

**Einfluss von Feuchtigkeit, Temperatur und
Bohrereckmaß auf das Tragverhalten von
Kunststoffdübeln in Beton**

T 3023

T 3023

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2003, ISBN 3-8167-6527-0

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

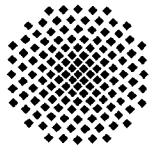
Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fhg.de

www.IRBbuch.de



Universität Stuttgart

Institut
für Werkstoffe im Bauwesen
Abt. Befestigungstechnik

Pfaffenwaldring 4
70550 Stuttgart

Telefon (0711) 685 3320
Telefax (0711) 685 2285

Einfluss von Feuchtigkeit, Temperatur und Bohrereckmaß auf das Tragverhalten von Kunststoffdübeln in Beton

-Schlussbericht-

T. Pregartner, R. Eligehausen

Bericht Nr.: AF03/03-DIBt9/03
Datum des Berichts: 27.05.2003

Der Bericht umfasst 41 Seiten.

Die Vervielfältigung und Veröffentlichung des Berichts in vollem als auch gekürztem Wortlaut sowie die Verwendung zur Werbung ist nur mit der schriftlichen Genehmigung des Instituts für Werkstoffe im Bauwesen und nur innerhalb eines Zeitraums von 2 Jahren nach der Ausstellung zulässig. Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Stuttgart. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände.



DAP-PL-3297.00

akkreditiert durch
accredited by





Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung und Zielsetzung	3
2	Auswertung der Ergebnisse der Versuche aus der Datenbank	4
2.1	Beschreibung der Versuchsdurchführung am Institut für Werkstoffe im Bauwesen (IWB)	4
2.2	Einfluss des Bohrereckmaßes.....	7
2.2.1	Einfluss der Konditionierung.....	10
2.3	Einfluss der Temperatur	13
2.4	Einfluss des Belastungszeitpunktes	17
3	Sicherheitskonzept zum Tragverhalten von Kunststoffdübeln in Beton....	20
3.1	Sicherheitskonzept der bauaufsichtlichen Zulassungen für Kunststoffdübel mit globalen Sicherheitsfaktoren	20
3.1.1	Auswertung der Versuchsergebnisse nach dem bisherigen Sicherheitskonzept mit globalen Sicherheitsfaktoren	22
3.2	Neues Sicherheitskonzept des ETAG-Entwurfs für Kunststoffdübel mit Teilsicherheitsfaktoren	24
3.2.1	Auswertung der Versuchsergebnisse nach dem ETAG-Entwurf für Kunststoffdübel mit Teilsicherheitsfaktoren	26
3.2.2	Vorschlag für ein verändertes Versuchsprogramm bzw. Auswerteverfahren für Zulassungsverfahren nach ETAG	33
4	Zusammenfassung.....	39
5	Englische Zusammenfassung- Summary	39
6	Verwendete Unterlagen.....	40



1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Im Rahmen des Forschungsprojektes zum Tragverhalten von Kunststoffdübeln in gerissenem und ungerissenem Beton wurde eine Datenbank mit Versuchsergebnissen von Kunststoffdübeln unter zentrischer Zugbelastung erstellt. Die Versuchsergebnisse wurden dabei aus Berichten von Zulassungsverfahren, die am Institut für Werkstoffe im Bauwesen durchgeführt wurden, aus Gutachten des Ingenieurbüros Eligehausen & Sippel, aus Gutachten des Lehrstuhls für Kunststofftechnik, Universität Erlangen und aus Versuchsberichten der Firma fischerwerke (Waldachtal, Tumlingen) entnommen. Die Datenbank ist im Bericht AF02/35-DIBt9/01 „Datenbank der Versuchsergebnisse zum Tragverhalten von Kunststoffdübeln (Einzeldübel) in Beton unter zentrischer Zugbelastung“ tabellarisch zusammengefasst [Pregartner/Eligehausen 02].

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Versuche im ungerissenen Beton ausgewertet und in Streudiagrammen dargestellt. Zusätzlich werden Auswertungen der Versuchsergebnisse nach dem ETAG-Entwurf [ETAG 00/1] durchgeführt und diskutiert.



2 Auswertung der Ergebnisse der Versuche aus der Datenbank

Die im folgenden Abschnitt ausgewerteten Ergebnisse von zentrischen Ausziehversuchen mit Kunststoffdübeln in Beton wurden aus verschiedenen Berichten von Forschungsarbeiten, von Zulassungsverfahren und aus Gutachten entnommen. Die Versuche wurden von verschiedenen Prüfern und mit unterschiedlichen Belastungseinrichtungen durchgeführt. Teilweise stammen die Ergebnisse auch von unterschiedlichen Prüfinstituten. Daher variieren die Details der Versuchsdurchführung zum Teil stark.

Die jeweils zu einer Stichprobe zusammengefassten Ergebnisse verschiedener Serien wurden vor dem Zusammenfassen nach ingenieurmäßigen Gesichtspunkten sortiert. Der Test auf Normalverteilung wurde stichprobenartig an den Serien einzelner Dübel mit großen Versuchsanzahlen durchgeführt. Dabei wurde eine visuelle Beurteilung über Normalverteilungsplots mit dem Programm STATISTICA 5 und der Test nach Kolmogorov-Smirnov durchgeführt. Jede einzelne Serie wurde statistisch auf Ausreißer (Test nach Grubbs) unter Voraussetzung einer normalverteilten Grundgesamtheit untersucht. Weiterhin wurden die Stichproben gleicher Versuchparameter mit dem t-Test verglichen und gegebenenfalls zusammengefasst. Details zu den angewendeten Tests können [John 79] entnommen werden. Bei einer großen Anzahl von Messreihen zu einem Parameter wurden die Mittelwerte auf Ausreißer nach Dixon geprüft [Sachs 68].

Bei Schwierigkeiten beim Zusammenfassen der Stichproben wurden die Vergleiche in den folgenden Abschnitten teilweise nur mit Versuchen aus einem Prüfbericht durchgeführt.

Die Maximallasten der Versuche mit Einzeldübeln unter zentrischer Zugbelastung wurden unabhängig von der Würfeldruckfestigkeit des Betons nicht auf eine einheitliche Druckfestigkeit umgerechnet, da die Betonfestigkeit bei der Versagensart Herausziehen keinen Einfluss auf die Maximallast hat.

2.1 Beschreibung der Versuchsdurchführung am Institut für Werkstoffe im Bauwesen (IWB)

Die Dübel wurden in der Regel vor der Montage auf den gewünschten Feuchtegehalt konditioniert. Trockene Dübelhülsen wurden durch Lagerung im Trockenschrank bei $T = 70^\circ\text{C}$ bis zur Massekonstanz konditioniert. Für Versuche mit nasser Dübelhülse wurden die Hülsen im Wasserbad (meist bei erhöhter Temperatur von $T = 70^\circ\text{C}$) gelagert bis der Wassergehalt größer als 5% oder bis Massekonstanz erreicht war. Die luftfeuchte Konditionierung wurde im allgemeinen nach DIN ISO 1110 durchgeführt.

Die Versuche wurden in der Regel in niederfestem Beton nach [ETAG 97/A] durchgeführt. Die verwendeten Betonplatten besitzen eine konstruktive Montagebewehrung im Randbereich. Eine typische montagebewehrte Betonplatte für zentrische Ausziehversuche in der Fläche ist in Bild 2.1 dargestellt. Die Kantenlänge a und b der Platte beträgt am Institut für Werkstoffe im Bauwesen (IWB)



128 cm oder 163 cm und die Höhe der Platte h in der Regel 16 cm. Die Festigkeit der verwendeten Betonkörper wurde an Betonwürfeln mit einer Kantenlänge von 200 mm oder 150 mm bestimmt. Die Würfeldruckfestigkeit $\beta_{W,200}$ eines niederfesten Betons muss nach [ETAG 97/A] zwischen $23,8 \text{ N/mm}^2$ und $33,3 \text{ N/mm}^2$ betragen. Eine typische Betonzusammensetzung ist in Tabelle 2.1 dargestellt.

	Zement		Zuschlag			Wasser	
	Art	Menge [kg/m ³]	0-2 mm [kg/m ³]	2-8 mm [kg/m ³]	8-16 mm [kg/m ³]	Menge [kg/m ³]	W/Z [-]
C20/25	CEM I 32,5 R	240	770±780	470±490	760±770	150±180	0,6±0,75

Tabelle 2.1 Beispiel für die Zusammensetzung eines niederfesten Betons C20/25 nach ETAG (1997).

Die Fertigung der Betonkörper erfolgte liegend in einer starren Schalung aus zugeschnittenen glatten Schalungstafeln. Der Frischbeton wurde in Schichten in die vorbereitete Schalform eingebracht und fachgerecht mit einem Flaschenrüttler verdichtet. Zur Überprüfung der Druckfestigkeit des Betons wurden in der gleichen Verdichtungsart Probewürfel von 200 mm Kantenlänge normgemäß mit angefertigt. Die Feuchtlagerung der Betonkörper und Betonwürfel erfolgte in einer geschlossenen Halle und begann unmittelbar nach deren Fertigung durch Überdecken mit Folie und anschließend durch Überdecken mit feuchten Tüchern und einer Kunststoffolie bis zum 7. Tag nach dem Betonieren. Die Betonelemente wurden lufttrocken in einer geschlossenen Halle gelagert.

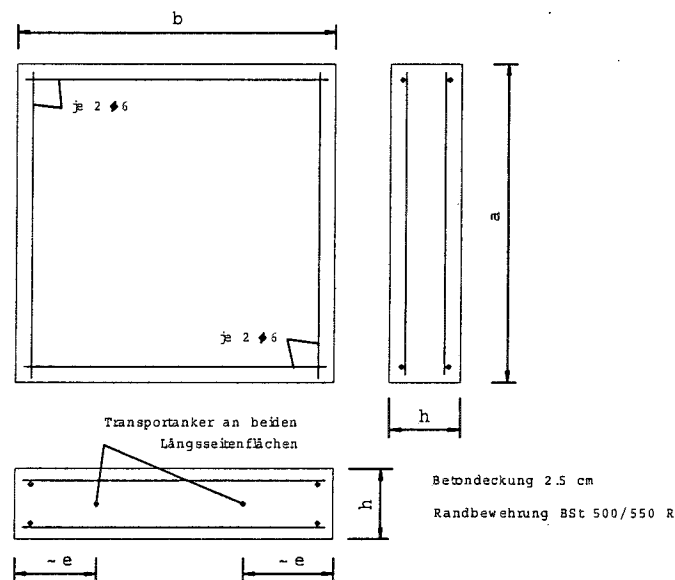


Bild 2.1 Typische montagebewehrte Betonplatte für zentrische Ausziehversuche im ungerissenen Beton.

Versuche zum Einfluss der Temperatur auf das Tagverhalten von Kunststoffdübeln wurden entweder in Betonwürfeln (Kantenlänge 200 mm) oder in Platten nach Bild 2.1 mit einer Kantenlänge von 75 cm durchgeführt. Dabei wurden die Versuchskörper in der Regel 24 h, Dübelhülsen, Anbauteile und Schrauben etwa 1 h vor



Versuchsbeginn in der Klimakammer gelagert. Bei Temperaturen von 0°C und 50°C wurden die Dübel bei der entsprechenden Temperatur gesetzt, während die Dübel bei einer Temperatur von 80°C in der Regel bei 20°C gesetzt wurden und dann 24 h bei 80°C gelagert wurden.

Die Bohrlöcher wurden senkrecht nach unten erstellt, wobei die Bohrmaschine in einem Bohrständer geführt wurde. Vor dem Bohren wurde das Schneidenmaß des Hartmetallbohrers kontrolliert. Es wurden 4-schneidige und 2-schneidige Hartmetallbohrer verwendet. Das Bohrereckmaß wurde nur bei Versuchen zum Einfluss des Bohrereckmaßes variiert. Bei den anderen Versuchen wurden Hartmetallbohrer mit mittlerem Schneidenmaß verwendet. Nach dem Bohren wurde die Bohrlochtiefe kontrolliert und das Bohrloch in der Regel durch Aussaugen gereinigt.

Die Dübel wurden in Durchsteckmontage gesetzt. Dabei wurde die Dübelhülse mit leichten Hammerschlägen in das Bohrloch eingetrieben. Die Montage wurde bei Schraubdübeln in der Regel mit einem Schrauber durchgeführt. Bei Nageldübeln wurde zum Verspreizen ein Latthammer verwendet. Die Schraube bzw. der Nagel wurde so lange eingedreht bzw. eingeschlagen bis der Schrauben- bzw. Nagelkopf auf dem Anbauteil aus Stahl auflag. Dabei wurde bei einigen Versuchen mit Schraubdübeln das Eindreh- und Festschraubmoment mit einer Drehmomentmesswelle gemessen. Das Anbauteil hatte ein Durchgangsloch von $d_{\text{nom}} + 0,5$ mm und war im oberen Bereich an die Form der Dübelhülse angepasst. Die Anbauteile waren auf die Klemmlänge der untersuchten Dübel abgestimmt und die durch die Montage erzeugte Vorspannkraft wurde in der Regel bis zum Ausziehversuch beibehalten.

Bild 2.2 zeigt eine Ausziehvorrichtung die für zentrische Ausziehversuche in ungerissenem Beton verwendet werden kann. Dieser Versuchsaufbau wird am IWB für Ausziehversuche verwendet. Das Anbauteil des Dübels wurde über Schrauben fest mit der Zugstange der Ausziehvorrichtung verbunden. Die Kraft wurde mit Zug-Druckkraftmessdosen oder Ringkraftmessdosen (Messbereich in der Regel bis 20 kN oder bis 50 kN bei Schraubdübeln, bis 10 kN bei Nageldübeln) gemessen. Zwischen Kraftmessdose und Zugstange wurde ein Gelenk in Form einer Gelenköse oder einer Kalotte eingebaut, um die Kraft zentrisch in die Kraftmessdose einzuleiten. Die Dübelverschiebung wurde im allgemeinen mit zwei symmetrisch zum Dübel angeordneten Wegaufnehmern gemessen. Die Laststeigerung erfolgte hydraulisch über ein Ventil, das eine konstante Ölmenge fördert. Die Versuche wurden weggeregelt durchgeführt. Die Belastungsgeschwindigkeit wurde bei Versuchen am IWB so gewählt, dass die Maximallast ca. 1 bis 3 Minuten nach Versuchsbeginn erreicht war. Die Dübel wurden in der Regel ca. 3 bis 10 Minuten nach dem Setzen bis zum Versagen belastet (Ausnahme: Versuche zur Bestimmung des Einflusses des Belastungszeitpunktes und Versuche bei $T = 80^\circ\text{C}$).

Einige Versuche wurden auch mit einer servo-hydraulischen Prüfmaschine durchgeführt, die nicht dargestellt ist. Die Lasteinleitung in den Dübel erfolgte auch bei diesen Versuchen über ein Gelenk.

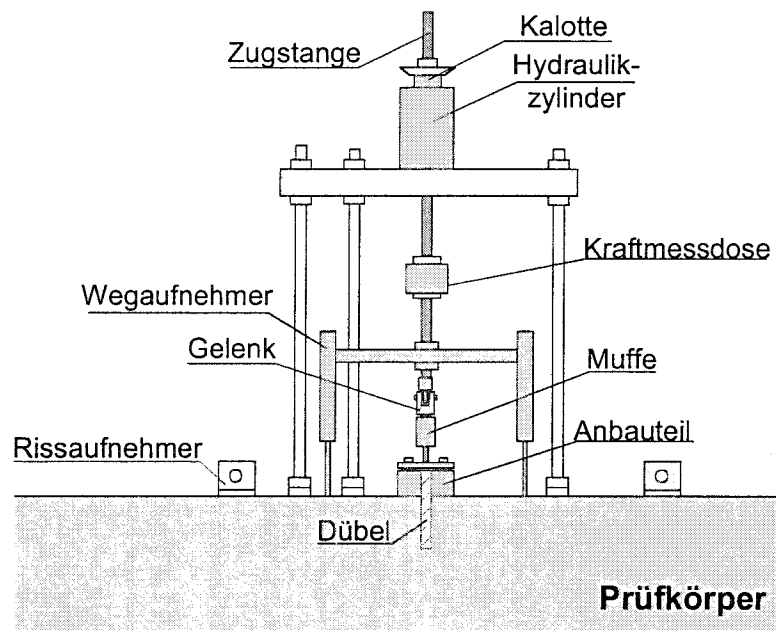


Bild 2.2 Belastungseinrichtung für zentrische Ausziehversuche mit Kunststoffdübeln in gerissenem und ungerissenem Beton.

2.2 Einfluss des Bohrereckmaßes

Der Einfluss des Bohrereckmaßes auf die bezogenen Herausziehlasten (Verhältnis der mittleren Herausziehlasten bei d_{cut} zum Wert bei $d_{\text{cut,m}}$) von Kunststoffdübeln im ungerissenen Beton ist in Bild 2.3 (Schraubdübel) und Bild 2.4 (Nageldübel) für verschiedene Dübeltypen, Durchmesser und Verankerungstiefen dargestellt. Die bezogenen Herausziehlasten sind über der Durchmesserdifferenz aus Bohrereckmaß d_{cut} und Nenndurchmesser des Dübels d_{nom} aufgetragen. Bezugswert ist die mittlere Herausziehlast bei mittlerem Bohrereckmaß $d_{\text{cut,m}}$ nach [ETAG 97/A], Anhang A.

In Bild 2.3 und Bild 2.4 ist zu erkennen, dass die bezogenen Herausziehlasten mit zunehmendem Bohrereckmaß abnehmen. Die Herausziehlasten sind bei minimalem Bohrereckmaß im Mittel bis zu 90% größer als bei mittlerem Bohrereckmaß. Bei einigen Dübeln sind die Herausziehlasten bei minimalem Bohrereckmaß bis zu 11% geringer als bei mittlerem Bohrereckmaß. Diese Tendenz kann bei einer Schädigung der Kunststoffhülse beim Verspreizen in dem engen Bohrloch entstehen. Die bezogenen Herausziehlasten bei maximalem Bohrereckmaß liegen zwischen Werten von 1,1 und 0,6. Der Wert von 1,1 bei maximalem Bohrereckmaß ist durch die Streuung der Versuchsergebnisse zu erklären und ist statistisch nicht signifikant. Bei weiterer Steigerung des Bohrlochdurchmessers nehmen die Herausziehlasten sehr stark ab. Bei einem Bohrlochdurchmesser, der 1 mm größer ist als der Nenndurchmesser des Dübels, betragen die Herausziehlasten im ungünstigsten Fall nur noch etwa 30% des Wertes bei mittlerem Schneideneckmaß. Ein eindeutiger Einfluss des Dübel durchmessers oder der Verspreizungsart (Nagel oder Schraube) auf die bezogenen Herausziehlasten ist in Bild 2.3 und Bild 2.4 nicht zu erkennen.

In Bild 2.5 ist das Streuband der ausgewerteten Versuche zum Einfluss des Bohrereckmaßes und das in der Literatur beschriebene Streuband dargestellt



[Ehrenstein 76/2], [Plank 77], [Rehm/Eligehausen/Mallée 88]. In Bild 2.5 sind zusätzlich die Definitionsgrenzen des minimalen, mittleren und maximalen Bohrereckmaßes eingetragen. In [ETAG 97/A] ändern sich die Bereichsgrenzen für das minimale Bohrereckmaß $d_{cut,min}$ und das maximale Bohrereckmaß $d_{cut,max}$ ab einem Nenndurchmesser von 12 mm. Das Diagramm zeigt die Bereichsgrenzen für eine Kombination aller Durchmesser. Die durchgezogenen Linien kennzeichnen die Ober- und Untergrenze des Streubereichs der Mittelwerte. In der Legende sind die Dübeltypen mit Durchmesser und Sollverankerungstiefe angegeben. Es wird deutlich, dass bei den ausgewerteten Versuchen die Streubreite der Mittelwerte etwas größer ist als bei den in der Literatur beschriebenen Versuchen.

