



Verbindung von Holzbauwerken am Beton mittels Stahlelementen

Verwendung von nachträglich installierten
Dübelsystemen



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1. Einleitung	6
2. Anwendungen von Holz an Beton	8
2.1 Verbindungen zwischen Holzwänden und Beton	9
2.2 Verbindungen zwischen Holzstützen und Beton	11
2.3 Verbindungen zwischen Holzbalken und Beton	13
2.4 Holzpaneel an Betonstütze oder Wand	15
3. Nachträglich installierte Dübel	16
3.1 Nachträglich installierte mechanische und geklebte Dübel	16
3.1.1 Mechanische Dübel	17
3.1.2 Geklebte Dübel	18
3.2 Versagensarten und wesentliche Einflussfaktoren	18
3.2.1 Versagensarten unter Zugbelastung	18
3.2.2 Versagensarten unter Schubbelastung	19
3.2.3 Weitere Faktoren, die die Dübel-Leistung beeinflussen	20
3.3 Qualifikation und Design von nachträglich installierten Dübeln	21
3.4 PROFIS Engineering: leistungsstarke Software für effizientes Design	22
3.5 Typische Hilti-Dübel zur nachträgliche Installationen von Holz-Beton-Verbindungen	23
4. Technische Daten/Eigenschaften der gängigsten nachträglich installierten Dübel von Hilti	25
4.1 Hilti HST4 (-R) Bolzenanker	26
4.1.1 Minimale Betonplattenstärke, Randabstand und Achsabstand	27
4.1.2 Bemessungswiderstand für statische, quasi-statische und seismische C2-Dübel	29
4.2 Hilti HST2 V3 Bolzenanker	31
4.2.1 Minimale Betonplattenstärke, Randabstand und Achsabstand	32
4.2.2 Bemessungswiderstand für statische, quasi-statische und seismische C2-Dübel	34
4.3 Hilti HUS4 Schraubanker für Beton	35
4.3.1 Minimale Betonplattenstärke, Randabstand und Achsabstand	36
4.3.2 Bemessungswiderstand für statische, quasi-statische und seismische C1-Dübel	37
4.4 Hilti HIT-HY200-A V3 und -R V3 Injektionsmörtel mit HAS U-Ankerstangen	38
4.4.1 Minimale Betonplattenstärke, Randabstand und Achsabstand	40
4.4.2 Bemessungswiderstand für statische, quasi-statische und seismische C2-Dübel	41
4.5 Hilti Verbundankerpatrone HVU2 mit HAS U-Ankerstangen	42
4.5.1 Minimale Betonplattenstärke, Randabstand und Achsabstand	43

4.5.2	Bemessungswiderstand für statische, quasi-statische und seismische C2-Dübel	44
5.	Design-Beispiele	45
5.1	Checkliste vor Beginn des Designs nachträglich installierter Dübel	47
5.2	Design mit Hilti PROFIS Engineering	48
5.3	Beispiel 1: Verbindung zwischen Holzwand und Betonfundament mit Zugankern und geklebten Dübeln	50
5.3.1	Kurzbeschreibung der Anwendung	50
5.3.2	Zusammenfassung der relevanten Projektinformationen	51
5.3.3	Ausgewählte nachträglich installierte Dübel und Installationsbedingungen	51
5.3.4	Daraus resultierende Verankerungskräfte	51
5.3.5	Design-Verifizierung für Versagensarten unter Zugbelastung	52
5.3.6	Für die Anwendung geeignete alternative Hilti-Dübel	54
5.4	Beispiel 2: Verbindung zwischen Holzpaneel und Betonplatte mit Winkelverbindern und Schraubankern	55
5.4.1	Kurzbeschreibung der Anwendung	55
5.4.2	Zusammenfassung der relevanten Projektinformationen	55
5.4.3	Ausgewählte nachträglich installierte Dübel	56
5.4.4	Resultierende Verankerungskräfte	56
5.4.5	Design für Versagensarten unter Zugbelastung	56
5.4.6	Design für Versagensarten unter Schubbelastung	59
5.4.7	Designs für kombinierte Zug- und Schubkräfte	61
5.4.8	Für die Anwendung geeignete alternative Hilti-Dübel	62
6.	Zusammenfassung	63
7.	Referenzprojekte	64
7.1	Hauptsitz Umweltbank Nürnberg, Deutschland	64
	Danksagung	66
	Referenzen	67

Vorwort

von

Dr. Lars Taenzer

BU Head, Anchors

Hilti Corporation



In der heutigen, sich rasant entwickelnden Welt ist es unerlässlich, über die neuesten Entwicklungen in der Bauindustrie auf dem Laufenden zu bleiben. Neben anderen Vorteilen bietet Holz als nachwachsender Rohstoff mit einer geringeren CO₂-Bilanz als herkömmliche Materialien wie Beton und Stahl erhebliche ökologische Vorteile für die Bauindustrie. Daher stand in den letzten Jahren die Entwicklung von Holz-Beton-Verbindungen im Mittelpunkt des Interesses. Denn die Nachfrage nach hybriden Konstruktionen, die die Nachhaltigkeit und Flexibilität von Holz mit der Festigkeit und Langlebigkeit von Beton vereinen, nimmt insbesondere bei mittelhohen und hohen Gebäuden weiter zu. Diese Verbindungen wurden durch Fortschritte in den Bereichen Werkstoffe, Ingenieurwesen und Bautechnologien weiterentwickelt.

