



# DIE VERBUNDSCHRAUBE, EINE NEUE VERANKERUNGS- TECHNOLOGIE

**Hilti Betonschraube HUS4 mit  
Hilti Verbundpatrone HUS4-MAX**

Whitepaper für Planer und Statiker



# INHALT

## **Herausgeber Whitepaper:**

Hilti Deutschland AG – Engineering Marketing Zentraleuropa  
Hiltistrasse 2, 86916 Kaufering

## **Autoren:**

Dr. Jörg Appl  
Dr. Marco Abate  
Dr. Patrick Wörle

01	<b>KURZFASSUNG</b>	3
02	<b>ALLGEMEIN</b>	4
03	<b>WIE WÄRE ES, WENN</b> wir ein Dübelsystem entwickeln könnten, das die Vorteile von beiden Systemen vereint? Die Hilti Verbundschraube HUS4 bietet genau das!	5
04	<b>WAS WÄRE, WENN</b> Sie Ihre Anwendungen so bemessen könnten, dass sie das Beste aus beiden Welten vereinen?	7
05	<b>EIN TECHNISCHER HINWEIS</b> auf ein wichtiges Anliegen von Planern	12
06	<b>VORTEILE IN DER BEMESSUNG</b> von Anwendungen mit Verbundschrauben	13
07	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	16

Die moderne Befestigungstechnik gewinnt im Hoch- und Tiefbau weltweit immer mehr an Bedeutung. Jedes Befestigungselement ist für eine optimale Leistung für eine bestimmte Anwendung ausgelegt. Wenn ein Befestigungselement für eine Anwendung verwendet wird, für die es nicht vorgesehen ist, kann seine Leistung negativ beeinflusst werden. Wir bei Hilti haben uns verpflichtet, unseren Planern und Bauunternehmern bessere, sicherere und zuverlässigere Befestigungssystemlösungen anzubieten. Mit über 80 Jahren Erfahrung und einer Leidenschaft für Innovationen freuen wir uns, unsere neueste Entwicklung vorzustellen:

Eine neuartige Verankerungstechnologie für die Planung und Ausführung von Anwendungen im Betonbau:

## Die Hilti Verbundschraube (Betonschraube HUS4 mit Verbundpatrone HUS4-MAX)

Für diese neue Befestigungstechnologie wurde ein neues europäisches Bewertungsdokument EAD 332795 «Bonded screw fasteners for use in concrete» [1] entwickelt. EAD 332795 [1] dient als Grundlage für eine Bemessungsmethode gemäss EC2, Teil 4 [2] und wird durch zusätzliche Bestimmungen in einem von der EOTA herausgegebenen technischen Bericht, dem EOTA TR 075 [3] geregelt, der Abschnitte des Eurocode 2, Teil 4 [2] übernimmt. All diese Aspekte werden in diesem Whitepaper diskutiert, um ein Verständnis hinsichtlich der Funktionsweise der Verankerungstechnologie, dem Bewertungs- und Bemessungsprozess und den Vorteilen für Ihre tägliche Planungsarbeit zu vermitteln.



Angesichts der grossen Vielfalt an Dübelssystemen, die heute auf dem Markt erhältlich sind, kann es für Planer oder das ausführende Gewerk schwierig sein, den geeigneten Dübel für eine bestimmte Anwendung auszuwählen. Im Allgemeinen wird zwischen mechanischen Dübelssystemen (Metallspreizdübel z.B. Hilti HST 3, Einschlagdübel z.B. Hilti HKD, Hinterschnittdübel z.B. Hilti HDA und Betonschrauben z.B. Hilti HUS3) und chemischen Dübelssystemen (z.B. Hilti Patronensysteme HVU2 und Injektionssysteme z.B. Hilti HIT-RE 500 V4) unterschieden.

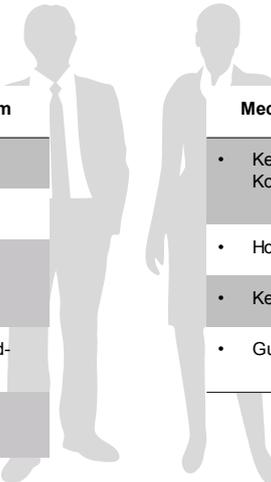
**Abbildung 1** gibt einen Überblick über die wichtigsten, wahrgenommenen Unterschiede zwischen mechanischen und chemischen Dübeln.

Im Allgemeinen wird der Vorteil von mechanischen Dübeln darin gesehen, dass sie im Vergleich zu chemischen Dübeln einfacher zu montieren sind. Darüber hinaus werden mechanische Dübel als wirtschaftlicher angesehen, während die zulässigen Rand- und Achsabstände als relativ gross bewertet werden. Im Gegensatz dazu beruht

der Vorteil chemischer Dübel eindeutig auf der Auffassung, dass diese auch in mangelhafter Betonqualität ohne Leistungseinbußen installiert werden können, höhere Lasten bzw. Einwirkungen zulassen und der Mörtel die Bohrlöcher im Vergleich zu mechanischen Verankerungssystemen vor Feuchtigkeit oder anderen Medien schützen kann. Andererseits wird der Einbauprozess aufgrund des Einflusses von Umgebungsbedingungen wie Temperatur, Reinigungsaufwand usw. als wesentlich komplexer empfunden.

Folglich kann man sagen, dass es eine Nachfrage nach einer Verankerungstechnologie gibt, die die Vorteile eines mechanischen Dübelsystems und chemischen Dübelsystems so weit wie möglich kombiniert.