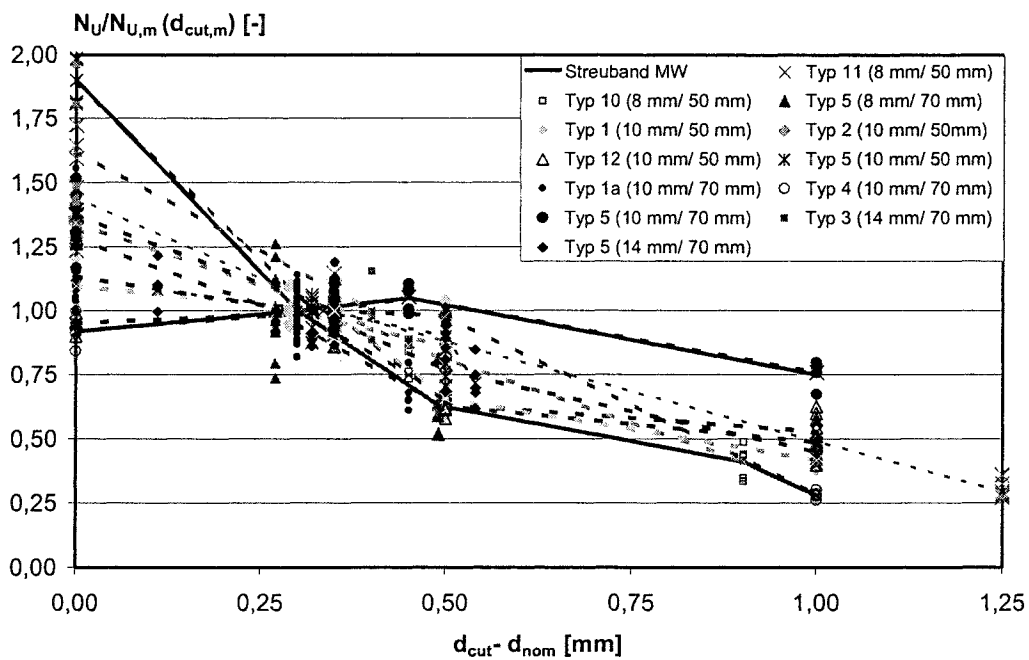


Bild 2.3 Einfluss des Bohrereckmaßes auf die bezogenen Herausziehlasten im ungerissenen Beton (Schraubdübel), Konditionierung luftfeucht, Temperatur $T=20^{\circ}\text{C}$.

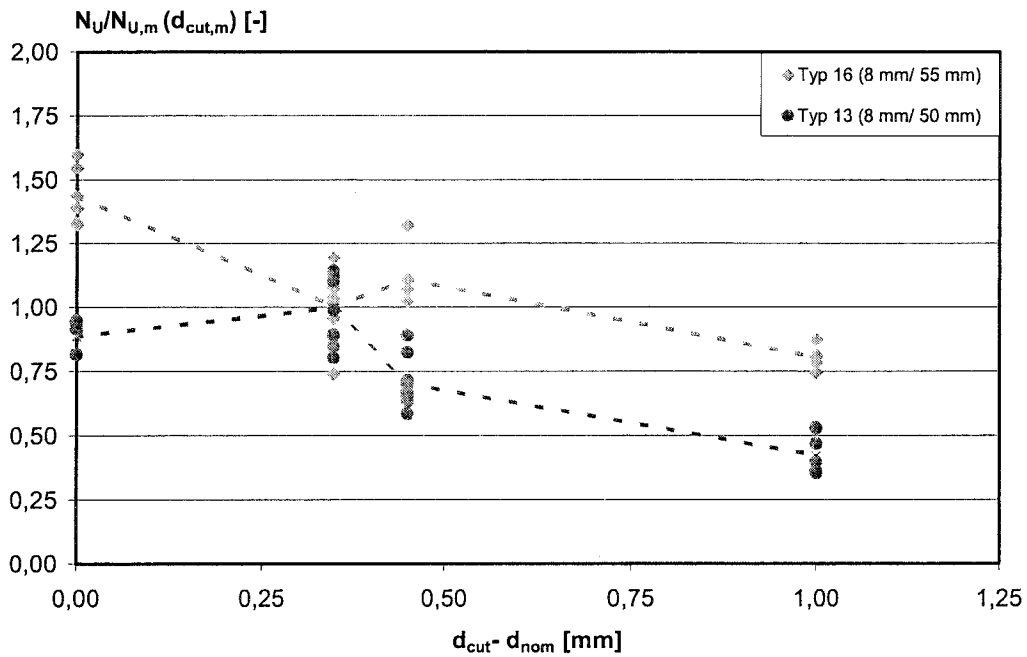


Bild 2.4 Einfluss des Bohrreckmaßes auf die bezogenen Herausziehlasten im ungerissenen Beton (Nageldübel), Konditionierung luftfeucht, Temperatur $T = 20^\circ\text{C}$.

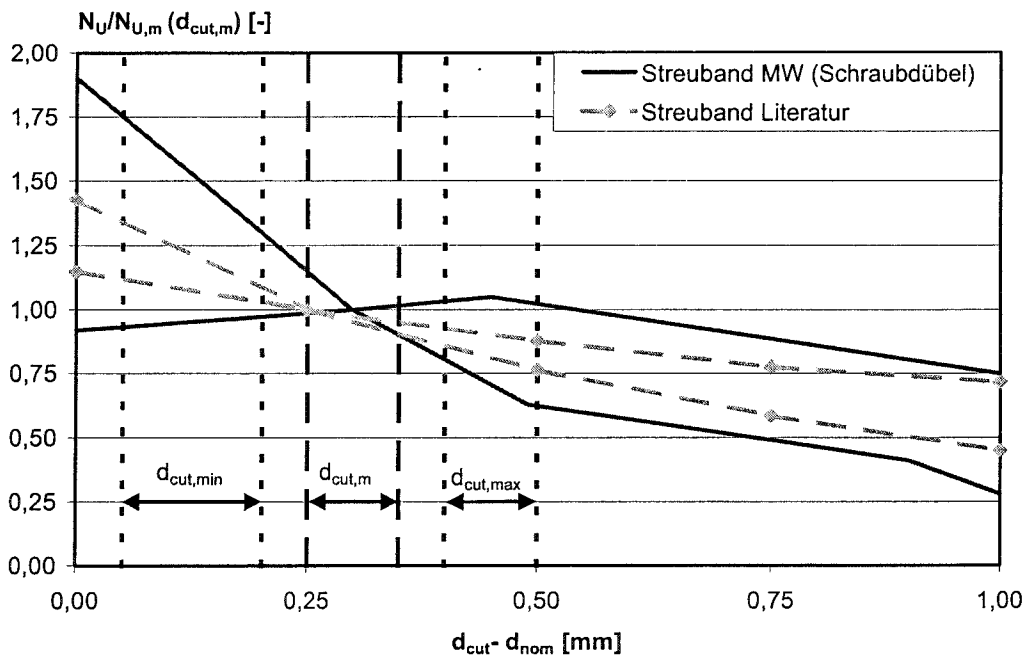


Bild 2.5 Einfluss des Bohrreckmaßes auf das Streuband der bezogenen Mittelwerte der Herausziehlasten von Schraubdübeln im ungerissenen Beton.



2.2.1 Einfluss der Konditionierung

Polyamid ist ein hygroskopisches Material. Daher kann es reversibel Wasser aufnehmen. Der Ausgleichsfeuchtegehalt von Polyamid PA6 liegt bei etwa 2,5%. Wassersättigung liegt bei einem Wassergehalt von etwa 8% bis 10% vor. Steifigkeit und Festigkeit von Polyamid nehmen mit zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt ab. Dadurch wird die Spreizkraft beim Eintreiben des Spreizelementes beeinflusst. Mit abnehmendem Elastizitätsmodul ergibt sich beim Verspreizen eine geringere Spreizkraft.

In Bild 2.6 (Schraubdübel) und Bild 2.7 (Nageldübel) ist der Einfluss des Feuchtigkeitsgehalts der Dübelhülse auf die bezogenen Herausziehlasten von Kunststoffdübeln im ungerissenen Beton verschiedener Durchmesser und Verankerungstiefen dargestellt. Die Herausziehlasten sind auf die jeweilige mittlere Herausziehlaste im luftfeuchten Zustand bezogen. Zusätzlich ist das Streuband der Mittelwerte mit durchgezogenen Linien eingezeichnet.

Die bezogenen Herausziehlasten der untersuchten Schraubdübel nehmen im allgemeinen mit zunehmendem Feuchtegehalt ab. Sie liegen im trockenen Zustand im Mittel zwischen 0,83 und 1,25 (Bild 2.6). Im nassen Zustand ergeben sich bezogene mittlere Herausziehlasten, die zwischen 0,58 und 1,16 liegen. Die bezogenen Herausziehlasten in Abhängigkeit von der Konditionierung sind stark vom untersuchten Dübeltyp abhängig. Bei einigen Dübeltypen werden die Herausziehlasten nicht oder nur wenig vom Wassergehalt beeinflusst (z.B. Dübel Typ 5, $d = 14$ mm). Die bezogenen Herausziehlasten einiger Dübeltypen (z.B. Typ 10, $d = 8$ mm) fallen im trockenen Zustand ab. Dies kann durch eine Schädigung der Dübelhülse beim Verspreizen hervorgerufen werden (z.B. teilweises Abreißen bzw. Einreißen der Dübelhülse). Der geringe Anstieg der Herausziehlasten im nassen Zustand (z.B. Typ 3, $d = 10$ mm) ergibt sich durch die große Streuung der Versuchsergebnisse und ist statistisch nicht signifikant.

Die untersuchten Nageldübel (Bild 2.7) verhalten sich unter dem Einfluss von Feuchtigkeit stark unterschiedlich. Dübel Typ 13 hat im trockenen und nassen Zustand etwa 20% kleinere mittlere Herausziehlasten als im luftfeuchten Zustand. Im trockenen Zustand kann eine Schädigung der Hülse beim Eintreiben des Nagels zu einem Abfall der Herausziehlasten führen, während im nassen Zustand der geringere Elastizitätsmodul geringere Spreizkräfte und Herausziehlasten bewirkt. Bei Nageldübeln ist die Montage im spröden Zustand des Kunststoffes (trocken oder 0°C) kritisch, da hier bereits bei der Montage des Dübels die Hülse abreißen kann. Bei Schraubdübeln ist das Verspreizen im trockenen Zustand oder bei tiefen Temperaturen weniger kritisch, da die Hülse beim Setzen stark erwärmt wird und dadurch die Sprödigkeit der Hülse vermindert wird.

Dübel Typ 16 hat im trockenen und nassen Zustand größere Herausziehlasten als im luftfeuchten Zustand. Bei Dübel Typ 16 ist der Einfluss der höheren Steifigkeit des Polyamids im trockenen Zustand größer als der Einfluss einer möglichen Schädigung der Hülse. Da die Dübelhülse bei Nageldübeln beim Verspreizen weniger stark erwärmt wird als bei Schraubdübeln, können sich bei Nageldübeln größere bezogene Werte der Spreizkraft und der Herausziehlaste im trockenen Zustand ergeben als bei Schraubdübeln. Dübel Typ 16 hat bei trockener Konditionierung die größten bezogenen Herausziehlasten aller untersuchten Dübel (Schraub- und Nageldübel).



Im nassen Zustand könnte bei Dübel Typ 16 die Quellung des Materials infolge der Feuchtigkeitsaufnahme größere Herausziehlasten bewirken als im luftfeuchten Zustand. Dübel Typ 16 versagt kombiniert durch Herausziehen der Hülse aus dem Bohrloch und des Nagels aus der Dübelhülse. Für die Höchstlast, die bei großen Verschiebungen erreicht wird, ist das Herausziehen des Nagels verantwortlich. Im nassen Zustand ergibt sich durch die höhere Fließfähigkeit des Kunststoffes ein besserer Formschluss und dadurch ist die Höchstlast größer als im luftfeuchten Zustand.

Bild 2.8 zeigt den Streubereich der Mittelwerte von Schraubdübeln aus Bild 2.6 und den in der Literatur bekannten Verlauf der bezogenen Herausziehlasten von Kunststoffdübeln aus Ultramid B3L[®] und Ultramid B3S[®] [Ehrenstein 76/1]. Zusätzlich ist die Abhängigkeit des bezogenen Elastizitätsmoduls von Ultramid B3L[®] (Zug) vom Feuchtigkeitsgehalt eingetragen. In der Darstellung des Streubereiches der Versuchsergebnisse wurden die Werte, die ein Ansteigen der mittleren Herausziehlaste im nassen Zustand ergeben nicht berücksichtigt, da dieses Verhalten theoretisch nicht erklärt werden kann. Die in der Literatur beschriebenen Kurven zum Einfluss der Feuchtigkeit auf die Herausziehlasten von Kunststoffdübeln liegen im Streubereich der ausgewerteten Versuche, wobei die Extremwerte aus Bild 2.6 (Abfall der Herausziehlasten im trockenen Zustand) von [Ehrenstein 76/1] nicht beobachtet wurden.

Weiterhin wird deutlich, dass der Einfluss des Feuchtigkeitsgehalts auf den E-Modul von Polyamid größer ist als auf die Herausziehlasten der Schraubdübel. Im trockenen Zustand beträgt der E-Modul etwa das 2-fache des Moduls im luftfeuchten Zustand. Im nassen Zustand ist der E-Modul dagegen 60% kleiner als im luftfeuchten Zustand. Der Einfluss der Konditionierung auf den Elastizitätsmodul von Polyamid ist größer als auf die Herausziehlasten der Kunststoffdübel, da das Polyamid der Dübelhülse beim Eintreiben des Spreizelementes erwärmt wird und dadurch der E-Modul und die Spreizkraft des Dübels abnehmen. Im trockenen Zustand bewirkt deshalb die Erwärmung des Polyamids beim Verspreizen eine Verringerung der Spreizkraft und der bezogenen Herausziehlaste. Im nassen Zustand ist der prozentuale Einfluss der Temperatur auf den Elastizitätsmodul geringer als im trockenen Zustand. Die bezogenen Herausziehlasten sind größer als der bezogene Wert des E-Moduls. Dies ist wahrscheinlich auf die Quellung des Kunststoffes mit zunehmendem Feuchtegehalt zurückzuführen.

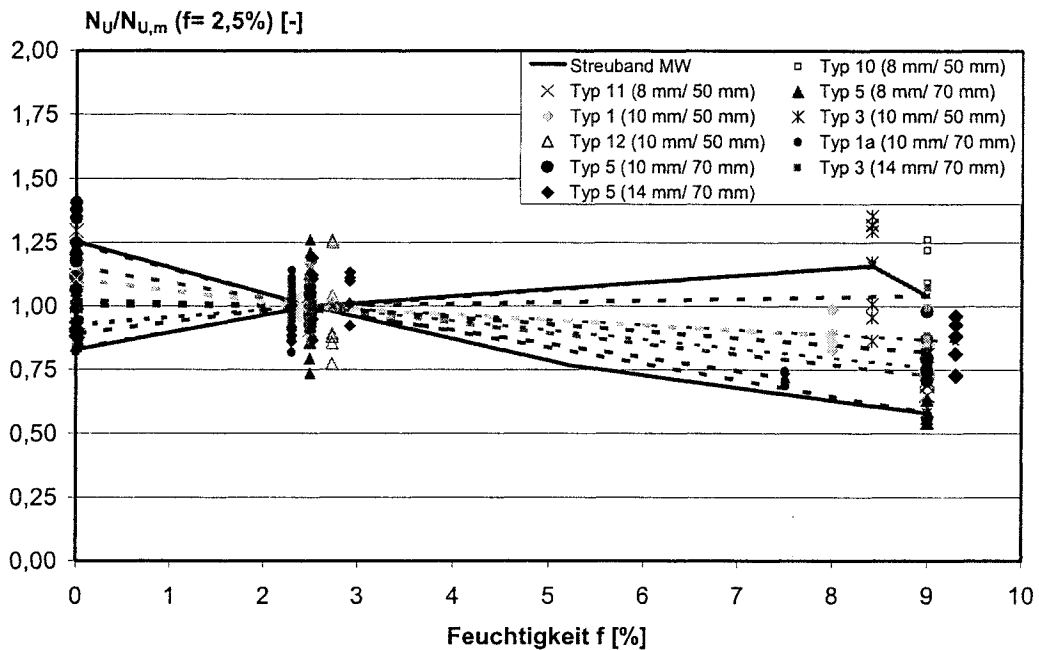


Bild 2.6 Einfluss des Feuchtigkeitsgehalts der Dübelhülse auf die bezogenen Herausziehlasten von Kunststoffdübeln im ungerissenen Beton (Schraubdübel), Temperatur $T=20^\circ\text{C}$.

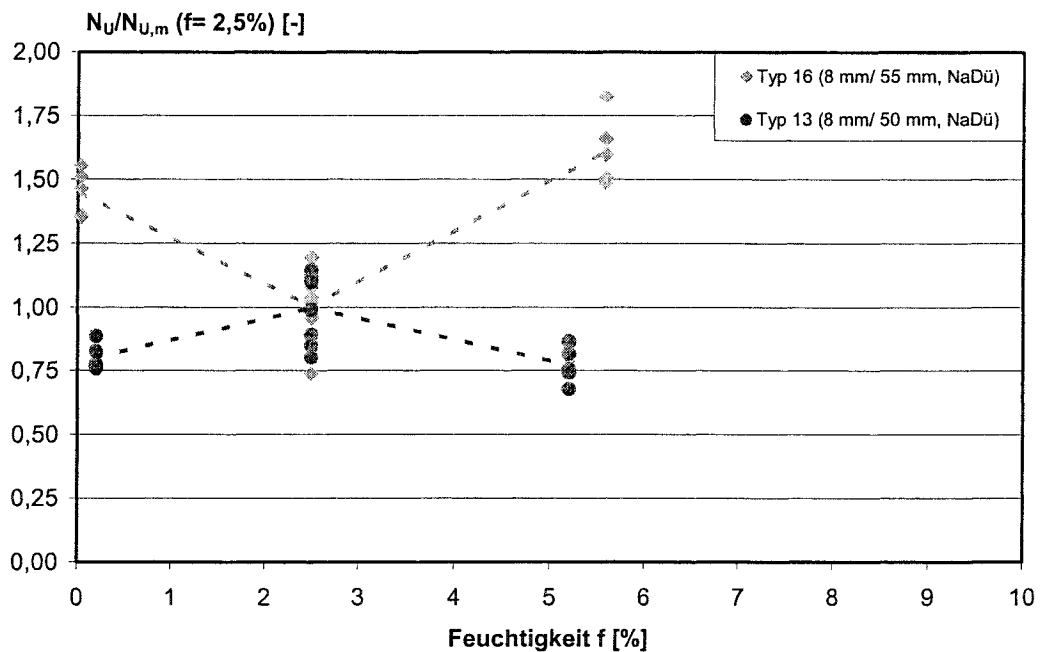


Bild 2.7 Einfluss des Feuchtigkeitsgehalts der Dübelhülse auf die bezogenen Herausziehlasten von Kunststoffdübeln im ungerissenen Beton (Nageldübel), Temperatur $T=20^\circ\text{C}$.

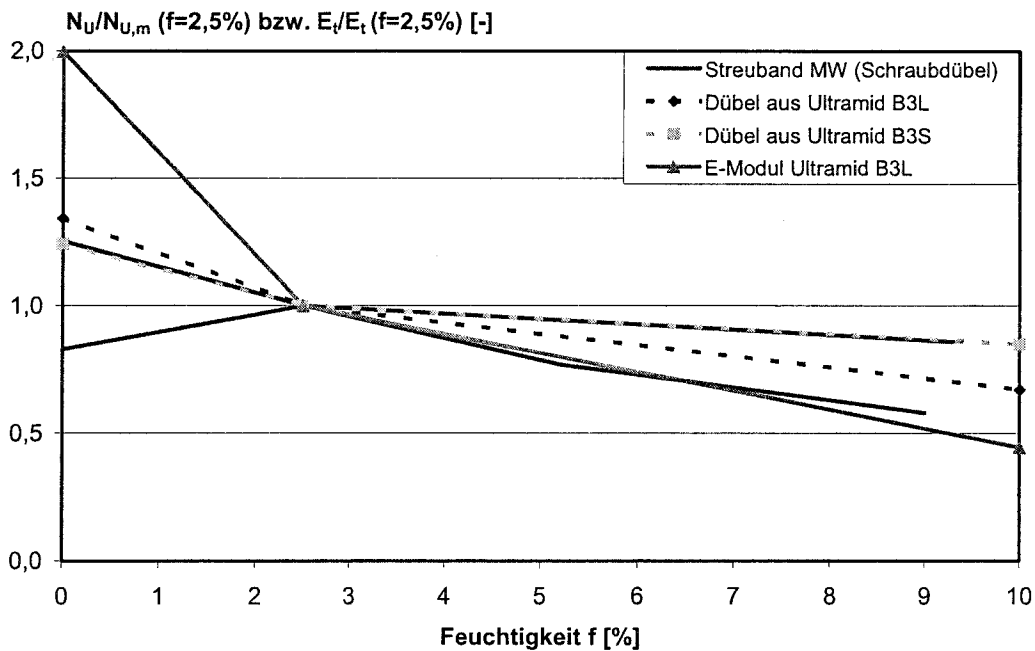


Bild 2.8 Einfluss des Feuchtigkeitsgehalts der Dübelhülse auf das Streuband der mittleren bezogenen Herausziehlasten von Kunststoffdübeln (Schraubdübel und Nageldübel) im ungerissenen Beton, auf den E-Modul von Ultramid B3L[®] und die bezogenen Herausziehlasten von Kunststoffdübeln aus Ultramid B3L[®] und Ultramid B3S[®], Temperatur T= 20°C.

