

Kapitel 6

BEFESTIGUNG

Stand: 01/2018

Prof. Dr.-Ing. Jan Hofmann,
MPA Universität Stuttgart



1. Allgemeines

Die Bedeutung nachträglicher Befestigungen in Kalksandstein-Mauerwerk mit Dübeln nimmt im Bauwesen stetig zu. Die Anwendungen für den Einsatz nachträglicher Befestigungen mit Kunststoffdübeln oder Injektionsdübeln sind sehr vielfältig. Einrichtungsgegenstände wie z.B. Hängeschränke, Regale, Spiegel, Bilder o.Ä. (Bild 1) werden im privaten Bereich in der Regel mit nicht zugelassenen Dübeln befestigt.

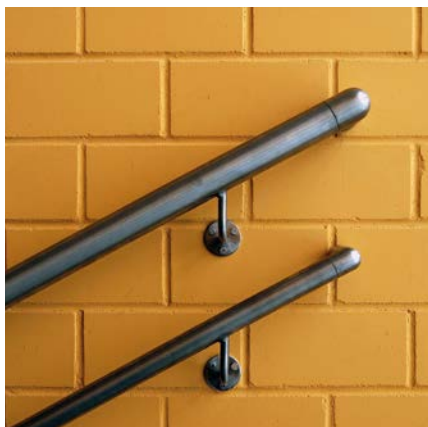


Bild 1 Befestigung von Treppengeländern an KS-Mauerwerk



Bild 2 Innensichtmauerwerk aus Kalksandstein mit befestigten Installationsleitungen

Typische sicherheitsrelevante Anwendungen hingegen sind Fassadenunterkonstruktionen, Vordächer, Markisen, Rohrleitungen (Bild 2), Rolltorführungen, Lüftungskanäle, Kabeltrassen oder abgehängte Decken.

Mauerwerk aus Kalksand-Vollsteinen ist für nachträgliche Befestigungen mit Dübeln in der Regel sehr gut geeignet, da die hohen Druckfestigkeiten der Mauerwerkssteine hohe Haltewerte garantieren. So können Kunststoffdübel aus Polyamid in Kalksand-Vollsteinen unter Zuglast und Querbela-

stung vergleichbare Tragfähigkeiten wie in Normalbeton erreichen.

In Kalksand-Lochsteinen werden wegen der hohen Festigkeit der Steinstege ebenfalls relativ große Traglasten erreicht. In diesen Fällen hängt die Tragfähigkeit jedoch wesentlich von der Anzahl der vom Dübel aktivierten Steinstege sowie der Dicke des Außensteges ab.

In den folgenden Abschnitten werden die für Befestigungen in Kalksandstein geeigneten Dübelssysteme beschrieben, ihre Anwendungsbedingungen zusammengestellt und das Wirkprinzip erklärt.

2. Dübelssysteme

Für nachträgliche Befestigungen an KS-Vollsteinen (Lochanteil < 15 %) oder KS-Lochsteinen (Lochanteil > 15 %) eignen sich Kunststoffdübel und Injektionssysteme mit oder ohne Siebhülse.

Kunststoffdübel werden auch für Verankerungen von Vorsatzschalen bei zweischaligem Mauerwerk eingesetzt [1]. Vorteil von Kunststoffdübeln gegenüber Injektionssystemen ist, dass die Montage relativ einfach ist und keine Wartezeiten für das Aushärten des Mörtels notwendig sind. Vorteil der Injektionssysteme sind die in der Regel höheren Tragfähigkeiten und die Anwendung als Einzelbefestigung.

2.1 Kunststoffdübel

Kunststoffdübel bestehen aus einer Dübelhülse und einer Stahlschraube als Spreizelement. Man unterscheidet zwischen allgemein bauaufsichtlich (abZ) bzw. europäisch technisch zugelassenen (ETA) Dübeln. Die Dübelhülsen bauaufsichtlich zugelassener Kunststoffdübel bestehen meist aus Polyamid (PA). Die vom Hersteller mitgelieferte Schraube bildet zusammen mit der Dübelhülse eine Befestigungseinheit und darf in keinem Fall ausgetauscht werden. Die Länge und Geometrie von Schraube und Kunststoffhülse sind exakt aufeinander abgestimmt, um ein optimales Spreizverhalten bei der Montage zu gewährleisten sowie ein Mitdrehen des Dübels bei der Mon-

tage zu vermeiden. Die Dübelhülse besitzt einen Kragen, der die Soll-Einbaulage gewährleistet und verhindert, dass der Dübel bei der Montage in das Bohrloch hineinrutscht.

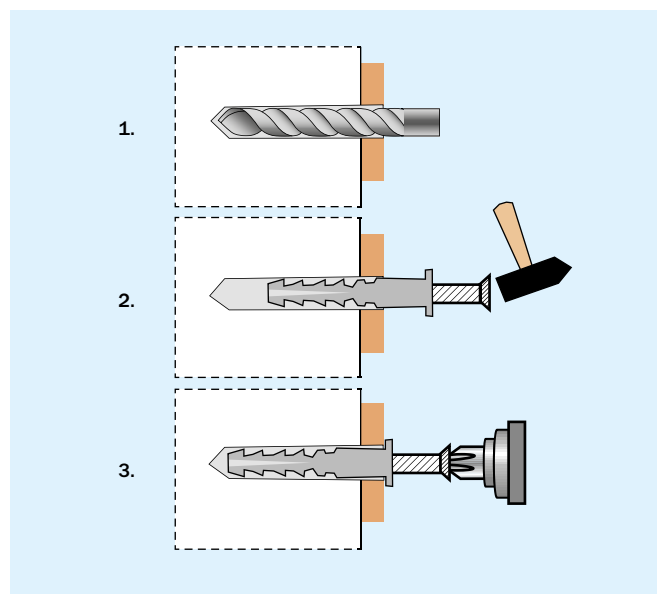


Bild 3 Montage eines Kunststoffdübels

Für die Dübelhülsen nicht bauaufsichtlich zugelassener Kunststoffdübel werden neben Polyamid auch andere Kunststoffe wie z.B. Polypropylen (PP) oder Polyethylen (PE) verwendet. Als Spreizelement können – je nach Herstellerempfehlung – Holzschrauben oder Spanplattenschrauben verwendet werden.

Bild 3 zeigt beispielhaft die Montage eines Kunststoffdübels. Dieser wird in der Regel in Durchsteckmontage gesetzt, d.h. der Dübel wird durch das zu befestigende Bauteil hindurch gesteckt und die Schraube von Hand oder mit Hilfe eines Elektroschraubers eingeschraubt, bis der Schraubenkopf auf dem Bauteil aufliegt.

Beim Eindrehen der Schraube in die Hülse wird der Kunststoff der Dübelhülse verdrängt und gegen die Bohrlochwand gepresst. Der Dübel ist richtig verankert, wenn sich die Dübelhülse nach dem vollständigen Eindrehen der Schraube weder dreht noch ein leichtes Weiterdrehen der Schraube möglich ist. Ein Überdrehen der Schraube ist bei hochwertigen Produkten in der Regel nicht möglich, da in diesem Fall ein sicherer Halt nicht mehr gewährleistet werden kann.

In Vollsteinen werden Zuglasten ausschließlich durch Reibung zwischen Dübelhülse und Bohrlochwand übertragen. In Lochsteinen können Reibungskräfte nur im Bereich der angeschnittenen Stege übertragen werden. Zusätzlich wird ein Teil der aufgebrachten Zuglast durch die mechanische Verzahnung zwischen der Dübelhülse und den durchbohrten Steinstege übertragen.

2.2 Verbunddübel

Injektionsdübel (Verbunddübel) bestehen aus einem Befestigungsteil (Gewindestange oder einer Innengewindehülse) und dem Injektionsmörtel. Der Mörtel wird in der Regel in Kartuschen (Mörtel und Härter) geliefert. Als Bindemittel kommen Kunstharze oder eine Mischung aus Kunstharz und Zement (Hybridsysteme) zur Anwendung.

Für Lochsteine sind Kunststoff- oder Metallsiebhülsen notwendig, um die erforderliche Mörtelmenge in KS-Lochsteinen zu begrenzen, so dass nicht der gesamte Hohlraum mit Mörtel gefüllt werden muss. Bild 4 zeigt beispielhaft die Montage eines Injektionsdübels in einem Vollstein. In der Kartusche sind das Harz und der Härter stets in getrennten Kammern und einem für die jeweilige Mörtelart speziellen Mengenverhältnis enthalten.

