Biegebeanspruchung. Erscheint demnächst in Betonwerk + Fertigteil-Technik.

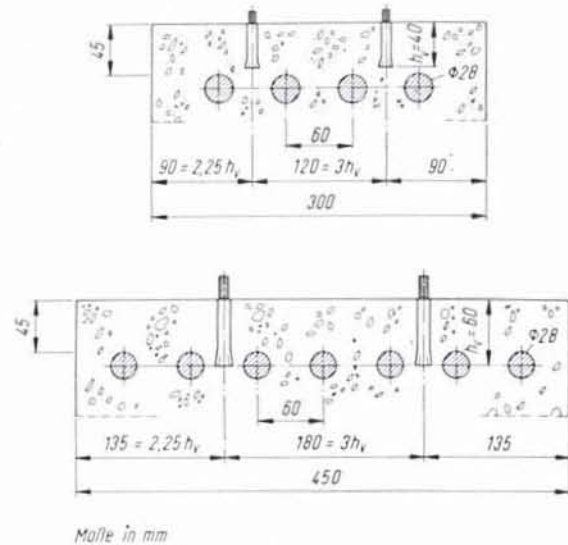


Bild 24. Befestigungen in der Betondeckung hoch bewehrter Balken (Versuche [19])

Fig. 24. Fastenings in the concrete cover of heavily reinforced beams (tests [19])

Fig. 24. Ancrage dans le recouvrement béton de l'armature dans des poutres avec forte densité d'armature (d'après [19])

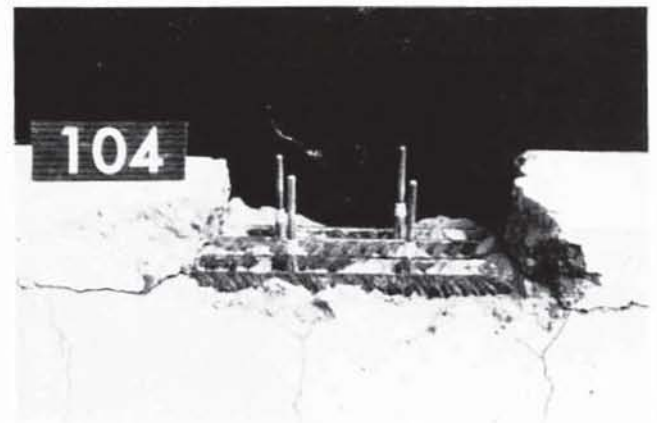


Bild 25. Bruchbild einer Vierfachbefestigung (Schalenbildung) (entnommen aus [19])

Fig. 25. Failure pattern of a quadruple fastening (pulling-off of the concrete cover) (from [19])

Fig. 25. Forme de rupture d'une quadri-fixation (formation concave) (extrait [19])

these tensile stresses will be superimposed on those due to the anchors. In consequence of this, as theoretical and experimental investigations indicate, the loadbearing capacity (concrete break-out load) of such anchors may, depending on anchorage depth and location of the fastening in the splice region be reduced by up to about 30 per cent in relation to that of anchors in uncracked and otherwise non-loaded concrete [18]. Since this reduction in capacity is generally less than that caused by cracks in the concrete, it can be presumed that the loadbearing capacity of fixings in the tensile zone is governed mainly by their location in cracks.

An unfavourable situation also exists when anchors are installed in the concrete cover or close to reinforcement. In such cases, too, the tensile stresses due to the bond action of the reinforcing bars will be superimposed on those due to the anchors. Furthermore, the strength of the concrete within the cover and between the bars is usually less than deeper within the concrete cross-section, especially in members containing closely spaced reinforcing bars. The reinforcement moreover weakens the area available for the transmission of tensile forces. The break-out load attainable in such cases has been studied in tests with single and quadruple fixings ($h_v = 40$ mm to 60 mm) [19]. Flexurally loaded beams were used as test specimens. The anchors were installed in the concrete cover or at the level of the reinforcing bars ($d_s = 28$ mm, centre-to-centre spacing 60 mm, Fig. 24). The specimen shown in Fig. 24 a was used also for anchors with an anchorage depth $h_v = 50$ mm. Failure of anchor groups occurred in consequence of

[2] Eligehausen, R.: Bemessung von Befestigungen mit Stahldübeln – zukünftiges Konzept. Erscheint demnächst in Betonwerk + Fertigteil-Technik.

[3] Institut für Bautechnik, Berlin: Zulassungsbescheide, veröffentlicht in „Bauaufsichtliche Zulassungen (BAZ)“, Herausgeber: Breitschaft, G., Reuter, F., Wagner, O., Erich-Schmidt-Verlag, Berlin.

[4] Sawade, G., Eligehausen, R.: A Fracture Mechanics Based Description of Pull-Out-Tests on Headed Studs in Concrete. Veröffentlichung in Vorbereitung.

[5] Riemann, H.: Das „erweiterte α -Verfahren“ für Befestigungsmittel, Bemessung an Beispielen von Kopfbolzenverankerungen. Betonwerk + Fertigteil-Technik, 1985, Heft 12, S. 808–815.

[6] Eligehausen, R., Sawade, G.: Verhalten von Beton auf Zug. Betonwerk + Fertigteil-Technik, 1985, Heft 5, S. 315–322, Heft 6, S. 389–391.

[7] Eligehausen, R., Mällée, 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.

[8] Eligehausen, R., Pusill-Wachsmuth, P.: Stand der Befestigungstechnik im Stahlbetonbau. IVBH-Bericht S-19/82, IVBH-Periodica 1/1982.

[9] Riemann, H.: Zugbeanspruchte randnahe Verankerungen – Nachweis gegen Betonversagen mit einem verbesserten α -Wert. Betonwerk + Fertigteil-Technik, Heft 6, 1987, S. 437–442.