Dieses Handbuch bietet einen Überblick über die Standardanwendung von Holz-Beton-Verbindungen. Dazu gehören beispielsweise Verbindungen zwischen tragenden Bauteilen aus Holz, wie Holzstützen, Holzbalken und Holzwänden, und tragenden Bauteilen aus Beton, wie Fundamenten oder tragenden Wänden. In solchen Anwendungen kommen in der Regel verschiedene Stahlbauteile zum Einsatz. Diese werden typischerweise mit den Holzbauteilen verschraubt oder verdübelt und über nachträglich installierte Dübel mit dem Beton verbunden. Das Design sowie die Verwendung geeigneter, nachträglich installierter Dübel hängt von den Lastanforderungen, den Umgebungsbedingungen und den Installationsmethoden ab. All diese Faktoren müssen für jeden Einzelfall berücksichtigt werden.

Das Handbuch deckt ein breites Spektrum an Themen ab: von den grundlegenden mechanischen Prinzipien nachträglich installierter Dübel über Anwendungsanforderungen bis hin zu den wesentlichen Eigenschaften. Darüber hinaus wird eine geeignete Auswahl potenzieller Lösungen aus dem aktuellen Hilti-Portfolio vorgestellt. Dabei werden ihre wichtigsten Merkmale, erforderlichen Zulassungen und Qualifikationen sowie die Designprinzipien gemäß den europäischen Normen unter Berücksichtigung relevanter Designbeispiele, die mit der PROFIS Engineering-Software erstellt wurden, erläutert.

Dieses Handbuch ist eine wichtige Referenz für Tragwerksplaner und andere Baufachleute, die sich mit nachträglich installierten Dübeln noch nicht so gut auskennen oder sich über die neuesten Produkte in diesem Bereich informieren möchten. Es bietet eine solide Grundlage und untersucht neue Trends, damit man auf zukünftige Herausforderungen und Chancen vorbereitet ist. Es ist mir eine Ehre, dieses Buch vorstellen zu dürfen. Ich bin überzeugt, dass es für alle, die sich neu mit Holz-Beton-Verbindungen befassen, sowie für Bauunternehmer, interne technische Teams und andere, die direkt oder indirekt mit solchen Anwendungen zu tun haben, zu einer unverzichtbaren Quelle werden wird.

1. Einleitung

Die Befestigung von Holz an Beton ist ein wesentlicher Bestandteil von Holzgebäuden. Sie ermöglicht die Integration beider Materialien und verbessert somit die Leistungsfähigkeit der Gesamtkonstruktion. Da sie für die Lastübertragung zwischen den verschiedenen Bauelementen von entscheidender Bedeutung sind, müssen Design und Ausführung von Holz-Beton-Verbindungen strengen Qualitäts- und Sicherheitsnormen entsprechen. Für die Befestigung von Holz an Beton sind auf dem Markt verschiedene Lösungen und Technologien erhältlich. Diese reichen von eher traditionellen Lösungen wie Stahlwinkeln, Schubplatten und Stahl-Stützenfußplatten bis hin zu innovativen, maßgeschneiderten Lösungen, die in der Regel in den Fertigungsprozess integriert sind. Ein Beispiel hierfür ist der Hilti Coupler Wood, der zur Verbindung zweier Holzelemente oder eines Holzelements mit einem Betonbauteil verwendet wird. Er überträgt sowohl Zug- als auch Schubkräfte vom Holzbauteil über den Verbinder und den Dübel auf das Grundmaterial.

Zu den verschiedenen verwendeten Methoden zählen nachträglich installierte Dübel, die eine der gängigsten Technologien zur Befestigung von Holzbauteilen an Betonbauteilen wie Fundamenten, Stützen, Decken oder Wänden darstellen. Die Verbindungen können mit oder ohne zusätzliche Stahlelemente wie Winkelverbinder, Schubplatten oder Schlitzbleche hergestellt werden. In der Regel werden die Stahlelemente mit Schrauben oder Dübeln an den Holzbauteilen befestigt. Die Verbindung mit dem Beton erfolgt über nachträglich installierte Dübel. Aus technologischer Sicht lassen sich nachträglich installierte Dübel in zwei Hauptkategorien einteilen: mechanische Dübel, die durch Reibung und Formschluss die Lasten auf das Untergrundmaterial übertragen, und geklebte Dübel, die Klebstoffe wie Epoxidharze verwenden, um den Dübel an seinem Platz zu sichern. Jeder Typ hat unterschiedliche Vor- und Nachteile und eignet sich möglicherweise besser für bestimmte Anwendungen und/oder Baustellenbedingungen.

Das Design nachträglich installierter Dübel hängt von mehreren Faktoren ab. Dazu zählen die Dübeltechnologie und -größe, die Betoneigenschaften und -qualität, die Geometrie der Anschlüsse (zum Beispiel die Winkelgröße), die Lastgröße und -richtung sowie die Rand- und Achsabstände. All diese Parameter beeinflussen die Nutzung und die Versagensarten der Dübel in unterschiedlichem Maße. Daher müssen die Auswahl und das Design nachträglich installierter Dübel den einschlägigen Vorschriften und Normen sowie bewährten Verfahren und Empfehlungen von Herstellern und Experten entsprechen. Die europäische Norm EN 1992-4 [2] stellt eine umfassende Design-Methodik für Dübel bereit. Sie gilt sowohl für mechanische als auch für geklebte Dübel für unterschiedliche Lastbedingungen, einschließlich statischer, seismischer und brandbedingter Lasten.

