

# Wechselbeziehungen zwischen Befestigungstechnik und Stahlbetonbauweise

Rolf Eligehausen

## 1 Problemstellung

Die moderne Befestigungstechnik hat sich in den letzten 20 Jahren stürmisch entwickelt und ist in nahezu alle Bereiche des Bauwesens eingedrungen. Die hauptsächlich verwendeten Befestigungsmittel sind in den Bildern 1 bis 3 dargestellt. Metallspreizdübel und Verbundanker (Bild 1) sowie Hinterschnittanker (Bild 2) werden in nachträglich erstellte Bohrlöcher eingesetzt und verankert. Die Verankerung erfolgt bei

Dübeln durch Aufspreizen der Hülse, wobei Spreiz- und damit Haltekräfte geweckt werden. Man unterscheidet kraftkontrolliert spreizende Dübel, die durch Aufbringen eines Drehmomentes verankert werden und die bei Belastung nachspreizen können, sowie wegkontrolliert spreizende Dübel, die durch Einschlagen eines Konus in die Hülse bzw. Auftreiben der Hülse auf den Konus verankert werden und die nicht nachspreizen können. Bei Verbundankern erfolgt die Verankerung durch Vermörteln der Ankerstange mit

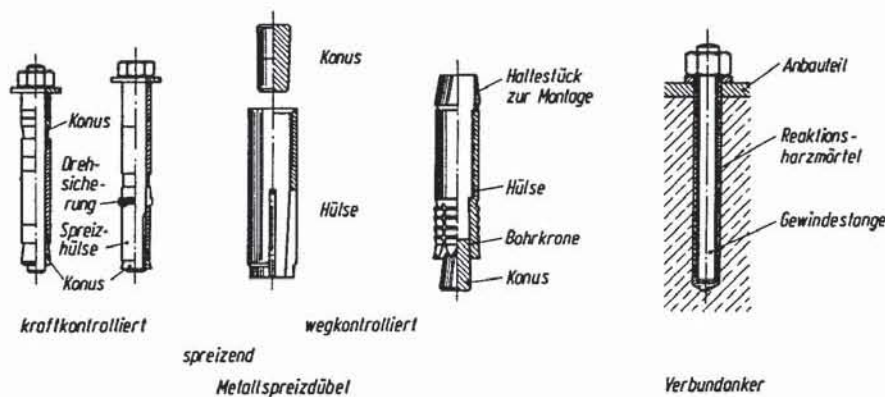


Bild 1 Nachträglich gesetzte Befestigungsmittel – Metallspreizdübel und Verbundanker

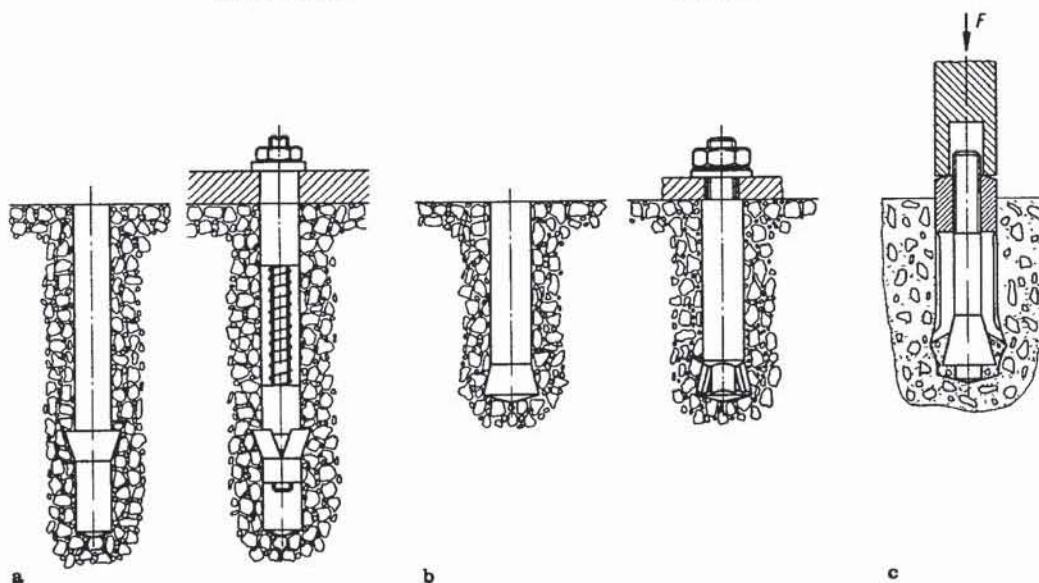


Bild 2 Nachträglich gesetzte Befestigungsmittel – Hinterschnittanker

Reaktionsharzmörtel. In den letzten Jahren wurden verschiedene Typen von Hinterschnittankern entwickelt (Bild 2), die die Kräfte überwiegend durch mechanische Verzahnung infolge Hinterschneidung des Betons in den Ankergrund einleiten. Dabei kann die Hinterschneidung durch einen speziellen Bohrvorgang (Bild 2a, b) bzw. beim Setzen des Ankers (Bild 2c) erzeugt werden. Ankerschienen und Kopfbolzen (Bild 3) werden in die Schalung eingelegt und einbetoniert.

Die Anwendungsbedingungen für Befestigungselemente werden bisher in der Regel aus Versuchen abgeleitet, bei denen der Beton außer den Verankerungslasten keine sonstigen Lasten zu tragen hat und ungerissen ist. Dabei wird das Versagen der Befestigung durch Herausziehen (nur Dübel und Verbundanker), kegelförmigen Betonausbruch, Spalten des Betonkörpers oder Versagen des Stahls hervorgerufen (Bild 4).

Die häufig auftretende Versagensart „Betonausbruch“ stellt die obere Grenze der Betontragfähigkeit dar. Der Ausbruchkegel (Bild 5) zeigt, daß Befestigungselemente örtlich die Zugfestigkeit des Betons ausnutzen. Die Betonzugfestigkeit wird jedoch in manchen Fällen auch von dem als Ankergrund dienenden Stahlbetonbauteil in Anspruch genommen. Dies gilt zum Beispiel für Stöße der Bewehrung durch Übergreifung (Bild 6) oder im Schubbereich von auf Schub unbewehrten Platten.

