

2020

MAUERWERK KALENDER



Sonderdruck:

Ermittlung der Tragfähigkeit von
Dübeln in Mauerwerk durch Versuche
am Bauwerk

Jürgen Küenzlen, Marc Klatecki und
Eckehard Scheller

2020

MAUERWERK KALENDER

Sonderdruck:

Ermittlung der Tragfähigkeit von
Dübeln in Mauerwerk durch Versuche
am Bauwerk

Jürgen Küenzlen, Marc Klatecki und
Eckehard Scheller

Inhaltsverzeichnis

I	Ermittlung der Tragfähigkeit von Dübeln in Mauerwerk durch Versuche am Bauwerk	5		
	Jürgen Küenzlen, Künzelsau, Marc Klatecki, Kassel und Eckehard Scheller, Berlin			
1	Einleitung	5	7.2.1	Allgemeine Informationen
2	Ermittlung der Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln	6	7.2.2	zum Bauvorhaben
2.1	Bestimmung der Dübeltragfähigkeit auf der Baustelle	6	7.2.3	Ort der Prüfungen
3	Regelungen für Versuche am Bauwerk für Kunststoffdübel mit ETA nach ETAG 020 bzw. TR 051	6	7.2.4	Prüfvorrichtung
3.1	Voraussetzungen, Allgemeines und Handeln „im Rahmen der Zulassung“ ..	6	7.2.5	Art der zu befestigenden Konstruktion ..
3.2	Verantwortlichkeiten	8	7.2.6	Verankerungsgrund
3.2.1	Allgemeines	8	7.2.7	Name des Produkts
3.2.2	Fachplaner	8	7.2.8	Montage
3.2.3	Versuchsleiter	8	7.3	Versuchsergebnisse
3.2.4	Sachkundiges Personal	9	7.4	„Zwischenfazit“: Aufgabentrennung ...
3.3	Prüfbericht nach TR 051	9	7.4.1	Auswertung der Versuchsergebnisse ...
4	Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946 ..	10	7.4.2	Grundlagen Zugversuche
4.1	Bauteile mit inhomogenen Schichten ...	10	7.4.3	Querlastversuche
4.2	Berücksichtigung von Luftschichten ...	10	7.4.4	Ermittlung der charakteristischen Tragfähigkeit über Fraktilwerte
4.3	Berücksichtigung von punktuellen Wärmeverlusten über Befestigungselemente	10	7.4.5	Ermittlung der charakteristischen Tragfähigkeit nach dem Vereinfachten Verfahren
5	Ermittlung von punktuellen Wärmeverlusten über Befestigungen ...	11	7.4.6	Berücksichtigung von Fugen
6	Ermittlung des thermischen Einflusses von Befestigungselementen	13	7.4.7	Bemessungswert der Tragfähigkeit
6.1	Untersuchungsgegenstände	13	7.5	Bemerkungen und Hinweise
6.2	Ergebnisse	13	7.6	Unterschriften
6.2.1	Einfluss der Luftschichtausbildung	13	7.7	Bemessung der Verankerung (Befestigung der Unterkonstruktion) ...
6.2.2	Einfluss der Setztiefe	17	7.7.1	Allgemeines
6.2.3	Einfluss der Dämmstoffanordnung	17	7.7.2	Ausgangsdaten
6.2.4	Bewertung der Ergebnisse	20	7.7.3	Einwirkung aus Eigengewicht
7	Beispiel aus der Praxis	21	7.7.4	Einwirkung aus Windsog
7.1	Einleitung	21	7.7.5	Resultierende Einwirkung
7.2	Durchführung und zugehörige Dokumentation der Versuche am Bauwerk	22	7.7.6	Nachweis Schrägzug
			7.7.7	Nachweis Holz: Kopfdurchzug des Dübels durch die Vertikal-Lattung ..
			7.7.8	Nachweis Holz: Kontrolle der Abstände
			7.7.9	Ermittlung der Dübelanzahl für eine Querwand
			7.7.10	Ergebnis/Fazit der Dübelbemessung ...
			7.7.11	Ergebnis bauphysikalische Überprüfung
			8	Fazit
			9	Literatur
				Stichwortverzeichnis

I Ermittlung der Tragfähigkeit von Dübeln in Mauerwerk durch Versuche am Bauwerk

Jürgen Küenzlen, Künzelsau, Marc Klatecki, Kassel und Eckehard Scheller, Berlin

1 Einleitung

Im Bereich der Dübeltechnik gehören Beton und Mauerwerk zu den wichtigsten Verankerungsgründen.

Für den Verankerungsgrund Beton liegen das Wissen jahrzehntelanger Grundlagenforschung und umfangreiche Erfahrungen vor, welche Parameter die Tragfähigkeit von Dübelssystemen maßgebend beeinflussen. In der Regel ist es in den meisten Fällen ausreichend, die Druckfestigkeit des auf der Baustelle vorhandenen Betons entweder aus (Bau-)Unterlagen herauszulesen oder vor Ort durch die Entnahme von Bohrkernen zu bestimmen. Mittels der entnommenen Bohrkern kann die Betondruckfestigkeit und die zugehörige Rohdichte bestimmt werden. Liegen diese Eckdaten im Bereich der entsprechenden Zulassungen der Dübel-systeme, können die gewählten Dübel auf Grundlage der Zulassung und den vorhandenen Bemessungsverfahren geplant und montiert werden – ohne zusätzliche Versuche am Objekt selbst.

Für den Verankerungsgrund Mauerwerk ist diese vergleichsweise einfache Vorgehensweise in der Regel nicht möglich. Allein in Deutschland kann man auf Baustellen im Bestand auf eine große Vielzahl an Mauersteinen aus den unterschiedlichsten Materialien treffen. Durch stetig neue Entwicklungen (Stichwort „Energieeinsparung“) erhöht sich im Neubaubereich die Vielfalt der vorhandenen Steine in einem rasanten Tempo. Dabei unterscheiden sich die Mauersteine neben der Struktur (Vollsteine, Lochsteine mit oder ohne Dämmstoff-Füllung, Größe bzw. Format) auch durch das Material (Ziegel, Porenbeton, Kalksandstein, Leichtbeton oder Normalbeton) sowie vor allem durch die Rohdichte und die Druckfestigkeit.

Diese Parameter haben in den meisten Fällen gravierende Einflüsse auf die Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln. Dennoch wird es im Rahmen von Zulassungsverfahren dieser Befestigungssysteme (Kunststoffdübelhülse mit zugehöriger Spezialschraube) immer nur möglich sein, einen kleinen Teil der Mauersteine als Verankerungsgrund abzubilden. Alle am Bau Beteiligten (Bauaufsicht, Forschung, Planer, Bauleitung, Bauausführende, Prüfer, Mauerstein- und Dübel-Hersteller) müssen sich daher gemeinsam der anspruchsvollen Aufgabe stellen, baupraktische Wege zu finden, wie auch zukünftig bauaufsichtlich relevante Befestigungen im Verankerungsgrund Mauerwerk sicher geplant und ausgeführt werden können.

Als ein Beitrag dazu werden in den folgenden Ausführungen zunächst kurz die Grundzüge der vorhandenen europäischen und nationalen Regelungen für Versuche am Bauwerk erläutert (Abschnitt 3). Schwerpunktmäßig wird im Weiteren für ein fiktives Baustellenbeispiel eine praxisnahe Lösung dargestellt, wie das Regelwerk vom Prinzip her anzuwenden ist (Abschnitt 7). Dabei ist der Verankerungsgrund rein exemplarisch gewählt, da das Grundprinzip für alle Steinarten und Materialien (Ziegel, Porenbeton, Kalksandstein, Leichtbeton oder Normalbeton) sinngemäß anzuwenden ist.

Ergänzende Hinweise zu weiteren wichtigen Einflussbedingungen außerhalb des Beispiels werden dennoch gleich in den entsprechenden Abschnitten (des Beispiels) gegeben. Damit soll sensibilisiert werden, dass jedes Projekt „Versuche am Bauwerk“ in der täglichen Praxis immer wieder neu, individuell und ganzheitlich betrachtet werden muss. Daher ist der hier vorgestellte Lösungsansatz als ein Vorschlag der Autoren für die praktische Planung, Durchführung und Auswertung von Versuchen am Bauwerk zur Ermittlung der Tragfähigkeit von bauaufsichtlich zugelassenen Kunststoffdübeln am realen Objekt zu verstehen, nicht aber als einheitlich anzuwendendes „Patentrezept“.

Neben den sich ergebenden Problemen bei der Sicherstellung der Tragfähigkeit spielt auch die Energieeffizienz eine entscheidende Rolle. Zwar weisen vorgehängte hinterlüftete Fassaden i. d. R. ein hohes Wärmeschutzniveau auf, jedoch kommt es beim Einsatz von Kunststoffdübeln zur Befestigung der Unterkonstruktion zu zusätzlichen Wärmeverlusten, die bei der Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten berücksichtigt werden müssen. Nach DIN EN ISO 6946 [1] werden diese über eine Korrektur für mechanische Befestigungselemente erfasst und bei Überschreitung eines Grenzwertes der zusätzlichen Verluste durch Addition auf den Wärmedurchgangskoeffizienten U berücksichtigt. Durch das Aufbringen einer Unterkonstruktion, mit und ohne zusätzliche Dämmung, ergibt sich ein inhomogenes Bauteil, bei dem die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten nur erschwert möglich ist. Nachfolgend werden die Berechnungsgrundlagen zur Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten von inhomogenen Bauteilen und die Berücksichtigung von zusätzlichen Wärmeverlusten über Befestigungsmittel dargestellt. An drei beispielhaften Konstruktionen werden die Einflüsse von unterschiedlichen Luftschichten, Setztiefen und der Einfluss der Dämmstoffanordnung auf der Außenseite veranschaulicht.

An einem realen Bemessungsbeispiel erfolgt zusätzlich die statische Dimensionierung und die Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten bei unterschiedlicher Dämmstoffanordnung.

2 Ermittlung der Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln

2.1 Bestimmung der Dübeltragfähigkeit auf der Baustelle

Die Bestimmung der Dübeltragfähigkeit direkt auf der Baustelle gewinnt für bauaufsichtlich zugelassene Kunststoffdübel im Verankerungsgrund Mauerwerk durch die Vielfalt der Mauersteine und Materialien eine immer größere Bedeutung (vgl. Abschnitt 1). Insbesondere die unterschiedlichen Loch- bzw. Hohlkammer-Geometrien der Lochsteine machen es den Dübel-Herstellern unmöglich, ihre Produkte im Rahmen eines Zulassungsverfahrens in der vollständigen Vielfalt dieser Verankerungsgründe zu prüfen.

Kommen auf der Baustelle bauaufsichtlich zugelassene Dübelssysteme zum Einsatz, die im Rahmen des Zulassungsverfahrens nicht im tatsächlich vorhandenen „Baustellen-Verankerungsgrund“ geprüft wurden, so ermöglicht die regelkonforme Durchführung von Versuchen am Bauwerk (vgl. z. B. Bild 1) in den meisten Fällen die Bestimmung und Festlegung der Tragfähigkeit des Dübel-systems ohne den Rahmen der zugehörigen Dübel-Zulassung zu verlassen. Das bedeutet, dass „allein“ auf Grundlage von am realen Objekt durchgeführten Versuchen, z. B. für die Befestigung einer Lat-



Bild 1. Dübel-Auszugsversuch für einen Kunststoffdübel mit einem mobilen Prüfgerät

tung als Unterkonstruktion für eine vorgehängte hinterlüftete Fassade (für deren Befestigung zugelassene Befestigungsmittel vorgeschrieben sind), häufig auf eine zeit- und kostenintensive Zustimmung im Einzelfall (ZiE) verzichtet werden kann – (vgl. Abschnitt 7. Dies gilt auch dann, wenn die Fassadenunterkonstruktion z. B. in einem viele Jahre alten Stein befestigt werden soll, der zugelassene Kunststoffdübel im Zulassungsverfahren aber „nur“ in „aktuellen“ Steinen (mit abweichendem Steinformat und/oder mit abweichendem Hersteller usw.) geprüft wurde. Die dafür notwendigen Voraussetzungen werden nachfolgend erläutert.

Für Mauerwerk aus Vollsteinen gelten diese Voraussetzungen ebenso; allerdings ermöglicht das vorhandene Regelwerk hier – im Vergleich zu Mauerwerk aus Lochsteinen – in mehr Fällen die Anwendung der vorhandenen Dübel-Zulassung ohne das Erfordernis von Versuchen am Bauwerk (vgl. Abschnitt 3.1).

3 Regelungen für Versuche am Bauwerk für Kunststoffdübel mit ETA nach ETAG 020 bzw. TR 051

3.1 Voraussetzungen, Allgemeines und Handeln „im Rahmen der Zulassung“

Europäische Technische Bewertungen (ETAs) werden aktuell noch nach ETAG 020 [3] erarbeitet und erteilt. In der Zukunft sollen Bewertungen nur noch nach dem Europäischen Bewertungsdokument EAD 330284-00-0604 [2] erteilt werden.

Der Anwendungsbereich dieser Zulassungen (= ETAs) ist die „Mehrfachbefestigung von redundanten nichttragenden Systemen“ (vgl. z. B. in [4] S. 149 ff.):

- Unter „nichttragenden Systemen“ werden Systeme verstanden, die – einfach ausgedrückt – nur das Eigengewicht der Konstruktion und Windlasten auf die Konstruktion selbst aufnehmen und keine z. B. aussteifenden Lasten oder Verkehrslasten aus einem begehbaren Vordach aufnehmen müssen.
- „Redundanz“ bedeutet in diesem Fall das Vorhandensein von mindestens drei Dübelsetzstellen mit mindestens je einen Dübel, d. h., es gibt keine Lasteinleitung auf nur einen einzigen Befestigungspunkt bzw. Dübel.

Die erteilte, gültige ETA für einen zu verwendenden Kunststoffdübel ist dabei immer eine wesentliche Grundvoraussetzung für die in diesem Beitrag dargestellten Versuche am Bauwerk.

In einer solchen Kunststoffdübel-ETA sind je nach Herstellervorgaben charakteristische Tragfähigkeiten des Dübels für die Nutzungskategorien a, b, c und d nach Tabelle 1 ausgewiesen. Das bedeutet, dass der jeweilige Dübel-Hersteller im Zulassungsverfahren – also vor der Erteilung der ETA – festgelegt hat, in welchem Verankerungsgrund sein Dübel geprüft wird. Diese mit dem Dübel – unter Labor-Bedingungen – ge-

Tabelle 1. Nutzungskategorien nach EAD 330284-00-0604, Tabelle 1.1 [1]

Nutzungs-kategorie	Verankerungsgrund
a	<ul style="list-style-type: none"> – Normalbeton (Festigkeitsklasse \geq C12/15 gemäß EN 206-1 [5]) – Dünne Bauteile ab einer Mindeststärke von 40 mm – Spannbetonhohldecken mit einer Mindestspiegeldicke von 17 mm
b	Mauerwerk aus Vollsteinen nach DIN EN 771-1 [6], -2 [7], -3 [8] und -5 [9] (senkrechte Lochung bis maximal 15 % des Querschnitts sind zulässig, z. B. Grifflöcher)
c	Mauerwerk aus Hohl- oder Lochsteinen nach DIN EN 771-1 [6], -2 [7], -3 [8] und -5 [9]
d	<ul style="list-style-type: none"> – Porenbeton nach DIN EN 771-4 [10] mit einer Druckfestigkeit zwischen $1,8 \leq f_{c,m} \leq 8$ [N/mm²] – Mauerwerk und vorgefertigte bewehrte Bauteile, z. B. Wand- und Deckenplatten nach DIN EN 12602 [11] in den Druckfestigkeitsklassen AAC 2 bis AAC 6. (Anmerkung: hier ist keine Beurteilung durch Versuche am Bauwerk möglich [12])

prüften Verankerungsgründe werden in der ETA detailliert beschrieben (Druckfestigkeit, Rohdichte; Hersteller, Steinbezeichnung, Abmessungen, ...).

Die in der Dübel-ETA ausgewiesenen charakteristischen Tragfähigkeiten gelten nur, wenn auf der Baustelle der von seiner Beschaffenheit gleiche Verankerungsgrund vorliegt, wie der, der im Zulassungsverfahren mit dem Dübel geprüft wurde. In diesem Fall kann auf Versuche am Bauwerk verzichtet werden, vorausgesetzt, dass der Dübel entsprechend der ETA montiert wurde (vgl. Tabelle 2).

Nur bei Vollsteinen können die charakteristischen Dübel-Tragfähigkeiten aus der ETA auf vergleichbare Vollsteine auf der Baustelle übertragen werden, wenn diese lediglich durch ein größeres Steinformat und/oder durch eine höhere Druckfestigkeit von den im Zulassungsverfahren geprüften Steinen abweichen.

Ansonsten ist die charakteristische Tragfähigkeit eines Kunststoffdübels im bauaufsichtlich relevanten Bereich durch Versuche am Bauwerk zu ermitteln, wenn nur einer der folgenden Fälle vorhanden sein sollte (vgl. Tabelle 2):

- Für den auf der Baustelle vorhandenen Verankerungsgrund sind keine charakteristischen Tragfähigkeiten in der Dübel-ETA angegeben, ein Stein vom gleichen Baustoff und gleicher Struktur ([12]) befindet sich jedoch in der Zulassung.

- Der auf der Baustelle verbaute Vollstein hat ein kleineres Steinformat und/oder eine niedrigere Druckfestigkeit als der in der Dübel-ETA ausgewiesene Vollstein.

- Es wird von der Vorgabe der Dübel-ETA abgewichen, dass in Mauerwerk aus Hohlblöcken oder Lochsteinen die Bohrlöcher (i. d. R.) nur im Drehgang hergestellt werden dürfen: Der Einfluss des Bohrens mit Schlag- bzw. Hammerwirkung auf das Dübel-Tragverhalten muss beurteilt werden.

- Die Dübel werden für die spätere Montage tiefer gesetzt, als sie im Zulassungsverfahren geprüft wurden, auch dieser Einfluss ist zu untersuchen.

Bei diesen Versuchen muss die Dübel-ETA allerdings immer die entsprechende Nutzungskategorie nach Tabelle 1 abdecken, d. h., Versuche am Bauwerk in einem Hochlochziegel „X“ sind nur dann „zulässig“, wenn im Rahmen der Zulassungsverfahren bereits für einen anderen Hochlochziegel „Z“ die grundsätzliche Eignung für die Verankerung des Kunststoffdübels geprüft wurde und für diesen Stein charakteristische Tragfähigkeiten des Dübels in der ETA ausgewiesen werden. Deckt die Dübel-ETA in der Kategorie „c“ nur Kalksandlochsteine ab, so können für Lochsteine aus anderen Materialien (z. B. einen Hochlochziegel) keine charakteristischen Tragfähigkeiten durch Versuche am Bauwerk im Rahmen dieser ETA abgeleitet werden.

„Zulässig“ (vgl. Absatz zuvor) bedeutet in diesem Zusammenhang das Handeln „im Rahmen der Zulassung“ des Dübels (i. d. R. der Dübel-ETA):

- Wenn die grundsätzliche Eignung des Dübels in einem Verankerungsgrund der entsprechenden Nutzungskategorie nach Tabelle 1 im Zulassungsverfahren nachgewiesen wurde und in der entsprechenden Dübel-ETA ausgewiesen ist, so kann in jedem vergleichbaren Verankerungsgrund – im Rahmen der Zulassung – gedübelt werden, vorausgesetzt, dass regelkonform Versuche am Bauwerk durchgeführt und entsprechend bewertet werden.

- Wurde die grundsätzliche Eignung des Dübels in einem Verankerungsgrund nach Tabelle 1 im Zulassungsverfahren nicht nachgewiesen, d. h., sind keine Angaben in der entsprechenden Dübel-ETA enthalten, so kann in einem solchen Verankerungsgrund auf der Baustelle nicht – im Rahmen der ETA – verankert werden; der Anwender befindet sich dann rein formal außerhalb des Anwendungsbereichs der ETA und benötigt im bauaufsichtlich relevanten Bereich eine Zustimmung im Einzelfall. Bei diesem Verfahren können Versuche am Bauwerk eine Beurteilungsgrundlage sein. Für diesen Fall empfiehlt es sich allerdings immer, einen geeigneten Planer bzw. Sachverständigen für die Beurteilung der Verankerung einzuschalten, der über ausreichende Erfahrungen auf dem Gebiet der Verankerungen und des Mauerwerkbaus verfügt.

In Tabelle 2 wird noch einmal zusammenfassend dargestellt, wann Versuche am Bauwerk erforderlich sind.

Tabelle 2. Erfordernis von Versuchen am Bauwerk

Versuche am Bauwerk sind nach [13] bzw. [14] ...	
... nicht erforderlich, wenn erforderlich, wenn ...
<ul style="list-style-type: none"> – ... der auf der Baustelle verwendete Mauerstein der gleiche ist wie einer der Verankerungsgründe, die in der ETA des verwendeten Dübels abgebildet sind. Bei der Montage wird die Setztiefe des Dübels (h_{nom}) und das Bohrverfahren gemäß den Vorgaben der Dübel-ETA eingehalten. – ... der auf der Baustelle verwendete Vollstein vom in der Dübel-ETA abgebildeten Vollstein lediglich abweicht durch <ul style="list-style-type: none"> • ein größeres Steinformat und/oder • eine höhere Druckfestigkeit. 	<ul style="list-style-type: none"> – ... der auf der Baustelle verwendete Mauerstein nicht in der ETA des verwendeten Dübels abgebildet ist. In der Dübel-ETA ist aber ein Stein enthalten <ul style="list-style-type: none"> • aus dem gleichen Material (Ziegel, Porenbeton, Kalksandstein, Leichtbeton oder Normalbeton), • mit einer vergleichbaren Struktur (Vollstein, Lochstein mit oder ohne Dämmstoff-Füllung, Größe bzw. Format) – ... der auf der Baustelle verbaute Vollstein ein kleineres Steinformat und/oder eine niedrigere Druckfestigkeit hat als der in der Dübel-ETA ausgewiesene, ansonsten gleiche Vollstein. – ... die Bohrlöcher im Hammerbohrverfahren erstellt werden, obwohl in der Dübel-ETA das Bohren im Drehgang vorgegeben wird. – ... der Dübel tiefer gesetzt wird als in der Dübel-ETA vorgegeben.

3.2 Verantwortlichkeiten

3.2.1 Allgemeines

Die Verantwortlichkeiten für die Durchführung und Bewertung der Versuche am Bauwerk werden im europäischen Technical Report TR 051 „Recommendations for job site tests of plastic anchors and screws“ [13] wie folgt definiert (*Hinweis*: Das nachfolgende Zitat ist eine Übersetzung der Autoren des bis dato nur in englischer Sprache vorliegenden Papiers):

„Ausführung und Auswertung der Versuche sowie Erstellung des Prüfberichts und Ermittlung der charakteristischen Tragfähigkeit sollte unter der Verantwortung einer anerkannten Prüfstelle oder unter der Überwachung des für die Ausführung Verantwortlichen auf der Baustelle stattfinden“.

Eine weitere Erläuterung dieser Verantwortlichkeiten erfolgt auf europäischer Ebene bisher nicht, was bei den am Bau Beteiligten immer wieder die Frage aufwirft, welche Qualifikationen für die Durchführung und Bewertung der Versuche vorliegen müssen. Dies war mit ein Grund dafür, dass im Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) ein Arbeitskreis „Versuche am Bau“ eingerichtet wurde. Hier wurden jetzt in der „Technischen Regel Durchführung und Auswertung von Versuchen am Bau für Kunststoffdübel in Beton und Mauerwerk mit ETA nach ETAG 020 bzw. nach EAD 330284-00-0604“ [12] u. a. diese Qualifikationen bzw. Zuständigkeiten über die Definition des „Fachplaners“ (Abschnitt 3.2.2), des „Versuchsleiters“ (Abschnitt 3.2.3) und des „sachkundigen Personals“ (Abschnitt 3.2.4) festgelegt.

3.2.2 Fachplaner

In den gültigen ETAs für Kunststoffdübel findet sich für die Position des Planenden bisher nur folgende Formulierung:

„Die Bemessung der Verankerung erfolgt [...] unter der Verantwortung eines auf dem Gebiet der Verankerungen und des Mauerwerks erfahrenen Ingenieurs“ [15].

In der Technischen Regel des DIBt [12], Abschnitt 2.1 werden nun wie folgt die Aufgaben und Verantwortlichkeiten eines „Fachplaners“ definiert, der bei Versuchen am Bauwerk von Beginn an mit eingebunden werden muss:

- Festlegung der Versuchsart,
- Festlegung der Anzahl der zu prüfenden Dübel und deren Setzposition,
- Festlegung des Bohrverfahrens und der Verankerungstiefe,
- Berücksichtigung ungünstiger Bedingungen,
- Information an das sachkundige Personal wie die Dübelmontage ausgeführt werden muss und welche Randbedingungen eingehalten werden müssen sowie
- Übernahme der Verantwortung für die Dokumentation der Auswertung und Ermittlung der charakteristischen Tragfähigkeiten und deren nachvollziehbare Dokumentation.