Das Ziel dieses Handbuchs ist es, eine Anleitung zur Auswahl und zum Design nachträglich installierter Dübel für Holz-Beton-Verbindungen (siehe Abb. 1.1) zu geben. Es enthält Designbeispiele und detaillierte Berechnungen. Dieses Handbuch richtet sich in erster Linie an Bauingenieure, die im Bereich Holzbau tätig sind und ihr Fachwissen im Bereich Dübeltechnik vertiefen möchten. Auch für Baufirmen und andere Fachleute, die häufig mit dieser Art von Anwendung zu tun haben, ist es nützlich. Es werden folgende Themen behandelt:

- Eine Übersicht über typische Anwendungen für Holz-Beton-Verbindungen, einschließlich Stützen, Trägern, Wänden, Boden- und Dachsystemen, mit weiteren Hinweisen auf relevante Hilti-Lösungen für jede Anwendung ([Kapitel 2](#) und [4](#)).
- Ein kurzer Überblick über nachträglich installierte Dübel, ihre Funktionsweise und ihr Design gemäß EN 1992-4 [2] ([Kapitel 3](#)).
- Illustrative Design-Szenarien, die die relevanten Schritte im Design-Prozess für Dübel beschreiben, unterstützt durch die erforderlichen Berechnungen gemäß EN 1992-4 [2], wie sie in der Hilti PROFIS Engineering-Software implementiert sind ([Kapitel 5](#)).

Wir hoffen, dass Ihnen dieses Handbuch bei der Auswahl und dem Design von Holz-Beton-Verbindungen für Ihre Bauprojekte erfolgreich weiterhilft. Zudem laden wir Sie ein, sich bei technischen Fragen oder wenn Sie Unterstützung benötigen, an unser Expertenteam zu wenden.

Hinweis: Weitere Informationen finden Sie im Hilti HCW-Whitepaper [1].





Abb. 1.1: Holzbau-Baustelle

2. Anwendungen von Holz an Beton

Eine der größten Herausforderungen im Holzbau ist die Verbindung von Holzelementen mit Betonfundamenten bzw. dem restlichen Betonunterbau in Hybridbauten. Nicht immer sind vorgefertigte oder eingegossene Lösungen möglich, sodass nachträglich installierte Lösungen die einzige praktikable Wahl darstellen. Diese können beispielsweise dann erforderlich sein, wenn an der Schnittstelle zwischen Beton und Holzelementen Höhenunterschiede vorhanden sind. In Abbildung 2.1 ist eine typische Baustelle für Holz-Beton-Konstruktionen dargestellt. In der Regel erfordern nachträglich installierte Befestigungslösungen die Verwendung von Metallplatten, Stützen oder Winkeln (siehe Abb. 2.2). Diese werden auf einer Seite mit den Holzelementen verschraubt und auf der anderen Seite am Beton befestigt. Solche Verfahren bieten im Allgemeinen eine höhere Flexibilität bei der Positionierung und eine einfachere Inspektion. Aus ästhetischer Sicht sind sie jedoch möglicherweise weniger attraktiv. Sie können auch zusätzliche Herausforderungen bei der Installation mit sich bringen, beispielsweise in Bereichen mit dichter Bewehrung. Weitere Einzelheiten zu nachträglich installierten Dübeln, wie Funktionsweise, Versagensarten, Qualifikationsrahmen usw., werden in [Kapitel 3](#) erörtert. Weitere Befestigungslösungen sind Dübel, die durch das Holzelement getrieben werden (siehe Abb. 2.3). Sie eignen sich beispielsweise zur Befestigung von Balken an Wänden oder zur Verbindung von Schwellen leichter Holzrahmenkonstruktionen mit Betonfundamenten.

Die Verbindung eines Stahlwinkels (oder anderer metallischer Verbinder) mit einem Holzbauteil erfolgt in der Regel mithilfe mechanischer Befestigungselemente wie Holzschrauben oder Nägeln. Die Leistung der Verbindung hängt von mehreren Parametern ab. Die Gesamtleistung der Verbindungen kann beispielsweise durch die mechanischen Eigenschaften des Holzes, die Anzahl, Qualität und mechanischen Eigenschaften der Befestigungselemente, die Abstände zwischen den Befestigungselementen und zum Rand der Elemente sowie weitere Faktoren beeinflusst werden. Die gängigsten Befestigungselemente für Holz-Stahl-Verbindungen sind Nägel, Schrauben, Bolzen und Dübel (aus Stahl oder Holz). Für festere Verbindungen werden Verbund-Ankerstangen verwendet. Bei der Gestaltung der Verbindung sind auch eine Reihe zusätzlicher Anforderungen zu berücksichtigen. Diese reichen von Geometrie und Ästhetik über Umweltfaktoren (Feuchtigkeit, Haltbarkeit) und Feuerbeständigkeit bis hin zu Kosten, Installation, Materialverträglichkeit und Zulassungen für den Einsatz unter bestimmten Lastbedingungen (z. B. seismische Belastungen). Die Hersteller dieser Anschlüsse sowie internationale Normen und Standards, wie beispielsweise EN 1995-1 [3], bieten detaillierte Informationen zum Design von Holz-Metall-Verbindungen und den entsprechenden Befestigungslösungen. Oft werden allerdings nur wenige Hinweise zur Befestigung des Anschlusses am Beton gegeben.