2.3 Einfluss der Temperatur

In Bild 2.9 (Schraubdübel) und Bild 2.10 (Nageldübel) ist der Einfluss der Temperatur des Untergrundes bzw. der Dübelhülse auf die bezogenen Herausziehlasten von Kunststoffdübeln im ungerissenen Beton dargestellt. Die Bruchlasten der Versuche sind auf den Mittelwert der jeweiligen Versuchsserie bei T= 20°C bezogen. Das Diagramm zeigt Herausziehlasten verschiedener Dübeltypen, Durchmesser und Verankerungstiefen. Zusätzlich ist der Streubereich der Mittelwerte als durchgezogene Linie eingezeichnet.

Die Temperatur ist ein wesentlicher Einflussfaktor auf die Werkstoffeigenschaften von Polyamid. Dabei nehmen Steifigkeit und Festigkeit des Kunststoffes mit zunehmender Temperatur ab. Im Temperaturbereich zwischen 0°C und 80°C, der für die Anwendung von Kunststoffdübeln im europäischen Raum von besonderem Interesse ist, durchläuft Polyamid6 im luftfeuchten Zustand den Glasübergangsbereich bei ca. 20°C bis 30°C. In diesem Bereich ist die Abnahme des E-Moduls besonders ausgeprägt, und die Werkstoffcharakteristik der Spannungs-Dehnungskurve wechselt von spröde zu duktil.

Die bezogenen Herausziehlasten von Schraub- und Nageldübeln nehmen mit zunehmender Temperatur ab. Bei einer Temperatur von T= -10°C ergeben sich bei Dübel Typ 3 Herausziehlasten, die im Mittel bis zu 24% größer sind als bei 20°C. Die bezogenen mittleren Herausziehlasten liegen bei einer Temperatur von T= 0°C zwischen 0,72 und 1,14. Bei 40°C bis 60°C ergeben sich bezogene



Herausziehlasten, die im Mittel zwischen 0,54 und 1,12 liegen. Bei 80°C beträgt die Abminderung der Herausziehlasten im Vergleich zum Mittelwert bei 20°C zwischen 13% und 62%.

Der Einfluss der Temperatur auf die bezogenen Herausziehlasten hängt stark vom untersuchten Dübeltyp ab. Der Schraubdübel Typ 5 (d= 14 mm, Bild 2.9) hat bei 0°C geringere Herausziehlasten als im Referenzversuch. Bei einigen der untersuchten Dübeltypen ist der Einfluss der Temperatur bis etwa 60°C teilweise sehr gering. Beim Nageldübel Typ 16 (Bild 2.10) ist im Temperaturbereich zwischen 0°C und 40°C nahezu kein Einfluss der Temperatur auf die Herausziehlasten zu erkennen. Wie bereits beim Einfluss des Feuchtigkeitsgehaltes diskutiert, ist bei Dübel Typ 16 für diese Tendenz vermutlich die Versagensart verantwortlich. Erst bei einer Temperatur von 80°C fällt die mittlere Herausziehlast im Vergleich zum Referenzversuch um fast 50% ab. Der Nageldübel Typ 13 hat, ähnlich wie beim Einfluss von Feuchtigkeit, im Referenzversuch bei T= 20°C die höchsten Herausziehlasten, während sie bei 0°C und 60°C deutlich geringer sind. Bei einer Temperatur von 0°C könnte, wie in den Versuchen mit trockener Hülse, eine Schädigung der Dübelhülse durch das Verspreizen vorliegen.

Bei Untersuchungen zum Einfluss der Temperatur auf die Herausziehlasten ist eine einheitliche Versuchsdurchführung wichtig. Das übliche Vorgehen bei Versuchen mit Kunststoffdübeln sieht vor, dass die Dübel bei einer Prüftemperatur von 0°C und 50°C kurz vor dem Versuch montiert werden, während bei Versuchen bei einer Temperatur von 80°C die Dübel bei 20°C montiert werden und dann 24 h bei 80°C in eingebautem Zustand lagern.

Gemäß dem Zeit-Temperatur-Verschiebungsprinzip lässt sich eine erhöhte Temperatur während der Relaxationszeit in eine Verlängerung der Relaxationszeit vor dem Versuch umrechnen. Es liegt daher nahe zu vermuten, dass die Versuchsdurchführung bei 0°C und 50°C zu günstigeren Ergebnissen führt als die Vorgehensweise bei einer Temperatur von 80°C, da eine verlängerte Relaxationszeit, die zudem bei erhöhten Temperaturen wirkt, zu deutlich geringeren Spreizkräften führt. Vergleichsversuche sollten durchgeführt werden, um den Einfluss zu quantifizieren.

Insgesamt bleibt festzustellen, dass die Versuchsergebnisse durch die unterschiedliche Vorgehensweise nur bedingt miteinander vergleichbar sind. Es ist zu klären, welcher Anwendungsfall von praktischer Relevanz ist (Montage bei 80°C und sofortiger Ausziehversuch oder Montage bei 20°C und erhöhte Temperatur bei der Relaxation). Die Versuchsdurchführung sollte vereinheitlicht werden.

Bild 2.11 zeigt den Streubereich der Mittelwerte der untersuchten Schraubdübel aus Bild 2.9 und die in der Literatur beschriebenen Beziehungen für die bezogenen Herausziehlasten von Kunststoffdübeln aus Ultramid®. Zusätzlich ist der Einfluss der Temperatur auf den bezogenen Elastizitätsmodul von Ultramid B3L® dargestellt. In der Darstellung des Streubereiches der Versuchsergebnisse wurden die Werte, die ein Ansteigen der mittleren Herausziehlast mit zunehmender Temperatur ergeben nicht berücksichtigt, da dieses Verhalten theoretisch nicht erklärt werden kann.

Die von [Ehrenstein 76/1] ermittelten Kurven für Ultramid B3L® und Ultramid B3S® liegen innerhalb des Streubereiches der ausgewerteten Versuche. Allerdings wird



deutlich, dass der Einfluss der Temperatur auf die Herausziehlasten vom Dübeltyp abhängt. Ein Vergleich des Streubereiches der Versuchsergebnisse mit der Abhängigkeit des E-Moduls von der Temperatur zeigt, wie bereits beim Einfluss der Konditionierung, dass die Steifigkeit des Kunststoffes zwar die Tendenz des Verhaltens vorgibt, aber quantitativ nicht der einzige Einflussparameter ist. Die zusätzliche Erwärmung des Kunststoffes beim Verspreizen hat einen entscheidenden Einfluss auf die Größe der Spreizkraft und damit auf die Größe der Herausziehlast. Der auf 20°C bezogene Zugmodul von Ultramid B3L[®] durchläuft einen größeren Wertebereich als die bezogenen Herausziehlasten. Er beträgt bei einer Temperatur von -10°C 2,5 und bei 80°C 0,26. Bei den Herausziehlasten bewirkt die Erwärmung des Kunststoffes beim Eintreiben des Spreizelementes, dass die Herausziehlasten bei 0°C geringere bezogene Werte ergeben als der bezogene E-Modul.

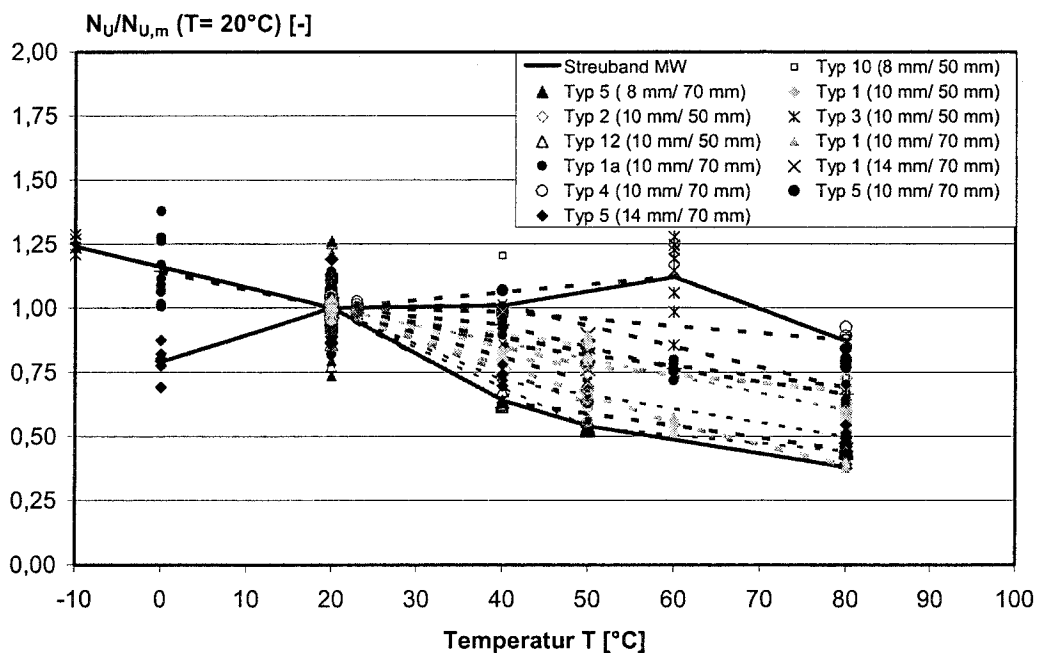


Bild 2.9 Einfluss der Temperatur auf die bezogenen Herausziehlasten von Kunststoffdübeln (Schraubdübel) im ungerissenen Beton, Konditionierung luftfeucht.

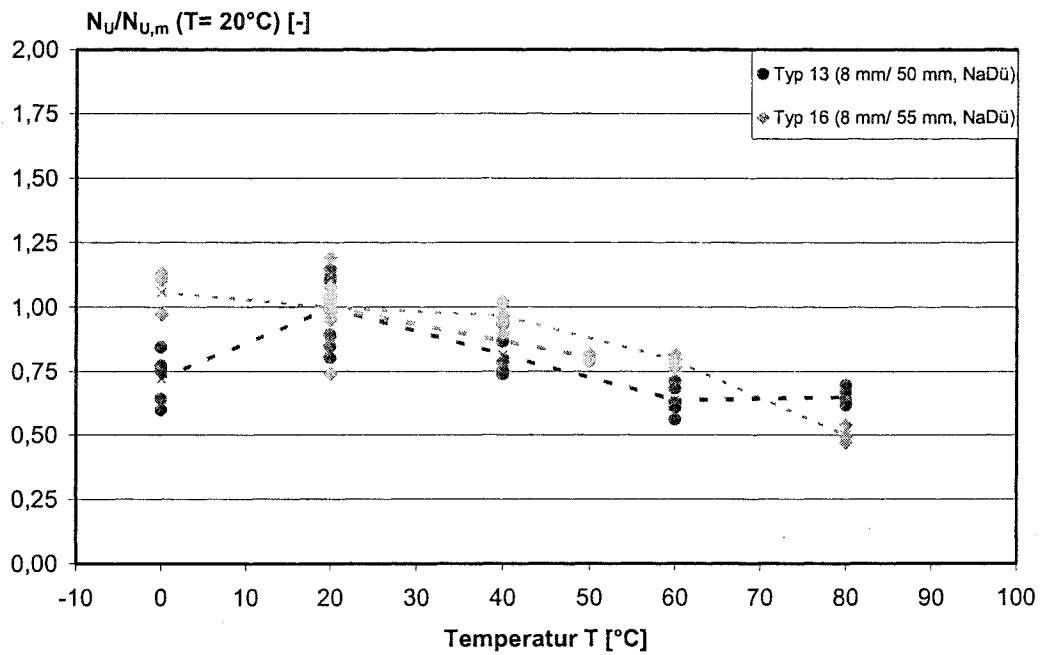


Bild 2.10 Einfluss der Temperatur auf die bezogenen Herausziehlasten von Kunststoffdübeln (Nageldübel) im ungerissenen Beton, Konditionierung luftfeucht.

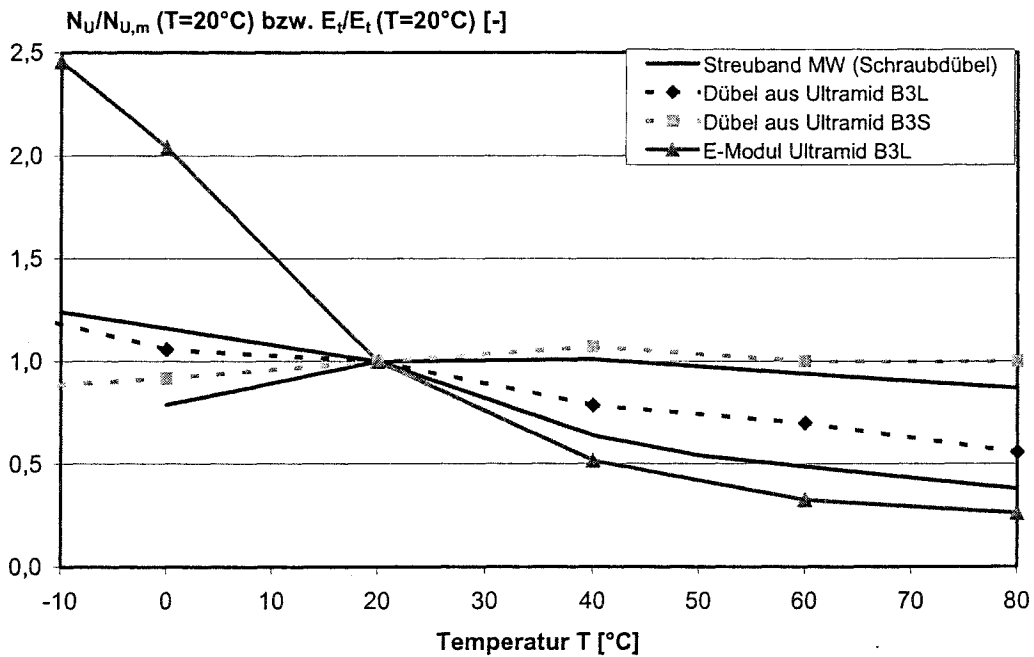


Bild 2.11 Einfluss der Temperatur auf das Streuband der mittleren Herausziehlasten von Kunststoffdübeln (Schraubdübel) im ungerissenen Beton, auf den bezogenen E-Modul und die bezogenen Herausziehlasten von Kunststoffdübeln aus Ultramid B3L[®] und Ultramid B3S[®], Konditionierung luftfeucht.



2.4 Einfluss des Belastungszeitpunktes

Bei Versuchen zum Einfluss des Belastungszeitpunktes auf die Herausziehlasten von Kunststoffdübeln im ungerissenen Beton wurden die Dübel gesetzt und unbelastet bis zum Versuchsbeginn gelagert. Nach der unbelasteten Lagerung wurden die Dübel auf zentrischen Zug bis zum Versagen belastet. Die in den Diagrammen angegebene Zeit entspricht der Zeitdifferenz Δt zwischen Dübelmontage und Ausziehversuch.

Das Tragverhalten von Kunststoffdübeln im ungerissenen Beton wird hauptsächlich durch die beiden Mechanismen der Relaxation der Spreizkraft und des Anstiegs des Reibkoeffizienten zwischen Dübelhülse und Beton bestimmt. Aus der Literatur ist bekannt, dass diese beiden Mechanismen gegenläufig und unterschiedlich schnell verlaufen. Die Spreizkraft bzw. Spaltkraft nimmt hauptsächlich in den ersten Stunden nach der Montage stark ab [Ehrenstein 76/1] und [Ehrenstein 76/2] und bewirkt dadurch in diesem Zeitraum eine Abnahme der mittleren Herausziehlasten. Der Reibkoeffizient steigt hingegen langsam mit zunehmender Zeitdifferenz an ([Ehrenstein 76/1] und [Ehrenstein 76/2]). Der Anstieg wird durch die Zunahme des Mikroformschlusses des Kunststoffes mit der Bohrlochoberfläche begründet, da der Kunststoff langsam in die Unebenheiten des Bohrlochs kriecht. Die gegenläufigen Tendenzen von Spreizkraft und Reibkoeffizient bewirken ab einer bestimmten Zeitdifferenz eine Zunahme der Herausziehlasten.

Das Ansteigen der Herausziehlasten mit zunehmender Zeitdifferenz ist nur möglich, wenn der Dübel beim Ausziehversuch infolge der äußeren Reibung durch Herausziehen der Dübelhülse aus dem Bohrloch versagt. Tritt ein Versagen zwischen Spreizelement und Kunststoffhülse auf, so ist nicht damit zu rechnen, dass die Herausziehlasten mit zunehmender Zeitdifferenz ansteigen.

Der Einfluss der Zeitdifferenz Δt zwischen Montage und Belastung des Dübels auf die bezogenen Herausziehlasten verschiedener Schraubdübel ist in Bild 2.12 dargestellt. Bezugswert ist die mittlere Herausziehlast bei Belastung des Dübels 5 bis 10 Minuten nach der Montage. Es wird deutlich, dass sich die untersuchten Schraubdübel stark unterschiedlich verhalten. In allen Fällen tritt Versagen durch Herausziehen der Dübelhülse aus dem Bohrloch auf, so dass die Zunahme des Reibkoeffizienten der äußeren Reibung mit zunehmender Zeitdifferenz bei den untersuchten Dübeltypen einen Einfluss auf die Herausziehlasten ausübt. Im Zeitraum bis 20 h nach der Montage ergeben sich bezogene mittlere Herausziehlasten, die maximal 12% geringer sind als bei Belastung direkt nach der Montage. Bei Dübel Typ 1 ($d = 14$ mm) ist die mittlere Herausziehlast nach 20 h so groß wie direkt nach der Montage. Bei Dübel Typ 5 ($d = 8$ mm und $d = 10$ mm) sind die mittleren Herausziehlasten zwischen 20 h und 1.000 h größer als die Werte, die direkt nach der Montage gemessen werden. Der Anstieg des Reibkoeffizienten scheint bei Dübel Typ 5 sehr schnell zu verlaufen. Bei den anderen untersuchten Schraubdübeln fallen die mittleren Herausziehlasten bis zu einer Zeitdifferenz von 1.000 h ab. Die mittlere bezogene Herausziehlast liegt bei 1.000 h Zeitdifferenz bei Werten zwischen 0,8 und 1,0. Erst bei Versuchen mit 3.000 h Zeitdifferenz ergeben sich bei diesen Dübeltypen Herausziehlasten, die im Mittel größer sind als bei Belastung direkt nach der Montage. Nach 3.000 h Zeitdifferenz betragen die mittleren bezogenen Herausziehlasten zwischen 1,06 und 1,17.



Die Versuche mit Dübel Typ 5 wurden von einem anderen Prüfinstitut durchgeführt wie die Versuche mit den anderen Dübeltypen. Der Verlauf der Herausziehlasten des Dübels Typ 5 passt nicht zur bisher vorgestellten Theorie, da die Werte aus der Literatur einen deutlich langsameren Anstieg des Reibkoeffizienten als die bezogenen Herausziehlasten des Dübels Typ 5 zeigten. Der Anstieg des Reibkoeffizienten ist eine Eigenschaft, die von der Kriechneigung des Kunststoffes abhängt und daher nicht wesentlich vom Dübeltyp beeinflusst wird.

In Bild 2.13 sind die bezogenen Herausziehlasten der untersuchten Nageldübel in Abhängigkeit von der Zeitdifferenz Δt zwischen Dübelmontage und Ausziehversuch aufgetragen. Im Zeitraum bis 20 h steigen die Herausziehlasten des Dübels Typ 15 im Mittel etwas an, während sie bei den anderen untersuchten Dübeltypen deutlich abfallen. Der bezogene Mittelwert des Dübels Typ 16 liegt nach 20 h bei 0,89. Nach 1.000 h Zeitdifferenz liegen die Herausziehlasten der Dübel Typ 13 und Typ 16 noch deutlich unterhalb der Werte, die direkt nach der Montage gemessen werden. Erst im Zeitraum zwischen 1.000 h und 3.000 h steigen die Herausziehlasten der untersuchten Dübeltypen auf einen Wert größer oder gleich 1,0 an. Die mittlere Herausziehlaste ist nach 3.000 h bis zu 25% größer als bei den Versuchen direkt nach der Montage. Bei Dübel Typ 16 sind Versuchsergebnisse bis 5.000 h Zeitdifferenz dargestellt. Es wird deutlich, dass bei diesem Dübeltyp die Herausziehlasten bei Zeitdifferenzen größer als 3.000 h annähernd konstant bleiben.