Der Mörtel wird mit Hilfe eines Auspressgerätes in das Bohrloch injiziert. Während dieses Vorgangs werden Harz und Härter in einem festen Mischungsverhältnis ausgepresst und in einer Mischwendel (dem so genannten Statikmischer) an der Spitze der Kartusche vollständig miteinander vermischt. Die ersten Hübe beim Auspressen sind daher zu verwerfen, da das vorgegebene Mischungsverhältnis noch nicht eingehalten wird. Der Härter und das Harz vermischen sich in der Mischwendel und härten dort, z.B. während einer Arbeitspause, aus. Die Kartusche kann dann nach Aufsetzen einer neuen Mischwendel weiterverwendet werden, wobei die ersten Hübe beim Auspressen wieder zu verwerfen sind.

Nach dem Injizieren der erforderlichen Mörtelmenge wird das Befestigungsteil (Gewinde- bzw. Verankerungsstange) mit einer leichten Drehbewegung in das Bohrloch eingedrückt. Tritt

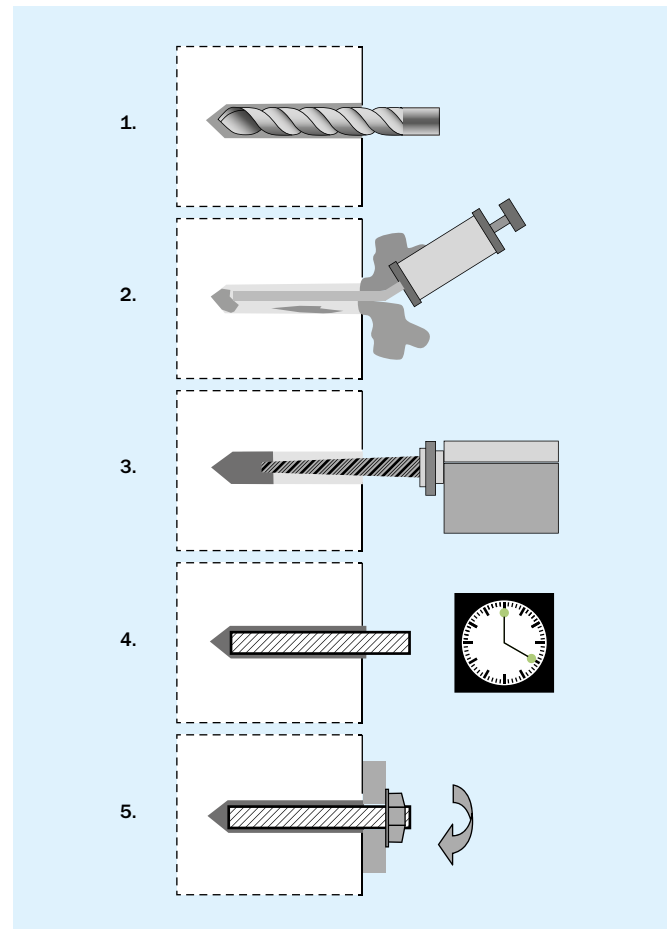


Bild 4 Montage eines Injektionsdübels als Vorsteckmontage

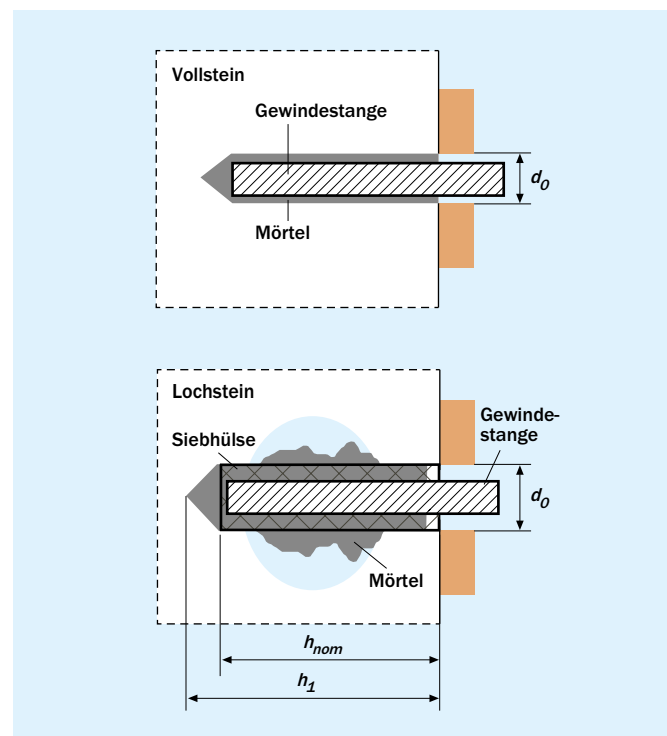


Bild 5 Injektionsdübel in KS-Vollstein und KS-Lochstein

am Bohrlochmund Mörtel aus, so wurde das Bohrloch ausreichend mit Mörtel verfüllt und die Montage korrekt ausgeführt. Die erforderliche Wartezeit bis zum Aufbringen der Last entspricht der angegebenen Aushärtezeit des Injektionsmörtels und ist von der Umgebungs- und Verankerungsgrundtemperatur abhängig. Je höher diese ist, desto kürzer ist in der Regel die Aushärtezeit, aber auch die Verarbeitungszeit, innerhalb der die Verankerung zu montieren ist.

Um in Lochsteinen die Mörtelmenge zu begrenzen, müssen bei zugelassenen Systemen Siebhülsen verwendet werden. Beim Einpressen dringt der Injektionsmörtel durch die Maschen der Siebhülse und passt sich dem Hohlraum im Mauerwerk an. Die Siebhülse bildet mit dem Mörtel und der Ankerstange eine Einheit und darf nicht durch eine andere Siebhülse ausgetauscht werden, da die Maschengröße und Mörtelzähigkeit aufeinander abgestimmt sind. So wird die erforderliche Mörtelmenge auf ein Minimum begrenzt und dennoch eine hohe Tragfähigkeit gewährleistet (Bild 5).

3. Sicherheitsanforderungen

Bei der Beurteilung einer Befestigung spielen Sicherheitsanforderungen eine sehr große Rolle. Grundsätzlich wird zwischen sicherheitsrelevanten und nicht sicherheitsrelevanten Anwendungen unterschieden.

Eine sicherheitsrelevante Anwendung liegt dann vor, wenn beim Versagen der Befestigung Gefahr für Leib und Leben besteht oder wesentliche wirtschaftliche Schäden zu erwarten sind. In solchen Fällen dürfen nur Befestigungen verwendet werden, deren Brauchbarkeit durch eine allgemein bauaufsichtliche Zulassung (abZ) oder eine europäisch technische Bewertung (European Technical Assessment – ETA) nachgewiesen ist. Alternativ kann die Brauchbarkeit auch durch eine Zustimmung im Einzelfall oder Baustellenversuche geregelt werden.

Es ist unumstritten, dass Befestigungen von Fassadenunterkonstruktionen, Verankerungen von Sprinklersystemen oder von abgehängten Decken als sicherheitsrelevant einzustufen sind. Demgegenüber werden Befestigungen von Einrichtungsgegenständen (z.B. Hängeschränke, Regale, Lampen, Bilder) oder von Installationsleitungen (Wasser, Sanitär, Heizung) in Privatgebäuden in der Regel als nicht sicherheitsrelevant angesehen. Allerdings sollte auch hier überprüft werden, ob durch ein Versagen der Befestigung Menschenleben gefährdet sind (z.B. durch das Herabfallen eines Küchenschanks auf ein Kleinkind). Im Zweifelsfall sollten auch für diese Anwendungen zugelassene Dübelssysteme verwendet werden. Ansonsten können solche Verankerungen nach handwerklichen Regeln ausgewählt und eingesetzt werden. Auch wenn hier keine Anforderungen an die Verankerung gestellt werden, sollten die Grundprinzipien, die zugelassenen Dübeln zugrunde liegen, beachtet werden.

Injektionsdübel werden oft in Vorsteckmontage verwendet. Hierbei werden zuerst die Dübel gesetzt und anschließend, nach Ablauf der Aushärtezeit des Injektionsmörtels, das Anbauteil befestigt (Bild 4). Bei größeren Anbauteilen mit mehreren Befestigungspunkten wie z.B. Holzbalken kann dies aufgrund unvermeidlicher Toleranzen problematisch werden. Hier muss dann der Dübel in Durchsteckmontage oder mittels einer Setzschablone montiert werden.

Zugelassene Injektionsdübel, die in Durchsteckmontage verwendet werden können, sind speziell für diese Montageart entwickelt und hinsichtlich unterschiedlicher Anbauteildicken auch bezüglich der Siebhülsenlänge flexibel.

