

Befestigungstechnik im Bauwesen – bewährte Verfahren und neue Entwicklungen

Prof. Dr.-Ing. Rolf Eligehausen, Leiter
der Abteilung Befestigungstechnik am
Institut für Werkstoffe im Bauwesen
der Universität Stuttgart



Dipl.-Ing. Thomas M. Sippel,
wissenschaftlicher Mitarbeiter am o. g.
Institut



1 Einführung

Die Aufgabe, Bauteile untereinander und miteinander zu verbinden, ist so alt wie das Bauen selbst. In Abhängigkeit vom Baustoff, vom statischen System und von der Bauaufgabe wurden die Probleme unterschiedlich gelöst.

Bis Anfang der sechziger Jahre wurden Befestigungen im Massivbau vorwiegend mit der "klassischen" Einlegemontage erstellt. In die Schalung eingelegte Holzlatten wurden über eingeschlagene Nägel im Beton verankert und dienten als Befestigungspunkte. Die Weiterentwicklung der Einlegemontage führte zu den heute verwendeten Ankerschienen und -platten mit aufgeschweißten Kopfbolzen.

Die Entwicklung der Bohrtechnik (Dreh-, Schlag- und Hammerbohren) sowie die Entwicklung der Diamantbohrtechnik eröffneten neue Möglichkeiten im Hinblick auf eine nachträgliche Montage. Auch infolge der kürzeren Vorplanungszeiten wurden Dübel, die in nachträglich erstellte Bohrlöcher durch Spreizdruck, Hinterschnitt oder

mit Hilfe von Mörteln verankert werden, immer häufiger verwendet. In den vergangenen Jahren wurden praktisch für jeden Ankergrund aus Beton oder Mauerwerk geeignete Dübelsysteme aus Kunststoff und Stahl entwickelt.

Eine Vielzahl von unterschiedlichen Dübeln mit im Grundsatz gleichem Wirkungsprinzip, aber unterschiedlicher Detailausbildung und damit unterschiedlichen Montage- und Anwendungsbedingungen befinden sich mittlerweile auf dem Markt. In den bauaufsichtlichen Zulassungen wird versucht, die Produkte nach übergeordneten Kriterien zusammenzufassen und zumindest ähnliche Anwendungsbedingungen festzulegen. Allerdings sind für den Anwender immer noch zu viele, oftmals verwirrende Unterschiede in den Regelungen vorhanden.

Die Tragwirkung der meisten Befestigungssysteme beruht auf der Ausnutzung der Betonzugfestigkeit, die bekanntermaßen von Bauteil zu Bauteil und auch innerhalb eines Bauteil beträchtlich schwankt. Daher wird das Tragvermögen und Tragverhalten von Kopfbolzen und Dübeln in Versuchen bestimmt, die auch die Grundlage für die bisher erarbeiteten Bemessungsverfahren bilden.

2 Befestigungssysteme

2.1 Einlegeteile

Einlegeteile leiten äußere Lasten durch mechanische Verzahnung (Formschluß) der Verankerungselemente mit dem Beton in den Ankergrund ein. Ihre Anordnung ist auf die Lage der Bewehrung abzustimmen. Durch eine zusätzliche Bewehrung können äußere Lasten optimal in das Bauteil eingeleitet werden. Diese Vorplanung wird oft als nachteilig empfunden.

Ankerschienen (Bild 1) bestehen aus einem kaltverformten oder warmgewalzten, U-förmigen Stahlprofil mit speziellen Verankerungselementen. Die ausgeschäumten Schienen werden auf der Schalung befestigt und einbetoniert. Nach dem Ausschalen und Entfernen der Ausschäumung können die Anbauteile mit Hilfe spezieller Hammer- oder Hakenkopfschrauben befestigt werden. Die Rückhängung der Last in den Beton erfolgt im allgemeinen durch aufgeschweißte oder aufgestauchte T- oder I-förmige Anker.

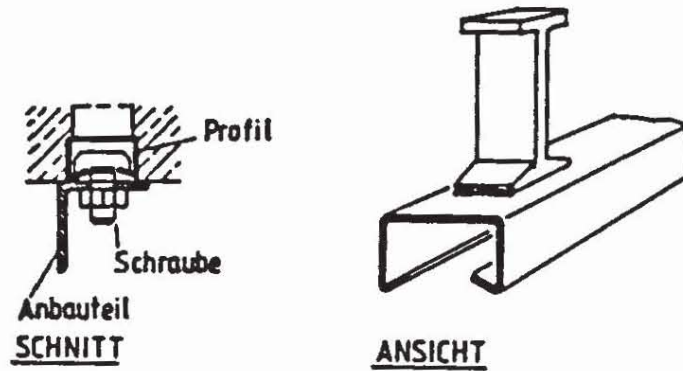


Bild 1: Ankerschiene, nach /1/

Kopfbolzenverankerungen bestehen i.a. aus einer Stahlplatte mit aufgeschweißten Kopfbolzen (Bild 2). Die Kopfbolzen werden in der Werkstatt durch Bolzenschweißen mit Hubzündung mit der Stahlplatte verschweißt. Die zu befestigenden Bauteile werden normalerweise an die einbetonierte Stahlplatte angeschweißt.

Gewindehülsen bestehen aus einer Hülse mit Innengewinde, die im Beton rückverankert wird. Bei Wellenankern ist auf einem S-förmig gebogenen Betonstahl eine Gewindehülse aufgepreßt (Bild 3).

Die beschriebenen Einlegeteile sind für Anwendungen im gerissenen und ungerissenen Beton zugelassen.