3.2.3 Versuchsleiter

Wenn die Versuche am Bauwerk nicht unter der bereits aus TR 51 [13] zitierten „Verantwortung einer anerkannten Prüfstelle“ erfolgen, gibt es in [13] keine weiteren Erläuterungen für „unter der Überwachung des für die Ausführung Verantwortlichen auf der Baustelle“ (vgl. Abschnitt 3.2.1). Hierzu findet sich jetzt in der Technischen Regel des DIBt [12], Abschnitt 1.2 eine Präzisie-

rung. Danach kommen als „Versuchsleiter“ z. B.

- der Bauleiter,
 - der technische Berater des Herstellers des Kunststoffdübels oder
 - der Fachplaner
- infrage, von denen jeweils entsprechende Fachkunde vorausgesetzt wird.

Dabei verfügt ein Versuchsleiter neben der Erfüllung der Anforderungen an „sachkundige Personal“ (s. Abschnitt 3.2.4) über folgende zusätzliche Kenntnisse:

- Klassifizieren/Skizzieren von Verankerungsgründen,
- Durchführung von Probebohrungen,
- Bedienung des Prüfgeräts und
- Dokumentation der Versuchsergebnisse.

3.2.4 Sachkundiges Personal

Unter sachkundigem Personal sind die Personen zu verstehen, die auf der Baustelle die zugelassenen Kunststoffdübel montieren. Eine differenzierte Definition dazu gibt es auf europäischer Ebene im Prinzip nicht, da es in den zugehörigen ETAs lediglich

„Einbau des Dübels durch entsprechend geschultes Personal unter Aufsicht des Bauleiters“

heißt, vgl. hierzu z. B. [15]. Auch hierzu erfolgt nun eine Präzisierung durch die Technische Regel des DIBt [12], Abschnitt 1.2. Danach

- führt dieses „sachkundige Personal“ die Arbeiten auf der Baustelle aus,
- setzt die Kunststoffdübel für die Versuche und
- erfüllt die Anforderungen an Monteure gemäß dem DIBt-Papier „Hinweise für die Montage von Dübelverankerungen“ [16].

Diese „Hinweise für die Montage von Dübelverankerungen“ wurden bereits im Oktober 2010 unter Feder-

führung des DIBt erarbeitet (unter Einbindung von Sachverständigen, Dübelherstellern und Anwendern), „um einen Überblick über die erforderlichen Kompetenzen für Dübelmonteure und die zugehörigen Schulungsmaßnahmen zu erhalten. Werden die dort festgehaltenen Randbedingungen eingehalten, so ist von geschultem Personal hinsichtlich der Dübelmontage auszugehen“ (vgl. [17]).

Mittlerweile wird im Anhang 2 der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen „Verankerungen in Mauerwerk mit nachträglich gesetzten Befestigungsmitteln – Anforderung an Planung, Bemessung und Ausführung“ [18] explizit darauf hingewiesen, dass die DIBt-Hinweise [16] „zu beachten“ sind.

3.3 Prüfbericht nach TR 051

Die Dokumentation der Versuche am Bauwerk erfolgt in einem entsprechenden Prüfbericht. Der Technical Report TR 051 [13] definiert auf europäischer Ebene, welche Angaben im Prüfbericht erforderlich sind. Die Technische Regel des DIBt [12] ergänzt diese Anforderungen um weitere Details und Beispiele.

Die hier in Tabelle 3 zusammengestellten „Mindestangaben“ für einen Prüfbericht nach TR 051 [13] sind immer erforderlich und werden zum besseren Verständnis nachfolgend anhand eines Beispiels praxisorientiert beschrieben und erläutert (vgl. Abschnitt 7).

„Mindestangaben“ impliziert, dass in einem Prüfbericht selbstverständlich weitere Angaben möglich sind, die das nachfolgend dargestellte Beispiel (Abschnitt 7) aber zu umfangreich gestalten würden. Diese weiteren Angaben werden beispielsweise in [12] näher erläutert. So ist z. B. eine kleine Fotodokumentation darüber WAS, WO und WIE tatsächlich geprüft wurde, empfehlenswert und sollte daher mit in jeden Prüfbericht

Tabelle 3. Mindestangaben im Prüfbericht für Versuche am Bauwerk nach TR 051 [13]

Mindestangaben im Prüfbericht nach TR 051 [13]	Siehe Abschnitt dieses Beitrags
Bauwerk	7.2.1 Allgemeine Informationen zum Bauvorhaben
Eigentümer des Gebäudes	
Datum und Ort der Prüfungen	7.2.2 Ort der Prüfungen
Prüfvorrichtung	7.2.3 Prüfvorrichtung
Art der zu befestigenden Konstruktion	7.2.4 Art der zu befestigenden Konstruktion
Mauerwerk (Art des Steins, Festigkeitsklasse, alle Abmessungen der Steine und Mörtelgruppe, sofern möglich); Sichtbeurteilung des Mauerwerks (glatte Fugen, Fugenbreite, Regelmäßigkeit)	7.2.5 Verankerungsgrund
Kunststoffdübel und Schrauben oder Nägel	7.2.6 Name des Produkts
Schneidendurchmesser der Hartmetallbohrer für Bohrhämmer; wenn keine neuen Bohrer verwendet werden, ist der Wert vor und nach dem Bohren zu messen.	7.2.7 Montage
Prüfungsergebnisse, einschließlich Angabe des Wertes N_1 , Versagensart	7.2.8 Versuchsergebnisse

integriert oder als Anhang beigefügt werden, damit der mit der Bewertung der Versuche beauftragte Fachplaner (vgl. Abschnitt 3.2.2) die Durchführung der Versuche im Detail nachvollziehen kann. Dies ist sinnvoll bzw. wichtig, wenn der Fachplaner bei den Versuchen am Bauwerk nicht persönlich mit anwesend ist.

4 Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach DIN EN ISO 6946

Die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U von inhomogenen Bauteilen erfolgt auf Grundlage von Wärmeberechnungen nach DIN EN ISO 10211 [19]. Hierbei wird davon ausgegangen, dass Wärmedurchgangskoeffizienten U von realen Bedingungen, wie beispielsweise der Innenraumtemperatur oder der Einwirkung von Wind oder Sonnenstrahlung, unabhängig sind. Daher sind numerisch dynamische Simulationsrechnungen nicht erforderlich.

Zur Vermeidung eines erhöhten simulationstechnischen Aufwands gibt DIN EN ISO 6946 [1] praxisbewährte Vereinfachungen zur Bestimmung von Wärmedurchgangskoeffizienten, welche bei der Berechnung von hinterlüfteten inhomogenen Fassaden Anwendung finden können.

4.1 Bauteile mit inhomogenen Schichten

Die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U bei Bauteilen mit thermisch inhomogenen Schichten erfolgt über die Bestimmung des arithmetischen Mittelwerts eines oberen und unteren Grenzwerts des Wärmedurchlasswiderstands R_{tot} . Der Wärmedurchlasswiderstand R_{tot} wird hierbei wie folgt berechnet:

$$R_{\text{tot}} = \frac{R_{\text{tot;upper}} + R_{\text{tot;lower}}}{2} \quad (1)$$

mit	
R_{tot}	Gesamt-Wärmedurchlasswiderstand, in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
$R_{\text{tot;upper}}$	oberer Grenzwert des Gesamt-Wärmedurchlasswiderstands
$R_{\text{tot;lower}}$	unterer Grenzwert des Gesamt-Wärmedurchlasswiderstands

Der obere Grenzwert des Gesamt-Wärmedurchlasswiderstands $R_{\text{tot;upper}}$ wird hierbei unter der Annahme eines eindimensionalen Wärmestroms senkrecht zu den Oberflächen bestimmt und der untere unter der Annahme, dass alle Ebenen parallel zu den Oberflächen isotherm sind. Eine grafische Darstellung der Berechnungsgrundlage eines inhomogenen Bauteils nebst Berechnungsbeispiel ist in Bild 2 dargestellt.

4.2 Berücksichtigung von Luftschichten

DIN EN ISO 6946 [1] unterscheidet drei Arten von Luftschichten; ruhende, schwach belüftete und stark

belüftete. Eine Luftschicht gilt als ruhend, wenn ein Luftstrom darin technisch nicht vorgesehen ist. Schwach belüftet ist sie, wenn der Luftaustausch mit der Außenumgebung durch Öffnungen begrenzt ist. Die Öffnungsfläche für vertikale Luftschichten beträgt hierbei mehr als 500 mm^2 , ist jedoch kleiner als 1500 mm^2 je Meter Länge (in horizontaler Richtung) bzw. je Quadratmeter Oberfläche für horizontale Luftschichten.

Stark belüftet ist eine Luftschicht, wenn die Öffnungsfläche 1500 mm^2 je Meter Länge (in horizontaler Richtung) bzw. je Quadratmeter Oberfläche für horizontale Luftschichten überschreitet.

Für ruhende Luftschichten finden sich in [1] Wärmedurchlasswiderstände in Abhängigkeit der Schichtdicke und der Wärmestromrichtung. Für stark belüftete Luftschichten kann vereinfachend der Wert des inneren Wärmeübergangswiderstandes in Ansatz gebracht werden und bei schwach belüfteten Luftschichten hängt die Wirkung der Belüftung von der Größe und Verteilung der Lüftungsöffnungen ab. Der Gesamt-Wärmedurchlasswiderstand eines Bauteils wird daher wie folgt berechnet:

$$R_{\text{tot}} = \frac{(1500 - A_{\text{ve}})}{1000} \cdot R_{\text{tot;nve}} + \frac{(A_{\text{ve}} - 500)}{1000} \cdot R_{\text{tot;ve}} \quad (2)$$

mit	
R_{tot}	Gesamt-Wärmedurchlasswiderstand, in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
A_{ve}	Fläche der Lüftungsöffnungen, in m^2
$R_{\text{tot;nve}}$	Gesamt-Wärmedurchlasswiderstand mit einer ruhenden Luftschicht
$R_{\text{tot;ve}}$	Gesamt-Wärmedurchlasswiderstand mit einer belüfteten Luftschicht

4.3 Berücksichtigung von punktuellen Wärmeverlusten über Befestigungselemente

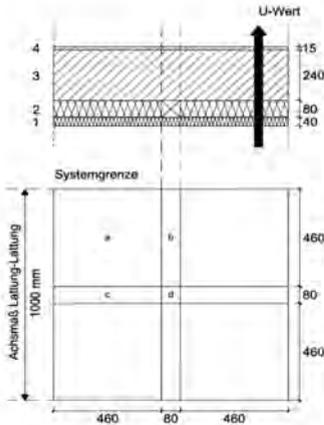
Die Berücksichtigung von Wärmeverlusten über mechanische Befestigungselemente, wie beispielsweise Kunststoffdübel, erfolgt über den punktbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten χ , welcher einen punktuellen Wärmeverlust über das Befestigungselement beschreibt. Dieser punktuellen Wärmeverlust wird über eine Korrektur für mechanische Befestigungsteile ΔU_f beschrieben und kann über dreidimensionale Wärmebrückenberechnungen nach DIN EN ISO 10211 [19] ermittelt werden. Die Korrektur des Wärmedurchgangskoeffizienten ergibt sich hierbei wie folgt:

$$\Delta U_f = n_f \cdot \chi \quad (3)$$

mit	
n_f	Anzahl der Befestigungselemente, pro m^2
χ	punktbezogener Wärmedurchgangskoeffizient, in W/K

Durch Addition der ermittelten Korrektur auf den Wärmedurchgangskoeffizienten U ohne thermische Schwächung, ergibt sich ein korrigierter Wärmedurchgangskoeffizient U_c . Die Korrektur muss jedoch nur

U-Wert-Berechnung mit Näherungsverfahren nach DIN EN ISO 6946



oberer Grenzwert $R_{tot,upper}$:

$$R_a = 0,13 \frac{m^2 \cdot K}{W} + \frac{0,015 m}{0,35 \frac{W}{m \cdot K}} + \frac{0,24 m}{0,16 \frac{W}{m \cdot K}} + \frac{0,08 m}{0,04 \frac{W}{m \cdot K}} + \frac{0,04 m}{0,04 \frac{W}{m \cdot K}} + 0,13 \frac{m^2 \cdot K}{W} = 4,803 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$R_b = 0,13 \frac{m^2 \cdot K}{W} + \frac{0,015 m}{0,35 \frac{W}{m \cdot K}} + \frac{0,24 m}{0,16 \frac{W}{m \cdot K}} + \frac{0,08 m}{0,13 \frac{W}{m \cdot K}} + \frac{0,04 m}{0,04 \frac{W}{m \cdot K}} + 0,13 \frac{m^2 \cdot K}{W} = 3,418 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$R_c = 0,13 \frac{m^2 \cdot K}{W} + \frac{0,015 m}{0,35 \frac{W}{m \cdot K}} + \frac{0,24 m}{0,16 \frac{W}{m \cdot K}} + \frac{0,08 m}{0,04 \frac{W}{m \cdot K}} + \frac{0,04 m}{0,13 \frac{W}{m \cdot K}} + 0,13 \frac{m^2 \cdot K}{W} = 4,111 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$R_d = 0,13 \frac{m^2 \cdot K}{W} + \frac{0,015 m}{0,35 \frac{W}{m \cdot K}} + \frac{0,24 m}{0,16 \frac{W}{m \cdot K}} + \frac{0,08 m}{0,13 \frac{W}{m \cdot K}} + \frac{0,04 m}{0,13 \frac{W}{m \cdot K}} + 0,13 \frac{m^2 \cdot K}{W} = 2,726 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$R_{tot,upper} = \frac{0,2916 m^2}{\frac{0,2116 m^2}{4,803 \frac{m^2 \cdot K}{W}} + \frac{0,0368 m^2}{3,418 \frac{m^2 \cdot K}{W}} + \frac{0,0368 m^2}{4,111 \frac{m^2 \cdot K}{W}} + \frac{0,0064 m^2}{2,726 \frac{m^2 \cdot K}{W}}} = 4,41 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

unterer Grenzwert $R_{tot,lower}$:

$$\lambda_{\phi,1} = \frac{2 \cdot 0,04 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 0,46 m + 0,13 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 0,04 m}{1 m} = 0,0400 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$\lambda_{\phi,2} = \frac{2 \cdot 0,04 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 0,46 m + 0,13 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 0,08 m}{1 m} = 0,0472 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$R_{tot,lower} = 0,13 \frac{m^2 \cdot K}{W} + \frac{0,04 m}{0,042 \frac{W}{m \cdot K}} + \frac{0,08 m}{0,0472 \frac{W}{m \cdot K}} + \frac{0,24 m}{0,16 \frac{W}{m \cdot K}} + \frac{0,015 m}{0,35 \frac{W}{m \cdot K}} + 0,13 \frac{m^2 \cdot K}{W} = 4,45 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Wärmedurchlasswiderstand R_{tot} :

$$R_{tot} = \frac{4,41 \frac{m^2 \cdot K}{W} + 4,45 \frac{m^2 \cdot K}{W}}{2} = 4,43 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

U-Wert:

$$U = \frac{1}{4,43 \frac{m^2 \cdot K}{W}} = 0,226 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Gültigkeit:

$$\frac{R_{tot,upper}}{R_{tot,lower}} < 1,5 \quad \frac{4,41 \frac{m^2 \cdot K}{W}}{4,45 \frac{m^2 \cdot K}{W}} = 0,99 < 1,5, \text{ erfüllt!}$$

Aufbau:		
Material	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]
Gipsputz	1,5	0,35
Mauerwerk	24	0,16
Wärmedämmung	8	0,04
Holzrahmen	8	0,13
Dämmung	4	0,04
Lattung	4	0,13

Bild 2. Berechnungsbeispiel zur Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten U eines inhomogenen Bauteils

berücksichtigt werden, wenn diese $\geq 3\%$ des Wärmedurchgangskoeffizienten U des Regelquerschnitts ist.

In Bild 3 ist beispielhaft der Einfluss eines Kunststoffdübels durch die Temperaturänderung dargestellt. Hierfür wurde der Bereich der außenseitigen Dämmung durch den Dübel freigeschnitten (Bild 3b) bzw. der Dübel freigelegt (Bild 3c). Es ist erkennbar, dass es infolge des Kunststoffdübels zu einer Absenkung der Temperatur kommt, was einen erhöhten Energieverlust darstellt.

5 Ermittlung von punktuellen Wärmeverlusten über Befestigungen

Die Ermittlung der punktbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten über Befestigungselemente erfolgt anhand von dreidimensionalen Wärmebrückenberechnungen nach DIN EN ISO 10211 [19]. Die Norm [19] beschreibt hierbei das Berechnungsverfahren zur Ermittlung der thermischen Leitwerte und des Wärmestroms und die modellhafte Abbildung des Untersuchungsgegenstands.

Da es in der Regel nicht möglich ist, ein vollständiges Gebäude als geometrisches Modell abzubilden, kann

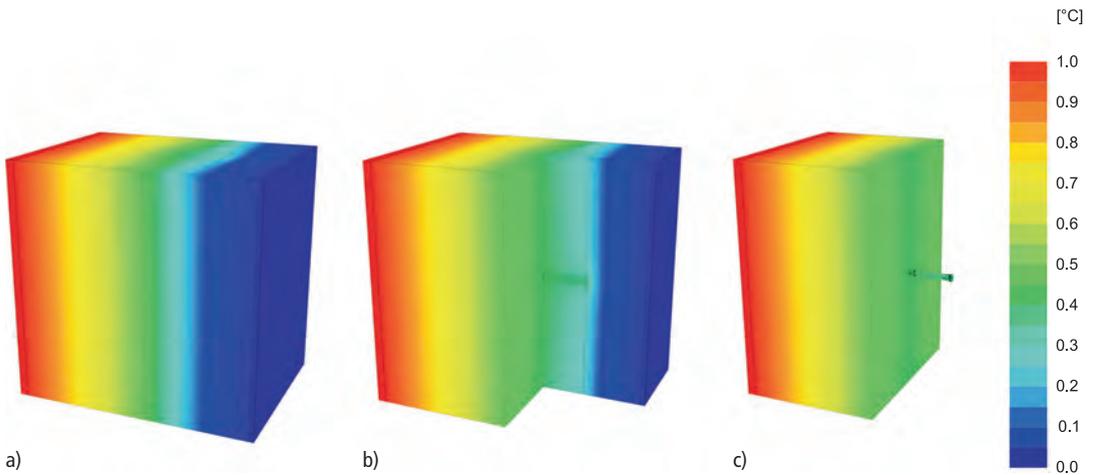


Bild 3. Darstellung der Temperaturverläufe; a) vollständiges Bauteil, b) Dämmung teilweise geschnitten, c) Dübel freigeschnitten

unter Verwendung von Schnittebenen das zu untersuchende Modell in unterschiedliche Abschnitte unterteilt werden. Hierbei ist es wichtig, dass Unterschiede in den Berechnungsergebnissen durch Wahl der passenden Schnittebene vermieden werden.

Bei dreidimensionalen geometrischen Modellen sind die Schnittebenen so anzuordnen, dass sie in einer Symmetrieebene liegen, die weniger als 1000 mm oder, falls keine Symmetrieebene vorhanden ist, mindestens 1000 mm vom zu berechnenden Element entfernt ist. Bei der Eingabe von Wärmeleitfähigkeiten von Baustoffen ist der Bemessungswert, beispielsweise aus [20] und [21], zu verwenden.

Bei der Berechnung von dreidimensionalen Wärmebrücken nach [19] wird das geometrische Modell in eine Anzahl von Zellen mit je einem charakteristischen Punkt unterteilt. Die charakteristischen Punkte werden als Knotenpunkte bezeichnet. Unter Anwendung des Energie-Erhaltungssatzes und des Fourier'schen Gesetzes erhält man unter Berücksichtigung der Randbedingungen ein Gleichungssystem, welches eine Funktion der Temperatur in den Knotenpunkten darstellt. Bei Anwendung eines direkten Lösungsverfahrens oder eines Iterationsverfahrens können die Knotenpunkttemperaturen ermittelt und die Wärmeströme aus der Temperaturverteilung bestimmt werden.

Bei zwei unterschiedlichen Temperaturen, z. B. Innen- und Außenlufttemperatur, eines nicht unterteilten Modells wird der thermische Leitwert mithilfe des Gesamtwärmestroms Φ wie folgt ermittelt:

$$\Phi = L_{3D,1,2} \cdot (\theta_1 - \theta_2) \quad (4)$$

mit
 $L_{3D,1,2}$ thermischer Leitwert aus einer 3-D-Berechnung des trennenden Bauteils, in W/K

θ_1 Temperatur der Innenräume, in °C
 θ_2 Temperatur der Außenräume, in °C

Die Ermittlung des thermischen Leitwerts wird wie nachfolgend dargestellt berechnet:

$$L_{3D,i,j} = \sum_{k=1}^{N_k} U_{k(i,j)} \cdot A_k + \sum_{m=1}^{N_m} L_{2D,m(i,j)} \cdot l_m + \sum_{n=1}^{N_n} L_{3D,n(i,j)} \quad (5)$$

mit
 $L_{3D,n(i,j)}$ thermischer Leitwert aus einer 3-D-Berechnung für den Teil n des Raumes oder Gebäudes, in W/K
 $L_{2D,m(i,j)}$ thermischer Leitwert aus einer 2-D-Berechnung für den Teil m des Raumes oder Gebäudes, in W
 l_m Länge, über die der Wert $L_{2D,m(i,j)}$ gilt, in m
 $U_{k(i,j)}$ Wärmedurchgangskoeffizient aus einer 1-D-Berechnung für den Teil k des Raumes oder Gebäudes, in W/(m²·K)
 A_k Fläche, über die der Wert U_k gilt, in m²
 N_n Gesamtzahl von 3-D-Teilen
 N_m Gesamtzahl von 2-D-Teilen
 N_k Gesamtzahl von 1-D-Teilen

Die linearen Wärmedurchgangskoeffizienten berechnen sich wie folgt:

$$\psi = L_{2D} - \sum_{j=1}^{N_j} U_j \cdot l_j \quad (6)$$

mit
 L_{2D} thermischer Leitwert aus einer 2-D-Berechnung des die beiden betrachteten Räume trennenden Bauteils, in W
 U_j Wärmedurchgangskoeffizient des die beiden betrachteten Räume trennenden 1-D-Bauteils j, in W/(m²·K)
 l_j Länge, für die der Wert U_j gilt, in m

Die Berechnung der punktbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten ist wie folgt definiert:

$$\chi = L_{3D} - \sum_{i=1}^{N_i} U_i \cdot A_i - \sum_{j=1}^{N_j} \Psi_j \cdot l_j \quad (7)$$

mit	
L_{3D}	thermischer Leitwert aus einer 3-D-Berechnung des die beiden betrachteten Räume trennenden 3-D-Bauteils, in W/K
U_i	Wärmedurchgangskoeffizient des die beiden betrachteten Räume trennenden 1-D-Bauteils i , in $W/(m^2 \cdot K)$
A_i	Fläche, über die der Wert U_i gilt, in m^2
$\Psi_{m(i,j)}$	längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient, in $W/(m \cdot K)$
l_j	Länge, über die der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient gilt, in m
N_j	Anzahl der 2-D-Bauteile
N_i	Anzahl der 1-D-Bauteile

6 Ermittlung des thermischen Einflusses von Befestigungselementen

6.1 Untersuchungsgegenstände

Gegenstand der Untersuchungen sind drei Außenwandkonstruktionen mit vorgehängter Fassade. Die Befestigung der Fassadenplatten erfolgt über eine mit Kunststoff-Rahmendübeln befestigte Lattung und Konterlattung in das Mauerwerk. Anhand von dreidimensionalen Wärmebrückenberechnungen erfolgt die Ermittlung des Einflusses der Hinterlüftung der Fassade, der Setztiefe der Kunststoff-Rahmendübel und der Dämmstoffanordnung auf die punktuellen Wärmeverluste der Kunststoff-Rahmendübel.

Wandkonstruktion 1 besteht aus einem raumseitigen 1,5 cm dicken Gipsputz auf Mauerwerk. Den außenseitigen Abschluss bildet eine auf Lattung und Konterlattung befestigte Faserzementplatte. Für die Untersuchung erfolgt eine Variation der Dicke d des Mauerwerks zwischen 24 cm und 49 cm mit einer Wärmeleitfähigkeit λ zwischen 0,07 W/(m·K) und 0,14 W/(m·K). Als Befestigungsmittel wird der Kunststoff-Rahmendübel W-UR 10 der Firma Würth GmbH & Co. KG mit einer Länge von 115 mm zur Befestigung der Lattung in das Mauerwerk in Ansatz gebracht. Die in Ansatz gebrachte Setztiefe beträgt 75 mm.

Der raumseitige Abschluss der Wandkonstruktion 2 besteht aus 1,5 cm dickem Gipsputz auf Mauerwerk. Das Mauerwerk wird mit einer Dicke d von 24 cm und 30 cm und einer Wärmeleitfähigkeit λ von 0,16 W/(m·K) und 0,07 W/(m·K) in Ansatz gebracht. Auf das Mauerwerk wird eine Holzfaserdämmplatte in den Dicken d von 4 cm, 8 cm bzw. 12 cm angesetzt. Den außenseitigen Abschluss bildet eine auf Lattung und Konterlattung befestigte Boden-Deckel-Schalung.

Als Befestigungsmittel wird ebenfalls der Kunststoff-Rahmendübel W-UR 10 mit einer Länge von 160 mm bei Verwendung einer 40 mm dicken Holzfaserdämmplatte, 200 mm bei einer 80 mm dicken Holzfaserdämmung und 230 mm bei einer 120 mm dicken Holzfaserdämmplatte zur Befestigung der Lattung in das Mauerwerk verwendet. Die Setztiefen belaufen sich auf 70 mm bis 80 mm.