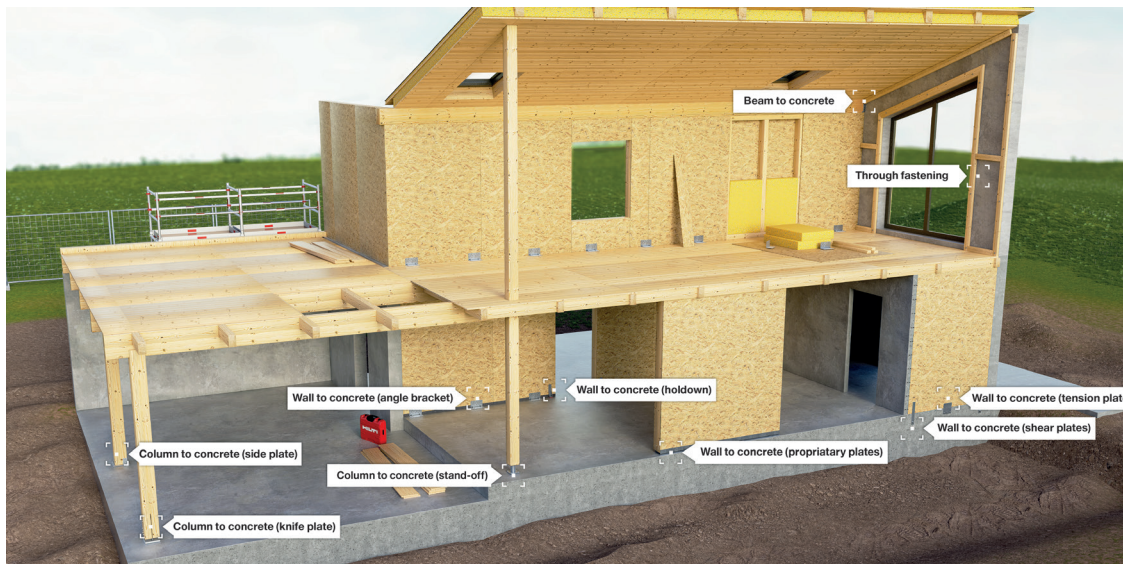


Abb. 2.1: Holzbau-Baustelle

In diesem Kapitel werden nicht alle möglichen Holz-zu-Beton-Verbindungen behandelt – die aufgrund des kontinuierlichen technologischen Fortschritts zahlreich sind und sich ständig weiterentwickeln –, sondern es werden repräsentative Anwendungsbeispiele gesammelt, bei denen nachträglich installierte Dübel typischerweise zum Einsatz kommen.



Abb. 2.2: Setzen eines Betonschraubankers zur Befestigung eines Holzrahmenwandelements am Beton mittels eines Stahlwinkels



Abb. 2.3: Installation eines Betonschraubankers zur Befestigung eines Holzbalkens direkt durch das Holzelement am Beton

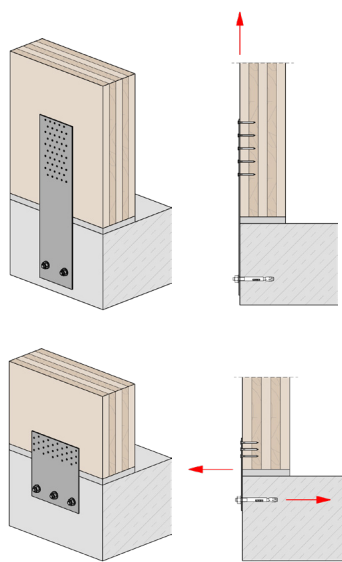
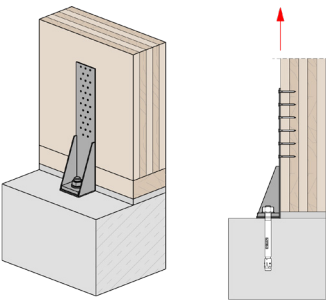
2.1 Verbindungen zwischen Holzwänden und Beton

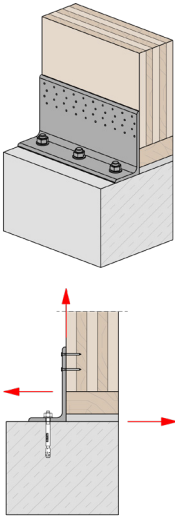
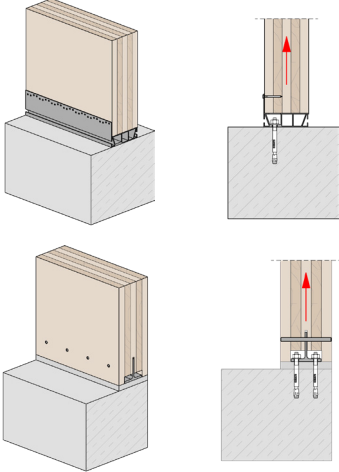
In diesem Abschnitt werden die gängigsten Methoden zur Verbindung von Holzwänden mit Betonfundamenten bzw. -platten erläutert. In der Regel sind solche Verbindungen so ausgelegt, dass sie horizontalen, vertikalen oder kombinierten Einwirkungen standhalten. Die Auswahl der zu verwendenden Befestigungselemente wird von mehreren Parametern beeinflusst. Dazu zählen die Holzkonstruktion der Wand, die gewählte Isolierungslösung, die maximal erforderliche Tragfähigkeit der Befestigung, das Nagelmuster für die Befestigung an der Holzwand, das Vorhandensein von Ausgleichsmörtel sowie die Position der Wand im Verhältnis zum Rand der Betonplatte oder des Fundaments. In Abbildung 2.4 sind einige häufig verwendete Verbindungen zwischen Holzwänden und Betonbodenplatten, -decken oder -fundamenten dargestellt. Die wichtigsten Merkmale dieser Verbindungen sind in Tabelle 2.1 aufgeführt. Für die hier vorgestellten Lösungen sind nachträglich installierte Dübel erforderlich, in der Regel Spreiz-, Schraub- oder chemische Dübel, je nach erforderlicher Leistungsfähigkeit für die weitere Verbindung mit Betonelementen.