**Die Hilti Betonschraube HUS4 mit Verbundpatrone (Verbundschraube) HUS4-MAX erfüllt genau diese Anforderungen, begleitet von einem neuen europäischen Bemessungskonzept und einem neuen europäischen Bewertungsprozess.**



Mechanisches Dübelssystem	Chemisches Dübelssystem	Mechanisches Dübelssystem	Chemisches Dübelssystem
• Sofort belastbar	• Aushärtezeit	• Kein Verfallsdatum der Komponenten vor Montage	• Haltbarkeitsdatum des Injektionsmörtels vor der Montage
• Kein abgedichtetes Bohrloch	• Abgedichtetes Bohrloch	• Hohe Lastwerte	• Höchste Lastwerte
• Eignung für wenige Untergrundmaterialien, in der Regel nur Beton	• Eignung für verschiedene Untergrundmaterialien	• Kein Temperatureinfluss	• Temperatureinfluss
• Flexibilität bzgl. Einbindetiefe begrenzt	• Einbindetiefe zwischen 4d-20d	• Gute Betonqualität notwendig	• Verbessert die vorhandene Betonqualität
• Grosse Rand- und Achsabstände	• Kleine Rand- und Achsabstände		
• Einfache Montage	• Aufwendigere Montage		

Abb. 1 Wahrgenommene Eigenschaften von mechanischen und chemischen Dübelssystemen

# WIE WÄRE ES, WENN

# 03

## wir ein Dübelssystem entwickeln könnten, das die Vorteile von beiden Systemen vereint?

### Die Hilti Verbundschraube HUS4

bietet genau das!

Das neue europäische Bewertungsdokument EAD 332795 über «Verbundschrauben zur Verwendung in Beton» ermöglicht die Qualifizierung der neuen Technologie, die als Hybrid zwischen einer Betonschraube (Verankerungssystem auf der Basis von mechanischer Verzahnung oder Hinterschnitt) und einem chemischen System (Verankerung auf der Basis von Adhäsion und Mikroverzahnung) bezeichnet werden kann. Bei der Verbundschraube wird eine Betonschraube mit Sechskantkopf oder Aussengewinde in Verbindung mit einer Verbundpatrone, die mit Mörtel gefüllt ist, oder einem Injektionsystem verwendet, **siehe Abbildung 2**.

Im Falle der neue Hilti Betonschraube HUS4 mit Verbundpatrone (Verbundschraube) HUS4-MAX enthält die Patrone Polymerharz, Härter und Zuschlagstoffe in einem definierten Mischungsverhältnis. Die Verbundpatrone wird in ein

Bohrloch eingeführt, das Bohrloch kann durch Hammerbohren oder Diamantkernbohren hergestellt worden sein. Die Betonschraube wird tangential drehend durch die Kapsel getrieben, die Verbundpatrone zerkleinert, aber auch komprimiert, Harz und Härter und die Zuschlagstoffe vermischt und der Ringspalt um die Betonschraube mit der Mörtelmatrix ausgefüllt. Zusätzlich werden Risse im Beton um den Dübel herum mit Harz gefüllt, **siehe Abbildung 3**.

Der Lastübertragungsmechanismus der Verbundschraube basiert auf mechanischer Verzahnung, Reibung sowie chemischer Verzahnung. Zusätzlich vergrößert der Mörtel die Fläche der mechanischen Verzahnung im Vergleich zur bisherigen reinen Betonschraube. Daraus ergibt sich ein perfekter Lasteintrag in den Beton bestehend aus Verbund, Hinterschnitt und Reibung. Die Menge des enthaltenen Mörtels ist sogar ausreichend gross, dass Lochtoleranzen egalisiert werden.



Abb. 2 Hilti Betonschraube HUS4 mit Verbundpatrone (Verbundschraube) HUS4-MAX mit Sechskantkopf und Aussengewinde

### Was geschieht im Bohrloch?

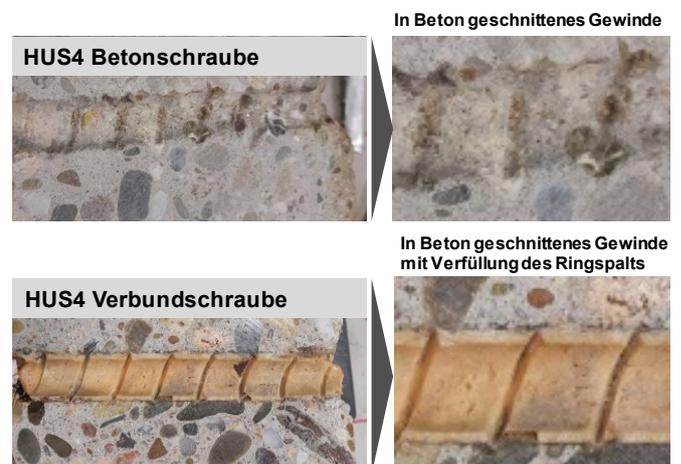


Abb. 3 Erzeugter Hinterschnitt im Beton mit Hilti Betonschraube HUS4 und Hilti Verbundschraube HUS4

# WIE WÄRE ES, WENN

# 03

wir ein Dübelssystem entwickeln könnten, das die Vorteile von beiden Systemen vereint?

## 3.1 Ein Gedankenspiel zum Verständnis des Tragverhaltens der Verbundschraube

Um eine Vorstellung des Tragverhaltens der Verbundschraube zu bekommen und um zu verstehen, warum diese Verankerungstechnik die Vorteile von mechanischen und chemischen Dübelssystemen bis zu einem gewissen Grad vereint, kann folgendes Gedankenspiel durchgeführt werden:

Wenn der Mörtel vollständig vernachlässigt werden würde, wäre das verbleibende Verankerungssystem eine reine Betonschraube, die die Last durch mechanische Verzahnung über das in die Bohrlochwand geschnittene Gewinde überträgt, **siehe Abbildung 4**.