Injektionsdübel tragen in Kalksand-Lochsteinen die Lasten überwiegend durch die mechanische Verzahnung des Mörtels mit dem Mauerwerk in den Untergrund ab (Bild 5). Werden beim Bohren keine Hohlräume angeschnitten, werden die Lasten – wie in Vollsteinen – nur durch die Klebewirkung (den Verbund) zwischen Mörtel und Bohrlochwand in den Mauerwerksverband abgetragen.

Neben den seit vielen Jahren bekannten Zulassungen des Deutschen Instituts für Bautechnik (abZ) sind für Kunststoffdübel und Verbunddübel auch europäische technische Bewertungen (ETA) verfügbar. Im Zuge der europäischen Harmonisierung werden die deutschen Zulassungen (abZ) daher sukzessive durch die europäisch technischen Bewertungen (ETA) ersetzt.

Deutsche Zulassungen und europäische Bewertungen für Kunststoffdübel und Injektionsdübel unterscheiden sich in drei Punkten deutlich:

- im Bemessungskonzept,
- im zulässigen Anwendungsbereich und
- in der Definition des Verankerungsgrundes.

Deutsche Zulassungen beruhen auf dem Bemessungskonzept zulässiger Lasten, d.h., es wird nachgewiesen, dass die zu befestigende Last F nicht größer ist als der zulässige Wert F_{zul} .

Demgegenüber basiert das europäische Konzept auf Teilsicherheitsbeiwerten. Bei diesem ist nachzuweisen, dass der Bemessungswert der Einwirkung E_d geringer ist als der Bemessungswert des Widerstandes R_d .

Das europäische Konzept kann auf das deutsche zurückgeführt werden.

Der im europäischen Nachweis verwendete Bemessungswert der Einwirkungen E_d entspricht der um den Lastteilsicherheitsbeiwert γ_F vergrößerten zu befestigenden Last F . Der Bemessungswert des Widerstandes R_d errechnet sich aus dem charakteristischen Widerstand F_{Rk} des Dübels geteilt durch den Teilsicherheitsbeiwert γ_M für das Material. Damit ergibt sich für

$$\text{Europa: } E_d < R_d \quad (3.1)$$

$$F \cdot \gamma_F < F_{Rk} / \gamma_M \quad (3.2)$$

$$F < F_{Rk} / (\gamma_F \cdot \gamma_M) \quad (3.3)$$

$$\text{Deutschland: } F < F_{Rk} / \gamma_{ges} = \text{zul } F \quad (3.4)$$

Die Werte für F_{Rk} und γ_M sind vom Verankerungsgrund bzw. dem Dübelsystem selbst abhängig und in der technischen Bewertung angegeben. Der Teilsicherheitsbeiwert γ_F hängt von der Art der Belastung ab und beträgt $\gamma_F = 1,35$ für ständige Lasten bzw. $\gamma_F = 1,50$ für veränderliche Lasten.

Weiterhin unterscheiden sich, vor allem bei Kunststoffdübeln, deutsche Zulassungen und europäische Bewertungen in der Definition des Anwendungsbereichs. Nach deutschen Zulassungen ist die Anwendung von Kunststoffdübeln auf Mehrfachbefestigungen von Fassadenbekleidungen beschränkt. In europäischen Bewertungen entfällt zwar die Beschränkung auf Fassadenbekleidungen, allerdings ist die Anwendung nur für so genannte redundante Systeme, also Mehrfachbefestigungen, erlaubt.



Mehrfachbefestigungen liegen definitionsgemäß dann vor, wenn die Last im Falle des Versagens oder aufgrund einer großen Verschiebung der Befestigung durch benachbarte Befestigungen aufgenommen werden kann.

Laut europäischer Definition ist diese Lastumlagerung automatisch und ohne zusätzliche Nachweise gewährleistet, wenn die beiden nachfolgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Das zu befestigende Bauteil wird mit mindestens drei Befestigungspunkten befestigt. (Ein Befestigungspunkt besteht dabei aus mindestens einem Dübel.)
- Der Bemessungswert der Einwirkungen S_d pro Befestigungspunkt muss auf 3 kN begrenzt werden.
- Der verwendete Dübel muss eine Zulassung für Mehrfachbefestigungen besitzen.

Bei einer Vergrößerung der Anzahl der Befestigungspunkte von drei auf vier (oder mehr) darf der Bemessungswert der Einwirkungen vergrößert werden und beträgt maximal 4,5 kN.

INFO

Mauerwerk aus Vollsteinen ist ideal für sicherheitsrelevante Befestigungen.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied zwischen deutschen und europäischen Zulassungen für Kunststoff- und Injektionsdübel liegt in der Definition der Steine. Während deutsche Zulassungen für den Verankerungsgrund auf die jeweilige Norm verweisen, z.B. für KS-Vollsteine und KS-Lochsteine auf DIN 771-2 [2], ist das aus europäischer Sicht nicht mehr ohne Weiteres möglich.

In Europa gibt es eine sehr große Vielfalt an Mauerwerksbaustoffen, Steinformaten und Lochbildern. Da in den europäischen Normen für Mauerwerkslochsteine in der Regel keine detaillierten Angaben über das Lochbild gemacht werden, können keine allgemeinen Angaben zur Tragfähigkeit für z.B. Kalksand-Lochsteine gemacht werden. In den europäischen Bewertungen sind daher alle Voll- und Lochsteine beschrieben, für die der Dübel zugelassen ist. Die angegebenen Werte bei Lochsteinen gelten daher auch nur für die Steine, die in der Zulassung beschrieben und aufgeführt sind. Dies betrifft vor allem die Angaben hinsichtlich des Formats, der Druckfestigkeit und des Lochbildes (d.h. Größe und Verteilung der Hohlräume).

4. Dübel für sicherheitsrelevante Befestigungen

4.1 Kunststoffdübel mit deutscher bauaufsichtlicher Zulassung

In den Tafeln 1 und 2 sind stellvertretend für die Vielzahl zugelassener Kunststoffdübel beispielhafte Montagekennwerte und Lasten zusammengestellt. Die zulässigen Lasten in KS-Lochsteinen gelten nur, wenn die Bohrlöcher im Drehgang ohne Hammerwirkung erstellt werden. Diese Einschränkung hat den Hintergrund, dass beim Bohren mit Hammerwirkung die Stege der Lochsteine auf ihrer Rückseite deutlich stärker ausbrechen können als beim Bohren im Drehgang (Bild 6). Grundsätzlich aber ist das zulässige Bohrverfahren in der europäischen technischen Bewertung angegeben und bei der Montage anzuwenden.

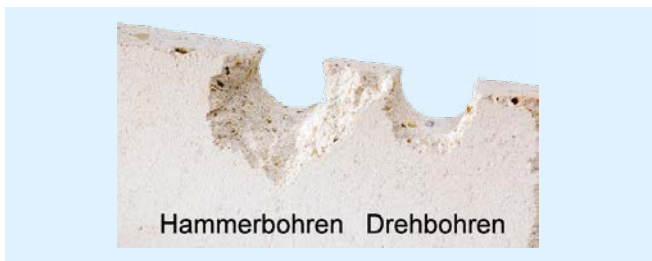


Bild 6 Unterschiedliche Vorschädigung durch Dreh- und Hammerbohren

Der erforderliche Randabstand hängt davon ab, ob eine Auflast vorhanden ist oder nicht. Die notwendige Höhe der erforderlichen Auflast ist in der Zulassung allerdings nicht geregelt. Teilweise kann eine Auflast auch ungünstig wirken. Es sollte daher mindestens der Randabstand eingehalten werden, der sich ohne eine Berücksichtigung der Auflast ergibt. Dieser beträgt bei Dübeln mit einem Durchmesser von $d = 10$ mm zwischen 10 cm und 25 cm.

Neben den Angaben in den Tafeln 1 und 2 verlangt die bauaufsichtliche Zulassung noch die Einhaltung einer Reihe weiterer Bedingungen. Die wichtigsten sind im Folgenden aufgeführt:

- Eine ständig wirkende Zuglast ist nur als Schrägzuglast zulässig, die mit der Dübelachse einen Winkel von mindestens 10° bildet.
- Bei Anwendungen in Lochsteinen darf die Verankerungstiefe nur überschritten werden, wenn der Einfluss des Tiefersetzens auf die zulässige Last durch Versuche am Bauwerk überprüft wird.
- Der Abstand der Dübel zu Stoßfugen muss mindestens 30 mm betragen.