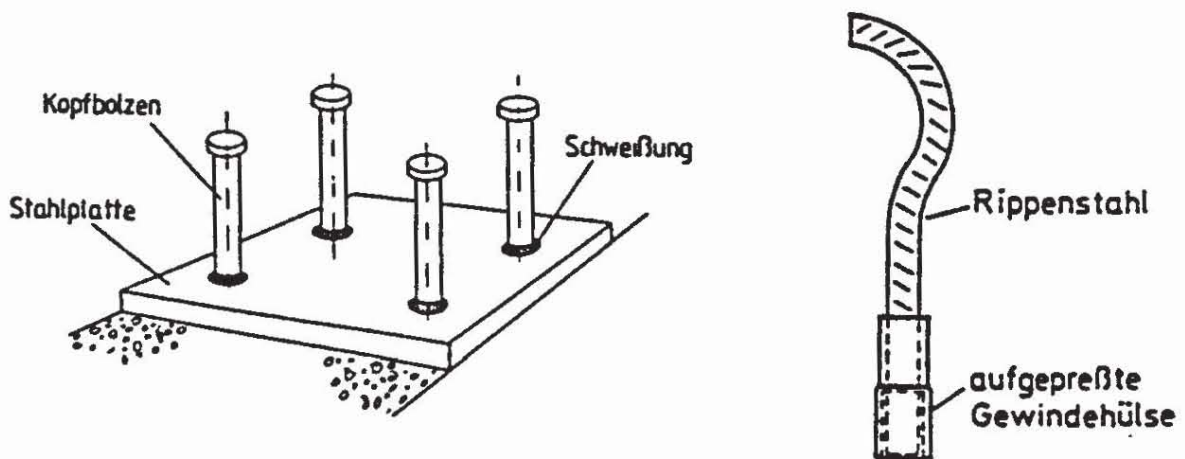


Bild 2: Stahlplatte mit angeschweißten Kopfbolzen, nach /1/

Bild 3: Wellenanker, nach /1/

2.2 Dübel

2.2.1 Metallspreizdübel

Metallspreizdübel lassen sich in kraftkontrolliert spreizende (Bild 4a) und wegkontrolliert spreizende Dübel (Bild 4b) einteilen. Kraftkontrolliert spreizende Dübel werden durch Anspannen der Mutter oder Schraube mit einem geeichten Drehmomentschlüssel verankert. Dabei wird der Konus an der Spitze des Dübels in die Spreizhülse bzw. die Spreizsegmente oder -bleche hineingezogen und preßt diese gegen die Bohrlochwand. Bohrlochtoleranzen können in gewissem Umfang durch unterschiedlich weites Hineinziehen der Konen in die Spreizhülse ausgeglichen werden. Beim Verankern entstehen Spreizkräfte, die hohe Spannungen im Beton hervorrufen und eine Verformungsmulde erzeugen. Der auftretende Spreizweg bzw. die Tiefe der Verformungsmulde ist abhängig von der Kraft, mit der der Konus in die Hülse bzw. in die Segmente gezogen wird, sowie vom Verformungswiderstand des Betons. Die Möglichkeit, das Drehmoment aufbringen zu können, dient als Setzkontrolle. Deshalb können die Dübel nur dann als ordnungsgemäß gesetzt angesehen werden, wenn beim Setzen das vorgeschriebene Drehmoment aufgebracht werden kann.

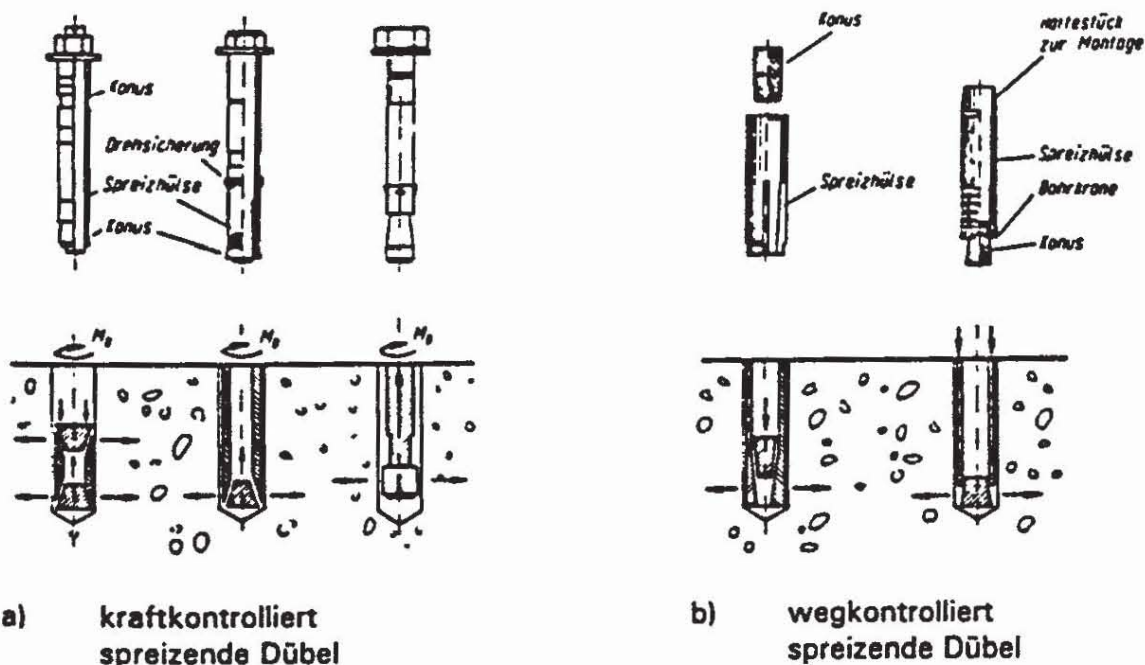


Bild 4: Ausbildung von Metallspreizdübeln, nach [1]

Kraftkontrolliert spreizende Dübel leiten äußere Zugkräfte vorwiegend über Reibung zwischen Spreizhülse und Bohrlochwand und in geringerem Umfang im Bereich der

Verformungsmulde über Verzahnung in den Ankergrund ein. Beim Aufbringen des Drehmomentes wird eine Vorspannkraft in der Schraube bzw. im Bolzen hervorgerufen, die gleichzeitig das Anbauteil gegen die Betonoberfläche preßt. Die Vorspannkraft baut sich nach dem Setzen infolge Kriechen des Beton ab. Treten im Bereich des gesetzten Dübels Risse im Ankergrund auf, dann fällt die Vorspannkraft weiter ab. Übersteigt die angreifende Zuglast die noch wirksame Vorspannkraft, dann wird der Konus weiter in die Hülse bzw. Segmente eingezogen und der Spreizweg vergrößert. Dieser Vorgang wird als Nachspreizen des Dübels bezeichnet.

