

# Moderne Befestigungstechnik im Bauwesen

## Systeme und Anwendungsbedingungen

R. Eligehausen, W. Fuchs, M. Reuter

### 1. Einleitung

Es ist eine tägliche Aufgabe der Baupraxis, tragende Konstruktionen an Bauteilen aus Stahlbeton oder Mauerwerk zu befestigen. Heute stehen dazu eine Vielzahl von Befestigungselementen zur Verfügung, die eine sichere Lastübertragung in den Ankergrund gewährleisten. Voraussetzung dafür ist, daß Montage- und Anwendungsbedingungen eingehalten werden.

Bis Anfang der sechziger Jahre wurden Befestigungen im Massivbau vorwiegend mit Hilfe der in Abb. 1 dargestellten „klassischen“ Einlegetechnik erstellt. Die Weiterentwicklung der Einlegetechnik führte zu den heute verwendeten Ankerschienen und Ankerplatten mit aufgeschweißten Kopfbolzen.

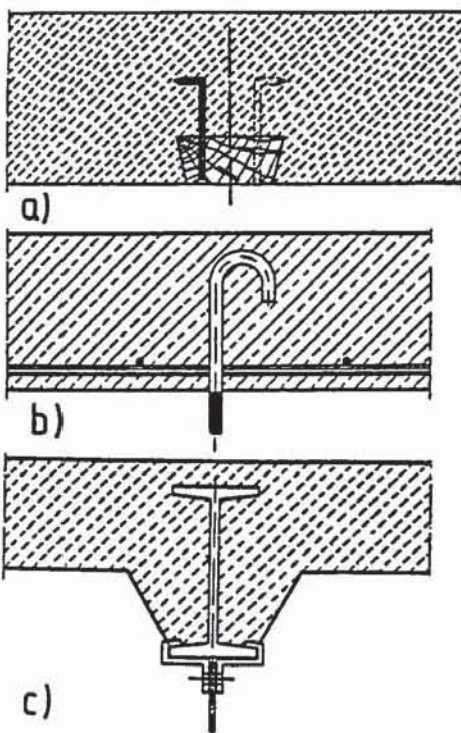


Abb. 1: „Klassische“ Einlegetechnik, nach [4]

- a) Holztrapezleiste über Nägel verankert  
b) Lasthaken mit Anschlußgewinde  
c) ausbetoniertes Stahlprofil

Die Entwicklung der Bohrtechnik ließ der Einlegetechnik eine immer stärker werdende Konkurrenz durch nachträgliche Montage erwachsen: Das Hammerbohrverfahren und kurze Vorplanungszeiten begünstigten die Verwendung von Dübeln, die in nachträglich erstellte Bohrlocher durch Spreizdruck, Hinterschnitt oder mit Hilfe von Injektionsmörteln auf Zement- bzw. Kunstharzbasis verankert werden. In den vergangenen 20 Jahren wurden praktisch für jeden Ankergrund aus Beton oder Mauerwerk geeignete Dübelssysteme aus Kunststoff und Stahl entwickelt. Die Direktmontage mit Setzbolzen ist seit den sechziger Jahren ein sicheres und schnelles Befestigungsverfahren.

In den nachfolgenden Ausführungen werden die im Handel erhältlichen Befestigungssysteme

me für Beton und Mauerwerk ausführlich erläutert, der Tragmechanismus und Einflüsse auf die Tragfähigkeit kurz beschrieben und anhand dessen Hinweise zur Auswahl für unterschiedliche Anwendungsfälle gegeben. Weitergehende Ausführungen sind in [1] und [2] enthalten.

### 2. Befestigungssysteme – konstruktive Ausbildung, Wirkungsprinzipien und Montage

#### 2.1 Einlegeteile

Einlegeteile werden auf der Schalung befestigt und einbetoniert. Sie leiten äußere Lasten durch mechanische Verzahnung der Verankerungselemente mit dem Beton in den Ankergrund ein.

Die Anwendung von Einlegeteilen erfordert eine genaue Kenntnis der Lage der Befestigungen und damit eine detaillierte Vorplanung. Dies wird oft als nachteilig empfunden. Vorteilhaft ist jedoch, daß Einlegeteile auch in hochbewehrten Bauteilen ohne große Schwierigkeiten eingesetzt werden können. Zudem ist die Lage der zu erwartenden äußeren Lasten bekannt, so daß die Kräfte durch Bewehrung wirkungsvoll im Bauteil weitergeleitet werden können. In der Befestigungstechnik kommen heute als Einlegeteile fast ausschließlich Ankerschienen (Abb. 2) oder Ankerplatten mit angeschweißten Kopfbolzen (Abb. 3) zur Anwendung. Rückverankerte Gewindehülsen werden überwiegend als Transportanker für Stahlbetonfertigteile verwendet.

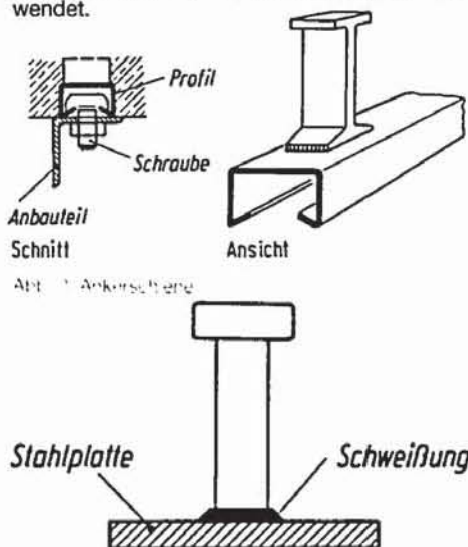


Abb. 2: Ankerschiene

Kopfbolzenverankerungen bestehen i. a. aus einer Stahlplatte mit aufgeschweißten Kopfbolzen. Die Stahlplatten können aus handelsüblichem Baustahl oder nichtrostendem Stahl gefertigt werden. Form, Abmessungen und Materialeigenschaften der Kopfbolzen sind genormt. Sie werden aus St 37-3K oder nichtrostendem Stahl hergestellt. Die Kopfbolzen werden i. a. in der Werkstatt durch Bolzenschweißen mit Hubzündung mit der Stahlplatte verbunden. Das zu befestigende Bauteil wird normalerweise an die einbetonierte Stahlplatte angeschweißt. Alle Schweißarbeiten sind zu überwachen.

Ankerschienen bestehen aus einem kaltverformten oder warmgewalzten, U-förmigen Stahlprofil mit speziellen Verankerungselementen. Sie werden in den Ausführungen walzblank, feuerverzinkt sowie aus nichtrostendem Stahl hergestellt. Um das Eindringen des Betons zu verhindern, wird der Schieneninnenraum z. B. durch Ausschäumen dicht verschlossen.

Nach dem Ausschalen und Entfernen der Dichtung gegen das Eindringen des Betons können die zu befestigenden Bauteile mittels spezieller Haken- oder Hammerkopfschrauben angegeschlossen werden.

Die Rückhängung der Last in den Beton erfolgt im allgemeinen durch aufgeschweißte oder aufgestauchte T- oder I-förmige Anker, neuerdings auch durch eingepreßte Bolzenanker. Es werden auch Ankerschienen angeboten, bei denen die Rückverankerung durch Schlaufen aus Flachstahl erfolgt, die durch den Schienenrücken gesteckt und aufgebogen werden. Diese Verankerung wird jedoch als problematisch angesehen, da die Verbindung zwischen Anker und Schiene nicht formschlüssig ist und deshalb erst nach einem gewissen Schlupf wirksam werden kann. Diese Schienen sind daher nicht bauaufsichtlich zugelassen.

Ein besonderer Vorteil der Ankerschienen gegenüber anderen Einlegeteilen ist, daß Toleranzen in Schienenlängsrichtung ausgeglichen werden können. Nachteilig kann sich hingegen auswirken, daß Lasten nur senkrecht zur Schienenlängsachse aufgebracht werden dürfen. Neuere Schienenformen und Schraubenkopfausbildungen lassen jedoch auch begrenzt Lasten in Schienenlängsrichtung zu.

#### 2.2 Dübel

Der hohe Stand der Bohrtechnik hat wesentlich zur häufigen Anwendung von Dübeln beigetragen. Dies zeigt nicht zuletzt die Vielzahl der auf dem Markt befindlichen Dübelssysteme, die in ihren unterschiedlichen Wirkungsprinzipien und Abmessungen den verschiedensten Anwendungsbedingungen sowie dem Werkstoff des Ankergrundes angepaßt sind.