Tafel 1 Typische Kennwerte von Kunststoffdübeln mit allgemein bauaufsichtlicher Zulassung für KS-Vollsteine

Dübel	fischer SXR		Hilti HRD -U		Würth W-UR	
Dübelgröße	8	10	10	14	8	10
Bohrlochdurchmesser d_o [mm]	8	10	10	14	8	10
Bohrlochtiefe h_z [mm]	60	60	80	85	80	80
Verankerungstiefe h_{nom} [mm]	50	50	70	70	70	70
Durchgangsloch im Anbauteil d_f [mm]	8,5	10,5	10,5	14,5	8,5	10,5
Mindestbauteildicke [mm]	115	115	115	115	115	115
Minimaler Achsabstand [mm]	100	100	100	250	100	100
Minimaler Randabstand [mm]	250	250	250	400	250	250
Zulässige Tragfähigkeit [kN]	0,4	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6

Tafel 2 Typische Kennwerte von Kunststoffdübeln mit allgemein bauaufsichtlicher Zulassung für KS-Lochsteine

Dübel	fischer SXR		Hilti HRD		Würth W-UR	
Dübelgröße	8 ¹⁾	10	10	14	8 ¹⁾	10
Bohrlochdurchmesser d_o [mm]	8	10	10	14	8	10
Bohrlochtiefe h_z [mm]	60	60	80	85	80	80
Verankerungstiefe h_{nom} [mm]	50	50	70	70	70	70
Durchgangsloch im Anbauteil d_f [mm]	8,5	10,5	10,5	14,5	8,5	10,5
Mindestbauteildicke [mm]	115	115	115	115	115	115
Minimaler Achsabstand [mm]	100	100	100	250	100	100
Minimaler Randabstand [mm]	250	250	250	400	250	250
Zulässige Tragfähigkeit [kN]	–	0,4	0,4	0,6	–	0,4

¹⁾ Dübel haben keine abZ.

Kann die Lage von Stoßfugen z.B. wegen eines Putzes oder einer Wärmedämmung nicht bestimmt werden, dann ist die zulässige Last der Dübel zu halbieren, sofern keine Lastumlagerung auf mindestens zwei benachbarte Befestigungspunkte möglich ist.

Die zulässigen Biegemomente sowie weitere Detailinformationen zur Anwendung sind den jeweiligen Zulassungsbescheiden zu entnehmen.

4.2 Kunststoffdübel mit europäischer Bewertung (nach ETAG 020 [3])

In den Tafeln 3 und 4 sind die wichtigsten Montagekennwerte und Lasten von typischen Kunststoffdübeln mit europäischer Zulassung beispielhaft genannt.

Die Lastwerte in den Tafeln 3 und 4 gelten für das Bohrverfahren, das in der ETA angegeben ist. Drehbohren, wie in der deutschen Zulassung verlangt, wird nicht mehr zwingend vorgeschrieben.

Außerdem werden in der europäischen Zulassung erstmals Temperaturbereiche für die Anwendung angegeben. Der geringere Wert entspricht der langfristig im Mittel erlaubten und ertragbaren Temperatur, der höhere Wert darf auch kurzzeitig nicht überschritten werden.

Nach europäisch technischen Bewertungen sind auch ständig wirkende Zuglasten erlaubt. Im Vergleich zu den Dübeln nach deutscher Zulassung wurden die Dübel mit einer gültigen ETA unter zentrischen Dauerlasten und erhöhten Temperaturen geprüft und bewertet.

Neben den Angaben in den Tafeln 3 und 4 verlangt die Zulassung noch die Einhaltung einer Reihe weiterer Bedingungen. Die wichtigsten sind im Folgenden aufgeführt:

- Der Mörtel des Mauerwerks muss mindestens der Mörtelklasse M 2,5 nach DIN EN 998-2 bzw. Mörtelgruppe II nach DIN V 18580 entsprechen.
- Die Werte für KS-Vollsteine gelten für die in der Zulassung angegebenen Formate und Druckfestigkeiten sowie für alle größeren Formate und/oder Druckfestigkeiten.
- Die Werte für KS-Lochsteine gelten nur für die Formate und Lochbilder, die in der Zulassung beschrieben sind.
- Bei abweichenden Formaten und/oder Lochbildern sowie bei geringeren Druckfestigkeiten und/oder Rohdichten dürfen Versuche am Bauwerk durchgeführt werden.
- Bei Anwendungen in KS-Lochsteinen muss die in Tafel 4 angegebene Verankerungstiefe eingehalten werden. Ist das nicht möglich, dürfen ebenfalls Versuche am Bauwerk durchgeführt werden.
- Bei Mauerwerk ohne Vermörtelung der Stoßfugen ist der Bemessungswert der Tragfähigkeit $F_{Rd} = F_{Rk} / \gamma_M$ auf 2,0 kN zu begrenzen, um ein Herausziehen des Steins aus dem Mauerwerksverband zu verhindern. Auf diese Begrenzung darf verzichtet werden, wenn Mauersteine mit Nut-Feder-System verwendet werden oder das Mauerwerk mit Stoßfugenvermörtelung ausgeführt wird.
- Sind die Mauerwerksfugen nicht sichtbar, z.B. bei verputztem Mauerwerk, ist die charakteristische Tragfähigkeit F_{Rk} nach Tafel 3 und 4 zu halbieren.

Tafel 3 Typische Kennwerte von Kunststoffdübeln mit europäisch technischer Zulassung für KS-Vollsteine

Dübel	fischer SXR		Hilti HRD		Würth W-UR		TOX SDF	Sormat S-UP
	ETA-07/0121		ETA-07/0219		ETA-08/0190		ETA-11/0100	ETA-12/0003
Dübelgröße	8	10	8	10	8	10	10	10
Bohrlochdurchmesser d_o [mm]	8	10	8	10	8	10	10	10
Bohrlochtiefe h_1 [mm]	60	60	60	60/80	80	80	80	80
Verankerungstiefe h_{nom} [mm]	50	50	50	50/70	70	70	70	70
Durchgangsloch im Anbauteil d_f [mm]	8,5	10,5	8,5	11	8,5	10,5	10,5	10,5
Mindestbauteildicke [mm]	100	100	115	115	175	175	100	240
Minimaler Randabstand KS-Vollsteine [mm]	100	100	100	100	50	50	100	200
Minimaler Abstand zwischen Dübelgruppen senkrecht zum Rand [mm]	100	100	200	200	100	100	100	80
Minimaler Abstand zwischen Dübelgruppen parallel zum Rand [mm]	100	100	400	400	100	100	100	80
Temperaturbereich	50 °C/80 °C		50 °C/80 °C		50 °C/80 °C		50 °C/80 °C	50 °C/80 °C
Mindeststeinfestigkeit [N/mm ²]	10	20	10	20	10	20	10	12
Mindestabmessungen der Steine	240 x 115 x 71		240 x 115 x 113		248 x 175 x 498		240 x 115 x 71	240 x 115 x 71
Charakteristische Tragfähigkeit [kN]	2,0	2,5	2	3	1,5	3,5	1,5	6,0

Tafel 4 Beispiele für Kennwerte von Kunststoffdübeln mit europäisch technischer Zulassung für KS-Lochsteine

Dübel	fischer SXR ETA-07/0121		Hilti HRD ETA-07/0219		Würth W-UR ETA-08/0190		TOX SDF ETA-11/0100	Sormat S-UP ETA-12/0003
	8	10	8	10	8	10		
Dübelgröße	8	10	8	10	8	10	10	10
Bohrlochdurchmesser d_o [mm]	8	10	8	10	8	10	10	10
Bohrlochtiefe h_z [mm]	60	60	60	60/80	60	80	80	80
Verankerungstiefe h_{nom} [mm]	50	50	50	50/70	70	70	70	70
Durchgangsloch im Anbauteil d_f [mm]	8,5	10,5	8,5	11	8,5	10,5	10,5	10,5
Mindestbauteildicke [mm]	100	100	110	115	115	115	100	240
Minimaler Randabstand [mm]	100	100	100	100	100	100	100	100
Minimaler Abstand zwischen Dübelgruppen senkrecht zum Rand [mm]	100	100	200	200	100	100	100	80
Minimaler Abstand zwischen Dübelgruppen parallel zum Rand [mm]	100	100	400	400	100	100	100	80
Temperaturbereich	50 °C/80 °C		50 °C/80 °C		50 °C/80 °C		50 °C/80 °C	50 °C/80 °C
Steinbild								
Minimale Außenstegdicke [mm]	24		20		16		32	21,5
Steifigkeit [N/mm ²]	8	12	12	-	6	16	8/10/12	12
Charakteristische Tragfähigkeit [kN]	0,5	2	0,75	-	0,5/1,2	2,5	1,5/2,0/2,5	2,5
Steinbild								-
Minimale Außenstegdicke [mm]	23,5		23		16		20	-
Steifigkeit [N/mm ²]	6	6	12	16	8	16	6/8/12/16	-
Charakteristische Tragfähigkeit [kN]	1,2	1,5	1,5	2,5	0,6	1,5	0,6/0,9/1,2/1,5	-

INFO

Die Werte für KS-Vollsteine gelten für die in der Zulassung angegebenen Formate und Druckfestigkeiten sowie für alle größeren Formate und/oder Druckfestigkeiten. Die Werte für KS-Lochsteine gelten nur für die Formate und Lochbilder, die in der Zulassung beschrieben sind.

