



NACHTRÄGLICH INSTALLIERTER VERBUNDSCHRAUBANKER, EINE INNOVATIVE TECHNOLOGIE

Vorteile, Anwendung und Bemessung



INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	2
2. Nachträglich installierte Dübel – der Vorteil eines kombinierten Systems	3
2.1 Nachträglich installierte mechanische und Verbundanker	3
2.2 Unterschied zwischen nachträglich installierten mechanischen und Verbundankern	3
3. Verbundschraubanker HUS4-MAX	4
3.1 Das Verbundschraubensystem verstehen	4
3.2 Wie wird das HUS4-MAX-System installiert?	5
4. Regulatorischer Rahmen und Qualifikation	6
5. Bemessungsverfahren nach EN 1992-4 und EOTA TR 075	8
5.1 Bemessungsnachweis im Hinblick auf statische Belastung nach EN 1992-4	8
5.2 Kombiniertes Versagen durch Herausziehen und Betonausbruch gemäß EOTA TR 075	9
5.3 Bemessungsnachweis bei seismischer Last	10
5.4 Bemessungsnachweis gegen Belastung im Brandfall	10
6. Bemessungsbeispiele	11
6.1 Bemessungsbeispiel bei statischer Last	11
6.2 Bemessungsbeispiel bei seismischer Belastung	12
7. Vorteile der Verwendung von HUS4-MAX für geeignete Anwendungen	14
8. Fazit	15
9. Referenzen	16

1. EINLEITUNG

Die Befestigungstechnik gewinnt im Hoch- und Tiefbau weltweit immer mehr an Bedeutung und wird für die Verbindung einer Vielzahl von tragenden und nicht-tragenden Bauteilen eingesetzt. Dübel lassen sich in eingegossene mechanische, nachträglich installierte mechanische oder nachträglich installierte geklebte Systeme unterteilen, wobei die Wahl des Systems von den Anforderungen an die Belastung und Haltbarkeit einer bestimmten Anwendung abhängt. Die richtige Auswahl, Bemessung und Ausführung von nachträglich installierten Dübeln vor Ort ist von entscheidender Bedeutung, um das Risiko von Unfällen oder Einsturz zu mindern, die Schäden an Leib und Leben, Eigentum oder Installation verursachen können. Wir bei Hilti sind bestrebt, bessere Eigenschaften und Anwendungen auf der Baustelle zu kombinieren. Für den Ingenieur tragen unsere Lösungen dazu bei, dass die Spezifikationen leistungsfähiger und effizienter werden, während sie für den Bauunternehmer dazu beitragen, die Arbeitsabläufe auf der Baustelle schneller, einfacher, sicherer und nachhaltiger zu gestalten. Wir freuen uns, unsere neuesten Innovationen und Technologien vorstellen zu können, die auf unserer langjährigen Erfahrung und unserer Leidenschaft für Innovationen beruhen.

In diesem Artikel wird eine neuartige Technologie für die Verankerung in nachträglich installierten Stahl-Beton-Befestigungselementen vorgestellt: der **Verbundschraubanker Hilti HUS4-MAX**. Dieses Hybriddübelssystem nutzt die Eigenschaften von mechanischen und Verbundankern, wobei die mechanische Komponente eine Hilti HUS4 Betonschraube und die Verbundkomponente eine Hilti HUS4-MAX Kapsel (Polymerharz, Härter und Zuschlagstoffe in einem definierten Mischungsverhältnis) ist. Dieser Artikel beschreibt das Funktionsprinzip von Hybridankern (Kapitel 3), den rechtlichen Rahmen und die Qualifikation gemäß EAD 332795 [1] (Kapitel 4), detaillierte Bemessungsmethoden gemäß der neuesten EOTA TR 075 [2] in Zusammenarbeit mit EN 1992-4 [3] (Kapitel 5), Bemessungsbeispiele (unter Verwendung der Software PROFIS Engineering) (Kapitel 6) und die Vorteile von Verbundschraubankern für verschiedene Anwendungen (Kapitel 7).

Der Artikel bietet eine Anleitung für Ingenieure, die an der Planung von nachträglich installierten Verbundschraubankern für Stahl-Beton-Befestigungen beteiligt sind. Darüber hinaus ist er auch für Bauunternehmen und deren interne technische Teams sowie für andere, die direkt oder indirekt mit solchen Befestigungsanwendungen zu tun haben, nützlich.



Abb. 1.1: HUS4-MAX für die Befestigung von Stahl-auf-Beton

2. NACHTRÄGLICH INSTALLIERTE DÜBEL – DER VORTEIL EINES KOMBINIERTEN SYSTEMS

2.1 Nachträglich installierte mechanische und Verbundanker

Die Lastübertragungsmechanismen der verschiedenen Befestigungssysteme werden in der Regel als **mechanische Verzahnung**, **Reibungs-** und **Klebeverbindungen** bezeichnet. Nachträglich installierte Dübel übertragen die Last von der Grundplatte auf den Beton durch unterschiedliche Wirkprinzipien. Sie lassen sich grob in **mechanische Dübel** und **Verbundanker** einteilen. Mechanische Dübel erhalten ihre Festigkeit durch Prinzipien wie Reibung und Verkeilung zwischen Stahl und Beton. Verbundanker hingegen beziehen ihre Festigkeit aus dem Verbund an den Grenzflächen zwischen Stahl-Klebstoff und Klebstoff-Beton.

Zur ersten Kategorie gehören Spreizdübel (z. B. Hilti HST3), Kompaktdübel (z. B. Hilti HKD), Hinterschnittdübel (z. B. Hilti HDA) und Betonschrauben (z. B. Hilti HUS4). Die zweite umfasst Verbundankerpatronen-Dübelsysteme (z. B. Hilti HVU2) und Injektionssysteme (z. B. Hilti HIT-RE 500 V4). In Anbetracht der großen Vielfalt der heute auf dem Markt erhältlichen Dübelsysteme kann es für Konstrukteure oder Installateure schwierig sein, den geeigneten Dübel für eine bestimmte Anwendung auszuwählen. Das am besten geeignete Befestigungssystem sollte unter Berücksichtigung der Baustellen- und Bemessungsbedingungen ausgewählt werden, da die einzelnen Systeme je nach den Anforderungen der Anwendung unterschiedliche Eigenschaften, Vor- und Nachteile aufweisen.

2.2 Unterschied zwischen nachträglich installierten mechanischen und Verbundankern

Die wichtigsten Kriterien, die bei der Wahl zwischen nachträglich installierten mechanischen Dübeln und Verbundankern (je nach den Anforderungen der Baustelle und den Bemessungsbedingungen) zu berücksichtigen sind, sind in Tabelle 2.1 aufgeführt.