Abb. 2.4: Holzwand an Beton Anwendung

Tabelle 2.1: Holzwand an Beton Verbindungen

Anwendungsdarstellungen	Die wichtigsten Merkmale
	Schub- und Zugplatten Verbindungen mit externen Metallplatten sind in der Regel zur Aufnahme hauptsächlich unidirektionaler Lasten (Schubkraft oder Zugkraft) ausgelegt und können gelegentlich auch Kräfte außerhalb der Ebene aufnehmen. Die Platten werden mit Schrauben oder Nägeln an der Holzwand befestigt und mit nachträglich installierten Dübeln am Beton. Es sind mehrere markenrechtlich geschützte Lösungen in verschiedenen Größen und mit spezifischer Tragfähigkeit auf dem Markt erhältlich. Um Höhenunterschiede an der Oberseite des Betonelements auszugleichen, kann eine Zwischenschicht aus Mörtel zwischen Wand und Beton aufgetragen werden. Für diese Anwendung sind nachträglich installierte Bolzenanker und Schraubanker gleichermaßen geeignet. Sie können je nach Installationspräferenz und erforderlicher Tragfähigkeit ausgewählt werden. Bei höheren Traglasten oder Anwendungen in Randbereichen können chemische Dübel die geeignetere Option sein.
	Zuganker Zuganker sind hohe Winkelverbinder aus Stahl. Sie sind in der Regel dafür ausgelegt, vertikale Abhebelasten an Wänden standzuhalten. Es gibt mehrere Optionen auf dem Markt. In der Regel müssen sie mit rechtwinklig zur Holzwand angebrachten Holzschrauben oder Nägeln an der Holzwand befestigt werden. Häufig wird die Verbindung zum Beton mit einem einzigen Dübel mit mittlerem bis großem Durchmesser hergestellt, der nachträglich installiert wird. Fortgeschrittenere Lösungen können diagonale Holzschrauben und/oder mehrere Dübel verwenden, um auch horizontale Kräfte aufzunehmen. Für ihre Installation sind jedoch möglicherweise speziell entworfene Aussparungen in der Holzwand erforderlich. Aufgrund der hohen Kräfte, die in der Regel auf den Beton übertragen werden, sind nachträglich installierte Bolzenanker mit großen Durchmessern (M16 oder M20) sowie chemische Dübel (M16 oder größere Durchmesser) die typische Wahl für Zuganker. Chemische Dübel sind die bevorzugte Wahl, wenn der Befestigungspunkt sehr nah am Rand eines Betonelements liegt.

Anwendungsdarstellungen	Die wichtigsten Merkmale
	Winkelverbinder Winkelverbinder können Lasten von Holzwänden zu Beton in vertikaler und horizontaler Richtung sowie innerhalb und außerhalb der Ebene aufnehmen. Um Höhenunterschiede der Betonoberfläche auszugleichen, kann eine Schicht Mörtel unter der Wand aufgetragen werden. In der Regel wird die Holzwand mit Holzschrauben oder Nägeln an dem Winkel befestigt und mithilfe von nachträglich installierten Dübeln am Beton fixiert. Es sind mehrere markenrechtlich geschützte Lösungen mit unterschiedlichen Abmessungen und Tragfähigkeiten auf dem Markt erhältlich. Für diese Anwendung sind nachträglich installierte Bolzenanker und Schraubanker gleichermaßen geeignet. Sie können je nach Installationspräferenz und erforderlicher Tragfähigkeit ausgewählt werden. Chemische Dübel können eine Option sein, um größere Kräfte auf den Beton zu übertragen. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn die Dübel sehr nah am Rand des Betons liegen.
	Spezielle Profile (Schlitten, Schuhe) oder Schlitzbleche In der Regel handelt es sich bei diesen Verbindungen um patentierte Systeme von Spezialherstellern oder um maßgeschneiderte Metallelemente, die an die spezifischen Designanforderungen des jeweiligen Projekts angepasst werden. Sie können sowohl vertikale als auch horizontale Lasten tragen. Verbindungen können kontinuierlich oder unterbrochen erfolgen. Schlitten und Schuhe werden in der Regel mit Holzschrauben an der Holzwand befestigt - Schlitzbleche hingegen häufig mit Dübeln. In der Regel werden beide Lösungen mit nachträglich installierten Dübeln am Beton befestigt. Um Unebenheiten des Betonuntergrunds auszugleichen, kann es erforderlich sein, die Profile auf einer darunterliegenden Schicht aus Fugenmörtel zu installieren. Bei dieser Art von Anwendungen kommen häufig Bolzenanker und Schraubanker zum Einsatz.

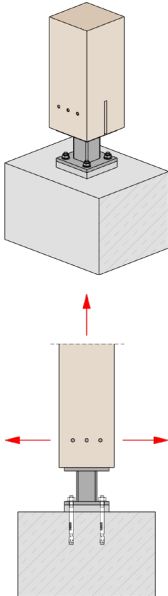
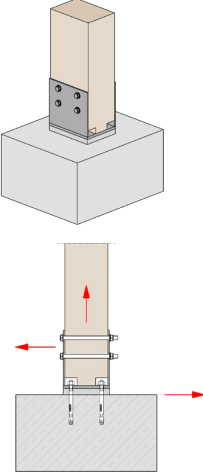
2.2 Verbindungen zwischen Holzstützen und Beton

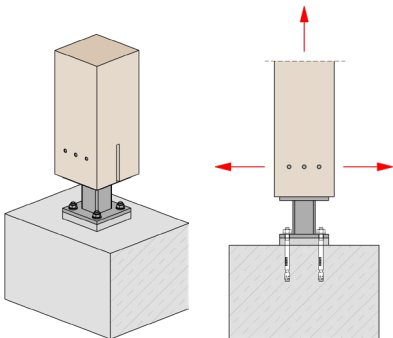
Diese Verbindungen sind in erster Linie dafür ausgelegt, vertikale Lasten aus der Holzkonstruktion auf die Betonbodenplatte bzw. das Fundament zu übertragen. Die maximalen Einwirkungen auf die Verbindung können durch die Leistung des Holzquerschnitts begrenzt werden, typischerweise parallel zur Faserrichtung. Es gibt auch Verbindungen, die zusätzliche Nivellierungsfunktionen bieten. Für unterschiedliche Designanforderungen und ästhetische Vorlieben gibt es mehrere Lösungen, darunter spezielle Materialien und Beschichtungen zum Schutz vor Korrosion, höhenverstellbare Stützenfuß-Systeme oder verdeckte Systeme. Einige Verbindungen von Holzstützen mit Beton (Abb. 2.5) werden in Tabelle 2.2 erläutert. Die aufgeführte Liste beschränkt sich auf Systeme mit nachträglich installierten Dübeln (in der Regel Spreiz-, Schraub- oder chemische Dübel je nach erforderlicher Leistung) und schließt andere urheberrechtlich geschützte Systeme aus.