Wegkontrolliert spreizende Dübel bestehen aus Spreizhülse und Konus. Sie werden durch Aufspreizen der Hülse um einen bestimmten Spreizweg verankert. Dies kann entweder durch Einschlagen des Konus in die Hülse oder durch Auftreiben der Hülse auf den Konus erfolgen. Die Dübel leiten äußere Zugkräfte durch Reibung und im Bereich der Setzmulde durch geringe Verzahnung in den Ankergrund ein.

Bei diesen Dübeln hängt die Größe der Spreizkraft hauptsächlich vom Spreizweg, dem Spiel zwischen Dübel und Bohrlochwand sowie dem Verformungswiderstand des Betons ab. Sie ist bei ordnungsgemäßer Montage im Gebrauchszustand wesentlich größer als bei kraftkontrolliert spreizenden Dübeln und wird durch Kriechen des Betons verringert, ändert sich jedoch nicht beim Aufbringen einer äußeren Last. Daher sind auch die erforderlichen Randabstände größer als bei anderen Dübelssystemen. Da diese Dübel nicht nachspreizen können, ist ihr Tragverhalten von der Tiefe der Verformungsmulde und damit auch von der Bohrlochtoleranz abhängig.

Aufgrund der Empfindlichkeit der wegkontrolliert spreizenden Dübel gegenüber Bohrloch- und Montageteranzen ist die Verwendung von zugelassenen Bohrern besonders wichtig und es sind in jedem Falle Setzkontrollen durchzuführen.

Kraftkontrolliert spreizende Dübel sind je nach Konstruktion nur für Befestigungen im ungerissenen Beton bzw. im gerissenen und ungerissenen Beton zugelassen. Wegkontrolliert spreizende Dübel dürfen i.a. nur im ungerissenen Beton eingesetzt werden.

2.2.2 Hinterschnittdübel

Bei Hinterschnittdübeln wird wie bei Einlegeteilen eine Verzahnung (Formschluß) des Dübels mit dem Ankergrund Beton angestrebt. Hierfür wird ein zylindrisches Bohrloch

durch ein spezielles Bohrverfahren an einer vorgegeben Stelle (i.a. in der Höhe der Spreizelemente) um ein definiertes Maß aufgeweitet (Bild 5a-d) bzw. der Hinterschnitt beim Einschlagen der Dübelhülse erzeugt (Bild 5e-f). Weitere Einzelheiten zu den verschiedenen Systemen sind z.B. in /1/ enthalten. Die Abmessungen von Dübeln, Anschlagbohrern und ggf. Hinterschnittbohrern sind aufeinander abgestimmt und bilden ein System. Daher dürfen die Bohrgeräte verschiedener Hersteller keinesfalls ausgetauscht werden.

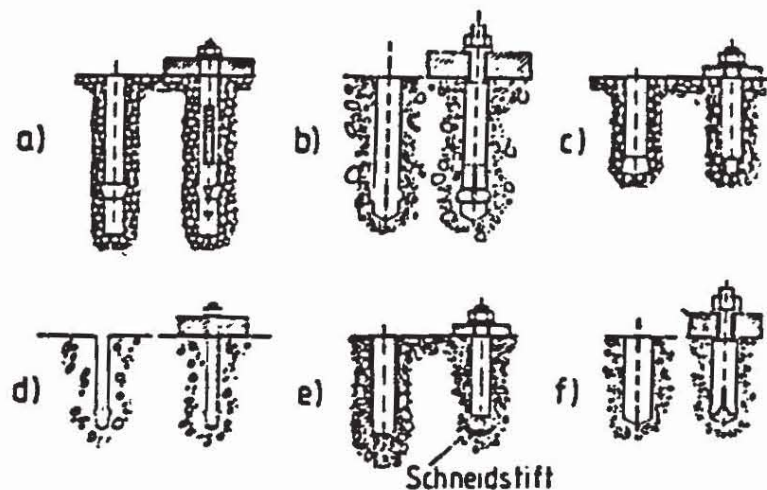


Bild 5: Hinterschnittdübel, nach /1/

Bei allen Hinterschnittdübeln werden beim Setzen keine oder nur geringe Spreizkräfte geweckt. Durch die Vorspannung und Belastung entstehen Ringzugkräfte und dadurch Spaltzugkräfte, die jedoch deutlich geringer sind als bei Metallspreizdübeln. Hinterschnittdübel sind für die Anwendung im gerissenen und ungerissenen Beton zugelassen.

2.2.3 Verbunddübel

Verbunddübel bestehen aus einer an der Spitze dachförmig oder einseitig abgeschrägten Gewindestange, einer Sechskantmutter mit Unterlegscheibe sowie einer gläsernen Mörtelpatrone. Die Mörtelpatrone enthält Harz, Härter und Quarzzuschlag in definierter Zusammensetzung.

Die Mörtelpatrone wird in ein von Bohrmehl gereinigtes Bohrloch eingeführt und anschließend wird die Gewindestange mit Hilfe eines Bohrhammers unter Schlag- und Drehbewegungen bis zur erforderlichen Setztiefe eingetrieben (Bild 6). Zugkräfte

werden über Verbundspannungen zwischen Mörtel und Bohrlochwand in den Beton eingeleitet.

Verbunddübel nach Bild 6 sind nur für Anwendungen im ungerissenen Beton zugelassen. Für den Einsatz im gerissenen und ungerissenen Beton wurden spezielle Systeme entwickelt.

Bei Dübeln nach Bild 7 wird nach Erstellen des zylindrischen Bohrlochs ein Hinterschnitt in einem zweiten Arbeitsgang mit Hilfe eines speziellen diamantbestückten Bohrers hergestellt. Anschließend wird eine auf das System abgestimmte Mörtelpatrone in das Bohrloch eingeführt und die Ankerstange drehend/schlagend in das Bohrloch eingetrieben.

