



MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DER DÜBELPRÜFUNG VOR ORT

Nicht mutmassen.
Prüfen. Und richtig interpretieren.



Version 1.1
März 2023

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	2
2. Zusammenfassung	2
3. Allgemeiner Hintergrund	3
4. Wie viele Dübel/nachträgliche Bewehrungsseisen sollten geprüft werden?	4
5. Lassen Sie uns auf die Baustelle gehen und einige Szenarien durchspielen	5
5.1 Szenario A: Dübel mit einer Zulassung, aber in unbekanntem oder unsicherem Untergrundmaterial gesetzt. Vor-Ort-Prüfung zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit	5
5.2 Szenario B: Dübel mit einer Zulassung, die in ein bekanntes und zugelassenes Untergrundmaterial gesetzt werden. Belastungsversuche als Grundlage zur Überprüfung der Einbauqualität	6
5.3 Szenario C: Grenzen der Vor-Ort-Prüfung im Hinblick auf den Vergleich verschiedener individueller Produkte	7

1. EINLEITUNG

In diesem Dokument finden Sie Antworten auf die folgenden Fragen:

- „Warum und unter welchen Bedingungen ist eine Vor-Ort-Prüfung von Dübeln sinnvoll?“
- „Wir haben Vor-Ort-Belastungsversuche mit Produkten von Hilti und von anderen Anbietern durchgeführt. Die Ergebnisse sind identisch, warum also gerade Hilti?“

2. ZUSAMMENFASSUNG

Vor-Ort-Prüfungen sind ein wichtiges Element der Inspektion von Verankerungen oder nachträglichen Bewehrungsseisen, falls:

- eine zusätzliche Absicherung der Installationsqualität für notwendig erachtet wird (nicht zerstörbare Prüflast), oder
- Widerstandswerte zur Bemessung für ein ähnliches, aber nicht identisches Untergrundmaterial, wie im entsprechenden Zulassungsdokument eines bestimmten Dübeltyps angegeben (zerstörender Ausziehversuch oder zerstörungsfreier Belastungsversuch), fehlen.

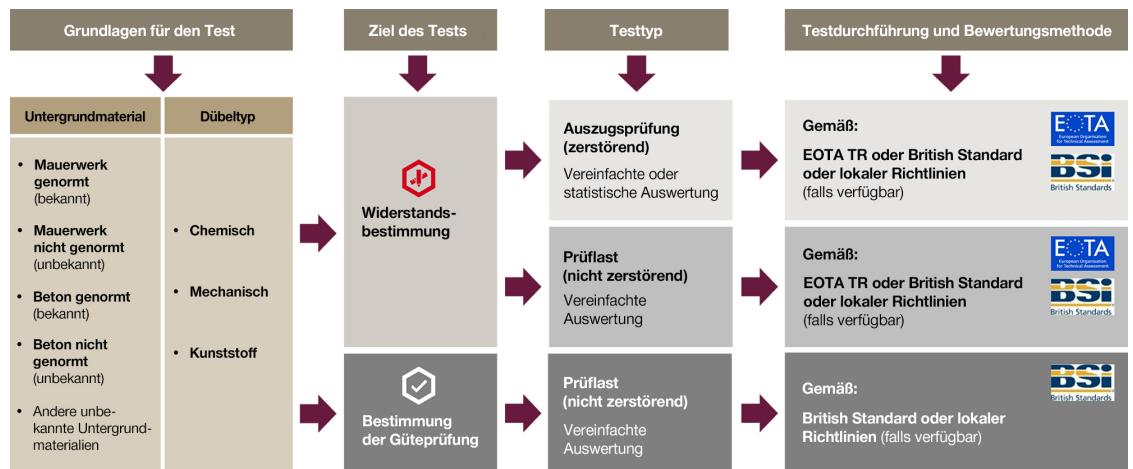


Abb. 1 Hilti Rahmenwerk für Testdurchführung und -auswertung basierend auf Untergrundmaterial und Dübeltyp sowie Zweck und Art des Tests vor Ort.

Wenn die Interpretation der Prüfergebnisse vor Ort jedoch nicht korrekt erfolgt, kann diese Bewertung die Stabilität des Bauwerks gefährden, Menschenleben in Gefahr bringen und/oder zu erheblichen wirtschaftlichen Folgen führen.