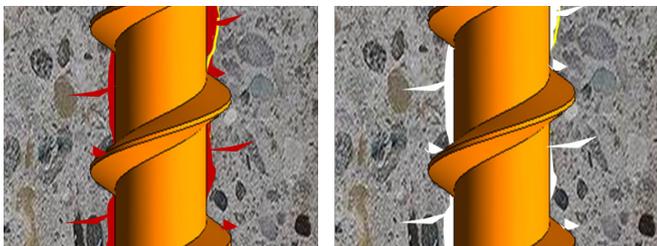


Abb. 4 Trennung der gleichzeitig wirkenden Lastübertragungsmechanismen

Folglich kann man sagen, dass die Einflussfaktoren, die das reine Verbundverhalten eines Verbunddübels «negativ» beeinflussen, von der reinen Betonschraube abgedeckt werden. Bei Verbunddübeln sind dies z.B. der Bohrlochzustand (gereinigt gegenüber ungereinigt), das Bohrverfahren (Hammerbohrung gegenüber Diamantkernbohrung), die Temperatur des Verankerungsgrundes und das Langzeitverhalten des Mörtelsystems. Die notwendigen Qualifizierungsversuche mit Hilti Betonschraube HUS4 und Verbundpatrone (Verbundschraube) HUS4-MAX bestätigen diese Annahme. Das Hiltisystem ist weniger bis gar nicht von den Parametern beeinflusst, die im Allgemeinen für Verbunddübelssysteme gültig sind.

Diese Aussage gilt allerdings nur, wenn die Kombination von Gewindegeometrie der Betonschraube und die Mikroverzahnung des Mörtels so ausgeglichen ist, wie es bei Hilti Verbundschraube HUS4 der Fall ist. Bei anderen Systemen mit reduzierter Verzahnung zugunsten einer höheren Haftung durch den Mörtel kann davon ausgegangen werden, dass diese Systeme höhere Empfindlichkeiten aufweisen, die eventuell mit einem reinen Verbunddübel vergleichbar sind. In diesem Fall wäre die genannten Vorteil nicht mehr existent.

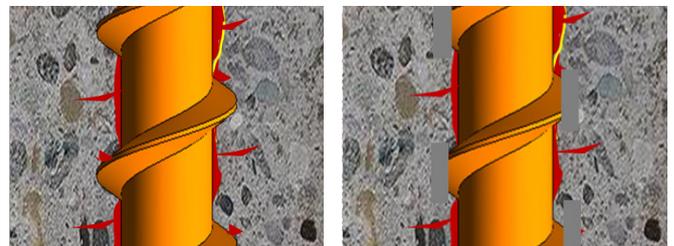


Abb. 5 Trennung der gleichzeitig wirkenden Lastabtragungsmechanismen

Im weiteren Gedankenspiel gehen wir davon aus, dass wir das Gewinde bzw. die Gewindehöhe der Betonschraube so weit vernachlässigen, dass es die Bohrlochwand nicht mehr berührt, aber immer noch hoch genug ist, um eine Verzahnung zwischen dem Mörtel und dem Schraubengewinde zu erreichen, wie es bei einer eingemörtelten Gewindestange der Fall wäre.

Unter diesen Annahmen hätten wir ein rein chemisches Dübelssystem, bei dem die Last durch Adhäsion und Mikroverzahnung übertragen wird, **siehe Abbildung 5**. Folglich können wir sagen, dass Bedingungen, die das mechanische Verhalten beeinflussen (z.B. die Betonqualität), vom Polymermörtel absorbiert werden.

## Sie Ihre Anwendungen so bemessen könnten, dass sie das Beste aus beiden Welten vereinen?

Eine sichere Verankerung erfordert nicht nur eine detaillierte Planung und Bemessung, sondern auch Dübelsysteme, die unter normalen und ungünstigen Baustellenbedingungen zuverlässig funktionieren. Um dieses Ziel zu erreichen, werden in Europa die Leistung und die Eigenschaften eines Bauprodukts auf der Grundlage der Qualifizierungsanforderungen bewertet, die in einem von der Europäischen Organisation für Technische Bewertungen (EOTA) ausgestellten Europäischen Bewertungsdokument (EAD) enthalten sind. Mit der neuen Befestigungstechnologie «Verbundschraube» wird nun ein neues Qualifikationsverfahren und eine spezifische Bemessungsmethode zur Verfügung gestellt.

Im Folgenden wird ein Vergleich zwischen dem neuen Bewertungsverfahren für Verbundschrauben und den bereits existierenden, gut etablierten EADs für mechanische Dübel und chemische Dübel kurz dargestellt. Da die Verbundschraube als eine Mischform zwischen einer Betonschraube und einem chemischen System bezeichnet werden kann, kann das System nicht nach den bereits bestehenden EADs bewertet werden, da eine Bewertungsmethode erforderlich ist, die verschiedene Bereiche der Kombination beider Funktionsprinzipien abdeckt. Folglich umfasst die Bewertung für Verbundschrauben sowohl Aspekte der Überprüfung der mechanischen Funktion der Betonschraube EAD 330232 [4] als auch der chemischen Festigkeit und Dauerhaftigkeit des verwendeten Mörtels EAD 330499 [5].