Allen Dübeln gemeinsam ist die nachträgliche Montage an einer „nahezu beliebigen“ Stelle im Bauteil: Es wird ein Bohrloch erstellt, das Befestigungsmittel hineingesteckt und anschließend verankert. Da das Tragverhalten der meisten Dübelssysteme von der Bohrlochgeometrie abhängt, sollen die Bohrlocher mit Bohrern hergestellt werden, die die in [3] angegebenen Toleranzen einhalten. Solche Bohrer sind i. a. durch eine Prüfmarke gekennzeichnet.

Der entscheidende Vorteil bei der Anwendung von Dübeln liegt darin, daß eine detaillierte Vorplanung nicht erforderlich ist. Außerdem lassen sich bei Bauwerken Nutzungsänderungen relativ schnell und einfach bewerkstelligen. Dazu ist es notwendig, auftretende Lasten zuvor bei der statischen Berechnung zu berücksichtigen.

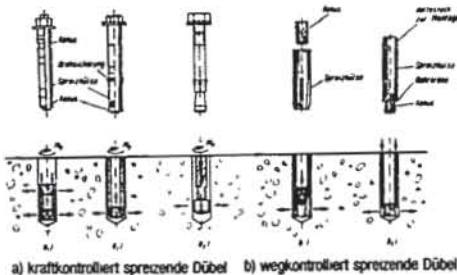
Im konstruktiven Ingenieurbau werden zur Übertragung mittlerer und hoher Lasten Metallspreiz-, Hinterschnitt- und Verbunddübel angewendet. Für gering beanspruchte Befestigungen stehen Kunststoff- und Injektionsdübel sowie Deckenabhängiger zur Verfügung.

#### 2.2.1 Metallspreizdübel

Metallspreizdübel dürfen nur in Beton als Ankergrund eingesetzt werden. Sie lassen sich in kraftkontrolliert spreizende (Abb. 4 a) und wegkontrolliert spreizende Dübel (Abb. 4 b) einteilen.

Kraftkontrolliert spreizende Dübel (Abb. 4 a) werden durch definiertes Anziehen der Schraube oder Mutter verankert. Dabei wird in der Schraube oder im Bolzen eine Vorspannkraft erzeugt und der Konus in die Spreizhülse bzw. in die Spreizsegmente hineingezogen, so daß diese gegen die Bohrlochwand gepreßt werden. Bohrlochtoleranzen können in gewissem Umfang durch unterschiedlich weites Hineinziehen der Konen in die Spreizhülse ausgeglichen werden. Zweikonus-Dübel (Abb. 4 a<sub>1</sub>) bieten gegenüber Dübeln mit nur einem Konus (Abb. 4 a<sub>2</sub>) keine Vorteile.

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 konnte. Daher muß das Anziehen mit



a) kraftkontrolliert spreizende Dübel b) wegkontrolliert spreizende Dübel

Abb. 4: Ausbildung und Funktionsprinzipien von Metallspreizdübeln

Hilfe eines geeichten Drehmomentenschlüssels, keinesfalls aber mit einem normalen Schraubenschlüssel erfolgen.

Kraftkontrolliert spreizende Dübel leiten äußere Zugkräfte vorwiegend über Reibung zwischen Hülse und Bohrlochwand in den Ankergrund ein. Übersteigt die Zuglast die vorhandene Vorspannkraft, wird der Konus weiter in die Hülse bzw. Segmente gezogen. Dadurch werden der Spreizweg vergrößert und die Haltekraft erhöht. Dieser Vorgang wird als Nachspreizen des Dübels bezeichnet.

Die Dübel werden in den Größen M6 bis M20 in galvanisch verzinkter Ausführung (Schichtdicke  $\geq 5 \mu\text{m}$ ) bzw. aus nichtrostendem Stahl geliefert.

Wegkontrolliert spreizende Dübel werden entweder durch Einschlagen des Konus in die Hülse (Abb. 4 b<sub>1</sub>) oder durch Auftreiben der Hülse auf den Konus (Abb. 4 b<sub>2</sub>) um einen definierten Weg verankert. Dübel nach Abb. 4 b<sub>1</sub> leiten äußere Zuglasten vorwiegend durch Reibung, Dübel nach Abb. 4 b<sub>2</sub> zusätzlich durch eine gewisse mechanische Verzahnung in den Ankergrund ein. Sie können nicht nachspreizen.

Die Spreiz- bzw. Spaltkraft ist bei Dübeln nach Abb. 4 b<sub>1</sub> im Gebrauchszustand wesentlich größer als bei kraftkontrolliert spreizenden Dübeln. Daher sind auch die erforderlichen Randabstände größer.

Dübel nach Abb. 4 b<sub>1</sub> sind empfindlich gegenüber Bohrlochtoleranzen. Daher ist die Verwendung von Bohrern, die die in [3] vorgeschriebenen Fertigungstoleranzen einhalten, besonders wichtig. Ferner sind Setzkontrollen durchzuführen. Der Dübel ist dann richtig montiert, wenn der Bund des auf die Dübelgröße abgestimmten Setzwerkzeuges auf der Dübelhülse aufsitzt. Eine ordnungsgemäße Montage ist nur mit Hilfe dieses speziellen Setzwerkzeuges möglich.

Hauptvertreter der Gruppe nach Abb. 4 b<sub>2</sub> ist der Selbstbohrdübel. Die Hülse weist eine Bohrkronen auf und dient im ersten Arbeitsgang als Bohrer. Daher kann die Tragfähigkeit des Dübels nicht durch Bohrlochtoleranzen beeinflusst werden, sie hängt jedoch vom Erreichen des erforderlichen Spreizweges ab. Dieser ist daher durch Messen des Abstandes zwischen Hülse und Konusoberkante zu überprüfen.

Wegkontrolliert spreizende Dübel werden in den Größen M6 bis M20 hergestellt und bestehen aus verzinktem und bei Dübeln nach Abb. 4 b<sub>1</sub> auch aus nichtrostendem Stahl.

### 2.2.2 Hinterschnittdübel

Bei Hinterschnittdübeln wird wie bei Einlegeteilen eine Verzahnung des Dübels mit dem Ankergrund (Beton) angestrebt. Hierfür wird ein zylindrisches Bohrloch an einer vorgegebenen Stelle durch ein spezielles Bohrverfahren um ein definiertes Maß aufgeweitet. Der erforderliche Hinterschnitt wird für Dübel nach Abb. 5 a in einem zweiten Arbeitsgang mit Hilfe eines speziellen Bohrwerkzeuges geschaffen. Beim Montieren klappen die Spreizschalen der Dübel an der Stelle des Hinterschnitts aus und werden

beim Anspannen des Bolzens gegen die Stützfläche gepreßt.

Bei Dübeln nach Abb. 5 b mit geringer Verankerungstiefe wird das hinterschnittene Bohrloch unter Verwendung eines kombinierten Bohr- und Hinterschneidwerkzeuges in einem Arbeitsgang, bei großen Verankerungstiefen in zwei Arbeitsgängen erstellt. Anschließend wird die Spreizhülse mit einem Setzwerkzeug über den Konus in den hinterschnittenen Raum getrieben.

Zum Setzen der Hinterschnittdübel nach Abb. 5 c wird zunächst ein zylindrisches Bohrloch erstellt. Anschließend wird die Spreizhülse mit Hilfe eines Bohrhammers schlagend/drehend über den Konus getrieben, wobei die Schneidstifte an den Spreizschalen den Hinterschnitt erzeugen.

Die Größe der Hinterschneidung beeinflusst bei Dübeln nach Abb. 5 a wesentlich das Tragverhalten. Daher muß dieser mit einem speziellen Bohrgerät erstellt werden. Außerdem ist die Zahl der Umdrehungen bis zum Erreichen des erforderlichen Drehmoments begrenzt, um ein mögliches Abscheren der Hinterschnittkante zu verhindern. Die ordnungsgemäße Verspreizung wird bei Dübeln gemäß Abb. 5 b/5 c durch optische Kontrolle des Hülseüberstandes über die Oberfläche des Ankergrundes bzw. Anbauteiles sichergestellt.

Bei Montage und Belastung werden deutlich geringere Spaltkräfte als bei Metallspreizdübeln erzeugt, so daß geringere Randabstände möglich sind.

Dübel nach Abb. 5 a werden in den Größen M8, M12 und M16 aus verzinktem Stahl geliefert. Dübel nach Abb. 5 b/5 c gibt es in den Größen M6 bis M16. Sie können aus galvanisch verzinktem Stahl oder aus nichtrostendem Stahl bestehen.

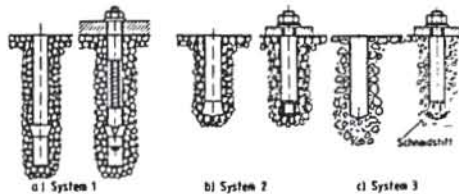


Abb. 5: Hinterschnittdübel

### 2.2.3 Deckenabhängiger

Handelsübliche Deckenabhängiger sind im Prinzip kraft- oder wegkontrolliert spreizende Metallspreizdübel der Größen M6 und M8 mit Verankerungstiefen bis zu 40 mm. Ihre Wirkungsweise wurde bereits in Abschnitt 2.2.1 beschrieben.