Zur Untersuchung des Einflusses von mechanischen Befestigungsmitteln bei der energetischen Sanierung werden die drei unterschiedlich dicken Holzfaserdämmplatten bei einem 17,5 cm dicken Mauerwerk mit einer Wärmeleitfähigkeit λ von 0,45 W/(m·K) untersucht. Eine Untersuchung mit abweichenden Wärmeleitfähigkeiten erfolgt bei dieser Mauerwerksdicke nicht.

Bei Wandkonstruktion 3 besteht der raumseitige Abschluss ebenfalls aus einem 1,5 cm dicken Gipsputz auf Mauerwerk. Darauf aufbauend erfolgt zwischen 8 cm breiten Holzständern der Ansatz einer mineralischen Dämmung. Die Dicke der mineralischen Dämmung variiert zwischen 8 cm und 12 cm. Auf dem Holzrahmen erfolgt die Befestigung einer zusätzlichen 4 cm dicken Lattung mit dazwischenliegender Mineralwolle. Den außenseitigen Abschluss bildet eine auf Lattung und Konterlattung befestigte Faserzementplatte. Die Dicke des Mauerwerks variiert zwischen 24 cm und 30 cm und die Wärmeleitfähigkeit λ zwischen 0,16 W/(m·K) und 0,07 W/(m·K).

Die Befestigung des Holzrahmens erfolgt über den Kunststoff-Rahmendübel W-UR 10. Dieser wird je nach Holzrahmenkonstruktion mit einer Länge von 160 mm und 200 mm abgebildet. Die in Ansatz gebrachte Setztiefe beträgt jeweils 80 mm.

Die in den Untersuchungen in Ansatz gebrachten Wärmeleitfähigkeiten λ der Wandbildner sind rein theoretisch und dienen ausschließlich der Ermittlung der punktbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten χ über die untersuchten Dübel.

Die Luftschicht wird bei allen Untersuchungen als stark belüftet in Ansatz gebracht, d. h. gemäß DIN EN ISO 6946 [1] erfolgt der Ansatz eines Wärmeübergangswiderstands von 0,13 $m^2 \cdot K/W$ im Bereich des Mauerwerks bzw. der Lattung. Bei ausgewählten Wandkonstruktionen wird jedoch der Einfluss einer unterschiedlich ausgebildeten Hinterlüftung, ruhende Luftschicht und schwach belüftet, untersucht.

In Tabelle 4 sind die untersuchten Außenwandkonstruktionen dargestellt.

6.2 Ergebnisse

6.2.1 Einfluss der Luftschichtausbildung

Die Ermittlung des thermischen Einflusses der unterschiedlichen Belüftungsarten hinter dem äußeren Fassadenabschluss auf die Wärmeverluste über den Kunststoff-Rahmendübel werden an Wandkonstruktion 1 bei Wanddicken d von 24 cm und 49 cm mit

1 DÜBELKRAGEN

Verhindert das Tieferrutschen
der Dübelhülse

2 2 SETZTIEFENMARKIERUNGEN

3 VERDREHSICHERUNG

Verhindert das Mitdrehen
der Dübelhülse, ein Durchdrehen
ist nahezu unmöglich

4 VERDREHSICHERUNG

Aufgespreizte „Zähne“ verkrallen
sich im Verankerungsgrund



KUNSTSTOFF- RAHMENDÜBEL W-UR

Mit Europäisch Technischer Bewertung (ETA)
in zahlreichen Verankerungsgründen



WÜRTH TECHNICAL SOFTWARE II

Bestimmen Sie schnell und sicher
das passende Produkt
zu Ihren Befestigungsfragen.

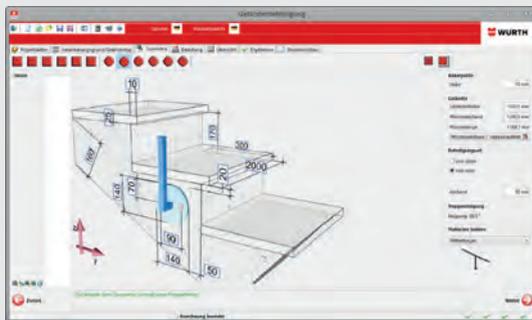
Würth Technical Software II

Die Würth Technical Software II unterstützt Sie bei allen Fragen rund um die Dübeltechnik: Produktdokumente, Zulassungen, CAD-Zeichnungen und Hintergrundwissen



Würth Software Geländerbefestigung

Ideal für die Bestimmung der Dübel für Geländer und Treppenläufe. Der Benutzer benötigt keine vertieften Kenntnisse in der statischen Bemessung: voreingestellte Geometrien der Treppen; runde Ankerplatten; Lastermittlung aus Holm-, Wind- und Eigenlasten und Berechnungsergebnisse mit Auslastung und Plausibilitätshinweisen



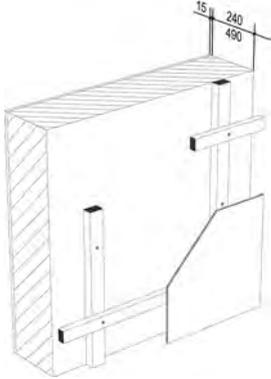
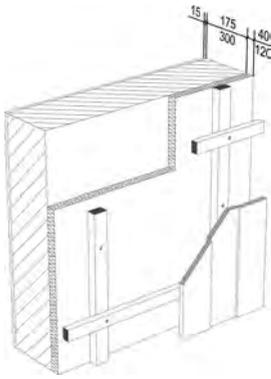
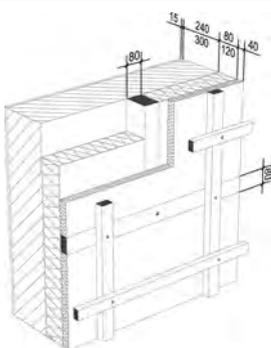
Würth Dübelbemessungssoftware

Der Ingenieur findet Antworten für Fälle bei denen maximale Flexibilität gefordert ist: Ankergrund Beton und Mauerwerk; zügige Produktwahl über Filter; freie Wahl der Ankerplattengeometrie + Dübelanordnung und Ausdruck mit Statik, Bohrild und Ankerplattenkonstruktion



Die **Würth Technical Software II** erhalten Sie durch Update Ihrer bereits installierten Würth Bemessungssoftware oder im Downloadbereich auf www.wuerth.de/ingenieure – natürlich kostenfrei.

Tabelle 4. Aufbau der untersuchten Außenwandkonstruktionen

Nr.	Skizze	Material	Dicke d [cm]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]
Wandkonstruktion 1				
1		Gipsputz	1,5	0,35
		Mauerwerk	24,0/30,0/36,5/42,5/49,0	0,14/0,12/0,10/0,08/0,07
		Lattung	4	0,13
		Konterlattung	3	
		Faserzementplatte	8	–
Wandkonstruktion 2				
2		Gipsputz	1,5	0,35
		Mauerwerk	17,5/24,0/30,0	0,45/0,16/0,07
		Holzfaserdämmung	4/8/12	0,046
		Lattung	4	0,13
		Konterlattung	3	
		Boden-Deckel-Schalung	4,2	–
Wandkonstruktion 3				
3		Gipsputz	1,5	0,35
		Mauerwerk	24,0/30,0	0,16/0,07
		Wärmedämmung	8/12	0,04/0,13
		Holzrahmen		
		Dämmung	4	0,04/0,13
		Lattung		
		Lattung	4	0,13
		Konterlattung	–	
Faserzementplatte	–	–		

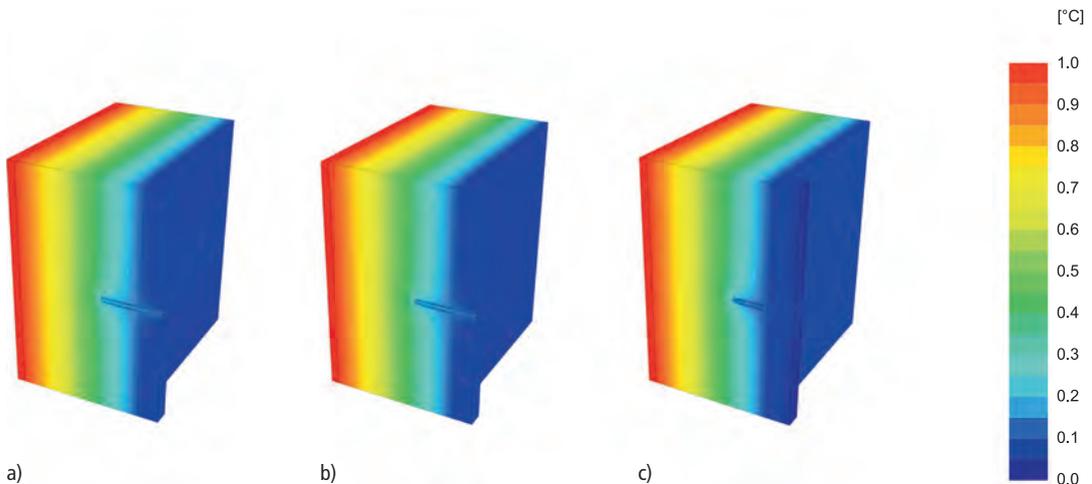


Bild 4. Vergleichende Darstellung des Temperaturverlaufs als Schnitt durch die Symmetrieebene des Verbindungsmittels; a) unbelüftete Konstruktion, b) schwach belüftete Konstruktion, c) stark belüftete Konstruktion

Tabelle 5. Ergebnisse bei unterschiedlichen Ansätzen der Luftschicht

d_{MW} [cm]	λ_{MW} [W/(m·K)]	χ -Werte [W/K]		
		unbelüftet	schwach belüftet	stark belüftet
24,0	0,10	0,00035	0,00033	0,00036
	0,07	0,00028	0,00029	0,00028
49,0	0,14	0,00009	0,00008	0,00014
	0,07	0,00014	0,00004	0,00009

einer Wärmeleitfähigkeiten des Mauerwerks $\lambda = 0,1$ und $0,07 \text{ W/(m·K)}$ bzw. $\lambda = 0,14$ und $0,1 \text{ W/(m·K)}$ durchgeführt. Die Luftschichten werden nach DIN EN ISO 6946 [1] jeweils als unbelüftet mit einem Wärmedurchlasswiderstand der 7 cm dicken Luftschicht von $0,18 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$, schwach belüftet mit einem Wärmedurchlasswiderstand der Luftschicht von $0,175 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ (Fläche der Öffnung zur Außenumgebung beträgt $1000 \text{ mm}^2/\text{m}$) und stark belüftet mit einem äußeren Wärmeübergangswiderstand R_{se} von $0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ bei gleichzeitiger Vernachlässigung aller Bauteilschichten zwischen Luftschicht und Außenumgebung in Ansatz gebracht.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei niedrigem Wärmeschutz der Außenwand keine signifikanten Unterschiede bei den punktuellen Wärmeverlusten über die Kunststoff-Rahmendübel auftreten. Erst bei einem erhöhten Wärmedämmniveau der Außenwand ist erkennbar, dass es aufgrund der niedrigeren Temperaturen im Bereich des Befestigungselements bei der stark belüfteten Konstruktion zu höheren punktuellen Wärmeverlusten über die Kunststoff-Rahmendübel im Vergleich

zu schwach bzw. unbelüfteten Konstruktionen kommt. In Bild 4 ist beispielhaft der Temperaturverlauf einer Konstruktion bei einer Mauerwerksdicke von 49 cm und einer Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks $\lambda = 0,07 \text{ W/(m·K)}$ bei unterschiedlichen Belüftungszuständen der Luftschicht dargestellt. Hierbei ist erkennbar, dass das Temperaturniveau im Bereich der Befestigung bei starker Belüftung unterhalb der unbelüfteten Außenwand liegt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 5 dargestellt. Die dazugehörigen Diagramme (Bild 5) zeigen die Berechnungsergebnisse als Punkte. Zusätzlich wird eine Trendlinie dargestellt, die eine Tendenz der zu erwartenden Wärmeverluste bei unterschiedlichem Wärmeschutzniveau der Wand zeigt.

6.2.2 Einfluss der Setztiefe

Die Untersuchungen zur Ermittlung des thermischen Einflusses der Setztiefe der Kunststoff-Rahmendübel erfolgt an Wandkonstruktion 2 mit einer Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks $\lambda = 0,16 \text{ W/(m·K)}$ und einer 80 mm dicken Holzfaserdämmplatte.

Mit zunehmender Setztiefe der Dübel nehmen die punktuellen Wärmeverluste je Dübel auf $0,00257 \text{ W/K}$ und bei einer Setztiefe von 110 mm (Dübellänge $l = 230 \text{ mm}$) auf $0,00354 \text{ W/K}$. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 6 und das zugehörige Diagramm in Bild 7 dargestellt.

6.2.3 Einfluss der Dämmstoffanordnung

Bei Außenwandaufbauten ohne zusätzliche außenseitige Dämmebene hinter der vorgehängten Fassade (Wandkonstruktion 1) nehmen die punktuellen

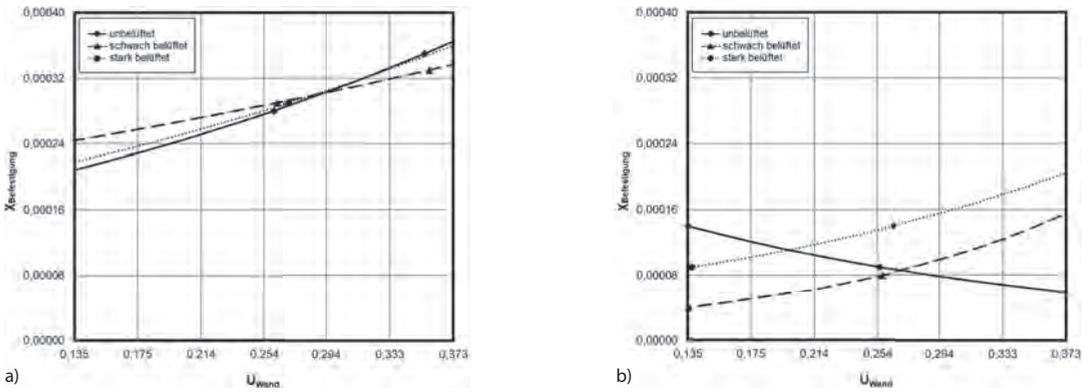


Bild 5. Darstellung des Einflusses der unterschiedlichen Belüftungszustände hinter den Fassadenplatten auf die Wärmeverluste an Wandkonstruktion 1; a) bei einer Mauerwerksdicke von 24 cm, b) bei einer Mauerwerksdicke von 49 cm

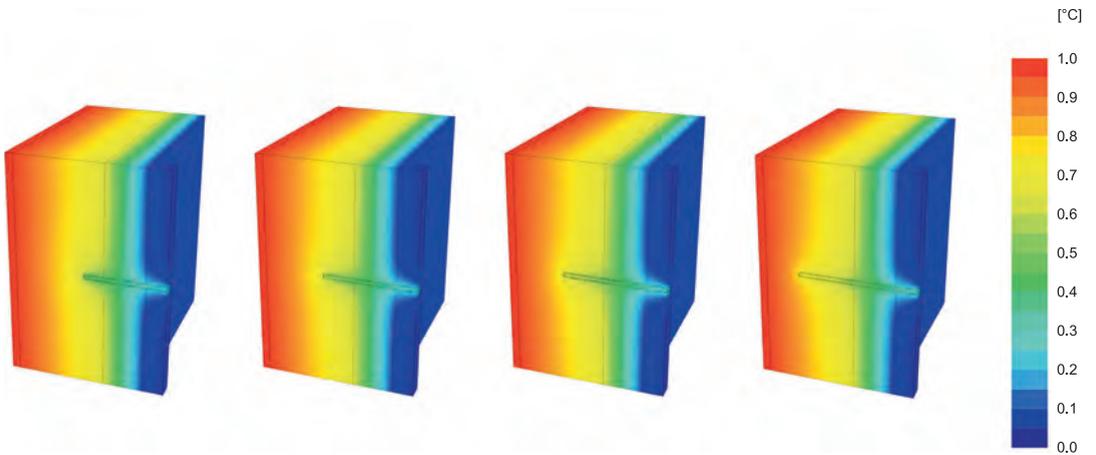


Bild 6. Darstellung der Änderung der raumseitigen Temperatur bei einem Schnitt durch den Dübel

Tabelle 6. Ergebnisse bei unterschiedlichen Setztiefen der Befestigung

Dübellänge [mm]	Setztiefe [mm]	$\chi_{\text{Befestigung}}$ [W/K]
160	40	0,00257
185	65	0,00289
200	75	0,00320
230	110	0,00354

Wärmedurchgangskoeffizienten χ über den Kunststoff-Rahmendübel W-UR 10 mit verbessertem Wärmeschutzniveau und zunehmender Mauerwerksdicke ab. Bei einem 24 cm dicken Mauerwerk mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,10 W/(m·K) belaufen sich die χ -Werte auf 0,00036 W/K bzw. bei gleichblei-

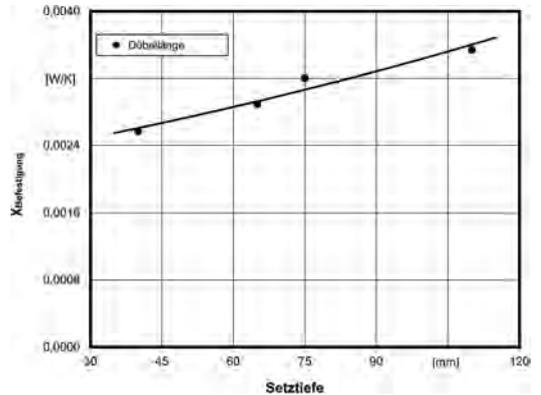


Bild 7. Darstellung des thermischen Einflusses der Setztiefe der Kunststoff-Rahmendübel an Wandkonstruktion 2

Tabelle 7. Ergebnisse bei Außenwandaufbauten ohne zusätzliche außenseitige Dämmebene

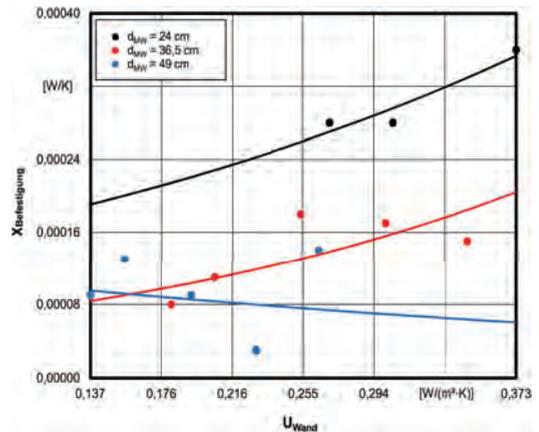
d_{MW}	λ_{MW}	U	U_c	$\chi_{Befestigung}$
[cm]	[W/(m·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/K]
24,0	0,10	0,37248	0,37284	0,00036
	0,08	0,30449	0,30477	0,00028
	0,07	0,26923	0,26951	0,00028
30,0	0,12	0,35897	0,35934	0,00037
	0,10	0,30448	0,30468	0,0002
	0,08	0,24780	0,24799	0,00019
36,5	0,07	0,21874	0,21891	0,00017
	0,14	0,34571	0,34586	0,00015
	0,12	0,30053	0,3007	0,00017
	0,10	0,25410	0,25428	0,00018
	0,08	0,20625	0,20636	0,00011
42,5	0,07	0,18182	0,1819	0,00008
	0,14	0,30118	0,3013	0,00012
	0,12	0,26132	0,26151	0,00019
	0,10	0,22051	0,22058	0,00007
	0,08	0,17867	0,17876	0,00009
49,0	0,07	0,15736	0,15741	0,00005
	0,14	0,26417	0,26431	0,00014
	0,12	0,22893	0,22896	0,00003
	0,10	0,19292	0,19301	0,00009
	0,08	0,15600	0,15613	0,00013
	0,07	0,13724	0,13733	0,00009

Außenwandaufbauten ohne zusätzliche außenseitige Dämmebene an Wandkonstruktion 1

bender Mauerwerksdicke mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,07 W/(m·K) auf 0,00028 W/K. Bei Wandkonstruktionen mit einem 49 cm dicken Mauerwerk und einer Wärmeleitfähigkeit von 0,10 W/(m·K) und 0,07 W/(m·K) reduzieren sich die punktuellen Wärmeverluste jeweils auf 0,00009 W/K. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 und Bild 8 dargestellt.

Mit zusätzlicher Dämmung zwischen der Lattung reduzieren sich die punktuellen Wärmeverluste über den Kunststoff-Rahmendübel W-UR 10 wie bei der ungedämmten Wandkonstruktion 1 mit verbessertem Wärmeschutzniveau und Wanddicke. Jedoch nehmen im Vergleich zu Wandkonstruktion 1 die punktuellen Wärmeverluste zu.

Die punktuellen Wärmeverluste über einen Kunststoff-Rahmendübel W-UR 10 belaufen sich bei einem 24 cm dicken Mauerwerk mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,16 W/(m·K) und 40 mm Holzfaserdämmung auf

**Bild 8.** Darstellung der Wärmeverluste bei Außenwandaufbauten ohne zusätzliche außenseitige Dämmebene an Wandkonstruktion 1

0,00191 W/K und mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,07 W/(m·K) auf 0,00076 W/K. Bei einem 30 cm dicken Mauerwerk reduzieren sich die punktuellen Wärmeverluste auf 0,00126 W/K bzw. 0,00062 W/K.

Bei Erhöhung der Dicke der Holzfaserdämmung auf 80 mm belaufen sich die punktuellen Wärmeverluste bei einem 17,5 cm dicken Mauerwerk mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,16 W/(m·K) bzw. 0,07 W/(m·K) auf 0,00317 W/K bzw. 0,00164 W/K und bei einem 30 cm dicken Mauerwerk auf 0,00209 W/K bzw. 0,00094 W/K. Bei Verwendung einer 120 mm dicken Holzfaserdämmung belaufen sich die punktuellen Wärmeverluste bei einem 24 cm dicken Mauerwerk mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,16 W/(m·K) bzw. 0,07 W/(m·K) auf 0,00266 W/K bzw. 0,00129 W/K und bei einem 30 cm dicken Mauerwerk auf 0,00235 W/K bzw. 0,00103 W/K.

Die punktuellen Wärmeverluste des 17,5 cm dicken Mauerwerks mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,45 W/(m·K) zur Abbildung einer möglichen Sanierungsvariante belaufen sich bei einer 40 mm dicken Holzfaserdämmung auf 0,00408 W/K, bei einer 80 mm dicken Holzfaserdämmung auf 0,0049 W/K und bei einer 120 mm dicken Holzfaserdämmung auf 0,00492 W/K. Mit verbessertem Wärmedämmniveau, also Reduzierung der Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks reduzieren sich die punktuellen Wärmeverluste, beispielsweise mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,07 W/(m·K) und Verwendung einer 120 mm dicken Holzfaserdämmung, auf bis zu 0,0018 W/K, siehe Tabelle 8 und Bild 9.

Durch Anordnung einer zusätzlichen Überdämmung der Kunststoff-Rahmendübel mit 40 mm Wärmedämmung reduzieren sich die punktuellen Wärmeverluste über die Kunststoff-Rahmendübel im Vergleich zu Wandkonstruktion 2.

Mit zunehmendem Wärmeschutz und Mauerwerksdicke nehmen die punktuellen Wärmeverluste über die

Tabelle 8. Ergebnisse bei Außenwandaufbauten mit zusätzlicher außenseitige Dämmebene

d_{MW} [cm]	λ_{MW} [W/(m·K)]	$d_{Dämmung}$ [mm]	U [W/(m ² ·K)]	U_c [W/(m ² ·K)]	$\chi_{Befestigung}$ [W/K]
17,5	0,45	40	0,59725	0,60133	0,00408
			0,42032	0,42261	0,00229
			0,26416	0,26541	0,00125
24,0	0,16	40	0,35884	0,36075	0,00191
			0,21212	0,21288	0,00076
30,0	0,16	40	0,31646	0,31772	0,00126
			0,17944	0,18006	0,00062
17,5	0,45	80	0,37394	0,37884	0,0049
			0,29585	0,29902	0,00317
			0,20897	0,21061	0,00164
24,0	0,16	80	0,26418	0,26660	0,00242
			0,17505	0,17615	0,00110
30,0	0,16	80	0,24028	0,24237	0,00209
			0,15212	0,15306	0,00094
17,5	0,45	120	0,27209	0,27701	0,00492
			0,22831	0,231567	0,00326
			0,17283	0,17463	0,00180
24,0	0,16	120	0,20900	0,21166	0,00266
			0,14896	0,15025	0,00129
30,0	0,16	120	0,19375	0,19610	0,00235
			0,13208	0,13311	0,00103

Tabelle 9. Ergebnisse bei Außenwandaufbauten mit zusätzlicher außenseitige Dämmebene

d_{MW} [cm]	λ_{MW} [W/(m·K)]	$d_{Dämmung}$ [mm]	U [W/(m ² ·K)]	U_c [W/(m ² ·K)]	$\chi_{Befestigung}$ [W/K]
24,0	0,16	80/40	0,22699	0,22756	0,00057
			0,15748	0,15787	0,00039
30,0	0,16	80/40	0,20919	0,20966	0,00047
			0,13874	0,13905	0,00031
24,0	0,16	120/40	0,18964	0,19047	0,00083
			0,13842	0,13895	0,00053
30,0	0,16	120/40	0,17703	0,17776	0,00073
			0,12373	0,12415	0,00042

Dübel ab. Jedoch kommt es auch bei dieser Konstruktion mit zunehmender Dübelleuge zu einer Erhöhung der punktuellen Wärmeverluste trotz erhöhtem Wärmedämmniveau.