### 4.1 Qualifizierung der Verbundschraube für die Anwendung in Beton

Das Europäische Bewertungsdokument EAD 332795 [1] für Verbundschrauben enthält Prüfanforderungen und Bewertungskriterien, die dazu dienen, die Eignung eines Systems zu überprüfen, die zulässigen Anwendungsbedingungen (z.B. Belastungsart, Umwelteinflüsse usw.) zu spezifizieren und letztlich die Leistungsmerkmale zu bestimmen, die für die Bemessung eines Befestigungspunkts erforderlich sind. Die Ergebnisse der Bewertung mit allen für das Bauprodukt relevanten Parametern werden dann in einer Europäischen Technischen Bewertung (ETA) veröffentlicht, wie dies normalerweise im Rahmen des EOTA CE-Kennzeichnungsprozesses vorgesehen ist.

Die Struktur des neuen Bewertungsdokuments ähnelt der des EAD 330232 [4] (mechanische Dübelsysteme) und des EAD 330499 [5] (chemische Dübelsysteme). Die Durchführung des erforderlichen Prüfprogramms ermöglicht die detaillierte Ableitung der wesentlichen Merkmale des Produkts für alle auftretenden Versagensarten (Stahlbruch, Betonausbruch, kombiniertes Herausziehen und Betonversagen etc.). Wie bei EAD-Verfahren üblich, erfordert das Konzept zunächst die Bewertung der grundlegenden Leistung des Verbindungselements unter normalen Bedingungen. Zweitens wird die potenzielle Empfindlichkeit des Dübelsystems gegenüber ungünstigen Bedingungen sowohl zum Zeitpunkt des Einbaus als auch während der Lebensdauer überprüft. Durch diese Prüfungen können dann die Widerstandswerte abgeleitet werden, die in der Europäischen Technischen Bewertung (ETA) für das entsprechende Produkt veröffentlicht werden.

# WAS WÄRE, WENN

# 04

## Sie Ihre Anwendungen so bemessen könnten, dass sie das Beste aus beiden Welten vereinen?

Das wichtigste neue Element in EAD 332795 [1] für Verbundschrauben ist die Bewertung der Versagensart für kombiniertes Herausziehen und Betonversagen. Die Bewertung beginnt mit der Definition des grundlegenden Widerstandes der Verbundschraube in niedrig- und hochfestem Beton (Klassen C20/25 und C50/60 nach EN 260-1 [6]) sowohl im ungerissenen als auch im gerissenen Zustand. Anschliessend werden mehrere «Empfindlichkeits- und Robustheitsversuche» durchgeführt, um die rein mechanischen Widerstandswerte der Verbundschraube zu überprüfen. Um die Bewertung zu vervollständigen, muss ausserdem eine Qualifizierung der Empfindlichkeiten und der Dauerhaftigkeit des Mörtels selbst durchgeführt werden. Diese experimentellen Untersuchungen werden unter den Randbedingungen durchgeführt, die den grössten Beitrag zur Leistungsfähigkeit des Mörtels leisten. Dieser Anteil wird durch einen Vergleich des Grundwiderstandes der Verbundschraube mit dem einer identischen Schraube ohne Mörtel bewertet. Das Konzept trägt der Tatsache Rechnung, dass die Wirkung des Mörtels ein zusätzliches Funktionsprinzip neben der mechanischen Verzahnung durch den Hinterschnitt des Schraubengewindes darstellt.

Im Fall der Versagensart «kegelförmiger Betonausbruch» wird davon ausgegangen, dass das Vorhandensein des Mörtels den potenziellen Verschleiss des Schraubengewindes an der Spitze nach dem Einbau kompensieren kann, so dass die Lastübertragung unter Umständen in grössere Verankerungstiefen erfolgt.

Dafür wird der Wert der anzusetzenden effektiven Verankerungstiefe  $h_{ef}$ , der für die Berechnungen der Tragfähigkeit für diese Versagensart der wesentlichste Parameter ist im EAD Prozess bewertet. Als Folge dieses Ansatzes kann die effektive Verankerungstiefe  $h_{ef}$  von Verbundschrauben bis zum nominalen Wert  $h_{nom}$  erhöht werden (Erhöhung der Traglast). Auf diese Weise deckt die Bemessungsmethode solche Verbundschrauben ab, die zwischen den beiden Extremen einer Betonschraube ohne Verbundmaterial ( $h_{ef} \ll h_{nom}$ ) und einer Betonschraube mit fast vollständiger Vermörtelung ( $h_{ef} \sim h_{nom}$ ) liegen.

Hinsichtlich des Stahlwiderstandes enthält das Qualifikationsverfahren die bereits für die Betonschrauben geltenden Anforderungen. Der Widerstand gegen Wasserstoffversprödung und die Tragfähigkeit des Dübels unter Querbelastung werden beispielsweise nach denselben Protokollen wie in EAD 330232 [4] (mechanische Befestigungen) durchgeführt.

Die Bewertung aller anderen Versagensarten ist im Vergleich zu den bestehenden Qualifizierungsverfahren nicht unterschiedlich. Die seismische Bewertung von Verbundschrauben der Kategorien C1 und C2 erfolgt in Übereinstimmung mit den bestehenden Anforderungen für mechanische und chemische Dübel. Es ist zu beachten, dass die Leistung der Verbundschrauben unter Brandeinwirkung aus dem Widerstand der Betonschraube ohne Verbundmaterial abgeleitet werden kann.

# WAS WÄRE, WENN

# 04

Sie Ihre Anwendungen so bemessen könnten, dass sie das Beste aus beiden Welten vereinen?

**Tabelle 1** gibt einen Überblick über die wichtigsten technischen Parameter und wie diese in den verschiedenen EAD-Verfahren berücksichtigt werden. Aufgrund der Kombination als hybrides System muss die Verbundschraube auch hinsichtlich der Dauerbelastung (Kriechverhalten), der Aushärtezeit und den Temperaturbereichen bewertet werden.