Tabelle 2.1: Wichtige Punkte für die richtige Auswahl von Dübeln

	Mechanischer Dübel	Chemischer Dübel
Arbeitsweise	Mechanische Verzahnung oder Reibung	Verklebung
Lastbedingungen der Dübel	Unmittelbar	Erfordert eine gewisse Aushärtezeit, um vollständig belastet zu werden
Rand- und Abstandsanforderungen	Große Rand- und Achsabstände (außer Schrauben und Hinterschnitt-Befestigungselemente)	Geeignet für kleinere Rand- und Achsabstände
Zustand des Untergrundmaterials	Starkes und druckfestes Untergrundmaterial, das den Montagekräften standhalten kann	Geeignet auch für niederfestes Untergrundmaterial
Bohrlochreinigung	Weniger empfindlich gegenüber der Intensität der Bohrlochreinigung	Empfindlicher gegenüber der Intensität der Bohrlochreinigung
Wasserdichtigkeit	Nicht geeignet für die Verwendung in wassergefülltem Beton	Die Wasserdichtigkeit wird durch einige zugelassene Systeme gewährleistet
Verankerungstiefe	Begrenzte Variation der Verankerungstiefen	Flexibilität der Verankerung einschließlich größerer und variabler Verankerungen
Montage- und Betriebstemperatur	Nicht relevant	Empfindlicher gegenüber hohen Temperaturen
Kriechverhalten	Nicht relevant	Signifikante Wirkung durch Dauerlast

Aufgrund der gegensätzlichen Vor- und Nachteile von mechanischen und chemischen Dübeln besteht ein Bedarf an einer Verankerungstechnologie, die die Vorteile von mechanischen und chemischen Dübeln, d. h. die höhere Leistung der letzteren in Bezug auf Tragfähigkeit, Randabstand und Achsabstand, mit der Einfachheit und Produktivität der ersteren verbindet.

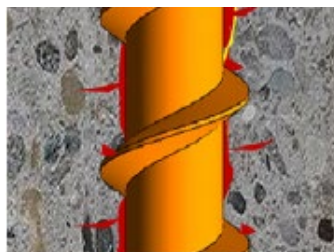
Hilti Verbundschraubanker, die durch die Kombination von HUS4-Schrauben mit chemischen HUS4-MAX-Kapseln installiert werden, erreichen dies, weil sie von der doppelten Wirkung sowohl des mechanischen Hinterschnitts als auch der Wirkung chemischer Technologien durch eine Hybridlösung profitieren.

3. VERBUNDSCHRAUBANKER HUS4-MAX

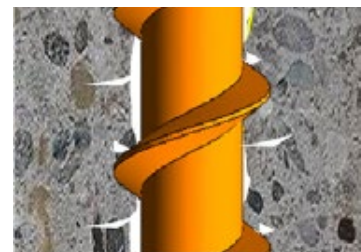
Der Verbundschraubanker HUS4-MAX ist ein Hybridsystem, das eine Betonschraube (Verankerungssystem auf der Basis von mechanischer Verzahnung oder Hinterschnitt) und ein chemisches System (Verankerung auf der Basis von Adhäsion und Mikroverzahnung) verwendet. Bei der Verbundverankerung wird eine Betonschraube zusammen mit einer Folienkapsel verwendet, die mit einem Zweikomponenten-Harz gefüllt ist. Die Kapsel enthält ein Polymerharz, Härter und Zuschlagstoffe in einem bestimmten Mischungsverhältnis. Das mechanische Schraubenelement sorgt für einen sicheren Halt im Beton, während die Klebkomponente, die die Schraube umgibt, die Stabilität und Tragfähigkeit des Dübels erhöht.

3.1 Das Verbundschraubensystem verstehen

Zum besseren Verständnis des Verbundschraubankers und der Vorteile einer Kombination von mechanischen Verbundankern kann folgende Situation betrachtet werden: Wenn der Polymer/Mörtel vollständig entfernt würde, wäre das verbleibende Verankerungssystem eine reine Betonschraube, die die Last durch mechanische Verzahnung über das in die Bohrlochwände geschnittene Gewinde überträgt (Abb. 3.1). Umgekehrt werden die Bedingungen, die das Verbundverhalten negativ beeinflussen, wie z. B. Bohrlochreinigung, Temperatur des Untergrundmaterials, Dauerlast usw., durch die Betonschraube abgemildert. Andererseits ist das Tragverhalten des Schraubankers von den Bohrlochtoleranzen abhängig, die den Verriegelungsmechanismus schwächen können, insbesondere wenn der Beton z. B. unter seismischen Bedingungen gerissen ist. Diese Empfindlichkeit wird durch den Injektionsmörtel zwischen den Gewinden verringert. Die Hilti HUS4-Schraube, die mit einer HUS4-MAX-Kapsel verwendet wird, ist nicht so empfindlich gegenüber den ungünstigen Parametern, die im Allgemeinen für Verbund- und Schraubankersysteme gelten. Dies ist jedoch nur möglich, wenn die Kombination von Gewindegeometrie und Klebstoffeigenschaften aufeinander abgestimmt sind, wie am Beispiel der Hilti HUS4-Schraube mit HUS4-MAX-Kapsel gezeigt und durch die Qualifikationstests nach EAD 332795 [1] (siehe Abschnitt 4) bestätigt wurde.



a) HUS4-Schraubanker mit HUS4-MAX-Kapsel



b) HUS4-Schraube im Beton nach dem Entfernen des Mörtels

Abb. 3.1: Zustand bei Entfernung des Mörtels bei dem HUS4-MAX-Anker

Wird nur der mechanische HUS4-Schraubanker einbetoniert, erfolgt die Lastabtragung wie in Abb. 3.2 dargestellt. Die Schraube überträgt die Last auf den Beton durch die mechanische Wechselwirkung zwischen ihrem Gewinde und dem Beton. Der Gewindeabschnitt der Schraube ist aufgrund der Spannungskonzentration an der Spitze anfälliger. Der Tragmechanismus beruht auf dem Ausgleich zwischen der äußeren Zugkraft N und dem lokalen Widerstand R zwischen den Gewinden und dem Beton entlang der Verankerung.

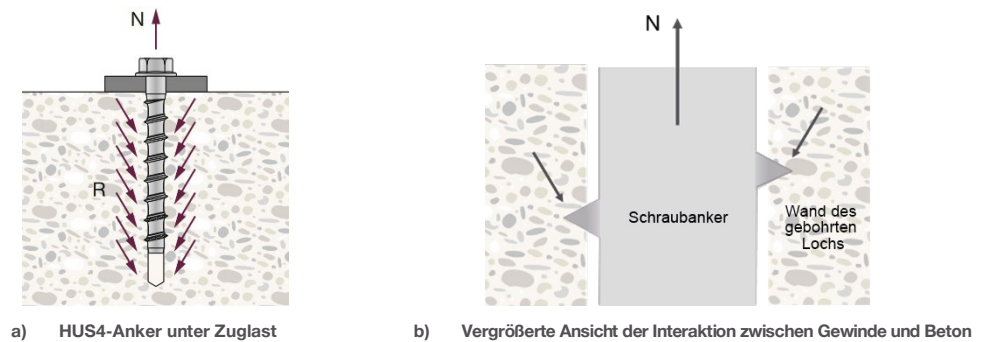


Abb. 3.2: Lasteinleitungsmechanismus für HUS4-Schraubanker

Die Verwendung der HUS4-MAX-Kapsel zusammen mit der Schraube trägt dazu bei, die Belastung durch einen Verbundmechanismus zu verteilen, und kann eine bessere Widerstandsfähigkeit bieten als ein reiner Schraubanker. Daher können die HUS4-MAX-Anker dazu beitragen, das Risiko der Erzeugung von Spannungsspitzen in Gewinden und Variablen, die das mechanische Verhalten beeinflussen, wie z. B. die Betonqualität, zu verringern.