Der maximale Spreizweg der Deckenabhängiger ist aufgrund der kleinen Dübelabmessungen vergleichsweise gering. Deshalb ist es besonders wichtig, daß die Bohrörter nur mit Bohrern hergestellt werden, deren Schneideneckmaß innerhalb der vorgeschriebenen Toleranzgrenze liegt [3]. Der ordnungsgemäße Sitz aller Deckenabhängigersysteme ist durch Probekontrolle einer ausreichenden Zahl von Befestigungen zu kontrollieren.

### 2.2.4 Verbunddübel

Verbunddübel bestehen aus einer an der Spitze abgeschragten Gewindestange M8 bis M30 mit Setztiefenmarkierung und einer gläsernen Mörtelpatrone, die Reaktionsharz, Härter sowie Quarzzuschlag in definierter Zusammensetzung enthält.

Nach dem Einführen der Mörtelpatrone in das Bohrloch wird die Gewindestange mit Hilfe eines Bohrhammers unter Schlag-Dreh-Bewegungen bis zur erforderlichen Setztiefe eingetrieben (Abb. 6). Dabei werden die Glaspatrone zerstört, Harz und Zuschlagstoffe durchmischt, verdichtet und der Ringspalt zwischen Gewin-

destange und Bohrlochwand satt ausgefüllt. Die in der Patrone enthaltene Mörtelmenge ist unter Berücksichtigung möglicher Bohrlochtoleranzen so dimensioniert, daß beim Erreichen der erforderlichen Setztiefe am Bohrlochmund Überschußmörtel austritt. Dies ist das Kriterium für eine vollständige Vermörtelung der Gewindestange und dient als Setzkontrolle.

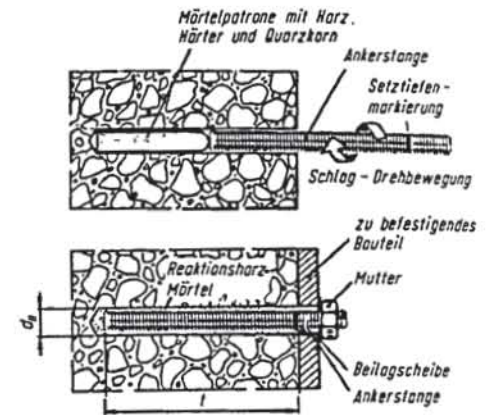


Abb. 6: Verbunddübel, nach [6]

Die Aushärtung des Reaktionsharzes ist von der Temperatur im Ankergrund abhängig. Zwischen dem Setzen und Belasten der Dübel ist deshalb bei Normaltemperatur (10 bis 20 °C) je nach Harzart eine Wartezeit von 20 bis 30 Minuten und bei der minimalen Anwendungstemperatur von -5 °C von mindestens fünf Stunden einzuhalten.

Das Wirkungsprinzip der Verbunddübel beruht auf einer Verklebung der Gewindestange mit der Bohrlochwand, d. h., äußere Lasten werden über Verbund zwischen dem Reaktionsharzmörtel und dem Ankergrund abgetragen. Beim Setzen werden keine Spaltkräfte geweckt; sie entstehen jedoch beim Vorspannen und beim Belasten des Dübels, sind dann allerdings wesentlich geringer als bei Metallspreizdübeln. Daher sind kleinere Randabstände möglich. Verbunddübel sind zugelassen für ungerissenen Beton und sind gegebenenfalls auch für andere Vollbaustoffe mit ausreichender Festigkeit geeignet, nicht jedoch für Loch- und Hohlsteine.

### 2.2.5 Kunststoffdübel

Kunststoffdübel bestehen aus einer Dübelhülse mit Spreitzteil aus polymerem Werkstoff und einer Schraube (Abb. 7 a bis c). Das Spreitzteil der Dübel ist geschlitzt und besitzt Sperrungen zur Sicherung gegen Mitdrehen bei der Montage.

Die Dübelhülse wird durch Eindrehen der Schraube verspreizt. Die Schrauben sind bis zum Rand der Dübelhülse einzudrehen, so daß die Schraubenspitze die Dübelhülse durchdringt. Dabei prägt und schneidet die Schraube

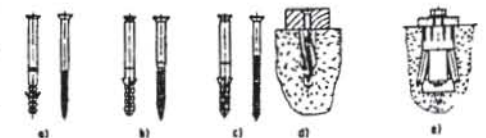


Abb. 7: Kunststoffdübel, nach [1]

sich ein Gewinde in den Kunststoff und preßt gleichzeitig die Hülse an die Bohrlochwand. Einmal eingebaute, z. B. falsch gesetzte und ausgebaute Hülsen dürfen nicht wiederverwendet werden [15].

Die Dübel wirken in Vollmaterial (Normalbeton oder Vollsteine) überwiegend durch Reibung zwischen der Hülse und der Bohrlochwand, da der Kunststoff aufgrund seiner Weichheit nicht in der Lage ist, das Material des Ankergrundes zu verdrängen (Abb. 8 a). Bedingt dadurch reagieren die Dübel empfindlich auf alle Einflüsse, welche den Anpreßdruck vermindern, z. B. zu

große Bohrlöcher. Daher ist die Verwendung von Bohrern, die die Toleranzen nach [3] einhalten, zwingend erforderlich. Ferner ist eine gründliche Bohrlochreinigung unbedingt notwendig.

In Loch- und Hohlsteinen tragen Kunststoffdübel ebenfalls über Reibung und zusätzlich durch geringe Verzahnung der Hülse mit den angebohrten Stegen der Steine (Abb. 8 b). Um den Kontakt mit mehreren Steinstege zu gewährleisten, sind Dübel mit verlängertem Spreizteil zu verwenden. Trotzdem besteht eine gewisse Unsicherheit in bezug auf die Abstimmung zwischen Steinstege und Spreizbereich. In Leichtlochziegeln dürfen die Bohrlöcher nur mit Bohrmaschinen im Drehgang (ohne Schlag- bzw. Hammerwirkung) hergestellt werden, da sonst die Stege durch die hohe Schlagenergie zerstört werden.

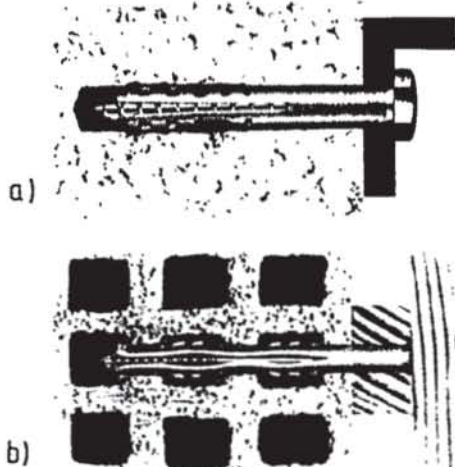


Abb. 8: Befestigung mit Kunststoffdübeln  
a) in Vollstein  
b) in Lochstein

Bei den zur Befestigung von Fassadenbekleidungen bauaufsichtlich zugelassenen Kunststoffdübeln dürfen Dübelhülse und zugehörige Spezialschraube nur als serienmäßig gelieferte Befestigungseinheit verwendet werden. Länge, Durchmesser und Gewinde der mitgelieferten Schraube sind auf die Dübelhülse abgestimmt. Handelsübliche Holzschrauben dürfen wegen ihrer anderen Gewindeform und der relativ großen Abmessungstoleranzen nicht verwendet werden. Ein Kragen am Hülseende verhindert ein Tiefrutschen der Dübelhülse in das Bohrloch. Bei Dübeln für Abstandsmontage ist zusätzlich die erforderliche Verankerungstiefe auf der Hülse markiert. Durch diese Maßnahmen sollen Montagefehler weitgehend ausgeschlossen werden.

In neuerer Zeit werden auch Kunststoffhülsen angeboten, in die beim Setzen ein gegebenenfalls profilierter „Nagel“ eingeschlagen wird. Da das Tragverhalten dieser Dübel jedoch deutlich durch Montageungenauigkeiten beeinflusst wird, sind sie nicht als sicheres System zur Befestigung tragender Konstruktionen anzusehen und deshalb auch nicht bauaufsichtlich zugelassen.

Normale Kunststoffdübel sind für Befestigungen in Gas- und Schaumbeton nicht geeignet. Für diesen Anwendungsfall wurden spezielle Dübel entwickelt und bauaufsichtlich zugelassen. Aufgrund der geringen Festigkeitswerte des Ankergrundes darf das Bohrloch nur im Drehgang erstellt werden, keinesfalls mit eingeschaltetem Schlag- oder Bohrhammerwerk.