Wesentliches Merkmal	Technische Parameter	Mechanische Befestigungssysteme– EAD 330232	Verbundschraube– EAD 332795	Chemisches Befestigungssystem– EAD 330499
Statischer/quasi-statischer Widerstand gegen Herausziehen oder kombiniertes Versagen	Charakteristischer Widerstand, Betonfestigkeit und Dauerlast	$N_{Rk,p}$ [kN]; $\Psi_c$ [-]	$N'_{Rk,p}$ [kN]; $\Psi_c$ , $\Psi^0_{sus}$ [-]	$\tau_{RK}$ und/oder $\tau_{RK,100}$ [N/mm <sup>2</sup> ], $\Psi^0_{sus}$ [-]
	Aushärtezeit	Nein	Nein / Ja	Ja
	Temperaturbereiche	I (80°C)	I (40°C), II (80°C), III (120°C)	I (40°C), II (80°C), III (120°C)
Statischer/quasi-statischer Widerstand gegen Betonausbruch	Effektive Verankerungstiefe	$h_{ef} = 0,85 (h_{nom} - 0,5h_t - h_s) \leq 8d_0$	$0,85 (h_{nom} - 0,5h_t - h_s) \leq h_{ef} \leq h_{nom}$	$h_{ef} = h_{nom}$
Installation	Minimale Bauteildicke	$h_{min} (\geq \max (80\text{mm}, 1,5h_{ef} \text{ or } 2h_{ef}))$ [mm]	$h_{min} (\geq \max (80\text{mm}, 1,5h_{ef} \text{ or } 2h_{ef}, h_1 + \Delta h))$ [mm]	$h_{min} (\geq \max (100\text{mm}, h_{ef} + \Delta h))$ [mm]
Erdbebenwiderstand gegen Herausziehen oder kombiniertes Versagen C1/C2	Charakteristischer Widerstand, Betonfestigkeit und Dauerlast	$N_{Rk,p,eq}$ [kN]	$N_{Rk,p,eq}$ [kN]; $\Psi^0_{sus}$ [-]	$\tau_{Rk,eq}$ [N/mm <sup>2</sup> ], $\Psi^0_{sus}$ [-]
Feuerbeständigkeit gegen Herausziehen oder kombiniertes Versagen	Charakteristischer Widerstand R90, R120	$N_{Rk,p,fi}$ [kN]	$N_{Rk,p,fi}$ [kN] (identischer Wert wie Betonschraube)	-

Tab. 1 Vergleich der technischen Parameter, die in dem betreffenden Europäischen Bewertungsdokument (EAD) berücksichtigt werden

**Sie Ihre Anwendungen so bemessen könnten,  
dass sie das Beste aus beiden Welten vereinen?**

## 4.2 Das neue Bemessungskonzept für Verbundschrauben

EC2, Teil 4 [2] gilt für Befestigungen in Beton mit Dübeln, die eine ETA tragen, da die Eingangsgrößen für die Berechnung der Tragfähigkeit dem jeweiligen Bewertungsdokument des Dübel-systems entnommen werden müssen. Das jeweilige Bewertungsdokument gibt an, welche Bemessungsvorschrift zu beachten ist. Die Technische Bewertung für Verbundschrauben nach EAD 332795 [1] ist ein Qualifizierungsverfahren in Übereinstimmung mit EC2, Teil 4 [2], und wird durch zusätzliche Bestimmungen in einem von der EOTA herausgegebenen Technischen Bericht, dem TR 075 [3], geregelt. Dieses Dokument koordiniert die Bemessungsmethode in ihren allgemeinen Aspekten. Für den technischen Ansatz übernimmt es jedoch Abschnitte des Eurocode 2, Teil 4.

EOTA TR 075 [3] wurde zum einen benötigt, weil der Bauprodukttyp «Verbundschrauben» im Eurocode 2 - Teil 4 [2] nicht explizit erwähnt wird und Anweisungen über die zu befolgenden Bemessungsschritte erforderlich sind. Darüber hinaus mussten einige Bemessungsgleichungen und Kriterien unter Berücksichtigung der Ergebnisse der technischen Bewertung für die neue Befestigungstechnologie angepasst werden, wie in EAD 332795 [1] beschrieben.

Die Gleichungen des Eurocode 2, Teil 4 [2] für Verbunddübel berücksichtigen eine charakteristische Verbundfestigkeit ( $\tau_{Rk}$ ) als massgeblichen Parameter für die Bemessung. Im Falle der Verbundschraube werden diese Werte so angepasst, dass der charakteristische Widerstand ( $N_{Rk,p}$ ) direkt angegeben werden kann.

Zusätzlich werden in der EOTA TR 075 [3] die Nachweise für seismische Beanspruchung und für Brandbeanspruchung behandelt, um auch diese Bemessungsfälle explizit zu regeln. In beiden Fällen wurde der Text aus dem Eurocode 2 Teil 4 übernommen und entsprechend angepasst. In beiden Lastfällen wird für die Bemessung nach EAD 332795 [1] ein Verweis auf die Verfahren für mechanische Dübel angegeben.

# WAS WÄRE, WENN

# 04

Sie Ihre Anwendungen so bemessen könnten, dass sie das Beste aus beiden Welten vereinen?

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es keine technische Abweichung zwischen der Bemessungsmethode der EOTA TR 075 [3] und der Bemessungsmethode für Verbunddübel nach Eurocode 2 Teil 4 [2] gibt. Da die wichtigsten Bemessungsvorschriften für Dübel im Eurocode enthalten sind, ermöglichen die von der EOTA herausgegebenen technischen Berichte mehr Flexibilität bei der Bereitstellung von Kriterien für neu entwickelte Befestigungslösungen nach dem Stand der Technik für die Ingenieurgesellschaft.