3.2 Wie wird das HUS4-MAX-System installiert?

Das Hilti HUS4-MAX wird auf folgende Weise installiert:

Vorbereitung: Mit einem geeigneten Bohrer wird durch Hammerbohren ein Loch von entsprechender Größe und Tiefe in das Untergrundmaterial gebohrt.

Einsetzen der Kapsel: Die HUS4-MAX-Kapsel wird in das gebohrte Loch eingesetzt.

Einsetzen: Der Dübel wird dann mit einem Schlagschrauber in das Bohrloch eingesetzt. Beim Eindrehen der Betonschraube in das Loch wird der Folienbeutel zerkleinert, aber auch zusammengedrückt.

Der Härter, das Harz und die Zuschlagstoffe werden gemischt und der Ringspalt um die Betonschraube und das in die Wand geschnittene Gewinde mit der Polymermatrix gefüllt, wobei auch eventuelle Risse im Beton aufgefüllt werden. Die Menge des Kunstharzes in dem Folienbeutel ist so gewählt, dass sie das Bohrloch ausfüllt, ohne auszutreten.

Chemische Bindung: Das Harz verbindet sich mit dem umgebenden Material und erhöht so die Widerstandsfähigkeit und Stabilität des Dübels.

Hinweis: Weitere Einzelheiten zur Montage entnehmen Sie bitte der Gebrauchsanweisung (IFU)

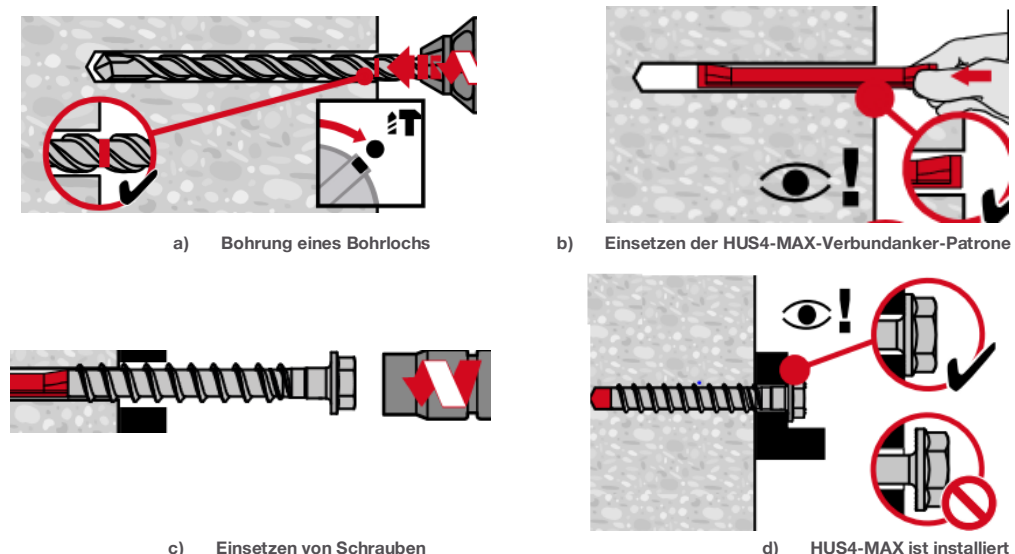


Abb. 3.3: Einbau des HUS4 MAX-Ankers mit Patrone

4. REGULATORISCHER RAHMEN UND QUALIFIKATION

Die Qualifikation von nachträglich installierten Dübeln bezieht sich auf den Prozess der Bewertung ihrer Leistungsfähigkeit und Eignung für eine bestimmte Anwendung. Die Qualifikation von Dübeln hängt von mehreren Schritten/Prozessen ab: Dokumentation des Herstellers, Prüfung durch Dritte, Qualitätskontrolle und Umweltaspekte. Die wesentlichen Merkmale des Produkts sind in der Europäischen Technischen Bewertung (ETA) enthalten und werden in der Bemessung gemäß EN 1992-4 [3] oder dem entsprechenden Technischen Report (TR) der Europäischen Organisation für Technische Bewertung (EOTA) angewendet. Die in diesem Kapitel beschriebene Qualifikation von nachträglich installierten Dübeln basiert auf EOTA EADs.

Da Verbundschraubanker anders funktionieren als rein mechanische Systeme oder Verbundsysteme, können sie weder nach der EAD 330499 [4], die für die Bewertung von chemischen Dübeln verwendet wird, weil der äußere Gewindedurchmesser des Stahlelements größer ist als der Bohrlochdurchmesser, noch nach der EAD 330232 [5] bewertet werden, die sich mit der Bewertung von mechanischen Dübeln aufgrund von Unterschieden in spezifischen wesentlichen Merkmalen wie kombiniertes Ausreißen und Betonversagen und Einfluss der Dauerlast ψ_{sus}^0 befasst. Dies erfordert ein neues Qualifikationsverfahren und eine spezielle Bemessungsmethode.

Die neue EAD 332795 [1] wurde eingeführt, um die Beurteilung von nachträglich installierten Verbundschraubankern abzudecken. Die Beurteilungskriterien (Tabelle 4.1) für einen Verbundschraubanker berücksichtigen Aspekte der Widerstandsfähigkeit, die für mechanische Anker und Verbundanker relevant sind. Die Leistung ist abhängig von dem Beton, der Leistung der Schraube und dem Injektionssystem.