Gasbetondübel gemäß Abb. 7 d werden in ein zylindrisches Bohrloch eingeschlagen und durch Eindrehen der Schraube verspreizt. Die spiralförmigen Rippen dienen als Drehsicherung beim Verspreizen sowie zur Lastverteilung auf größere Bereiche des Untergrundes.

Für das System gemäß Abb. 7 e wird mit Hilfe eines Spezialbohrers ein zylindrisches Loch gebohrt und hinterschnitten. Anschließend wird der Dübel eingeführt und durch Anziehen der Mutter verspreizt, wobei sich das Spreizteil an den Hinterschnitt anlegt.

### 2.2.6 Injektionsdübel

Für Befestigungen in weichen Baustoffen, wie z. B. in Gas- und Leichtbeton, sowie in Loch- und Hohlsteinen wurden spezielle Injektionsdübel entwickelt und bauaufsichtlich zugelassen, die für diese Ankergründe besonders geeignet sind (Abb. 9). Der Tragmechanismus der Injektionsdübel beruht auf einem Formschluß mit dem Ankergrund, dessen Zugfestigkeit die Dübeltragfähigkeit bestimmt.

Das System in Abb. 9 a/b besteht aus einer profilierten Dübelhülse mit Innengewinde, einer Kunststoffhülse mit Dichtflansch sowie dem Injektionsmörtel auf Basis eines Schnellzementes. Die Dübelhülse wird bei Befestigungen in Mauerwerk (Abb. 9 a) in ein zylindrisches Bohrloch eingeführt; bei Befestigungen in Gasbeton wird das Bohrloch konisch hinterschnitten (Abb. 9 b). Anschließend wird im Bereich des Gewindes die Kunststoffschutzhülse aufgesetzt und der zuvor angerührte Zementmörtel in die Dübelhülse eingepreßt. Dabei werden im Mauerwerk angeschnittene Hohlräume weitgehend ausgefüllt. Eine dunkle Verfärbung des Dichtflansches am Ende der Hülse ist das Kriterium für ausreichende Verpressung.

Um die erforderliche Mörtelmenge zu minimieren, werden für Befestigungen in Loch- und Hohlsteinen Dübel mit einem über die Hülse gezogenen Polyamidnetz angeboten, das sich beim Einpressen des Injektionsmörtels spannt, den Hohlräumen im Mauerwerk anpaßt und dadurch die Ausbreitung des Mörtels begrenzt (Abb. 9 c).

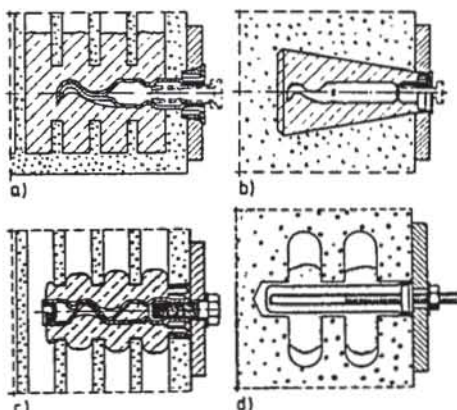


Abb. 9: Injektionsdübel

Das in Abb. 9 d dargestellte Injektionsdübelssystem besteht aus einer Drahhülse, einer Gewindestange mit Mutter und Zentrierung bzw. einer Blechhülse mit Innengewinde sowie dem in Kartuschen angelieferten Injektionsmörtel auf Kunstharzbasis. Die Siebhülse wird so in das Bohrloch gesetzt, daß sie bündig mit dem Verankerungsgrund abschließt, und anschließend Injektionsmörtel eingepreßt, bis die Siebhülse vollständig ausgefüllt ist. In die vermörtelte Siebhülse wird die Gewindestange bis zum Dichtring bzw. die Blechhülse bündig von Hand eingedrückt. Dabei gelangt Injektionsmörtel durch die Maschen der Siebhülse in die angeschnittenen Hohlkammern des Ankergrundes und führt zu einer Verzahnung mit dem Ankergrund.

Bei allen Injektionsdübeln sind bis zum Belasten bestimmte Wartezeiten einzuhalten, in denen der Injektionsmörtel aushärten kann. Systeme auf der Basis von Schnellzementen er-

härten naturgemäß langsamer als solche auf Kunstharzbasis. Die erforderlichen Aushärtezeiten sind abhängig von der Temperatur des Ankergrundes und in den entsprechenden Zulassungsbescheiden festgelegt [14].

### 2.2.7 Dübel für spezielle Anwendungen

Ein Großteil der Dübel wird in der Baupraxis für nicht zulassungspflichtige Anwendungen eingesetzt. Man verwendet dazu Kunststoff-Haushaltsdübel, Nageldübel, Spezialdübel für die Sanitär- und Elektroinstallation, zur Befestigung von Wärmedämmschichten, Fenster- und Türzargen und anderer Elemente des Gebäudeausbaus.

Für Befestigungen in dünnwandigem Ankergrund bzw. in Mauersteinen mit größeren Hohlräumen stehen Hohlraumdübel sowie Kipp- und Klappdübel aus Metall oder Kunststoff zur Verfügung, die die durchbohrte Ankergrundwandung von innen mit Hilfe von Spreizelementen bzw. eines unsymmetrisch an einer Gewindestange drehbar befestigten Tragbalkens hintergreifen. Kipp- und Klappdübel sollten nur auf Zug beansprucht werden.

### 2.3 Setzbolzen

Befestigungssysteme zum Bolzensetzen bestehen aus Bolzensetzgeräten, Kartuschen als Energieträger und Nägel bzw. Bolzen aus hochfestem und gleichzeitig zähem Stahl. Der Bolzenkopf ist mit einem Gewinde versehen.

Das Bolzensetzen ist aufgrund seiner Unabhängigkeit vom Stromnetz sehr flexibel anwendbar. Geeignete Ankergründe zum Bolzensetzen sind Stahl und Beton. Beim Eindringen in den Beton verdrängt der Setzbolzen Material und verdichtet es. An der Bolzenspitze entstehen infolge der großen Eintreibgeschwindigkeit sehr hohe Temperaturen, die den Beton örtlich mit der Stahloberfläche versintern lassen. Wird ein Bewehrungsstab mittig getroffen, so verankern die Setzbolzen im Stahl.

Zuschlagkörner, die unter ungünstigem Winkel getroffen werden, können nicht durchdrungen werden. Der Setzbolzen wird abgelenkt und/oder verbogen. Es kann zu Abplatzungen an der Betonoberfläche kommen, und unter ungünstigen Bedingungen wird keine Verankerungswirkung erzielt [9]. Eine wesentliche Verbesserung der Tragwirkung läßt sich dadurch erzielen, daß entsprechend längere Setzbolzen in vorgebohrte Löcher, die der Führung des Bolzens dienen, gesetzt werden [10].

### 3. Tragverhalten

Jedes der im vorigen Abschnitt beschriebenen Befestigungsmittel hat optimale Einsatzgebiete, während es für bestimmte Anwendungsbereiche weniger geeignet oder sogar ungeeignet sein kann. Voraussetzung für eine sichere Lasteintragung in den Ankergrund ist stets die sachgemäße Montage einer Befestigung. Dazu gehören insbesondere bei Dübeln die Verwendung der vorgeschriebenen Bohrmaschine mit zugehörigem Bohrwerkzeug zur exakten Erstellung des Bohrloches, eine sorgfältige Bohrlochreinigung sowie das Setzen des Dübels mit dem geforderten Setzwerkzeug bzw. das Aufbringen des Drehmoments mit einem geeichten Drehmomentenschlüssel.

Die richtige Wahl eines Befestigungsmittels setzt Kenntnisse über das Tragverhalten der verschiedenen Befestigungssysteme und über die Beschaffenheit des Ankergrundes voraus. Wichtig ist in diesem Zusammenhang u. a. die Dicke nichttragender Putz- und Dämmschichten, da diese nicht auf die Verankerungstiefe angerechnet werden dürfen. Die maximale Tragfähigkeit von Befestigungen ist von der Beanspruchungsrichtung (Abb. 10) abhängig. Die geringste Tragfähigkeit ergibt sich i. a. bei zen-

trischer Zugbeanspruchung. Daher wird nur auf diese Beanspruchung eingegangen.