Die punktuellen Wärmeverluste über einen Kunststoff-Rahmendübel W-UR 10 belaufen sich bei einem 24 cm dicken Mauerwerk mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,16 W/(m·K) und einer 80 mm mineralischer Dämmung und zusätzlicher 40 mm Dämmung auf 0,00057 W/K und mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,07 W/(m·K) auf 0,00039 W/K. Bei einem 30 cm dicken Mauerwerk belaufen sich die punktuellen Wärmeverluste bei identischem Aufbau der Wärmedämmung auf 0,00047 W/K bzw. 0,00031 W/K.

Bei Erhöhung der Dämmung von 80 mm auf 120 mm kommt es bei einem 24 cm dicken Mauerwerk mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,16 W/(m·K) durch die Verwendung längerer Dübel zu einer Erhöhung der punktuellen Wärmeverluste auf 0,00083 W/K bzw. mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,07 W/(m·K) auf 0,00053 W/K und bei einem 30 cm dicken Mauerwerk mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,16 W/(m·K) auf 0,00073 W/K bzw. 0,00042 W/K mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,07 W/(m·K), siehe Tabelle 9 und Bild 10.

6.2.4 Bewertung der Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass bei allen untersuchten Außenwandkonstruktionen die punktuellen Wärmeverluste über den Kunststoff-Rahmendübel W-UR 10 mit verbessertem Wärmeschutzniveau und zunehmender Mauerwerksdicke abnehmen. Durchdringen Dübel eine Dämmebene, prägt sich die Wärmebrücke über den Dübel bei gleichbleibender Dübelleuge höher aus, d. h., die punktuellen Wärmeverluste über die Dübel steigen an. Bei Verwendung einer zusätzlichen Überdämmung des Dübels reduzieren sich die Wärmeverluste bei gleichbleibender Dübelleuge.

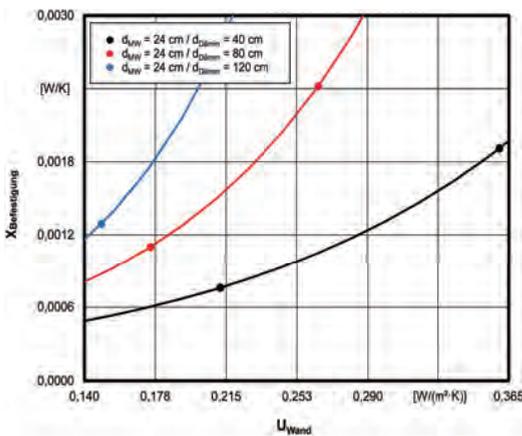


Bild 9. Darstellung der Wärmeverluste bei Außenwandaufbauten mit zusätzlicher außenseitiger Dämmebene an Wandkonstruktion 2

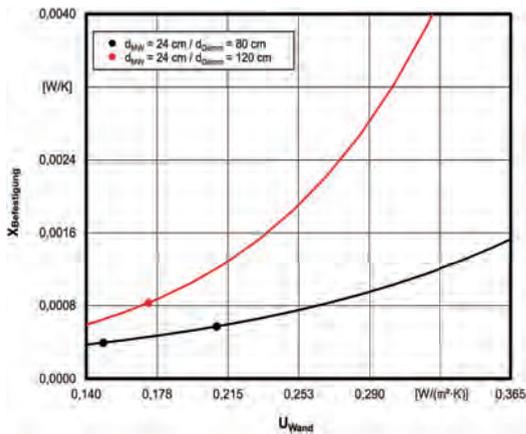


Bild 10. Darstellung der Wärmeverlustrate bei Außenwandaufbauten mit zusätzlicher außenseitiger Dämmebene und einer zusätzlichen Überdämmung der Kunststoff-Rahmendübel an Wandkonstruktion 3

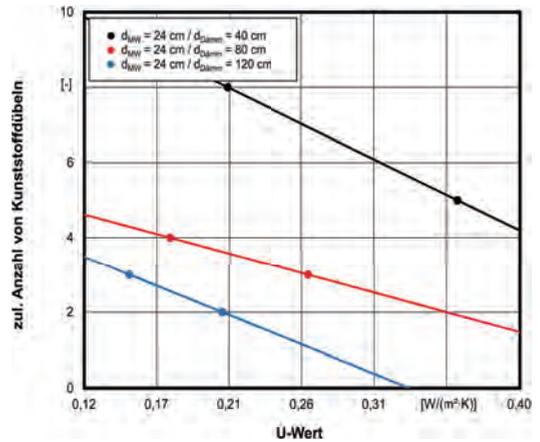


Bild 12. Darstellung der zulässigen Anzahl von Kunststoffdübeln der Wandkonstruktion 2 in Abhängigkeit des Wärmedämmniveaus

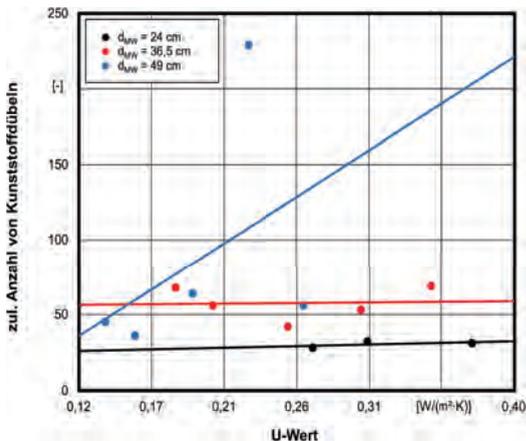


Bild 11. Darstellung der zulässigen Anzahl von Kunststoffdübeln der Wandkonstruktion 1 in Abhängigkeit des Wärmedämmniveaus

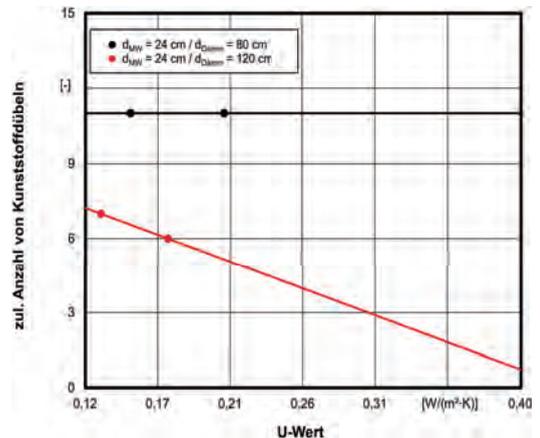


Bild 13. Darstellung der zulässigen Dübelanzahl der Wandkonstruktion 3 in Abhängigkeit des Wärmedämmniveaus

Unter Annahme der in Abschnitt 4.3 beschriebenen zulässigen Änderung des Wärmedurchgangskoeffizienten U von weniger als 3 % über zusätzliche punktuelle Wärmeverlustrate, ergibt sich die in den Bildern 11, 12 und 13 dargestellte zulässige Dübelanzahl pro Quadratmeter Wandfläche, bei der eine Korrektur des Wärmedurchgangskoeffizienten nicht erforderlich ist.

Bei Wandkonstruktion 1 ist ersichtlich, dass die zulässige Anzahl von Dübeln mit Verbesserung des Wärmedämmniveaus abnimmt. Im Trend ergibt sich bei Mauerwerkstärken von 24 cm bei gutem Wärmeschutzniveau eine maximale zulässige Anzahl von ca. 28 Dübeln (Bild 11).

Bei Verwendung einer zusätzlichen Dämmung zwischen der Lattung liegen die punktuellen Wärmeverlustrate aufgrund der verwendeten längeren Dübel trotz

verbessertem Wärmeschutz höher als im Vergleich zur Wandkonstruktion 1. Tendenziell nehmen diese wie auch bei Wandkonstruktion 1 mit verbessertem Wärmeschutzniveau ab (Bild 12).

Wird eine zusätzliche Überdämmung aufgebracht, erhöht sich die zulässige Anzahl der Dübel pro Quadratmeter Wandfläche (Bild 13).

7 Beispiel aus der Praxis

7.1 Einleitung

Nachfolgend wird das Vorgehen bei Versuchen am Bauwerk direkt anhand eines Beispiels im Detail erläutert. Dieses Beispiel gilt für jede Art von Mauerwerk aus Lochsteinen und stellt kein besonderes Vorge-



Bild 14. Beispiel: Ein Mehrfamilienhaus soll mit einer Grundlattung für die Befestigung einer hinterlüfteten Fassade versehen werden (Foto: Wienerberger GmbH, Hannover)

hen für den dargestellten Hochlochziegel dar (vgl. Abschnitt 1). Auch das verwendete Dübelssystem dient lediglich als Beispiel; das prinzipielle Vorgehen ist für alle Kunststoffdübel mit ETA nahezu identisch – produkt-spezifische Besonderheiten ausgenommen.

Konkret wird der Neubau eines Mehrfamilienhauses (Bild 14) mit einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade versehen. Dabei wurden alle Außenwände des Hauses mit dem gleichen Hochlochziegel hergestellt. Für die Fassade soll eine Grundlattung aus Holz mit den Abmessungen 60 mm × 60 mm am Bauwerk befestigt werden.

Hierbei handelt es sich um eine bauaufsichtlich relevante Befestigung, da bei Versagen der Dübel (und dem damit verbundenen Absturz bzw. Herabfallen der Fassade) Gefahr für Leib und Leben für z. B. darunter laufende Personen besteht und/oder hoher wirtschaftlichen Schaden entstehen kann. Für eine solche Befestigung kommen im Prinzip nur (bauaufsichtlich) zugelassene Dübel infrage, wenn man eine Zustimmung im Einzelfall vermeiden möchte (vgl. z. B. in [4], S. 135/136 und S. 145/146).

Es wird angenommen, dass in den auf der Baustelle verbauten Hochlochziegeln bisher noch mit keinem Kunststoffdübel-System Zulassungsversuche durchgeführt wurden, weshalb es zum Zeitpunkt der geplanten Fassaden-Montage keine Kunststoffdübel-Zulassung gibt, in dem der verbaute Hochlochziegel als geprüfter Verankerungsgrund mit abgebildet ist.

Zum Einsatz kommen Kunststoffdübel (Bild 15) mit einer Europäischen Technischen Bewertung (ETA) [15], die „wenigstens“ für Verankerungen in einem vergleichbaren „Baustoff“ zugelassen sind. Das bedeutet, dass dieser Kunststoffdübel im Rahmen des Zulassungsverfahrens mindestens in einem vergleichbaren Hochlochziegel geprüft wurde, nicht aber im tatsächlich vorhandenen „Baustellen-Verankerungsgrund“. Prinzipiell wurde also bisher „nur“ die Eignung des Dübels für Befestigungen in derartigen Loch-

steinen nachgewiesen (Nutzungskategorie „c“ nach Tabelle 1). Um nun die Tragfähigkeit des Kunststoffdübels im noch nicht geprüften „Baustellen-Verankerungsgrund“ bestimmen und dadurch im Rahmen der zugehörigen ETA [15] eine Bemessung der Verankerung der Fassadenunterkonstruktion durchführen zu können, sind Versuche am Bauwerk nach ETAG 020 [3] bzw. TR 051 [13] erforderlich (vgl. Abschnitt 3.1). Grundsätzlich sollten Versuche am Bauwerk immer rechtzeitig VOR der eigentlichen Dübelmontage geplant, durchgeführt und ausgewertet werden. Dabei sind die Verantwortlichkeiten (Fachplaner, Versuchsleiter und sachkundiges Personal) gemäß Abschnitt 3.2 einzuhalten.

Die Durchführung und Dokumentation der Versuche unter der Verantwortung des „Versuchsleiters“ wird im folgenden Abschnitt 7.2 in der Reihenfolge des Prüfberichts nach Tabelle 3 dargestellt. Ergänzend werden in diesem Abschnitt (7.2) immer wieder auch weiterführende Erklärungen gegeben, die über das eigentliche Beispiel hinausgehen.

Die Auswertung der Versuche für das Beispiel unter Verantwortung des „Fachplaners“ erfolgt anschließend in Abschnitt 7.4.

7.2 Durchführung und zugehörige Dokumentation der Versuche am Bauwerk

7.2.1 Allgemeine Informationen zum Bauvorhaben

Allgemeine Informationen zum Bauvorhaben kann man direkt auf dem Deckblatt eines Prüfberichts darstellen; Bild 16 zeigt dazu ein entsprechendes Beispiel mit den wichtigsten Angaben. Sicherlich können hier je nach Bedarf und Notwendigkeit weitere Informationen hinzugefügt und ergänzt werden (vgl. Tabelle 3 bzw. [12]).

7.2.2 Ort der Prüfungen

Der Ort der durchgeführten Prüfungen sollte möglichst präzise beschrieben werden, damit später nach Abschluss des eigentlichen Bauvorhabens immer noch genau nachvollzogen werden kann, wo tatsächlich die Versuche am Bauwerk durchgeführt wurden. Losge-



Bild 15. Kunststoffdübel nach [15]

PRÜFBERICHT für Versuche am Bauwerk nach ETAG 020 bzw. TR 051	
Auszugsversuche für $n \geq 15$ Kunststoffdübel	
Prüfbericht - Nr.	Nr. ...
Bauwerk	Bauvorhaben: ... Straße, Ort
Auftraggeber	Firma, Ansprechpartner ... Adresse, Telefon:, E-Mail: ...
Datum der Prüfungen	... 2019

Bild 16. Deckblatt eines Prüfberichts für Versuche am Bauwerk mit allgemeinen Informationen zum Bauvorhaben

löst vom Beispiel in Abschnitt 7.1 können folgende Angaben hilfreich sein:

- Achskoordinaten aus vorliegenden Plänen (wenn vorhanden),
- Innenraum oder Außenbereich,
- Geschoss/Etage,
- Raum-Nummer,
-,
- Bereits an diesem Punkt empfiehlt sich eine Dokumentation mithilfe von Fotos (vgl. Abschnitt 3.3).

In Bezug auf [12] (Abschnitt 1) sind die Setzstellen, an denen die Versuche am Bauwerk durchgeführt werden (hier im Beispiel mindestens 15 Auszugsversuche), durch den zuständigen Fachplaner festzulegen (vgl. Abschnitt 3.2.2).

Das hier vorgestellte fiktive Beispiel (Abschnitt 7.1) zeigt eine unverputzte Neubausituation (Bild 14). Es wurde nur eine Version des Hochlochziegels vermauert. Hier ist es relativ einfach die Dübelsetzstellen festzulegen, um das gesamte Bauwerk zu beurteilen.

Wenn dagegen – abweichend zum vorgestellten Beispiel – eine Fassade bei einem Bauvorhaben im Bestand, an einem bereits vorhandenen, ggf. auch verputzten Mauerwerk verankert werden soll, gelten die z. B. nur an einer Außenwand des Bestandsgebäudes ermittelten Versuchsergebnisse nicht automatisch für alle Wände des gesamten Bauvorhabens. Für diesen Fall müsste sichergestellt werden, dass es sich bei allen Außenwänden um den gleichen Verankerungsgrund handelt, in den der Dübel später tatsächlich auch eingebaut wird.

Der TR 051 [13] und die ETAG 020 [14] führen hierzu allgemein Folgendes aus:

„Die Anzahl und Position der zu prüfenden Kunststoffdübel sind den jeweiligen speziellen Bedingungen des jeweiligen Bauwerks anzupassen und müssen z. B. im Fall von verdeckten und größeren Flächen erhöht werden, so dass zuverlässige Angaben über die charakteristische Tragfähigkeit der im jeweiligen Verankerungsgrund eingebetteten Kunststoffdübel abgeleitet werden können. Die Versuche sollten die ungünstigsten Bedingungen der praktischen Ausführung berücksichtigen.“



Bild 17. Unterschiedliches Mauerwerk in zwei unterschiedlichen Bauabschnitten (Foto: Küenzlen)

Unabhängig vom Beispiel in Abschnitt 7.1 zeigt Bild 17 eine Baustelle, auf der ein eingeschossiger Anbau nachträglich an einem bestehenden mehrgeschossigen Wohngebäude ergänzt wurde. Beim Einbau neuer Fenster und der Sanierung des Putzes werden hier im Bild mindestens drei verschiedene Mauersteine sichtbar. Ein Betonstein (Fensterbrüstung), ein Vollziegel (vorhandenes Hauptgebäude) und ein Hochlochziegel (Anbau bzw. Brüstung unter dem kleineren Fenster). Sollten an diesem Objekt Versuche am Bauwerk durchgeführt werden, um auch hier die Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln für die Befestigung der Unterkonstruktion einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade zu ermitteln, so könnten die Ergebnisse nicht automatisch von einem auf die beiden anderen Mauersteine übertragen werden.

Es wäre vielmehr vorab vom Fachplaner zu entscheiden, WO und WELCHER Stein geprüft werden soll. In einer solchen Situation kann es durchaus sinnvoll oder sogar erforderlich sein, mehr als 15 Versuche durchzu-

I Ort der Prüfungen (Bauteil/Etage/Ebene/...)	
•	Die 15 Auszugsversuche wurden nicht am Bauobjekt selbst, sondern in nicht verbauten Einzelsteinen jeweils in Steinmitte durchgeführt.
•	Die Versuchsergebnisse gelten für das gesamte Bauvorhaben, da es sich überall um den gleichen Verankerungsgrund handelt, in den die Dübel später tatsächlich eingebaut werden.
•
•

Bild 18. Prüfbericht (Beispiel nach Abschnitt 7.1): Ort der Prüfungen

führen, d. h. in mehreren Wandbereichen und Steinen zu prüfen. Nach [12] sind bei unregelmäßigem Mauerwerk (Mauerwerk aus verschiedenen Steinen) für jede Art des angetroffenen Verankerungsgrunds separate Versuche durchzuführen und getrennt auszuwerten.

Alternativ könnte man hier (Bild 17) zunächst jeweils nur eine kleine Anzahl von Tastversuchen in den drei verschiedenen Steinarten und eine vollständige Anzahl von mindestens 15 Auszugsversuchen nur im „ungünstigsten“ Stein (in den bei den Tastversuchen die geringsten Lasten eingeleitet werden konnten) durchführen. Die dabei ermittelte Dübeltragfähigkeit könnte dann auf der sicheren Seite auf die beiden „günstigeren“ Steine übertragen werden. Ein solches Vorgehen wäre ein ingenieurmäßiger Ansatz, der durch den zuständigen Fachplaner festzulegen und zu verantworten ist (vgl. Abschnitt 3.2.2).

Im konkreten Beispiel nach Abschnitt 7.1 wurde wie bereits erwähnt für alle Außenwände des Gebäudes der gleiche Mauerstein verwendet. Da sich die Baumaßnahme noch im Rohbau befindet, ist noch eine ausreichend große Anzahl von einzelnen Hochlochziegeln auf der Baustelle vorhanden, weshalb die Versuche nach [12] auch „an nicht verbauten Einzelsteinen“ durchgeführt werden können. Damit müssen die Versuche nicht zwingend auf dem Gerüst bzw. direkt am Mauerwerk durchgeführt werden, was die Prüfung i. d. R. deutlich vereinfachen sollte.

Diese Vorgehensweise ist sowohl durch die Technische Regel des DIBt [12] als auch der TR 051 [13] bzw. ETAG 020 [14] abgedeckt, da in Prüfstellen im Rahmen eines Zulassungsverfahrens häufig auch nur an Einzelsteinen geprüft wird.

Eine weitere Möglichkeit wäre, dass die noch vorhandenen Einzelsteine an eine anerkannte Prüfstelle gesendet und die Kunststoffdübel dort z. B. bei kleineren Steinformaten in einem vermauerten Probekörper bzw. einer aufgemauerten Probewand geprüft werden, wenn die gleichen Randbedingungen vorliegen wie bei der Prüfung vor Ort auf der Baustelle.

Die entsprechende Dokumentation im Prüfbericht für das Beispiel nach Abschnitt 7.1 zeigt Bild 18.

7.2.3 Prüfvorrichtung

Mit „Prüfvorrichtung“ sind i. d. R. zunächst einmal mobile Dübel-Auszugsgeräte gemeint, mit denen Versuche auf der Baustelle durchgeführt werden können. Werden die Versuche in einer Prüfstelle durchgeführt (vgl. Abschnitt 7.2.2) kommen ggf. andere Prüfvorrichtungen zum Einsatz.

Auf den Baustellen werden Prüfgeräte mit beispielsweise 8/12/25 bzw. 50 kN maximaler Zugkraft eingesetzt. Bild 19 zeigt exemplarisch zwei solche Geräte; dabei wird für übliche Versuche mit Kunststoffdübeln im Verankerungsgrund Mauerwerk ein Gerät mit 12 kN Zugkraft häufig ausreichend sein.

Bei diesen Geräten ist allgemein immer darauf zu achten, dass sie regelmäßig (je nach Herstellervorgabe i. d. R. einmal jährlich) kalibriert werden, vgl. [13] bzw. [14]:

„Die verwendete Prüfvorrichtung für die Ausziehversuche sollte eine kontinuierliche, langsame Laststeigerung zulassen, die mit einer kalibrierten Kraftmessdose aufgezeichnet wird.“

Da hier eine kalibrierte Kraftmessdose gefordert wird, können die Geräte i. d. R. bei den Prüfgeräte-Herstellern entsprechend überprüft und dort auch gleichzeitig gewartet werden. Nach [12] wird eine Genauigkeit der Kraftmessdose von $\pm 5\%$ auf den Messbereich gefordert.

Wird ein Dübel-Auszugsgerät unsachgemäß behandelt, z. B. fällt ein Prüfgerät bei einem Versuch an einer Fassade auf das Gerüst oder sogar vom Gerüst auf den Boden, so ist das Gerät selbstverständlich außerhalb des vorgegebenen Wartungszyklus zu überprüfen und darf zunächst nicht mehr für weitere Versuche verwendet werden.

Die Lasteinleitung vom Dübel-Auszugsgerät in den Dübel erfolgt mithilfe von Prüfanbauteilen, z. B. nach Bild 20.

Diese Prüfanbauteile werden bei Kunststoffdübeln in den meisten Anwendungsfällen in Durchsteckmontage montiert. Das bedeutet, dass der vormontierte Dübel (Lieferzustand: die Spezialschraube steckt bereits vormontiert in der Dübelhülse, vgl. Bild 15) mit leichten Hammerschlägen durch das Durchgangsloch im Prüfanbauteil in den Verankerungsgrund eingeschlagen

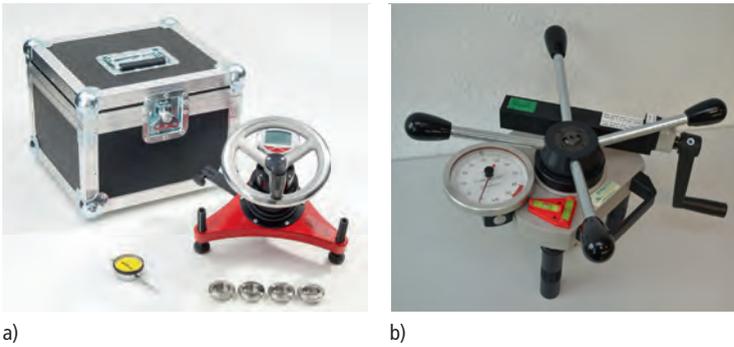


Bild 19. Beispiele für mobile Dübel-Auszugsgeräte; a) 12 kN Dübel-Auszugsgerät (Digitalanzeige), b) 50 kN Dübel-Auszugsgerät (Analoganzeige)



Bild 20. Beispiel für ein Prüfanbauteil für Versuche am Bauwerk

wird, bis der Kragen der Dübelhülse auf dem Prüfanbauteil anliegt. Anschließend wird die Spezialschraube z. B. mit einem Akkuschauber eingeschraubt, bis der Kopf auf dem Dübelkragen aufliegt. Bild 21 zeigt ein Beispiel für diese Montage. Nach [15] ist der Dübel dann richtig verankert, wenn

„nach dem vollen Eindrehen der Schraube weder ein Drehen der Dübelhülse auftritt, noch ein leichtes Weiterdrehen der Schraube möglich ist“

und das Anbauteil fest am Verankerungsgrund anliegt.

Die entsprechende Dokumentation im Prüfbericht für das Beispiel nach Abschnitt 7.1 zeigt Bild 22.