Ordnet man daher Befestigungselemente in Bereichen an, in denen hohe Zugspannungen im Beton aus der Tragwerkswirkung vorhanden sind, beeinflussen sich Befestigungselement und das als Ankergrund dienende Stahlbetonbauteil gegenseitig im Tragverhalten. Dabei kann sowohl die Tragfähigkeit der Verankerung als auch diejenige des Stahlbetonbauteils reduziert werden. Weiterhin können durch die Verankerungslasten oder durch sonstige Beanspruchungen Risse im Beton

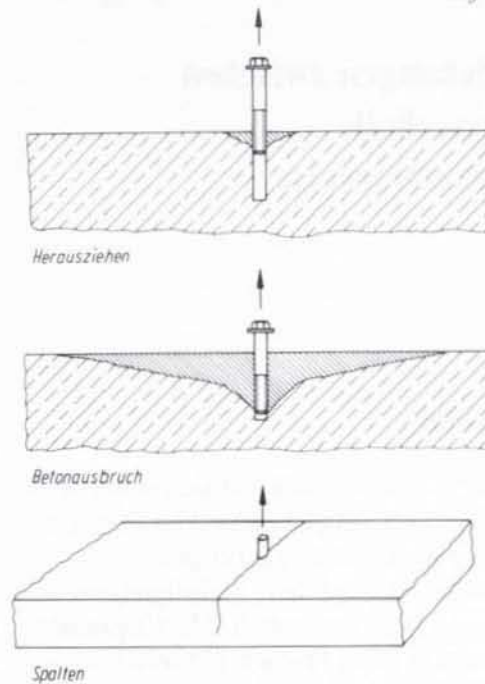


Bild 4  
Versagensarten für Befestigungselemente

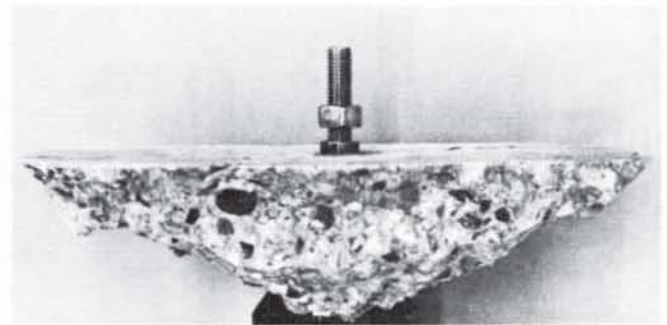


Bild 5  
Typischer Ausbruchkegel eines Hinterschnittankers

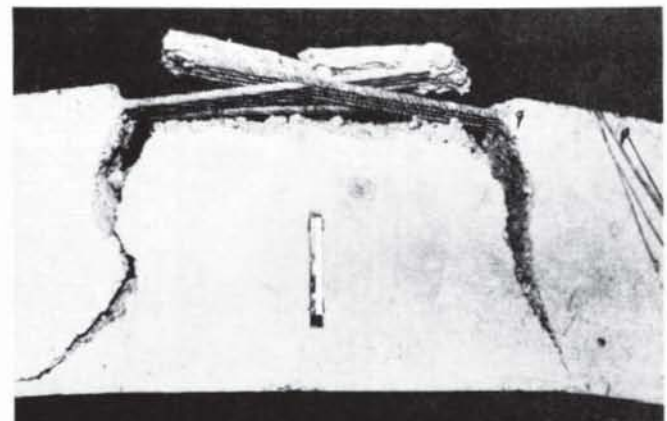


Bild 6  
Bruch eines Übergreifungsstoßes ohne Querbewehrung (entnommen aus [12])

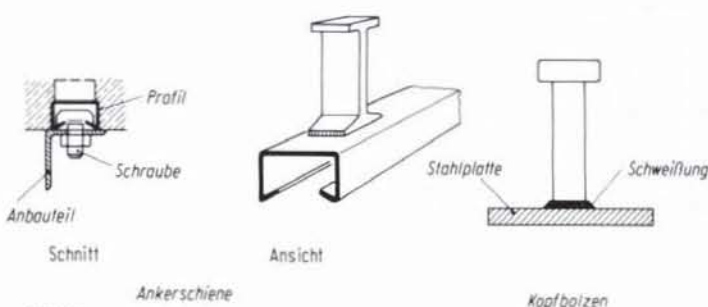


Bild 3  
In die Schalung eingelegte Befestigungselemente – Ankerschienen und Kopfbolzenplatten



hervorgerufen werden, die das Tragverhalten der Befestigungselemente beeinträchtigen. Im folgenden werden diese Problemkreise an einigen typischen Beispielen erläutert und eventuell notwendige Konsequenzen für die Bemessung der Befestigungen bzw. die konstruktive Gestaltung der Stahlbetonbauteile aufgezeigt.

## 2 Verankerungen in der Druckzone

Bisher dürfen Verankerungen – von einigen Ausnahmen abgesehen – nur in der aus Lastspannungen erzeugten Druckzone von Stahlbetonbauteilen angeordnet werden. Dabei wird davon ausgegangen, daß nur in Haupttragrichtung des Stahlbetonbauteils eine Druckzone vorliegen muß. Diese einschränkende Vorschrift ist jedoch nicht ausreichend, um in allen Fällen eine ungünstige Beeinflussung des Tragverhaltens der Befestigung durch das Stahlbetonbauteil auszuschließen [1]. Die Begründung für diese Aussage und die notwendigen Konsequenzen werden am Beispiel der Verbundanker erläutert.

Einzellasten erzeugen bei Flächentragwerken Biegemomente in beiden Achsrichtungen, wobei bei zentrischer Zugbeanspruchung der Befestigung die Momente in Querrichtung mindestens ca. 80% der Momente in Haupttragrichtung betragen. Auch wenn in Haupttragrichtung eine Druckzone vorliegt, treten bei Wänden in Querrichtung Zugspannungen und damit möglicherweise Risse im Beton im Bereich der Befesti-

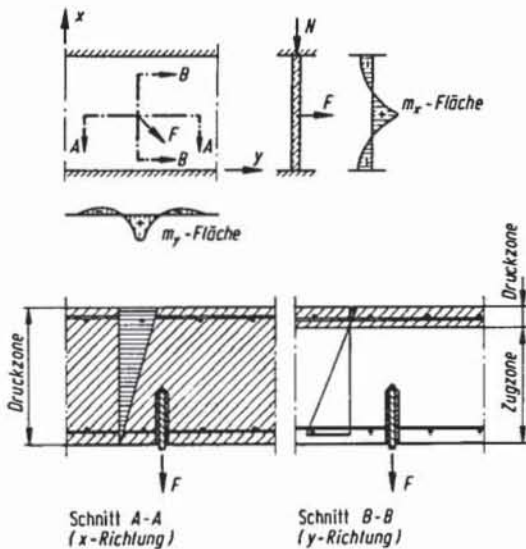


Bild 7 Verankerungen mit Verbundankern in einer Wand (nach [1])

gung auf (Bild 7). Bei Verankerungen in der Druckzone von überwiegend auf Biegung beanspruchten Bauteilen kann außerdem ein relativ großer Teil der Verankerungslänge in der Zugzone bzw. im gerissenen Beton liegen (Bild 8).