Tabelle 4.1: Verschiedene in EAD 332795 abgedeckte Parameter

Parameter	Beschreibung
Minimaler Durchmesser	6 mm
Minimale und maximale Verankerungstiefe	$\geq 40 \text{ mm}$ und $\leq 20 d_0$
Montagetemperatur	-40 °C bis +40 °C
Bemessungslebensdauer	50 Jahre
Untergrundmaterial	Betonfestigkeit C20/25 bis C50/60 Ungerissener und gerissener Beton
Mindestdicke des Untergrundmaterials	$h = \max(1.5 \cdot h_{ef}, 80 \text{ mm})$ und $h \geq (h_1 + \Delta h)$
Empfindlichkeit gegenüber Montagebedingungen	Bohrmethode
	Bohrlochreinigung
	Installationsrichtung (vertikal nach unten/oben und horizontal)
	Minimaler Randabstand und Achsabstand
	Minimale Aushärtezeit
Umgebungsbedingungen	Gefrier- und Auftauzyklen
	Anwendungstemperatur
	Hoher Alkaligehalt und schwefelhaltige Atmosphäre
	Wasserstoffversprödung
Belastungsarten	Dauerlast
	Seismische Kategorie C1 und C2
Charakteristische Verschiebungen	Werte für kurz- und langfristige Belastungen

In der neuen EAD 332795 [1] werden die Beiträge einer mechanischen Betonschraube gemäß EAD 330232 [5] und eines Injektionsmaterials gemäß EAD 330499 [4] berücksichtigt und die kombinierte Wirkung bewertet. Das darin enthaltene Prüfprogramm ermöglicht eine detaillierte Bewertung der wesentlichen Merkmale des Produkts für alle potenziellen Versagensarten, die dann in der ETA des betreffenden Produkts veröffentlicht werden. Eine Brandwiderstandsprüfung wird so durchgeführt und ausgelegt, dass nur der Beitrag des mechanischen Teils berücksichtigt wird. Der Beitrag des Verbundmörtels ist vernachlässigbar und das Versagen des Stahls ist entscheidend. Daher sieht die EAD keine Möglichkeit vor, den Beitrag des Verbundmörtels zu testen.

Das Vorhandensein von Verbundmörtels kann die mögliche Abnutzung des Schraubengewindes an der Spitze nach dem Einbau kompensieren, so dass die Lastübertragung nun an der tiefsten Verankerungsstelle erfolgt, anders als bei einfachen Betonschrauben, bei denen die effektive Verankerungstiefe in der Regel gemäß den Bestimmungen der EN 1992-4 [3] reduziert wird. Um dies zu überprüfen, müssen Versuche durchgeführt werden, um festzustellen, ob die effektive Einbindetiefe, die für die Berechnungen des Ausbruchkegels (und der damit verbundenen Versagensarten) verwendet wird, als gleich der nominalen Einbindetiefe des Befestigungselements (in der Regel die gesamte Länge des Befestigungselements) angesehen werden kann oder ob ein Zwischenwert zwischen der nominalen Einbindetiefe und der für Betonschrauben definierten reduzierten Einbindetiefe berücksichtigt werden sollte.

Tabelle 4.2: Wesentliche Merkmale und Qualifikationskriterien in EADs

Last	Wesentliche Merkmale	Technische Parameter	Mechanische Dübel	Verbund-schraubanker	Verbundanker
Relevantes EAD			EAD 330232	EAD 332795	EAD 330499
Statisch/ quasi- statisch	Beton- ausbruch/ kombiniertes Versagen	Charakteristischer Widerstand, Betoneinfluss, Dauerlast	$N_{Rk,p}, \psi_c$	$N_{Rk,p,ucr/cr}, \psi_c, \psi_{sus}^0$	$\tau_{Rk}, \tau_{Rk100}, \psi_{sus}^0$
	Beton- ausbruch	Effektive Verankerung	$h_{ef} = 0.85 (h_{nom} - 0.5h_t - h_s) \leq 8d_0$	$h_{ef} = 0.85 (h_{nom} - 0.5h_t - h_s) \leq 8d_0$	$h_{ef} = h_{nom}$
Montage		Mindestdicke des Beton-elements	$h_{min} \geq \max(80 \text{ mm}, 1.5h_{ef} \text{ oder } 2h_{ef})$	$h_{min} \geq \max(80 \text{ mm}, 1.5h_{ef} \text{ oder } 2h_{ef}, h_1 + \Delta h)$	$h_{min} \geq \max(100 \text{ mm}, h_{ef} + \Delta h)$
		Temperatur- bereich	T1 (-40 °C bis +80 °C)	T1 (-40 °C bis +40 °C)	T1 (-40 °C bis +40 °C)
Empfindlichkeit gegenüber Montage		Aushärtezeit	Nicht erforderlich	Muss getestet werden, kann jedoch auf null gesetzt werden, wenn die Tests unmittelbar nach dem Setzen durchgeführt werden	variiert je nach Verbundmaterial
Seismisch	Herausziehen/ kombiniertes Versagen C1/C2	Charakteristischer Widerstand, Betoneinfluss, Dauerlast	$N_{Rk,p,eq}$	$N_{Rk,p,ucr/cr,eq}$	$\tau_{Rk,eq}, \psi_{sus}^0$
Brand	Herausziehen oder kombiniertes Versagen	Charakteristischer Widerstand R30 bis R120	$N_{Rk,p,fi}$	$N_{Rk,p,CS,fi}$	$\tau_{Rk,fi}, \psi_{sus,fire}^0$

5. BEMESSUNGSVERFAHREN NACH EN 1992-4 UND EOTA TR 075

5.1 Bemessungsnachweis im Hinblick auf statische Belastung nach EN 1992-4

Die Bemessungsnachweise in EN 1992-4 [3] für statische Zug- und Querkkräfte sind getrennt definiert und berücksichtigen alle relevanten Versagensarten für nachträglich installierte Dübel. Die Berechnung der Widerstandsfähigkeit von Verbundschraubankern gegen andere Versagensarten als kombiniertes Herausziehen und Betonausbruch erfolgt im Allgemeinen nach den in EN 1992-4 [3] angegebenen Gleichungen. Die Bemessungskriterien gegen Versagen durch Herausziehen bei mechanischen Dübeln und kombiniertes Herausziehen und Betonausbruch bei Verbundankern werden gesondert festgelegt.

Widerstand gegen Herausziehen von mechanischen Schraubankern: Der charakteristische Widerstand für mechanische Schraubanker ($N_{Rk,p}^0$) ergibt sich aus der produktbezogenen ETA.

Kombinierter Widerstand gegen Herausziehen und Betonausbruch von Verbundankern: Die Gleichungen der EN 1992-4 [3], die den charakteristischen Widerstand gegen diese Versagensart für Verbundanker definieren, verwenden die charakteristische Verbundfestigkeit (τ_{Rk}) als Haupteingabe für die Bestimmung der charakteristischen Zugtragfähigkeit ($N_{Rk,p}^0$) des Ankers.

EN 1992-4 [3] enthält jedoch keine Bemessungshinweise gegen kombiniertes Versagen durch Herausziehen und Betonausbruch speziell für Verbundschraubanker. Aus diesem Grund wurde ein neuer, von der EOTA herausgegebener technischer Bericht, der TR 075 [2], entwickelt. Dieses Dokument enthält die notwendigen Anpassungen der in der EN 1992-4 [3] vorgeschlagenen Bemessungsmethode entsprechend den neuen Parametern, die in der EAD 332795 [1] definiert und beurteilt wurden.

Die Zusammenfassung der Bemessungswiderstände für jede Versagensart ist in Tabelle 5.1 und Tabelle 5.2 definiert.