Sind die Fugen zwar sichtbar, aber das Mauerwerk ist ohne Stoßfugenvermörtelung erstellt, dann darf die charakteristische Tragfähigkeit F_{Rk} nur angesetzt werden, wenn der Mindestrandabstand gemäß den Tafeln 3 und 4 auch zu den Stoßfugen eingehalten wird. Ist das nicht der Fall, muss die charakteristische Tragfähigkeit ebenfalls halbiert werden.

Die zulässigen Biegemomente sowie weitere Detailinformationen zur Anwendung sind den jeweiligen Zulassungsbescheiden zu entnehmen.

**4.3 Injektionsdübel mit deutscher bauaufsichtlicher Zulassung**

Im Gegensatz zu Kunststoffdübeln dürfen Injektionsdübel in Kalksandsteinen als Einzelbefestigungen verwendet werden. Das bedeutet, dass die gesamte Last mit nur einem Dübel oder einer Dübelgruppe in den Ankergrund eingeleitet werden darf.

In den Tafeln 5 und 6 sind die wichtigsten Montagekennwerte und Lasten für Injektionsdübel in Kalksand-Vollsteinen bzw. Kalksand-Lochsteinen gemäß deutscher Zulassung (abZ) zusammengefasst. Wie bei Kunststoffdübeln hängt der erforderliche Randabstand auch bei Injektionsdübeln davon ab, ob eine Auflast vorhanden ist. Es gelten entsprechend die Ausführungen für Kunststoffdübel.

Weiterhin dürfen die geringen Randabstände nur dann angesetzt werden, wenn keine Querlast in Richtung des freien Mauerwerkrandes wirkt. Diese Einschränkung ist notwendig, da die Tragfähigkeit von Mauerwerksrändern bei einer Belastung in Richtung des freien Randes relativ gering ist. Üblicherweise versagen die Befestigungen durch Ausbrechen der randnahen Steinreihe. Erst bei größeren Randabständen wird dies aufgrund des zusätzlichen Gewichts der Steine verhindert. Übliche Randabstände liegen je nach Dübelgröße und Steinfestigkeit zwischen 10 cm und 25 cm.

Neben den Angaben in den Tafeln 5 und 6 verlangt die deutsche Zulassung noch die Einhaltung einer Reihe weiterer Bedingungen. Die wichtigsten sind im Folgenden aufgeführt:

- Die maximale Last, die durch Einzeldübel oder eine Dübelgruppe in einen Stein eingeleitet werden darf, ist begrenzt. Dadurch soll verhindert werden, dass der belastete Stein als Ganzes aus dem Mauerwerksverband herausgezogen wird.
- Die Temperatur im Bereich der Vermörtelung darf in der Regel 50° C langfristig bzw. 80° C kurzfristig nicht überschreiten.
- Bis zur Lastaufbringung sind produktabhängige Wartezeiten einzuhalten, die von der Temperatur im Ankergrund und vom Mörtelsystem abhängen.
- Die Tragfähigkeit von Injektionsdübeln ist an jeweils 3 % der in ein Bauteil gesetzten Dübel – mindestens jedoch an zwei Dübeln je Größe – durch eine Probelastung zu kontrollieren. Die Kontrolle gilt als bestanden, wenn unter der Probelastung bis zum 1,3-fachen der zulässigen Last keine sichtbare Verschiebung auftritt.

Die zulässigen Biegemomente sowie weitere Detailinformationen zur Anwendung sind den jeweiligen Zulassungsbescheiden zu entnehmen.

Tafel 5 Typische Kennwerte von Verbunddübeln mit allgemein bauaufsichtlicher Zulassung für KS-Vollsteine

Dübel	fischer FIS A		Hilti HY 70		Würth WIT AS	
	M10	M12	M8	M10	M8	M12
Dübelgröße						
Bohrlochdurchmesser d_o [mm]	12	14	10	12	10	14
Bohrlochtiefe h_1 [mm]	80	80	85	85	100	100
Verankerungstiefe h_{nom} [mm]	75	75	80	80	93	93
Durchgangsloch im Anbauteil d_f [mm]	12	14	9	12	9	14
Mindestbauteildicke	110	110	110	110	110	100
Minimaler Einzeldübelabstand [mm]	250	250	250	250	250	250
Minimaler Achsabstand Dübelgruppe s [mm]	100	100	100	100	100	100
Minimaler Randabstand c_{min} [mm]	250	250	200	200	250	250
Steifigkeit [N/mm ²]	12	12	12	12	12	12
Zulässige Tragfähigkeit [kN]	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7

Tafel 6 Typische Kennwerte von Verbunddübeln mit allgemein bauaufsichtlicher Zulassung für KS-Lochsteine

Dübel	fischer FIS HK		Hilti HY 70		Würth WIT SH	
	HK 12	HK 16	M8	M10	M8	M12
Dübelgröße						
Bohrlochdurchmesser d_o [mm]	12	16	16	18	18	18
Bohrlochtiefe h_1 [mm]	55	90	95	95	100	100
Verankerungstiefe h_{nom} [mm]	50	85	80	80	93	93
Durchgangsloch im Anbauteil d_f [mm]	7	9	9	12	9	14
Mindestbauteildicke	90	110	110	110	110	100
Minimaler Einzeldübelabstand [mm]	250	250	250	250	250	250
Minimaler Achsabstand Dübelgruppe s [mm]	100	100	100	100	100	100
Minimaler Randabstand c_{min} [mm]	200	200	200	200	200	200
Steifigkeit [N/mm ²]	12	12	12	12	12	12
Zulässige Tragfähigkeit [kN]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

4.4 Injektionsdübel mit europäischer Bewertung (nach ETAG 029 bzw. EAD 330076 [4, 5])

In den Tafeln 7 und 8 sind die wichtigsten Montagekennwerte und Lasten von Injektionsdübeln mit europäisch technischer Bewertung zusammengestellt.

Die Lasten gelten für das in der ETA angegebene Bohrverfahren. Wird vom angegebenen Bohrverfahren abgewichen, können Versuche am Bauwerk durchgeführt werden, um die den charakteristischen Widerstand F_{Rk} zu ermitteln. Die maximale Einwirkung auf einen Einzeldübel oder eine Dübelgruppe wird durch die Ermittlung der maßgebenden Versagensart bestimmt. Diejenige Versagensart, die den geringsten charakteristischen Widerstand aufweist, wird für die Bemessung maßgebend. In den europäisch technischen Bewertungen sind jeweils die zulässigen Temperaturbereiche angegeben. Auch die vorgeschriebene Probelastung von 3 % der verbauten Dübel entfällt, da die Anwendung nur noch in Voll- und Lochsteine zugelassen ist, die in der ETA aufgeführt sind. Diese Vorgehensweise ist analog zu der bei Kunststoffdübel mit europäisch technischer Zulassung.

Neben den Angaben in den Tafeln 7 und 8 verlangt die ETA noch die Einhaltung einer Reihe weiterer Bedingungen. Die wichtigsten sind im Folgenden aufgeführt:

- Der Mörtel des Mauerwerks muss mindestens der Mörtelklasse M 2,5 nach DIN EN 998-2 bzw. Mörtelgruppe II nach DIN V 18580 entsprechen.
- Die Werte für KS-Vollsteine gelten für Format und Druckfestigkeit, wie in der Zulassung angegeben, sowie für alle größeren Formate und/oder Druckfestigkeiten.
- Die Werte für KS-Lochsteine gelten nur für Format, Druckfestigkeit und Lochbilder, die in der Zulassung beschrieben sind.
- Bei abweichenden Formaten und/oder Lochbildern sowie bei geringeren Druckfestigkeiten und/oder Rohdichten dürfen Versuche am Bauwerk durchgeführt werden.
- Der Gewindedurchmesser der Ankerstange muss mindestens 6 mm betragen.
- Die Verankerungstiefe muss mindestens 50 mm betragen.
- Das KS-Mauerwerk muss mindestens 100 mm dick sein.