In den dargestellten Fällen ist mit einer signifikanten Abminderung der Tragfähigkeit der Verbundanker zu rechnen. Dies ist aus Bild 9 zu ersehen. Aufgetragen ist das Verhältnis der Bruchlast von auf zentrischen Zug beanspruchten Verbundankern im Riß zu der in Vergleichsversuchen gemessenen Bruchlast im ungerissenen Beton in Abhängigkeit von der Rißbreite auf der Bauteiloberseite. Die Versuche wurden an Biegeplatten und Dehnkörpern durchgeführt. Zunächst wurden

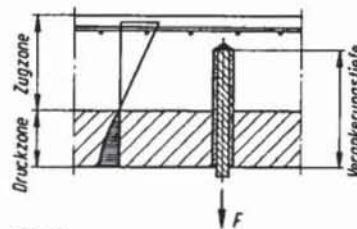


Bild 8 Verankerungen durch die Druckzone hindurch (nach [1])

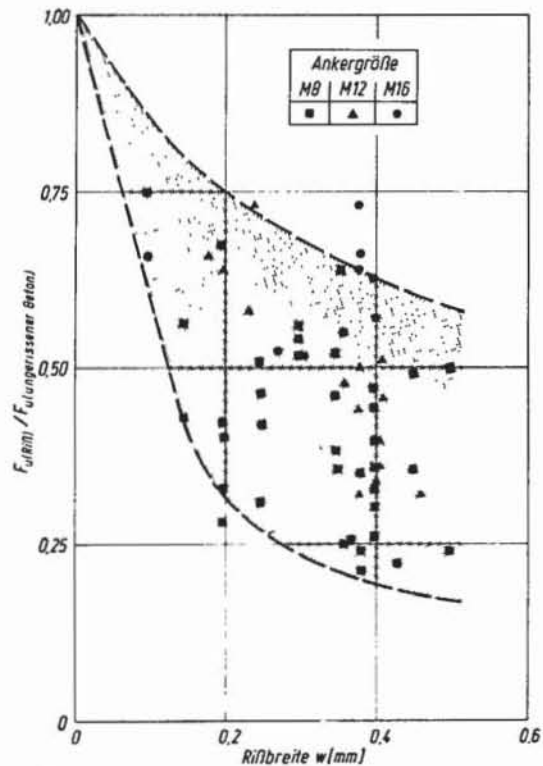


Bild 9 Verhältnis der Bruchlast von in Rissen angeordneten Verbundankern zur Bruchlast im ungerissenen Beton in Abhängigkeit von der Rißbreite (nach [2])



Haarrisse erzeugt, die Anker in diese Risse gesetzt, die Risse durch Belasten der Probekörper aufgeweitet und anschließend die Anker bei geöffnetem RiB bis zum Bruch belastet. Bei einigen Ankern wurden  $10^5$  Lastwechsel etwa im Bereich der Gebrauchslast zwischen-geschaltet. Die Versuchsergebnisse streuen sehr stark. Dies ist auf den zufälligen Verlauf des Risses über den Bohrlochumfang und über die Einbettungstiefe zurückzuführen. Die Tragfähigkeit der Anker im RiB nimmt mit zunehmender RiBbreite schnell ab. Sie beträgt nach den wenigen durchgeführten Versuchen bei der im Stahlbetonbau maximal als zulässig angesehenen RiBbreite von 0,4 mm nur das ca. 0,2- bis 0,6fache des im ungerissenen Beton zu erwartenden Wertes. Bei Lastwechseln sind noch geringere Tragfähigkeiten zu erwarten.

Um in den o.g. Anwendungsfällen (Bilder 7 und 8) trotz der Empfindlichkeit von Verbundankern gegenüber Rissen ausreichend sichere Verankerungen zu gewährleisten, wurden in [2] Anwendungsregeln ausgearbeitet, die in die Neuzulassungen der Verbundanker (u. a. [3]) übernommen wurden. Dabei wurde davon ausgegangen, daß Verankerungen in der „Druckzone“ von Beton- und Stahlbetonbauteilen liegen. Der Nachweis, daß eine Druckzone vorliegt, ist in jedem Einzelfall unter Berücksichtigung der durch die Verankerungen eingeleiteten Lasten für die Haupttragrichtung des als Ankergrund dienenden Bauteils zu führen.

Um sichere Befestigungen zu gewährleisten, muß die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Rissen im Bereich der Verankerung sehr gering sein. Dies kann durch Begrenzung der in Bauteilquerrichtung auftretenden Betonzugspannung erreicht werden. Risse können jedoch nicht mit absoluter Sicherheit ausgeschlossen werden, da die Zugfestigkeit örtlich niedrig sein kann oder Zwängungskräfte auftreten können, die hohe Zugspannungen hervorrufen. Daher muß durch entsprechende Maßnahmen sichergestellt werden, daß auch bei in Extremfällen eventuell auftretenden Rissen die Sicherheit der Verankerung noch ausreichend hoch ist.

Aufgrund der Überlegungen in [2] kann eine Zugspannung entsprechend 50% der 5%-Fraktile der zentrischen Zugfestigkeit nach [4] dann als zulässig angesehen werden, wenn gleichzeitig durch zusätzliche konstruktive Maßnahmen gewährleistet ist, daß die Sicherheit der Befestigung bei eventuell auftretenden Rissen mindestens  $\gamma = 2,0$  (gegenüber  $\gamma = 3,0$  im ungerissenen Beton) beträgt.

Die Einhaltung der zulässigen Zugspannung erforderte eine bestimmte Mindestbauteildicke. Diese wurde in [2] für ungünstige Anwendungsfälle errechnet und ist in Bild 10 in Abhängigkeit von der Last pro Verankerungspunkt aufgetragen. Zum Vergleich sind die erforderlichen Bauteildicken nach der bisherigen Zulassung (u. a. [5]) eingezeichnet, die nur im Hinblick auf bohrtechnische Gesichtspunkte festgelegt wurden. Die sich theoretisch ergebende minimale Bauteildicke entspricht bei Einzelbefestigungen etwa den Werten der bisherigen Zulassung (Bild 10a). Da die Höhe der Zugspannung von der Höhe der auftretenden Last abhängt, muß bei Ankergruppen mit mehreren etwa gleich hoch beanspruchten Ankern die Bauteildicke auf die Gesamtlast der Befestigung bezogen werden. Demgegenüber war bisher der Einzelanker maßgebend. Daher sind bei Ankergruppen größere Bauteildicken als bisher erforderlich (Bild 10b) bzw. bei vorgegebener Bauteildicke ist die Höhe der zu verankern- den Last zu beschränken. Diese Einschränkung ist auch unter Beachtung der Belange der Praxis vertretbar.