Im Beispiel nach Abschnitt 7.1 beträgt die Höhe der Grundlattung $t_{\text{fix}} = 60$ mm (vgl. Bild 23). Die in der Dübel-ETA [15] geregelte Setztiefe mit maximaler Tragfähigkeit in einem vergleichbaren Stein beträgt $h_{\text{nom}} = 70$ mm. Da die Verankerung ohne Zwischenschicht zwischen Mauerwerk und Grundlattung erfolgt, wäre ein Dübelssystem mit einer Gesamtlänge aus Setztiefe und Höhe der Grundlatte von $t_{\text{fix}} + h_{\text{nom}} = 60 + 70 = 130$ mm erforderlich. Das ausgewählte Dübelssystem ist jedoch nur in den Abmessungen 115 mm und 135 mm lieferbar. Deshalb wird hier das Dübelssystem mit einer Gesamtlänge von 135 mm zur Befestigung der Grundlatte gewählt, d. h. die vorhandene Setztiefe h_{nom} beträgt $135 - 60 = 75$ mm (vgl. Bild 23). Dies bedeutet, dass der Dübel 5 mm tiefer gesetzt wird, als dies in der zugehörigen ETA [15] geregelt ist. Es sind also auch dann Versuche am Bauwerk erforderlich, wenn der Stein auf der Baustelle dem Stein in der Dübel-ETA

[15] entspricht, da die Setztiefe von der Zulassung abweicht (vgl. hierzu auch Abschnitt 3.1).

Stimmen die Dicke des eigentlich zu montierenden Anbauteils (hier Grundlattung mit $t_{\text{fix}} = 60$ mm) nicht mit der Dicke des Prüfanbauteils $t_{\text{fix,Prüfanbauteil}} = 5$ mm (Bild 20) überein, so ist beim Setzen der zu prüfenden Kunststoffdübel immer auf die richtige Gesamtlänge des Dübels im Verankerungsgrund (h_{nom}) zu achten, die später auch bei der eigentlichen Montage zum Tragen kommt.

Soll der später vorgesehene Dübel 10×135 auch für die Versuche am Bauwerk verwendet werden, kann für die Versuche das richtige $h_{\text{nom}} = 75$ mm nur dann realisiert werden, wenn ergänzend zum Prüfanbauteil z. B. Unterlegscheiben verwendet werden, die zusammen die Dicke der später zu montierenden Grundlatte simulieren: $t_{\text{fix,Unterlegscheiben}} = t_{\text{fix}} - t_{\text{fix,Prüfanbauteil}} = 60 - 5 = 55$ mm.

Alternativ wird hier mit dem ebenfalls lieferbaren Dübel 10×80 geprüft ($h_{\text{nom}} + t_{\text{fix,Prüfanbauteil}} = 75 + 5 = 80$ mm), da sich der Dübel 10×80 vom Dübel 10×135 lediglich durch einen längeren Dübelschaft im Bereich des Anbauteils unterscheidet, die Spreizzone der beiden Dübel über die Einbindetiefe in den Verankerungsgrund aber identisch ausgebildet sind. Damit kann auf die Unterlegscheiben verzichtet werden (vgl. Bild 28).

7.2.4 Art der zu befestigenden Konstruktion

In diesem Teil des Prüfberichts empfiehlt sich einmal mehr die Darstellung mithilfe einer Skizze, einer Detailzeichnung, einem Planausschnitt oder einem Foto, um alle „Besonderheiten“ aufzuzeigen, die sowohl bei den Versuchen als auch bei der späteren Montage berücksichtigt werden müssen (Bild 23).

Für einfache Konstruktionen kann ggf. auch eine rein verbale Beschreibung ausreichend sein.

7.2.5 Verankerungsgrund

Die Bestimmung und Beschreibung des tatsächlich auf der Baustelle vorhandenen Verankerungsgrunds

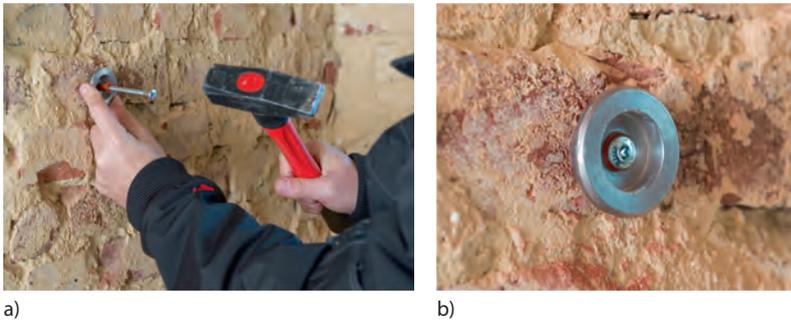


Bild 21. Durchsteckmontage für ein Prüfanbauteil mit dem gewählten Kunststoffdübel (Fotos: Scheller); a) Durchsteckmontage des Kunststoffdübels, b) montierter Kunststoffdübel

II Prüfvorrichtung (Mobiles Dübel-Ausziehgerät mit Adapterstück)				
Geräte - Nr.	98-106			
Datum der letzten Geräteprüfung (vgl. Prüfbericht)	12. November 2018			
Maximale Zugkraft des Geräts	max Z	=	12	kN
(Prüf-) Anbauteil/Adapterstück:				
• Durchmesser des Durchgangslochs im Anbauteil	d_f	=	10,5	mm
• Dicke des Anbauteils [(Prüf-) Anbauteil + z. B. Unterlegscheiben]	t_{fix}	=	5	mm

Bild 22. Prüfbericht (Beispiel nach Abschnitt 7.1): Prüfvorrichtung (für d_f und t_{fix} beachte Bild 20)

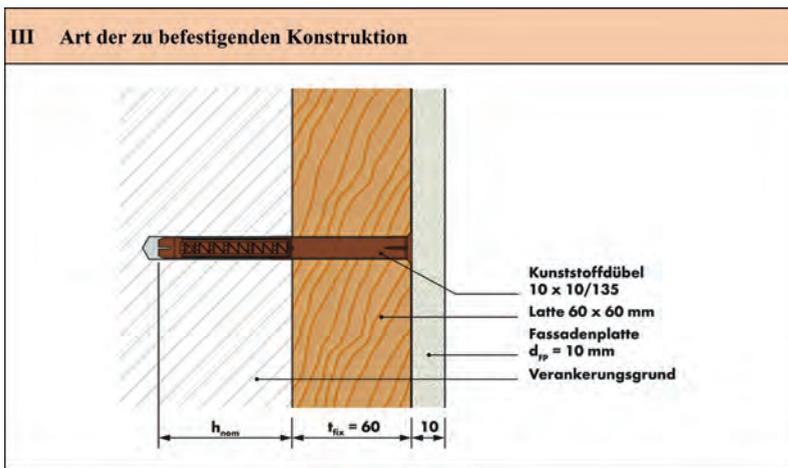


Bild 23. Prüfbericht (Beispiel nach Abschnitt 7.1): Art der zu befestigenden Konstruktion

ist grundsätzlich einer der wichtigsten Punkte bei der Durchführung von Versuchen am Bauwerk, da der tatsächlich verbaute Mauerstein mit einem „äquivalenten Verankerungsgrund“ aus der ETA des verwendeten Dübel-Systems verglichen werden muss (vgl. Abschnitt 3.1):

Die Dübel-Tragfähigkeit, die aus den Versuchen am Bauwerk ermittelt wird, muss mit der Tragfähigkeit des gleichen Dübels in einem vergleichbaren Verankerungsgrund, der im Zulassungsverfahren geprüft und

in der Dübel-ETA abgebildet ist, abgeglichen werden. Dieser vergleichbare Verankerungsgrund wird in [12] als „Referenzstein“ bezeichnet. Bei dem Abgleich mit dem Referenzstein ist der kleinere Wert, entweder das Ergebnis aus den Versuchen für den tatsächlich verbauten Stein (F_{RK1}) oder der Wert aus der ETA für den Referenzstein ($F_{RK,ETA}$) maßgebend.

Dieser Abgleich wird i. d. R. umso verlässlicher, d. h. der Abgleich liegt zunehmend auf der sicheren Seite, je mehr unterschiedliche Steine einer Nutzungskategorie

IV Verankerungsgrund	
nichttragende Schichten	Sichtbeurteilung/Abmessungen/Fugen/ggf. Skizze (z. B. Lochbild):
<input checked="" type="checkbox"/> unverputzt/Fugen sichtbar <input type="checkbox"/> Putz/Fugen nicht sichtbar <input type="checkbox"/> Fliesen <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Einzelstein auf der Baustelle: <ul style="list-style-type: none"> • Ansichtsfläche 248 mm x 249 mm • Foto: Wienerberger GmbH, Hannover
Dicke: $t_{\text{tol}} = 0$ mm	
Verankerungsgrund	
<input checked="" type="checkbox"/> Mauerwerk <input type="checkbox"/> Porenbeton <input type="checkbox"/> Beton <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Vollstein: <input checked="" type="checkbox"/> Lochstein: Planziegel	
<input checked="" type="checkbox"/> Druckfestigkeitsklasse: 6 <input checked="" type="checkbox"/> Rohdichteklasse: 0,55	
<input checked="" type="checkbox"/> vgl. Zulassung Z-17.1-1060	
Bauteildicke: $h = 365$ mm	

Bild 24. Prüfbericht (Beispiel nach Abschnitt 7.1): Verankerungsgrund

nach Tabelle 1 im Zulassungsverfahren eines Dübels geprüft wurden und in der Dübel-ETA ausgewiesen sind. Wurde z. B. ein Dübel in mehreren Hochlochziegeln geprüft, so steigt mit jedem zusätzlich im Zulassungsverfahren geprüften Stein die Wahrscheinlichkeit, dass man in der Dübel-ETA tatsächlich einen vergleichbaren „Referenzstein“ für den auf der Baustelle verbauten Mauerstein findet.

Prinzipiell sollten daher in diesem Teil des Versuchsberichts so viele Informationen wie möglich zusammengetragen werden (Bild 24).

Im konkreten Beispiel nach Abschnitt 7.1 konnten viele Parameter mit wenig Aufwand allein schon auf der Baustelle an noch vorhandenen Einzelsteinen bestimmt bzw. aus den Bauunterlagen wie z. B. der Zulassung des verbauten Hochlochziegels oder der entsprechenden Leistungserklärung entnommen werden.

Beim Bauen im Bestand ist es dagegen häufig sehr schwierig bis unmöglich, den tatsächlich vorhandenen Verankerungsgrund zu definieren. Die Bauakten sind i. d. R. unvollständig und nicht so präzise wie bei heutigen Neubauten. Bei alten Mauerwerksbauten trifft man häufig auch auf verputztes Mauerwerk, was eine exakte Bestimmung des Verankerungsgrunds zusätzlich erschwert.

Erste Hinweise auf den tatsächlich vorhandenen Verankerungsgrund gibt in diesen Fällen daher am besten eine Probebohrung direkt auf der Baustelle. Eine solche Probebohrung sowie generell Versuche am Bauwerk sollten vorzugsweise bereits in der Planungsphase einer Baumaßnahme durchgeführt werden, damit auf Grundlage einer Bemessung ein seriöses Angebot erstellt werden kann (Dübeltyp, Dübelabmessungen, Mengenermittlung) und die ausführende Firma am Tag der Montage bereits die richtigen Dübel

in ausreichender Anzahl auf der Baustelle vorrätig hat.

Erstellt man bei der Probebohrung im *Drehgang* ein Bohrloch (das Hammer- bzw. Schlagwerk der Hammer- bzw. Schlagbohrmaschine muss ausgeschaltet sein), so kann man auf Grundlage des vorhandenen Bohrmehls und des Bohrfortschritts bereits eine erste Abschätzung über den vorhandenen Verankerungsgrund bzw. den Baustoff treffen (vgl. Tabelle 10 und Bild 25).

Wählt man für die Probebohrung einen kleinen Bohrer (z. B. Bohrerennendurchmesser $d_0 = 8$ mm), so ist es mit ein wenig Übung sogar möglich, sich wenigstens einen subjektiven Eindruck über die Druckfestigkeit des vorhandenen Mauersteins zu verschaffen, insbesondere dann, wenn man nicht so viel Druck auf die Bohrmaschine ausübt. (Dies ist z. B. besonders gut bei Mauerwerk aus Porenbetonsteinen möglich.)

In jedem Fall kann man aber – zumindest näherungsweise – die Steg-Geometrie eines ggf. vorhandenen Lochsteins ermitteln, indem man beispielsweise mit einem Bohrer $d_0 \geq 18$ mm im *Drehgang* wie folgt eine Probebohrung vornimmt:

- Sobald man den Außensteg durchbohrt hat, die Bohrmaschine abschaltet und den Bohrer wieder aus dem Bohrloch herauszieht, kann man die Dicke des Außenstegs und den Abstand von der Steinoberfläche bis zum ersten Innensteg messen.
- Anschließend wird die Probebohrung sinngemäß fortgesetzt, der erste Innensteg durchbohrt und der Abstand von der Steinoberfläche bis zum zweiten Innensteg gemessen (Bild 25b), usw.
- Dieser Vorgang wird mindestens so lange wiederholt, bis bei der Messung die spätere Einbindetiefe des verwendeten Dübel systems erreicht wird.



FALLSCHUTZ

Training der Akademie Würth

Entdecken Sie das gesamte Angebot der Akademie Würth online unter www.wuerth.de/akademie



Richtige Anwendung im persönlichen Arbeitsschutz gegen Absturz

Sie erlernen sicheres Arbeiten nach DGUV Regel 112-198 und können PSA bestimmungsgemäß verwenden. Sie kennen den Unterschied zwischen verschiedenen Bauarten und können den Umgang auf Ihre spezifische Arbeitssituation übertragen.

- Gesetzliche Grundlagen
- Das Auffangsystem/Fallstrecke/Mindestarbeitshöhe
- Pendelsturz/Sturzfaktor
- Hängetrauma/Rettung
- Auffanggurt anlegen
- Falldämpfer
- Anschlagpunkt
- Halteseil
- Auffanggerät an fester bzw. beweglicher Führung



ZERTIFIZIERTER FENSTERMONTEUR

Training der Akademie Würth

Online anmelden unter
www.wuerth.de/akademie

gbu constructive thinking

Die Zertifizierung durch das Institut GBD Dornbirn stellt eine neutrale und fachliche Anerkennung sicher.

Fachgerechter Einbau von Fenstern im Neubau und Gebäudebestand

Im Seminar erlernen Sie, wie Sie Fenster im filigranen Hochlochziegel befestigen und wie dieses in der Vorwandmontage befestigt wird. Sie erhalten zudem Kenntnisse über die erhöhte Anforderung beim Fensteraustausch im Gebäudebestand im Hinblick auf den Feuchte- und Wärmeschutz. Die vermittelte Theorie wird in der Praxis trainiert.

- Aktuelle Normen, Richtlinien und Regelwerke
- Hinweispflicht nach VOB und BGB
- Bauphysikalische Anforderungen an Fenster- und Türanschlüsse
- Demontage und Einbau von Fenstern im Bestand
- Fachgerechte Befestigung im Neu- und Altbau
- Erkennen, Bewerten von unterschiedlichen Untergründen
- Regelkonforme und Praxisbewährte Abdichtung von Fenster- und Türanschlüsse

Tabelle 10. Ermittlung des Verankerungsgrunds durch Probebohrungen [4]

Bohrfortschritt (Drehbohren)	Untergrund	Farbe des Bohrmehls	Wahrscheinlicher Verankerungsgrund/Baustoff
fortlaufend langsam	Vollmaterial	grau	Beton, Betonstein
		rot	Ziegel, Klinker
		weiß	Kalksandstein
fortlaufend schnell		weiß	Porenbeton
ruckartig	Hohlmauerwerk	grau	Hohlblockstein
		rot	Hochlochziegel
		weiß	Kalksandlochstein



a)



b)

Bild 25. Schematische Darstellung einer Probebohrung mit Ermittlung der Lochsteg-Geometrie; a) Skizze für Prüfbericht, b) Bohrung (rotes Bohrmehl, ruckartiger Bohrfortschritt; Foto: Scheller)



Bild 26. Moderner Mehrzweckbohrer mit Bohrerenddurchmesser $d_0 = 18$ mm (Foto: Adolf Würth GmbH & Co. KG)

Das so grob ermittelte Lochbild sollte als eingescannte Baustellen-Skizze oder Zeichnung vorzugsweise mit in den Prüfbericht integriert werden (Bild 25a).

Ein gutes Hilfsmittel für solche Probebohrungen sind moderne Mehrzweckbohrer, mit extra scharfen, allseitig spezialdiamantgeschliffenen Hartmetallschneiden (Bild 26).

Mit diesen Bohrern können sehr „saubere“ Löcher in Hohl- und Lochsteine gebohrt werden, sodass sich auf diese Weise auch problemlos sehr filigrane Lochsteg-Geometrien von Hochlochziegeln bestimmen lassen (Bild 27).

Generell kommt es bei den Messungen nicht auf eine Genauigkeit im 1/10-Millimeter-Bereich an, sondern primär auf eine Unterscheidung, ob auf der je-



Bild 27. Probebohrung zur Ermittlung der Lochsteg-Geometrie in einem filigranen Hochlochziegel mit einem modernen Mehrzweckbohrer (Foto: Scheller)

weiligen Baustelle z. B. ein Hochlochziegel mit großen Kammern und dicken Stegen verbaut wurde (Bild 25) oder aber ein Hochlochziegel mit kleinen Kammern und dünnen Stegen (Bild 27).

7.2.6 Name des Produkts

Bild 28 zeigt die Zusammenstellung der wichtigsten Informationen für den im Beispiel nach Abschnitt 7.1 in den Versuchen verwendeten Kunststoffdübel 10×80 (beachte hierzu auch Abschnitt 7.2.3). Diese Angaben werden i. d. R. am einfachsten dem Etikett auf der Dübel-Verpackung zu entnehmen sein, mit der das Befestigungssystem vom Hersteller geliefert wird.

Die Angabe der zugehörigen Zulassung und deren Erteilungsdatum erleichtert dem Fachplaner später die Arbeit, den „Referenzstein“ aus der aktuell gültigen ETA herauszusuchen, in dem der Dübel im Zulassungsverfahren geprüft wurde (vgl. Abschnitt 7.2.5).

7.2.7 Montage

Die Montage der Kunststoffdübel für die Versuche wird im Rahmen des Beispiels gemäß Abschnitt 3.2.4

V Name des Produkts (Bezeichnung des Dübels)	
Bezeichnung / Zulassungsnummer (*)	Prüfmenge
Kunststoffdübel 10x10/80 + Senkkopfschraube, nichtrostender Stahl	15
(*) ETA - 08/0190	vom: 05. September 2017

Bild 28. Prüfbericht (Beispiel nach Abschnitt 7.1): Name des bei den Versuchen verwendeten Produkts

durch das „sachkundige Personal“ durchgeführt, das später auch die eigentliche Montage vornimmt. TR 051 [13] bzw. ETAG 020 [14] enthalten ergänzend zur „üblichen“ Setzanleitung des Dübel-Herstellers [15] (vgl. Abschnitt 7.2.3 mit Bild 21) zwei wesentliche Absätze, die nachfolgend zitiert und anschließend etwas näher erläutert werden:

„Der zu prüfende Kunststoffdübel sollte in Übereinstimmung mit der Montageanleitung des Herstellers (z. B. Vorbereitung des Bohrloches, zu verwendende Bohrmaschine, Bohrer, Art des Bohrens [Hammer- oder Drehgangbohren], Dicke des Anbauteils) und hinsichtlich der Achs- und Randabstände so angeordnet sein, wie es für den beabsichtigten Verwendungszweck vorgesehen ist.“

Dem Bohrverfahren kommt bei der Montage von Kunststoffdübeln eine wesentliche Bedeutung zu. Vielfach ist es Baustellenpraxis, dass Bohrlocher für Dübelverankerungen nach Aussage der Ausführenden „aus Zeitgründen“ in sämtlichen Verankerungsgründen – also auch in Lochsteinen – im Hammerbohrverfahren erstellt werden. Verwendet man allerdings die in Abschnitt 7.2.5 beschriebenen modernen Mehrzweckbohrer (Bilder 26 und 27), so ist der Zeitunterschied zwischen der Erstellung eines „normalen“ Bohrlochs im Hammerbohrverfahren und der Herstellung eines Bohrlochs im Drehgang mit einem Mehrzweckbohrer als vernachlässigbar klein anzusehen.

Die Dübel-ETA [15] deckt für Verankerungen in Lochsteinen auch nur die Bohrlöchererstellung im Drehbohrverfahren ab. Hätten im vorgestellten Beispiel nach Abschnitt 7.1 bei der späteren Montage die Bohrlocher im Hammerbohrverfahren erstellt werden sollen, dann hätte man auch die Baustellenversuche im Hammerbohrverfahren durchführen müssen. Da jedoch nach den vorliegenden Erfahrungen die Dübel-Tragfähigkeiten in hammergebohrten Löchern in Lochsteinen extrem abnehmen, wurde im konkreten Beispiel auf das Hammerbohren verzichtet (Bild 29).

Für Lochsteine ist das Drehbohren generell immer empfehlenswert, da das Bohrloch bei Einsatz des Hammerbohrverfahrens für den Dübel zu groß werden kann bzw. der Verankerungsgrund beim Bohren vorgeschädigt wird (Ausbruchkrater auf der rückwärtigen Stegseite). In einem solch vorgeschädigten Bohrloch (Bild 30) lässt sich deutlich weniger Haltekraft für einen Kunststoffdübel erzeugen.

Das zweite Zitat aus TR 051 [13] bzw. ETAG 020 [14] zum Thema „Montage“ befasst sich mit dem Bohrschneidendurchmesser:

Tabelle 11. Definition des Bohrschneidendurchmessers nach EAD330284-00-0604 [2] bzw. ETAG 020 [3]

Abkürzung	Definition nach EAD330284-00-0604 [2] bzw. ETAG 020 [3]	Erklärung
d_0	Bohrlochdurchmesser	d_0 entspricht im Prinzip dem Bohrerenn-durchmesser
d_{cut}	Schneidendurchmesser der Bohrer	$d_{cut} = d_1$ nach [23] = d nach [22] Gemeint ist immer das vorhandene Bohrschneiden-Eckmaß , vergleiche hierzu Bild 31!
$d_{cut,m}$	mittlerer Schneidendurchmesser der Bohrer	
$d_{cut,max}$	Schneidendurchmesser an der oberen Toleranzgrenze (maximaler Bohrerdurchmesser)	Diese beiden Werte sind nur für das Zulassungsverfahren des Dübels relevant, da hier Versuche sowohl in $d_{cut,max}$ – als auch in $d_{cut,min}$ – gebohrten Löchern durchgeführt werden müssen.
$d_{cut,min}$	Schneidendurchmesser an der unteren Toleranzgrenze (minimaler Bohrerdurchmesser)	

„In Abhängigkeit von der Bohrmaschine sollten Hartmetallbohrer für Bohrhammer bzw. für Schlagbohrmaschinen gemäß ISO 5468 [22]... verwendet werden. Für die Versuchsreihen sollten“ gemäß [13] „Bohrer an der oberen Toleranzgrenze“ bzw. nach [14] „neue Bohrer oder Bohrer mit $d_{cut} \geq d_{cut,m}$ verwendet werden.“

Auch der Bohrschneidendurchmesser (d_{cut}) hat einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln. Das EAD330284-00-0604 [2] bzw. ETAG 020 [3] unterscheiden für die Definition der Bohrer daher 4 bzw. 5 verschiedene Angaben (vgl. Tabelle 11).

In den ETAs für Kunststoffdübel finden sich in der Tabelle „Montagekennwerte“ immer die Angaben der Schneidendurchmesser der Bohrer ($d_{cut} \leq \dots$); hinter diesen in der ETA ausgewiesenen Zahlenwerten verbergen sich jeweils die Schneidendurchmesser an der

Schneidkörpern aus Hartmetall, die zur Herstellung der Bohrlöcher von Dübelverankerungen verwendet werden“ [23] und damit auch der oben zitierten ISO 5468 [22], da die „zulässigen Abweichungen“ mit dem jeweiligen „Grenzabmaß“, also die zulässigen Toleranzen der Schneidendurchmesser der Bohrer, übereinstimmen.

Gemäß Bild 29 wurde im konkreten Beispiel nach Abschnitt 7.1 auch die Temperatur +8 °C im Verankerungsgrund (= im Bohrloch) gemessen und im Prüfbericht dokumentiert. Da insbesondere in den Übergangszeiten Winter/Frühling und Herbst/Winter tageszeiten- und/oder wetterbedingt deutliche Unterschiede zwischen der Lufttemperatur und der Temperatur im Verankerungsgrund vorliegen können, ist die Angabe der Temperatur im Bohrloch (die einfach mit einem Laserthermometer gemessen werden kann) in jedem Fall eine sinnvolle Angabe.

Grundsätzlich ist die Angabe einer Temperatur (Lufttemperatur und/oder Temperatur im Bohrloch) gerade in strengen Wintern eine sinnvolle Ergänzung, um zu dokumentieren bzw. daran zu erinnern, dass bei Kunststoffdübeln die Setzbarkeit auch von Temperatureinflüssen abhängig ist. Der gewählte Dübel kann beispielsweise nach [15] bis zu einer Temperatur von –20 °C im Verankerungsgrund eingebaut werden.

7.2.8 Versuchsergebnisse

Nach der Dokumentation der vorangegangenen Punkte (Abschnitt 7.2.1 bis 7.2.7) können jetzt die vorgeschriebenen mindestens 15 Auszugsversuche, also Versuche bis zum Versagen des Dübels und/oder des Verankerungsgrunds, durchgeführt und deren Ergebnis

se entsprechend im Prüfbericht dokumentiert werden (Bild 33).