Die obigen Aussagen werden in diesem Dokument erläutert und begründet.

3. ALLGEMEINER HINTERGRUND

Für zugelassene Dübel und nachträgliche Bewehrungsseisen von Hilti, die gemäss Montageanleitung des Herstellers und in zugelassenen Untergrundmaterialien installiert worden sind, ist keine Vor-Ort-Prüfung zur Leistungsbestätigung erforderlich. Im Allgemeinen gibt es nur drei Situationen, in denen Vor-Ort-Prüfungen durchgeführt werden sollten:

1. Zur **Bestimmung des Bemessungswiderstands** in einem ähnlichen, aber nicht identischen Material, wie in der zugehörigen Zulassung angegeben (zerstörende oder zerstörungsfreie Prüfungen)
2. Zur **Validierung der Installationsqualität** der auf der Baustelle verwendeten Dübel (zerstörungsfreie Prüfungen)
3. Kombination von (a) mit zusätzlichen geometrischen Anforderungen wie Randabständen, Bewehrungsseisen-/Stangendurchmesser usw., die von den in der entsprechenden Zulassung angegebenen Werten abweichen

Eine zerstörungsfreie Belastung (Prüflast) erfolgt durch Anwendung von Zuglasten. Das Lastniveau wird hoch genug gewählt, sodass eine korrekte Installation gewährleistet oder die angestrebten Werte für den Bemessungswiderstand ermittelt werden können, aber nicht so hoch, dass es bei einem korrekt installierten Dübel zu Schäden (z. B. in Form von Nachgeben oder dauerhaftem Schlupf) käme. Prüflast sollte lange genug aufrechterhalten werden, um feststellen zu können, dass sich Dübel oder Bewehrungsseisen nicht bewegen. Angesichts dieser Zielsetzung sollte klar sein, dass die Prüflast als Prozentsatz der Prüfzuglast des Dübels oder Bewehrungsseisen festgelegt wird, nicht der Bemessungszuglast.

Beachten Sie, dass diese Last, abhängig vom Einbinde-Durchmesser-Verhältnis und der Stahlgüte, den Dübel bis zur Streckgrenze beanspruchen kann. Wenn Stahl mit geringerer Streckgrenze verwendet wird, ist zu überprüfen, dass die Prüflast 80 % der nominalen Streckgrenzspannung der Stahl-Dübelkomponenten nicht überschreitet.

Wenn eine Prüflast zur Überprüfung der ordnungsgemässen Installation verwendet wird, kann das Prüfgerät in der Nähe des Dübels Lastreaktionen aufweisen, jedoch mit ausreichendem Spielraum, sodass jede Bewegung sichtbar wäre. Wenn zur Bestimmung der Bemessungswiderstandswerte eine Prüflast verwendet wird, können Prüfgeräte weit entfernt vom Dübel zu Lastreaktionen führen, um die Grundmaterialstärke zu bestimmen. Beachten Sie, dass Hilti einen kompletten Vor-Ort-Prüfservice mit der neuesten Ausrüstung anbietet, einschließlich eines detaillierten Prüfberichts und eines Evaluierungsberichts.

Zerstörende Belastungen werden ebenfalls durch Anwendung von Zuglasten durchgeführt. Das Belastungsniveau wird so hoch gewählt, dass es zu Schäden (z. B. in Form von Nachgeben oder Versagen des Untergrundmaterials) kommt.

Vor-Ort-Prüfungen mit einem oder mehreren Produkten, unabhängig vom Grund, **können allerdings nie:**

1. als Ersatz der Zulassungsprüfung zur Beurteilung der Eignung eines Dübels dienen
2. zur Beurteilung des „besseren“ Produkts, indem die Belastungen aus Vor-Ort-Prüfungen von Produkt A mit denen von Produkt B verglichen werden, herangezogen werden

Obwohl es in Europa keine universelle Norm für die Durchführung von Vor-Ort-Prüfungen gibt, wird diese Art der Beurteilung seit vielen Jahrzehnten als Ergänzung zur Qualitätskontrolle von Dübelinstallationen und zur Bestimmung des Bemessungswiderstands verwendet. Daher hat Hilti die bestehenden nationalen und europäischen Normen eingehend geprüft, um einen konsistenten und globalen Vor-Ort-Prüfservice nach dem neuesten Stand der Technik anbieten zu können.