Wesentliches Merkmal	Technische Parameter	Mechanische Befestigungssysteme – EAD 330232	Verbundschraube – EAD 332795	Chemisches Befestigungssystem – EAD 330499
Widerstand gegen Herausziehen oder kombiniertes Versagen	Charakteristischer Widerstand	$N_{Rk,p}$	$N_{Rk,p}$ $= N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \Psi_{g,Np} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,Np}$ $N_{Rk,p}^0 = \Psi_{sus} \cdot N'_{Rk,p}$	$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \Psi_{g,Np} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,Np}$ $N_{Rk,p}^0 = \Psi_{sus} \cdot \tau_{Rk} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef}$
	Gruppennachweis	$N_{Ed}^h \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}}$ (höchstbelasteter Dübel)	$N_{Ed}^g \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}}$ (Gruppeneffekt)	$N_{Ed}^g \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}}$ (Gruppeneffekt)
Widerstand gegen Betonausbruch	Effektive Verankerungstiefe	$\gamma_{Mc}$ [-] $h_{ef} = 0,85 (h_{nom} - 0,5h_t - h_s)$	$\gamma_{Mc}$ [-] $0,85 (h_{nom} - 0,5h_t - h_s) \leq h_{ef} \leq h_{nom}$	$\gamma_{Mc}$ [-] $h_{ef} = h_{nom}$
Erdbebenwiderstand gegen Herausziehen oder kombiniertes Versagen	Charakteristischer Widerstand $R_{k,p}^0$ (eq. C.8, EN 1992-4)	$N_{Rk,p,eq}$	$N_{Rk,p,eq}$ $= N_{Rk,p,eq}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \Psi_{g,Np} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,Np}$ $N_{Rk,p,eq}^0 = \Psi_{sus} \cdot N'_{Rk,p,eq}$	$N_{Rk,p,eq}$ $= N_{Rk,p,eq}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \Psi_{g,Np} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,Np}$ $N_{Rk,p,eq}^0 = \Psi_{sus} \cdot \tau_{Rk,eq} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef}$
Feuerbeständigkeit gegen Herausziehen oder kombiniertes Versagen	Charakteristischer Widerstand	$N_{Rk,p,fi}$	$N_{Rk,p,fi}$	$\tau_{Rk,fi}$

Tab. 2 Vergleich der Bemessungsmethoden für mechanische Befestigungen, Verbundschrauben und chemische Befestigungssysteme

## auf ein wichtiges Anliegen von Planern

Einige Planer haben Bedenken, dass Betonschrauben das Risiko des «sich selbst lösen» aufweisen und sich z.B. im Falle von auftretenden Vibrationen herausdrehen könnten. Dies ist auf den ersten Blick verständlich, da niemand eine sich drehende Betonschraube unter Belastung für die nächsten 50 oder sogar 100 Jahre haben möchte, was tatsächlich zu Problemen führen könnte.

Hilti hat die Hilti Betonschraube HUS4 und die Hilti Verbundschraube HUS4 entwickelt, bei denen die Gewindegeometrie der Schraube so gestaltet wurde, dass ein Herausdrehen unter den zugelassenen Belastungsparametern nicht möglich ist. Da es im EAD-Prozess keine Vorgabe zu diesem Thema gibt, hat Hilti einen neuen Prüfaufbau entwickelt, der auf der Philosophie des Junker-Tests basiert und die Angaben in DIN 65151 «Luft- und Raumfahrt - Dynamische Prüfung des

Sicherungsverhaltens von Schraubverbindungen unter Querbeanspruchung» berücksichtigt, aber an die Bedingungen an Verankerungen in Beton angepasst wurde. Die Hilti Betonschraube HUS4 und Hilti Verbundpatrone (Verbundschraube) HUS4-MAX wurden unter einer bestimmten Verschiebungsamplitude und unter Berücksichtigung verschiedener Testfrequenzen (1Hz, 10Hz und 20 Hz) geprüft. Die Grundplatte wurde auf einem Betonblock installiert und simulierten Schwingungen in einem 90° Winkel zur Hilti Betonschraube HUS4 und Hilti Verbundschraube HUS4 ausgesetzt.

Um eine eventuelle Rotation der Hilti Betonschraube HUS4 bzw. Hilti Verbundschraube HUS4 zu messen, wurde die Mutter wie in **Abbildung 6** gezeigt markiert. Selbst nach 15 Minuten wurden keine Anzeichen für ein Losdrehen festgestellt, was sicherstellt, dass diese im Rahmen der Anwendung gegen ein Losdrehen optimiert sind.

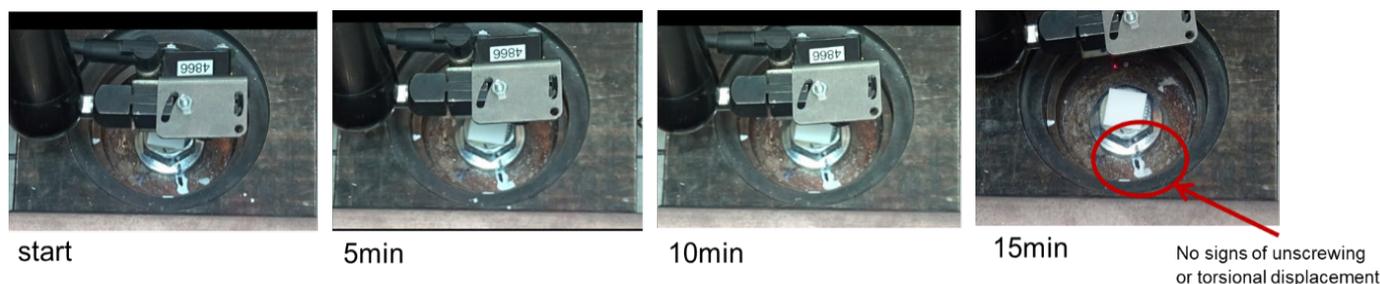


Abb. 6 Keine Anzeichen für ein Herausdrehen bei Hilti Betonschraube HUS4 bzw. Hilti Verbundschraube HUS4 während der Versuchsdurchführung