Die Dübel Typ 13 und Typ 15 versagen bei den dargestellten Versuchen durch Herausziehen der Hülse aus dem Bohrloch. Hier ist der Anstieg der Herausziehlasten auf die Zunahme der äußeren Reibung zwischen Dübelhülse und Beton zurückzuführen. Dübel Typ 16 versagt kombiniert durch Herausziehen der Hülse aus dem Bohrloch und durch Herausziehen des Nagels aus der Hülse. Bei diesem Dübeltyp hat daher der Anstieg des Reibkoeffizienten der äußeren Reibung ebenfalls einen Einfluss auf die Herausziehlasten.

Insgesamt bleibt festzustellen, dass sich Schraubdübel und Nageldübel im ungerissenen Beton beim Einfluss der Zeitdifferenz etwa gleich verhalten. Die einzelnen Ergebnisse sind jedoch stark vom Dübeltyp abhängig. So kann der Anstieg der Herausziehlasten, der auf die Zunahme des Reibkoeffizienten zwischen Dübelhülse und Bohrlochoberfläche zurückzuführen ist, bei einigen Dübeltypen bereits zwischen 20 h und 1000 h beobachtet werden, während bei anderen Dübeln der Anstieg erst nach etwa 1.000 h deutlich erkennbar ist.

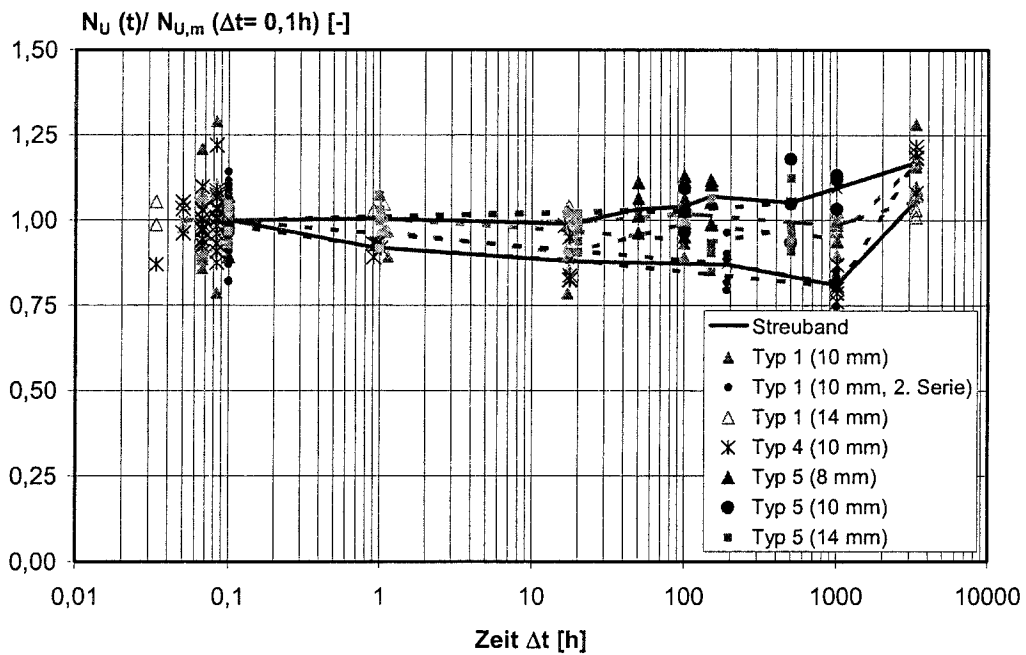


Bild 2.12 Einfluss des Belastungszeitpunktes auf die bezogenen Herausziehlasten von Kunststoffdübeln (Schraubdübel) in ungerissemem Beton, Konditionierung luftfeucht, Temperatur 20°C.

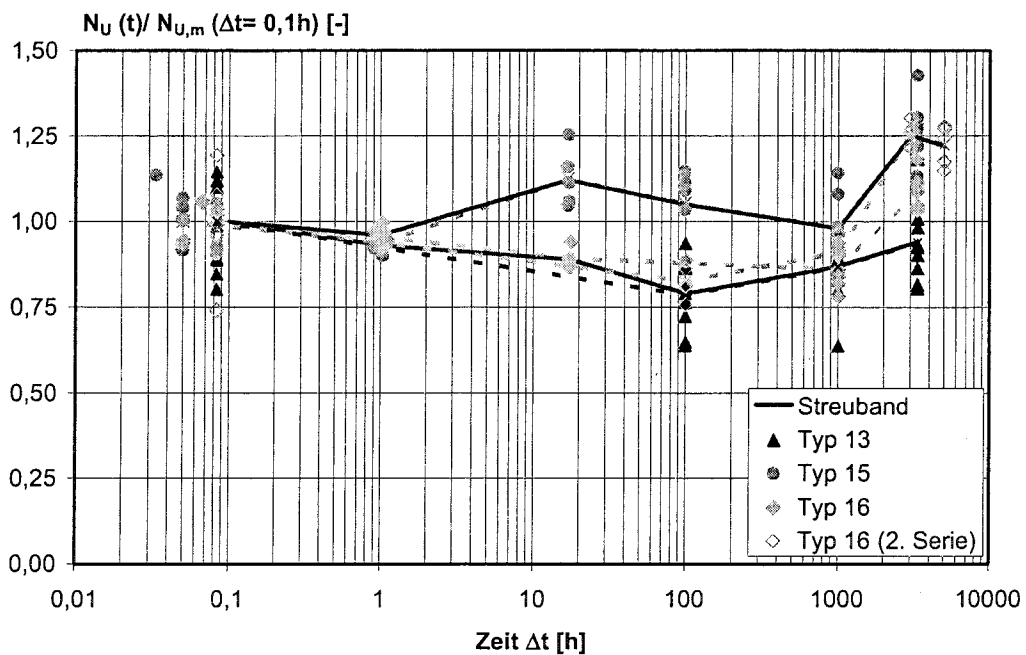


Bild 2.13 Einfluss des Belastungszeitpunktes auf die bezogenen Herausziehlasten von Kunststoffdübeln (Nageldübel) in ungerissemem Beton, Konditionierung luftfeucht, Temperatur 20°C.



3 Sicherheitskonzept zum Tragverhalten von Kunststoffdübeln in Beton

Um ein Versagen von Befestigungsmitteln zu verhindern, muss die auf den bzw. die Dübel einwirkende Last kleiner sein als der betreffende Widerstand.

Befestigungssysteme nutzen im Allgemeinen örtlich die Zugtragfähigkeit des Betons. Die Zugtragfähigkeit von Beton ist im Vergleich zur Druckfestigkeit gering und kann lokal streuen.

Um einen Sicherheitsabstand zwischen Einwirkung S und Widerstand R zu garantieren und dadurch die Versagenswahrscheinlichkeit zu verringern, werden für Einwirkung und Widerstand Fraktilewerte der Verteilungen (95% bzw. 5%) angesetzt. Der Abstand zwischen Einwirkung und Widerstand wird zusätzlich durch einen Sicherheitsfaktor vergrößert.

Die bisherigen Sicherheitskonzepte verwenden auf der Widerstandseite die 5%-Fraktile und einen globalen Sicherheitsfaktor. In modernen Bemessungskonzepten werden Teilsicherheitsfaktoren angewendet, die Unsicherheiten auf der Widerstands- und der Einwirkungsseite erfassen.

In einem Sicherheitskonzept für Befestigungen sind auch mögliche Ungenauigkeiten durch die Montage zu berücksichtigen.

Eine Umrechnung zwischen dem globalen Sicherheitskonzept und dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten kann über den Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkung erfolgen. Hierbei ist ein Teilsicherheitsbeiwert von $\gamma_F = 1,4$ üblich. Dieser Faktor gilt für ein Verhältnis von ständig wirkender Last G zu Verkehrslast Q von 2,0.

3.1 Sicherheitskonzept der bauaufsichtlichen Zulassungen für Kunststoffdübel mit globalen Sicherheitsfaktoren

Bei dem Sicherheitskonzept mit globalen Sicherheitsfaktoren, das in den deutschen bauaufsichtlichen Zulassungen für Kunststoffdübel Verwendung findet, wird die zulässige Last aus den Ergebnissen von zentrischen Ausziehversuchen im ungerissenen Beton ermittelt. Sie wird aus der 5%-Fraktile der Herausziehlasten von Versuchen unter Standardbedingungen mit einem globalen Sicherheitsfaktor $\gamma = 5,0$ bzw. von Versuchen unter Extrembedingungen mit einem globalen Sicherheitsfaktor $\gamma = 3,0$ abgeleitet (Gleichung (3.1)). Weiterhin werden in neueren Gutachten zur Ableitung der zulässigen Last Versuche unter Standardbedingungen im gerissenen Beton (Rissbreite $w = 0,3$ mm) berücksichtigt. Der Sicherheitsfaktor beträgt in diesem Fall ebenfalls $\gamma = 3,0$.

Die 5%-Fraktile wird unter der Annahme einer unbekanntenen Standardabweichung mit einer Aussagewahrscheinlichkeit von 90% nach [Owen 68] berechnet. Maßgebend ist das Minimum der ermittelten zulässigen Last aus Versuchen unter Standardbedingungen, unter Extrembedingungen und aus Versuchen im gerissenen Beton.



Die Versuche unter Standardbedingungen werden im ungerissenen und gerissenen Beton bei 20°C mit luftfeuchter Dübelhülse durchgeführt ($d_{\text{cut,m}}$). Bei den Versuchen unter Extrembedingungen werden die Ergebnisse von Versuchen mit nasser Dübelhülse ($T= 20^\circ\text{C}$) oder von Versuchen bei einer Temperatur von 80°C (luftfeuchte Hülse) verwendet, wobei die berechneten Fraktilwerte zusätzlich mit einem Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses des maximalen Bohrereckmaßes $d_{\text{cut,max}}$ abgemindert werden (Gleichung (3.2)). Alternativ darf auch der Einfluss von Temperatur und Feuchtigkeit in Kombination mit einem großen Bohrereckmaß in entsprechenden Versuchen bestimmt werden.

Der globale Sicherheitsfaktor für Standardbedingungen wurde vom Sachverständigenausschuss „Verankerungen und Befestigungen“ bei der Ableitung der zulässigen Last von Kunststoffdübeln größer als für andere Befestigungsmittel gewählt, da dadurch der festigkeitsmindernde Einfluss von gerissenen Beton pauschal berücksichtigt werden soll. Durch die relativ geringen zulässigen Lasten sollte ebenfalls vermieden werden, dass Kunststoffdübel unter dauernder Zuglast infolge Kriechen versagen.

Aufgrund des geringen Einflusses der Betonfestigkeit auf die Herausziehlasten von Kunststoffdübeln wird diese bei der Bestimmung der zulässigen Last nicht berücksichtigt.

$$\text{zulF} = \frac{N_{U,5\%}}{\gamma} \quad (3.1)$$

mit zulF : zulässige Last nach bauaufsichtlichen Zulassungen
 $N_{U,5\%}$: 5%-Fraktile der Herausziehlasten im ungerissenen Beton unter Standardbedingungen oder Extrembedingungen bzw. im gerissenen Beton
 γ : globaler Sicherheitsfaktor
 $\gamma = 5,0$ bei Versuchen unter Standardbedingungen
 $\gamma = 3,0$ bei Versuchen unter Extrembedingungen sowie bei Versuchen im gerissenen Beton

$$N_{U,5\%,\text{Extrem}} = N_{U,5\%,\text{Eignung}} \cdot \frac{N_{U,m,\text{max.BEM}}}{N_{U,m,\text{Referenz}}} \quad (3.2)$$

mit $N_{U,5\%,\text{Extrem}}$: 5%-Fraktile der Herausziehlasten unter Extrembedingungen ($T= 80^\circ\text{C}$ oder nasse Kond.)
 $N_{U,m,\text{max.BEM}}$: mittlere Herausziehlast bei maximalem Bohrereckmaß ($T= 20^\circ\text{C}$, luftfeuchte Kond.)
 $N_{U,m,\text{Referenz}}$: mittlere Herausziehlast unter Standardbedingungen

$$\frac{N_{U,m,\text{max.BEM}}}{N_{U,m,\text{Referenz}}} \leq 0,9$$

3.1.1 Auswertung der Versuchsergebnisse nach dem bisherigen Sicherheitskonzept mit globalen Sicherheitsfaktoren

In Bild 3.1 sind die zulässigen Lasten für sechs unterschiedliche Dübeltypen (Schraubdübel) dargestellt. Sie wurden nach der Vorgehensweise für nationale bauaufsichtliche Zulassungen des deutschen Instituts für Bautechnik mit einem globalen Sicherheitsfaktoren bestimmt (Abschnitt 3.1). Als Versuchsdaten wurden die Ergebnisse der zentrischen Ausziehversuche im ungerissenen und gerissenen Beton aus der Datenbank herangezogen. Die Fraktilwerte der Herausziehlasten im gerissenen Beton bei einer Rissbreite von $w = 0,3$ mm wurden durch lineare Interpolation zwischen den Ergebnissen der Versuche mit einer Rissbreite von $w = 0,2$ mm und $w = 0,4$ mm bestimmt.

Die untersuchten Dübel sind alle bauaufsichtlich zugelassen. In Bild 3.1 ist deshalb zusätzlich die zulässige Last nach der bauaufsichtlichen Zulassung eingetragen. Es wird deutlich, dass alle untersuchten Schraubdübel bei Ableitung der zulässigen Last aus den Versuchen im ungerissenen Beton in der Regel den Sollwert erreichen. Nur bei den Versuchen unter Extrembedingungen mit Dübel Typ 1 ($d = 10$ mm, $h_{ef} = 50$ mm) und Dübel Typ 5 ($d = 8$ mm, $h_{ef} = 70$ mm) ergeben sich zulässige Lasten, die etwas unterhalb des Sollwerts liegen, weil die Abminderung der Herausziehllast bei maximalem Bohrereckmaß relativ groß ist. Prüft man den Einfluss von Temperatur und Bohrereckmaß zusammen, ergibt sich bei diesen Dübeln eine geringere Abminderung der Herausziehlasten unter Standardbedingungen als bei einer multiplikativen Überlagerung der Einflüsse. In diesem Fall wird der Sollwert der zulässigen Last erreicht.

Aus den Versuchen im gerissenen Beton (Rissbreite $w = 0,3$ mm) kann bei Dübel Typ 1 ($d = 10$ mm, $h_{ef} = 70$ mm), Dübel Typ 4 ($d = 10$ mm, $h_{ef} = 70$ mm) und Dübel Typ 5 ($d = 14$ mm, $h_{ef} = 70$ mm) der Sollwert der zulässigen Last etwa nachgewiesen werden. Bei den anderen untersuchten Dübeltypen wird der Sollwert deutlich unterschritten.

Der Abfall der Herausziehlasten von Schraubdübeln unter Standardbedingungen beträgt im gerissenen Beton bei einer Rissbreite von 0,3 mm zwischen 65% und 48%. Im gerissenen Beton ist zudem die Streuung der Herausziehlasten deutlich größer als in den Referenzversuchen im ungerissenen Beton. Daher ist das Verhältnis der Fraktilwerte noch kleiner als das Verhältnis der Mittelwerte und es ergeben sich trotz kleinerem Sicherheitsbeiwert im gerissenen Beton deutlich geringere zulässige Lasten als im ungerissenen Beton.

Bild 3.2 zeigt die zulässigen Lasten für Nageldübel Typ 16. Der untersuchte Nageldübel erreicht unter allen Versuchsbedingungen den Sollwert der zulässigen Last.

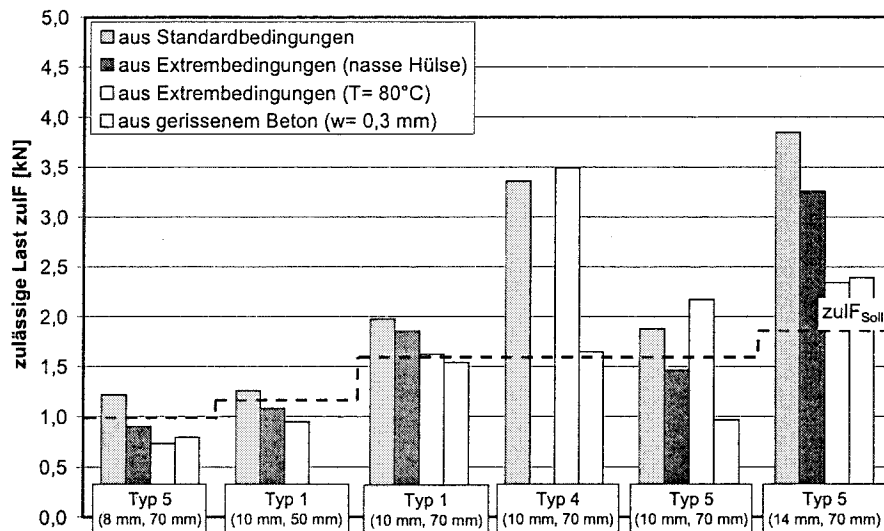


Bild 3.1 Zulässige Lasten (Schraubdübel) nach dem Sicherheitskonzept für nationale bauaufsichtliche Zulassungen für Kunststoffdübel mit globalen Sicherheitsfaktoren.

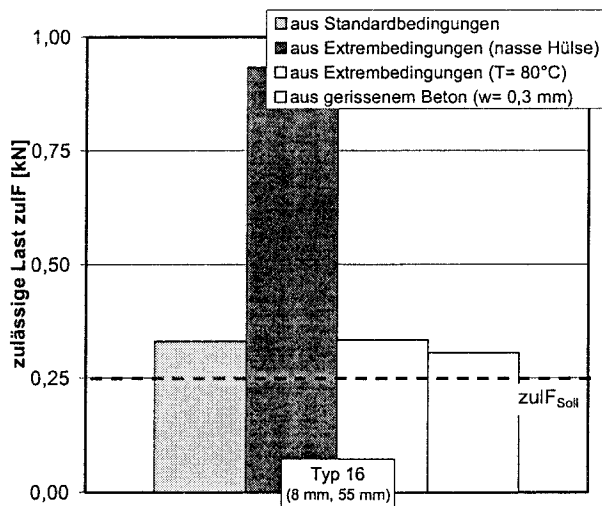


Bild 3.2 Zulässige Lasten (Nageldübel) nach dem Sicherheitskonzept für nationale bauaufsichtliche Zulassungen für Kunststoffdübel mit globalen Sicherheitsfaktoren.



3.2 Neues Sicherheitskonzept des ETAG-Entwurfs für Kunststoffdübel mit Teilsicherheitsfaktoren

In neuen europäischen Normen und europäischen technischen Zulassungen werden anstelle eines globalen Sicherheitsfaktors Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen und Widerstände verwendet. In den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit muss gewährleistet sein, dass der Bemessungswert der Beanspruchung S_d kleiner oder gleich dem Bemessungswert der Beanspruchbarkeit R_d ist (Gleichung (3.3)).

$$S_d \leq R_d \quad (3.3)$$

Der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit ergibt sich aus dem charakteristischen Widerstand R_k und dem Teilsicherheitsbeiwert γ_M für den Materialwiderstand nach Gleichung (3.4). Bei Kunststoffdübeln entspricht der Widerstand R der 5%-Fraktile der Herausziehlasten $N_{U,5\%}$.

In Gleichung (3.5) ist die Berechnung des charakteristischen Widerstandes $N_{R,k}$ für Kunststoffdübel in Beton nach dem Entwurf der ETAG „Kunststoffdübel“ ([ETAG 00/1]) dargestellt. Der charakteristische Widerstand $N_{R,k}$, der in Anlehnung an die ETAG „Verbunddübel“ ([ETAG 00/2]) berechnet wird, ergibt sich danach aus dem Grundwert des charakteristischen Widerstandes $N_{R,k}^0$ multipliziert mit den Abminderungsfaktoren α_i' . Der Grundwert des charakteristischen Widerstandes $N_{R,k}^0$ entspricht der 5%-Fraktile der Herausziehlasten von Versuchen im gerissenen Beton bei einer Rissbreite $w = 0,2$ mm. Die 5%-Fraktile wird unter Annahme einer unbekanntenen Standardabweichung mit einer Aussagewahrscheinlichkeit von 90% nach [Owen 68] berechnet.

Der Abminderungsfaktor α_1' bewertet Lastplateaus in den Last-Verschiebungskurven, den sogenannten unkontrollierten Schlupf. Dabei wird berücksichtigt, dass unkontrollierter Schlupf die Funktionsfähigkeit von Mehrfachbefestigungen beeinträchtigen kann. Beim typischen Last-Verschiebungsverhalten von Kunststoffdübeln in Beton wird diese Regelung jedoch nicht maßgebend. Der Abminderungsfaktor α_2' ergibt sich aus den in Eignungsversuchen gemessenen Herausziehlasten zur Untersuchung des Einflusses von minimalem Bohrereckmaß, Feuchtigkeit, Dauerlast, Schwelllast, Relaxation, gerissenem Beton ($w = 0,4$ mm) und bewegten Rissen. Die Faktoren α_3' und α_4' werden aus den Ergebnissen von Versuchen bei maximaler Langzeittemperatur (in der Regel $T = 50^\circ\text{C}$) und bei maximaler Temperatur, die kurzzeitig am Dübel auftreten darf (in der Regel $T = 80^\circ\text{C}$), ermittelt.