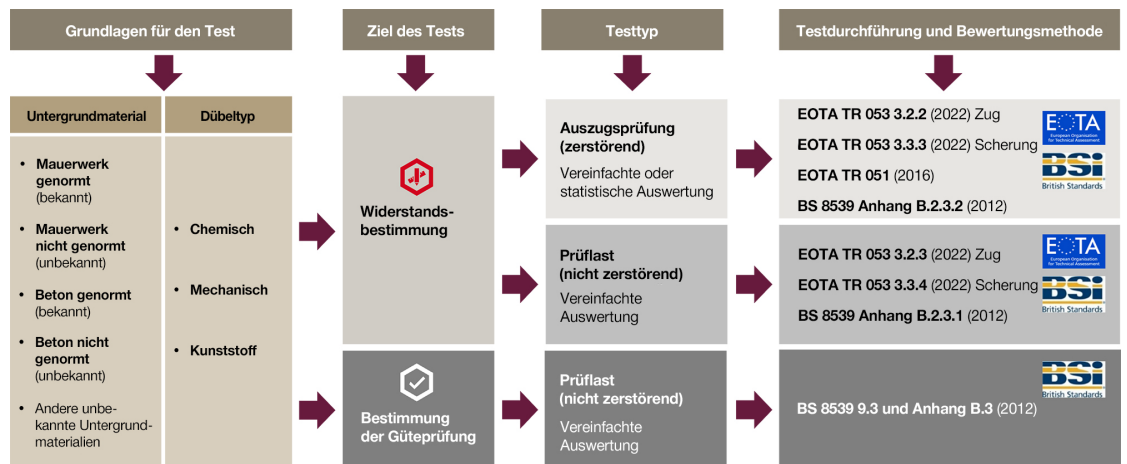


Abb. 2 Hilti Rahmenwerk für Testdurchführung und -auswertung basierend auf Untergrundmaterial und Dübeltyp sowie Zweck und Art des Tests vor Ort.

Wie in Abbildung 2 dargestellt, sind die relevanten Prüf- und Bewertungsmethoden:

- EOTA TR 053 3.2.2, 3.2.3, 3.3.3 und 3.3.4 (2022).** Metallinjektionsdübel zur Verwendung in Mauerwerk, Empfehlungen für Prüfungen an Bauwerken
- EOTA TR 051 (2016).** Kunststoffdübel zur Mehrfachverwendung in Beton und Mauerwerk für nichttragende Systeme und Kunststoffdübel zur Befestigung von Wärmedämmverbundsystemen mit Putz, Empfehlungen für Prüfungen an Bauwerken
- British Standard 8539 Anhang B.2.3.1 und B.2.3.2 (2012).** Merkblatt für die Auswahl und den Einbau von nachträglich eingebauten Dübeln in Beton und Mauerwerk, Prüfungen zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit und Baustellenprüfungsregelungen
- British Standard 8539 9.3 und Anhang B (2012).** Merkblatt für die Auswahl und den Einbau von nachträglich eingebauten Dübeln in Beton und Mauerwerk, Prüfungen zur Kontrolle der Einbauqualität und Baustellenprüfverfahren

4. WIE VIELE DÜBEL/NACHTRÄGLICHE BEWEHRUNGSEISEN SOLLTEN GEPRÜFT WERDEN?

Es gibt keine allgemeingültige Regel für den Prozentsatz von Dübeln oder Bewehrungseisen, die geprüft werden sollten, und es gibt auch keine statistische Grundlage für die üblicherweise angegebenen Prozentsätze. Daher hat Hilti die bestehenden nationalen und europäischen Normen erneut geprüft, um eine Anzahl durchzuführender Prüfungen empfehlen zu können.

Die in Abb. 3 angegebenen Zahlen sind jedoch nur als Anhaltspunkte zu verstehen. Dies liegt daran, dass die Anforderungen an das Prüflastvorgehen von Fall zu Fall sehr unterschiedlich sein können.