[10] Schießl, P.: Einfluß von Rissen auf die Dauerhaftigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen. Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, Heft 370, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1986.

[11] Cannon, R. W.: Expansion Anchor Performance in Cracked Concrete. ACI-Journal, November/Dezember 1981, S. 471–479.

[12] 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.

[13] Rehm, G., Lehmann, R.: Untersuchungen mit Metallspreizdübeln in der gerissenen Zugzone von Stahlbetonbauteilen. Forschungsbericht. Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden-Württemberg, Stuttgart, Juli 1982, nicht veröffentlicht.

[14] 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.

[15] Eligehausen, R., Lehmann, R.: Verankerungen mit Metallspreizdübeln in der aus Lastspannungen erzeugten Zugzone von Stahlbetonbauteilen. Einflüsse auf das Tragverhalten und Vorschlag für Zulassungsversuche. Bericht Nr. 1/4-84/1 des Instituts für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart, Januar 1984, nicht veröffentlicht.

[16] 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.

[17] Institut für Bautechnik, Berlin: Rahmenprogramm für Eignungs- und Zulassungsversuche für Dübel, die in der Zugzone eingesetzt werden sollen. Fassung März 1987, nicht veröffentlicht.

[18] Eligehausen, R.: Wechselbeziehungen zwischen Befestigungstechnik und Stahlbetonbauweise. Fortschritte im konstruktiven Ingenieurbau, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1984.

[19] Fuchs, W.: Tragverhalten von Dübelbefestigungen, verankert in der Biegezugzone von stark bewehrten Betonbalken. Bericht Nr. 1/15-85/26, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart, Dezember 1985, nicht veröffentlicht.

Pouvoir porteur en traction de fixations par goujons-chevilles; 1 partie. Prof. Dr.-Ing. R. Eligehausen, Dipl.-Ing. W. Fuchs, Dipl.-Ing. B. Mayer

Résumé:

Dans cet article sont résumé les connaissances de la portance des fixations travaillant en traction. Fixations solitaires et chevilles groupées avec des distances d'ents'axe et du bord librement choisies dans du béton sans fissures, comme fissuré.

Les applications doivent permettre l'utilisation optimale des chevilles et apporter une meilleure compréhension de la méthode de dimensionnement incluse dans l'agrément.



R. Eligehausen legte sein Diplomexamen 1968 an der Technischen Universität Braunschweig ab und promovierte 1979 an der Universität Stuttgart zum Dr.-Ing. Nach einem zweijährigen Forschungsaufenthalt an der University of California in Berkeley wurde er 1984 zum Professor für Befestigungstechnik ernannt. Er arbeitet in zahlreichen nationalen und internationalen Fachgremien mit und ist Autor vieler Aufsätze über Fragen des Stahlbetonbaus und der Befestigungstechnik.

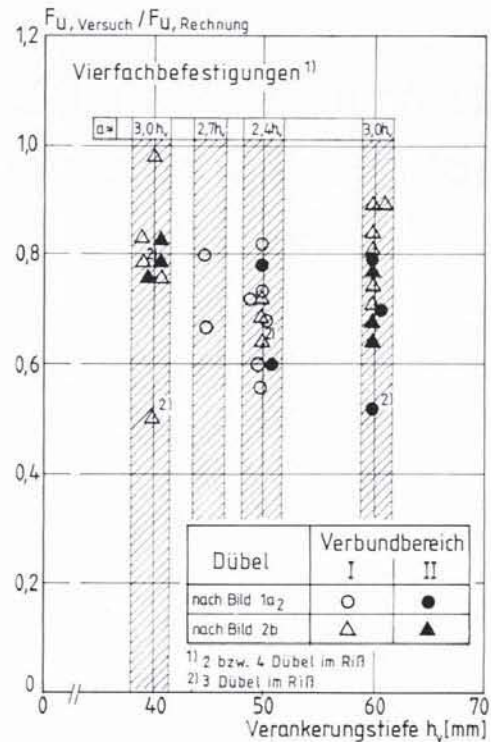


Bild 26. Einfluß der Schalenbildung auf die Höchstlast von Vierfachbefestigungen (nach [19])

Fig. 26. Effect of shell formation on the maximum load of quadruple fastenings (according to [19])

Fig. 26. Influence de la formation concave sur la contrainte maximale d'une quadri-fixation (d'après [19])

Pulling-off of the concrete cover as a whole (Fig. 25). The breakout loads were independent of the type and location of the anchor on the underside or the upper surface of the member and were on average about 30 per cent lower than the calculated values for wide bar spacings (Fig. 26).

Summary:

This article summarizes the present knowledge relating to the loadbearing behaviour of single anchors (bolt-type fixings in holes) and groups of anchors, spaced any distance apart or from an edge, installed in uncracked and in cracked concrete. This information aims to make possible the optimum utilization of such fixings and to contribute to an understanding of the design procedure laid down in the certificates of official approval.



W. Fuchs legte 1983 sein Diplomhauptexamen an der Universität Karlsruhe ab. Er arbeitet seitdem als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkstoffe im Bauwesen der Universität Stuttgart. Sein Hauptarbeitsgebiet ist die Befestigungstechnik. Er hat mehrere Fachvorträge gehalten.



B. Mayer bestand sein Diplomexamen 1980 an der Universität Stuttgart. Nach einer Tätigkeit als Bauleiter arbeitete er seit 1983 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkstoffe im Bauwesen der Universität Stuttgart. Sein Hauptarbeitsgebiet war die Befestigungstechnik. Ende 1987 wechselte er zu einem Hersteller für Befestigungselemente.