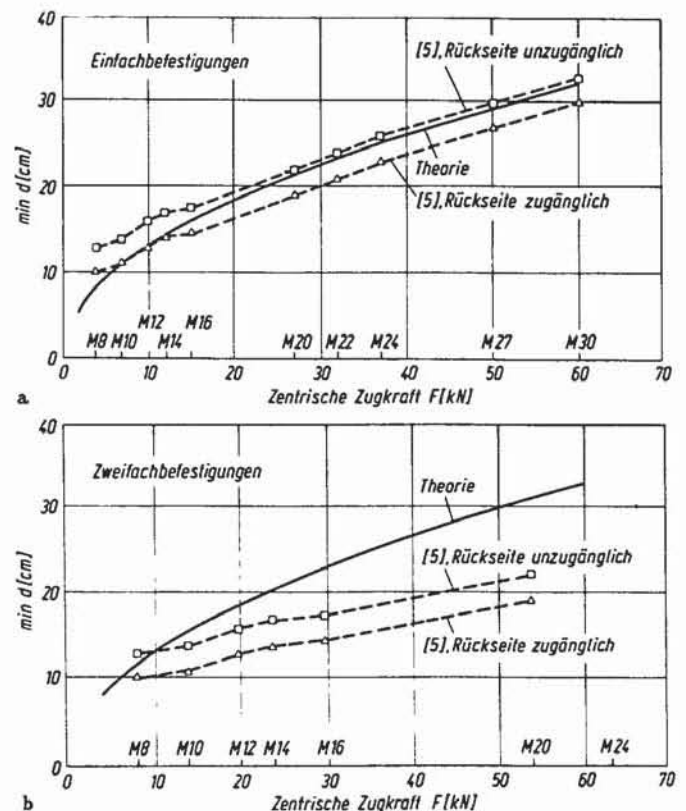


Bild 10  
Minimale Bauteildicke in Abhängigkeit von der Last pro Verankerungspunkt (nach [2])



Die oben geforderte Sicherheit der Verankerung bei in Extremfällen auftretenden Rissen im Beton ( $\gamma = 2,0$ ) kann z. B. durch Beschränkung der Rißbreiten auf  $w \sim 0,1$  mm erreicht werden (vgl. Bild 9). Zur Einhaltung dieser Rißbreite ist je nach Stabdurchmesser ein Bewehrungsgehalt von  $\mu = A_s/b \cdot h \sim 0,2\%$  bis  $0,4\%$  in beiden Achsrichtungen erforderlich [2]. Diese Bewehrungsgrade sind in vielen Fällen nicht vorhanden. Eine weitere Möglichkeit ist die Anordnung eines Teils der Verankerungslänge im ungerissenen Beton. Geht man davon aus, daß die Risse näherungsweise bis zur Querschnittsmitte reichen, die Anker bis nahe an die lastabgewandte Querschnittsseite geführt werden und in der Zugzone keine bzw. nur sehr geringe Verbundspannungen in der Fuge zwischen Kunstharzmörtel und Bohrlochwand wirken, beträgt die erforderliche Setztiefe nach [2] etwa das 1,5fache der z. B. in [5] geforderten Mindestwerte. Das Tiefersetzen der Anker um 50% gegenüber bisher ist ohne wesentliche Schwierigkeiten möglich.

Bei Dübeln, Kopfbolzen und Ankerschienen liegen insgesamt günstigere Verhältnisse als bei Verbundankern vor, weil bei diesen Befestigungselementen die Traglast geringer durch Risse beeinflusst wird als bei Verbundankern (vgl. Abschnitt 3).

Auch bei Anordnung von Verankerungen in der „Druckzone“ bestehen also Wechselbeziehungen zwischen Befestigung und dem als Ankergrund dienenden Bauteil. Die mögliche ungünstige Beeinflussung der Traglast der Befestigung kann jedoch durch gezielte konstruktive Maßnahmen akzeptierbar gering gehalten werden. Allerdings schränken diese Maßnahmen die Anwendbarkeit der Befestigungselemente deutlich ein. Weiterhin ist dem Anwender die Lage der „Druckzone“ im Bauteil meist nicht bekannt. Daher hat der zuständige Sachverständigenausschuß „Dübel und Ankerschienen“ beschlossen, in Zukunft generell davon auszugehen, daß Befestigungen in der gerissenen Zugzone angeordnet sind.

### 3 Verankerungen in der Zugzone

#### 3.1 Einfluß von Rissen im Ankergrund auf das Tragverhalten von Befestigungen

In der Zugzone von Stahlbetonbauteilen können Risse in einer Richtung bzw. z. B. in kreuzweise gespannten Platten in zwei Richtungen (Kreuzriß) auftreten. Dabei können die Befestigungselemente in Rissen bzw.

neben ihnen angeordnet sein, wobei der erste Fall am ungünstigsten ist.

Zur Untersuchung des Einflusses von Rissen im Ankergrund auf das Tragverhalten von Befestigungselementen werden unterschiedliche Probekörper, nämlich Biegeplatten, Zugglieder (Bild 11) oder spezielle Körper zur Erzeugung von Kreuzrissen (Bild 12) benutzt. Üblicherweise werden zunächst Haarrisse erzeugt, die Verankerungselemente in oder neben diese gesetzt und die Risse durch Belastung der Probekörper auf die vorgesehene Breite aufgeweitet. Anschließend werden die Befestigungen bei geöffnetem Riß monoton bis zum Bruch belastet. Häufig werden auch eine schwelende Belastung der Verankerungen bei geöffnetem Riß oder mehrmaliges Öffnen und Schließen der Risse bei belasteter Verankerung zwischengeschaltet. Während eine schwelende Belastung der Befestigung als Zeitrafferversuch für eine Dauerlast angesehen werden kann, dient das Öffnen und Schließen der Risse zur

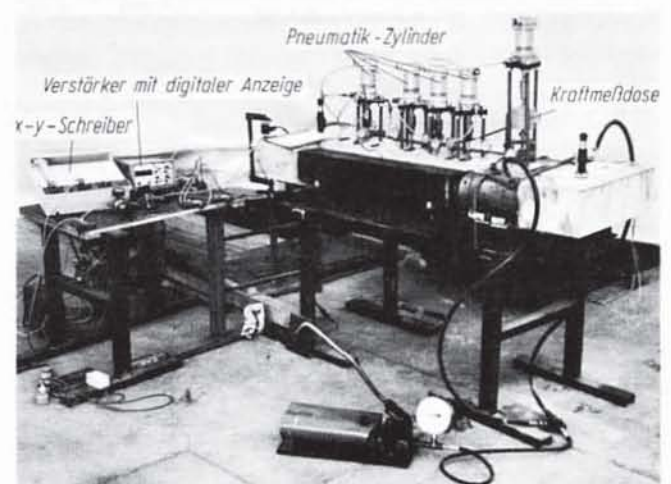


Bild 11  
Prüfung von Dübeln in einem Dehnkörper (entnommen aus [8])