Zur Ermittlung des Bemessungswertes des Widerstandes bei der Versagensart Herausziehen $N_{R,d}$ wird der charakteristische Widerstand $N_{R,k}$ durch den Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mc} für Beton dividiert (Gleichung (3.8)). γ_{Mc} wird nach Gleichung (3.9) ermittelt. Dabei wird der Montagesicherheitsbeiwert γ_2 aus den Versuchen zum Einfluss des maximalen Bohrereckmaßes auf die Herausziehlasten von Kunststoffdübeln abgeleitet.



Zur Ermittlung der Abminderungsfaktoren α_i' werden die mittleren Herausziehlasten bzw. die 5%-Fraktile der Herausziehlasten der Eignungsversuche auf die mittlere Herausziehlaste bzw. die 5%-Fraktile der Referenzversuche bezogen. Dieser Wert wird mit „vorh α_i “ bezeichnet. Die Abminderungsfaktoren α_i' ergeben sich dann aus dem Quotienten vorh α_i zum geforderten Wert req α_i (Gleichung (3.6) und Gleichung (3.7)). Die Abminderungsfaktoren req α_i sind in Tabelle 3.1 zusammengefasst.

Eignungsversuch		req α_i	Berücksichtigung bei
Setzversuche Nageldübel		0,9 ³⁾	γ_2
Drehmomentversuche		-	-
Bohrreackmaß	d _{cut,min}	1,0	α_2
	d _{cut,max}	0,8 ³⁾	γ_2
Konditionierung	trocken	0,8	α_2
	nass	0,8	
Temperatur	0°C	1,0	α_2
	50°C	1,0	α_3
	80°C	0,8 ²⁾	α_4
Schwellast		1,0	α_2
Dauerlast		0,9	α_2
Relaxation	24 h	0,9	α_2
	500 h	1,0	α_2
Gerissener Beton	w= 0,4 mm	0,8 ¹⁾	α_2
Bewegte Risse	$\Delta w=0,1- 0,2\text{mm}$	0,9 ¹⁾	α_2

¹⁾: Bezugswert Versuche im gerissenen Beton w= 0,2 mm

²⁾: Bezugswert Versuche bei T= 50°C

³⁾: für $\gamma_2= 1,2$

Tabelle 3.1 Erlaubte Abminderungsfaktoren req α des Auswerteverfahrens nach [ETAG 00/1].

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (3.4)$$

mit R_d : Bemessungswert des Widerstandes
 R_k : charakteristischer Widerstand (5%-Fraktile)
 γ_M : Teilsicherheitsbeiwert für den Materialwiderstand

$$N_{R,k} = N_{R,k}^0 \cdot \min \left\{ \alpha_1', \alpha_2' \right\} \cdot \alpha_3' \cdot \alpha_4' \quad (3.5)$$

mit $N_{R,k}^0$: charakteristischer Grundwert des Widerstandes
 (aus Versuchen im gerissenen Beton w= 0,2 mm)
 $N_{R,k}$: charakteristischer Wert des Widerstandes
 α_i' : Abminderungsfaktoren nach Gleichung (3.6)

$$\alpha_i' = \frac{\text{vorh}\alpha_i}{\text{req}\alpha_i} \leq 1,0 \quad (3.6)$$

mit vorh α_i : vorhandene Abminderungsfaktoren der Eignungsversuche. Berechnung nach Gleichung (3.7)
 req α_i : erlaubte Abminderungsfaktoren der Eignungsversuche nach [ETAG 00/1] (siehe Tabelle 3.1)



$$\text{vorh}\alpha_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{N_{U,m,\text{Eignung}}}{N_{U,m,\text{Referenz}}} \\ \frac{N_{U,k,\text{Eignung}}}{N_{U,k,\text{Referenz}}} \end{array} \right\} \quad (3.7)$$

- mit $N_{U,m,\text{Eignung}}$: Mittelwert der Herausziehlasten einer Versuchsserie in den Eignungsversuchen
 $N_{U,k,\text{Eignung}}$: 5%-Fraktile der Herausziehlasten einer Versuchsserie in den Eignungsversuchen
 $N_{U,m,\text{Referenz}}$: Mittelwert der Herausziehlasten der Referenzversuche
 $N_{U,k,\text{Referenz}}$: 5%-Fraktile der Herausziehlasten der Referenzversuche

$$N_{R,d} = \frac{N_{R,k}}{\gamma_{Mc}} \quad (3.8)$$

$$\gamma_{Mc} = \gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \quad (3.9)$$

- mit $N_{R,d}$: Bemessungswert des Widerstandes
 γ_{Mc} : Materialsicherheitsbeiwert für Beton
 γ_c : Teilsicherheitsbeiwert für Beton auf Druck
 $\gamma_c = 1,5$
 γ_1 : Teilsicherheitsbeiwert zur Berücksichtigung der Streuung der Zugfestigkeit von Baustellenbeton
 $\gamma_1 = 1,2$ bei normal hergestelltem und nachbehandeltem Beton
 γ_2 : Teilsicherheitsbeiwert zur Berücksichtigung der Montagesicherheit eines Systems
 $\gamma_2 = 1,0$ für Systeme mit hoher Montagesicherheit (req $\alpha_2 = 0,95$)
 $\gamma_2 = 1,2$ für Systeme mit normaler Montagesicherheit (req $\alpha_2 = 0,8$)
 $\gamma_2 = 1,4$ für Systeme mit geringer Montagesicherheit (req $\alpha_2 = 0,7$)

3.2.1 Auswertung der Versuchsergebnisse nach dem ETAG-Entwurf für Kunststoffdübel mit Teilsicherheitsfaktoren

Die im Folgenden dargestellten Bemessungswerte der Herausziehlasten nach [ETAG 00/1] basieren auf den in der Datenbank beschriebenen Versuchsergebnissen.

Die Bemessungswerte der Herausziehlasten werden unter der Annahme ermittelt, dass die Last-Verschiebungskurven der betrachteten Dübel keinen unkontrollierten Schlupf aufweisen ($\alpha_1' = 1,0$), was für Kunststoffdübel in der Regel zutreffend ist. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass bewegte Risse und das Einwirken einer Dauer- bzw. Schwelllast keine Abminderungen des charakteristischen Wertes erfordern. Auch diese Annahmen werden im Allgemeinen von Zulassungsversuchen erfüllt.

Für einige Dübeltypen liegen nicht für alle Versuchsarten, die zum Nachweis der Eignung erforderlich sind, Ergebnisse vor. Versuche zum Einfluss der Temperatur wurden meist nur bei Temperaturen von 40°C, 60°C und 80°C durchgeführt. In diesem Falle wurde mit den Ergebnissen bei 40°C gerechnet.

Die Resttragfähigkeit in bewegten Rissen wurde bei Dübel Typ 4 nicht berücksichtigt, da die Referenzversuche nicht parallel zu den Versuchen in bewegten Rissen durchgeführt wurden.

In Bild 3.3 und Bild 3.4 sind die nach [ETAG 00/1] berechneten Bemessungswerte des Widerstandes $N_{R,d}$ den Sollwerten gegenübergestellt, die sich durch Multiplikation der zulässigen Last nach den bauaufsichtlichen Zulassungen mit dem Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen $\gamma_f = 1,4$ ergeben.

Aus Bild 3.3 und Bild 3.4 geht hervor, dass die ermittelten Bemessungswerte des Widerstands bei den untersuchten Schraub- und Nageldübeln deutlich geringer sind als die bisher zugelassenen Werte. Daraus folgt, dass die in [ETAG 00/1] festgelegten Auswertekriterien strenger sind als die bisher gebräuchlichen Kriterien der nationalen bauaufsichtlichen Zulassungen. Das Sicherheitsniveau der [ETAG 00/1] ist wesentlich höher.

Bei der Erarbeitung der ETAG für Kunststoffdübel wurde in etwa das gleiche Sicherheitsniveau angestrebt wie in den bauaufsichtlichen Zulassungen. Die Auswertemethodik sowie die geforderten Werte $req\alpha_i$ wurden aus der bereits bestehenden Richtlinie für Metaldübel ([ETAG 97]) und für Verbunddübel ([ETAG 00/2]) abgeleitet. Zusätzlich wurden Kriterien, die Besonderheiten des Tragverhaltens von Kunststoffdübeln berücksichtigen, eingearbeitet.

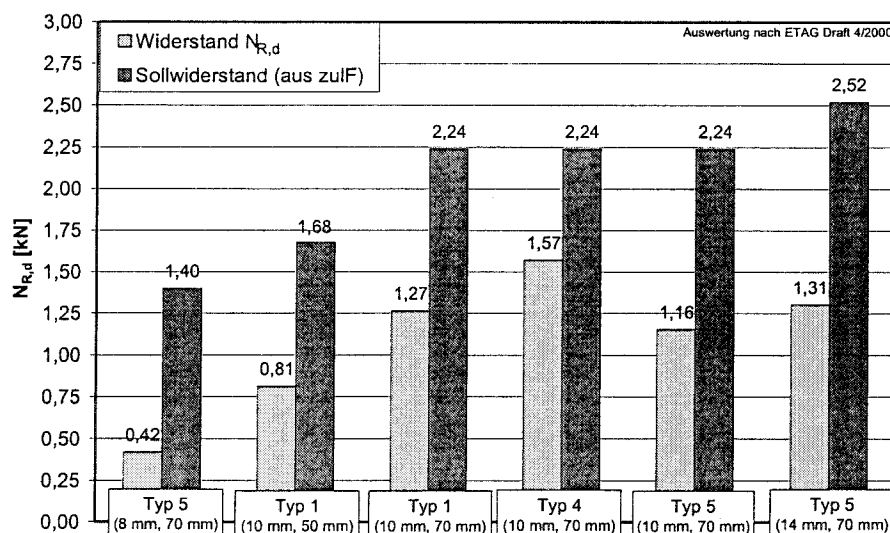


Bild 3.3 Vergleich der Bemessungswerte des Widerstandes für Schraubdübel nach [ETAG 00/1] mit den Sollwerten basierend auf den zulässigen Lasten nach den bauaufsichtlichen Zulassungen für Kunststoffdübel in Beton multipliziert mit $\gamma_f = 1,4$.

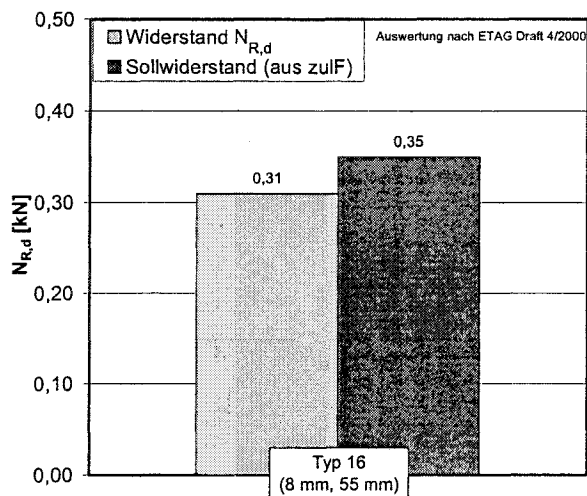


Bild 3.4 Vergleich des Bemessungswertes des Widerstandes für Nageldübel nach [ETAG 00/1] mit dem Sollwertbasierend auf der zulässigen Last nach der bauaufsichtlichen Zulassungen Dübel Typ 16 in Beton multipliziert mit $\gamma_f = 1,4$.

Bei näherer Betrachtung des Auswerteverfahrens fällt auf, dass bei den untersuchten Dübeltypen bereits der Grundwert des charakteristischen Widerstandes $N_{R,k}^0$ sehr klein ist. Der geringe Wert ergibt sich aufgrund der starken Abminderung der Herausziehlasten im gerissenen Beton und durch die große Streuung der Versuchsergebnisse (Variationskoeffizient ca. 20%).

Aus den in den bauaufsichtlichen Zulassungen angegebenen zulässigen Lasten lässt sich ein Sollwert des charakteristischen Widerstandes $N_{R,k}^0$ berechnen, den der Dübel mindestens aufweisen muss, um bei Auswertung nach dem in [ETAG 00/1] vorgeschlagenen Verfahren unter Berücksichtigung von üblichen Werten $\text{vor}\alpha$ mindestens das Niveau der bisher zulässigen Last zu erreichen.

Bild 3.5 und Bild 3.6 zeigen einen Vergleich der Grundwerte der charakteristischen Widerstände der untersuchten Dübel mit den aus den zulässigen Lasten berechneten Sollwerten. Bei der Berechnung der Sollwerte wurde ein Montagesicherheitsbeiwert $\gamma_2 = 1,2$ und Abminderungen infolge von Temperatur ($T = 50^\circ\text{C}$: $\alpha_3' = 0,74$) und nasser Dübelhülse ($\alpha_2' = 0,7/0,8 = 0,88$) berücksichtigt. Die Abminderungsfaktoren wurden der Literatur [Ehrenstein 76/1] entnommen.

In beiden Bildern wird deutlich, dass aus den Ergebnissen der Versuche im gerissenen Beton der ermittelte charakteristische Widerstand in der Regel kleiner ist als der Sollwert, der sich bei Anwendung üblicher Abminderungsfaktoren aus den bisherigen zulässigen Lasten ergibt. Nur bei Dübel Typ 5 mit einem Nenndurchmesser von 14 mm ist der Istwert größer als der Sollwert.

Eine Anpassung des Konzepts mit Teilsicherheitsbeiwerten an das Sicherheitsniveau der bauaufsichtlichen Zulassungen ist möglich, wenn die Sicherheitsfaktoren γ_c bzw.

γ_1 reduziert, die Auswertemethode verändert oder bei der Berechnung der 5%-Fraktile eine Aussagewahrscheinlichkeit von 75% anstatt von 90% verwendet wird. Hierzu ist anzumerken, dass die in der ETAG angewendete Aussagewahrscheinlichkeit von 90% bei Bestimmung der Fraktilen im Vergleich zu anderen europäischen Normen unüblich ist, da in europäischen Normen einheitlich eine Aussagewahrscheinlichkeit von 75% gefordert wird.

Eine Reduzierung der Sicherheitsfaktoren ist denkbar, wenn man berücksichtigt, dass Kunststoffdübel im gerissenen Beton sehr duktile Last-Verschiebungskurven aufweisen und nur in redundanten Systemen angewendet werden dürfen. Die Duktilität der Last-Verschiebungskurven beeinflusst die Lastumlagerung in redundanten Systemen bei Überschreitung der Tragfähigkeit eines Dübels positiv, da der überlastete Dübel trotz großer Verschiebungen noch einen beträchtlichen Anteil an Resthaltekraft aufweist. Daher ist der Ausfall zweier benachbarter Dübel unwahrscheinlicher als beispielsweise bei Deckenabhängern, die im gerissenen Beton in der Regel spröde versagen. Weiterhin wirkt sich bei Kunststoffdübeln günstig aus, dass die Tragfähigkeit auch in sehr breiten Rissen (z.B. $w = 0,7 \text{ mm}$) nicht gegen den Wert Null strebt, da die Spaltkraft in Rissrichtung mit zunehmender Rissbreite einen konstanten Wert annimmt.

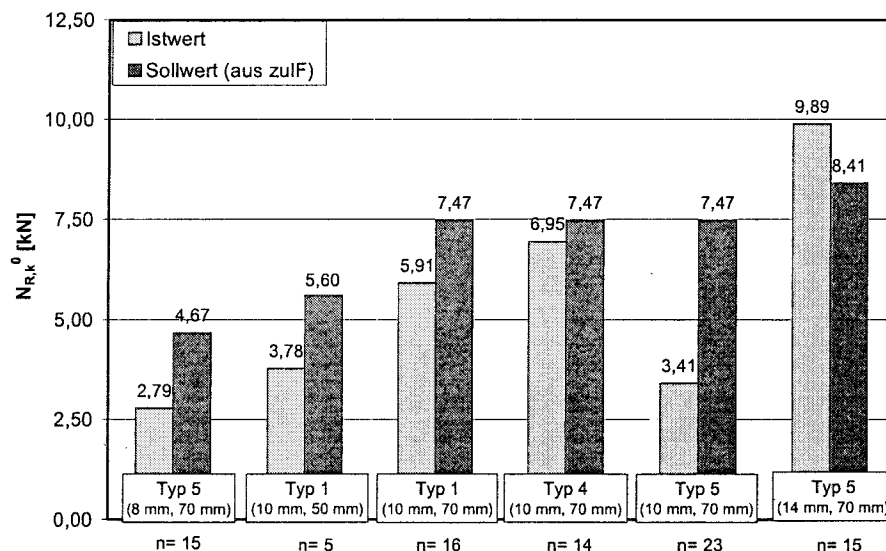


Bild 3.5 Vergleich der Grundwerte des charakteristischen Widerstandes $N_{R,k}^0$ für Schraubdübel aus den Versuchen bei einer Rissbreite von $w = 0,2 \text{ mm}$ mit den Sollwerten basierend auf der zulässigen Last nach den bauaufsichtlichen Zulassungen für Kunststoffdübel in Beton.

Bild 3.7 zeigt die Abminderungsfaktoren vorho_α , die aus den Mittelwerten und aus den 5%-Fraktilen der Herausziehlsten der Eignungsversuche berechnet wurden. Die Darstellung enthält nur die maßgebenden Faktoren, da der Einfluss der trockenen Konditionierung, einer Temperatur von $T = 0^\circ\text{C}$, von bewegten Rissen, von Schwelllast und von Dauerlast in der Regel nicht zu einer Abminderung des charakteristischen Widerstandes führt.

Die Auswertung der Versuche zum Einfluss der Relaxation wurde ebenfalls außer Acht gelassen, obwohl die Anforderungen der [ETAG 00/1] für den Großteil der untersuchten Schraub- und Nageldübel nicht realistisch sind (vgl. Abschnitt 2.4).



Dennoch wurden die ermittelten Abminderungsfaktoren bei keinem Dübeltyp maßgebend. Die ETAG erlaubt nach 24 h Standzeit eine Abminderung der Herausziehlasten um 10% gegenüber den Herausziehlasten bei Belastung direkt nach der Montage, während nach 500 h keine Abminderung mehr vorhanden sein darf. Bei den im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Versuche ergab sich bis 1.000 h Zeitdifferenz zwischen Montage und Dübelbelastung ein deutlicher Abfall der Herausziehlasten. Erst nach 3.000 h lagen die Werte oberhalb der Herausziehlasten direkt nach der Montage (vgl. Bild 2.12 und Bild 2.13). Die Versuche zeigen, dass die Herausziehlasten im ungerissenen Beton aufgrund des zunehmenden Reibkoeffizienten mit zunehmender Zeitdifferenz zwischen Montage und Belastung langfristig ansteigen. Kunststoffdübel weisen damit eine zusätzliche Sicherheit auf, da in Zulassungsverfahren in der Regel Kurzzeitversuche durchgeführt werden. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, eine Wiederholung der Versuche nach einer größeren Zeitdifferenz (z.B. 3.000 h) zu erlauben.

Aus Bild 3.7 geht hervor, dass die in der [ETAG 00/1] festgelegten Faktoren $req\alpha_4$ in den meisten Fällen von den untersuchten Kunststoffdübeln nicht eingehalten werden. Bei einer Temperatur von $T= 50^\circ\text{C}$ wird der geforderte Wert $req\alpha_3= 1,0$ von keinem der untersuchten Dübel gleichzeitig für den aus den Mittelwerten bzw. den aus den Fraktilen der Herausziehlasten bestimmten Wert erreicht. Dübel Typ 1, Dübel Typ 4 und Dübel Typ 5 ($d= 10\text{ mm}$, $h_{ef}= 70\text{ mm}$) erreichen den geforderten Wert knapp, während die anderen Dübel Werte zwischen 0,54 und 0,83 aufweisen.

Bei den Versuchen bei einer Temperatur von 80°C liegen die Werte $vorh\alpha_4$ der meisten untersuchten Dübel nahe beim geforderten Wert von 0,8. Die Abminderungsfaktoren für den Einfluss der Temperatur sind bei den Auswertungen besonders wichtig, da sie über die Faktoren α_3' und α_4' in die Berechnung des charakteristischen Widerstandes eingehen.