Der Tragmechanismus und die Versagensart entsprechen bei Befestigungen im ungerissenen Beton im wesentlichen dem von üblichen Verbunddübeln, wobei sich der Hinterschnitt günstig auswirkt. Bei Verankerungen im gerissenen Beton wird der Verbund im zylindrischen Teil des Bohrlochs weitgehend aufgehoben. Eine eingeleitete Zugkraft wird dann durch Verbund im Bereich des Hinterschnitts in das Kunstharz und durch mechanische Verzahnung in den Beton eingeleitet.

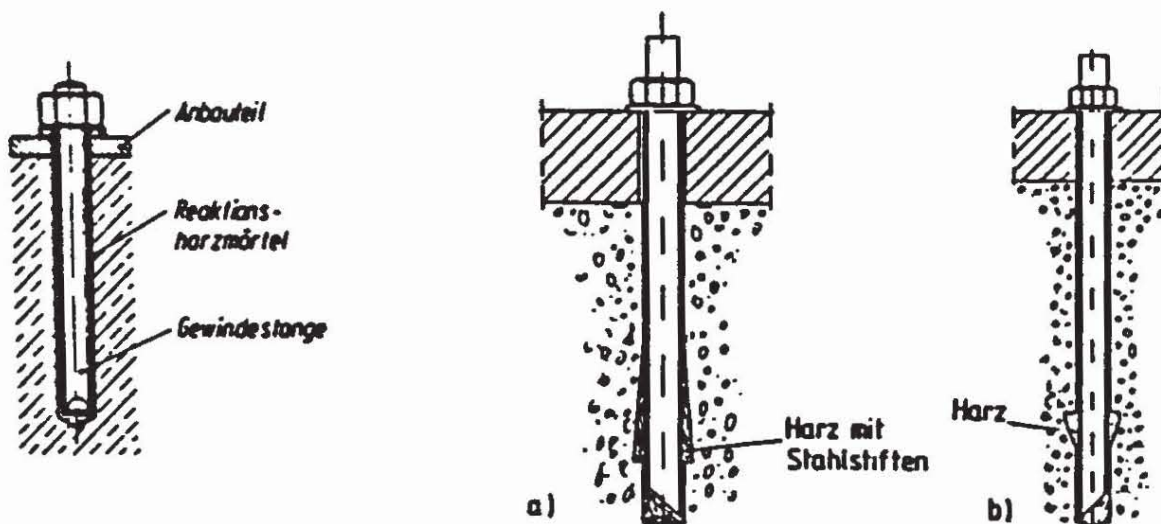


Bild 6: Verbunddübel, /1/

Bild 7: Hinterschnitt-Verbunddübel, /1/

Bei einem weiteren System wird eine Ankerstange verwendet, die mehrere Konen aufweist (Bild 8). Sie ist beschichtet und mit einer Drahhülse versehen. Das Setzen erfolgt wie bei üblichen Verbunddübeln in ein zylindrisches Bohrloch.

Die Beschichtung hat die Aufgabe, einen Verbund zwischen Ankerstange und Kunstharzmörtel zu verhindern. Das Sieb schützt die Beschichtung vor Beschädigungen beim Setzvorgang. Bei Belastung der Ankerstange werden die Konen in die Mörtelschale eingezogen, wodurch Spreizkräfte erzeugt werden. Diese sind allerdings geringer als bei Spreizdübeln.

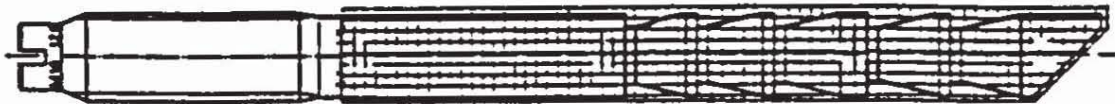


Bild 8: Verbund-Spreizdübel

2.2.4 Kunststoffdübel

Kunststoffdübel lassen sich hinsichtlich ihres Anwendungsbereiches in Systeme für Befestigungen in Beton und Mauerwerk aus Loch- und Hohlsteinen sowie Gasbeton unterscheiden.

Kunststoffdübel für Befestigungen in Beton und in Mauerwerk aus Loch- und Hohlsteinen bestehen aus einer Dübelhülse mit Spreizteil aus polymerem Werkstoff und einer zugehörigen Spezialschraube. Bild 9 zeigt einige für Befestigungen von Fassadenbekleidungen zugelassene Kunststoffdübel mit den zugehörigen Schrauben. Dabei weisen Dübel für Anwendungen in Mauerwerk aus Loch- und Hohlsteinen einen längeren Spreizbereich auf als Dübel für Anwendungen in Beton.

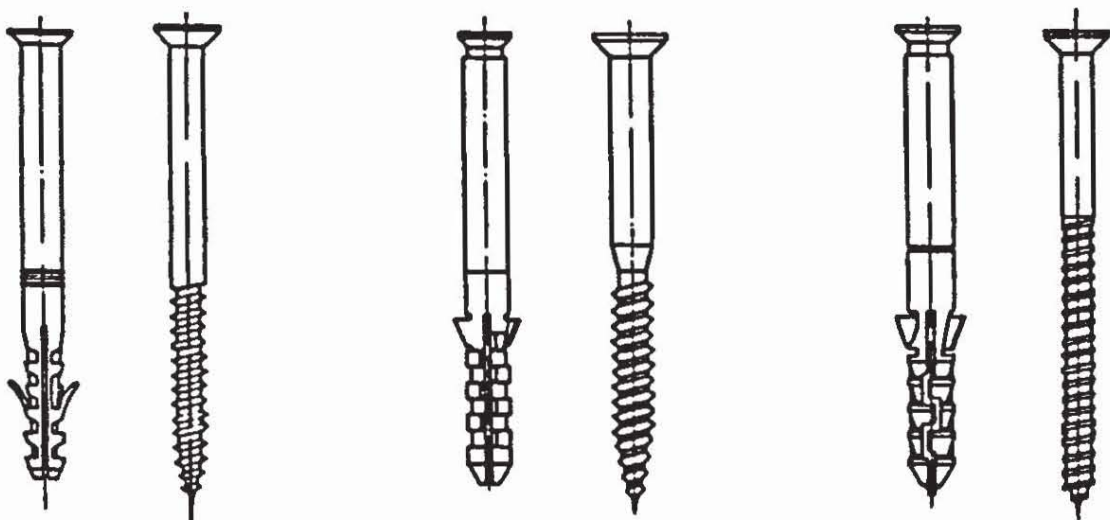


Bild 9: Typische Kunststoffdübel, nach /1/

Die Dübel wirken in Vollmaterial (Normalbeton oder Vollsteine) überwiegend durch Reibung zwischen Hülse und Bohrlochwand. In Loch- und Hohlsteinen tragen die Dübel ebenfalls über Reibung und zusätzlich durch geringe Verzahnung der Hülse mit den angebohrten Stegen der Steine.