Gemäß der Technischen Regel des DIBt [12] gilt dabei Folgendes:

„Die Versuche werden auf Basis der Vorgaben des Fachplaners unter Verantwortung des Versuchsleiters durchgeführt.“

Im Beispiel nach Abschnitt 7.1 wurde in den 15 Versuchen das Dübel-Auszugsgerät nach Bild 19a verwendet (vgl. auch Bild 22).

Bei der Versuchsdurchführung nach TR 051 [13] bzw. ETAG 020 [14] ist folgende Anforderung zu beachten:

„Die Last sollte stetig gesteigert werden, so dass die Bruchlast nach nicht weniger als ca. 1 Minute erreicht wird. Die Last beim Erreichen der Bruchlast wird aufgezeichnet.“

Die Angabe der „Versuchsgeschwindigkeit“ mit Erreichen der Bruchlast *„nach nicht weniger als ca. 1 Minute“* kann in der Baustellenpraxis nur *ungefähr* eingehalten werden, da die Größe der Bruchlast für den jeweiligen Versuch ja vorher nicht bekannt ist.

Vorausgesetzt, dass die Bruchlasten der einzelnen Versuche nicht zu stark voneinander abweichen, kann es auf der Baustelle im Prinzip immer nur ein „Herantasten“ an die *„ca. 1 Minute“* geben, indem die Last auf der sicheren Seite nur sehr langsam gesteigert wird und parallel dazu die Zeit gemessen bzw. die Prüfdauer kontrolliert wird.

Als Prüfergebnisse werden die Bruchlasten (N_{ii}) der 15 einzelnen Versuche aufgezeichnet.

Eine weitere notwendige Angabe im Prüfbericht ist nach TR 051 [13] bzw. ETAG 020 [14] der Wert N_1 , der

VII Versuchsergebnisse				
Versuch	Setztiefe [mm]	Bruchlast N_{ii} [kN]	Versagensart/Bemerkung	5 kleinsten Bruchlasten $N_{i, min}$ [kN]
1	75	2,0	Herausziehen	
2	75	2,0	Herausziehen	
3	75	2,1	Herausziehen	
4	75	1,8	Herausziehen	1,8
5	75	1,9	Herausziehen	1,9
6	75	2,2	Herausziehen	
7	75	2,0	Herausziehen	
8	75	1,9	Herausziehen	1,9
9	75	1,7	Herausziehen	1,7
10	75	1,9	Herausziehen	1,9
11	75	2,1	Herausziehen	
12	75	1,9	Herausziehen	
13	75	1,9	Herausziehen	
14	75	2,0	Herausziehen	
15	75	1,9	Herausziehen	
Mittelwert der 5 kleinsten Werte: $N_1 =$				1,84

Bild 33. Prüfbericht (Beispiel nach Abschnitt 7.1): Versuchsergebnisse

Mittelwert der fünf kleinsten Messwerte bei Höchstlast im Versuch. Eine leicht nachvollziehbare Ermittlung und Dokumentation dieses Wertes ist in Bild 33 (letzte Spalte der Tabelle) beispielhaft dargestellt.

7.3 „Zwischenfazit“: Aufgabentrennung

Mit der Dokumentation der Versuchsergebnisse gemäß Bild 33 sind nach der Technischen Regel des DIBt [12] die Aufgaben des „Versuchsleiters“ gemäß Abschnitt 3.2.3 erfüllt.

Für die im nachfolgenden Abschnitt 7.4 dargestellte Auswertung der Versuchsergebnisse ist nun der „Fachplaner“ nach Abschnitt 3.2.2 zuständig, da nach [12] Folgendes gilt:

„Die statistische Auswertung und die Ermittlung der charakteristischen Tragfähigkeit ... werden in Verantwortung des Fachplaners erstellt und sind von ihm nachvollziehbar zu dokumentieren.“

Insbesondere die Auswahl des Referenzsteins ($F_{Rk,ETA}$, vgl. Abschnitte 3.1, 7.1 und 7.2.5) ist eine Entscheidung, die final nur durch den zuständigen Fachplaner erfolgen kann, da nur dieser mit dem gesamten Bauvorhaben vertraut ist.

Sowohl Zulassungen als auch Versuche am Bauwerk für Dübel erbringen immer nur den Nachweis der unmittelbaren örtlichen Krafteinleitung in den Verankerungsgrund; die Weiterleitung der mit den Dübeln zu verankernden Lasten im Bauteil und im Bauwerk (im Prinzip von der Einwirkungsstelle bis zur Gründungsebene) kann ebenfalls nur durch den zuständigen Fachplaner nachgewiesen werden.

7.4 Auswertung der Versuchsergebnisse

7.4.1 Grundlagen Zugversuche

Die nachfolgende Auswertung für das Beispiel nach Abschnitt 7.1 gilt nur für Kunststoffdübel mit Europäischer Technischer Bewertung (ETA) nach EAD [2] oder ETAG 020 [3] und wenn auf der Baustelle mindestens 15 Auszugsversuche durchgeführt wurden (Abschnitte 7.4.4, 7.4.5 und 7.4.6).

(Nur) Für unverputztes Mauerwerk gibt es nach der Technischen Regel des DIBt [12] auch die Möglichkeit, die Anzahl der Versuche bis auf $n = 5$ zu reduzieren. Für verputztes Mauerwerk bleibt es bei der Mindestanzahl von $n = 15$.

Nach TR 051 [13] bzw. ETAG 020 Annex B [14] sind nur zentrische Zug-Versuche vorgesehen. Die dabei aus den Versuchsergebnissen ableitbare

- charakteristische Tragfähigkeit (F_{Rk} – vgl. Abschnitt 7.4.3 oder 7.4.6) sowie der dazugehörige
- Bemessungswert der Tragfähigkeit (F_{Rd} – vgl. Abschnitt 7.4.6)

gelten für Verankerungen in Mauerwerk immer für Zuglast, Querlast oder Schrägzug (Kombination aus Zug- und Querlast).

Für $n \geq 5$ Versuche erfolgt die Ermittlung dieser Tragfähigkeiten über Fraktilwerte (Abschnitt 7.4.3 – nur für *unverputztes* Mauerwerk).

Für $n \geq 15$ Versuche kann die Auswertung sowohl über Fraktilwerte als auch mit dem Vereinfachten Verfahren durchgeführt werden (Abschnitt 7.4.4). Dabei ist für beide Verfahren die Anzahl der Versuche nach oben nicht begrenzt.

7.4.2 Querlastversuche

Nach der Technischen Regel des DIBt [12] können auch Querlastversuche durchgeführt werden. Die Auswertung erfolgt sinngemäß wie für Zugversuche, weshalb hier nur auf die entsprechenden Abschnitte in [12] verwiesen wird.

7.4.3 Ermittlung der charakteristischen Tragfähigkeit über Fraktilwerte

Hier wird kurz die Möglichkeit vorgestellt, wie die charakteristische Tragfähigkeit über „Fraktilwerte“ ermittelt werden kann. Das Beispiel nach Abschnitt 7.1 wird danach aber mit dem „Vereinfachten Verfahren“ fortgesetzt (Abschnitt 7.4.4).

Da es sich bei diesem fiktiven Praxisbeispiel um *unverputztes* Mauerwerk handelt, sind nach [12] beide Auswertungsmöglichkeiten zulässig, d. h., hier wäre es auch ausreichend gewesen, nur 5 Versuche durchzuführen.

Grundsätzlich bedeutet bei der „Auswertung über Fraktilwerte“ aber jeder Versuch mehr als mindestens $n = 5$ Versuche (*unverputztes* Mauerwerk) bzw. mindestens $n = 15$ Versuche (*verputztes* Mauerwerk), dass sich die Verlässlichkeit der Ableitung der in Abschnitt 7.4.1 genannten Tragfähigkeiten erhöht und damit die Ergebnisse etwas größer werden können (F_{Rk} und F_{Rd}).

Wird das nationale Verfahren über Fraktilwerte nach [12] verwendet, berechnen sich die charakteristischen Werte wie folgt:

$$\begin{aligned} N_{Rk,Bst} &= N_{Rm} \cdot (1 - k_s \cdot v) \cdot 0,6 \leq F_{Rk,ETA} \\ &\leq 4,5 \text{ kN} \cdot \gamma_M \quad (\text{für } n_1 \geq 4 \text{ und } n_2 \geq 1) \\ &\leq 3,0 \text{ kN} \cdot \gamma_M \quad (\text{für } n_1 \geq 3 \text{ und } n_2 \geq 1) \end{aligned} \quad (8)$$

mit N_{Rm} $F_{Rk,ETA}$	Mittelwert der Bruchlasten N_u charakteristische Tragfähigkeit für den Referenzstein und die vorgesehenen Anwendungsbedingungen (Anmerkung z. B: Temperaturbereich) gemäß ETA
v	Variationskoeffizient der Bruchlasten, wenn der Auszugsversuch vor Erreichen der Bruchlast abgebrochen wird, ist mit $v = 20\%$ zu rechnen)
k_s	statistischer Faktor in Abhängigkeit der Anzahl der Versuche zur Ermittlung der 5%-Fraktile einer Normalverteilung bei einer Aussagewahrscheinlichkeit von 90%, siehe Tabelle 12

Tabelle 12. k_s -Faktoren in Abhängigkeit der Anzahl der Versuche (n)

n	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30
k_s	3,40	3,09	2,89	2,75	2,65	2,57	2,50	2,45	2,40	2,36	2,33	2,21	2,13	2,08

- γ_M Teilsicherheitsbeiwert nach EAD [2] oder ETAG 020, Annex C [24]; vgl. auch hier Abschnitt 7.4.6
- n_1 Anzahl der Befestigungspunkte für die Befestigung des Anbauteils (vgl. [24] bzw. [25])
- n_2 Anzahl der Dübel pro Befestigungspunkt (vgl. [24] bzw. [25])

Für weitere Versuchsanzahlen k_s -Faktor siehe entsprechend in [26] oder [27].

7.4.4 Ermittlung der charakteristischen Tragfähigkeit nach dem Vereinfachten Verfahren

Nach TR 051 [13] bzw. ETAG 020 [14] sowie mit der Technischen Regel des DIBt [12] können die Versuche durch einen vereinfachten Einsatz bzw. das „Vereinfachte Verfahren“ ausgewertet werden. Dieser Ansatz gilt wie bereits erwähnt nur für mindestens 15 Versuche. Dafür braucht in diesem „baustellentauglichen“ Ansatz keine Statistik berechnet werden (vgl. Abschnitt 7.4.3).

Die charakteristische Last F_{RkI} erhält man als Auswertung der Versuchsergebnisse wie folgt (Bild 34):

$$F_{RkI} = 0,5 \cdot N_1 \leq F_{Rk,ETA} \quad (9)$$

mit

N_1 Mittelwert der fünf kleinsten Messwerte bei Bruchlast (N_u) im Versuch (Bild 33)

$F_{Rk,ETA}$ charakteristische Tragfähigkeit für den Referenzstein und die vorgesehene Anwendungsbedingungen (Anmerkung z. B.: Temperaturbereich) gemäß ETA

Hierbei ist zu beachten, dass sich hinter dem Faktor „0,5“ in Gl. (9) für F_{RkI} die Statistik „versteckt“, die nur für eine Mindestanzahl von 15 durchgeführten Versuchen gilt (aus deren 5 kleinsten Ergebnissen der Mittelwert berechnet wird). Würde man diese Ableitung für eine kleinere Anzahl von Versuchen durchführen, so läge das Ergebnis mit abnehmender Anzahl Versuche zunehmend auf der unsicheren Seite, da mit einer Reduzierung der Versuchsanzahl die Größe des k_s -Faktors aus Tabelle 12 bei einer statistischen Auswertung zunimmt, was hier in Gl. (9) aber nicht beachtet wird.

Mit dem Faktor „0,5“ in Gl. (9) für F_{RkI} werden aber auch gleichzeitig pauschal alle traglastmindernden Einflüsse abgedeckt, die sonst nur im Zulassungsverfahren untersucht werden können (z. B. Bohrlochdurchmesser, Konditionierung, Temperatur, Dauerlast, ...). Dies bedeutet letztlich, dass der Faktor „0,5“ nicht einfach nach ingenieurmäßigen Betrachtungen abgewandelt werden kann, sondern auf der sicheren Seite eine Konstante darstellt, die unterschiedliche Einflüsse berücksichtigt und eine einfache und praxisnahe Bewertung der Ergebnisse auf der Baustelle ermöglichen soll.

VIII Charakteristische Last	
$F_{RkI} =$	$0,5 \cdot N_1 = 0,5 \cdot 1,84 = 0,92 \text{ kN} \leq F_{Rk,ETA}$
	$N_1 =$ siehe Abschnitt VII
$F_{Rk,ETA} =$	charakteristische Tragfähigkeit F_{Rk} in der ETA für eine vergleichbare Mauerwerksart
$F_{Rk,ETA} =$	<u>0,90 kN</u>
	Der Stein/Block auf der Baustelle <i>gleich</i> dem Stein/Block in ETA - 08/0190 vom 5. September 2017, Anhang: C17
	Steinbezeichnung: <u>Hochlochziegel</u> Steinformat: <u>>248x365x249 mm</u> Rohdichte (ρ): <u>0,65 kg/dm³</u> Druckfestigkeit (f_b): <u>6,0 N/mm²</u> Temperaturbereich: <u>50 °C / 80 °C (Langzeit / Kurzzeit)</u>
Maßgebend ist (der kleinste Wert!):	<input type="checkbox"/> $F_{Rk} = F_{RkI} = 0,92 \text{ kN}$ <input checked="" type="checkbox"/> $F_{Rk} = F_{Rk,ETA} = 0,90 \text{ kN}$

Bild 34. Prüfbericht (Beispiel nach Abschnitt 7.1): Ermittlung der charakteristischen Last

Verankerungsgrund Mauerwerk aus Hochlochziegel: POROTON-T8-36,5-MW		
Tabelle C 10.7.1: Steinkennwerte		
Steinbezeichnung		POROTON-T8-36,5-MW
Steinart		Hochlochziegel POROTON-T8-36,5-MW
Rohdichte	$\rho \geq$ [kg/dm ³]	0,65
Norm bzw. Zulassung		EN 771-1:2011; Z-17.1-1041
Steinhersteller		Wienerberger GmbH Oldenburger Allee 26 D-30659 Hannover
Format, Steinabmessung	[mm]	$\geq 12DF$ ($\geq 248 \times 365 \times 249$)
Mindestbauteildicke	$t_{\text{min}} =$ [mm]	365

Bild 35. Möglicher Referenzstein zum Beispiel nach Abschnitt 7.1
(Ausschnitt aus Anhang C 17 von ETA-08/0190 [15] für den gewählten Kunststoffdübel)

Im nächsten Schritt der Auswertung muss der bereits in Abschnitt 7.2.5 beschriebene Abgleich mit dem „Referenzstein“ erfolgen. Hierfür benötigt man die gültige Fassung der ETA des verwendeten Dübels, die man sich i. d. R. am einfachsten auf der Homepage des jeweiligen Dübel-Herstellers herunterladen kann.

Für das Beispiel nach Abschnitt 7.1 und den verwendeten Kunststoffdübel mit dem Durchmesser 10 mm galt zum Zeitpunkt der durchgeführten Versuche die europäische technische Zulassung ETA-08/0190 [15], die den erforderlichen Abgleich relativ leicht gestaltet, da der Dübel im Zulassungsverfahren in einem vergleichbaren Hochlochziegel geprüft wurde (Bild 35). Vergleicht man Bild 35 mit dem auf der Baustelle verwendeten Hochlochziegel in Bild 24, so kann man sagen, dass die beiden Steine vom Lochbild her sogar nahezu identisch aussehen.

Der „Referenzstein“ und die Fundstelle in der ETA sollten im Prüfbericht so vollständig wie möglich beschrieben werden, damit auch dieser Arbeitsschritt später so leicht wie möglich nachvollzogen werden kann. Anschließend lässt sich hier der Wert $F_{Rk,ETA}$ aus [15], Anhang C 17 herauslesen (Bild 36) und mit dem zuvor ermittelten Wert F_{Rk1} aus den Versuchen am Bauwerk vergleichen (vgl. Bild 34).

Die charakteristische Tragfähigkeit F_{Rk1} aus den Versuchen muss dabei kleiner oder gleich der charakteristischen Tragfähigkeit $F_{Rk,ETA}$ sein, die im Zulassungsbescheid (ETA) für den Referenzstein angegeben ist. Hier im Beispiel ist

$$F_{Rk1} = 0,92 \text{ kN} > 0,90 \text{ kN} = F_{Rk,ETA}$$

und somit $F_{Rk,ETA}$ der kleinere und maßgebende Wert, mit dem der Vorschlag für eine Auswertung fortgesetzt wird (als Vereinfachung wird hier dabei die Bezeichnung „ F_{Rk1} “ zu „ F_{Rk} “).

7.4.5 Berücksichtigung von Fugen

Gemäß EAD [2] und TR 064 [25] bzw. ETAG 020 Annex C [24] ist bei der Bemessung von Kunststoffdübeln ggf. der Einfluss von Fugen zu berücksichtigen:

- Die charakteristische Tragfähigkeit des Kunststoffdübels ist grundsätzlich zu halbieren, wenn die Fugen nicht sichtbar sind, was der Regelfall ist, wenn das Mauerwerk verputzt ist.
- Die charakteristische Tragfähigkeit des Kunststoffdübels ist ebenso zu halbieren, wenn senkrechte Fugen nicht mit Mörtel verfüllt werden (gilt nicht für sichtbare *verzahnte* Stoßfugen). Der Bemessungswert der Einwirkungen ist dann auf $N_{Sd} \leq 2,0 \text{ kN}$ begrenzt, um das Herausziehen eines Steins aus der Wand zu verhindern. Auf die Halbierung der charakteristischen Tragfähigkeit kann verzichtet werden, wenn der minimale Randabstand (c_{min}) zur vertikalen Fuge eingehalten wird.

Diese Regelung wird mit der Technischen Regel des DIBt [12] für Planziegelmauerwerk wie folgt weiter differenziert:

Der Fugeneinfluss kann bei Verankerungen in norm- bzw. zulassungskonformem Planziegelmauerwerk vernachlässigt werden, wenn folgende Bedingungen eingehalten sind:

- Bohrlochdurchmesser $\geq 10 \text{ mm}$,
- Stoßfugen knirsch gestoßen,
- Lagerfugen in Dünnbett- oder Mittelbettmörtel mit einer maximalen Dicke von 6 mm oder Klebefugen.

Zur Entscheidung, ob ein Einfluss von Fugen bei der Ermittlung der charakteristischen Tragfähigkeit berücksichtigt werden muss oder nicht, ist es daher erforderlich, dass die tatsächlichen Gegebenheiten auf der Baustelle, wie z. B. eine vorhandene Putzschicht, doku-

Tabelle C 10.7.3: Charakteristische Tragfähigkeit $F_{Rk}^{(1)}$ in [kN] für Einzeldübel				
Dübelgröße		W-UR 8		W-UR 10
Montageseite ^(*)		Innen / Außen	Innen / Außen	
Gesamtlänge des Dübels im Verankerungsgrund $h_{\text{Anker}} =$ [mm]		70		70
POROTON-T8-36,5-MW, $f_b \geq 6 \text{ N/mm}^2$		30°C ⁽³⁾ / 50°C ⁽⁴⁾ [kN]	1,2	0,9
Charakteristische Tragfähigkeit F_{Rk}		50°C ⁽³⁾ / 80°C ⁽⁴⁾ [kN]	0,9	0,9
POROTON-T8-36,5-MW, $f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$		30°C ⁽³⁾ / 50°C ⁽⁴⁾ [kN]	1,5	1,2
Charakteristische Tragfähigkeit F_{Rk}		50°C ⁽³⁾ / 80°C ⁽⁴⁾ [kN]	1,5	1,2
zugehöriger Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{Mm}^{(2)}$			2,5	2,5

Fußnoten siehe Anhang C 3

Würth Kunststoff-Rahmendübel W-UR	Anhang C 17
Leistungen Hochlochziegel: POROTON-T8-36,5-MW Steinkennwerte, Montagekennwerte, Charakteristische Tragfähigkeit	

Bild 36. Möglicher Referenzstein zum Beispiel nach Abschnitt 7.1: $F_{Rk,ETA}$ (Ausschnitt aus Anhang C 17 von ETA-08/0190 [15] für den gewählten Kunststoffdübel)

IX Berücksichtigung von Fugen		
<ul style="list-style-type: none"> Sind die Fugen des Mauerwerks nicht sichtbar oder kann der Mindestrandabstand c_{min} (*) zu einer (senkrechten) unvermörtelten Stoßfuge nicht eingehalten werden (gilt nicht für sichtbare verzahnte Stoßfugen), muss die maßgebende charakteristische Tragfähigkeit des Dübels F_{Rk} nach Abschnitt VIII wie folgt abgemindert werden. Weitere Einzelheiten siehe ETAG 020, Anhang C. In norm- bzw. zulassungskonformem Planziegelmauerwerk ist diese Abminderung nicht erforderlich, wenn der Bohrlochdurchmesser $d_b \geq 10 \text{ mm}$ beträgt, die Stoßfugen knirsch gestoßen sind und die Lagerfugen in Dünnbett- oder Mittelbettmörtel eine maximale Dicke von 6 mm aufweisen bzw. als Klebefugen ausgeführt sind. Insbesondere in Bestandsbauten kann die Qualität der Fugen von Wand zu Wand und ggf. von Bauabschnitt zu Bauabschnitt oder auch schon innerhalb nur einer Wand variieren. Im Zweifelsfall obliegt es daher immer dem Fachplaner eine repräsentative Beurteilung des gesamten vorhandenen Fugenbilds vorzunehmen und eine Entscheidung zu treffen, ob die in den Versuchen ermittelte charakteristische Tragfähigkeit auf Grund der vorhandenen Fugen(-qualität) um 50 % abgemindert werden muss oder nicht. 		
Zutreffendes ist anzukreuzen (☑)! F_{Rk} nach Abschnitt VIII		
(A)	(B)	(C)
<input type="checkbox"/> Fugen nicht sichtbar	<input type="checkbox"/> Fugen sichtbar	<input checked="" type="checkbox"/> Planziegelmauerwerk
	B1 <input type="checkbox"/> Abstand c_{min} (*) zu einer unvermörtelten Stoßfuge kann nicht eingehalten werden B2 <input type="checkbox"/> Abstand c_{min} (*) zu einer unvermörtelten Stoßfuge kann eingehalten werden B3 <input type="checkbox"/> Stoßfugen sind knirsch gestoßen und verzahnt	C1 <input checked="" type="checkbox"/> Bohrlochdurchmesser $d_b \geq 10 \text{ mm}$ C2 <input checked="" type="checkbox"/> Stoßfugen knirsch gestoßen C3 <input checked="" type="checkbox"/> Lagerfugen in Dünnbett- oder Mittelbettmörtel mit einer maximalen Dicke von 6 mm C4 <input type="checkbox"/> Lagerfuge als Klebefuge ausgeführt
	Nur wenn B2 oder B3 angekreuzt werden kann, sonst Spalte (A) = Abminderung!	Nur wenn C1 und C2 und C3 oder C1 und C2 und C4 angekreuzt werden können, sonst Spalte (A) oder (B)!
Abminderung erforderlich: <input type="checkbox"/> $0,5 \cdot F_{Rk} = \text{_____ kN}$	Keine Abminderung erforderlich: <input checked="" type="checkbox"/> $F_{Rk} = 0,90 \text{ kN}$ (vgl. Prüfbericht Abschnitt VIII)	
(*) Der Mindestrandabstand beträgt gemäß ETA - 08/0190, Anhang: C 17, Tabelle: C 10.7.2 $c_{\text{min}} = 100 \text{ mm}$.		

Bild 37. Prüfbericht (Beispiel nach Abschnitt 7.1): Berücksichtigung von Fugen

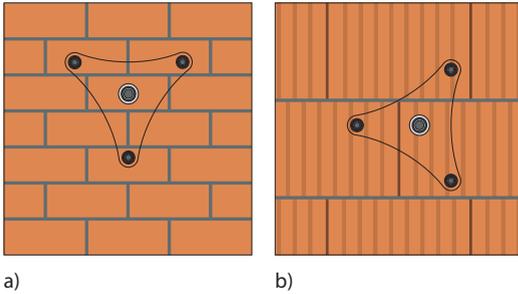


Bild 38. Lage der Abstützung; a) bei kleinformatigen Steinen, b) bei großformatigen Lochsteinen nach [12]

mentiert werden (Bilder 24 und 37), sodass der Fugeneinfluss auf diese Weise bei der Ermittlung der charakteristischen Tragfähigkeit nicht in Vergessenheit gerät. Insbesondere in Bestandsbauten kann die Qualität der Fugen von Wand zu Wand und ggf. von Bauabschnitt zu Bauabschnitt oder auch schon innerhalb nur einer Wand variieren. Im Zweifelsfall obliegt es daher immer dem Fachplaner, eine repräsentative Beurteilung des gesamten vorhandenen Fugenbilds vorzunehmen und eine Entscheidung zu treffen, ob die in den Versuchen ermittelte charakteristische Tragfähigkeit aufgrund der vorhandenen Fugen(-qualität) um 50% abgemindert werden muss oder nicht.

Im konkreten Beispiel nach Abschnitt 7.1 bestehen die Außenwände aus Planziegelmauerwerk (vgl. Abschnitt 7.2.5 mit Bild 24) und die oben zitierten Bedingungen gemäß [12] werden eingehalten (vgl. Bild 37), weshalb eine Halbierung der in Abschnitt 7.4.4 ermittelten charakteristischen Last (F_{Rk}) nicht erforderlich ist.