Das Kriterium für die Versuche bei minimalem Bohrereckmaß wird nur von zwei der sechs untersuchten Dübel nicht erfüllt und ist daher als unkritisch zu betrachten. Die Eignungsversuche mit maximalem Bohrereckmaß werden im Montagesicherheitsbeiwert berücksichtigt. Es wird deutlich, dass das Kriterium für einen Montagesicherheitsbeiwert $\gamma_2= 1,2$ ($req\alpha_2= 0,8$) nur von zwei der sechs Dübeltypen erfüllt wird. Diese beiden Dübeltypen erreichen sogar einen Montagesicherheitsbeiwert von 1,0. Vier der untersuchten Dübeltypen erhalten einen Montagesicherheitsbeiwert $\gamma_2= 1,4$ ($req\alpha_2= 0,7$). Bei diesen vier Dübeln liegt der Wert $vorh\alpha_2$ sogar unterhalb des geforderten Wertes $req\alpha_2= 0,7$, so dass zusätzlich zum hohen Montagesicherheitsbeiwert eine Abminderung des charakteristischen Widerstandes berücksichtigt werden muss. Die Versuche bei maximalem Bohrereckmaß gehen durch den Montagesicherheitsbeiwert γ_2 direkt in die Berechnung des Bemessungswertes des Widerstandes ein und sind daher bedeutend.

Bei den Versuchen mit nasser Konditionierung der Dübelhülse wird das geforderte Kriterium von den untersuchten Dübeltypen knapp unterschritten. Hier ist zu berücksichtigen, dass die [ETAG 00/1] nur einen Feuchtegehalt von 5% fordert. Die in dieser Arbeit durchgeführten Versuche wurden oft mit wassergesättigter Hülse durchgeführt. Bei Berücksichtigung eines geringeren Feuchtegehalts dürfte der geforderte Wert $req\alpha_2$ erreicht werden.



Bei den Versuchen im gerissenen Beton (Rissbreite $w = 0,4 \text{ mm}$) erreicht keiner der untersuchten Dübel den geforderten Faktor $\text{req}\alpha_2 = 0,8$.

Die Werte $\text{vor}\alpha_i$ des untersuchten Nageldübels sind nicht dargestellt, da der Nageldübel die Anforderungen nur im nassen Zustand und im gerissenen Beton knapp unterschreitet.

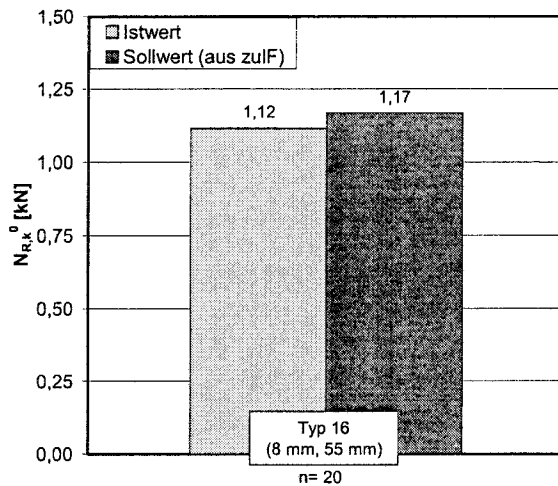


Bild 3.6 Vergleich des Grundwertes des charakteristischen Widerstandes N_{RK}^0 für Nageldübel Typ 16 aus den Versuchen bei einer Rissbreite von $w = 0,2 \text{ mm}$ mit den Sollwerten basierend auf der zulässigen Last nach der bauaufsichtlichen Zulassung.

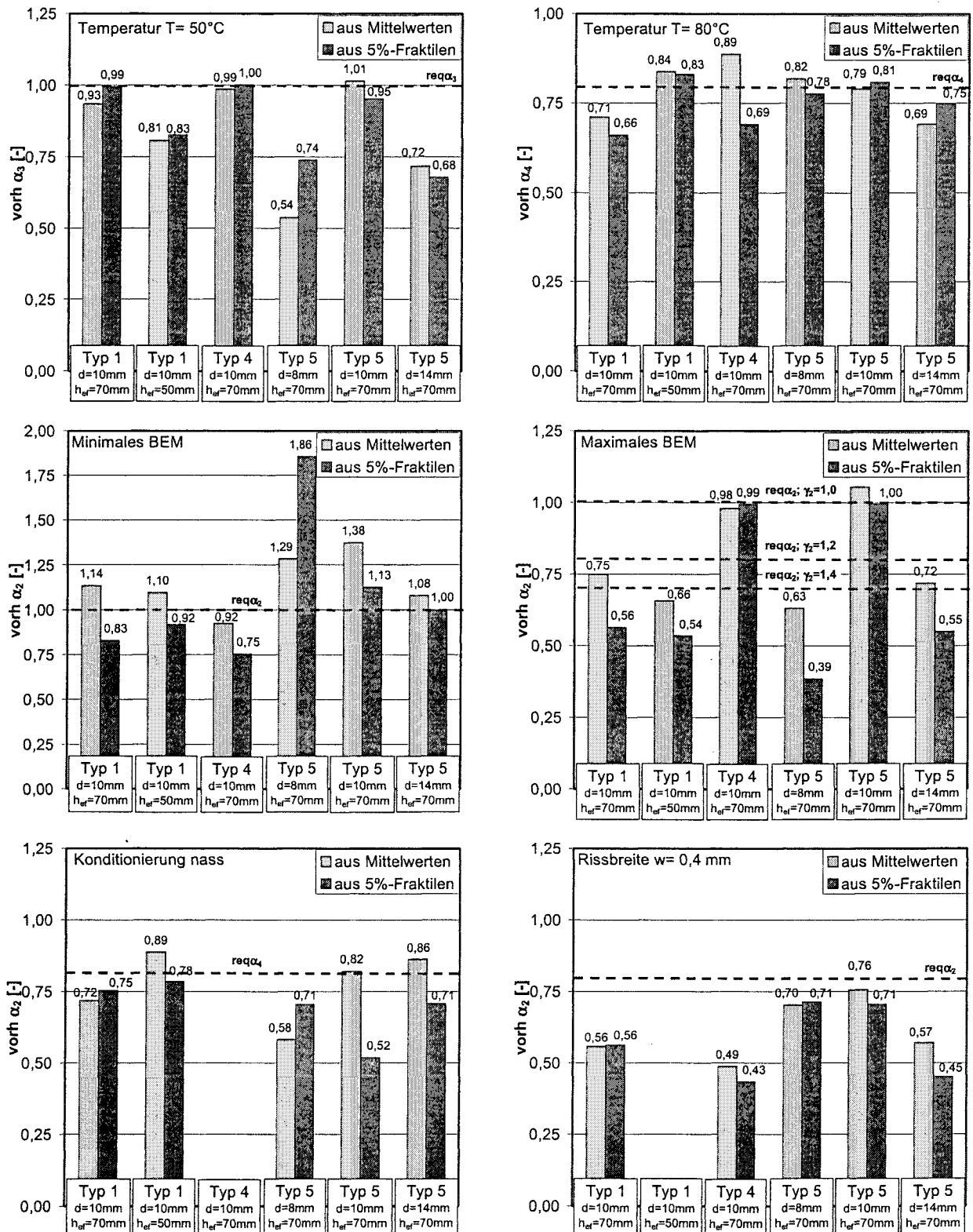


Bild 3.7 Auswertung der Faktoren $\text{vorh } \alpha_i$ für die maßgebenden Einflüsse unterschiedlicher Dübeltypen (Schraubdübel) nach [ETAG 00/1].



3.2.2 Vorschlag für ein verändertes Versuchsprogramm bzw. Auswerteverfahren für Zulassungsverfahren nach ETAG

3.2.2.1 Versuchsdurchführung

Die Auswertung von Versuchen aus verschiedenen Quellen haben gezeigt, dass die Versuchsdurchführung von Ausziehversuchen mit Kunststoffdübeln detaillierter vorgeschrieben werden muss, als dies bisher in Anlehnung an den Annex A der ETAG für Metaldübel [ETAG 97] geschehen ist.

Änderungen an den Versuchseinrichtungen sind dabei nicht notwendig. Vorschriften zur Vereinheitlichung der Montage und der Zeitdifferenzen zwischen Montage und Dübelbelastung reichen aus, um vergleichbare Ergebnisse an verschiedenen Prüfinstituten zu erhalten.

Bei allen Versuchen ist auf eine exakte Konditionierung und Temperierung der Dübelhülsen und Prüfkörper zu achten. Die Eignungsversuche dürfen wahlweise im gerissenen oder im ungerissenen Beton durchgeführt werden.

Die Montage von Kunststoffdübeln sollte bei Versuchen mit Schraubdübeln prinzipiell mit dem Schrauber durchgeführt werden, da die Montageart bzw. die Eindrehgeschwindigkeit die Spreizkraft maßgeblich beeinflusst. Die Schraube muss dabei zügig eingedreht werden, bis der Schraubenkopf auf dem Anbauteil aufliegt (z.B. Montagezeit kleiner als 30 Sekunden). Vorteilhaft ist die Erfassung und Auswertung des Eindreh- und Festdrehmomentes mit einer Drehmomentmesswelle, da dadurch Unregelmäßigkeiten in der Montage erkannt werden können.

Das Anbauteil sollte so konzipiert sein, dass durch die Montage eine Vorspannkraft zwischen Dübel und Untergrund entsteht. Die Vorspannkraft sollte, wie in der Praxis, auch zu Beginn des Ausziehversuchs vorhanden sein, da sie maßgeblich die Steifigkeit der Last-Verschiebungskurve und dadurch die Verschiebung bei Erreichen der Herausziehlust beeinflusst. Die Verschiebung bei Erreichen der Herausziehlust bzw. die Steifigkeit der Last-Verschiebungskurve wird bei Kriechversuchen als Kriterium herangezogen.

Die Zeitdifferenz zwischen Dübelmontage und Ausziehversuch muss möglichst exakt vorgeschrieben werden. Für Kurzzeitzugversuche im ungerissenen Beton sollte die Zeitdifferenz zwischen 3 Minuten und 10 Minuten betragen. Bei Versuchen im gerissenen Beton ist ebenfalls eine konstante Zeitdifferenz zwischen Montage und Rissöffnung und zwischen Rissöffnung und Dübelbelastung einzuhalten, da Spreizkraft und Herausziehlust nach der Rissöffnung beträchtlich ansteigen. Die Versuchspraxis zeigt, dass Zeitdifferenzen zwischen Rissöffnung und Dübelbelastung zwischen 10 Minuten und 20 Minuten eingehalten werden können. Allerdings sollte es erlaubt sein, die Versuche in gerissenem Beton nach einer längeren Zeitdifferenz (z.B. ≤ 1.000 h) nach der Rissöffnung durchzuführen. Die Zeitdifferenz muss jedoch bei Eignungsversuchen und deren Referenzversuche einheitlich sein. In den Versuchsberichten und Auswertungen muss die Zeitdifferenz dokumentiert werden.



Die Belastungsgeschwindigkeit sollte nach [ETAG 97] Annex A gewählt werden. Hier wird eine Zeitdifferenz zwischen Belastungsbeginn und Erreichen der Maximallast von 1 bis 3 Minuten vorgeschlagen.

Bei Versuchen im gerissenen Beton, bei Mehrfachbefestigungen und bei Versuchen am Bauteilrand ist die Orientierung der Spreizhülse zu kontrollieren und zu dokumentieren. Zur Ermittlung des Grundwertes des charakteristischen Widerstandes sind zwei Orientierungen der Spreizhülse zum Riss (z.B. Hauptspreizrichtung senkrecht und parallel zum Riss) zu untersuchen. Bei weiteren Versuche ist eine der beiden Richtungen (z.B. die Ungünstigere) zu verwenden.

3.2.2.2 Versuchsprogramm und Auswertekriterien für die ETAG „Kunststoffdübel“

Die in [ETAG 00/1] Teil 1, Tabelle 5.1 vorgeschlagenen Versuche zum Nachweis der Eignung eines Kunststoffdübels sind erforderlich, um neue Befestigungselemente auf ihre Tauglichkeit zu überprüfen. Allerdings zeigen die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Auswertungen, dass das Sicherheitsniveau der [ETAG 00/1] wesentlich höher ist als das der bisher gültigen nationalen bauaufsichtlichen Zulassungen. Mit dem Sicherheitsniveau der bauaufsichtlichen Zulassungen liegen zwischenzeitlich fast 30 Jahre Erfahrung in der Baupraxis vor. In dieser Zeit haben sich keine nennenswerten Schadensfälle mit Kunststoffdübeln in Beton ergeben. Daher besteht keine Veranlassung das Sicherheitsniveau deutlich zu erhöhen. Die Vorgehensweise und Auswertemethodik wird daher basierend auf technischen Argumentationen an die neuere [ETAG 02] für redundante Befestigungen mit Metalldübeln und an die [ETAG 01] für Befestigungen von Wärmedämmverbundsystemen mit Kunststoffdübeln angepasst.

Durch den Montagesicherheitsbeiwert γ_2 sollen geringe Abweichungen des Monteurs von der Montageanleitung des Herstellers durch einen Sicherheitsfaktor berücksichtigt werden. Das Erstellen des Bohrlochs mit einem Hartmetallbohrer mit maximalem Bohrereckmaß ist jedoch keine Abweichung von der Montageanleitung, da die Bohrereckmaße herstellungsbedingt in den in der [ETAG 00/1] untersuchten Grenzen schwanken dürfen. Der Monteur hat hierauf keinen Einfluss. Abweichungen von der Montageanleitung eines Kunststoffdübels in Beton sind beispielsweise das Unterlassen der Bohrlochreinigung, die Montage in wassergesättigtem Beton ohne Bohrlochreinigung oder das mehrmalige Eintreiben des Spreizelementes in die gleiche Dübelhülse (zur Korrektur der Lage des Anbauteils). In der folgenden Auswertung werden daher die Versuche bei maximalem Bohrereckmaß nicht mehr im Montagesicherheitsbeiwert berücksichtigt. Es wird bei allen Dübeltypen ein Montagesicherheitsbeiwert $\gamma_2 = 1,2$ verwendet. Zur Bestimmung des Montagesicherheitsbeiwertes können Versuche mit fehlender Bohrlochreinigung dienen. Der an der Bohrlochwandung haftende Bohrstaub verengt das Bohrloch und vergrößert dadurch die radiale Dehnung des Dübels. Weiterhin wird der Reibkoeffizient zwischen Beton und Dübelhülse beeinflusst. Tastversuche zeigen allerdings, dass bei fehlender Bohrlochreinigung nicht mit einer Abminderung der Herausziehlasten zu rechnen ist.

Kunststoffdübel weisen im gerissenen Beton sehr duktile Last-Verschiebungskurven auf und die Herausziehlast fällt mit zunehmender Rissbreite auf einen konstanten Wert ab, so dass auch in sehr breiten Rissen ($w = 0,7$ mm) eine Resttragfähigkeit



größer als die zulässige Last vorhanden ist. Die in [ETAG 02] geregelten Metalldübel (z.B. Deckenabhängler) weisen in gerissenem Beton ein sehr sprödes Versagen auf und Dübelausfälle sind in breiten Rissen möglich. Kunststoffdübel verhalten sich daher in redundanten Befestigungen deutlich günstiger als vergleichbare Metallspreizdübel, da das duktile Verhalten von Kunststoffdübeln in gerissenem Beton die Lastumlagerung bei Befestigungsgruppen wesentlich begünstigt. Der Ausfall zweier benachbarter Dübel in redundanten Systemen mit Kunststoffdübeln ist wesentlich unwahrscheinlicher als bei vergleichbaren Metallspreizdübeln. Weiterhin versagen Kunststoffdübel in der Regel durch Herausziehen der Dübelhülse aus dem Bohrloch. Die Zugfestigkeit des Beton wird in der Regel nicht ausgenutzt. Die Streuung der Betonzugfestigkeit kann deshalb im Sicherheitsfaktor γ_{Mc} vernachlässigt werden. Daher wird $\gamma_1 = 1,0$ vorgeschlagen.

Der Grundwert des charakteristischen Widerstandes $N_{R,k}^0$ wird im gerissenen Beton bei einer Rissbreite von $w = 0,2$ mm ermittelt. Die Spreizkraft und die Herausziehlast von Kunststoffdübeln steigt nach der Rissöffnung mit zunehmender Zeitdifferenz bei Schraubdübeln schnell an oder bleibt bei Nageldübeln annähernd konstant. Dieser positive Effekt bei Schraubdübeln im gerissenen Beton kann in einem Sicherheitskonzept berücksichtigt werden, wenn man bedenkt, dass das gleichzeitige Auftreten eines Risses im Beton und der maximalen Belastung des Dübels mit dem Bemessungswert des Widerstandes relativ unwahrscheinlich ist. Deshalb kann die höhere Tragfähigkeit von Schraubdübeln in gerissenem Beton bei der Ermittlung des Grundwertes des charakteristischen Widerstandes $N_{R,k}^0$ berücksichtigt werden, indem die Versuche bis ca. 3.000 h nach der Rissöffnung durchgeführt werden dürfen.

Die vorgeschlagene Reduzierung des Sicherheitsbeiwertes muss durch probabilistische Untersuchungen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Die Ausziehversuche zur Untersuchung des Einflusses der Relaxation und der Entwicklung des Reibkoeffizienten zwischen Beton und Dübelhülse sind in Zulassungsverfahren prinzipiell nicht unbedingt erforderlich, da dieser Effekt nicht von der Dübelkonstruktion sondern vom viskoelastischen Verhalten des Kunststoffes abhängt. Sie zeigen jedoch, dass die Tragfähigkeit trotz Relaxation des Kunststoffes mit zunehmender Zeitdifferenz zunimmt. Die Versuche mit einer Zeitdifferenz von 24 h zwischen Montage und Dübelbelastung können bei Dübelhülsen aus Polyamid entfallen, da nicht damit zu rechnen ist, dass das in Abschnitt 2.4 gezeigte Verhalten durch die Dübelkonstruktion negativ beeinflusst werden kann. Versuche mit einer Zeitdifferenz von mehr als 1.000 h sollen zeigen, dass die Herausziehlasten mit zunehmender Zeitdifferenz ansteigen. Die bisher geforderte Zeitdifferenz von 500 h ist jedoch zu kurz, um einen Anstieg der Herausziehlasten zu bewirken (Abschnitt 2.4). Ein Anstieg der Herausziehlasten sollte jedoch spätestens nach 3.000 h nachweisbar sein. Die Erhöhung der Zeitdifferenz auf 3.000 h ist vertretbar, da das Auftreten der maximalen Dübelbelastung innerhalb der ersten 3.000 h im Vergleich zur Lebensdauer einer Befestigung von 50 Jahren unwahrscheinlich ist. Allerdings sind auch hierzu probabilistische Studien nötig, die die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der maximalen Dübelbelastung innerhalb der ersten 3.000 h nach der Montage berücksichtigen. In der folgenden Auswertung werden nur die Versuche bei einer Zeitdifferenz von 3.000 h berücksichtigt.



Nach [ETAG 02] werden die Eignungsversuche im gerissenen Beton bei einer Rissbreite von 0,35 mm durchgeführt. Eine Anpassung der ETAG für Kunststoffdübel an die ETAG für redundante Systeme wird in den wichtigsten Punkten sicherlich durchgeführt. Die Herausziehlasten und Fraktile der Versuche bei einer Rissbreite von $w = 0,4$ mm werden daher bei der folgenden Auswertung linear auf eine Rissbreite von $w = 0,35$ mm umgerechnet.

In [ETAG 02] für Metaldübel als redundante Befestigungen werden Versuche in bewegten Rissen nicht mehr gefordert. Die in [ETAG 02] geregelten Dübel werden oft zur Befestigung von abgehängten Decken verwendet. Bei abgehängten Decken ist mit Rissbreitenänderungen infolge sich ändernder Verkehrslast zu rechnen. Kunststoffdübel werden in der Regel zur Befestigung von Fassaden verwendet. Rissbreitenänderungen ergeben sich in Wänden hauptsächlich durch Zwangsbeanspruchung (z.B. Temperaturänderungen). Das Auftreten von großen Rissbreitenänderungen erscheint daher in Wänden wesentlich unwahrscheinlicher als an der Unterseite von Decken, die planmäßig auf Biegung beansprucht sind. Bei Kunststoffdübeln können Versuche in bewegten Rissen deshalb ebenfalls entfallen. Sie werden in der folgenden Auswertung nicht berücksichtigt. Rissbreitenberechnungen an typischen Stahlbetonwänden unter Zwangsbeanspruchung könnten zur Untersuchung der Problematik verwendet werden.