Es liegt auf der Hand, dass die Anzahl der Dübel, für die Belastungsversuche durchzuführen sind, von Faktoren wie Tragsicherheit oder praktischen Erwägungen sowie dem Grund für die Prüfung abhängt. Bei einem Grossauftrag müssen häufig 2,5 bis 20 % der installierten Dübel eines bestimmten Typs und einer bestimmten Grösse geprüft werden. Diese Anforderung muss jedoch angepasst werden, wenn beispielsweise nur vier grosse Dübel in einer Grundplatte geprüft werden sollen. In diesem Fall wäre es durchaus angemessen, einen Belastungsversuch für alle vier Dübel durchzuführen, besonders wenn die Folgen eines Versagens erheblich wären.

Für besonders redundante und weniger kritische Anwendungen, wie z. B. Bewehrungsanschlüsse für Spritzbetonanwendungen oder Platten auf Gefälleanschlüssen, kann eine Mindeststichprobe von 5 % der Dübel für den Belastungsversuch ausreichen. Letztlich sollte der zuständige Ingenieur die Stichprobengröße festlegen.

Während die Spezialisten von Hilti Ihnen beratend zur Seite stehen, verbleibt die Entscheidung bei Ihrem zuständigen Ingenieur

Zweck	Typ	Methode	Anzahl der Testdübel	Dübeltyp	Untergrundmaterial
 Widerstandsbestimmung	Zugversuche bis zum Versagen (Auszugsprüfung; zerstörend)	EOTA TR 053 3.2.2 (2022)	$n_{\text{test}} \geq 15$ (vereinfachte Auswertung) $n_{\text{test}} \geq 5$ (statistische Auswertung)	• Chemisch	• Mauerwerk bekannt • Mauerwerk unbekannt
		EOTA TR 051 (2016)	$n_{\text{test}} \geq 15$		
		BS 8539 Anhang B.2.3.2 (2012)	$n_{\text{test}} \geq 5$	• Alle Arten	• Mauerwerk bekannt • Mauerwerk unbekannt • Beton unbekannt
 Widerstandsbestimmung	Zugversuche zur Prüflast (nicht zerstörend)	EOTA TR 053 3.2.3 (2022)	$n_{\text{test}} \geq 15$	• Chemisch	• Mauerwerk bekannt • Mauerwerk unbekannt
		BS 8539 Anhang B.2.3.1 (2012)	$n_{\text{test}} \geq 5$	• Alle Arten	• Mauerwerk bekannt • Mauerwerk unbekannt • Beton unbekannt
 Bestimmung der Güteprüfung	Zugversuche zur Prüflast (nicht zerstörend)	BS 8539 9.3 + Anhang B3 (2012)	$n_{\text{test}} \geq 2.5\%$ ODER $n_{\text{test}} \geq 5\%$ Min. 3 Befestigungselemente	• Alle Arten	• Alle Untergrundmaterialien
 Widerstandsbestimmung	Scherversuche bis zum Versagen (zerstörend)	EOTA TR 053 3.3.3 (2022)	$n_{\text{test}} \geq 15$ (vereinfachte Auswertung)	• Chemisch	• Mauerwerk bekannt • Mauerwerk unbekannt
			$n_{\text{test}} \geq 5$ (statistische Auswertung)		
 Widerstandsbestimmung	Scherversuche zur Prüflast (nicht zerstörend)	EOTA TR 053 3.3.4 (2022)	$n_{\text{test}} \geq 15$	• Chemisch	• Mauerwerk bekannt • Mauerwerk unbekannt

¹⁾ Erweitert/inoffiziell

Abb. 3 Anzahl der durchzuführenden Prüfungen nach Bewertungsmethode, Zweck und Grund (Art).

5. LASSEN SIE UNS AUF DIE BAUSTELLE GEHEN UND EINIGE SZENARIEN DURCHSPIELEN

5.1 Szenario A: Dübel mit einer Zulassung, aber in unbekanntem oder unsicherem Untergrundmaterial gesetzt. Vor-Ort-Prüfung zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit

- a1. Für Mauerwerk zugelassene Dübel, die in einem nicht genormten Mauerstein installiert werden
- a2. Für Beton zugelassene Dübel oder nachträgliche Bewehrungsseisen, wobei die Festigkeitsklasse des Betons nicht bekannt ist.

Handelt es sich hierbei um das richtige Szenario für Vor-Ort-Prüfungen von Hilti?

Die Antwort lautet eindeutig „Ja“.

Warum?