Tabelle 5.1: Bemessungsumfang nach EN 1992-4 gegen Zugbelastung

Versagensart	Umfang in EN 1992-4	Anmerkungen
Stahlversagen des Ankers	$N_{Rk,s}$ Wert ist in der entsprechenden ETA angegeben.	
Betonausbruch	$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{M,N}$	
Kombiniertes Versagen durch Betonausbruch und Herausziehen	Mechanische Dübel: $N_{Rk,p}$ (entnommen aus der entsprechenden ETA) Verbundanker: $N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{g,NP} \cdot \psi_{s,NP} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,NP}$	In EN 1992-4 gibt es keine klare Definition für Verbundschraubanker. Siehe EOTA TR 075 für aktualisierte Bemessungsüberlegungen

Tabelle 5.2: Bemessungsumfang nach EN 1992-4 gegen Querkraft

Versagensart	Umfang in EN 1992-4	Anmerkungen
Stahlversagen des Ankers ohne Hebelarm	$V_{Rk,s}$ Wert ist in der entsprechenden ETA angegeben.	
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	Mechanischer Dübel: $V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c}$ Verbundanker: $V_{Rk,cp} = k_8 \cdot \min \{N_{Rk,c}; N_{Rk,p}\}$	$N_{Rk,p}$ für Verbundschraubanker ist gemäß EOTA TR 075 zu berechnen, die in diesem Abschnitt erläutert wird
Betonkantenbruch	$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{h,v} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V}$	

5.2 Kombiniertes Versagen durch Herausziehen und Betonausbruch gemäß EOTA TR 075

Der Widerstand gegen kombiniertes Herausziehen und Betonausbruch für Verbundschraubanker ist in der EOTA TR 075 [2] beschrieben und hängt von der Widerstandsfähigkeit des Ankers sowie von den Eigenschaften des Verbundmaterials ab.

Der kombinierte Widerstand: Der charakteristische Widerstand gegen kombiniertes Herausziehen und Betonausbruch $N_{Rk,p,ucr/cr}$ für eine Gruppe von Verbundschraubankern wird abgeleitet, indem die Widerstandswerte des Ankers und des Verbundelements getrennt berechnet werden und dann die Gruppenwirkung durch Kombination der beiden berücksichtigt wird:

$$N_{Rk,p,ucr/cr} = N_{Rk,p,CS,ucr/cr} + \alpha_b \cdot N_{Rk,p,b,ucr/cr} \quad \text{EOTA TR 075, Gleichg. (1) und (12)}$$

$$\alpha_b = 1 - (1 - \varphi_{b,ucr/cr}) \cdot (s_{cr,Np} - s) / s_{cr,Np} \leq 1 \quad \text{EOTA TR 075, Gleichg. (3) und (13)}$$

Der Widerstand des mechanischen Teils (Schraubenelement) ist definiert durch $N_{Rk,p,CS,ucr/cr}$ und der Widerstand des chemischen Teils (Verbundelement) ist definiert durch $N_{Rk,p,b,ucr/cr}$. Beide Widerstände werden mit einem Faktor kombiniert, $\varphi_{b,ucr/cr}$ um den Beitrag der Bindungseigenschaften des Verbundmaterials für ungerissenen/gerissenen Beton zu berücksichtigen.

Widerstand des Dübels: Der charakteristische Widerstand einer einzelnen Betonschraube $N_{Rk,p,CS,ucr/cr}^0$ ist dem entsprechenden Produkt-ETA entnommen.

Der Widerstand des Betonschraubenteils in einer Gruppe von Dübeln wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$N_{Rk,p,CS,ucr/cr} = n \cdot N_{Rk,p,CS,ucr/cr}^0 \cdot \psi_{ec,Np,CS} \quad \text{EOTA TR 075, Gleichg. (2) und (15)}$$

Wenn eine unterschiedliche Zuglast auf einzelne Dübel in einer Gruppe wirkt, wird die Gruppenwirkung durch den Faktor berücksichtigt, $\psi_{ec,Np,CS} = \frac{1}{1+2 \cdot (e_N/s)} \leq 1$ und e_N, s werden mit den in EN 1992-4 [3] genannten Gleichungen berechnet. n ist die Anzahl der Dübel in einer Gruppe.

Widerstand des Verbundelements: Der charakteristische Widerstand des Verbundmaterials $N_{Rk,p,b,ucr/cr}^0$ für einen einzelnen Dübel ist der entsprechenden Produkt-ETA zu entnehmen.

Der Widerstand des Verbundmaterials in einer Gruppe von Dübeln wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$N_{Rk,p,b,ucr/cr} = N_{Rk,p,b,ucr/cr}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{sus} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,Np} \quad \text{EOTA TR 075, Gleichg. (5) und (16)}$$

$$\text{Dauerlastfaktor } \psi_{sus} = 1.0 \quad \text{for } \alpha_{sus} \leq \psi_{sus}^0 \quad \text{EOTA TR 075 Gleichg. (6) und (17)}$$

$$\psi_{sus} = (\psi_{sus}^0 - \alpha_{sus} + \varphi_{b,ucr/cr}) / \varphi_{b,ucr/cr} \quad \text{for } \alpha_{sus} > \psi_{sus}^0 \quad \text{EOTA TR 075, Gleichg. (7) und (18)}$$

ψ_{sus}^0 ist der Faktor, der die Auswirkung der Dauerlast auf die Verbundfestigkeit von Dübeln berücksichtigt und aus der produktbezogenen ETA abgeleitet wird.

Der Faktor ($\varphi_{b,ucr/cr}$) für den Beitrag der Verbundeigenschaft bei ungerissenem/gerissenem Beton wird anhand der folgenden Gleichung berechnet, und der Wert ist ≤ 1.0 .

$$\varphi_{b,ucr/cr} = N_{Rk,p,b,ucr/cr}^0 / (N_{Rk,p,CS,ucr/cr}^0 + N_{Rk,p,b,ucr/cr}^0) \quad \text{EOTA TR 075, Gleichg. (4) und (14)}$$

Die Gruppenwirkung von eng beieinander liegenden Dübeln wird durch $\psi_{g,Np}$ berücksichtigt und mit folgender Gleichung berechnet:

$$\psi_{g,Np} = \psi_{g,Np}^0 - \left(\frac{s}{s_{cr,Np}} \right)^{0,5} \cdot (\psi_{g,Np}^0 - 1) \geq 1 \quad \text{EOTA TR 075, Gleichg. (9) und (19)}$$

$$\psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{N_{Rk,p,b,ucr,cr}^0}{N_{Rk,c}} \right)^{1,5} \geq 1 \quad \text{EOTA TR 075, Gleichg. (10) und (20)}$$

$$N_{Rk,c} = k_3 \cdot h_{ef}^{1,5} \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad \text{EOTA TR 075, Gleichg. (11) und (21)}$$

$$k_3 = k_{ucr,N} = 11.0 \text{ und } k_3 = k_{cr,N} = 7.7$$

Der charakteristische Achsabstand wird mit folgender Gleichung bestimmt:

$$s_{cr,Np} = 4.1 \cdot \left(\psi_{sus} \cdot \frac{d}{h_{ef}} \cdot (N_{Rk,p,CS,ucr,c20/25}^0 + N_{Rk,p,b,ucr,c20/25}^0) \right)^{0,5} \leq 3h_{ef} \quad \text{EOTA TR 075, Gleichg. (8)}$$

d ist der Nenndurchmesser der Betonschraube und $N_{Rk,p,CS,ucr,c20/25}^0$ und $N_{Rk,p,b,ucr,c20/25}^0$ sind die charakteristischen Widerstände der Betonschraube und des Verbundelements für ein einzelnes Befestigungselement in ungerissenem Beton von definierter Festigkeit.