Nach der Technischen Regel des DIBt [12] kann durch die Berücksichtigung der Lage der Abstützung des Prüfgeräts bei kleinformatigen Steinen das Herausziehen der Steine bei der Prüfung am Bauwerk berücksichtigt werden (Bild 38a zeigt die Lage der Abstützung außerhalb des Steins, in dem der Dübel sitzt). Bei großformatigen Lochsteinen – wie im Beispiel nach Abschnitt 7.1 – muss darauf geachtet werden, dass ein Aufspalten des Steins durch die Lage der Abstützung nicht behindert wird (Bild 38b).

7.4.6 Bemessungswert der Tragfähigkeit

Im nächsten Schritt ist der Bemessungswert der Dübeltragfähigkeit zu bestimmen (Bild 39), wobei für die Materialteilsicherheitsbeiwerte (γ_M) in ETAG 020 Annex B [14] Vorgaben für

- Mauerwerk $\gamma_{Mm} = 2,5$
- Porenbeton $\gamma_{MAAC} = 2,0$ und
- Beton $\gamma_{Mc} = 1,8$

gemacht werden, wenn – wie in Deutschland – keine anderen nationalen Vorschriften vorhanden sind.

Der Bemessungswert (F_{Rd}) ergibt sich, indem die charakteristische Tragfähigkeit (maßgebendes F_{Rk} nach

Abschnitt 7.4.4) durch den Sicherheitsbeiwert (γ_M) dividiert wird.

7.5 Bemerkungen und Hinweise

Ein Abschnitt „Bemerkungen und Hinweise“ im Prüfbericht ist nach TR 051 [13] bzw. ETAG 020 Annex B [14] nicht explizit vorgesehen. Bild 40 gibt zum Beispiel nach Abschnitt 7.1 dennoch *individuelle* Bemerkungen sowie *allgemeine* Empfehlungen und Hinweise, die immer beachtet und nicht vergessen werden sollten.

7.6 Unterschriften

Abschließend ist jeder Prüfbericht für Versuche am Bauwerk gemäß TR 051 [13] bzw. ETAG 020 Annex B [14] zur Dokumentation der Verantwortlichkeiten zu unterschreiben (Bild 41).

7.7 Bemessung der Verankerung (Befestigung der Unterkonstruktion)

7.7.1 Allgemeines

Nachfolgend wird exemplarisch eine Dübelbemessung dargestellt – basierend auf dem mittels Versuchen am Bauwerk in Abschnitt 7.4.6 ermittelten Bemessungswert der Tragfähigkeit:

- Ausgangsdaten: Abschnitt 7.7.2
- Einwirkungen aus Eigengewicht: Abschnitt 7.7.3
- Einwirkungen aus Windsog: Abschnitt 7.7.4
- Resultierende Einwirkung: Abschnitt 7.7.5
- Nachweis Schrägzug: Abschnitt 7.7.6

Ergänzend werden hier zwei Abschätzungen/Betrachtungen für den Nachweis der vertikalen Holzlattung in Anlehnung an DIN EN 1995-1-1:2010-12 (Eurocode 5, vgl. [28]) gemacht, da es hierfür (Kunststoffdübel in Durchsteckmontage durch eine Holzlatte) bisher kein entsprechendes Regelwerk gibt. Abschließend werden noch die Abstände in der Holzlatte überprüft:

- Kopfdurchzug des Dübels durch Latte: Abschnitt 7.7.7
- Überprüfen der Abstände: Abschnitt 7.7.8

Ziel dieses Beispiels ist die Ermittlung der erforderlichen Anzahl von Dübeln für die eigentliche Montage für *eine* Querwand sowie die Überprüfung, ob die Anzahl der zu montierenden Dübel pro Quadratmeter bauphysikalisch berücksichtigt werden muss oder nicht (Stichwort: punktueller Wärmedurchgangskoeffizient).

Für diese Dübelbemessung wird das Beispielgebäude gemäß Bild 14 idealisiert als Quader angenommen, d. h. als ein rechteckiger Grundriss mit Flachdach ohne Attika an den Querwänden; weiterhin wird angenommen, dass in den Querwänden *keine* Fenster und Türen angeordnet sind. Siehe hierfür Bild 42.

Wirkt auf eine der Längswände Winddruck (w), so erzeugt dieser Winddruck gemäß DIN EN 1991-1-4: 2010-12, Bild 7.5 (vgl. [29]) auf den Querwänden Wind-

X Bemessungswert der Tragfähigkeit (F_{Rd})	
$F_{Rd} = F_{Rk} / \gamma_M = 0,90 / 2,5 = 0,36 \text{ kN}$	
$F_{Rk} =$	kleinster Wert F_{Rk} nach Abschnitt VIII <u>oder</u> Abminderung nach Abschnitt IX
$\gamma_M =$	Materialteilsicherheitsbeiwert:
• $\gamma_{Mm} = 2,5$	(Mauerwerk, Nutzungskategorie „b“ und „c“)
• $\gamma_{MAAC} = 2,0$	(Porenbeton, Nutzungskategorie „d“)
• $\gamma_{Mc} = 1,8$	(Beton, Nutzungskategorie „a“)

Bild 39. Prüfbericht (Beispiel nach Abschnitt 7.1): Bemessungswert der Tragfähigkeit

XI Bemerkungen	
•	Bei der Montage ist darauf zu achten, dass alle Bohrlöcher im Drehgang erstellt werden!
•
•

Bild 40. Prüfbericht (Beispiel nach Abschnitt 7.1): Bemerkungen und Hinweise

XII Unterschriften	
Versuchsleiter	Auftraggeber / Kunde / Fachplaner
Datum:	Datum:
Name:	Name:
Unterschrift:	Unterschrift:

Bild 41. Prüfbericht (Beispiel nach Abschnitt 7.1): Unterschriften

sog im Bereich A ($e/5$) und im Bereich B ($d - e/5$). Wirkt der Winddruck auf die andere Längswand (w'), so vertauschen sich die Bereiche A und B. Für die Ermittlung der erforderlichen Dübelanzahl für eine Querwand muss daher der Randbereich A mit erhöhtem Windsog für beide Ränder der Querwand angenommen werden. Der Mittelbereich B (mit geringe-

rem Windsog) reduziert sich damit von ($d - e/5$) auf [$d - 2(e/5)$].

7.7.2 Ausgangsdaten

Hier werden noch einmal alle relevanten Daten für die Bemessung zusammengestellt:

- Wohngebäude: Abmessungen $b \times d \times h = 18 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 9,50 \text{ m}$ (vgl. Bild 42)
- Windzone: Binnenland
- Mauerwerk:
 - Hochlochziegel (gemäß Zulassung Z-17.1-1060)
 - Abmessungen $248 \times 365 \times 249 \text{ mm}$ (vgl. Abschnitt 7.2.5 mit Bild 24)
 - Druckfestigkeitsklasse 6
 - Rohdichteklasse 0,55
- Fassadenunterkonstruktion:
 - Vertikal-Lattung (VL) $60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$ aus Nadelholz, Festigkeitsklasse C24
 - $g_{k,VL} = 6 \text{ kN/m}^3$
 - Achsabstand = Lasteinflussbreite = 500 mm
- Dübelssystem:
 - Kunststoffdübel $10 \times 10/135$ mit zugehöriger Senkkopfschraube aus nichtrostendem Stahl nach ETA-08/0190 vom 05.09.2017 [15]

vgl. DIN EN 1991-1-4:2010-12, Bild 7.5:

$e = b = 18 \text{ m}$ oder $e = 2h = 2 \times 9,5 = 19 \text{ m}$ (Der kleinere Wert ist maßgebend!)
 $e = 18 \text{ m} \geq 10 \text{ m} = d$

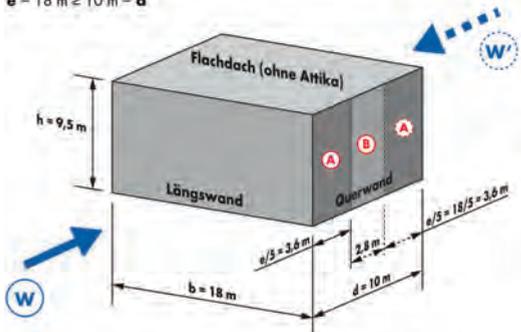


Bild 42. Idealisertes Beispielgebäude in Anlehnung an Bild 14

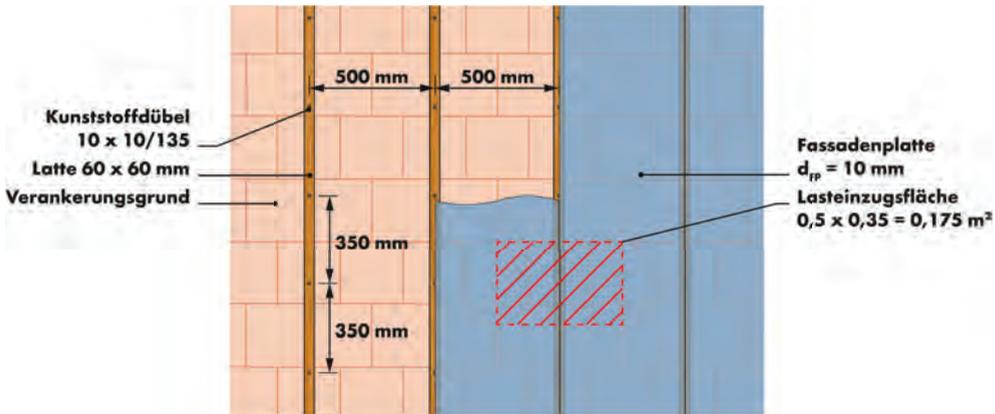


Bild 43. Konstruktionsabstände der Fassade, Lasteinzugsfläche je Dübel

(vgl. Abschnitt 7.1 mit Bild 15 sowie Abschnitt 7.2.6 mit Bild 28)

- Kopfdurchmesser der Senkkopfschraube: $d_h = 14 \text{ mm}$
- Achsabstand = Lasteinflusslänge = 350 mm (vgl. Bild 43) $\geq 100 \text{ mm} = s_{\text{min,ETA}}$
- (vgl. [15], Anhang B3, Tabelle B3 für $h_{\text{nom}} = 70 \text{ mm}$)
- $F_{\text{Rd}} = 0,36 \text{ kN}$ (Bemessungswert der Tragfähigkeit, ermittelt aus den Versuchen am Bauwerk, vgl. Abschnitt 7.4.6)
- Der Fugeneinfluss kann vernachlässigt werden, da es sich bei den Außenwänden um Planziegelmauerwerk handelt, der Bohrlochdurchmesser für die Montage der Dübel $d_0 \geq 10 \text{ mm}$ beträgt, die Stoßfugen knirsch gestoßen werden und die Lagerfugen in Dünnbettmörtel ausgeführt werden (vgl. Abschnitt 7.4.5).
- Fassadenplatte (FP):
 - Dicke $d_{\text{FP}} = 10 \text{ mm}$
 - Flächenlast $g_{\text{k,FP}} = 0,20 \text{ kN/m}^2$

7.7.3 Einwirkung aus Eigengewicht

$$V_{\text{Ed}} = (V_{\text{Ed,VL}} + V_{\text{Ed,FP}}) = 0,011 + 0,047 = \underline{\underline{0,058 \text{ kN}}}$$

mit

- $\gamma_{\text{F}} = \gamma_{\text{G,dst*}} = 1,35$ nach DIN EN 1990/NA:2010-12, Tabelle NA.A.1.2(A) – vgl. [30]
- Eigengewicht Holzlatte (L): $60 \times 60 \text{ mm}$, Einflusslänge $0,35 \text{ m}$, $g_{\text{k,L}} = 6 \text{ kN/m}^3$:

$$V_{\text{Ek,VL}} = 0,06 \cdot 0,06 \cdot 0,35 \cdot 6 = 0,008 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Ed,VL}} = \gamma_{\text{F}} \cdot V_{\text{Ek,VL}} = 1,35 \cdot 0,008 = \underline{\underline{0,011 \text{ kN}}}$$

- Eigengewicht Fassadenplatte (FP): Lasteinzugsfläche $0,175 \text{ m}^2$ (Bild 43), $g_{\text{k,FP}} = 0,20 \text{ kN/m}^2$

$$V_{\text{Ek,FP}} = 0,175 \cdot 0,2 = 0,035 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Ed,FP}} = \gamma_{\text{F}} \cdot V_{\text{Ek,FP}} = 1,35 \cdot 0,035 = \underline{\underline{0,047 \text{ kN}}}$$

Hebelarm der resultierenden Querlast (vgl. Bild 44):

$$l = \frac{V_{\text{Ed,VL}} \cdot (a_3 + t_{\text{fix}}/2) + V_{\text{Ed,FP}} \cdot (a_3 + t_{\text{fix}} + d_{\text{FP}}/2)}{V_{\text{Ed}}} \\ = [0,011 \cdot (5 + 30) + 0,047 \cdot (5 + 60 + 5)]/0,058 \\ = [0,385 + 3,29]/0,058 = 3,675/0,058 \approx \underline{\underline{63 \text{ mm}}} \quad (10)$$

7.7.4 Einwirkung aus Windsog

Gemäß DIN EN 1991-1-4:2010-12 (vgl. [29]), Abschnitt 5.1, Tabelle 5.1 gilt:

$$w_e = q_p \cdot c_{pe} \quad (11)$$

mit

$$- q_p = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

Vereinfachter Geschwindigkeitsdruck für Windzone „Binnenland“ und $h = 9,50 \leq 10,0 \text{ m}$ nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12, Anhang NA.B, Tabelle NA.B.3 (vgl. [31])

$$- c_{pe,A} = c_{pe,1} = -1,4 \text{ für Bereich A (vgl. Bild 42)}$$

$$c_{pe,B} = c_{pe,1} = -1,1 \text{ für Bereich B}$$

Außendruckbeiwerte für vertikale Wände rechteckiger Gebäude für $h/d = 9,5/10 \approx 1$ nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12, Tabelle NA.1 (vgl. [31]). Da hier der Nachweis einer Verankerung geführt wird und die Lasteinzugsfläche gemäß Bild 43 $A_{\text{Lasteinzugsfläche}} = 0,175 \text{ m}^2 \leq 1,0 \text{ m}^2$ ist, ist $c_{pe,1}$ und nicht $c_{pe,10}$ anzusetzen (vgl. DIN EN 1991-1-4:2010-12, Abschnitt 7.2.1, (1), Anmerkung 1 [29]).

Bereich A:

$$w_{e,A} = q_p \cdot c_{pe,A} = 0,5 \cdot (-1,4) = -0,70 \text{ kN/m}^2$$

$$N_{\text{Ed,A}} = \gamma_{\text{F}} \cdot w_{e,A} \cdot A_{\text{Lasteinzugsfläche}} = 1,5 \cdot (-0,70) \cdot 0,175 \\ = \underline{\underline{-0,184 \text{ kN}}} \quad \text{ist maßgebend}$$

Bereich B:

$$w_{e,B} = q_p \cdot c_{pe,B} = 0,5 \cdot (-1,1) = -0,55 \text{ kN/m}^2$$

$$N_{\text{Ed,B}} = \gamma_{\text{F}} \cdot w_{e,B} \cdot A_{\text{Lasteinzugsfläche}} = 1,5 \cdot (-0,55) \cdot 0,175 \\ = \underline{\underline{-0,144 \text{ kN}}}$$

Holzlatte und der Mauerwerkswand übertragen werden, so könnte man abschätzend für den maßgebenden Fassadenbereich A

$$N_{Ed,A} = 0,184 \text{ kN} \approx 0,19 \text{ kN} = F_{Ed,A}$$

schreiben. Das bedeutet, dass hier die Querkraft-Komponente vernachlässigt wird.

Aus der Anschauung heraus könnte man ergänzend argumentieren, dass es eigentlich leichter sein sollte, den Dübel, der die Latte senkrecht zur Faserrichtung des Holzes durchdringt, mit einer „reinen“ Zugkraft durch die Latte zu ziehen als mit einer Schrägzugkraft.

Als Abschätzung wurden daher mit dem gewählten Kunststoffdübel (nur „reine“) Zug-Versuche zur Ermittlung des Kopfdurchziehungswiderstands durchgeführt [32]. Nach [28] gilt dann für den charakteristischen Durchziehungswiderstand von Verbindungen mit in Richtung der Schraubenachse beanspruchten *Schrauben* Gleichung (8.40b):

$$\begin{aligned} F_{ax,\alpha,Rk} &= n_{ef} \cdot f_{head,k} \cdot d_h^2 \cdot (\rho_k/\rho_a)^{0,8} \\ &= 1 \cdot 9,98 \cdot 14^2 \cdot (350/380)^{0,8} \\ &= 1832 \text{ N} = \underline{1,83 \text{ kN}} \end{aligned}$$

mit

n_{ef} wirksame Anzahl von Schrauben; kann mit $n_{ef} = 1$ gesetzt werden, da die einzelnen Dübel mit einem Achsabstand von 350 mm gesetzt werden

$f_{head,k}$ charakteristische Durchziehparameter der Schraube, bestimmt nach EN 14592 [33] für die zugehörige Rohdichte $\rho_a = 9,98 \text{ N/mm}^2$ nach Prüfbericht [32]

d_h Durchmesser des Schraubenkopfes
= 14 mm (vgl. Abschnitt 7.7.2)

ρ_k = 350 kg/m³ = charakteristische Wert der Rohdichte der Grundlatte C24

ρ_a = 380 kg/m³ = zugehörige Rohdichte für $f_{head,k}$ nach Prüfbericht [32]

Der Bemessungswert des Durchzugwiderstands ergibt sich nach [28], Abschnitt 2.4.3, Gleichung (2.17):

$$F_{ax,\alpha,Rd} = k_{mod} \cdot (F_{ax,\alpha,Rk}/\gamma_M) = 0,9 \cdot (1,83/1,3) = \underline{1,27 \text{ kN}}$$

mit

k_{mod} Modifikationsbeiwert für Lasteinwirkungsdauer (Wind \Rightarrow „kurz“) und Feuchtegehalt (Nutzungsklasse 2 nach [28], Abschnitt 2.3.1.3) nach [28], Tabelle 3.1

$$= 0,9$$

γ_M Materialteilsicherheitsbeiwert gemäß DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08, Tabelle NA.2 (vgl. [34]) für Vollholz

$$= 1,3$$

Nachweis Kopfdurchzug für Fassadenbereich A:

$$\begin{aligned} F_{Ed}/F_{ax,\alpha,Rd} &= 0,19/1,27 \\ &= 0,15 \leq 1,0 \quad \underline{\text{Nachweis ist erfüllt}} \quad (12) \end{aligned}$$

Abschätzung/Betrachtung 2: „Kunststoffdübel in Durchsteckmontage“ als „Nagel mit anderem als glatten Schaft“ nach [28]

Gemäß [28], Abschnitt 8.3.3 gilt für die kombinierte Beanspruchung von Nägeln die Gleichung (8.28):

$$\begin{aligned} (F_{ax,Ed}/F_{ax,Rd})^2 + (F_{V,Ed}/F_{V,Rd})^2 &\leq 1 \\ &= (N_{Ed,A}/F_{ax,Rd})^2 + (V_{Ed}/F_{V,Rd})^2 \leq 1 \quad (13) \end{aligned}$$

Für diese Abschätzung/Betrachtung des Kunststoffdübels in Durchsteckmontage liegen allerdings keine Angaben zur Ermittlung und auch keine Versuchsergebnisse für $F_{V,Rk}$ bzw. $F_{V,Rd}$ vor. Aus diesem Grund werden die beiden Gleichungen (Gl. (12): „reine“ Zugbeanspruchung) und (Gl. (13): kombinierte Beanspruchung) umgestellt und miteinander verglichen:

$$\text{Gl. (12): } F_{Ed,A}/F_{ax,\alpha,Rd} \leq 1,0$$

$$\text{Gl. (13): } (N_{Ed,A}/F_{ax,Rd})^2 + (V_{Ed}/F_{V,Rd})^2 \leq 1,0$$

Mit $F_{Ed,A} = (N_{Ed,A}^2 + V_{Ed}^2)^{0,5}$ gemäß Abschnitt 7.7.5 und Auflösung nach $F_{ax,\alpha,Rd}^2$ ergeben sich die Gleichungen:

$$\text{Gl. (12*): } N_{Ed,A}^2 + V_{Ed}^2 \leq F_{ax,\alpha,Rd}^2$$

$$\text{Gl. (13*): } N_{Ed,A}^2 + [V_{Ed} \cdot (F_{ax,\alpha,Rd}/F_{V,Rd})]^2 =$$

$$N_{Ed,A}^2 + V_{Ed}^2 \cdot \alpha^2 \leq F_{ax,\alpha,Rd}^2$$

mit

$$\alpha = F_{ax,\alpha,Rd}/F_{V,Rd}$$

Mit der Betrachtung des Quotienten für α können folgende 3 Fälle unterschieden werden:

a) Für $\alpha = 1$, also $F_{ax,\alpha,Rd} = F_{V,Rd}$, sind die Gln. (12*) und (13*) identisch.

b) Für $\alpha > 1$, also $F_{ax,\alpha,Rd} > F_{V,Rd}$, liefert Gl. (12*) geringere Ausnutzungen als Gl. (13*) \Rightarrow unsicher.

c) Für $\alpha < 1$, also $F_{ax,\alpha,Rd} < F_{V,Rd}$, liefert Gl. (12*) größere Ausnutzungen als Gl. (13*) \Rightarrow sicher.

Tatsächlich ist davon auszugehen, dass meistens Fall (b), Fall (a) nur selten oder näherungsweise und Fall (c) so gut wie nie eintritt. Es wird angenommen, dass die Tragfähigkeit in Achsrichtung der Schraube/des Dübels in den meisten Fällen höher ist als die Tragfähigkeit für Abscheren.

Ohne die Tragfähigkeit auf Abscheren genau zu kennen, könnte der Nachweis geführt werden, indem ein Wert für α angenommen wird, der als ausreichend groß erachtet wird. Die Autoren schlagen $\alpha = 4$ vor. Der Nachweis lautet dann:

$$F_{Ed,A}/F_{ax,\alpha,Rd} = (N_{Ed,A}^2 + V_{Ed}^2 \cdot \alpha^2)^{0,5}/F_{ax,\alpha,Rd} \leq 1,0 \quad (13^{**})$$

mit

$$\begin{aligned} F_{Ed,A} &= (N_{Ed,A}^2 + V_{Ed}^2 \cdot \alpha^2)^{0,5} \\ &= (0,184^2 + 0,058^2 \cdot 4^2)^{0,5} = \underline{0,30 \text{ kN}} \end{aligned}$$

$$N_{Ed,A} = \underline{0,184 \text{ kN}} \quad (\text{vgl. Abschnitt 7.7.4})$$

$$V_{Ed} = \underline{0,058 \text{ kN}} \quad (\text{vgl. Abschnitt 7.7.3})$$

$$\alpha = \underline{4}$$

und

$$F_{ax,Rk} = f_{head,k} \cdot d_h^2$$

(vgl. [28], Abschnitt 8.3.2, Gleichung (8.23b))

$$= 9,98 \cdot 14^2 = 1956 \text{ N} = \underline{1,96 \text{ kN}}$$

mit

$$f_{head,k} = 9,98 \text{ N/mm}^2$$

(vgl. Abschätzung/Betrachtung 1)

$$d_h = 14 \text{ mm} \quad (\text{vgl. Abschätzung/Betrachtung 1})$$

und

$$F_{ax,\alpha,Rd} = k_{mod} \cdot (F_{ax,\alpha,Rk} / \gamma_M)$$

[vgl. [28], Abschnitt 2.4.3, Gleichung (2.17)]

$$= 0,9 \cdot (1,96 / 1,3) = \underline{1,37 \text{ kN}}$$

mit

$$k_{mod} = 0,9 \quad (\text{vgl. Abschätzung/Betrachtung 1})$$

$$\gamma_M = 1,3 \quad (\text{vgl. Abschätzung/Betrachtung 1})$$

Nachweis für Fassadenbereich A:

$$F_{Ed,A} / F_{ax,\alpha,Rd} = 0,30 / 1,37 = 0,22 \leq 1,0$$

Nachweis ist erfüllt

7.7.8 Nachweis Holz: Kontrolle der Abstände

Der gewählte Kunststoffdübel 10 × 10/135 mit zugehöriger Senkkopfschraube kann nur in Durchsteckmontage gesetzt werden, wenn die Vertikal-Lattung 60 mm × 60 mm entsprechend mittig im Achsabstand 350 mm mit einem Bohrer Ø10 mm vorgebohrt wird.

Im Bereich der Vertikal-Lattung kommt nur der Kunststoffdübel-Schaft und entsprechend auch nur der glatte Schaft der zugehörigen Spezialschraube zum Liegen. Das bedeutet, dass in diesem Bereich im Prinzip keine Spreizkräfte durch den Dübel in der Vertikal-Lattung entstehen und damit die Spaltgefahr des Holzes im Vergleich zu einem Nagel oder einer Vollgewindeschraube gering sein sollte. Aus Sicht der Autoren erscheint es daher sinnvoll, den montierten Kunststoffdübel bezüglich des Abstands zum unbeanspruchten Rand wie einen Passbolzen zu betrachten.