Bei Herstellung des Bohrloches mit einer Bohrmaschine sind normale Kunststoffdübel für die Befestigung in Gas- und Schaumbeton nicht geeignet, weil wegen der relativ großen Bohrlochtoleranzen und der geringen Gasbetonfestigkeit nur sehr geringe Spreizkräfte aufgebaut werden. Für diesen Anwendungsfall wurden spezielle Dübel bzw. Dübelsysteme entwickelt (vgl. /1/).

2.2.6 Injektionsdübel

Für Verankerungen in Mauerwerk aus Loch- und Hohlsteinen wurden Injektionsdübel entwickelt. Bild 10 zeigt zwei bauaufsichtlich zugelassene Systeme. Injektionsdübel tragen durch mechanische Verzahnung der Ankerstange mit dem Injektionsmörtel und des Mörtels mit dem Mauerwerk. Werden beim Bohren keine Hohlkammern angeschnitten - z.B. in Stegen oder voll vermörtelten Fugen - dann tragen die Dübel durch Verbund zwischen Mörtel und Bohrlochwand. In diesen Fällen ist eine besonders sorgfältige Reinigung des Bohrlochs erforderlich.

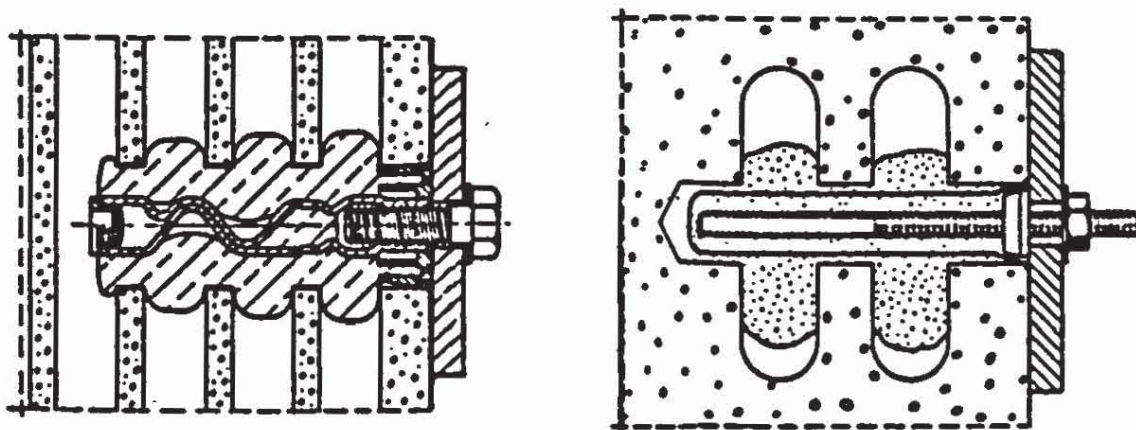


Bild 10: Injektionsdübel, nach /1/

3 Tragverhalten von Befestigungen im ungerissenen Beton

3.1 Zugbeanspruchung

Die möglichen Versagensarten von zugbeanspruchten Dübeln und Kopfbolzen sind in Bild 11 dargestellt. Bei den derzeit auf dem Markt befindlichen Systemen wird das Versagen in der Regel durch Betonausbruch hervorgerufen, Stahlbruch tritt nur gelegentlich und dann i.a. bei Verankerungen im hochfesten Beton auf. Herausziehen ist nur bei kraftkontrolliert spreizenden Dübeln des Bolzentyps mit kleinen Spreizschalen und geringen Spreizwegen sowie bei Verbunddübeln zu erwarten. Spalten des Betons kann durch anwendungstechnische Maßnahmen (Mindestwerte für Achs- und Randabstände sowie Bauteilabmessungen) verhindert werden.

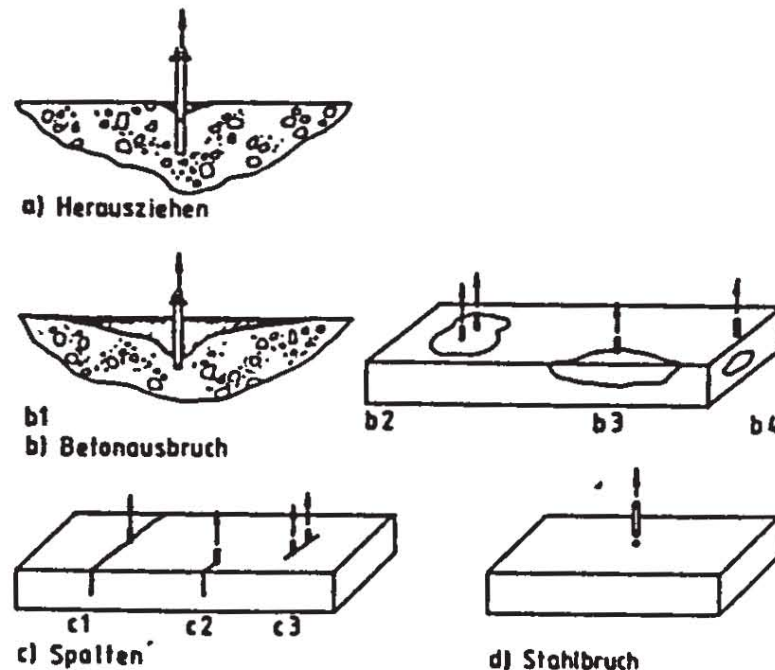


Bild 11: Versagensarten bei zentrischer Zugbelastung, nach /1/

Die bei der Versagensart Stahlbruch zu erwartende Höchstlast F_u eines Befestigungselementes kann aus den Querschnittsabmessungen und der Stahlzugfestigkeit ermittelt werden.