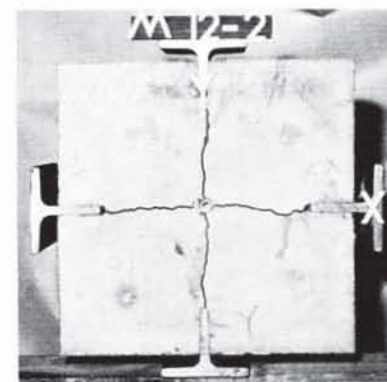
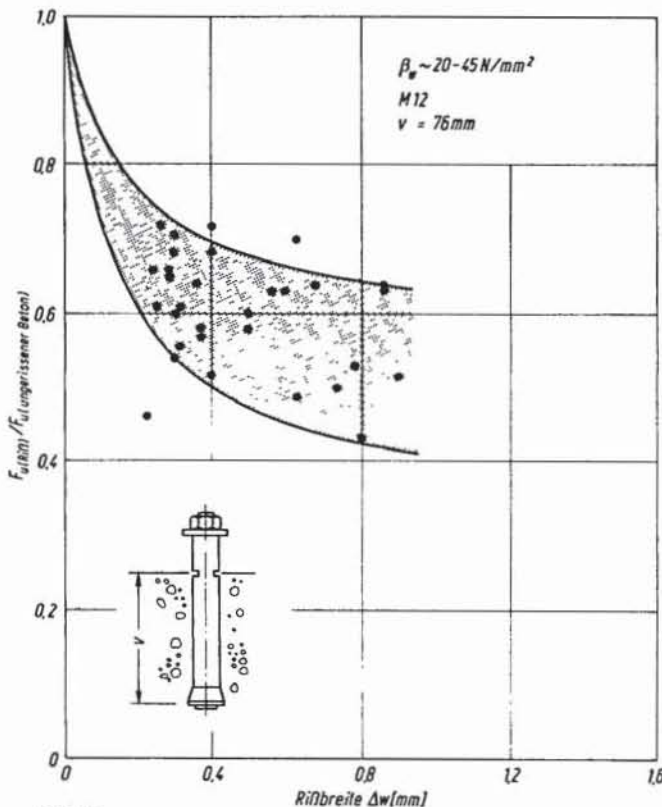


Bild 12  
Prüfung von Dübeln in Kreuzrissen (entnommen aus [8])

Nachahmung des Einflusses einer veränderlichen Belastung des Bauteils.

Das Last-Verschiebungsverhalten und die Bruchlast werden durch den verwendeten Prüfkörper und die angewandte Prüfmethode zum Teil wesentlich beeinflusst. Die ungünstigsten Ergebnisse sind nach den Auswertungen [6], [7] bei Verwendung von Kreuzrißkörpern in Verbindung mit einem Öffnen und Schließen der Risse zu erwarten.

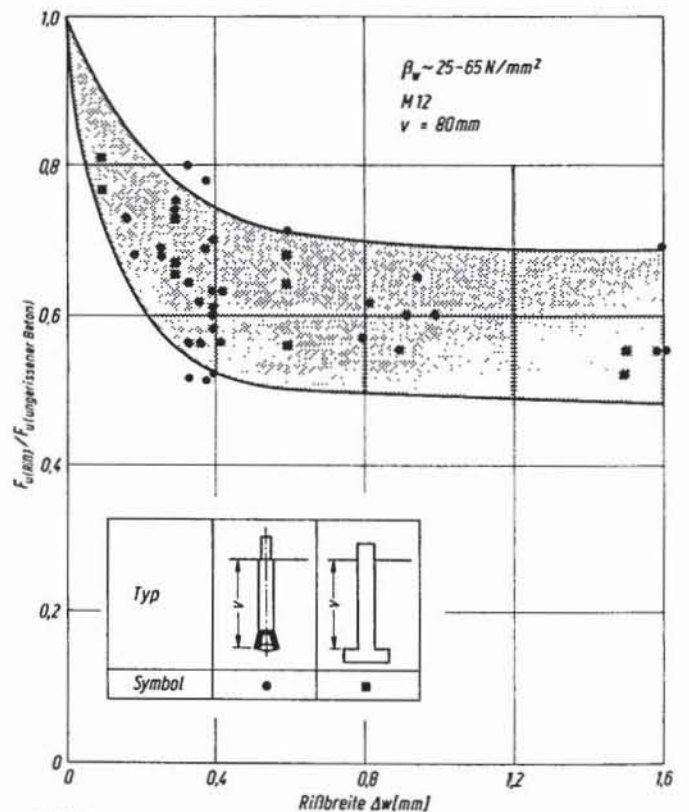
Befestigungselemente, die in der Zugzone angeordnet werden sollen, müssen für diesen Anwendungsfall geeignet sein. Dies bedeutet, daß sie auch in ungünstigen Anwendungsfällen – z.B. Lage in Kreuzrissen und veränderliche Belastung des Bauteils – ihre Funktion auf Dauer erfüllen müssen. Unter diesem Gesichtspunkt ist der Einsatz von Verbundankern und wegkontrolliert spreizenden Einschlagankern – zumindest bei den bisher üblichen Setztiefen – kritisch zu beurteilen. Demgegenüber sind sehr gut nachspreizende und den Beton hinterscheidende Dübel sowie Kopfbolzen und Ankerschienen im allgemeinen als geeignet anzusehen.



**Bild 13**  
Verhältnis der Bruchlast von in Rissen angeordneten nachspreizenden Metalldübeln zur Bruchlast im ungerissenen Beton in Abhängigkeit von der RiBbreite

Ein Vorschlag für die Prüfung der Eignung von Dübeln, die für Anwendungen in der Zugzone vorgesehen sind, ist in [7] enthalten.

Risse im Ankergrund vermindern die Tragfähigkeit von Befestigungselementen (Bilder 13 und 14). Aufgetragen ist jeweils die Bruchlast im RiB bezogen auf den im ungerissenen Beton zu erwartenden Wert in Abhängigkeit von der RiBbreite im Verankerungsbereich. Bild 13 gilt für geeignet nachspreizende Metalldübel und Bild 14 für Hinterschnittanker und Kopfbolzen. Die Bruchlast im ungerissenen Beton wurde nach der in [9] angegebenen empirischen Gleichung berechnet, wobei die rechnerischen Bruchlasten sowohl für Dübel als auch für Hinterschnittanker und Kopfbolzen sehr gut mit den in Vergleichsversuchen gemessenen Werten übereinstimmen. Als Versuchskörper dienten Zugglieder mit einer näherungsweise konstanten RiBbreite über die Körperdicke. Die Befestigungselemente mit einer Verankerungstiefe von ca. 80 mm wurden nach dem Öffnen des Risses durch eine monoton ansteigende zentrische Zugkraft bis zum Ver-



**Bild 14**  
Verhältnis der Bruchlast von in Rissen angeordneten Hinterschnittankern und Kopfbolzen zur Bruchlast im ungerissenen Beton in Abhängigkeit von der RiBbreite



sagen belastet, das im allgemeinen durch kegelförmigen Betonausbruch hervorgerufen wurde.

Die Bruchlast von Befestigungselementen im Riß nimmt bis zu einer Rißbreite von etwa 0,4mm schnell und bei breiteren Rissen langsam ab. Sie beträgt bei der im Stahlbetonbau maximal als zulässig angesehenen Rißbreite von 0,4mm das ca. 0,5- bis 0,7fache des für ungerissenen Beton geltenden Wertes. Dabei ist kein wesentlicher Einfluß der unterschiedlichen Befestigungssysteme (nachspreizende Dübel, Hinterschnittanker oder Kopfbolzen) zu erkennen. Während die Bruchlast von Metallspreizdübeln bei größeren Rißbreiten weiter absinkt, bleibt sie bei Hinterschnittankern und Kopfbolzen bis zu Rißbreiten von ca. 1,5mm nahezu konstant.