Es sind keine technischen Daten zur Bemessung des Dübels verfügbar oder die technischen Daten für die spezifische Befestigungslösung sind unvollständig. Dies beruht auf der Tatsache, dass – wie oben erwähnt – das Untergrundmaterial nicht hinreichend bekannt ist und nicht ausreichend durch eine Zulassung abgedeckt ist, obwohl es in die Kategorie (Ähnlichkeit) fällt und daher mit dem Untergrundmaterial der Zulassung vergleichbar ist.

Warum ist die „Ähnlichkeit“ des Untergrundmaterials so wichtig?

Wir kennen die massgeblichen Parameter für die Betonausbruchslast für Dübel, die in Normalbeton oder Mauerwerk installiert sind, sehr gut. Die wichtigsten Parameter für die Betonausbruchslast sind die Verankerungstiefe (h_{ef}) und die Betondruckfestigkeit (f_c). Allerdings gibt es keinen Hinweis darauf, wie sich ein Dübel in einem Untergrundmaterial wie Eis oder Butter verhält. Selbst wenn uns die Prüfung vor Ort „Ergebnisse“ liefern würde, können wir immer noch nichts bemessen, weil wir die entscheidenden Parameter für die Versagenslast nicht kennen. Folglich sollte das Untergrundmaterial demjenigen ähnlich sein, das in den Geltungsbereich der Zulassung fällt.

Notwendige Informationen oder Fragen, die für Szenario A aufgebracht werden sollten:

- Ist das Bauteil empfindlich gegenüber möglichen Schäden oder gibt es andere Probleme mit dem architektonischen Erscheinungsbild?
- Wenn die Antwort „**Nein**“ lautet, können Schäden aus der Prüfung akzeptiert und zerstörende Vor-Ort-Prüfungen durchgeführt werden, um den Widerstand der Befestigungslösung zu bestimmen.
- Es sollte beachtet werden, dass in diesem Fall eine vereinfachte oder statistische Auswertung durchgeführt werden kann. In diesem Fall brauchen wir möglicherweise weniger Tests.
- Falls die Antwort „**Ja**“ lautet, können Schäden durch Prüfungen nicht hingenommen werden. Sie müssen sich auf zerstörungsfreie Vor-Ort-Prüfungen verlassen, um die Widerstandsfähigkeit der Befestigungslösung zu bestimmen. Mehr Prüfungen sind erforderlich, wenn nur eine vereinfachte Auswertung möglich ist.

Erfahrung auf der Baustelle:

Die mechanischen Eigenschaften eines Untergrundmaterials entsprechen nicht immer den Erwartungen – das gilt besonders für Mauerwerk. Einige schwächer aussehende Ziegel liefern möglicherweise die erwarteten Zuglasten, während andere, von denen Sie erwarten würden, dass sie höheren Zuglasten standhalten, möglicherweise nicht den Ansprüchen genügen.

In einem konkreten Fall unterstützte Hilti ein Team auf der Baustelle, das die Kapazität eines Dübels in einer Ziegelwand auf mindestens das Minimum unserer zulässigen Last geschätzt hatte. Zwar war die Schätzung richtig, aber die Konstruktion musste dennoch geändert werden.

Der Injektionsmörtel stellte eine wirksame Verbindung mit dem Ziegel her – hier ist nichts zu beanstanden. Bei der Vor-Ort-Prüfung mit der zulässigen Last als unbegrenzte Prüfung (breites Auflager) wurde der Ziegel aber direkt aus dem Mauerwerk gezogen. Schuld daran war der Mauermörtel, der wie feinkörniges Pulver aussah. Also entschied sich der Ingenieur, seine Konstruktion nach dieser ernüchternden Demonstration zu überarbeiten.

5.2 Szenario B: Dübel mit einer Zulassung, die in ein bekanntes und zugelassenes Untergrundmaterial gesetzt werden. Belastungsversuche als Grundlage zur Überprüfung der Einbauqualität

- b1. Zugelassenes Dübel- oder Bewehrungssystem ist in bekanntem und zugelassenem Untergrundmaterial zu installieren. Der Konstrukteur hat die Anforderungen an die Prüflast unter den allgemeinen Anmerkungen zu den Bauzeichnungen eingefügt.**

Handelt es sich hierbei um das richtige Szenario für Vor-Ort-Prüfungen von Hilti?

Die Antwort lautet eindeutig „**Ja**“.