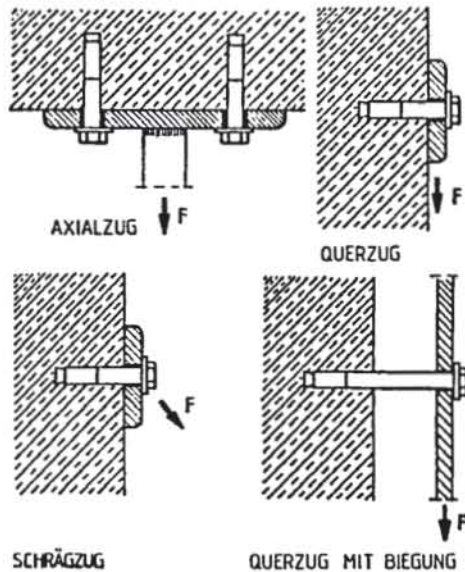


Abb. 10: Beanspruchungsrichtungen bei Befestigungen

### 3.1 Einlegeteile, Metallspreiz- und Hinterschnittdübel

Das Tragverhalten von Ankerschienen wird durch das komplexe Zusammenwirken zwischen Schiene, Anker und Beton unter den verschiedenen Belastungsrichtungen bestimmt. Eine ausführliche Beschreibung enthält [1].

Kopfbolzen, Metallspreiz- und Hinterschnittdübel weisen dagegen trotz unterschiedlicher Verankerungsmechanismen ein vergleichbares Tragverhalten auf und werden daher gemeinsam behandelt.

In Versuchen werden die folgenden Versagensarten beobachtet (Abb. 11):

#### a) Herausziehen

Das Befestigungselement wird aus dem Bohrloch gezogen, wobei der oberflächennahe Beton geschädigt werden kann (Abb. 11 a).

#### b) Betonausbruch

Das Befestigungselement verursacht einen kegelförmigen Betonausbruch (Abb. 11 b<sub>1</sub> und 12), die Zugfestigkeit des Betons wird ausgenutzt. Bei einer Gruppenbefestigung mit geringen Achsabständen zwischen den Befestigungselementen kommt es zu einem gemeinsamen Ausbruchkegel (Abb. 11 b<sub>2</sub> und 13), und bei einer am Bauteilrand angeordneten Befestigung erfolgt ein Kantenbruch (Abb. 11 b<sub>3</sub>).

#### c) Spalten des Betons

Spalten des Betons tritt auf, wenn die Bauteilabmessungen zu gering sind (Abb. 11 c<sub>1</sub>) oder die Befestigungsmittel zu nahe am Rand (Abb. 11 c<sub>2</sub>) bzw. in zu geringem gegenseitigem Achsabstand gesetzt werden (Abb. 11 c<sub>3</sub>). Die Bruchlast ist niedriger als bei Betonausbruch.

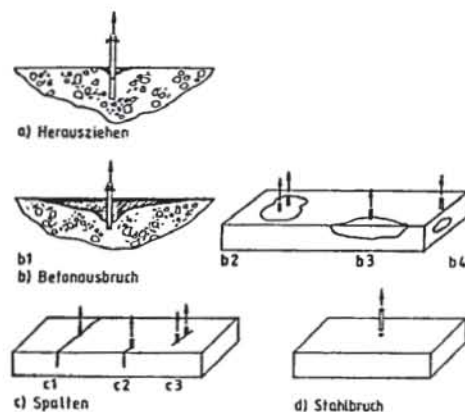


Abb. 11: Versagensarten

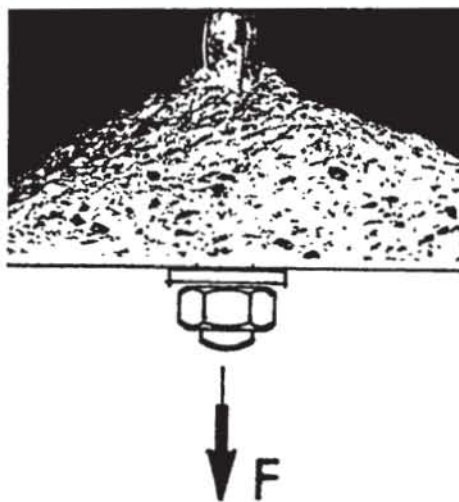


Abb. 12: Betonausbruchkegel eines Dübels

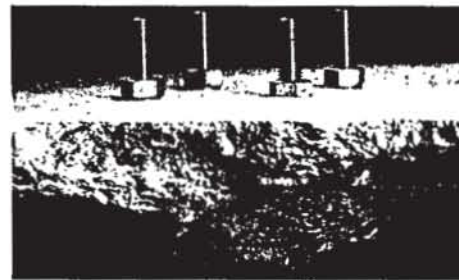


Abb. 13: Gemeinsamer Betonausbruch bei einer Vierfachbefestigung

#### d) Stahlversagen

Das Versagen des Bolzens, der Schraube oder der Hülse (Abb. 11 d) stellt die obere Grenze der Tragfähigkeit der Befestigung dar.

Bei den vom Institut für Bautechnik in Berlin für Anwendungen in der Zugzone zugelassenen Metalldübeln und Kopfbolzen wird das Versagen in der Regel durch Betonausbruch hervorgerufen. Herausziehen tritt aufgrund der Ausbildung der Befestigungselemente i. a. nicht auf. Spalten des Betons wird durch anwendungstechnische Maßnahmen (Mindestwerte für Achs- und Randabstände sowie Bauteilabmessungen) verhindert. Die Betonausbruchlast wird hauptsächlich durch die Parameter Betonzugfestigkeit und Verankerungstiefe des Befestigungsmittels, weniger durch seinen Durchmesser bestimmt. Mit zunehmender Verankerungstiefe wächst die Oberfläche des Ausbruchkegels, über den die Last eingetragen wird, und damit die Höchstlast an. Ist der Abstand der Befestigung zur Bauteilkante so gering, daß sich der Betonausbruchkegel nicht mehr vollständig ausbilden kann (Abb. 11 b<sub>3</sub>), ergibt sich eine Traglastreduzierung. Ist bei einer Gruppenbefestigung der gegenseitige Abstand der Befestigungsmittel so klein, daß es zu einem gemeinsamen Ausbruchkörper kommt (Abb. 11 b<sub>2</sub>), sinkt ebenfalls die Ausbruchlast gegenüber dem maximal möglichen Wert ab. Ein Verfahren zur Berechnung der in diesen Fällen zu erwartenden Bruchlast ist in [1, 5] angegeben.

Risse im Ankergrund beeinflussen die Betonausbruchlast von Befestigungselementen. Diese beträgt bei Einlegeteilen und geeigneten Dübelssystemen, die auch im gerissenen Beton „funktionieren“, im Mittel etwa 60% der Ausbruchlast im ungerissenen Beton [5]. Bei ungeeigneten Systemen kann sie bis nahezu auf Null absinken.

### 3.2 Deckenabhängiger

Deckenabhängiger versagen in der Regel durch Herausziehen aus dem Ankergrund. Aufgrund ihrer geringen Spreizwege wird die Tragfähigkeit deutlich von Bohrlochtoleranzen und der Breite von Rissen im Beton beeinflusst.

### 3.3 Verbunddübel

Verbunddübel weisen prinzipiell dieselben Versagensarten auf wie Metallspreiz- und Hinterschnittdübel. Die Last wird jedoch nicht am Ende der eingemörtelten Gewindestange eingetragen, sondern kontinuierlich über deren Länge. Deshalb ist der Betonausbruchkegel und die Bruchlast von Verbunddübeln bei gleicher Setztiefe geringer als diejenige von Metallspreiz- und Hinterschnittdübeln [7].

Bei der Versagensart Herausziehen wird der Verbund zwischen Kunstharzmörtel und Bohrlochwand auf der gesamten Dübellänge überwunden. Dies kann insbesondere dann der Fall sein, wenn das Bohrloch nicht gereinigt wird, da das an der Wandung verbliebene Bohrmehl die Verbundfestigkeit verringert.

In gerissenem Beton sind Verbunddübel zur sicheren Übertragung von zentrischen Zuglasten nicht geeignet, da der Stoffschluß durch eine Rißöffnung gestört wird und die Verbundfuge aufreißen kann. Versuche zeigten eine starke Abnahme und große Streuung der Bruchlasten mit zunehmender Rißbreite [7]. Veränderliche Rißbreiten, z. B. infolge Belastungsänderung des Bauteils, wirken sich dabei besonders ungünstig aus.

### 3.4 Kunststoffdübel

Die Tragfähigkeit und das Last-Verschiebungsverhalten von Kunststoffdübeln in Beton und Vollsteinen sind weitgehend unabhängig von Art und Festigkeit des Ankergrundes. Die Spreizkräfte reichen in der Regel nicht aus, um einen Ausbruchkörper zu erzeugen, so daß das Versagen durch Herausziehen aus dem Bohrloch erfolgt. In niederfesten Loch- und Hohlsteinen kann es auch zu einem Steinbruch kommen. Maßgebende Parameter für das Tragverhalten sind dann die Ausbildung der Steinstege und Löcher sowie die Lage des Dübels im Stein [15].