Die meisten Befestigungssysteme versagen durch einen Betonausbruch. Bild 12 zeigt die in Versuchen gemessenen Bruchlasten von Spreiz- und Hinterschnittdübeln mit großem Achs- Randabstand in Abhängigkeit von der Verankerungstiefe. Die Versuchsergebnisse (Mittelwerte) können durch die im Bild angegebene Gleichung angenähert

werden. Die Bruchlast hängt danach nur von der Betonzugfestigkeit, die proportional zu $\sqrt{f_{ct}}$ angenommen wird, und der Verankerungstiefe h_v ab, der Einfluß des Durchmessers ist vernachlässigbar gering.

Eine Bruchlast nach Bild 12 wird nur erreicht, wenn eine ausreichend große Betonfläche pro Befestigungselement zur Verfügung steht. Die zugehörigen Achs- und Randabstände betragen $s_{cr} = 2c_{cr} \geq 3h_v$. Bei Unterschreitung dieser Abstände kann die Betonausbruchlast nach dem in /1/ angegebenen κ -Verfahren berechnet werden.

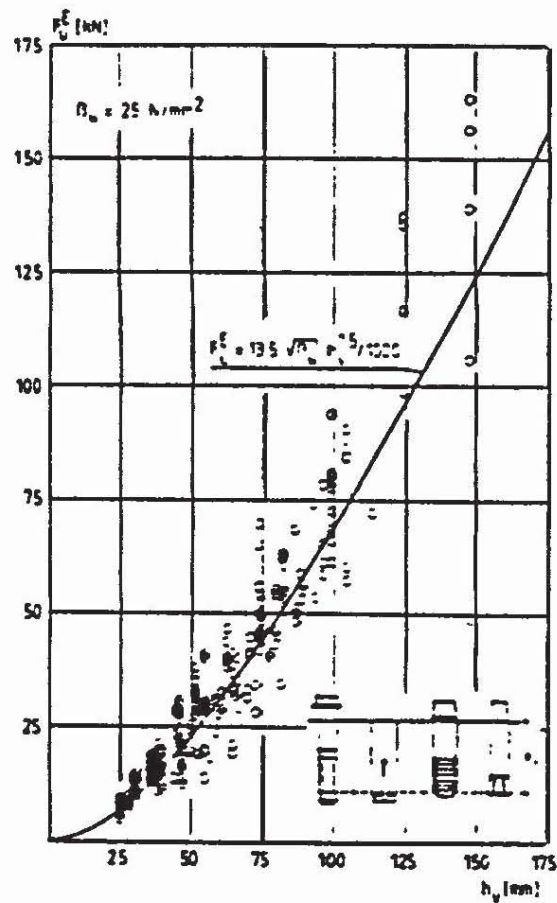


Bild 12: Betonausbruchlast von Metallspreiz- und Hinterschnittdübeln unter zentrischer Zugbelastung, nach /1/

3.2 Querzugbeanspruchung

Die möglichen Versagensarten von querbeanspruchten Befestigungen sind in Bild 13 dargestellt. Stahlbruch (Bild 13a) tritt bei großem Randabstand auf, wobei es kurz vor Erreichen der Höchstlast zu einem muschelförmigen Abplatzen des oberflächennahen Betons kommen kann. Diese Versagensart liefert die höchste Bruchlast.

Bei kleinen Randabständen kann die Betonkante ausbrechen (Bild 13b₁). Bei Gruppen kann sich ein gemeinsamer Ausbruchkörper bilden (Bild 13b₂) und bei Anordnung der Befestigung in einer Bauteillecke (Bild 13b₃), in einem dünnen (Bild 13b₄) oder schmalen (Bild 13b₅) Bauteil können sich die Bruchkörper nicht vollständig ausbilden. Die von einem Befestigungselement übertragbare Last ist in diesen Fällen geringer als die einer Einzelbefestigung nach Bild 13b₁. Bei steifen, nicht ausreichend tief verankerten Befestigungsmitteln kann es auch bei großem Randabstand zu einem Ausbrechen des Betons auf der lastabgewandten Seite kommen (Bild 13b₆).

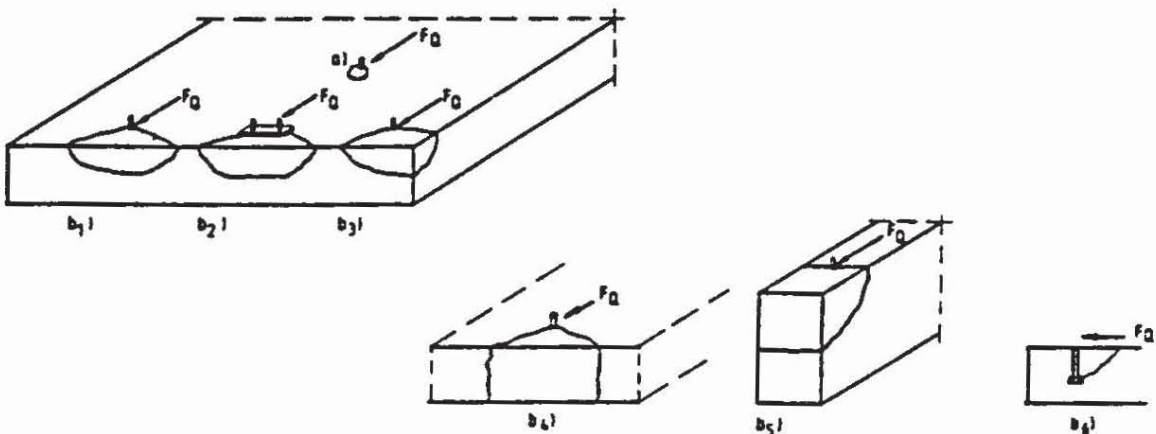


Bild 13: Brucharten bei Querbeanspruchung, nach /1/

Bei Betonkantenbruch hängt die Bruchlast von der Betonzugfestigkeit, der Steifigkeit des Befestigungsmittels und dem Randabstand in Lastrichtung ab. Zusätzliche Einflußfaktoren sind der Randabstand senkrecht zur Lastrichtung, der Achsabstand und die Bauteildicke. Gleichungen zur Berechnung der Höchstlast sind in /1/ angegeben.