$A_{p,N}$ ist die tatsächlich projizierte Fläche und $A_{p,N}^0$ die ideale projizierte Fläche des Ausbruchkegels.

$\psi_{s,Np}$ berücksichtigt die Auswirkung des Randabstandes für die zugbelasteten Dübel, $\psi_{re,N}$ ist der Faktor, der die Auswirkung der im Beton befindlichen Bewehrung einbezieht und $\psi_{ec,Np}$ berücksichtigt die Exzentrizität einer auf eine Gruppe von Dübeln wirkenden Last.

5.3 Bemessungsnachweis bei seismischer Last

Es gilt das Bemessungsverfahren für nachträglich installierte Dübel unter seismischer Last nach EN 1992-4, Anhang C. Für kombiniertes Versagen durch Herausziehen und Betonausbruch wird der Widerstandswert nach EN 1992-4, Kl. 7.2.1.6 und EOTA TR 075, Kl. 3.2 unter Verwendung des jeweiligen charakteristischen mechanischen Widerstandes der Betonschraube $N_{Rk,p,CS,C1}^0$ or $N_{Rk,p,CS,C2}^0$ und des jeweiligen charakteristischen Verbundwiderstandes $N'_{Rk,p,CS,C1}$ or $N'_{Rk,p,CS,C2}$ aus der entsprechenden ETA ermittelt.

5.4 Bemessungsnachweis gegen Belastung im Brandfall

Es gilt das in EN 1992-4, Anhang D beschriebene Bemessungsverfahren für nachträglich installierte Dübel unter Brandeinwirkung. Für den Brandwiderstand wird nur der Widerstand der Betonschraube (ohne den Beitrag des Verbundmaterials) berücksichtigt. Anstelle des kombinierten Versagens durch Herausziehen und Betonausbruch wird ein Nachweis gegen Herausziehen nach EN 1992-4, Abschnitt 7.2.1.5 wie bei mechanischen Dübeln durchgeführt. Für den Nachweis des kombinierten Versagens von Verbund und Herausziehen sollte der Wert des charakteristischen Widerstands gegen Herausziehen einer Betonschraube $N_{Rk,p,CS,fi}$ aus der entsprechenden ETA entnommen werden. Zur Bestimmung des Widerstandes gegen Betonausbruch wird die effektive Verankerungstiefe nach EAD 330232, Abbildung 1.14, berechnet.

$$h_{ef} = 0.85 (h_{nom} - 0.5h_t - h_s) \leq 8d_0$$

Hinweis: Im Falle von HUS4-MAX trägt nur der mechanische Schraubenteil zur Brandbeständigkeit bei. Wenn die Verwendung eines Verbundankers in einem Projekt erforderlich ist, bietet HUS4-MAX eine bessere Leistung unter Brandeinwirkung und kann eine geeignete Wahl gegenüber den meisten herkömmlichen Verbundankerlösungen sein.

6. BEMESSUNGSBEISPIELE

6.1 Bemessungsbeispiel bei statischer Last

Projektanforderung: Ein I-Träger wird mithilfe von nachträglich installierten mechanischen Betonschrauben an einer Betonwand befestigt. Die 3D-Ansicht der Anwendungen ist in Abb. 6.1 dargestellt.

	Geometrie	
	Betondicke	250 mm
	Grundplatte	250 × 250 × 20 mm
	I-Profil	IPBi 140/HE 140 A
	Abstände zwischen den Dübeln	200 mm
	Sonstige	
	Materialien	Beton C20/25
	Nutzungsdauer	50 Jahre
	Montage	Hammerbohren/ horizontal, trocken

Abb. 6.1: Verbindung der Grundplatte mit nachträglich installierten Dübeln

Bemessungslasten und Ankereigenschaften:

Für die Befestigung werden nachträglich installierte Betonschraubanker Hilti HUS4-H verwendet. Die Einzelheiten zu Bemessungslast und die Eigenschaften sind in Tabelle 6.1 aufgeführt.

Tabelle 6.1: Bemessungslast und Ankereigenschaften

Anker	N [kN]	Vx [kN]			Ankertyp		Mechanisch	
1	7.5	2.5			Spezifikation des Ankers		HUS4-H	
2	7.5	2.5			Durchmesser des Ankers		d	10 mm
3	7.5	2.5			Effektive Verankerungstiefe		h_{ef}	64 mm
4	7.5	2.5			Nominelle Verankerungstiefe		h_{nom}	80 mm

Ergebnisse:

Der Entwurf wurde in der Software PROFIS Engineering überprüft und die Zusammenfassung der Auslastung ist in Tabelle 6.2 aufgeführt.

Tabelle 6.2: Zusammenfassung der Auslastung bei Verwendung des HUS4-H-Schraubankers

Versagensart unter Zug	Auslastung [%]	Versagensart bei Querlast	Auslastung [%]
Stahl	20	Stahl	13
Betonausbruchkegel	59	Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	10
Kombinierter Auszug	58	Betonkante	49
Maximale Auslastung für kombinierte Belastung			79

Note: Design resistances are considered from ETA 18/1160 [6]

Nun ist eine Ertüchtigung des Bestandsbauwerks erforderlich, und die Bemessungslasten werden gemäß dem in Tabelle 6.3 aufgeführten überarbeiteten Entwurf geändert.

Tabelle 6.3: Überarbeitete Ankerlasten und Auslastungsgrade unter Verwendung bestehender HUS4-H-Anker

Anker	N [kN]	Vx [kN]	Vy [kN]	Versagen unter Zug	[%]	Versagen bei Querbelastrung	[%]
1	11.25	2.5	0	Stahl	31	Stahl	13
2	11.25	2.5	0	Betonausbruchkegel	89	Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	10
3	11.25	2.5	0	Herausziehen	87	Betonkante	49
4	11.25	2.5	0	Maximale Auslastung für kombinierte Belastung			116

Aus der obigen Tabelle wird ersichtlich, dass die vorhandenen HUS4-H-Schraubanker für die geänderten Lasten nicht geeignet sind und die Größe erhöht werden muss, um die Bemessungskriterien zu erfüllen. Für die bestehende Struktur besteht eine mögliche Lösung darin, stattdessen die HUS4-MAX-Patrone einzusetzen. Dies ermöglicht die Verwendung desselben Bohrlochs mit einer HUS4-Schraube und einer HUS4-MAX-Patrone, erhöht aber die Leistung auf ein Niveau, das den neuen Belastungsanforderungen entspricht. Die Bemessung wurde für HUS4-H-Schraubanker mit HUS4-MAX-Patrone überprüft und das Ergebnis ist in Tabelle 6.4 dargestellt.