Tafel 7 Typische Kennwerte von Verbunddübeln mit europäisch technischer Zulassung für KS-Vollsteine

Dübel	fischer FIS V ETA-10/0383	Chemofast STVK ETA-12/0259	Mungo MIT-SE ETA-12/0544	Hilti HIT HY 170 ETA-15/0197
Dübelgröße	M10/M12	M10/M12	M10/M12	M8/M10 /M12
Siebhülse	nein	nein	nein	nein
Bohrlochdurchmesser d_o [mm]	12/14	12	12	10/12/14
Bohrlochtiefe h_1 [mm]	50–100	95	95	80
Verankerungstiefe $h_{nom,min}$ [mm]	50	90	90	80
Verankerungstiefe $h_{nom,max}$ [mm]	100	90	90	80
Durchgangsloch im Anbauteil d_f [mm] (Durchsteckmontage)	14/16	k.A.	k.A.	k.A.
Durchgangsloch im Anbauteil d_f [mm] (Vorsteckmontage)	12/14	12/14	12/14	9/12/14
Installationsdrehmoment T_{inst} [Nm]	4	2	2	5/8/10
Mindestbauteildicke [mm]	siehe Stein	115	115	115
Minimaler Achsabstand [mm]	80	50	50	240 ¹⁾ /115
Minimaler Randabstand [mm]	100	50	50	115
Minimaler Abstand zwischen Dübelgruppen [mm]	240	200	200	240 ¹⁾ /115
Gruppenfaktor	–	–	–	2,0
Temperaturbereich	72 °C/120 °C	50 °C/80 °C	50 °C/80 °C	50 °C/80 °C
Steinfestigkeit [N/mm ²]	10	12	12	12
Steinbezeichnung	KS nach DIN EN 771-2 240 x 115 x 71	KS nach DIN EN 771-2 240 x 115 x 71	KS nach DIN EN 771-2 240 x 115 x 71	KS nach DIN EN 771-2 240 x 115 x 113
Charakteristische Tragfähigkeit [kN]	1,2 / 1,5	4,0	4,0	4,0

¹⁾ In Richtung der Lagerfuge

Der Fugeneinfluss ist wie folgt zu berücksichtigen:

Sind die Fugen des Mauerwerks nicht sichtbar (z.B. verputzte Wand), sind die charakteristischen Tragfähigkeiten auf 75 % abzumindern. Sind die Fugen des Mauerwerks sichtbar (z.B. bei einer unverputzten Wand) dürfen die in der Zulassung angegebenen charakteristischen Tragfähigkeiten verwendet werden, wenn:

- die Stoßfugen vermörtelt sind oder
- der minimale Randabstand c_{min} zu den Stoßfugen eingehalten wird.

In allen anderen Fällen ist die Tragfähigkeit ebenfalls auf 75 % zu reduzieren.

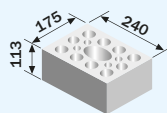
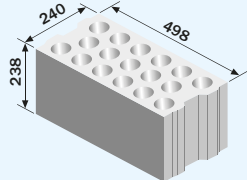
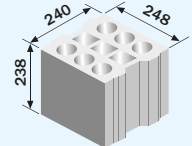
Die zulässigen Biegemomente, sowie weitere Detailinformationen zur Anwendung, sind den jeweiligen Zulassungsbescheiden zu entnehmen.

4.5 Mörtelankersysteme

Nach DIN 18516 Teil 3 dürfen bei Fassaden aus Naturwerkstein auch eingemörtelte Verankerungen verwendet werden. Die erforderliche Dicke der tragenden KS Außenwand muss mindestens 24 cm bzw. mindestens die 1,5-fache Einbindetiefe des Mörtelankers betragen. Die Steindruckfestigkeitsklasse der Steine der Tragschale (Voll- oder Lochsteine) beträgt mindestens 12. Die Ankerabstände müssen weiterhin größer als 300 mm und das Mauerwerk muss mit der Mörtelgruppe II ausgeführt sein. Nach einem Gutachten von Professor Kirtschig ([6], 7/93) kann von dem in DIN 18516 Teil 3 angegebenen Format (maximal 2 DF) abgewichen werden, wenn das Mauerwerk mit Stoßfugenvermörtelung ausgeführt und nur ein Mörtelanker je Stein gesetzt wird. Dies gilt sowohl für KS-R-Blocksteine als auch für KS -R-Loch- und Hohlblocksteine.

Die Ausführung von Fassadenbekleidungen aus Natursteinplatten setzt eine fachgerechte Planung voraus. Jede Platte wird im Regelfall an vier Punkten befestigt. Vor dem Bohren der Ankerlöcher ist die Wärmedämmung auszuschneiden, nach dem Einmörteln der Anker das ausgeschnittene Stück wieder einzukleben. Die Vermörtelung der Anker ist mit Mörtel MG III vorzunehmen.

Tafel 8 Typische Kennwerte von Verbunddübeln mit europäisch technischer Zulassung für KS-Lochsteine

Dübel	fischer FIS V ETA-10/0383	Apollo MEA Resifix VY ETA-15/0320	Hilti HIT HY 170 ETA-15/0197
Dübelgröße	16/20	M8/M10/M12	M8/M10/M12
Siebhülse	ja	ja	ja
Bohrlochdurchmesser d_o [mm]	16/20	10/12/12	16/18/22
Bohrlochtiefe h_z [mm]	95/130	85/95/95	95
Verankerungstiefe h_{nom} [mm]	85/130	80/90/90	80
Durchgangsloch im Anbauteil d_f [mm] (Vorsteckmontage)	12/14	9/12/14	9/12/14
Installationsdrehmoment T_{inst} [Nm]	4	2	3/4/6
Mindestbauteildicke [mm]	siehe Stein	siehe Stein	240
Minimaler Achsabstand [mm]	80	498	248
Minimaler Randabstand [mm]	100/120	100	125
Minimaler Abstand zwischen Dübelgruppen [mm]	240	498	248
Gruppenfaktor	–	–	2,0
Temperaturbereich	72 °C/120 °C	50 °C/80 °C	50 °C/80 °C
Steinbild mit Mindestabmessungen			
Steinfestigkeit [N/mm ²]	12/20	12	12/20
Minimale Außenstegdicke [mm]	12	18	20
Charakteristische Tragfähigkeit [kN]	2,0/4,0	3,0	2,5/3,5

5. Bemessung von Dübeln in Kalksandsteinen

5.1 Zugbelastung

5.1.1 Herausziehen / Steinversagen

Die charakteristische Tragfähigkeit bei Steinausbruch oder Herausziehen eines Dübels ist stark vom Dübeltyp abhängig. Zudem variiert diese abhängig von der Steifigkeit und der Stegdicke des Kalksand-Voll- bzw. Kalksand-Lochsteins. Daher kann diese Versagensart nicht ohne Weiteres berechnet werden. In [7] sind die Grundlagen für eine überschlägige Berechnung gegeben. Der Wert ist aber in jedem Fall der ETA zu entnehmen. Nach den Ausführungen in [8] hat die Höhe der Auflast keinen wesentlichen Einfluss auf die Herausziehlasten.

5.1.2 Stahlversagen

Grundsätzlich hängt die Tragfähigkeit nur vom Querschnitt der Gewindestange bzw. der Schraube sowie von der Stahlfestigkeit dieser ab. Die charakteristische Tragfähigkeit kann dann wie folgt berechnet werden:

$$N_{Rk,s} = f_{uk} \cdot A_s \quad (5.1)$$

Der Wert f_{uk} ist dabei die nominelle Stahlzugfestigkeit und A_s der minimale maßgebende Stahlquerschnitt unter Zugbelastung.

Da bei Schrauben, die in Kunststoffdübeln verwendet werden, der maßgebende Querschnitt nicht immer einfach zu ermitteln ist, wird die Tragfähigkeit ebenfalls in Versuchen ermittelt und in der ETA angegeben.

5.1.3 Herausziehen eines KS-Steins

Die Herausziehlast eines Steins hängt von der zur Verfügung stehenden Scherfläche ab. Damit ist der charakteristische Widerstand vom Steinformat abhängig und davon, ob die Stoßfugen vermörtelt sind oder nicht. Sind diese nicht vermörtelt, können nur die Lagerfugenflächen für A_{Scher} angesetzt werden. Die Tragfähigkeit berechnet sich wie folgt:

$$N_{Rk,SA} = f_{vk} \cdot A_{Scher} \quad (5.2)$$

Der Wert f_{vk} ist dabei die charakteristische Schubfestigkeit in den Mauerwerksfugen. Für Kalksandsteine kann ein Wert zwischen 0,10 und 0,15 N/mm² angenommen werden. Bei einer mechanischen Verzahnung der Steine kann der Wert allerdings deutlich höher liegen. Vor allem bei kleinformatigen Steinen.