4 Tragverhalten von Befestigungen im gerissenen Beton

Bei der Bemessung von Stahlbetonbauteilen wird i.a. von einer gerissenen Zugzone (Zustand II) ausgegangen, weil der Beton nur eine sehr 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 Zwangsbean-

spruchung können jedoch auch breite Einzelrisse auftreten, wenn keine zusätzliche Bewehrung zur Beschränkung der Rißbreiten eingelegt wird.

Bild 14a zeigt schematisch die Last-Verschiebungskurven eines nachspreizenden Dübels, der im ungerissenen Beton bzw. im Riß verankert und für Anwendungen im gerissenen Beton geeignet ist. Die Last-Verschiebungskurve des Dübels im Riß verläuft flacher und der Bruch erfolgt bei größeren Verschiebungen und geringerer Last als im ungerissenen Beton. Sind kraftkontrolliert spreizende Dübel nicht für Anwendungen im gerissenen Beton konstruiert, können die Dübel nicht oder erst nach großen Verschiebungen nachspreizen (Bild 14b).

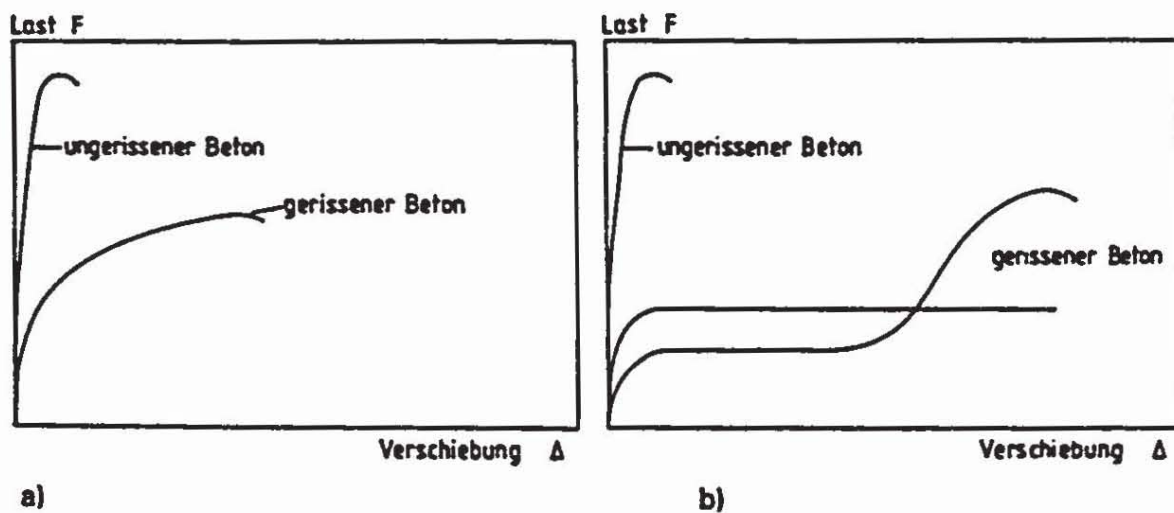


Bild 14: Typische Last-Verschiebungskurven von kraftkontrolliert spreizenden Dübeln im ungerissenen und gerissenen Beton bei zentrischer Zugbeanspruchung. Dübel für Anwendungen im gerissenen Beton geeignet (Bild a) bzw. ungeeignet (Bild b), nach /1/

Die Ausbruchlasten von in Rissen verankerten Kopfbolzen und Dübeln, die für Anwendungen im gerissenen Beton geeignet sind, betragen bei der im Stahlbetonbau maximal zulässigen Rißbreite von 0,4 mm im Mittel das ca. 0,7fache der im ungerissenen Beton zu erwartenden Werte. Dabei ist kein wesentlicher Einfluß der unterschiedlichen Befestigungssysteme zu erkennen. Demgegenüber wird die Höchstlast von Dübeln, die nicht für Anwendungen in gerissenem Beton konstruiert sind, durch Risse wesentlich stärker als oben angegeben reduziert und ist in vielen Fällen nicht vorhersagbar.

Die Betonbruchlast von randnahen Befestigungen mit einer Querbeanspruchung zur Bauteilkante hin wird durch Risse im Beton im Mittel um ca. 30% reduziert. Dabei ist kein wesentlicher Einfluß der Art des Befestigungsmittels auf die Bruchlast zu erkennen.

5 **Ausblick**

Die zulässigen Anwendungsbedingungen von Befestigungsmitteln sind in Zulassungen des Deutschen Instituts für Bautechnik in Berlin festgeschrieben. Darin wurde bisher zwischen Befestigungen in der aus Lastspannungen erzeugten Druckzone bzw. Zugzone unterschieden.

Mittlerweile ist allgemein anerkannt, daß Risse im Beton nicht nur durch Zugspannungen aus äußeren Lasten sondern häufiger durch Zwangsschnittgrößen infolge Behinderung von Verformungen (z.B. Temperaturschwankungen oder Stützensenkungen) hervorgerufen werden. Diese Erkenntnis wird in DIN 1045 (/4/) und Eurocode No.2 (/5/) berücksichtigt. Diese Normen fordern nämlich das Einlegen einer Mindestbewehrung zur Beschränkung der Breite von Rissen infolge von Zwangsschnittkräften.

Es erscheint sinnvoll, in der Befestigungstechnik von den gleichen Grundlagen auszugehen wie im Stahlbetonbau. Daher ist nach den Anfang 1993 erteilten Zulassungsergänzungen im allgemeinen davon auszugehen, daß der Beton gerissen ist. Ungerissener Beton darf in Sonderfällen nur dann angenommen werden, wenn in jedem Einzelfall nachgewiesen wird, daß das Befestigungsmittel mit der gesamten Verankerungslänge im ungerissenen Beton liegt. Dieser Nachweis gilt als erfüllt, wenn Gleichung (1) eingehalten ist.

$$\sigma_{\epsilon} + \sigma_{\eta} \leq 0 \qquad (1)$$

σ_{ϵ} = Spannungen im Beton, die durch äußere Lasten einschließlich Dübellasten hervorgerufen werden.