Tabelle 6.4: Zusammenfassung der Ergebnisse mit HUS4-MAX-Ankern der Größe d10 × 85 mm

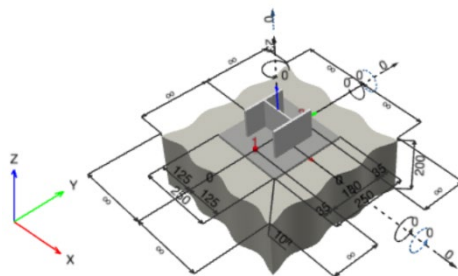
Versagensart unter Zug	Auslastung [%]	Versagensart bei Querlast	Auslastung [%]
Stahl	31	Stahl	12
Betonausbruchkegel	79	Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	8
Kombiniertes Versagen durch Herausziehen und Betonausbruch	74	Betonkante	48
Maximale Auslastung bei kombinierter Belastung			98

Die maximale Auslastung liegt innerhalb der zulässigen Grenzen für die geänderten Lasten, daher ist der HUS4-MAX-Anker eine geeignete Lösung für diese Anwendung.

6.2 Bemessungsbeispiel bei seismischer Belastung

Projektanforderungen:

Eine Rohrhalterung wird mithilfe von nachträglich installierten chemischen Dübeln mit einer Betonplatte verbunden. Die 3D-Ansicht der Anwendungen ist in Abb. 6.2 dargestellt.



Geometrie	
Betondicke	200 mm
Grundplatte	250 × 250 × 20 mm
I-Profil	IPBi 140/HE 140 A
Abstände zwischen den Dübeln	180 mm
Sonstige	
Materialien	Beton C20/25
Nutzungsdauer	50 Jahre
Montage	Hammerbohren/ horizontal, trocken

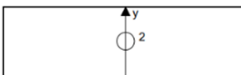
Abb. 6.2: Verbindung der Grundplatte mit nachträglich installierten chemischen Dübeln

Hinweis: Für Umbauarbeiten wird die deutsche nationale Zulassung [7] befolgt

Bemessungslasten:

Die Bemessung wird für die Erdbeben-Kategorie C2, elastisches Design für die in Tabelle 6.5 angegebenen Lasten geprüft. Für die Verbindung werden nachträglich installierte chemische Dübel Hilti HIT-HY 200-A V3+HAS-U verwendet, die Details sind wie folgt:

Tabelle 6.5: Bemessungslast und Ankereigenschaften

Anker	N [kN]	Vx [kN]	Vy [kN]		Ankertyp		Chemisch	
1	11.5	0	0		Spezifikation des Ankers		HIT-HY 200-A V3 + HAS U 8.8	
2	11.5	0	0		Durchmesser des Ankers		d	12 mm
					Effektive Verankerungstiefe		h_{ef}	170 mm

Ergebnisse:

Die Bemessung wurde in der Software PROFIS Engineering überprüft und die Zusammenfassung der Auslastung ist in Tabelle 6.6 aufgeführt.

Tabelle 6.6: Zusammenfassung der Auslastung bei Verwendung des chemischen Dübels HIT-HY 200 A V3

Versagensart unter Zug	Auslastung [%]	Versagensart bei Querlast	Auslastung [%]
Stahl	26	Stahl	-
Betonausbruchkegel	45	Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	-
Kombiniertes Versagen durch Herausziehen und Betonausbruch	142	Betonkante	-
Maximale Auslastung für kombinierte Belastung			142

Die Anker HIT-HY 200-A V3 + HAS-U mit einem Durchmesser von 12 mm erfüllen nicht die Bemessungskriterien für seismische Lasten. Die Dicke des Betons beträgt 200 mm und die maximal zulässige Tiefe für HY 200-Anker ist 170 mm. Da die Verankerungstiefe der vorhandenen Anker nicht vergrößert werden kann, kann der HY 200-Anker der Größe M12 nicht verwendet werden. Eine Möglichkeit, die Bemessung zum Erfolg zu führen, besteht darin, den Durchmesser zu vergrößern. Eine erhöhte Größe von M16 x 110 mm kann die Bemessungskriterien erfüllen (Tabelle 6.7). Als Alternative wurde die Bemessung mit Verbundschraubankern HUS4-MAX geprüft. Ein HUS4-MAX-Anker der Größe d14 x 115 mm kann erfolgreich nachgewiesen werden, gemäß in Tabelle 6.7 angegebene Bemessung und Auslastung.

Tabelle 6.7: Zusammenfassung der Auslastungen mit HIT-HY 200 und HUS4-MAX

HIT-HY 200 (M16 x 110 mm)		HUS4-MAX (d14 x 115 mm)	
Versagensart unter Zug	Auslastung [%]	Versagensart unter Zug	Auslastung [%]
Stahl	14	Stahl	17
Betonausbruchkegel	75	Betonausbruchkegel	71
Kombiniertes Versagen durch Herausziehen und Betonausbruch	99	Kombiniertes Versagen durch Herausziehen und Betonausbruch	96

Hinweis: Die erhöhte Größe des HUS4-MAX-Hybridsystems zur Erfüllung des Entwurfs ist immer noch kleiner als die erforderliche Größe für HIT-HY 200 bei gleicher Eindringtiefe. Außerdem ist die Montage von HIT-HY 200 im Vergleich zum HUS4-MAX-Ankersystem zeitaufwändiger, was zu einer optimierten Lösung mit einfacherem Einbau beiträgt.

7. VORTEILE DER VERWENDUNG VON HUS4-MAX FÜR GEEIGNETE ANWENDUNGEN

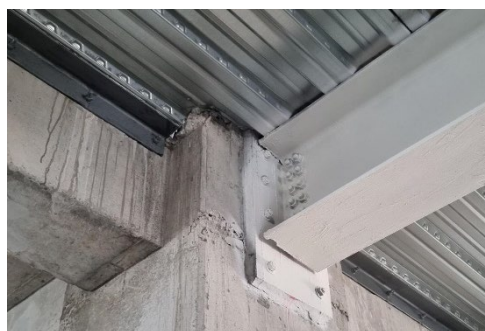
Wir von Hilti kombinieren geeignete Spezifikationen und Praktiken auf der Baustelle mit unserer Unterstützung vor Ort, um sicherzustellen, dass eine Anwendung wie angegeben ausgeführt und installiert werden kann. Der Hilti HUS4-MAX-Verbundschraubanker bietet aufgrund seiner Eigenschaften mehrere Vorteile gegenüber vielen mechanischen und Verbundsystemen:

SPEC²„SITE

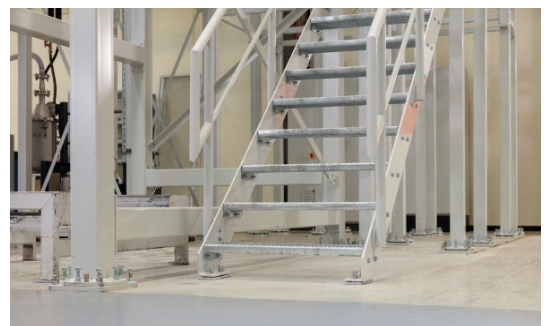
- **Hohe Belastbarkeit:** Verbundschraubanker bieten eine ausgezeichnete Belastbarkeit, zusätzlichen Brandwiderstand sowie eine sofortige Belastbarkeit wie mechanische Dübel. Diese Dübel eignen sich für eine Vielzahl von tragenden und nicht-tragenden Anwendungen, in ungerissenem und gerissenem Beton (C20/25 bis C50/60), unter statischer und seismischer Last und wenn Brandbeständigkeit erforderlich ist.
- **Schnelle und effiziente Montage:** Die Montage ist so konzipiert, dass sie schnell und einfach ist und im Vergleich zu Verbundankern weniger Zeit in Anspruch nimmt. Diese schnellere, einfachere und sicherere Montage – ohne die Notwendigkeit, das Bohrloch zu reinigen, mit minimalen Abhängigkeiten von Temperaturen auf der Baustelle unter praktisch allen Bedingungen, mit der Möglichkeit der Justierung und der Möglichkeit der Entfernung im Falle einer falschen Montage – trägt zur Steigerung der Produktivität auf der Baustelle bei.
- **Optimierte und normenkonforme Lösung:** Eine optimierte, leistungsstarke und effiziente Lösung für die relevanten Anwendungen, mit kleinen Randabständen und Abständen, die typisch für einen Schraubanker sind, sowie die Einhaltung der europäischen Normen und die vollständige Integration in die Hilti PROFIS Engineering Software gewährleisten einen effizienten und genauen Bemessungsprozess.

Hilti HUS4-MAX Verbundschraubanker können für folgende Anwendungen empfohlen werden:

Tragende und konstruktive Verbindungen: HUS4-Max eignet sich für gerissenen und ungerissenen Normalbeton (C20/25 bis C50/60) unter statischer, quasi-statischer und seismischer (C1 / C2) Last. Der Clou ist die doppelte Haltefunktion (Hinterschnitt und Haftung). In Abb. 7.1 sind einige Beispiele für die Anwendung von HUS4-MAX-Ankern für mittelschwere bis schwere Anwendungen dargestellt.



a) Grundplatte der Säule

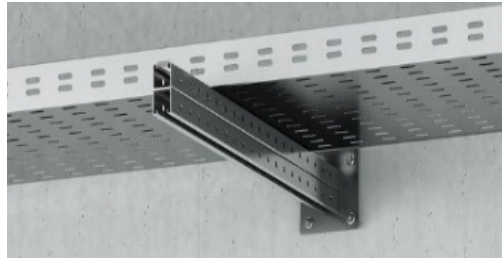


b) Stahltreppe

Abb. 7.1: Beispiele für primäre und sekundäre Verbindungen

Untergeordnete Anwendungen: Auch wenn es sich um eine untergeordnete Anwendung handelt, bedeutet dies NICHT, dass es keine Sicherheitsrelevanz gibt. Die EOTA TR 075 [2]/EN1992-4 [3] ist für sicherheitsrelevante Anwendungen bestimmt, bei denen das Versagen von Befestigungen zum Einsturz oder teilweisen Einsturz des Bauwerks führen kann, was eine Gefahr für Menschenleben darstellen oder zu erheblichen wirtschaftlichen Verlusten führen kann. In diesem Zusammenhang umfasst sie auch nicht tragende Elemente, die von neuen oder bestehenden Gebäuden getragen werden oder an ihnen angebracht sind, wie Geländer, Dächer und leichte Stahlkonstruktionen. Die Hilti HUS4-Schraube und die Hilti HUS4-Verbundschraube bieten Ihnen für solche Anwendungen die Möglichkeit, mit kleinsten Rand- und Abstandsabständen zu konstruieren, wie sie bei chemischen Dübeln verwendet werden.

Darüber hinaus ist die Hilti HUS4-Verbundschraube auch in Verbindung mit der Mörtelpatrone noch vollständig entfernbar. Zwei Beispiele für Anwendungen sind in Abb. 7.2 dargestellt.



a) MT-Träger für Elektrik



b) Befestigung von Handläufen

Abb. 7.2: Beispiele für nicht-tragende Verbindungen

Der Verbundschraubanker HUS4-MAX ist aufgrund seiner Flexibilität und Montagefreundlichkeit auch die bevorzugte Wahl für die Verbindung von Haustechnik, Gebäudesystemen und Maschinen. Die kombinierte Haltefunktion und die Möglichkeit zur Demontage bieten den Vorteil, dass sie bei Funktionsänderungen flexibler sind.

8. FAZIT

Der Beton-Schraubanker Hilti HUS4 ist die neueste Generation der Hilti Verbundbetonschraube, die seit vielen Jahren auf Baustellen für temporäre und permanente Befestigungen eingesetzt wird. Die neueste Hilti HUS4-Verbindungsschraube baut auf dieser Technologie auf, indem sie die Schraube mit der HUS4-MAX-Folienpatrone kombiniert. Dies führt zu einer hochleistungsfähigen, effizienten, optimierten Designspezifikation, die eine schnellere, einfachere, sicherere und nachhaltige Montage ermöglicht.

Außerdem bietet sie eine größere Flexibilität bei Bemessungsänderungen: Durch die Verwendung der Mörtelpatrone können konstruktive Herausforderungen und Einschränkungen, die mit der einen oder anderen Technologie verbunden sind, angegangen werden, ohne die Einfachheit der Montage oder die Produktivität der Bauunternehmer auf der Baustelle zu beeinträchtigen.

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

9. REFERENZEN

- [1] EOTA EAD 332795-01-0601: Bonded screw fasteners for use in concrete, Brussels: EOTA, in Vorbereitung.
- [2] EOTA TR 075: Design of bonded screw fasteners for use in concrete, Brussels: EOTA, in Vorbereitung.
- [3] EN 1992-4:2018: Eurocode 2 - Design of concrete structures - Part 4: Design of fastenings for use in concrete, Brussels: CEN, 2018.
- [4] EOTA EAD 330499-02-0601: Bonded fasteners and bonded expansion anchors for use in concrete, Brussels: EOTA, 2024.
- [5] EOTA EAD 330232-01-0601: Mechanical fasteners for use in concrete, Brussels: EOTA, 2021.
- [6] ETA-18/1160: HUS4 Bonded screw, Bonded screw fastener for use in concrete, Berlin: DIBt, 16.01.2025.
- [7] General construction technique permit: Z-21.8-2137- Hilti HUS4 concrete screw for temporary fastenings in concrete, Kaufering: DIBt, 21.12.2021.



Hilti Aktiengesellschaft
9494 Schaan, Liechtenstein
P +423-234 2965

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