# VORTEILE IN DER BEMESSUNG

# 06

## von Anwendungen mit Verbundschrauben

Die Hilti Betonschraube HUS4 mit Verbundpatrone (Verbundschraube) HUS4-MAX ist nach EAD 332795 [1] qualifiziert und somit für die Verwendung in Verbindung mit EOTA TR 075 [3] / EC2, Teil 4 [2] zulässig und kann Ihnen als Ingenieur folgende Vorteile bieten:

(a) Zusätzliche konstruktive Sicherheit, da Bedingungen, die das Verbundverhalten von Mörtelsystemen beeinflussen (z.B. Temperatur), von der Betonschraube abgedeckt werden. Bedingungen, die das mechanische Verhalten von Betonschrauben beeinflussen (z.B. die Betonqualität), werden hingegen vom Mörtel abgedeckt.

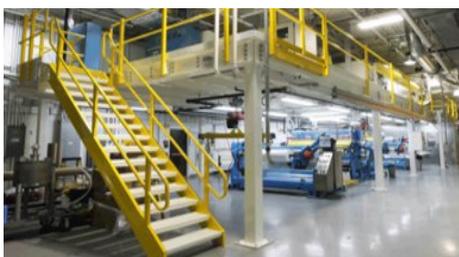
(b) Sie sind flexibler in Bezug auf Konstruktionsänderungen oder können sogar zukünftige Konstruktionsanforderungen vorwegnehmen, da das Hinzufügen der Verbundpatrone im Vergleich zur Betonschraube die Widerstandswerte um bis zu +30% erhöht. Trotzdem können Vorteile der vollständigen Ausbaubarkeit genutzt werden und Konstruk-

tionslösungen selbst für kleinste Rand- und Achsabstände gefunden werden.

(c) Zusätzlich müssen Sie sich während der Bemessung einer Anwendung mit Hilti Verbundschraube HUS4 keine Gedanken mehr über Aushärtezeit, Reinigung, Drehmoment, obligatorischem Zubehör und Einschränkungen der Bohrtechnik machen, die bei falscher Ausführung der Bemessungslösung widersprechen.

Wir sehen diese Vorteile vor allem für die folgenden Anwendungen:

**Gering- bis mittelschwer tragende Konstruktionen** in gerissenem und ungerissenem Beton (C20/25 bis C50/60) unter statischer, quasi-statischer und seismischer (C1) Belastung. Das Highlight ist die doppelte Haltefunktion (Hinterschnitt und Haftung), die die Leistung an die Anforderungen der Anwendung anpasst.



### Doppelte Haltefunktion für höhere Sicherheit/Robustheit

Die Kombination aus mechanischem und chemischem Befestigungssystem gewährleistet eine höhere Sicherheit des Befestigungspunktes aufgrund der geringeren Empfindlichkeit gegenüber Umweltbedingungen und Konstruktionsannahmen.



Abb. 7 Hilti Betonschraube HUS4 mit Verbundpatrone (Verbundschraube) HUS4-MAX für gering- bis mittelschwer tragende Konstruktionen und die damit verbundenen Vorteile einer umfassenden Konstruktionsflexibilität und der geringeren Empfindlichkeit gegenüber Umweltbedingungen und Konstruktionsannahmen

# VORTEILE IN DER BEMESSUNG

06

## von Anwendungen mit Verbundschrauben

**Mittelschwere, nicht tragende, aber sicherheitsrelevante Anwendungen** in gerissenem und ungerissenem Beton (C20/25 bis C50/60) unter statischer, quasi-statischer und seismischer (C1) Belastung. Auch wenn eine Anwendung nicht tragend für das Gebäude ist, bedeutet dies nicht, dass die Anwendung nicht sicherheitsrelevant ist. Die EOTA TR 075 [3] / EC2, Teil 4 [2] berücksichtigt im Allgemeinen sicherheitsrelevante Anwendungen, bei denen das Versagen von Befestigungen eine Gefahr für Menschenleben darstellt oder zu erheblichen wirtschaftlichen

Verlusten führen kann. In diesem Zusammenhang deckt sie auch nichttragende Strukturen ab, die von neuen oder bestehenden Gebäuden getragen werden oder an diesen befestigt sind, wie z.B. Geländer, Dächer und leichte Stahlkonstruktionen. Für solche Anwendungen bietet Ihnen die Hilti Verbundschraube HUS4 die Möglichkeit, das Bohrloch vor stehendem Wasser zu schützen. Zudem ist die Hilti Verbundschraube HUS4 auch in Verbindung mit der Verbundpatrone HUS4-MAX noch komplett wiederausbaubar, **siehe Abbildung 8**.