Trotz der Kriechneigung des Kunststoffs können die Dübel Lasten auf Dauer sicher in den Ankergrund eintragen, da der Spreizkraftverlust durch Relaxation der Dübelhülse durch eine Zunahme der Reibung zwischen Dübel und Bohrlochwand ausgeglichen wird [8].

Der Einfluß von montagebedingten Toleranzen auf das Tragverhalten kann durch ordnungsgemäße Herstellung des Bohrloches und einwandfreie Montage bauaufsichtlich zugelassener Dübel minimiert werden.

Feuchtigkeit und Temperatur beeinflussen die Höchstlast über die Steifigkeit des Kunststoffes; deshalb darf die Dauertemperatur des Ankergrundes höchstens 40 °C, kurzfristig bis 80 °C, betragen.

Die Haltekraft von Kunststoffdübeln wird sehr stark reduziert, wenn sie in einem Betonriß liegen. Daher sind die heute gebräuchlichen Kunststoffdübel für den Einsatz in gerissenem Beton nicht geeignet.

Das Tragverhalten der bauaufsichtlich zugelassenen Gasbetondübel (Abb. 7 d/e) beruht auf einem Formschluß mit dem Gasbeton, dessen Zugfestigkeit die Dübeltragfähigkeit bestimmt.

### 3.5 Injektionsdübel

Injektionsdübel in Mauerwerk tragen durch mechanische Verzahnung mit den Stegen der Loch- und Hohlsteine. Bei zugbeanspruchten Dübeln kommt es im Versagenszustand zu einem Ausbruch des Ankergrundes, dessen Festigkeit die Bruchlast bestimmt. Werden beim Bohren keine Hohlkammern angeschnitten, z. B. in Vollsteinen oder voll vermörtelten Fugen, dann ist naturgemäß kein Formschluß mehr möglich: Die Last muß über Verbund zwischen Injektionsmörtel und Bohrlochwand abgetragen werden. Im Bohrloch verbliebenes Bohrmehl

mehl ist vor dem Setzen des Dübels auszublenden, um die Ausbildung einer Gleitschicht an der Bohrlochwandung zu verhindern. Bei Injektionsdübeln mit Netz (Abb. 9 c) ist zusätzlich das Aufschlitzen oder -schneiden des Netzes erforderlich, um den Verbund zwischen Mörtel und Ankergrund zu verbessern. Besser ist es jedoch, in diesen Fällen die Dübelversion ohne Netz zu verwenden.

### 3.6 Setzbolzen

Setzbolzen versagen bei Zugbeanspruchung nicht in der Grenzfläche zwischen Stahl und Beton, sondern es entsteht ein Betonausbruchkörper. Die Tragfähigkeit hängt deshalb wesentlich von der Betonfestigkeit und der Eindringtiefe ab.

Die Versagenswerte streuen sehr stark, und es treten Setzausfälle auf [9]. Setzt man die Bolzen in ca. 20 mm tiefe Bohrungen, deren Durchmesser größer als der Bolzendurchmesser sein muß, so werden Setzausfälle sicher vermieden. Gleichzeitig ergibt sich eine Steigerung der mittleren Ausbruchlast bei verringerter Streuung [10].

Werden Setzbolzen von Betonrissen getroffen, so wird der beim Setzen entstehende Druckspannungszustand abgebaut und dadurch die Bruchlast deutlich abgemindert. Setzbolzen reagieren empfindlich auf veränderliche Rißbreiten.

### 4. Dauerhaftigkeit

Die Nutzungsdauer von Bauwerken beträgt in der Regel mehrere Jahrzehnte. Damit stellt sich die Frage nach der Dauerhaftigkeit der Befestigungsmittel. Durch Korrosion kann der Stahlquerschnitt geschwächt und die Funktionsfähigkeit (z. B. Nachspreizen bei kraftkontrolliert spreizenden Dübeln) beeinträchtigt werden. Besonders gefährlich ist ein weitgehend ankündigungloses Versagen der Befestigungsmittel infolge von Spannungsrißkorrosion, die unter extremen Bedingungen, z. B. bei Einwirkung von Chloriden in Schwimmbädern, auch bei sogenannten „nichtrostenden“ Stählen auftreten kann.

Galvanisch verzinkte Dübel und Ankerschienen sind nur in trockenen Innenräumen ausreichend gegen Korrosion geschützt. Sie dürfen für tragende Befestigungen im Freien nicht verwendet werden, da die Zinkschicht abgetragen wird und daher nur einen temporären Korrosionsschutz bietet. Für Anwendungen im Freien sind i. a. Befestigungselemente aus nichtrostendem Stahl (A4) erforderlich. Nur bei Kunststoffdübeln dürfen galvanisch verzinkte Schrauben verwendet werden, wenn der Schraubenkopf z. B. durch Aufsetzen von Kunststoffkappen oder geeignete Anstriche so geschützt wird, daß das Eindringen von Feuchtigkeit in den Dübelenschaft nicht möglich ist.

### 5. Baurechtliche Regelungen und Anwendungsbedingungen

#### 5.1 Allgemeines

Ankerschienen, Kopfbolzen und Dübel sind Erzeugnisse, die im Sinne der Bauordnung noch nicht allgemein gebräuchlich und bewährt sind und nicht hinreichend in Anlehnung an technische Baugestimmungen beurteilt werden können. Sie dürfen daher in bauaufsichtlich relevanten Fällen nur verwendet werden, wenn ihre Brauchbarkeit durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (Institut für Bautechnik, Berlin) oder im Einzelfall durch Zustimmung der obersten Bauaufsichtsbehörden nachgewiesen wird.

Dies gilt für Befestigungen tragender Konstruktionen im baurechtlichen Sinne, deren Versagen „die öffentliche Sicherheit oder Ordnung,

insbesondere Leben und Gesundheit“ (Bundesbaugesetz) gefährdet, z. B. Befestigungen von Fassaden, untergehängten Decken, Geländern und Befestigungen, die für die Standsicherheit und Dauerhaftigkeit des Bauteils selbst erforderlich sind.

Der Anwender kann bei der Vielzahl der angebotenen Befestigungssysteme im allgemeinen von sich aus nicht entscheiden, ob ein bestimmtes Produkt für den vorgesehenen Anwendungsfall geeignet ist oder nicht. Deshalb ist im Rahmen eines Zulassungsverfahrens die Eignung und Funktionsfähigkeit des Befestigungssystems unter normalen und ungünstigen Bedingungen nachzuweisen. In gezielten Versuchen wird unter anderem der Einfluß unvermeidbarer Montageungenauigkeiten und möglicher Imperfektionen (z. B. Bohrlochtoleranzen, mangelhafte Bohrlochreinigung und ungenügende Verspreizung, Anordnung in Bewehrungsnähe) sowie gegebenenfalls von Rissen auf die Tragfähigkeit des Befestigungselementes untersucht und bewertet. Eine möglichst einfache Handhabung des Systems und Montagekontrollen sollen grobe Montagefehler in der Praxis ausschließen.

Zur Zeit gibt es für Befestigungssysteme in der Bundesrepublik Deutschland mehr als 150 Zulassungen, in denen Aufbau, Funktionsweise, Setzdaten und Montagewerkzeug, Werkstoff und Anwendungsbereich der jeweiligen Befestigungsmittel detailliert festgelegt sind. Darüber hinaus sind Maßnahmen zur Qualitätssicherung im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung durch Hersteller bzw. anerkannte Prüfstellen festgeschrieben.

Alle bauaufsichtlichen Zulassungen verlangen, daß Befestigungen ingenieurmäßig zu planen und zu bemessen sind und daß prüfbare Berechnungen und Konstruktionszeichnungen angefertigt werden. Die unmittelbare örtliche Kräfteeinleitung in den Ankergrund kann durch das Zulassungsverfahren als nachgewiesen betrachtet werden. Für die Weiterleitung der über Befestigungen eingetragenen Kräfte zu den Auflagern ist jedoch ein statischer Nachweis zu führen.

Die Anwendungs-, Montage- und Kontrollbedingungen der verschiedenen hier vorgestellten Befestigungssysteme sind in [1, 2] zusammengestellt bzw. im einzelnen den jeweiligen Zulassungsbescheiden [14] zu entnehmen.

#### 5.2 Dübel

Die ersten bauaufsichtlichen Zulassungen für Metallspreiz-, Verbund- und Kunststoffdübel wurden 1975 erteilt. Der Anwendungsbereich „Einzeldübel mit großen Achs- und Randabständen in der aus Lastspannungen erzeugten Druckzone“ entsprach dem damaligen Kenntnisstand, nicht jedoch den Anforderungen der Baupraxis. Nach weiteren Untersuchungen wurden deshalb 1976 Zulassungen für Deckenabhängiger in der Zugzone plattenartiger Bauteile erteilt und 1978 für Zweifachbefestigungen mit Spreizdübeln  $\leq M12$  in der Druckzone. Die ersten Metallspreizdübel für die Zugzone wurden 1979 bauaufsichtlich zugelassen; die zulässige Last war jedoch bei der geforderten Verankerungstiefe ( $h_v \geq 85$  mm) mit  $zul F = 1,5$  kN sehr gering.