In der in Abschnitt 3.2.1 vorgestellten Auswertemethode wird der Einfluss von gerissenem Beton bei der Bestimmung des Grundwertes des charakteristischen Widerstandes berücksichtigt. Der Einfluss von gerissenem Beton wird mit dem Einfluss der maximalen Temperatur, die dauerhaft am Dübel auftreten kann, und mit dem Einfluss der Temperatur, die kurzzeitig am Dübel auftreten kann, überlagert. Zusätzlich wird noch ein weiterer festigkeitsmindernder Einfluss bei der Berechnung des charakteristischen Widerstandes berücksichtigt (z.B. Konditionierung oder breite Risse). Das gleichzeitige Eintreten aller berücksichtigter Einflüsse ist sehr unwahrscheinlich und die Auswertemethode dadurch sehr ungünstig. Es ist daher sinnvoller, das Grundprinzip der Auswertemethode der [ETAG 01] für Befestigung von Wärmedämmverbundsystemen zu verwenden. Dort wird der Grundwert des charakteristischen Widerstandes abgemindert mit einem Faktor, der entweder den Einfluss von Temperatur oder den Einfluss von Feuchtigkeit berücksichtigt, und einem Faktor eines weiteren festigkeitsmindernden Einflusses. Es dauert sehr lange, bis in der Praxis die trockene oder die nasse Konditionierung erreicht ist. Daher ist es nicht sinnvoll diesen Parameter mit dem Einfluss hoher Temperaturen zu überlagern. Das gleichzeitige Eintreten von extremer Konditionierung und erhöhten Temperaturen ist unwahrscheinlich und muss bei der Bestimmung des charakteristischen Widerstandes nicht berücksichtigt werden. Die diskutierte Auswertemethode ist in den Gleichungen (3.10) und (3.11) zusammengefasst.



$$N_{R,k} = N_{R,k}^0 \cdot \min \left\{ \begin{matrix} \alpha'_{Kond.} \\ \alpha'_{Temp.} \end{matrix} \right\} \cdot \min \{ \alpha'_{Eignung} \} \quad (3.10)$$

- mit $N_{R,k}^0$: charakteristischer Grundwert des Widerstandes
(aus Versuchen im gerissenen Beton $w = 0,2 \text{ mm}$)
 $N_{R,k}$: charakteristischer Wert des Widerstandes
 $\alpha'_{Kond.}$: Abminderungsfaktor aus Versuchen zum Einfluss
der Konditionierung
 $\alpha'_{Temp.}$: Abminderungsfaktor aus Versuchen zum Einfluss
der Temperatur ($T = 50^\circ\text{C}$ oder $T = 80^\circ\text{C}$)
 $\alpha'_{Eignung}$: Abminderungsfaktor aus Versuchen zum
Einfluss von Bohrereckmaß, Schwelllast,
Dauerlast, Relaxation und gerissenem Beton

$$\gamma_{Mc} = \gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \quad (3.11)$$

- mit $N_{R,d}$: Bemessungswert des Widerstandes
 γ_{Mc} : Materialsicherheitsbeiwert für Beton
 γ_c : Teilsicherheitsbeiwert für Beton auf Druck
 $\gamma_c = 1,5$
 γ_1 : $\gamma_1 = 1,0$
 γ_2 : Teilsicherheitsbeiwert zur Berücksichtigung der
Montagesicherheit eines Systems

Bild 3.8 (Schraubdübel) und Bild 3.9 (Nageldübel) zeigen Bemessungswerte des Widerstandes der untersuchten Kunststoffdübel, die entsprechend den vorgeschlagenen Auswertekriterien aus diesem Abschnitt ermittelt wurden. Der Teilsicherheitsbeiwert γ_1 wurde zu 1,0 gewählt. Der Grundwert des charakteristischen Widerstandes wurde aus Versuchen bei einer Zeitdifferenz von 72 h ermittelt. Bei Dübel Typ 1 ($d = 10 \text{ mm}$, $h_{ef} = 50 \text{ mm}$) und bei Dübel Typ 5 ($d = 14 \text{ mm}$, $h_{ef} = 70 \text{ mm}$) liegen hierzu keine Versuchsergebnisse vor. Zur Auswertung wurden bei diesen Dübeltypen die Versuchsergebnisse direkt nach der Rissöffnung verwendet. Es wurde ein Montagesicherheitsbeiwert $\gamma_2 = 1,2$ angesetzt.

Durch die vorgestellte Auswertemethode erreicht der Dübel Typ 5 mit Durchmesser 10 mm und 14 mm und der Nageldübel Typ 16 etwa das gleiche Lastniveau wie nach den bisherigen nationalen bauaufsichtlichen Zulassungen des DIBt. Die restlichen untersuchten Dübeltypen haben geringere Bemessungswerte des charakteristischen Widerstandes. Es wurde jedoch mit einem Montagesicherheitsbeiwert $\gamma_2 = 1,2$ gerechnet. Bei Ermittlung des Montagesicherheitsbeiwertes aus Versuchen ohne Bohrlochreinigung ist damit zu rechnen, dass einige Dübeltypen einen Montagesicherheitsbeiwert von 1,0 erreichen und sich dadurch die Bemessungswerte dem bisherigen Sicherheitsniveau annähern.

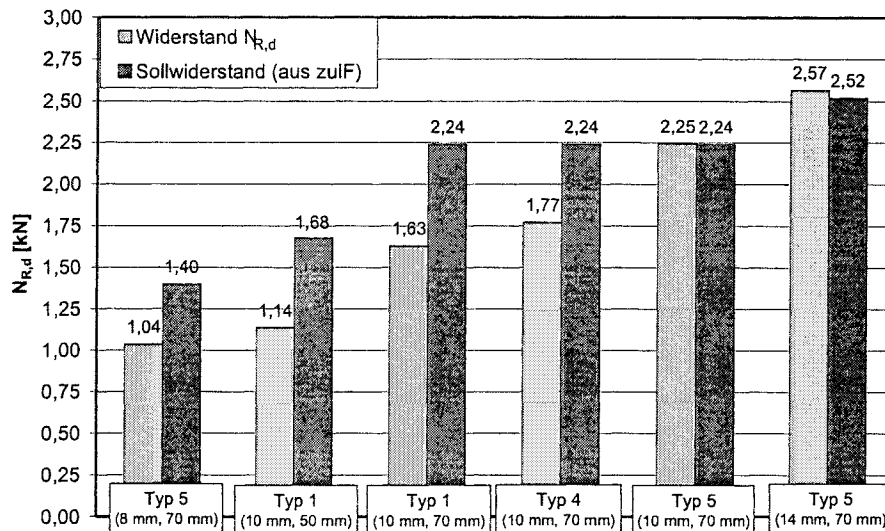


Bild 3.8 Vergleich der Bemessungswerte des Widerstandes für Schraubdübel nach dem erarbeiteten Vorschlag mit den Sollwerten basierend auf der zulässigen Last nach den bauaufsichtlichen Zulassungen für Kunststoffdübel in Beton.

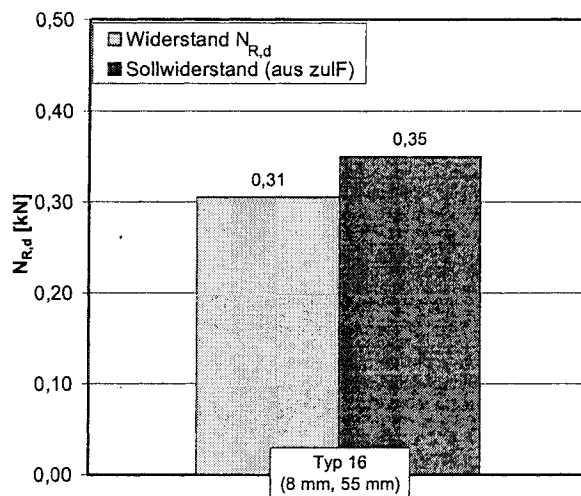


Bild 3.9 Vergleich des Bemessungswertes des Widerstandes für Nageldübel Typ 16 nach dem erarbeiteten Vorschlag mit den Sollwerten basierend auf der zulässigen Last nach der bauaufsichtlichen.



4 Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsprojektes zum Tragverhalten von Kunststoffdübeln in gerissenem und ungerissenem Beton wurde eine Datenbank mit Versuchsergebnissen von Kunststoffdübeln unter zentrischer Zugbelastung erstellt. Die Versuchsergebnisse wurden dabei aus Berichten von Zulassungsverfahren, die am Institut für Werkstoffe im Bauwesen durchgeführt wurden, aus Gutachten des Ingenieurbüros Eligehausen & Sippel, aus Gutachten des Lehrstuhls für Kunststofftechnik, Universität Erlangen und aus Versuchsberichten der Firma Fischerwerke (Waldachtal, Tumlingen) entnommen. Die Datenbank ist im Bericht AF02/35-DIBt9/01 „Datenbank der Versuchsergebnisse zum Tragverhalten von Kunststoffdübeln (Einzeldübel) in Beton unter zentrischer Zugbelastung“ tabellarisch zusammengefasst [Pregartner/Eligehausen 02].

Im vorliegenden Bericht werden die Versuchsergebnisse im ungerissenen Beton der Datenbank ausgewertet und in Streudiagrammen dargestellt. Zusätzlich werden Auswertungen der Versuchsergebnisse nach dem ETAG-Entwurf [ETAG 00/1] durchgeführt und diskutiert.

Die Auswertungen der Versuche zeigen, dass die bisher in der Literatur verwendeten Streudiagramme, die zum Großteil aus dem Jahre 1976 stammen, das Verhalten aktueller Dübel gut wiedergeben.

Weiterhin wurde in den Auswertungen nach dem bestehenden ETAG-Entwurf, der sich an den Auswertemethoden der ETAG für Verbunddübel orientiert, gezeigt, dass das Sicherheitsniveau dieser Vorgehensweise deutlich höher ist als das der bisherigen bauaufsichtlichen Zulassungen. Die berechneten Bemessungswerte des Widerstandes sind wesentlich geringer als die bisher gebräuchlichen umgerechneten zulässigen Lasten. Deshalb wurde eine neue Auswertung vorgeschlagen, mit der bei zwei Dübeltypen das gleiche Lastniveau wie bei den bauaufsichtlichen Zulassungen erreicht werden konnte. Bei den restlichen untersuchten Dübeltypen ergaben sich Bemessungswerte, die etwas unterhalb dem Niveau der bauaufsichtlichen Zulassungen liegen. Zusätzlich wurden Vorschläge zur Vereinheitlichung der Prüfverfahren erarbeitet.

5 Englische Zusammenfassung- Summary

In the framework of a research project on the behavior of plastic anchors in cracked and uncracked concrete a data base with test results of plastic anchors under centric tensile load was developed. The test results were taken from reports of anchors, conducted at the Institut of Construction Materials, the Engineer's Office Eligehausen & Sippel, the Institute for Plastics Engineering, University of Erlangen, and from test reports of the company Fischer-werke (Waldachtal, Tumlingen). The database is in the report AF02/35-DIBt9/01 "Datenbank der Versuchsergebnisse zum Tragverhalten von Kunststoffdübeln (Einzeldübel) in Beton unter zentrischer Zugbelastung" summarized [Pregartner/Eligehausen 02]. In the present report the test results in uncracked concrete from the database are evaluated and shown in diagrams.



Additionally evaluation of the test results after the ETAG draft [ETAG 00/1] are presented and discussed.

The evaluations of the tests show that the diagrams used so far in the literature, which originate from the year 1976, describe the behavior of current plastic anchors well. Furthermore in the evaluations using the existing ETAG draft, which orients itself on the evaluation methods of the ETAG for bonded anchors, it is shown that the safety level of ETAG procedure is clearly higher than that of the older procedure. The calculated characteristic resistances are substantially smaller than the admissible loads used to date. Therefore a new evaluation method was suggested, with which the same loading level could be achieved. Some anchor types showed values for the characteristic resistance, that were only slightly below the level of the older procedure. Besides a proposal for unification of the test methods is presented.

6 Verwendete Unterlagen

[Ehrenstein 76/1] Ehrenstein G. W.: Bauwerksdübel aus Thermoplasten, auch zugelassen als tragende Bauelemente. Verbindungstechnik, Heft 4, S. 25- 28, 1976.

[Ehrenstein 76/2] Ehrenstein G. W.: Aus Reihenuntersuchungen an Bauwerksdübeln aus Polyamid. Verbindungstechnik, Heft 12, S. 13- 14, 1976.

[ETAG 97/A] **European Organisation for technical Approvals (EOTA):** Leitlinie für die europäische technische Zulassung für Metaldübel zur Verankerung im Beton. Mitteilungen DIBT, 28. Jahrgang Sonderheft Nr. 16, 31. Dezember 1997, Anhang A: Einzelheiten der Versuche, Anhang B: Versuche zur Ermittlung der zulässigen Anwendungsbedingungen, detaillierte Angaben, Anhang C: Bemessungsverfahren für Verankerungen

[ETAG 00/1] **European Organisation for technical Approvals (EOTA):** Guideline for European Technical Approvals of Plastic Anchors for redundant Use in Concrete and Masonry for lightweight systems. DIBt April 2000, Draft ETAG, Part 1

[ETAG 00/2] Leitlinie für die europäische technische Zulassung (ETAG): Guideline for European Technical Approvals of Metal Anchors for Use in Concrete, Part 5- Bonded Anchors. Part 5, Final Draft, 2000.

[ETAG 01] Leitlinie für die europäische technische Zulassung (ETAG): Guideline for European Technical Approvals of Plastic Anchors for Redundant Use in Concrete and Masonry, Part External Thermal Insulation Composite Systems. 2001.

[ETAG 02] Leitlinie für die europäische technische Zulassung (ETAG): Guideline for European Technical Approvals of Metal Anchors for Use in Concrete, Part 6- Metal Anchors for Multiple Use in Concrete for Non-Structural Applications. Part 6, 2002.



-
- [John 79]** John B.: Statistische Verfahren für technische Messreihen- Arbeitsbuch für Ingenieure. 1. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1979.
- [Owen 68]** Owen, D. B.: Handbook of statistical tables. Addison Wesley Publishing Company, 1968.
- [Pregartner/Eligehausen 02]** Pregartner T., Eligehausen R.: Datenbank der Versuchsergebnisse zum Tragverhalten von Kunststoffdübeln (Einzeldübel) in Beton unter zentrischer Zugbelastung. Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart, Bericht Nr. AF02/35-DIBt9/01, 2002, nicht veröffentlicht.
- [Plank 77]** Plank A.: Bautechnische Einflüsse auf die Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln in Mauerwerk. Baumaschine- Bautechnik, Heft 6, S. 406-416, 1977.
- [Rehm/Eligehausen/Mallée 88]** Rehm G., Eligehausen R., Mallée R.: Befestigungstechnik. Betonkalender 1988, Teil II, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, S. 597-715, 1988.
- [Sachs 68]** Sachs L.: Statistische Auswertungsmethoden. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York, 1968.

Bauforschung für die Praxis

- Brandschutzkosten im Wohnungsbau**
Karl Deters
Band 59, 2001, 245 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4258-0
€ 50,- | sFr 86,-
- Gemeinschaftliches Wohnen im Alter**
R. Weeber, G. Wöfle, V. Rösner
Band 58, 2001, 175 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4257-2
€ 46,- | sFr 79,-
- Entwicklung eines Bewertungssystems für ökonomisches und ökologisches Bauen und gesundes Wohnen**
C.J. Diederichs, P. Getto, S. Streck
Band 57, 2002, 230 S., mit CD-ROM, Abb., Tab., kart., ISBN 3-8167-4256-4
€ 50,- | sFr 86,-
- Vergabeverfahren und Baukosten**
Hannes Weeber, Simone Bosch
Band 56, 2001, 192 S., Abb., Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4255-6
€ 50,- | sFr 86,-
- Konzepte für die praxisorientierte Instandhaltungsplanung im Wohnungsbau**
Ralf Spilker, Rainer Oswald
Band 55, 2000, 71 S., 5 Abb., zahlr. Tab., kart., ISBN 3-8167-4254-8
€ 22,- | sFr 39,50
- Bewährung innen wärmedämmter Fachwerkbauten**
Problemstellung und daraus abgeleitete Konstruktionsempfehlungen
Reinhard Lamers, Daniel Rosenzweig, Ruth Abel
Band 54, 2000, 173 S., 123 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4253-X
€ 25,- | sFr 44,-
- Überprüfbarkeit und Nachbesserbarkeit von Bauteilen - untersucht am Beispiel der genutzten Flachdächer**
Rainer Oswald, Ralf Spilker, Klaus Wilmes
Band 53, 1999, 133 S., 49 Abb., 4 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4252-1
€ 37,- | sFr 63,-
- Bauschadensfibel für den privaten Bauherrn und Hauskäufer**
Rainer Oswald, Ruth Abel, Volker Schnapauff
Band 52, 1999, 140 S., 19 Abb., 3 Tab., fester Einband, ISBN 3-8167-4251-3
€ 25,- | sFr 44,-
- Balkone, kostengünstig und funktionsgerecht**
Hannes Weeber, Margit Lindner
Band 51, 1999, 146 S., 102 Abb., 26 Tab., kart., ISBN 3-8167-4250-5
€ 38,- | sFr 65,-
- Kostenfaktor Erschließungsanlagen**
Hannes Weeber, Michael Rees
Band 50, 1999, 226 S., 107 Abb., 15 Tab., kart., ISBN 3-8167-4249-1
€ 50,- | sFr 86,-
- Eigenleistung beim Bauen**
Wie Eigentümer und Mieter sich am Bau ihrer Wohnung beteiligen können
R. Weeber, H. Weeber, S. Kleebaur, H. Gerth, W. Pohrt
Band 49, 1999, 154 S., 25 Abb., 12 Tab.,
ISBN 3-8167-4248-3
€ 22,- | sFr 39,50
- Kosteneinsparung durch Bauzeitverkürzung**
Barbara Bredenbals, Heinz Hullmann
Band 48, 1999, 174 S., 38 Abb., 36 Tab.,
ISBN 3-8167-4247-5
€ 37,- | sFr 64,-
- Das wärme- und feuchteschutztechnische Verhalten von stählernen Fassadendurchdringungen**
Lutz Franke, Gernod Deckelmann
Band 47, 1998, 74 S., 38 Abb., 13 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4246-7
€ 15,- | sFr 26,-
- Kostengünstige bauliche Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs im Wohnungsbestand**
R. Oswald, R. Lamers, V. Schnapauff, R. Spilker, K. Wilmes
Band 46, 1998, 100 S., 57 Abb., kart.
ISBN 3-8167-4245-9
€ 17,- | sFr 30,50
- Sicherung des baulichen Holzschutzes**
Horst Schulze
Band 45, 1998, 168 S., 136 Abb., 10 Tab., kart., ISBN 3-8167-4244-0
€ 22,- | sFr 39,50
- Luftdichtigkeit von industriell errichteten Wohngebäuden in den neuen Bundesländern**
Wolfgang Richter, Dirk Reichel
Band 44, 1998, 88 S., 34 Abb., 15 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4243-2
€ 15,- | sFr 26,-
- Leitfaden Kostendämpfung im Geschoßwohnungsbau**
Karl Deters, Joachim Arlt
Band 43, 1998, 162 S., 135 Abb., 34 Tab., kart., ISBN 3-8167-4242-4
€ 22,- | sFr 39,50
- Langzeitbewährung und Entwicklungstendenzen von Kunststoff-Bauprodukten im Wohnungsbau**
Dieter Arlt, Rainer Weltring
Band 42, 1998, 137 S., 90 Abb., 7 Graph., kart., ISBN 3-8167-4241-6
€ 20,- | sFr 35,-
- Ausschreibungshilfen für recyclinggerechte Wohnbauten**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 41, 1998, 172 S., 28 Abb., kart.
ISBN 3-8167-4240-8
€ 22,- | sFr 39,50
- Gebrauchsanweisung für Häuser**
Volker Schnapauff, Silke Richter-Engel
Band 40, 1997, 116 S., 4 Abb., 7 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4239-4
€ 19,- | sFr 34,-
- Ergänzender Neubau in bestehenden Wohnsiedlungen**
H. Weeber, R. Weeber, M. Lindner, u. a.
Band 39, 1997, 194 S., 230 Abb., kart.,
ISBN 3-8167-4238-6
€ 25,- | sFr 44,-
- Lüftung in industriell errichteten Wohnhäusern**
Wilfried Jank
Band 37, 1997, 66 S., 17 Abb., 12 Tab., 13 Tafeln, kart., ISBN 3-8167-4236-X
€ 15,- | sFr 26,-
- Auswirkungen der neuen Wärmeschutzverordnung auf den Schallschutz von Gebäuden**
Siegfried Koch, Werner Scholl
Band 36, 1997, 72 S., 33 Abb., 2 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4235-1
€ 15,- | sFr 26,-
- Baukostensenkung durch gesicherte Schadensbeurteilung an haufwerksporigen Leichtbetonelementen der industriell errichteten Wohnbauten der ehemaligen DDR**
Mirko Neumann, Mathias Reuschel
Band 35, 1997, 320 S., 227 Abb., 105 Tab., kart., ISBN 3-8167-4234-3
€ 41,- | sFr 70,-
- Verhinderung von Emissionen aus Baustoffen durch Beschichtungen**
Lutz Franke, Martin Wesselmann
Band 34, 1997, 68 S., 11 Abb., 9 Tab., kart.,
ISBN 3-8167-4233-5
€ 15,- | sFr 26,-
- Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) im Wohnungsbau**
Institut für Bauforschung e.V., Hannover
Band 32, 1997, 250 S., 128 Abb., 20 Tab., kart., ISBN 3-8167-4231-9
€ 30,- | sFr 51,50