Warum?

Ein Szenario, bei dem die Vor-Ort-Prüfung in die Konstruktionszeichnung aufgenommen wird (Prüflast), dient als ein Element der Qualitätssicherung. Injektionsmörtel (wie z. B. Epoxidmörtel) haben spezielle Anforderungen, um sicherzustellen, dass der Mörtel korrekt gemischt und dosiert wird. Dazu gehört normalerweise die Abgabe einer kleinen Menge des Mörtels aus der Mischdüse vor der Injektion in das Loch.

Durch die Injektion des Mörtels sollen Lufteinschlüsse vermieden werden. Für Langlöcher und horizontal oder über Kopf gebohrte Löcher können Sondergeräte wie Verlängerungsschläuche, Stauzapfen und Endkappen spezifiziert werden, um eine Injektion ohne Lufteinschlüsse zu erreichen. Daher sind geeignete Installationsmethoden erforderlich, damit Betondübel die erwartete Leistung erbringen können.

Dies kann im Allgemeinen auch erreicht werden, wenn:

1. das Personal, das die Dübel installiert, qualifiziert und erfahren in der Anwendung des eingesetzten Mörtels oder des Dübelsystems ist (eine solche Schulung kann bei Hilti angefragt werden). Beispielsweise müssen in den USA nachinstallierte chemische Dübel von zertifizierten Installateuren ausgeführt werden, während diese Zertifizierung in Deutschland auf nachträgliche Bewehrungsanschlüsse beschränkt ist.
2. Die Erstinstallation wird kontinuierlich beobachtet, gefolgt von regelmäßigen Inspektionen während der weiteren Installation. Dies geschieht in Europa nur selten.

Daher kann eine zerstörungsfreie Vor-Ort-Prüfung (Prüflast) durchgeführt werden, um die Installationsqualität der eingebauten Befestigungselemente gemäss Abbildung 1 und Abbildung 2 zu validieren.

Notwendige Informationen oder Fragen, die gestellt werden sollten:

Was sind die Konsequenzen für den Fall, dass ein Dübel den Belastungsversuch nicht besteht?

Diese Konsequenzen sollten im Voraus vom verantwortlichen Ingenieur berücksichtigt werden, um das Bauprojekt am Laufen zu halten.

5.3 Szenario C: Grenzen der Vor-Ort-Prüfung im Hinblick auf den Vergleich verschiedener individueller Produkte

Zunächst einmal gilt: Das folgende Szenario ist nicht für Vor-Ort-Prüfungen geeignet, auch wenn es recht häufig vorkommt.

- c1. Die Leistung von Dübeln oder nachträglichen Bewehrungseisen wird für unterschiedliche Produkte auf der Baustelle durch Vor-Ort-Prüfungen verglichen, indem die gemessenen Belastungswerte der einzelnen Produkte miteinander verglichen werden.**

Handelt es sich hierbei um das richtige Szenario für Vor-Ort-Prüfungen von Hilti?

Die Antwort ist ein klares „Nein“. Falsche Schlussfolgerungen aus den Vor-Ort-Prüfungen könnten die Stabilität des Bauwerks beeinträchtigen, Menschenleben gefährden und/oder erhebliche wirtschaftliche Folgen haben.

Warum?

Hierfür müssen wir etwas genauer hinsehen.

Grundsätzlich sollten alle Arten von sicherheitsrelevanten Dübeln so ausgelegt sein, dass sie unter Betriebslasten widerstandsfähig und langlebig sind und einen ausreichenden Sicherheitspuffer gegen Versagen bieten. Daher gibt es in der Europäischen Union, den USA und anderen Ländern Zulassungsverfahren, die eine unabhängige Bewertung ermöglichen. Zulassungen basieren auf Prüfungen, die die **Eignung eines Systems** überprüfen und die **zulässigen Betriebsbedingungen** bestimmen sollen.