Abb. 2.5: Holzstützen an Beton Anwendung

Tabelle 2.2: Verbindungen zwischen Holzstützen und Beton

Anwendungsdarstellungen	Die wichtigsten Merkmale
	Stützenträger mit Abstandshaltern (einstellbar oder nicht) In der Regel ist diese Verbindung so ausgelegt, dass sie vertikale Lasten sowie Schubkräfte von der Stütze auf das Betonfundament überträgt. Bei diesen Verbindungen trennt ein Distanzelement (meist ein Rohrquerschnitt) die obere Kopfplatte, die an der Stütze befestigt ist, von der unteren Fußplatte, die mit nachträglich installierten Dübeln im Beton verankert ist. Die Verbindung zur Stütze kann entweder über ein Schlitzblech mit Dübeln oder über Schrauben hergestellt werden. Die Höhe der Verbindung kann vor oder nach der Installation verstellt werden. Um eine ebene Fläche zu erhalten, kann es erforderlich sein, zwischen der Fußplatte und dem Betonelement Mörtel zu verwenden. Durch den Abstandhalter kann das Holzelement vom Boden angehoben werden. Dadurch wird das Holz von stehendem Wasser oder anderen Feuchtigkeitsquellen geschützt, was die Dauerhaftigkeit der Konstruktion verbessert. Die Wahl des Typs und der Größe des Verbinders kann sich nach der erforderlichen Tragfähigkeit sowie nach ästhetischen Anforderungen richten. Beispielsweise kann eine spezielle Kopf-/Mutternform gewählt werden, die durch die Stahlgrundplatte ragt. In der Regel ist die erforderliche Tragfähigkeit ausschlaggebend für die Wahl zwischen Schraub-, Bolzen- oder chemischem Dübel.
	Stützenträger mit Seitenplatten Wie beim vorherigen Fall ist diese Verbindung in der Regel so ausgelegt, dass sie vertikale Lasten sowie Schubkräfte von der Stütze auf den Beton überträgt. Die Stützenverbindungen setzen sich aus seitlichen Metallplatten sowie einer Fußplatte zusammen. Es kann sich um ein einzelnes Element oder um mehrere Teile handeln. Die seitlichen Platten werden standardmäßig mit Dübeln (bspw. Passbolzen) an der Stütze befestigt. Die Befestigung der Fußplatte am Beton erfolgt dagegen über nachträglich installierte Dübel. Wenn die Höhe der Stütze angepasst werden muss, kann Mörtel zwischen der Fußplatte und dem Betonelement verwendet werden. In der Regel wird kein Abstand zum Boden hergestellt. Welche Art von Dübel (Schraub-, Bolzen- oder Chemischer-) verwendet wird, hängt üblicherweise von den Belastungsanforderungen ab.

Anwendungsdarstellungen	Die wichtigsten Merkmale
	Stützträger mit Schlitzblech oder urheberrechtlich geschützten Plattenanschlüssen Schlitzbleche können neben der Übertragung vertikaler Lasten von Stützen auf Beton auch Widerstand gegen Biegemomente und horizontale Schubkräfte leisten. Das Schlitzblech wird in die Stütze eingeschoben und mithilfe von Dübeln gesichert. Der Anschluss kann entweder aus warmgewalzten Profilen oder aus geschweißten Blechen bestehen. In der Regel wird die Fußplatte mit nachträglich installierten Dübeln am Beton befestigt. Auf dem Markt sind ebenfalls Verbinder erhältlich, die Biegemomenten und Schubkräften in orthogonalen Richtungen zum Schlitzblech standhalten. Bei Letzterem wird das Schlitzblech in der Regel durch ein kreuzförmiges Profil ersetzt. Welche Art von Dübel (Schraub-, Bolzen- oder Chemischer-) verwendet wird, hängt üblicherweise von den Belastungsanforderungen am Stützenfuß ab.

2.3. Verbindungen zwischen Holzbalken und Beton

Holzbalken müssen zumeist direkt mit der Stirnseite oder der Oberseite von Betonwänden oder -stützen verbunden werden (beispielsweise zum Tragen von Decken oder in Fachwerkkonstruktionen), oder mit der Oberfläche von horizontalen Platten, beispielsweise zur Verbindung der Schwelle von Holzrahmenwänden mit Betonfundamenten. Typischerweise wird im ersten Fall ein metallischer Anschluss, wie beispielsweise ein Schlitzblech oder Balkenschuh, verwendet. Im zweiten Fall sind Bolzenanker oder Schraubanker üblich, die direkt durch den Holzbalken befestigt werden (siehe Abb. 2.3). In Tabelle 2.3 sind einige Anwendungen für Holzbalken-Beton-Verbindungen unter Verwendung verschiedener Stahlprofile oder Dübel beschrieben (siehe Abb. 2.6). Wie in den vorherigen Abschnitten konzentriert sich die folgende Liste ausschließlich auf Anwendungen, die für nachträglich installierte Dübel relevant sind.