5.1.4 Einfluss des Randes bei Steinversagen

Der Einfluss des Randes hängt von der Verankerungstiefe ab. Bei KS-Vollsteinen kann davon ausgegangen werden, dass die Last mit einem Randabstand geringer als $1,5h_{ef}$ abnimmt. Die in der Zulassung angegebenen charakteristischen Tragfähigkeiten beziehen sich daher immer auf den zugehörigen minimalen Randabstand c_{min} . Dieser ist dann einzuhalten.

Gemäß den Vorgaben der ETAG 029 [4] gilt nach ETA für KS-Vollsteine der minimale Randabstand $c_{min} > 50$ mm oder $3d_o$. Allgemein gilt für KS-Vollsteine $c_{min} > 100$ mm oder $6d_o$. Grundsätzlich könnten im Rahmen der Qualifizierungsversuche auch geringere Randabstände untersucht werden. Hierzu liegen jedoch bisher nur vereinzelt Erfahrungen vor.

INFO

Für KS-Elementmauerwerk gibt es Dübelssysteme, die Randabstände von 50 mm ermöglichen.

Für Kunststoffdübel kann die Tragfähigkeit für Steinausbruch linear im Verhältnis vom vorhandenen zum notwendigen Randabstand reduziert werden:

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot (c_1 / c_{cr}) \quad (5.3)$$

$N_{Rk,c}^0$: Charakteristische Tragfähigkeit in der Steinmitte, wenn $c_1 \geq c_{cr}$
 c_1 : Vorhandener Randabstand
 c_{cr} : Notwendiger Randabstand, um die charakteristische Tragfähigkeit N_{Rk}^0 zu erhalten

Der Wert c_{cr} kann für Vollsteine zu ca. $1,5h_{ef}$ angenommen werden. Für Lochsteine kann dieser derzeit nur experimentell ermittelt werden. Daher ist der entsprechende Wert immer einer ETA zu entnehmen.

5.1.5 Einfluss des Achsabstandes bei Steinversagen

Der Einfluss des Achsabstandes wird ebenfalls im Rahmen der Qualifizierungsversuche ermittelt. Daher wird in den aktuellen technischen Spezifikationen (ETA) ein entsprechender Gruppenfaktor α_{gN} mit angegeben. Dabei wird zwischen Gruppenfaktoren $\alpha_{gN,\perp}$ und $\alpha_{gN,\parallel}$ unterschieden. Die Richtung senkrecht (\perp) oder parallel (\parallel) bezieht sich dabei auf die Anordnung der Gruppen bezogen auf die Lagerfuge (siehe Bild 7).

Die charakteristische Tragfähigkeit einer Gruppe ergibt sich damit zu:

$$N_{Rk,c}^g = N_{Rk,c}^0 \cdot \alpha_{gN,\perp} \cdot \alpha_{gN,\parallel} \quad (5.4)$$

N_{Rk}^0 : Charakteristische Tragfähigkeit eines Einzeldübeln $s_{\perp} \geq s_{cr,\perp}$ und $s_{\parallel} \geq s_{cr,\parallel}$

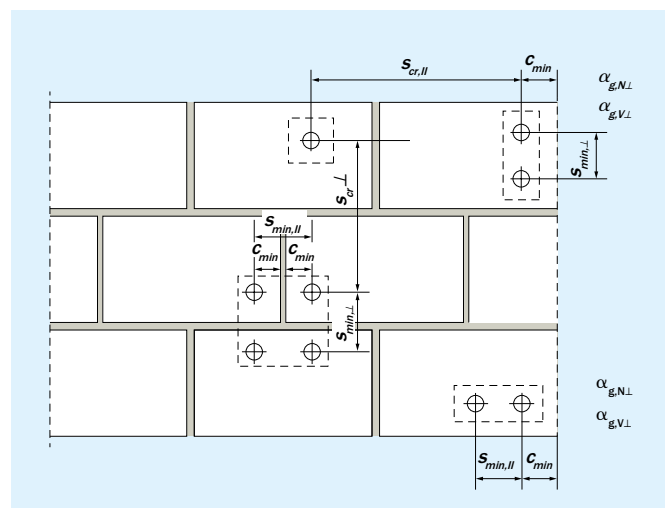


Bild 7 Unterschiedliche Anordnungen von Gruppenverankerungen in KS-Mauerwerk [7]

Wenn sich die Gruppe im Bereich eines Randes befindet, kann der Einfluss des Randes wie bei einem Einzeldübel berücksichtigt werden. Der vorhandene Randabstand ist dabei der minimale Abstand zu den randnahen Dübeln der Gruppe. Das heißt: Die Abminderung durch den Rand (c_{\perp}/c_{cr}) wird auf die Gruppen-tragfähigkeit N_{RK}^B bezogen.

5.1.6 Einfluss von Fugen

Fugen können grundsätzlich wie Ränder behandelt werden. Insbesondere bei nicht vermörtelten Stoßfugen ist das Verhalten vergleichbar mit dem Verhalten am freien Rand. Um die Bemessung zu vereinfachen und aufgrund dessen, dass die Fugen nicht immer sichtbar sind (z.B. verputztes Mauerwerk), wurde eine vereinfachende Regelung getroffen.

Für Kunststoffdübel darf bei sichtbaren Fugen die in der technischen Spezifikation angegebene charakteristische Tragfähigkeit F_{RK} angesetzt werden. Voraussetzung ist, dass zu nicht vermörtelten Stoßfugen ein Abstand c_{cr} eingehalten bzw. eine Abminderung durch den Randabstand berücksichtigt wird. Gleiches gilt für Verbunddübel.

Bei nicht sichtbaren Fugen muss (d.h. eine Montage des Dübels in der Fuge kann nicht ausgeschlossen werden) die Tragfähigkeit auf 50 % reduziert ($0,5F_{RK}$) werden.

Verbunddübel haben eine davon abweichende Regelung. Hier muss die Tragfähigkeit bei nicht sichtbaren Fugen nur auf 75 % reduziert ($0,75F_{RK}$) werden.

5.2 Querbelastung

5.2.1 Lokales Steinversagen

Die charakteristische Tragfähigkeit bei lokalem Steinversagen ist stark vom Durchmesser des Dübels und der Steifigkeit und Stegdicke des Kalksand-Voll- bzw. Kalksand-Lochsteins abhängig. Daher kann diese Versagensart nicht ohne Weiteres berechnet werden. Der Wert wird daher immer in einer ETA angegeben.

5.2.2 Stahlversagen

Bei einer Belastung eines Dübels unter Querbelastung kann es zu einem Versagen infolge Stahlbruch der Schraube bzw. der Gewindestange kommen. Die charakteristische Tragfähigkeit kann wie folgt berechnet werden.

$$V_{RK,s} = \alpha_s \cdot f_{uk} \cdot A_s \quad (5.5)$$

Der Wert f_{uk} ist dabei die nominelle Stahzugfestigkeit und A_s der minimale maßgebende Stahlquerschnitt unter Zugbelastung. Der Faktor α_s berücksichtigt die Querlastrichtung und beträgt in der Regel 0,35 bis 0,5.

Da der Faktor α_s und der maßgebende Querschnitt nicht immer einfach zu ermitteln sind, wird die Tragfähigkeit ebenfalls in Versuchen ermittelt und in der ETA angegeben.

5.2.3 Herausziehen eines Steins

Die Ausführungen in 5.1.3 zum Herausziehen des Steins bei einer zentrischen Zugbelastung gelten auch für das Herausziehen des Steins aus dem Verband infolge einer Querbelastung.

5.2.4 Steinkantenbruch am Rand

Unter Querbelastung kann bei Vollsteinen der Stein durch Steinkantenbruch versagen. Hierbei bildet sich ein typischer Bruchriss am Rand.

Die charakteristische Tragfähigkeit kann für Verbunddübel, theoretisch aber auch für Kunststoffdübel, in Vollsteinen wie folgt berechnet werden:

$$V_{RK,c} = \alpha_c \cdot (d_{nom} \cdot f_{bk})^{0,5} \cdot c_{\perp}^{1,5} \cdot (h_{nom}/d_{nom})^{0,2} \quad (5.6)$$

Der Faktor α_s berücksichtigt die Querlastrichtung und beträgt in der Regel 0,25 bei Belastung zum freien Rand (siehe Bild 8) und 0,45 bei Belastung parallel zum freien Rand. Die Werte h_{nom} und d_{nom} sind die Länge und der Durchmesser des Dübels, f_{bk} die Steifigkeit und c_{\perp} der tatsächliche Randabstand. Es ist zu beachten, dass $c_{\perp} > c_{min}$ erfüllt sein muss. Bei Gruppen muss die Tragfähigkeit mit den Gruppenfaktoren $\alpha_{gV,\perp}$ bzw. $\alpha_{gV,\parallel}$ bzw. beiden berechnet werden. Die Vorgehensweise entspricht derjenigen bei Zugbelastung.