Die in den Zulassungsbescheiden festgelegten zulässigen Lasten gelten für alle Beanspruchungsrichtungen und für vorwiegend ruhende Beanspruchung.

##### 5.2.1 Metallspreiz- und Hinterschnittdübel

Seit 1984 ist bei kraftkontrolliert spreizenden Metall- und Hinterschnittdübeln zu unterscheiden zwischen „alter“ und „neuer“ Zulassungsgeneration. Der wesentliche Unterschied besteht in den Anforderungen an den Ankergrund.

Nach alter Zulassung dürfen Dübel in der Regel nur in der „nachgewiesenen“ Druckzone von Beton- und Stahlbetonbauteilen verwendet werden. In jedem Einzelfall ist der Nachweis zu erbringen, daß in Haupttragrichtung des als Ankergrund dienenden Bauteiles auf der Bauteilseite, die der Verankerung zugewandt ist, ständig Druckspannungen wirken. Dabei sind die durch die Befestigung eingeleiteten Lasten zu berücksichtigen. Zusätzlich ist eine von der Höhe der Last abhängige Bauteildicke einzuhalten.

Demgegenüber sind jedoch Verankerungen in der Betonzugzone als Regelfall anzusehen. In der Praxis ist es für den Anwender bzw. Monteur nahezu unmöglich, abzugrenzen, welche Bauteilbereiche in der Druck- oder Zugzone liegen, insbesondere bei unterschiedlichen Lastfällen. Bei der Bemessung von Stahlbetonbauteilen geht man davon aus, daß der Beton in der Zugzone gerissen ist (Zustand II), da er nur eine relativ geringe Zugfestigkeit aufweist, die ganz oder teilweise durch Zwangsspannungen aufgebraucht werden kann. Daher ist auch für die Bemessung von Befestigungen die Annahme sinnvoll, daß in der Regel Risse im Ankergrund vorhanden sind, die, wie Versuche zeigten [11], mit hoher Wahrscheinlichkeit die Befestigungselemente treffen oder tangieren.

Nach umfangreichen Forschungsarbeiten über das Verhalten von Befestigungselementen im Riß wurden 1984 die ersten Zulassungen der „neuen Generation“ für rißtaugliche Hinterschnitt- und kraftkontrolliert spreizende Dübel erteilt (Einzelfestigungen und Dübelgruppen mit zwei und vier Dübeln). Diese Dübel dürfen in der Druck- und Zugzone flächiger und stabförmiger Stahlbetonbauteile eingesetzt werden.

Die zulässigen Lasten sind für alle rißtauglichen Systeme in Abhängigkeit von der Verankerungstiefe klassifiziert (Abb. 14). Weiterhin sind im Interesse der Anwendungssicherheit für gleichartige Dübelssysteme Achs- und Randabstände sowie Mindestbauteildicken als Vielfaches der Nenn-Verankerungstiefe festgelegt. Die Achs- und Randabstände dürfen bis auf minimale Werte reduziert werden, wenn gleichzeitig die zulässige Last nach dem sogenannten Kappa-Verfahren abgemindert wird. Dieses Rechenverfahren ist in den Zulassungsbescheiden ausführlich dargestellt.

zul F [kN]

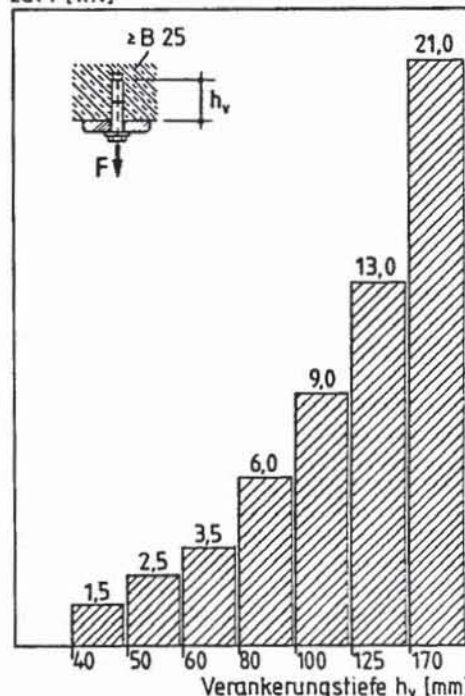


Abb. 14: Lastklassen für Dübel in der Betondruck- und -zugzone („Neue Zulassungsgeneration“)

Die zulässigen Lasten gelten für Befestigungen mit Dübeln der neuen Zulassungsgeneration in gerissenem und ungerissenem Beton mit einer Mindestgüte B 25 ohne gesonderten Nachweis. Wird, wie oben angegeben, nachgewiesen, daß die Dübel in der Druckzone liegen, dann sind höhere Lasten zulässig. Diese stimmen im wesentlichen mit den Festlegungen der alten Zulassungsgeneration überein.

Wegkontrolliert spreizende Dübel sind nur für Anwendungen in der nachgewiesenen Druckzone zugelassen. Geregelt sind Einzelbefestigungen sowie Zweifachbefestigungen mit Dübel  $\leq$  M12.

### 5.2.2 Deckenabhängiger

Zur Befestigung der Unterkonstruktionen leichter Deckenbekleidungen und Unterdecken sowie statisch vergleichbarer Konstruktionen mit einem Flächengewicht von maximal 1,0 kN/m<sup>2</sup> in Stahlbetonplatten sind zahlreiche Systeme auf dem Markt. Sie sind trotz des „unsicheren“ Verhaltens im Riß auch in der Betonzugzone zugelassen. Die zulässigen Lasten sind jedoch relativ gering (0,3 bis 0,8 kN je Dübel). Die zu befestigende Konstruktion muß mit mehreren Dübeln angeschlossen werden (Mehrfachbefestigung), damit bei Ausfall eines Deckenabhängigers eine Lastumlagerung über die Unterkonstruktion auf benachbarte Verankerungspunkte möglich ist (redundantes System) und dadurch das Versagen der Gesamtkonstruktion verhindert wird.

### 5.2.3 Verbunddübel

Verbunddübel sind nur für Befestigungen in der aus Lastspannungen erzeugten Druckzone von Stahlbetonbauteilen zugelassen. Der Nachweis, daß eine Druckzone vorliegt, ist in jedem Einzelfall zu erbringen, und es ist eine von der Höhe der Last abhängige Mindestbauteildicke einzuhalten (vgl. Abschnitt 5.2.1). Die Zulassungsbescheide regeln Einzelbefestigungen und Dübelgruppen mit zwei und vier Dübeln, wobei die Achs- und Randabstände bis auf Mindestwerte verringert werden dürfen bei gleichzeitiger Reduzierung der zulässigen Last nach dem Kappa-Verfahren.

### 5.2.4 Kunststoffdübel

Kunststoffdübel nach Abb. 7 a bis c sind zur Befestigung von Fassadenbekleidungen in überwiegend druckbeanspruchten Wänden und Stützen bauaufsichtlich zugelassen. Die Zulassung erstreckt sich auch auf vergleichbare statische Systeme unter vorwiegend ruhender Belastung, wenn die befestigte Konstruktion eine Lastumlagerung auf mindestens zwei benachbarte Befestigungspunkte ermöglicht. Die zulässigen Lasten sind in Abhängigkeit von Ankergrund, Dübelart und -größe festgelegt. Eine dauernd wirkende zentrische Zugbeanspruchung der Dübel ist nicht zugelassen. Bei Mauerwerk aus Steinen, die nicht in den Zulassungsbescheiden aufgeführt sind, oder bei unbekanntem Ankergrund muß die zulässige Last anhand von Versuchen am Objekt ermittelt werden.

### 5.2.5 Injektionsdübel

Injektionsdübel nach Abb. 9 a dürfen in Hochlochziegeln, Kalksandlochsteinen sowie in Leichtbetonvollsteinen eingesetzt werden. Dübel nach Abb. 9 b sind für Befestigungen in Gas- und Schaumbeton zugelassen. Injektionsdübel nach Abb. 9 c/d dürfen in Hochlochziegeln sowie in Loch- und Hohlblocksteinen angewandt werden. Die zulässigen Lasten richten sich nach dem Ankergrund und nach der Dübelgröße. Die in den Zulassungsbescheiden angegebenen Achs- und Randabstände sowie Mindestbauteildicken dürfen nicht unterschritten werden.