Eignungsprüfungen dienen dazu, die Wirksamkeit des Dübels unter ungünstigen Anwendungsbedingungen nachzuweisen. Diese Prüfungen werden im Allgemeinen in Beton mit einer Festigkeit am unteren und oberen Ende des üblichen Anwendungsbereichs durchgeführt. Je nach Verwendungszweck des Dübels können Versuche an gerissenen und ungerissenen Betonproben durchgeführt werden. Die Auswirkungen von Installationsabweichungen werden geprüft, soweit sie relevant sind. Die untersuchten und in den Zulassungsdokumenten behandelten Faktoren umfassen unter anderem:

- Extremwerte der Bohrertoleranz
- Unterschiedliche Technik und unterschiedlicher Aufwand zur Reinigung des Bohrlochs
- Unterschiedliche Dübelspreizungen
- Nähe des Dübels zu Bewehrungseisen
- Schwankungen von Feuchtigkeitsgehalt und Temperatur im Beton
- Aggressive/reaktive Substanzen

Diese Versuche können den Einfluss von Dauer- und Wiederholungsbelastungen berücksichtigen, die sowohl auf die Verankerung selbst als auch auf das Bauteil einwirken, in das der Dübel gesetzt wird.

Eignungsprüfungen berücksichtigen auch Umstände, die bei der Installation des Dübels und während der Nutzungsdauer auftreten können. Zusammenfassend können wir sagen, dass ein im Rahmen dieser Umstände empfindliches Produkt bei einer Vor-Ort-Prüfung vergleichbare Prüflasten aufweisen kann wie ein nicht empfindliches Produkt. Wenn jedoch alle Umstände geprüft würden (mit Hunderten von Prüfungen, wie sie während des Zulassungsverfahrens durchgeführt werden), könnten die Unterschiede erheblich sein. Es könnte sogar passieren, dass ein solches Produkt niemals eine Zulassung erhält.

Ein weiteres Schlagwort für Szenario C ist „Langzeitverhalten“. Wir sollten bedenken, dass die geschätzte Lebensdauer eines Dübels oder Bewehrungseisens mindestens 50 Jahre beträgt.

Das Langzeitverhalten von Dübeln oder nachträglich installierten Bewehrungseisen wird ebenfalls im Rahmen des Zulassungsverfahrens mit den folgenden relevantesten Tests überprüft:

- Funktionieren unter Dauerbelastung (Dauerstandversuch)
- Riss-Bewegungsprüfung (mechanische Dübel und Verbunddübel)
- Funktionieren unter Frost-/Taubedingungen (nur Verbunddübel)
- Langlebigkeitstests (nur Verbunddübel)

Dieses Verhalten lässt sich ebenfalls **nicht** durch eine „einfache“ Vor-Ort-Prüfung und einen Vergleich der Werte **überprüfen**.

Daher kann die falsche Schlussfolgerung von Szenario C dazu führen, dass ein kritischer Verschiebungswert des Dübels oder des nachträglich installierten Bewehrungseisens während der Lebensdauer durch Auszugsversagen erreicht wird.

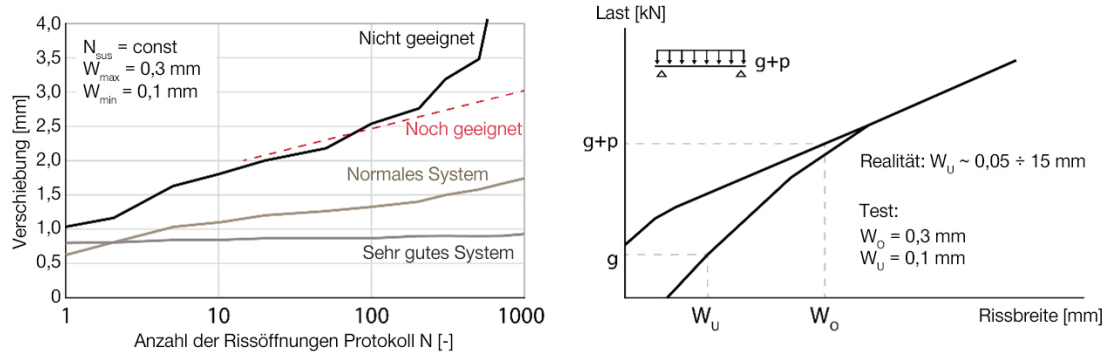
Sehen wir uns nun die oben erwähnte Riss-Bewegungsprüfung näher an. Es mag überraschend erscheinen, aber diese Prüfung ist für die meisten Verankerungsprodukte die entscheidende Prüfung. Produkte mit den höchsten Belastungswerten für Ausziehversuche können bei der Riss-Bewegungsprüfung versagen.