Die niedrigere Bruchlast von in Rissen verankerten Befestigungselementen gegenüber dem für ungerissenen Beton geltenden Wert ist wesentlich auf die Störung des Spannungszustandes im Beton, der bei ungerissenem Ankergrund rotationssymmetrisch ist, durch Risse zurückzuführen. Dadurch ist die Fläche mit hohen Zugspannungen im Beton kleiner als bei Befestigungen im ungerissenen Ankergrund. Weiterhin können benachbarte Risse einen Teil des möglichen Ausbruchkegels abschneiden. Bei Metallspreizdübeln wird zusätzlich die Spreizkraft durch Risse im Beton verringert [9], so daß die Dübel in manchen Fällen keinen Betonausbruch erzeugen, sondern durch Herausziehen versagen. Die letztere Bruchart tritt in der Regel bei Einschlagankern (siehe Bild 1) und bei kraftkontrolliert spreizenden Dübeln mit nicht ausreichendem Nachspreizverhalten auf. In beiden Fällen ist mit einer wesentlich geringeren relativen Tragfähigkeit als nach Bild 13 zu rechnen.

### 3.2 Einfluß von Spannungen im Bauteil auf die Traglast von Befestigungen

In Stahlbetontragwerken entstehen bei Belastung nicht nur Risse, sondern es werden auch Zugspannungen im Beton geweckt. Hohe Zugspannungen entstehen zum Beispiel im Bereich von Verankerungen und Übergreifungsstößen von Bewehrungsstäben und im Querkraftbereich. Der Einfluß dieser Spannungen auf die Tragkraft von Befestigungen wurde in [10] theoretisch und experimentell untersucht.

In Bild 15 wird angenommen, daß ein Dübel mit einer Setztiefe von 80mm im Endbereich eines Übergreifungsstoßes dicker Rippenstäbe angeordnet ist. Darge-

stellt ist die Verteilung der von den Bewehrungsstäben bzw. dem zugbeanspruchten Dübel hervorgerufenen Spannungen im Beton entlang der Oberfläche des Ausbruchkegels. Sie wurden unter Annahme bestimmter Näherungen berechnet. Dabei wurde vorausgesetzt, daß die Bewehrungsstäbe etwa mit der zulässigen Stahlspannung und der Dübel mit der Ausbruchlast beansprucht sind. Die von den gestoßenen Bewehrungsstäben bzw. vom Dübel hervorgerufenen Spannungen überlagern sich teilweise, und es ergeben sich entlang eines Teiles der Oberfläche des Ausbruchkegels höhere Zugspannungen als bei Anordnung des Dübels im ansonsten unbelasteten Beton. Daher ist mit einer Abminderung der Dübelbruchlast zu rechnen. Sie beträgt im vorliegenden Fall theoretisch etwa 25%.

Vergrößert man die Verankerungstiefe oder ordnet man Dübel im Stoßbereich dünnerer Stäbe an, ergibt sich eine geringere Überlagerung der Spannungen. Beispielsweise ist in dem in Bild 16 dargestellten Fall – 130mm tiefer Dübel im Bereich eines Stoßes von 14mm Stäben – die Beeinflussung der Dübeltragkraft vernachlässigbar gering. Ebenso ist mit einer geringe-

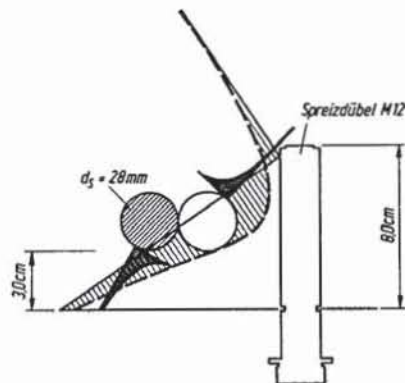


Bild 15  
Dübel im Bereich eines Übergreifungsstoßes – Überlagerung der Spannungen (entnommen aus [10])

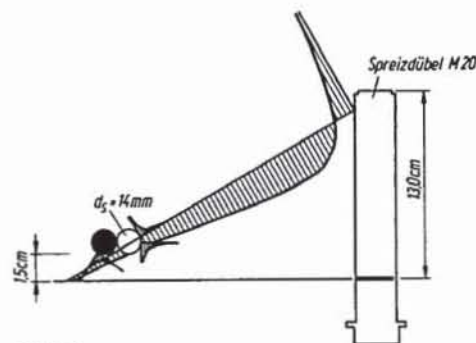


Bild 16  
Dübel im Bereich eines Übergreifungsstoßes – Überlagerung der Spannungen (entnommen aus [10])



ren Abminderung der Dübeltragkraft zu rechnen, wenn der Dübel unterhalb der Bewehrung in der Betondeckung verankert ist.

Bei Dübeln im Bereich von Übergreifungsstößen geschweißter Betonstahlmatten sind ähnliche Abminderungen der Bruchlast wie oben angegeben zu erwarten. Die Tragkraft von im Schubbereich angeordneten Dübeln kann bis zu ca. 25% niedriger sein als der Wert, der sich ergibt, wenn der Beton außer den Verankerungslasten keine anderen Lasten zu tragen hat.

Bei anderen Befestigungssystemen (z. B. Kopfbolzen) ist unter sonst gleichen Verhältnissen etwa die gleiche Abminderung der Bruchlast wie bei Dübeln zu erwarten.

Zur Prüfung der Richtigkeit der theoretischen Überlegungen wurden Versuche mit plattenartigen Probekörpern durchgeführt. Die Bewehrung (Platte A: Rippenstäbe mit  $d_s = 28$  mm, Platte B: geschweißte Betonstahlmatten) war im Bereich des konstanten Momentes durch Übergreifung nach DIN 1045 (Vollstoß) gestoßen (Bild 17). Nach Erzeugen von Rissen im

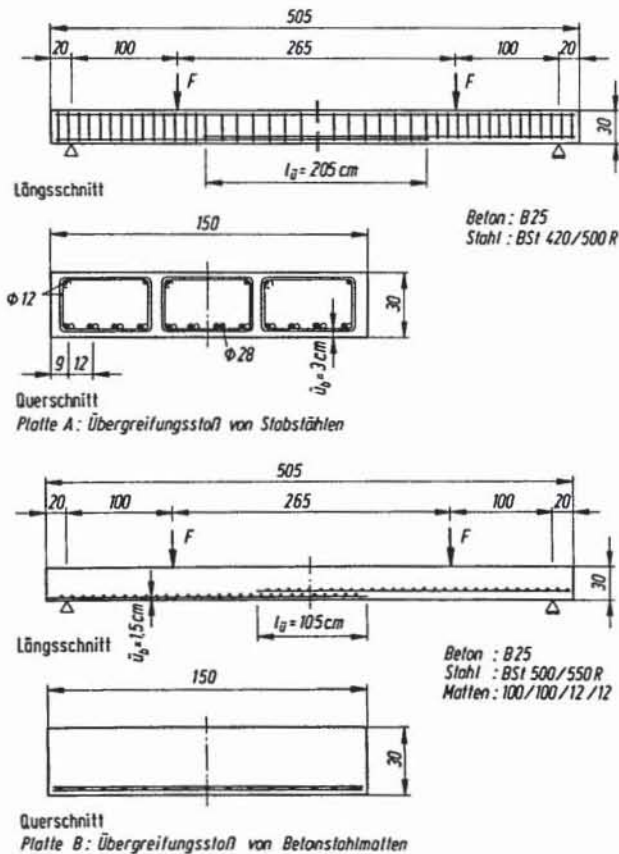


Bild 17  
 Ausbildung der Probekörper (entnommen aus [10])