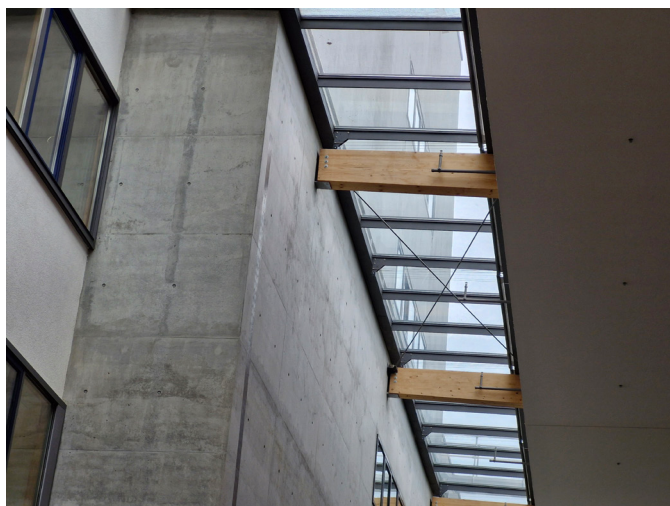
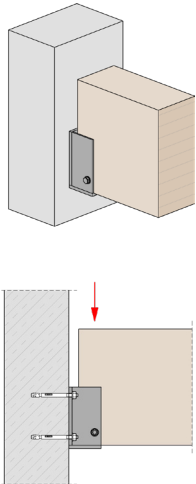
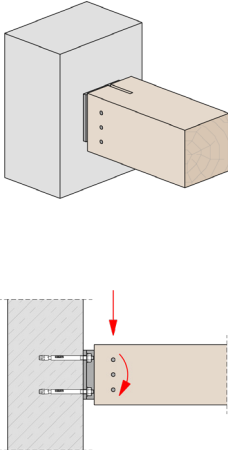
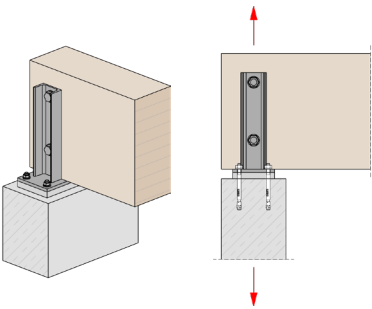
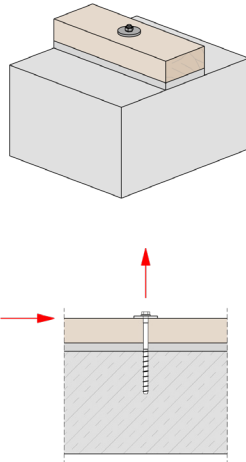


Abb. 2.6: Holzbalken an Beton Anwendung

Tabelle 2.3: Verbindungen zwischen Holzbalken und Beton

Anwendungsdarstellungen	Die wichtigsten Merkmale
	Balkenschuhe zur Befestigung an Wänden oder Stützen Balkenschuhe werden verwendet, um Holzbalken an der Oberfläche von Betonwänden oder -stützen zu befestigen. Ihre Hauptfunktion besteht darin, vertikalen Schubkräften standzuhalten. Sie werden mit Nägeln oder Schrauben am Träger sowie mit nachträglich installierten Dübeln am Betonbauteil befestigt. Bei größeren vertikalen Kräften oder erheblichen Lastexzentrizitäten kann ein zusätzliches Tragelement im oberen Anschlussbereich mit Mörtel in den Beton eingebettet werden. Um unterschiedlichen Balkengeometrien und Belastungsanforderungen gerecht zu werden, sind Balkenschuhe in verschiedenen Größen und Formen erhältlich. In der Regel kommen für diese Anschlüsse Bolzenanker oder chemische Dübel zum Einsatz. Die Art, die Anzahl und der Durchmesser der Dübel werden häufig durch die Größe des Balkenschuhs bestimmt. Diese hängt wiederum von der Größe der Last ab.
	Schlitzblech (mit oder ohne Knagge) Schlitzbleche dienen dazu, vertikale Lasten sowie Biegemomente von Trägern auf Wände oder Stützen zu übertragen. Der Verbinder wird mithilfe nachträglich installierter Dübel an der Betonkonstruktion befestigt. Das Schlitzblech verriegelt sich anschließend mit dem Holzbalken und wird mithilfe von doppelten Befestigungselementen gesichert. Zur Aufnahme größerer vertikaler Lasten oder bei erheblicher Lastexzentrizität kann optional ein direkt in die Betonwand eingegossenes Tragelement (Knagge) vorgesehen werden. Balkenschuhe und Knaggen sind zwar sinnvolle Alternativen, jedoch können Schlitzbleche aufgrund ihrer ästhetischen Vorteile bevorzugt werden, da sie in der Regel versteckt angebracht werden können. Es sind spezielle Lösungen in verschiedenen Größen verfügbar, die sich an unterschiedliche Trägergeometrien und Belastungsanforderungen anpassen lassen. Die Art des nachträglich installierten Dübels für die Betonbefestigung wird in der Regel durch die erforderlichen Zug- und Schubkräfte bestimmt. Diese Kräfte legen auch die Größe des Verbinders fest. Es sind sowohl mechanisch als auch chemisch verankerte Dübel zulässig.
	Seitliche Platten für Verbindungen am Stützenkopf Seitliche Platten können als Alternative zu Schlitzblechen verwendet werden, um abhebende Lasten von Holzbalken auf die Oberseite von Betonstützen zu übertragen. Zur Befestigung der Seitenplatte am Träger werden dübelartige Verbinder verwendet. Die Fußplatten werden hingegen mit nachträglich installierten Dübeln an der Stütze befestigt. Zur Kompensation von Höhenunterschieden an der Oberseite der Stütze kann eine Mörtelschicht zwischen Stütze und Fußplatte aufgetragen werden. Für diese Verbindungen sind sowohl mechanische als auch chemische Dübel geeignete Lösungen.