Ohne auf das genaue Verfahren einzugehen, werden die Prüfungen gemäss EAD 330232-00-0601 wie folgt durchgeführt:

Nach dem Einbau der Dübel in gerissenem Beton stehen die Dübel unter **Dauerlast**, basierend auf der charakteristischen Belastung, die mit einer Kurzzeit-/Ausziehprüfung bewertet wurde. Während die Dübel unter Zug belastet werden, werden Risse 1.000 Mal zwischen 0,1 und 0,3 mm geöffnet und die Verschiebung des Dübels unter Zug gemessen. Bei diesen Versuchen sollte die gemessene Verschiebung unter dem konstanten Wert von 3 mm liegen.

Abbildung 4a zeigt die Ergebnisse von drei verschiedenen Produkten durch Anzeigen der gemessenen Verschiebung in Abhängigkeit von der Anzahl der Rissöffnungen. Während zwei Systeme die Anforderungen bezüglich der maximalen Verschiebung erfüllen, würde das andere System die Anforderungen nicht erfüllen, da die gemessene Verschiebung den Maximalwert von 3 mm überschreitet, was zu einem Auszugsversagen während seiner Lebensdauer führt.

Die nächste Frage wäre: „Warum machen wir solche Tests?“



a) Gemessene Verschiebung in Abhängigkeit von den Rissöffnungen für den Rissöffnungsversuch

b) Auf einen Träger wirkende Last in Abhängigkeit von der Rissbreite

Abb. 4 Prüfergebnisse der Riss-Bewegungsprüfung (a) und angemessene Erklärung für die Riss-Bewegungsprüfung (b)

Wenn eine Struktur auf Dauerbelastung reagiert, erfährt sie eine Verschiebung und folglich eine Verformung. Diese Verformung führt zur Bildung von Rissen.

Dieses Verhalten ist in Abbildung 4b schematisch dargestellt. In Abbildung 4b sind die dauerhafte Last „g“ und die veränderliche Last „p“ in Abhängigkeit der Rissbreite für einen Träger angegeben. Während der Lebensdauer des Trägers werden wahrscheinlich keine Risse auftreten, wenn die Dauerbelastung zum ersten Mal auf den Träger wirkt. Wenn jedoch die veränderliche Last in Kombination mit der dauerhaften Last (g+p) betrachtet wird, nimmt die Verformung zu und führt zur Entstehung von Rissen im Träger. Wird der Träger bis zur Höhe der dauerhaften Last entlastet, nimmt die Verformung durch die Verringerung der Rissbreite wieder ab. Aufgrund der rauen Oberfläche der gerissenen Fläche wird der Riss jedoch nicht vollständig geschlossen (d. h. auf null geschlossen) sein. Daher liegt die untere Rissbreite bei etwa 0,1 mm. Während der Lebensdauer des Trägers wird sich diese Rissöffnung wiederholen. EAD 330232-00-0601 beurteilt 1.000 Öffnungen und Schließungen, um die Lebensdauer des chemischen/Verbunddübels darzustellen.

Dieses Verhalten der Dübel kann niemals durch Vor-Ort-Prüfungen überprüft werden. Dies ist jedoch in den grundlegenden charakteristischen Verbundfestigkeitswerten enthalten, die im entsprechenden Zulassungsdokument angegeben sind.

Mit den Worten eines erfahrenen Ingenieurs:

„Prüfen ist einfach, wenn man weiss, was man tut. Es muss nicht lange dauern, wenn Sie den Vor-Ort-Prüfervice von Hilti in Anspruch nehmen. Und Sie können ruhig schlafen, weil Sie keine Mutmassungen anstellen müssen. Woher wissen Sie, dass Sie im Dunkeln tappen? Vielleicht weil Sie über Ihre Konstruktion nachdenken, wenn Sie nach Hause kommen. Oder von einer bestimmten Verbindung träumen. Irgendetwas stimmt nicht ganz, aber Sie wissen nicht genau, was es ist.“

**„NICHT MUTMASSEN. PRÜFEN. RICHTIG INTERPRETIEREN
UND BERUHIGT SEIN!“**



Hilti Aktiengesellschaft
9494 Schaan, Liechtenstein
P +423 234 2965

www.facebook.com/hiltigroup
www.hilti.group