σ_R = Spannungen im Beton, die durch innere Zwangsverformungen (z.B. Schwinden des Betons) oder durch von außen wirkende Zwangsverformungen (z.B. durch Auflagerverschiebungen oder Temperaturschwankungen) hervorgerufen werden. Wird kein genauer Nachweis geführt, so ist σ_R zu 3 N/mm^2 anzunehmen.

Die Spannungen σ_t und σ_R sind unter der Annahme zu berechnen, daß der Beton ungerissen ist (Zustand I). Bei flächigen Bauteilen, die in zwei Richtungen Lasten abtragen (z.B. Platten, Wände) ist Gleichung (1) für beide Richtungen zu erfüllen.

Kann Gleichung (1) nicht eingehalten werden, was in vielen Anwendungen der Fall sein wird, dürfen nur Befestigungssysteme eingesetzt werden, die für Anwendungen im gerissenen Beton geeignet sind (vgl. Abschnitt 2).

Bisher wird die zulässige Last von Befestigungsmitteln unter Ansatz eines globalen Sicherheitsfaktors (bei Betonbruch $\gamma = 3,0$ bezogen auf die 5%-Fraktile der Versuchsergebnisse) ermittelt. Bei Dübeln ist die zulässige Last unabhängig von der Lastrichtung. In den Zulassungen wird u.a. die Ausbildung und Montage der Befestigungsmittel sowie der zulässige Anwendungsbereich angegeben. Weiterhin ist ein Verfahren zur Bemessung der Befestigungen aufgenommen.

Die zukünftigen Zulassungsbescheide für Befestigungsmittel sollen nicht mehr das Bemessungsverfahren, sondern nur noch charakteristische Kennwerte des jeweiligen Systems enthalten. Die Bemessung erfolgt nach einem Bemessungsverfahren für Verankerungen in Beton /6/ unter Berücksichtigung der charakteristischen Werte für das jeweilige Befestigungsmittel. Es basiert wie Eurocode No.2 /5/ auf dem Sicherheitskonzept der Teilsicherheitsbeiwerte (vgl. /2/). Die charakteristischen Lasten sind abhängig von der Belastungsrichtung und berücksichtigen alle möglichen Versagensarten. Das Bemessungsverfahren wurde aus den Ergebnissen von umfangreichen Zulassungsversuchen und Forschungsarbeiten (u.a. /1/ bis /3/) entwickelt und stellt den derzeitigen Stand der Befestigungstechnik dar.

In Zukunft sollen die zulässigen Anwendungsbedingungen von Befestigungsmitteln in Europäischen Zulassungen angegeben werden. Dazu ist ein einheitliches Verfahren für

die Prüfung von Dübeln sowie die Beurteilung der Versuchsergebnisse erforderlich. Weiterhin muß die Bemessung von Befestigungen nach einheitlichen Regeln erfolgen. Die zugehörigen Arbeiten erfolgen in einer Arbeitsgruppe der EOTA (European Organization for Technical Approvals). Sie sollen in Kürze abgeschlossen werden. Die zu erwartenden Regeln berücksichtigen weitgehend die Erfahrungen in Deutschland.

6 Zusammenfassung

Die Befestigungstechnik leistet einen selbstverständlichen und unentbehrlichen Beitrag zum wirtschaftlichen Bauen. Eine Vielzahl von Befestigungssystemen gewährleisten - bei sachgemäßer Anwendung - die sichere Einleitung auch hoher Lasten in Beton und Mauerwerk. Aufgabe des Anwenders ist es, das für den jeweiligen Ankergrund und Verwendungszweck optimale Befestigungselement aus dem breiten Angebot auszuwählen und zu montieren. Trotz der Informationsfülle von Firmenunterlagen und Zulassungsbescheiden ist ein Wissensdefizit über Funktionsprinzipien, Anwendungsbedingungen und -bereiche sowie richtige Montage festzustellen.

Die Eignung und Funktionsfähigkeit von Einlegeteilen und Dübeln wird in der Regel durch bauaufsichtliche Zulassungen nachgewiesen, die verbindliche Vorschriften für die Befestigungen bauaufsichtlich relevanter, tragender Konstruktionen enthalten.

Im gerissenen Beton dürfen nur geeignete Einlegeteile (Kopfbolzen, Ankerschienen und Wellenanker) und Dübel (geeignete nachspreizende Dübel, Hinterschnittdübel und spezielle Verbunddübel) eingesetzt werden. Ausnahmen gelten nur bei Mehrfachbefestigungen von leichten Unterdecken. Demgegenüber ist ein Einsatz von Einschlag- und üblichen Verbunddübeln nur im ungerissenen Beton zulässig.

In Zukunft sollen Europäische Technische Zulassungen für Befestigungsmittel erteilt werden. Daher wird derzeit intensiv an einer entsprechenden Leitlinie für die Prüfung und Beurteilung von Dübeln gearbeitet. Die Arbeiten sollen in Kürze abgeschlossen werden. Die zu erwartenden Regeln bauen weitgehend auf den Erfahrungen in Deutschland auf.

7 Literatur

- /1/ Rehm, G.; Eligehausen, R.; Mallée, R.: Befestigungstechnik. Betonkalender 1992, Band II, S. 597-725, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.**
- /2/ Eligehausen, R.: Bemessung von Befestigungen mit Teilsicherheitsbeiwerten. Bauingenieur 65 (1990), S. 295-305.**
- /3/ Comité Euro-International du Béton: Fastenings to Reinforced Concrete and Masonry Structures. Bulletin D'Information No. 206 und 207, Lausanne, August 1991.**
- /4/ DIN 1045: Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung, Ausgabe Juli 1988.**
- /5/ ENV 1992-1-1: 1991 (Eurocode No.2): Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau, Juni 1992**
- /6/ Deutsches Institut für Bautechnik: Bemessungsverfahren für Dübel zur Verankerung in Beton. Berlin, Juni 1993.**