Befestigungen mit Injektionsdübeln in Normalbeton sind nicht zugelassen.

### 5.3 Einlegeteile

Die 1976 erteilten Zulassungsbescheide für Ankerschienen gestatten die Anwendung in der Druck- und Zugzone von Stahlbetonbauteilen. In beiden Fällen werden dieselben zulässigen Lasten (Einzellasten, Lastpaare) in Abhängigkeit von Beanspruchungsrichtung und Profillänge angegeben. Diese wurden lediglich anhand von Versuchen im ungerissenen Beton hergeleitet. Einige Ankerschienen-Profile dürfen auch nicht vorwiegend ruhend beansprucht werden.

Kopfbolzen mit Nennlängen  $h = 50$  bis 175 mm wurden 1983 für Befestigungen in der Druck- und Zugzone zugelassen. Die zulässige Last in der Druckzone ist abhängig von der Beanspruchungsrichtung. Nicht vorwiegend ruhende Belastung ist zulässig, sofern die Spannungsdifferenz im Bolzenschaft 70 N/mm<sup>2</sup> nicht überschreitet. In der Zugzone ist die zulässige Last für alle Nennlängen  $h \geq 75$  mm mit  $z/F = 3,0$  kN niedrig festgelegt.

Die Zulassungsbescheide für Ankerschienen und Kopfbolzen werden derzeit überarbeitet, insbesondere im Hinblick auf zulässige Lasten für den Einsatz in der Betonzugzone.

### 5.4 Setzbolzen

Tragende Setzbolzen-Befestigungen dürfen nach DIN 18 168 [13] für leichte Deckenbekleidungen und Unterdecken mit einem Flächengewicht bis zu 0,5 kN/m<sup>2</sup> verwendet werden. Die in der Norm festgeschriebenen Anwendungsbedingungen berücksichtigen die Montageempfindlichkeit, die starke Streuung der Bruchlasten sowie die Rißeempfindlichkeit von Setzbolzen in Beton.

Die zulässige Last je Setzbolzen beträgt deshalb nach DIN 18 168 nur 0,2 kN. Je Profil oder Latte der Decken-Unterkonstruktion sind mindestens fünf Setzbolzen erforderlich. An jedem Profilende müssen zwei Setzbolzen im Achsabstand 100 bis 150 mm angeordnet sein, so daß eine Lastumlagerung bei Ausfall einzelner Setzbolzen gewährleistet ist und gleichzeitig ein reißeverschleißartiges Versagen der Gesamtkonstruktion ausgeschlossen werden kann.

### 5.5 Weitere Entwicklung der Zulassungen

Zulassungen für Befestigungssysteme, die nicht grundsätzlich für Befestigungen in der Zugzone geeignet sind, gelten nur noch bis zum 31. Dezember 1989. Sie sollen in der jetzigen Form nicht verlängert werden [12]. Es wird angestrebt, für bauaufsichtlich relevante Befestigungen ab 1990 nur noch Systeme zu verwenden, die im Riß sicher funktionieren, wie z. B. Einlegeteile, Hinterschnittdübel und gut konstruierte kraftkontrolliert spreizende Metalldübel [12]. Eine Ausnahme bilden Dübel zur Verankerung leichter Deckenbekleidungen, die aufgrund ihrer speziellen Anwendungsbedingungen unverändert auch nach 1990 in der Zugzone eingesetzt werden dürfen. Die Zulassungen für Kunststoff- und Injektionsdübel sollen ebenfalls unverändert weiterbestehen.

## 6. Zusammenfassung

Die Befestigungstechnik leistet einen selbstverständlichen und unentbehrlichen Beitrag zum wirtschaftlichen Bauen. Eine Vielzahl von Befestigungssystemen gewährleisten bei sachgemäßer Anwendung die sichere Eintragung auch hoher Lasten in Ankergründe aus Beton und Mauerwerk.

Aufgabe des Anwenders ist es, das für den jeweiligen Ankergrund und Verwendungszweck optimale Befestigungselement aus dem breiten Angebot an Kopfbolzen, Ankerschienen, Metallpreis-, Hinterschnitt- und Verbunddübeln,

Deckenabhängern, Setzbolzen, Kunststoff- und Injektionsdübeln auszuwählen und vor-schriftsgemäß zu montieren. Der Informationsfülle von Firmenunterlagen und Zulassungsbescheiden steht häufig ein Wissensdefizit über Funktionsprinzipien, Anwendungsbedingungen und -bereiche sowie richtige Montage gegenüber.

Die Eignung und Funktionsfähigkeit von Einlegeteilen und Dübeln wird in der Regel durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen nachgewiesen, die verbindliche Vorschriften für die Befestigung bauaufsichtlich relevanter, tragender Konstruktionen enthalten. In den Zulassungsbescheiden sind unter anderem Montage- und Kontrollbedingungen, zulässige Lasten, Rand- und Achsabstände festgelegt. Die Abhängung leichter Decken mit Setzbolzen ist in DIN 18 168 geregelt.

Im gerissenen Beton dürfen Zuglasten ausschließlich durch Kopfbolzen, Ankerschienen, Hinterschnittdübel und geeignete nachspreizende Dübel sowie, wenn als Mehrfachbefestigung ausgeführt, durch Deckenabhängiger und Setzbolzen übertragen werden. Demgegenüber ist der Einsatz von Einschlag- und Verbunddübeln nur in der „nachgewiesenen“ Betondruckzone zulässig.

Die vorstehenden Ausführungen erläutern die maßgebenden Kriterien für Auswahl und sachgemäßen Einsatz von Befestigungselementen in Ankergründen aus Mauerwerk und aus ungerissenem bzw. gerissenem Beton. Sie sollen damit zum Verständnis der aktuellen Zulassungsregelungen und der weiteren Entwicklung ab 1990 beitragen.

### Literatur:

- [1] Rehm, G.; Eligehausen, R.; Mallee, R.: Befestigungstechnik. Betonkalender 1988, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, Bd. II, Seite 569–663.
- [2] Latenser, K.; Manleitner, S.: Dübelverankerungen im Mauerwerk. Mauerwerk-Kalender, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1987, Seite 447–470.
- [3] Institut für Bautechnik, Berlin: Merkblatt über Kennwerte zur Gütesicherung von Hammerbohrern mit Schneidplatten aus Hartmetall (Hartmetall-Hammerbohrer), die zur Herstellung der Bohrlöcher von Dübelverbindungen verwendet werden. Juni 1977.
- [4] Smeets, W.: Ankerschienen in der Befestigungstechnik. Vortrag Haus der Technik, Essen, Januar 1986 (nicht veröffentlicht).
- [5] Eligehausen, R.; Fuchs, W.; Mayer, B.: Tragverhalten von Befestigungen unter Zugbeanspruchung. Betonwerk + Fertigteiltechnik, 1987, Heft 12, Seite 826–832; 1988, Heft 1, Seite 29–35.
- [6] Lang, G.: Festigkeitseigenschaften von Verbundanker-Systemen. Bauingenieur, 1979, Seite 41–46.
- [7] Eligehausen, R.; Mallee, R.; Rehm, G.: Befestigungen mit Verbundankern. Betonwerk + Fertigteiltechnik, 1984, Heft 10, Seite 686–692; Heft 11, Seite 781–785; Heft 12, Seite 825–829.
- [8] Ehrenstein, G. W.: Aus Reihenuntersuchungen mit Bauwerksdübeln aus Polyamid. Verbindungstechnik, 1976, Heft 12, Seite 13–14.
- [9] Seghezzi, H. D.: Befestigungsverfahren im Bauwesen mit besonderer Berücksichtigung des Bolzensetzens. Fortschritte im konstruktiven Ingenieurbau, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1984, Seite 285–295.
- [10] Bereiter, R.: Befestigungen mit Setzbolzen. Vortrag Haus der Technik, Essen, Januar 1986.
- [11] Lotze, D.: Untersuchungen zur Frage der Wahrscheinlichkeit, mit der Dübel in Rissen liegen. IWB-Bericht, September 1987 (nicht veröffentlicht).
- [12] Aus der Arbeit des Sachverständigenausschusses „Ankerschienen und Dübel“. Mitteilungen des Instituts für Bautechnik, Berlin, Heft 3/1985.
- [13] DIN 18 168, Teil 1: Leichte Deckenbekleidungen und Unterdecken, Anforderungen für die Ausführung. Ausgabe Oktober 1981.
- [14] Institut für Bautechnik, Berlin: Zulassungsbescheide, veröffentlicht in „Bauaufsichtliche Zulassungen (BAZ)“. Herausgeber: Breitschaft, G., Reuter, F., und Wagner, O., Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- [15] Plank, A.: Bautechnische Einflüsse auf die Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln in Mauerwerk. Baumaschine und Bautechnik, 1977, Seite 406–416.