Nach [28], Bild 8.7 (Verbindungsmittelabstände) und Tabelle 8.4 (Mindestabstände von Bolzen) betragen die Abstände vom unbeanspruchten Rand der senkrechten Grundlatte:

$$a_{4,c} = 3 \cdot d = 3 \cdot 10 \text{ mm} = \underline{30 \text{ mm}}$$

Damit ergibt sich die erforderliche Mindestbreite der senkrechten Grundlatte wie folgt:

$$b_{\text{erf}} \geq 2 \cdot a_{4,c} = 2 \cdot 30 \text{ mm} = 60 \text{ mm} = b_{\text{vorh}}$$

Nachweis ist erfüllt

7.7.9 Ermittlung der Dübelanzahl für eine Querwand

Die erforderliche Anzahl der Dübel für *eine* Querwand ergibt sich wie folgt:

$$\text{erf } n_{\text{Dübel}} = A_{\text{Querwand}} \cdot \text{erf } n_{\text{Dübel je m}^2} = 95 \cdot 5,7$$

$$= \underline{\underline{542 \text{ Dübel}}}$$

mit

$$A_{\text{Querwand}} = 10 \text{ m} \cdot 9,5 \text{ m} = 95 \text{ m}^2 \quad (\text{vgl. Bild 42})$$

$$A_{\text{Lastezugsfläche}} = 0,175 \text{ m}^2 \quad \text{für einen Dübel}$$

$$\Rightarrow \text{erf } n_{\text{Dübel je m}^2} = 1 \text{ m}^2 / 0,175 \text{ m}^2 = 5,7 \text{ Dübel}$$

7.7.10 Ergebnis/Fazit der Dübelbemessung

Erst mit den in den Abschnitten 7.7.6, 7.7.7 und 7.7.8 erfolgreich geführten Nachweisen konnte in Abschnitt 7.7.9 die erforderliche Dübelanzahl für eine Querseite/Querwand ermittelt und damit eine verlässliche Ausschreibung erstellt werden.

Ohne die hier dargestellte Bemessung hätte in einer Ausschreibung ansonsten nur der Einzelpreis je Dübel ausgeschrieben werden können. Dazu müsste ein Hinweis gegeben werden, dass die erforderliche Anzahl Dübel auf der Grundlage von Versuchen am Bauwerk und einer zugehörigen Auswertung und Dübelbemessung zu bestimmen ist.

Bei den hier geführten Nachweisen war der „Nachweis Schrägzug“ in Abschnitt 7.7.6 für den Windbereich A maßgebend (vgl. auch Abschnitt 7.7.5). Für den Bereich B hätte man den Achsabstand von 350 mm vergrößern und damit wirtschaftlich optimieren können, worauf hier aber aus baupraktischen Gründen sowie zugunsten der Übersicht verzichtet wurde.

7.7.11 Ergebnis bauphysikalische Überprüfung

Gemäß dem Bemessungsbeispiel in Abschnitt 7.7.9 werden pro m² Wandfläche 5,7 Kunststoff-Rahmendübel benötigt. Gemäß Abschnitt 4.3 erfolgt die Berücksichtigung der zusätzlich auftretenden Wärmeverluste über die Kunststoff-Rahmendübel lediglich bei einer daraus resultierenden Änderung des Wärmedurchgangskoeffizienten um min. 3%.

In den nachfolgenden Tabellen 13 bis 15 sind die Werte aus der durchgeführten Überprüfung zur notwendigen Berücksichtigung dieser zusätzlichen Wärmeverluste für 5,7 Kunststoff-Rahmendübel pro m² Wandfläche zusammengestellt. Die Berücksichtigung muss lediglich bei Konstruktionen mit zwischen der Lattung befindlicher Dämmung erfolgen. Ungedämmte Konstruktionen bzw. Konstruktionen, bei denen die Kunststoff-Rahmendübel mit einer zusätzlichen Dämmebene überdeckt werden, müssen diese zusätzlichen Verluste nicht berücksichtigen werden.

Tabelle 13. Prüfung der Notwendigkeit der Dübelberücksichtigung bei Wandkonstruktion 1

d_{MW}	λ_{MW}	U_c	$\chi_{Bef.}$	3 % von $U_c \geq \Delta U_f$	$U_c + \Delta U_f$
[cm]	[W/(m·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/K]	[-]	[W/(m ² ·K)]
24,0	0,10	0,37284	0,00036	nein	–
	0,08	0,30477	0,00028	nein	–
	0,07	0,26951	0,00028	nein	–
49,0	0,14	0,26431	0,00014	nein	–
	0,12	0,22896	0,00003	nein	–
	0,10	0,19301	0,00009	nein	–
	0,08	0,15613	0,00013	nein	–
	0,07	0,13733	0,00009	nein	–

Tabelle 14. Prüfung der Notwendigkeit der Dübelberücksichtigung bei Wandkonstruktion 2

d_{MW}	λ_{MW}	$d_{Dummung}$	U_c	$\chi_{Bef.}$	3 % von $U_c \geq \Delta U_f$	$U_c + \Delta U_f$	
[cm]	[W/(m·K)]	[mm]	[W/(m ² ·K)]	[W/K]	[-]	[W/(m ² ·K)]	
17,5	0,45	40	0,60133	0,00408	ja	0,62	
	0,16		0,42261	0,00229	ja	0,44	
	0,07		0,26541	0,00125	nein	–	
24,0	0,16		0,36075	0,00191	ja	0,37	
	0,07		0,21288	0,00076	nein	–	
30,0	0,16		0,31772	0,00126	nein	–	
	0,07		0,18006	0,00062	nein	–	
17,5	0,45		80	0,37884	0,0049	ja	0,41
	0,16			0,29902	0,00317	ja	0,32
	0,07	0,21061		0,00164	ja	0,22	
24,0	0,16	0,2666		0,00242	ja	0,28	
	0,07	0,17615		0,0011	ja	0,18	
30,0	0,16	0,24237		0,00209	ja	0,25	
	0,07	0,15306		0,00094	ja	0,16	
17,5	0,45	120		0,27701	0,00492	ja	0,31
	0,16			0,231567	0,00326	ja	0,25
	0,07			0,17463	0,0018	ja	0,18
24,0	0,16			0,21166	0,00266	ja	0,23
	0,07			0,15025	0,00129	ja	0,16
30,0	0,16			0,1961	0,00235	ja	0,21
	0,07			0,13311	0,00103	ja	0,14

Tabelle 15. Prüfung der Notwendigkeit der Dübelberücksichtigung bei Wandkonstruktion 3

d_{MW}	λ_{MW}	$d_{Dummung}$	U_c	$\chi_{Bef.}$	3 % von $U_c \geq \Delta U_f$	$U_c + \Delta U_f$
[cm]	[W/(m·K)]	[mm]	[W/(m ² ·K)]	[W/K]	[-]	[W/(m ² ·K)]
24,0	0,16	80/40	0,22756	0,00057	nein	–
	0,07		0,15787	0,00039	nein	–
30,0	0,16		0,20966	0,00047	nein	–
	0,07		0,13905	0,00031	nein	–
24,0	0,16	120/40	0,19047	0,00083	nein	–
	0,07		0,13895	0,00053	nein	–
30,0	0,16		0,17776	0,00073	nein	–
	0,07		0,12415	0,00042	nein	–

8 Fazit

Die hier dargestellte Durchführung und Auswertung von Versuchen am Bauwerk für ein einfaches Beispiel aus der Praxis zeigt deutlich, dass diese Versuche auf der Baustelle für bauaufsichtlich zugelassene Kunststoffdübel im Verankerungsgrund Mauerwerk immer wichtiger werden. Sowohl der vielfältige Verankerungsgrund Mauerwerk als auch die Montage der Dübel haben wesentliche Einflüsse auf die Tragfähigkeit dieser Befestigungssysteme, die nicht alle in den Zulassungen (ETAs) für Kunststoffdübel abgebildet werden können. Versuche am Bauwerk können diese „Zulassungslücken“ schließen, sie müssen dafür aber in der täglichen Praxis für jedes neue Projekt – rechtzeitig VOR der eigentlichen Montage und unter Berücksichtigung der Verantwortlichkeiten (Fachplaner, Versuchsleiter, sachkundiges Personal) – immer wieder individuell geplant, durchgeführt und ausgewertet werden.

Die thermischen Untersuchungen zeigen, dass bei allen untersuchten Außenwandkonstruktionen die punktuellen Wärmeverluste über den Kunststoff-Rahmendübel W-UR 10 mit verbessertem Wärmeschutzniveau und zunehmender Mauerwerksdicke abnehmen. Durchdringen Dübel eine Dämmebene, prägt sich die Wärmebrücke über den Dübel bei gleichbleibender Dübellänge höher aus, d. h. die punktuellen Wärmeverluste über die Dübel steigen an. Bei Verwendung einer zusätzlichen Überdämmung des Dübels reduzieren sich die Wärmeverluste bei gleichbleibender Dübellänge.

Unter Annahme einer zulässigen Änderung des Wärmedurchgangskoeffizienten U von weniger als 3% über zusätzliche punktuellen Wärmeverluste, ist erkennbar, dass bei baupraktischen Anwendungsbeispielen lediglich eine Berücksichtigung der zusätzlichen Wärmeverluste über Kunststoff-Rahmendübel bei Konstruktionen mit zwischen der Lattung befindlicher Dämmung erfolgen muss. Bei ungedämmten Konstruktionen bzw. Konstruktionen, bei denen die Kunststoff-Rahmendü-

bel mit einer zusätzlichen Dämmebene überdeckt wird, erfolgt keine Berücksichtigung der zusätzlichen Verluste.

9 Literatur

- [1] DIN EN ISO 6946:2018-03 (2018) *Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren*, Beuth, Berlin.
- [2] EOTA (2018) *EAD 14-33-0284-06.04 European Assessment Document Plastic Anchors for Redundant Non-Structural Systems in Concrete and Masonry*, Entwurf 25.06.2018, noch nicht veröffentlicht.
- [3] EOTA(2012) *ETAG 020 Part 1, Guideline for European Technical Approval of Plastic Anchors for Multiple Use in Concrete and Masonry for Non-Structural Applications – General*, amended version March 2012, Brüssel, URL: <https://www.eota.eu/handlers/download.ashx?filename=endorsed-etags%5cetag020%2fetag-020-annex-a.pdf>, (abgerufen am 18.05.2017).
- [4] Scheller, E.; Küenzlen, J.; Hrsg. (2013) *Handbuch der Dübeltechnik – Grundlagen, Anwendungen, Praxis*, Swiridoff Verlag GmbH & Co. KG, Künzelsau 2013.
- [5] DIN EN 206:2017-01 (2017) *Beton: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*, Beuth, Berlin.
- [6] DIN EN 771-1:2015-11 (2015) *Festlegungen für Mauersteine – Teil 1: Mauerziegel*, Beuth, Berlin.
- [7] DIN EN 771-2:2015-11 (2015) *Festlegungen für Mauersteine – Teil 2: Kalksandsteine*, Beuth, Berlin.
- [8] DIN EN 771-3:2015-11 (2015) *Festlegungen für Mauersteine – Teil 3: Mauersteine aus Beton (mit dichten und porigen Zuschlägen)*, Beuth, Berlin.
- [9] DIN EN 771-5:2015-11 (2015) *Festlegungen für Mauersteine – Teil 5: Betonwerksteine*, Beuth, Berlin.
- [10] DIN EN 771-4:2015-11 (2015) *Festlegungen für Mauersteine – Teil 4: Porenbetonsteine*, Beuth, Berlin.

- [11] DIN EN 12602:2016-12 (2016) *Vorgefertigte bewerte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton*, Beuth, Berlin.
- [12] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) (2019) Technische Regel „Durchführung und Auswertung von Versuchen am Bau für Kunststoffdübel in Beton und Mauerwerk mit ETA nach ETAG 020 bzw. EAD 330284-00-0604“, Entwurf Januar 2019, noch nicht veröffentlicht.
- [13] EOTA (2018) *Technical Report TR 051, Recommendations for Job Site Tests of Plastic Anchors and Screws*, URL: <https://www.eota.eu/handlers/download.ashx?filename=technical-reports%2feota-tr-051-job-site-tests-plastic-anchors-and-screws-2018-04.pdf> (abgerufen am 29.10.2018).
- [14] EOTA (2012) *ETAG 020, Annex B, Recommendations for Tests to be Carried Out on Construction Works*, amended version March 2012, Brüssel, URL: <https://www.eota.eu/handlers/download.ashx?filename=endorsed-etags%5cetag020%2fetag-020-annex-b.pdf>, (abgerufen am 24.05.2017).
- [15] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) (2017) *Europäische Technische Bewertung ETA-08/0190 vom 05. September 2017 für Würth Kunststoff-Rahmendübel W-UR*, URL: https://eshop.wuerth.de/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/1401-B1-Site/de_DE/-/EUR/ViewOfferDetail-GetDocument/0912810401ZZL04.pdf?ProductRefID=0912810401%401401-B1&DocumentId=BA8B1F7457091ED7B08F8EE2EBF69842&MimeType=application%2Fpdf, (abgerufen am 30.10.2018).
- [16] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) (2010) *Hinweise für die Montage von Dübelverankerungen*, Oktober 2010, URL: https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/Dokumente/Referat/I2/Duebel_Hinweise_Montage.pdf, (abgerufen am 30.10.2018).
- [17] Feistel, G. (2011) *Hinweise für die Montage von Dübelverankerungen*, DIBt Mitteilungen, Heft 2, April 2011.
- [18] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) (2017) *Amtliche Mitteilungen vom 31.08.2017: Veröffentlichung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen Ausgabe 2017/1 mit Druckfehlerkorrektur vom 11. Dezember 2017*, URL: https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/Dokumente/Referat/P5/Bauregellisten/MVV_TB_2017-1_inkl_Druckfehlerkorrektur.pdf (abgerufen am 10.02.2019).
- [19] DIN EN ISO 10211:2018-03 (2018) *Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen*, Beuth, Berlin.
- [20] DIN 4108-4:2017-03 (2017) *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchte-schutztechnische Bemessungswerte*, Beuth, Berlin.
- [21] DIN EN ISO 10456:2010-05 (2010) *Baustoffe und Bauprodukte – Wärme- und feuchte-schutztechnische Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte*, Beuth, Berlin.
- [22] ISO 5468:2017-02 (2017) *Schlagbohrer (Mauerbohrer) mit Schneidplatten aus Hartmetall – Maße*, Beuth, Berlin.
- [23] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) und Fachverband Werkzeugindustrie e. V. (FWI) (2002) *Merkblatt über die Kennwerte, Anforderungen und Prüfungen von Mauerbohrern mit Schneidkörpern aus Hartmetall, die zur Herstellung der Bohrlöcher von Dübelverankerungen verwendet werden*, Januar 2002, URL: [https://publikationen.dibt.de/shop/en/Publication/Download/1.1.7\(01.01.007\)](https://publikationen.dibt.de/shop/en/Publication/Download/1.1.7(01.01.007)) (abgerufen am 13.06.2017).
- [24] EOTA (2012) *ETAG 020, Annex C, Design Methods for Anchorages*, amended version March 2012, Brüssel, URL: <https://www.eota.eu/handlers/download.ashx?filename=endorsed-etags%5cetag020%2fetag-020-annex-c.pdf>, (abgerufen am 16.06.2017)
- [25] EOTA (2018) *Technical Report TR 064, Design of Plastic Anchors in Concrete and Masonry*, May 2018, Brüssel, URL: https://www.eota.eu/handlers/download.ashx?filename=technical-reports%2feota-tr-064-design-of-plastic-anchor-in-concrete-and-masonry-2018-05_0.pdf (abgerufen am 07.01.2019)
- [26] IfBt (1986) *Grundlagen zur Beurteilung von Baustoffen, Bauteilen und Bauarten im Prüfzeichen- und Zulassungsverfahren*, Mai 1986, Tabelle A6.2.
- [27] Owen, D. (1962) *Handbook of Statistical Tables 3*, Addison/Wesley Publishing Company Inc., 1962.
- [28] DIN EN 1995-1-1:2010-12 (2010) *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*, Beuth, Berlin.
- [29] DIN EN 1991-1-4:2010-12 (2010) *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten*, Beuth, Berlin.
- [30] DIN EN 1990/NA:2010-12 (2010) *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*, Beuth, Berlin.
- [31] DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 (2010) *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten*, Beuth, Berlin.
- [32] Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine – Amtliche Materialprüfungsanstalt – Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (2010), Prüfbericht Nr. 096150a: *Versuche zur Ermittlung des Kopfdurchziehstandes von Kunststoffrahmendübeln W-UR und W-UR F mit zugehörigen Spezialschrauben*, 12.01.2010.
- [33] DIN EN 14592:2017-07 (2017) *Entwurf: Holzbawerke – Stiftförmige Verbindungsmittel – Anforderungen*, Beuth, Berlin.
- [34] DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 (2013) *Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*, Beuth, Berlin.

Stichwortverzeichnis

- A**
 Außenwände
 – Einfluss des Wärmeschutzes 17
 – mit vorgehängter Fassade 13
 – mit zusätzlicher außenseitiger Dämmebene 21
 – ohne außenseitige Dämmebene 17
- B**
 bauphysikalische Überprüfung 43
 Bauteile
 – mit inhomogenen Schichten 10
 Befestigungen
 – Ermittlung von punktuellen Wärmeverlusten 11
 Befestigungselemente
 – punktuelle Wärmeverluste 10
 – thermischer Einfluss 13
 Belüftungszustand
 – hinter Fassadenplatten 18
 Beton
 – Tragfähigkeit von Dübeln 5
 Bohrschneidendurchmesser 31
 Bohrverfahren 32
 – Probebohrungen 31
 Bruchlasten 33
- D**
 Dämmebene 17, 21
 Dämmstoffanordnung 17
 Dämmung 19
 Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)
 – Arbeitskreis „Versuche am Bau“ 8
 – Montagehinweise
 Dübelverankerungen 9
 DIN EN 1995-1-1:2010-12 41
 DIN EN ISO 6946 5, 10, 17
 DIN EN ISO 10211 10, 11
 Drehbohren 32
 Druckfestigkeit 5
 Dübel 5
 – Kopfdurchzug 41
 Dübelanzahl
 – in einer Querwand 43
 Dübel-Auszugsgeräte
 – Kalibration 24
 – mobile 24
 Dübelmonteure 9
 Dübelsetzstellen 23
 Dübelssysteme 6
 Dübeltragfähigkeit
 – Bemessungswert 38
 – Bestimmung auf der Baustelle 6
 – Ermittlung 5
 Dübelverankerungen 9
 Durchsteckmontage 24
 – DIN EN 1995-1-1:2010-12 41
 – in Holz 41, 42
 Durchzugwiderstand 42
- E**
 EAD 330284-00-0604 6, 31
 Energieeffizienz
 – Dübeltechnik 5
 ETAG 020 23, 31
- F**
 Fachplaner 8
 Fassaden
 – vorgehängte 13
 Fraktilwerte 34
 Fugen
 – Kunststoffdübelbemessung 36
- G**
 Gebäudemodelle 11
 Gesamtwärmestrom 12
- H**
 Hammerbohren 32
 Hochlochziegel 22
 Holz
 – Spaltgefahr 43
 Holzfaserdämmung 19
- I**
 ISO 5468 31
- K**
 Knotenpunkte 12
 Kopfdurchzug
 – von Dübeln 41
 Kunststoffdübel 5
 – Abstandskontrolle 43
 – als Holzschraube 41
 – als Nagel 42
 – bauaufsichtlich relevante Untersuchungen 7
 – Durchsteckmontage 24
 – Durchzugwiderstand 42
 – Ermitteln der Tragfähigkeit 6
 – Europäisches Bewertungsdokument 6
 – Fugen 36
 – Montage 30
 – punktuelle Wärmeverluste 17
 – Regelungen 6
 – Setztiefe 17
 – Überdämmung 19
 – Wärmeverluste 10
- L**
 Lattung
 – Kopfdurchzug von Dübeln 41
 Leitwert
 – thermischer 12
 Lochsteg-Geometrie 30
 Luftschichtausbildung 13
 Luftschichten
 – DIN EN ISO 6946 17
 – Varianten laut DIN 10
 Luftstrom
 – nicht vorhandener 10
- M**
 Mauersteine 5
 Mauerwerk
 – aus Lochsteinen 21
 – Auszugsversuche 34
 – Tragfähigkeit von Dübeln 5
 – unverputztes 34
 – Verankerungsgrund für Dübel 5
- N**
 nichttragende Systeme 6
- P**
 Personal 9
 Praxisbeispiele
 – Versuche am Mauerwerk 21
 Probebohrungen
 – Bohrverfahren 31
 – Verankerungsgrund 30
 Prüf-Anbauteile 24
 Prüfberichte
 – Allgemeine Informationen 22
 – Art der Konstruktion 26
 – Bemerkungen 39
 – Bemessungswert der Tragfähigkeit 39
 – Berücksichtigung von Fugen 37
 – charakteristische Last 35
 – Mindestangaben bei Versuchen am Bauwerk 9
 – Montage 32
 – Name des Produkts 31
 – Prüfgerät 26
 – Referenzstein 36
 – Unterschriften 39
 – Verankerungsgrund 27
 – Versuche am Bauwerk 9
 Prüfgeräte 24
 Prüfmarke 32
 Prüfungsort 22

Q

- Querlastversuche 34
- Querwand
 - Dübelanzahl 43

R

- Referenzstein 36
- Regelungen
 - Kunststoffdübel 6
 - Versuche am Bauwerk 6

S

- Schnittebenen 12
- Schrägzug 41
- Systeme
 - nichttragende 6

T

- thermischer Leitwert 12
- TR 051 6, 9, 23, 31
- Tragfähigkeit
 - Bemessungswert 38
 - charakteristische 34, 35
 - Kunststoffdübel 6

U

- Unterkonstruktion 38

V

- Verankerung
 - Bemessung 38
 - Eigengewicht 40

Verankerungsgrund

- Dübeltechnik 5
- Festlegung 27
- nach EAD 330284-00-0604 7
- Probebohrungen 30
- Versuche am Bauwerk 25
- Versuche am Bauwerk
 - Aufgabentrennung 34
 - Auswertung 34
 - Berücksichtigung von Luftschichten 10
 - Dokumentation 22
 - Dübelmontage 30
 - Ergebnisse 33
 - Fachplaner 8
 - Grundlagen von Auszugsversuchen 34
 - notwendige 7, 8
 - Personal 9
 - Praxisbeispiel 21
 - Prüfbericht 9
 - Prüfgeräte 24
 - Prüfungsort 22
 - Querlastversuche 34
 - Regelungen 6
 - thermischer Einfluss von Befestigungselementen 13
 - TR 051 8
 - Tragfähigkeit von Dübeln 5
 - unterschiedliches Mauerwerk 23

- Verankerungsgrund 25
- Verantwortlichkeiten 8
- Versuchsleiter 8

W

- Wärmebrücken
 - Berechnungen nach DIN EN ISO 10211 10
 - dreidimensionale 12
 - Wärmedurchgangskoeffizient 5
 - Bauteile mit thermisch inhomogenen Schichten 10
 - Dübelzahl pro Quadratmeter 21
 - Ermittlung nach DIN EN ISO 6946 10
 - linearer und punktueller 13
 - Wärmedurchlasswiderstand 10
 - Wärmeleitfähigkeit
 - Dämmstoffanordnung 17
 - Setztiefe von Dübeln 17
 - Wärmeverluste
 - Berechnungen 11
 - Holzfaserdämmung 19
 - Kunststoffdübel 10
 - Windsog 40
-
- Z**
 - Zugversuche 34
 - Zulassungslücken 45
 - Zustimmung im Einzelfall 7



ISB Block und Becker
Beratende Ingenieure PartGmbH

Lager im Bauwesen

Befestigungstechnik

WDVS

Unsere Leistungen

- Schadensbeurteilung, Bestandsaufnahmen inkl. Sanierungskonzept
- Beratung im Rahmen von Produktentwicklungen
- Erstellung statischer Berechnungen (z. B. Verankerung von Fenstern)
- Durchführung und Bewertung von Versuchen am Bau nach den Technischen Regeln des DIBt

Edelstahlweg 5c – 44287 Dortmund
Fax +49 (0) 231 137 276 55

Befestigungstechnik / WDVS Tel +49 (0) 231 137 276 50
Lager im Bauwesen Tel +49 (0) 231 137 276 51



INGENIEURBURO

Prof. Dr. Hauser GmbH

Leipziger Straße 184
34123 Kassel
t: +49 (0) 561 494905
f: +49 (0) 561 494935

info@ibh-hauser.de
www.ibh-hauser.de

WÄRME
FEUCHE
SCHALL
ENERGIE
TAGESLICHT

**ENTWICKELT
VON WÜRTH.
PRODUZIERT
VON WÜRTH.
HÄLT WIE WÜRTH.**



**DÜBEL
KOMPETENZ**

**100 % HALT.
0 % KOMPLIZIERT.**

Würth Dübel halten, was sie versprechen. Durch eigene Entwicklung und Fertigung bieten wir Ihnen von der Idee bis zur konkreten Anwendung geballte Kompetenz. Zahlreiche Fachleute, modernste Produktionstechnik und langjährige Erfahrung garantieren Ihnen zuverlässige Befestigungslösungen. 100 % Halt und 0 % Kompliziert: So macht Würth Dübeltechnik einfach.