Bei Kunststoffdübeln ist zu beachten, dass $V_{RK,c}$ auf die Herausziehlust limitiert $N_{RK,D}$ wird, da in der technischen Spezifikation nur ein Wert F_{RK} für alle Lastrichtungen angegeben wird und es theoretisch auch bei einer Querbelastung zu einem Herausziehen kommen kann.

Für Lochsteine muss der Wert über Versuche ermittelt werden. Eine Berechnung der charakteristischen Tragfähigkeit ist derzeit nur schwer möglich. Für senkrecht zum Rand belastete Verbunddübel kann nach [9] für $c_{\perp} > 100$ mm eine Tragfähigkeit von $V_{RK,c} = 1,25$ kN und für $c_{\perp} > 250$ mm eine Tragfähigkeit von $V_{RK,c} = 2,5$ kN angenommen werden. Für eine Belastung parallel zum freien Rand kann für $c_{\perp} > 100$ mm generell eine Tragfähigkeit von $V_{RK,c} = 2,5$ kN angenommen werden.

Beispiele für die Bemessung von Verankerungen in KS-Steinen sind auch in [10] aufgeführt.

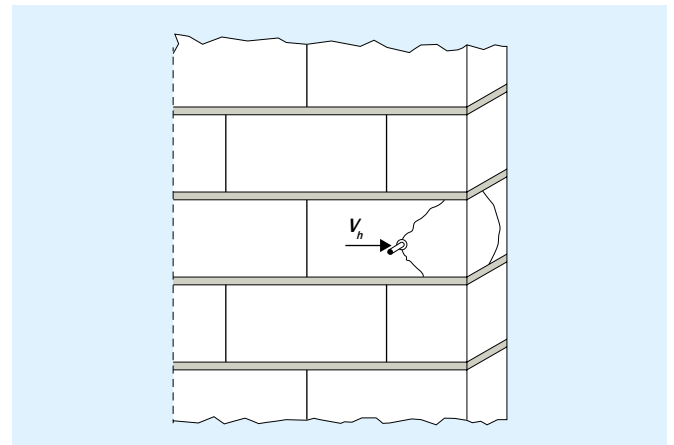


Bild 8 Steinkantenbruch am Mauerwerksrand [9]

6. Baustellenversuche

6.1 Allgemeines

Derzeit wird eine Empfehlung für die Durchführung und Auswertung von Versuchen am Bauwerk mit Injektionsankern erarbeitet. Zukünftig kann bei Baustellenversuchen nach dieser Empfehlung gearbeitet werden. Grundsätzlich sind dort drei Möglichkeiten für die Untersuchungen am Bau geregelt:

- Auszugsversuche
- Probelastung
- Abnahmeversuche

Grundsätzlich können Dübel nur dann auf der Baustelle getestet werden, wenn Dübel mit einer ETA verwendet werden, d.h. Dübel, die durch eine europäisch technische Bewertung qualifiziert wurden. Grund hierfür ist, dass auf der Baustelle der Dübel unter Standard- und unter Kurzzeitbedingungen geprüft wird. Im Bewertungsverfahren werden zusätzlich Einflüsse wie erhöhte Temperatur, Feuchte, wiederholte Belastung usw. untersucht und beurteilt. Die durch solche Einflüsse geringen Tragfähigkeiten müssen berücksichtigt werden. Daher wird in den europäisch technischen Bewertungen eine Abminderung β angegeben, die bei der durch Baustellenversuche ermittelten Tragfähigkeit berücksichtigt werden muss.

6.2 Durchführung

Die Anzahl der zu untersuchenden Dübel sowie die Stelle, an der die Verankerungen geprüft werden müssen, sind durch den Versuchsleiter oder Gutachter festzulegen und müssen an das Bauwerk angepasst werden. Grundsätzlich sollen die ausgewählten Prüfstellen repräsentativ sein, so dass zuverlässige Angaben über die charakteristische Tragfähigkeit des Dübels für das gesamte Bauwerk vorliegen. Die Versuche sollten auch die ungünstigsten Bedingungen bei der anschließenden praktischen Ausführung berücksichtigen.

Ist es möglich, Steine auszubauen oder stehen Steine für Laborversuche zur Verfügung, können die Versuche auch unter Laborbedingungen durchgeführt werden. Um ungünstige Bedingungen abzudecken, sind hier jedoch gesonderte Überle-

gungen notwendig. Allerdings sind der Versuchsablauf und der Versuchsaufwand deutlich geringer.

Die Last sollte bei den Versuchen rechtwinklig zur Oberfläche des Verankerungsgrundes aufgebracht werden. Eine Einspannung am Dübel ist zu vermeiden. Der lichte Abstand der Abstützung der Versuchseinrichtung auf dem Mauerwerk sollte mindestens 150 mm betragen (für $h_{ef} \leq 75$ mm). Bei großen Verankerungstiefen muss im Einzelfall auch die Abstützweite vergrößert werden.

Bei den Auszugsversuchen ist diese langsam und stetig zu steigern, bis die Bruchlast erreicht wird (ca. 1 Minute). Bei der Probelastung und dem Abnahmeversuch ohne Versagen muss die Last stufenweise erhöht werden, bis die notwendige Probelast erreicht wird.

6.3 Auswertung

Die Auswertung der Auszugversuche erfolgt nach den in der ETA angegebenen Verfahren. Zudem kann ein vereinfachtes Verfahren angewandt werden. Dieses gilt jedoch nur für fünf oder mehr Versuche. Die charakteristische Tragfähigkeit ergibt sich dann aus Gleichung (6.1):

$$N_{Rk} = 0,5 \cdot N_1 \cdot \beta \quad (6.1)$$

Der Wert N_1 ist der Mittelwert der fünf kleinsten Werte aus allen durchgeführten Versuchen. Der Faktor β ist die Abminderung, die sich aus weiteren ungünstigen Faktoren (z.B. Dauerlast, erhöhte Temperatur usw.) ergibt. Dieser Faktor ist in der ETA angegeben.

Grundsätzlich kann immer eine statistische Auswertung vorgenommen werden, wenn fünf oder mehr Versuche vorliegen. Die charakteristische Tragfähigkeit ergibt sich dann aus Gleichung (6.2):

$$N_{Rk} = (N_{um} - k_s \cdot s) \cdot \beta \quad (6.2)$$

Der Wert N_{um} ist der Mittelwert der Tragfähigkeit aller durchgeführten Versuche, s die Standardabweichung der durchgeführten Versuche und k_s der zugehörige Statistik-Faktor. Für fünf Versuche beträgt dieser 3,41, für zehn Versuche 2,57.

Literatur

- [1] Vogdt, F. U.: Außenwände. In: KALKSANDSTEIN – Planungshandbuch. Planung, Konstruktion, Ausführung, 7. Auflage. Hrsg.: Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V., Hannover 2018
- [2] DIN EN 771-2: Festlegungen für Mauersteine – Teil 2: Kalksandsteine; Deutsche Fassung EN 771-2:2011
- [3] Europäische Organisation für Technische Zulassungen: ETAG 020, Plastic anchors for multiple use in concrete and masonry for non-structural applications, Brüssel, 2006
- [4] Europäische Organisation für Technische Zulassungen: ETAG 029, Metal injection anchors for use in masonry, Brüssel, April 2013
- [5] EAD 33-06.04/in preparation (Conversion from ETAG 029) European Assessment Document, Brüssel, Februar 2014
- [6] Kirtschig, K.: Gutachten zu nichttragenden, unter Verwendung von Dünnbettmörteln hergestellten KS-Innenwänden mit nicht vermörtelten Stoßfugen, 27.4.1998
- [7] Meyer, A.: Zum Tragverhalten von Injektionsdübeln in Mauerwerk. Dissertation, Universität Stuttgart, 2005
- [8] Schild, K.: Zur Bemessung von Injektionsverankerungen in Mauerwerk. Dissertation, Universität Bochum, 2002
- [9] Welz, G.: Zum Tragverhalten von Injektionsdübeln unter Querlast in Mauerwerk. Dissertation, Universität Stuttgart, 2011.
- [10] Jäger, W.: Mauerwerk-Kalender 2012, Dübeltechnik praxisnah, Teil 1: Grundlagen und Bemessungsbeispiele für Befestigungen in Mauerwerk, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2012

Bildnachweise

Bild 1: Xella Deutschland GmbH;
Bild 2: Atelier Kinold; **Bild S. 138:** Erich Spahn;
Bild 6: Adolf Würth GmbH & Co. KG;
Bild S. 142: Heidelberger Kalksandstein GmbH

Bild S. 134: Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.