BESTELLSCHEIN

■ **Titel ankreuzen und im Umschlag oder per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07 senden an:**
 ■ **Fraunhofer IRB Verlag**
 ■ Fraunhofer-Informationszentrum
 ■ Raum und Bau IRB
 ■ Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
 ■ Telefon (07 11) 970 - 25 00
 ■ E-Mail: info@irb.fhg.de
 ■ URL: <http://www.IRBbuch.de>
 ■ Absender
 ■
 ■
 ■ Straße/PF
 ■
 ■ PLZ/Ort
 ■
 ■ Datum
 ■
 ■ Unterschrift

02/2002 [BfP-alle|Titel-Anzeige.qxd]

- Niedrigenergiehäuser unter Verwendung des Dämmstoffes Styropor**
Teil 1, Konstruktionsempfehlungen und optimierte Anschlußsituationen (Details)
W.-H. Pohl, S. Horschler, R. Pohl
Teil 2, Quantitative Darstellung der Wirkung von Wärmebrücken
Gerd Hauser, Horst Stiegel
Band 31, 1997, 294 S., 169 Abb., kart., ISBN 3-8167-4230-0
€ 14,- | sFr 25,-
- Fenster - Sanierung und Modernisierung**
Hans-Rudolf Neumann
Band 30, 1997, 134 S., 90 Abb., 11 Tab., kart., ISBN 3-8167-4229-7
€ 20,- | sFr 35,-
- Schäden an nicht industriell hergestellten Wohnbauten der neuen Bundesländer**
R. Oswald, R. Spilker, V. Schnapauß, u. a.
Band 29, 1996, 116 S., 66 Abb., 30 Tab., kart., ISBN 3-8167-4228-9
€ 17,- | sFr 30,50
- Parkierungsanlagen im verdichteten Wohnungsbau**
Hannes Weeber, Rotraut Weeber
Band 28, 1997, 156 S., 60 Abb., 28 Tab., kart., ISBN 3-8167-4227-0
€ 22,- | sFr 39,50
- Möglichkeiten der Einsparung von Wohnkosten durch Mieterbeteiligung**
M. Elff, K. Goldt, B. Harms, u. a.
Band 27, 1997, 157 S., 3 Abb., 8 Tab., kart., ISBN 3-8167-4226-2
€ 22,- | sFr 39,50
- Die Berechnung von Flachdecken über Zustands- und Einflußflächen**
Max Baerschneider
Band 26, 1996, 380 S., 196 Tab., kart., zweibändig, ISBN 3-8167-4225-4
€ 49,- | sFr 83,50
- Feuchttransportvorgänge in Stein und Mauerwerk - Messung und Berechnung**
M. Krus, H.-M. Künzel, K. Kießl
Band 25, 1996, 75 S., 31 Abb., 2 Tab., kart., ISBN 3-8167-4224-6
€ 15,- | sFr 26,-
- Wohngebäudesanierung und Privatisierung**
Hannes Weeber, Michael Rees
Band 24, 1996, 107 S., 51 Abb., 17 Tab., kart., ISBN 3-8167-4223-8
€ 20,- | sFr 35,-
- Der Feuchtehaushalt von Holz-Fachwerkwänden**
Helmut Künzel
Band 23, 1996, 85 S., 32 Abb., 10 Tab., kart., ISBN 3-8167-4222-X
€ 15,- | sFr 26,-
- Neue Konstruktionsalternativen für recyclingfähige Wohngebäude**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 22, 1996, 110 S., 26 Abb., 3 Tab., kart., ISBN 3-8167-4221-1
€ 17,- | sFr 30,50
- Standisicherheit der Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**
E. Cziesielski, N. Fouad, F.-U. Vogdt
Band 21, 1996, 226 S., 71 Abb., kart., ISBN 3-8167-4220-3
€ 30,- | sFr 51,50
- Sicherheit von Glasfassaden**
X. Shen, H. Techen, J. D. Wörner
Band 20, 1996, 38 S., 26 Abb., 4 Tab., kart., ISBN 3-8167-4219-X
€ 12,- | sFr 21,50
- Kostengünstige Umnutzung aufgegebener militärischer Einrichtungen für Wohnzwecke, Wohnergängungseinrichtungen und andere Nutzungen**
B. Jacobs, J. Kirchhoff, J. Mezler
Band 19, 1996, 204 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4218-1
€ 28,- | sFr 47,50
- Holztafelbauweise im mehrgeschossigen Wohnungsbau**
Barbara Bredenbals, Heinz Hullmann
Band 18, 1996, 237 S., 116 Abb., 23 Tab., kart., ISBN 3-8167-4217-3
€ 30,- | sFr 51,50
- Gefährdungspotentiale asbesthaltiger Massenbaustoffe in den neuen Bundesländern**
Klaus Bergner, unter Mitarbeit von Franka Stodollik und Hans-Otto Eckler
Band 17, 1996, 75 S., 26 Abb., 9 Tab., kart., ISBN 3-8167-4216-5
€ 15,- | sFr 26,-
- Transparent gedämmte Altbauten**
G. H. Bondzio, K. Brandstetter, P. Sulzer, S. Al Bosta, u. a.
Band 15, 1996, 130 S., 44 Abb., 7 Tab., kart., ISBN 3-8167-4214-9
€ 22,- | sFr 39,50
- Kosten und Techniken für das "Überwintern" erhaltenswerter Bausubstanz**
Michael Rees, Hannes Weeber
Band 14, 1995, 190 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4213-0
€ 25,- | sFr 44,-
- Menschengerechte Raumklimatisierung durch Quelllüftung und Flächenkühlung**
Erhard Mayer (Hrsg.)
Band 13, 1995, 190 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4212-2
€ 25,- | sFr 44,-
- Zusätzliche Wärmedämmsysteme bei Fertigteilbauten**
Typenserie P2
P. Bauer, B. Loeser, H. Schwarzgig, T. Spengler
Band 12, 1995, 118 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4211-4
€ 20,- | sFr 35,-
- Körperschalldämmung von Sanitärräumen**
Karl Gösele, Volker Engel
Band 11, 1995, 76 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4210-6
€ 15,- | sFr 26,-
- Bauschäden an Holzbalkendecken in Feuchtraumbereichen**
Gertraud Hofmeister
Band 9, 1995, 210 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4208-4
€ 25,- | sFr 44,-
- Ökologische Auswirkungen von Hochhäusern**
Band 8, 1995, 418 S., 114 Abb., kart., ISBN 3-8167-4207-6
€ 50,- | sFr 86,-
- Wohnhochhäuser heute**
H. Weeber, R. Weeber, M. Hasenmaier, u. a.
Band 7, 1995, 165 S., zahlreiche Abb., kart., ISBN 3-8167-4206-8
€ 25,- | sFr 44,-
- Abfallvermeidung in der Bauproduktion**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 6, 1994, 198 S., 75 Abb., 16 Tab., kart., ISBN 3-8167-4205-X
€ 25,- | sFr 44,-
- Barrierefreie Erschließungssysteme von Wohngebäuden**
R. Weeber, M. Rees, H. Weeber
Band 5, 1994, 64 S., 52 Abb., 6 Tab., kart., ISBN 3-8167-4204-1
€ 12,- | sFr 21,50
- Die Ausführung des Umkehrdaches bei erhöhten Anforderungen an den Wärmeschutz**
Lutz Franke, Gernod Deckelmann
Band 4, 1994, 80 S., zahlreiche Abb. und Tab., kart., ISBN 3-8167-4203-3
€ 20,- | sFr 35,-
- Niveaugleiche Türschwellen bei Feuchträumen und Dachterrassen**
R. Oswald, A. Klein, K. Wilmes
Band 3, 1994, 56 S., 48 Abb., kart., ISBN 3-8167-4202-5
€ 12,- | sFr 21,50
- Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**
R. Oswald, V. Schnapauß, R. Lamers, u. a.
Band 2, 1995, 333 S., 515 Abb., kart., ISBN 3-8167-4201-7
€ 40,- | sFr 69,50
- Heizung und Lüftung im Niedrigenergiehaus**
Gerhard Hausladen, Peter Springl
Band 1, 1994, 214 S., 74 Abb., 17 Tab., kart., ISBN 3-8167-4200-9
€ 25,- | sFr 44,-
- Informieren Sie mich bitte laufend über neue **Fachbücher**

BESTELLSCHEIN

■ **Titel ankreuzen und im Umschlag oder per Fax (07 11) 970 - 2508 oder -2507 senden an:**

■ **Fraunhofer IRB Verlag**

■ Fraunhofer-Informationszentrum
■ Raum und Bau IRB

■ **Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart**

■ **Telefon (07 11) 970 - 2500**

■ **E-Mail: info@irb.fhg.de**

■ **URL: <http://www.IRBbuch.de>**

■ Absender

■

■

■ Straße/PF

■ PLZ/Ort

■ Datum

■ Unterschrift

Schadenfreies Bauen

Herausgegeben von Professor Günter Zimmermann

- Schadenfreies Bauen**
Gesamtausgabe Bände 1 – 26
2002, alle Bände mit festem Einband
ISBN 3-8167-5796-0
€ 1037,- | sFr 1744,-
Bei Abnahme der Gesamtausgabe sparen Sie € 115,-
- Schäden an polymeren Beschichtungen**
Robert Engelfried
Band 26: 2001, 146 S., 94 Abb., 14 Tab.,
ISBN 3-8167-5795-2
€ 40,- | sFr 68,50
- Schäden an Belägen und Bekleidungen mit Keramik- und Werksteinplatten**
Günter Zimmermann
Band 25: 2001, 200 S., 175 Abb., 16 Tab.,
ISBN 3-8167-5791-X
€ 48,- | sFr 82,50
- Schäden an Installationsanlagen**
Heizungs- und Raumluftechnische Anlagen,
Trinkwasser-, Abwasser- und Gasinstallationsanlagen
Heinz Wirth, Stefan Wirth
Band 24: 2001, 270 S., 114 Abb., 33 Tab.,
ISBN 3-8167-5790-1
€ 57,- | sFr 96,-
- Schäden an Türen und Toren**
Ralf Schumacher
Band 23: 2001, 372 S., 291 Abb., 32 Tab.,
ISBN 3-8167-4169-X
€ 71,- | sFr 118,-
- Schäden an elastischen und textilen Bodenbelägen**
Hans-Joachim Scheewe
Band 22: 2001, 232 S., 80 überw. farb. Abb.,
50 Tab.,
ISBN 3-8167-4168-1
€ 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Glasfassaden und -dächern**
Peter Küffner, Oliver Lummertzheim
Band 21: 2000, 132 S., 106 z.T. farb. Abb.,
6 Tab.,
ISBN 3-8167-4165-7
€ 40,- | sFr 68,50
- Schäden an Wärmedämm-Verbundsystemen**
Erich Cziesielski, Frank Ulrich Vogdt
Band 20: 2000, 202 S., 75 Konstruktionsskizzen,
28 Tab. u. Diagramme, 98 Fotos,
ISBN 3-8167-4164-9
€ 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwänden aus Mehrschicht-Betonplatten**
Ralf Ruhnau, Nabil Fouad
Band 19: 1998, 104 S., 61 Abb.; 7 Tab.,
ISBN 3-8167-4160-6
€ 35,- | sFr 60,50
- Schäden an Deckenbekleidungen und abgehängten Decken**
Hubert Satzger
Band 18: 1998, 78 S., 59 Abb., 5 Tab.,
ISBN 3-8167-4159-2
€ 23,- | sFr 40,50
- Schäden an Dränanlagen**
Wilfried Muth
Band 17: 1997, 114 S., 128 Abb., 10 Tab.,
ISBN 3-8167-4154-1
€ 35,- | sFr 60,50
- Tauwasserschäden**
Richard Jenisch
Band 16: 2. überarb. Aufl., 2001, 129 S.,
66 Abb., 6 Tab., ISBN 3-8167-5792-8
€ 37,- | sFr 62,50
- Schäden an Estrichen**
Klaus G. Aurnhammer
Band 15: 2., erg. Aufl., 1999, 216 S., 44 Abb.;
17 Tab.,
ISBN 3-8167-4162-2
€ 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Tragwerken aus Stahlbeton**
Bernhard Brand, Gerhard Glatz
Band 14: 1996, 217 S., 129 Abb., 24 Tab.,
ISBN 3-8167-4153-3
€ 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Außenwänden aus Ziegel- und Kalksandstein-Verblendmauerwerk**
Helmut Klaas, Erich Schulz
Band 13: 1995, 224 S., 162 Abb., 13 Tab.,
ISBN 3-8167-4152-5
€ 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Metallfassaden und -dachdeckungen**
Franz Lubinski, Fritz Röbber, Uwe Nagel, u. a.
Band 12: 2. erw. Aufl., 2001, 415 S., 303
Abb., 22 Tab.,
ISBN 3-8167-4166-5
€ 76,- | sFr 127,-
- Schäden an Außenmauerwerk aus Naturstein**
Martin Sauder, Renate Schloenbach
Band 11: 1995, 274 S., 95 Abb., 31 Tab.,
ISBN 3-8167-4150-9
€ 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwänden mit Asbestzement-, Faserzement- und Schieferplatten**
Klaus W. Liersch
Band 10: 1995, 146 S., 86 Abb., 20 Tab.,
ISBN 3-8167-4149-5
€ 38,- | sFr 65,-
- Schäden an Fassadenputzen**
Helmut Künzel
Band 9: 2. erw. Aufl., 2000, 142 S., mit zahlr.
Abb. und Tab.,
ISBN 3-8167-4167-3
€ 38,- | sFr 65,-
- Schäden an Abdichtungen in Innenräumen**
Erich Cziesielski, Michael Bonk
Band 8: 1994, 112 S., 55 Abb., 4 Tab.,
ISBN 3-8167-4147-9
€ 33,- | sFr 57,-
- Rissschäden an Mauerwerk**
Ursachen erkennen - Rißschäden vermeiden.
Werner Pfefferkorn
Band 7: 3. überarb. Aufl., 2002, 292 S.,
290 Abb., 18 Tab.,
ISBN 3-8167-5793-6
€ 53,- | sFr 89,-
- Schäden an Fenstern**
Wolfgang Klein
Band 6: 1994, 154 S., 92 Abb., 2 Tab.,
ISBN 3-8167-4145-2
€ 37,- | sFr 64,-
- Schäden an Wänden und Decken in Holzbauart**
Horst Schulze
Band 5: 1993, 158 S., 140 Abb.,
ISBN 3-8167-4144-4
€ 37,- | sFr 64,-
- Schäden an Industrieböden**
Erich Cziesielski, Thomas Schrepfer
Band 4: 2., erw. Aufl., 1999, 169 S., 69 Abb.,
33 Tab.,
ISBN 3-8167-4163-0
€ 46,- | sFr 78,-
- Schäden an Sichtbetonflächen**
Heinz Klopfer
Band 3: 1993, 123 S., 77 Abb., 9 Tab.,
ISBN 3-8167-4142-8
€ 35,- | sFr 60,50
- Schäden an Flachdächern und Wannenaus wasserundurchlässigem Beton**
Gottfried C.O. Lohmeyer
Band 2: 3. neu bearb. Aufl., 2001, 272 S.,
171 Abb., 28 Tab.,
ISBN 3-8167-5794-4
€ 50,- | sFr 86,-
- Schäden an Außenwandfugen im Beton- und Mauerwerksbau**
Ralf Ruhnau
Band 1: 1992, 132 S., 87 Abb.,
ISBN 3-8167-4140-1
€ 35,- | sFr 60,50

BESTELLSCHEIN

Titel ankreuzen und im Umschlag oder
 per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07
 senden an:
Fraunhofer IRB Verlag
 Fraunhofer-Informationszentrum
 Raum und Bau IRB
 Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
 Telefon (07 11) 970 - 25 00
 E-Mail: info@irb.fhg.de
 URL: <http://www.IRBbuch.de>

Absender

 Straße/PF
 PLZ/Ort
 Datum
 Unterschrift

02/2002 [sFBalle Titel-AnzeigeA4.qxd

Die »Bauschäden-Sammlung« in 13 Bänden

Herausgegeben von Professor Günter Zimmermann



In der Fachwelt hat diese Zusammenstellung von typischen Bauschadensfällen als wichtiger Beitrag zur Verbesserung der Bau- und Planungsleistungen großes Ansehen erlangt.

Die 13 Bände mit dem Untertitel »Sachverhalt - Ursachen - Sanierung« enthalten Schadensberichte aus allen baukonstruktiven Bereichen und sind durch Themen- und Sachregister erschlossen.

Der Nutzer kann so auf Anhieb feststellen,

- ob ein gleicher oder ähnlicher Schaden bereits dokumentiert ist,
- welche Schäden für ein bestimmtes Bauteil typisch sind,
- wie diese Schäden vermieden werden können oder welche Maßnahmen zu ihrer Behebung in Frage kommen.

Seit 3 Jahrzehnten ist die »Bauschäden-Sammlung« eine ständige Rubrik des »Deutschen Architektenblattes«.

Bauschäden-Sammlung, Band 13 Sachverhalt - Ursachen - Sanierung

2001, 184 Seiten,
zahlreiche, überwiegend farbige
Abbildungen, fester Einband,
ISBN 3-8167-4185-1
€ 27,- | sFr 44,-

Der Herausgeber

Professor Günter Zimmermann, ein bekannter Bausachverständiger mit langjähriger Erfahrung, betreut seit 3 Jahrzehnten die »Bauschäden-Sammlung« im »Deutschen Architektenblatt« und ist auch für die Herausgabe der Buchausgabe verantwortlich.

BESTELLSCHEIN

- Band 1: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 2: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 3: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 4: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 5: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 6: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 7: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 8: 168 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 9: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 10: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 11: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 12: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-
- Band 13: 184 Seiten
€ 27,- | sFr 44,-

Sie sparen € 36,- bei Abnahme der

- Bände 1-13 komplett:
€ 315,- | sFr 476,-

Alle Bände im Format A 5 quer, mit zahlreichen, zum Teil farbigen Abbildungen, festem Einband und Fadenheftung

Titel ankreuzen und im Umschlag oder per Fax (07 11) 970 - 25 08 oder -25 07 senden an:

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB

Postfach 80 04 69, D-70504 Stuttgart
Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
E-Mail: info@irb.fhg.de
URL: <http://www.IRBbuch.de>

Absender

Straße/PF

PLZ/Ort

Datum

Unterschrift

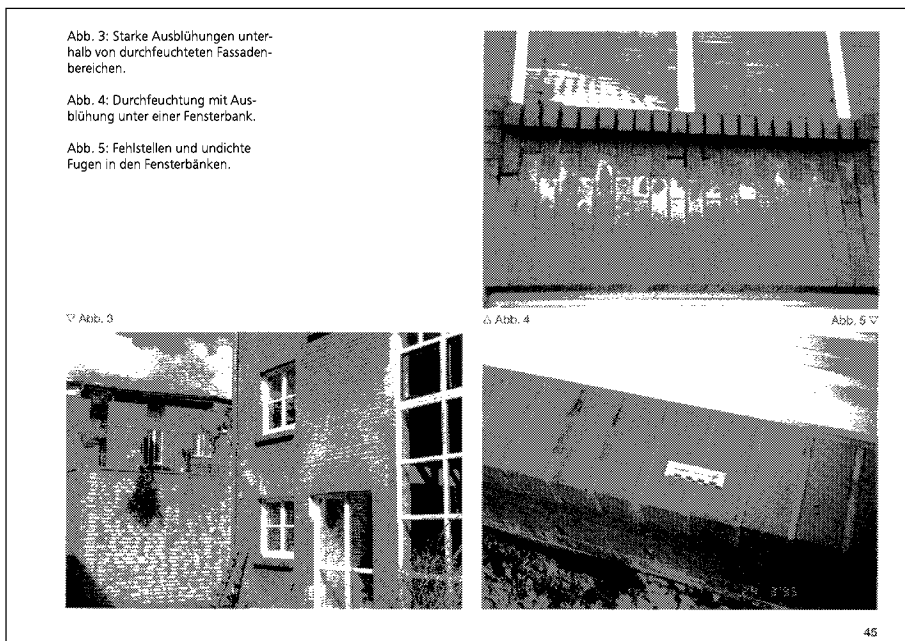


Abb. 3: Starke Ausblühungen unterhalb von durchfeuchteten Fassadenbereichen.

Abb. 4: Durchfeuchtung mit Ausblühung unter einer Fensterbank.

Abb. 5: Fehlstellen und undichte Fugen in den Fensterbänken.

Abb. 3

Abb. 4

Abb. 5