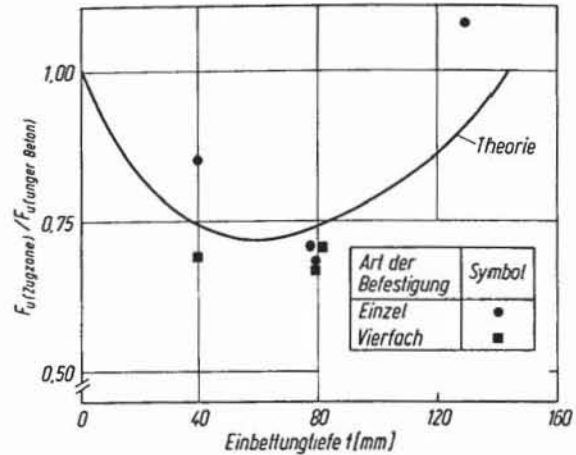


Bild 18  
 Dübel im Bereich von Übergreifungsstößen – Versuchsergebnisse (nach [10])

Beton wurden die Dübel zwischen diese Risse gesetzt. Dadurch sollte der Einfluß der Risse auf die Dübeltragkraft möglichst gering gehalten werden. Anschließend wurden die Platte durch äußere Lasten bis zur Gebrauchslast beansprucht und die Befestigungen bei belastetem Probekörper ausgezogen. Zum Vergleich wurden auch Befestigungen im ungerissenen und unbelasteten Beton geprüft.

Die wichtigsten Versuchsergebnisse sind aus Bild 18 zu ersehen. Aufgetragen ist das Verhältnis der experimentell gefundenen Bruchlast von im Stoßbereich angeordneten Dübelbefestigungen zur Bruchlast von identischen Befestigungen im ungerissenen und unbelasteten Beton in Abhängigkeit von der Setztiefe. Zum Vergleich ist die theoretisch zu erwartende relative Tragkraft mit eingetragen. Die Versuchsergebnisse bestätigen im wesentlichen die theoretischen Überlegungen.

Die Versuche zeigen, daß die Bruchlast von Befestigungen i. a. durch Risse im Beton stärker abgemindert wird als durch die Überlagerung der von Befestigungselementen hervorgerufenen Zugspannungen mit denjenigen aus der Tragwerkswirkung. In bestimmten Anwendungsfällen können jedoch beide Einflüsse ungünstig zusammenwirken.

### 3.3 Einfluß der von Befestigungen hervorgerufenen Spannungen auf die Tragfähigkeit von Stahlbetonbauteilen

Durch die in Abschnitt 3.2 beschriebene Überlagerung der Zugspannungen kann nicht nur die Tragfähigkeit



der Verankerung, sondern auch diejenige des als Ankergrund dienenden Stahlbetonbauteils reduziert werden. Allerdings sind die mit der Beeinflussung des Tragverhaltens von Stahlbetonbauteilen durch Befestigungen zusammenhängenden Probleme erst in Ansätzen geklärt.

Man kann davon ausgehen, daß bei Verankerung von relativ geringen Lasten (z. B. 5 bis 6 kN) in großen Abständen das Bauteiltragverhalten nicht wesentlich beeinträchtigt wird, da die örtliche Beanspruchung des Betons gering ist und nur kleine Bereiche des Bauteils betroffen sind. Werden dagegen die von Befestigungselementen maximal übertragbaren (hohen) Lasten in engen Abständen in den Beton eingeleitet, ist eine signifikante Reduzierung der Bauteiltragfähigkeit zu befürchten [11].

Kritisch ist z. B. die Einleitung von hohen Lasten in Bereichen mit Verankerungen und Übergreifungsstößen von Bewehrungen. Eine andere kritische Anwendung ist die Verankerung dieser Lasten im Schubbereich von auf Schub unbewehrten Platten. Dies gilt insbesondere, wenn die Platte – wie im Hochbau viel-

fach üblich – aus Fertigplatten und einem am Ort gegossenen Aufbeton besteht. Verbindet man Fertig- und Ortbeton nicht durch eine Verbundbewehrung

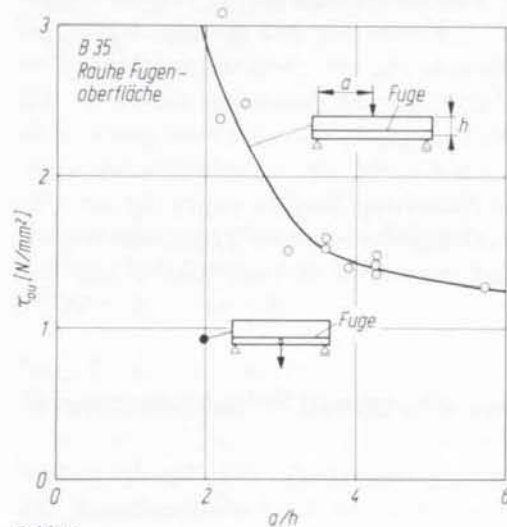
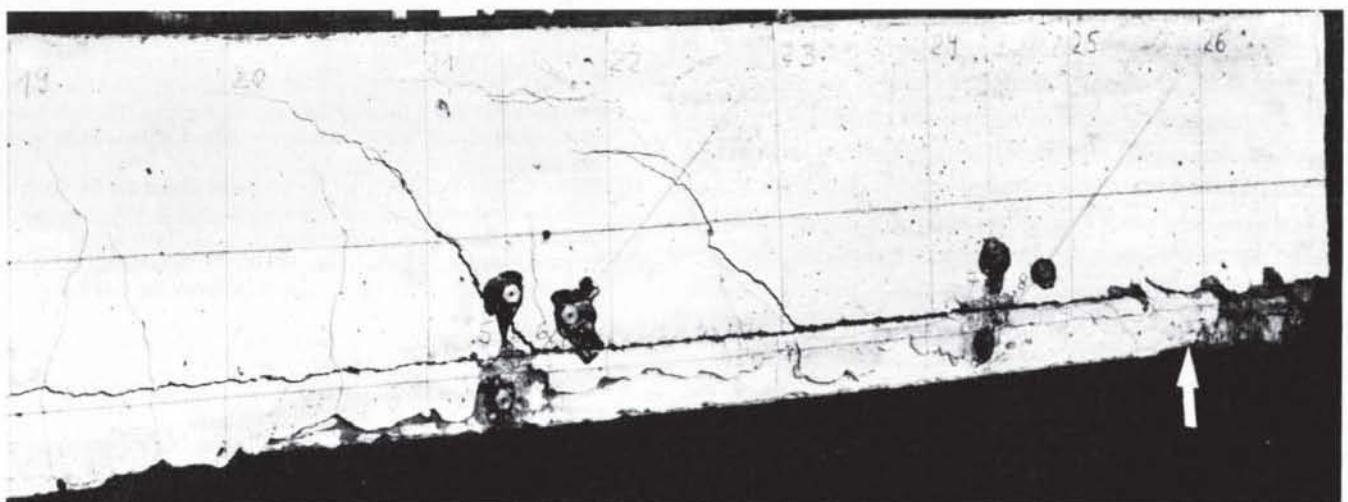