**Abb. 8** Hilti Betonschraube HUS4 mit Verbundpatrone (Verbundschraube) HUS4-MAX für sicherheitsrelevante Anwendungen und die damit verbundenen konstruktiven Vorteile wie kleinste Rand- und Achsabstände, Schutz des Bohrlochs vor Feuchtigkeit und volle Ausbaubarkeit

# VORTEILE IN DER BEMESSUNG

06

## von Anwendungen mit Verbundschrauben

### Bemessung von Anlagen und Gebäudeausrüstung

mit Hilti Verbundschraube HUS4 in gerissenem und ungerissenem Beton (C20/25 bis C50/60) unter statischer, quasi-statischer und seismischer (C1) Belastung. Mangelhafte Befestigungen von Geräten, Anlagen und Maschinen sind die Hauptursache für Schäden und Betriebsunterbrechungen. Die doppelte Haltefunktion

und die Wiederausbaubarkeit bei Positionsänderungen der Anlagen bietet Ihnen hier den Vorteil einer flexiblen Planung. Hilti Verbundschraube HUS4 in Verbindung mit dem Hilti Verfüllset ermöglicht zusätzlich eine substanzdichte Lösung für beschichtete Böden.

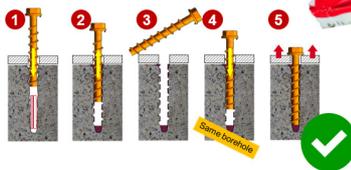


### Doppelte Haltefunktion für höhere Sicherheit/Robustheit

Die Kombination aus mechanischem und chemischem Befestigungssystem gewährleistet eine höhere Sicherheit des Befestigungspunktes aufgrund der geringeren Empfindlichkeit gegenüber Umweltbedingungen und Konstruktionsannahmen.



### Wiederausbaubar und Wiederverwendbar



### Geschütztes Bohrloch gegen stehendes Wasser und Feuchtigkeit



### Geschütztes Bohrloch gegen verschiedene Substanzen bei versiegelten Böden



Abb. 9 Hilti Betonschraube HUS4 mit Verbundpatrone (Verbundschraube) HUS4-MAX für die Befestigung von Anlagen und Gebäudeausrüstung und die damit verbundenen konstruktiven Vorteile wie kleinste Rand- und Achsabstände, Schutz des Bohrlochs vor Feuchtigkeit und verschiedenen Substanzen bei versiegelten Böden und volle Ausbaubarkeit

Die neue Hilti Betonschraube HUS4 ist die vierte Generation einer nachträglich installierbaren, selbstsichernden Betonschraube mit mechanischer Verzahnung für einen zuverlässigen Lastübertragungsmechanismus in gerissenem und ungerissenem Beton, Frischbeton und anderen Grundmaterialien mit höchster Produktivität. Die Hilti Betonschraube HUS4 mit Verbundpatrone (Verbundschraube) HUS4-MAX fügt der Betonschraube Mörtel hinzu und kombiniert so die Vorteile chemischer Anker mit den Vorteilen mechanischer Anker und reduziert die Empfindlichkeit gegenüber Umweltbedingungen und Bemessungsannahmen bei gleicher Produktivität.

Dies liegt daran, dass Einflussfaktoren, die das Verbundverhalten von Mörtelsystemen negativ beeinflussen, wie z.B. die Temperatur, von der Funktionsweise der Betonschraube abgedeckt werden. Bedingungen hingegen, die das mechanische Verhalten von Betonschrauben negativ beeinflussen, wie z.B. die Betonqualität, werden von den

Mörteleigenschaften abgedeckt. Durch Hinzufügen der Kapsel kann zusätzlich die Leistung der Betonschraube um bis zu 30% erhöht werden. Auch das ausführende Gewerk profitiert von einer Bemessung mit Hilti Verbundschraube HUS4, da diese Befestigungstechnologie unabhängig von zahlreichen Einbaubedingungen, wie Aushärungszeit, Reinigung, Drehmoment und der Bohrtechnik ist.

Die Hilti Betonschraube HUS4 mit Verbundpatrone (Verbundschraube) HUS4-MAX ist nach EAD 332795 «Verbundschraube zur Verwendung in Beton» [1] bewertet und kann in Übereinstimmung mit EC2, Teil 4 [2] und durch die zusätzlichen Bestimmungen in einem von EOTA herausgegebenen technischen Bericht, dem EOTA TR 075 [3] und mithilfe von Hilti Profis Engineering bemessen werden.

**Das Beste aus beiden Welten für Planer und Bauunternehmer ... präsentiert von Hilti.**

## Quellen

[1] European Organisation for Technical Assessment (EOTA): European assessment document, EAD EAD 332795-00-0601 Bonded screw fastener for use in concrete, in preparation

[2] DIN EN 1992-4:2019-04: Eurocode 2 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 4: Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton; Deutsche Fassung EN 1992-4:2018

[3] European Organisation for Technical Assessment (EOTA): EOTA Technical Report, Design of bonded screw fasteners for use in concrete, TR 075, in preparation

[4] European Organisation for Technical Assessment (EOTA): European assessment document, EAD 330232-01-0601 Mechanical fasteners for use in concrete, December 2019

[5] European Organisation for Technical Assessment (EOTA): European assessment document, EAD 330499-01-0601 Bonded fasteners for use in concrete, December 2018

[6] EN 206:2013+A1:2016 Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, 2013



Hilti Austria Gesellschaft m.b.H.  
Altmannsdorfer Strasse 165  
1230 Wien

T 0800-81 81 00  
[www.hilti.at](http://www.hilti.at)

Hilti Deutschland AG  
Hiltistrasse 2  
86916 Kaufering

T 0800-888 55 22  
[www.hilti.de](http://www.hilti.de)

Hilti Schweiz AG  
Soodstrasse 61  
8134 Adliswil

T 0844 84 84 85  
[www.hilti.ch](http://www.hilti.ch)