Bild 20  
Schubspannung beim Versagen der Fuge zwischen Fertigteil- und Ortbeton in Abhängigkeit von der Schubschlankheit (entnommen aus [11])



a) Gesamtansicht



b) Detail

Bild 19  
Bruch einer aus Fertigteil- und Ortbeton zusammengesetzten Platte ohne Verbundbewehrung (entnommen aus [13])

miteinander, kann der Bruch der Platte durch Überschreiten der Verbundfestigkeit der Fuge erfolgen (Bild 19). Im Regelfall wird die Platte von oben belastet. Dann ist die Fugentragfähigkeit bei rauher Fugenoberfläche so hoch (Bild 20), daß in vielen Fällen auf eine Verbundbewehrung verzichtet werden kann. Entsprechende Vorschläge zur Änderung der DIN 1045 liegen vor. Wird dagegen die Last von unten, z. B. durch Dübel oder Kopfbolzen, in den Fertigbeton eingeleitet, ist die Fugentragfähigkeit wegen der zusätzlichen Beanspruchung der Fuge auf Zug relativ niedrig (Bild 20), so daß immer eine Verbundbewehrung erforderlich ist.

#### 4 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Zwischen Befestigungstechnik und Stahlbetonbauweise bestehen vielfältige Wechselbeziehungen, die nicht vernachlässigt werden dürfen. Sie können sowohl das Tragverhalten von Befestigungen als auch dasjenige der als Ankergrund dienenden Stahlbetonbauteile ungünstig beeinflussen.

Bisher wurden die Richtlinien für die Bemessung und Ausbildung von Stahlbetonbauwerken ohne Berücksichtigung des möglichen Einflusses der speziellen Lasteinleitung durch Befestigungselemente erarbeitet. Daher war es erforderlich, die Bemessungsregeln für Befestigungen so festzulegen, daß keine wesentliche Beeinflussung des Bauteiltragverhaltens zu erwarten war. Um dies zu gewährleisten, dürfen bisher Verankerungen nur in der aus Lastspannungen erzeugten Druckzone von Stahlbetonbauteilen angeordnet bzw. nur geringe Lasten in die Zugzone eingeleitet werden. Diese Regelung ist praxisfremd und schränkt die Möglichkeiten der modernen Befestigungstechnik wesentlich ein. Daher wird angestrebt, hohe Lasten in die Zugzone einzuleiten. Dies ist bei Verwendung geeigneter Befestigungselemente prinzipiell möglich. Nach den bisherigen Ergebnissen beträgt die Bruchlast von Verankerungen in der Zugzone bei üblichen Rißbreiten unabhängig von der Art des (geeigneten) Befestigungselementes ca. 50% bis 60% des Wertes, der für ungerissenen und ansonsten unbelasteten Beton gilt. Daher kann man z. B. durch eine aus 4 Ankern M 20 (Verankerungstiefe 130 mm) bestehende Ankergruppe bis zu

ca. 60 kN in die Betonzugzone einleiten. Bevor man jedoch die Verankerung dieser hohen Lasten auf relativ geringer Tiefe zuläßt, sollte der Einfluß der speziellen Lasteinleitung durch Befestigungselemente auf das Tragverhalten von Stahlbetonbauteilen besser als bisher bekannt sein, um ggf. durch entsprechende konstruktive Maßnahmen eine sonst mögliche Gefährdung der Bauteilsicherheit auszuschließen.

#### 5 Literatur

- [1] Schreiben der Landesstelle für Baustatik, Tübingen, an das Institut für Bautechnik, Berlin, vom 25. 11. 81 und 8. 12. 81.
- [2] ELIGEHAUSEN, R. und CLAUSNITZER, W.: Befestigungen mit Verbundankern in der aus Lastspannungen erzeugten Druckzone von Beton- und Stahlbetonbauteilen, Bericht Nr. 2/5-83/15 des Instituts für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart, Dez. 1983.
- [3] Zulassungsbescheid Nr. Z-21.3-80 vom 1. 2. 84 des Instituts für Bautechnik, Berlin, für Hilti-Verbundanker HVA.
- [4] RÜSCH, H.: Die Ableitung der charakteristischen Werte der Betonzugfestigkeit, beton 2, 1975.
- [5] Zulassungsbescheid Nr. Z-21.3-15 vom 22. 12. 1975 des Instituts für Bautechnik, Berlin, für Upat-Verbundanker UKA 3.
- [6] LEHMANN, R.: Zum Tragverhalten von Metallspreizdübeln in der aus Lastspannungen erzeugten Zugzone des Betons; Dissertation an der Universität Stuttgart, in Vorbereitung.
- [7] ELIGEHAUSEN, R. und 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.
- [8] REHM, G. und LEHMANN, R.: Untersuchungen mit Metallspreizdübeln in der gerissenen Zugzone von Stahlbetonbauteilen, Bericht der Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden-Württemberg – Otto-Graf-Institut –, Stuttgart, Juli 1982.
- [9] ELIGEHAUSEN, R. und PUSILL-WACHTSMUTH, P.: Stand der Befestigungstechnik im Stahlbetonbau, IVBH-Bericht S 19/82, IVBH-Periodica 1/82, Febr. 1982.
- [10] ELIGEHAUSEN, R. und SILVA, J.: Dübel in der aus Lastspannungen erzeugten Zugzone von Stahlbetonbauteilen – Theoretische und experimentelle Untersuchungen, Abschlußbericht in Vorbereitung.
- [11] REHM, G. und ELIGEHAUSEN, R.: Auswirkungen der modernen Befestigungstechnik auf die konstruktive Gestaltung im Stahlbetonbau, Betonwerk + Fertigteil-Technik, Heft 6, 1984.
- [12] ELIGEHAUSEN, R.: Übergreifungsstöße zugbeanspruchter Rippenstäbe mit geraden Stabdenden, Schriftenreihe des DAfStb, Heft 301, Berlin, 1979.
- [13] REHM, G., ELIGEHAUSEN, R. und PAUL, F.: Verbundbewehrung in Fugen von Platten ohne Schubbewehrung, Bericht des Instituts für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart, Januar 1980.
- [14] ELIGEHAUSEN, R., MALLÉE, R. und REHM, G.: Verankerungen mit Verbundankern, erscheint demnächst in Betonwerk + Fertigteil-Technik.