Anwendungsdarstellungen	Die wichtigsten Merkmale
	Befestigung durch Holzbalken Bei der Befestigung von Holzbalken an Betonflächen, beispielsweise an Wänden oder Decken, ist häufig eine direkte Befestigung durch das Holz in den Beton erforderlich. Diese Methode wird häufig verwendet, um Dachstühle an der Vorder- oder Oberseite von Betonwänden oder Schwellen in Holzrahmenwänden auf Betonfundamenten zu befestigen. In diesen Fällen können die Dübel Zug-, Schubkraft- oder kombinierte Belastungen aufnehmen. Diese legen die erforderliche Anzahl der Befestigungselemente pro Längeneinheit des Trägers sowie die Abmessungen der Dübel fest. Große Unterlegscheiben werden häufig verwendet, um die einwirkenden Kräfte gleichmäßig auf das Holzelement zu verteilen. Dadurch werden lokale Beschädigungen oder ein Versagen verhindert. Um das Erscheinungsbild zu verbessern, können die Dübel in vorgebohrte Aussparungen im Balken versenkt oder Senkkopfschrauben verwendet werden. Häufig werden mechanische Dübel verwendet. Schraubanker bieten aufgrund ihrer einfachen Montage, Einstellbarkeit und Wiederverwendbarkeit besondere Vorteile bei solchen Verbindungen. Zu beachten ist, dass die Halterung in dieser Anwendung aus Holz besteht. Diese Bedingung wird von EN 1992-4 für Bemessungszwecke nicht abgedeckt.

2.4. Holzplatte an Betonträger oder Wand

Holzdächer und -decken müssen in Konstruktionen mit Betonkern oder tragendem Betonskelett an Betonwänden befestigt werden. Dies kann mithilfe externer Verbindungselemente, wie Winkelverbindern oder kundenspezifischen Befestigungslösungen, erreicht werden. Winkelverbinder sind als maßgeschneiderte, durchgehende Elemente, die zur Wand- oder Plattenlänge passen, oder als Standardlösungen für gleichmäßig verteilte Verbindungen entlang der Platte erhältlich. Wenn Holzplatten als feuerbeständiges Element zwischen Räumen dienen, müssen zusätzliche Brandschutzanforderungen berücksichtigt werden.

Die Winkel können mithilfe von Einbaulösungen, beispielsweise Ankerschienen, an der Wand befestigt werden. Alternativ wird oft eine Lösung gewählt, bei der die Winkel mithilfe von nachträglich installierten Dübeln an der Wand befestigt werden. Die zweite Option ist flexibler auf der Baustelle, da Anpassungen oder Änderungen nach Fertigstellung der Betonunterkonstruktion möglich sind. Winkelverbinder leiten die vertikalen Lasten von Dächern oder Böden an die tragenden Wände weiter. Die Winkel können entweder oben an der Wand oder seitlich daran befestigt werden. Um Höhenunterschiede auszugleichen, kann eine Mörtelschicht erforderlich sein, wenn die Verbindungen oben an der Wand angebracht werden. Zur Verbindung der Winkel mit den Platten werden Holzschrauben verwendet. Letztere können mithilfe von nachträglich installierten Dübeln an den Betonwänden befestigt werden. In diesem Fall sind Bolzenanker und Schraubanker die am häufigsten verwendeten Optionen.

Die auf dem Markt erhältlichen Winkel unterscheiden sich in Größe und Tragfähigkeit. Die Wahl der Dübel sowie deren Anzahl und Größe hängen von verschiedenen Faktoren ab. Dazu zählen die Größe der Winkel, der Abstand zum Betonrand und die erforderliche Tragfähigkeit.

3. Nachträglich installierte Dübel

Im Bauwesen spielen nachträglich installierte Dübel eine wesentliche Rolle bei der Befestigung tragender und nicht tragender Elemente (wie Balken, Stützen, Außenverkleidungen, Handläufe, Rohrleitungen usw.) mit Betonkonstruktionen und Fundamenten. Diese Dübel bieten im Vergleich zu einbetonierten Dübeln spezifische Vorteile, wie z. B. eine größere Flexibilität bei der Planung sowie eine einfachere Installation und Inspektion. In der Regel werden sie nach ihren Lastübertragungsmechanismen und Einbaumethoden kategorisiert.

Aufgrund ihrer entscheidenden Rolle für die Sicherheit tragender und nicht tragender Verbindungen müssen nachträglich installierte Dübel ordnungsgemäßen Prüf- und Qualifizierungsverfahren unterzogen werden. Sie müssen außerdem gemäß den aktuellen und einschlägigen Normen, Vorschriften und Bestimmungen konstruiert sein. Mehrere Faktoren können ihre Leistung und Zuverlässigkeit beeinträchtigen, darunter die Art und der Zustand des Untergrunds, die Art und Richtung der Belastung, der Abstand zu den Betonkanten und zwischen den Dübeln, das Installationsverfahren und die Umwelteinflüsse, um nur einige zu nennen.

In diesem Kapitel erhalten Sie einen kurzen Überblick über die wichtigsten Arten von nachträglich installierten Dübeln, ihre Funktionsweise, mögliche Versagensarten sowie wichtige Bemessungsüberlegungen. Alle, die eine ausführlichere Anleitung zur Funktionsweise, Qualifizierung und zur Bemessung nachträglich installierter Dübel suchen, empfehlen wir das Handbuch Stahl-zu-Beton-Verbindungen (S2C) von Hilti [4], das auf unserer Website kostenlos zum Download bereitsteht.

Hinweis: Das S2C-Handbuch enthält Leitlinien für nachträglich installierte Dübel in Stahl-zu-Beton-Verbindungen.



3.1. Nachträglich installierte mechanische und Verbundanker

Nachträglich installierte Dübel dienen in erster Linie dazu, Lasten von einem tragenden oder nicht tragenden Bauteil auf den Untergrund – in diesem Fall Beton – zu übertragen. Die verschiedenen Dübeltypen nutzen unterschiedliche Lastübertragungsmechanismen. Obwohl eine Analyse jeder Dübeltechnologie und ihrer Funktionsweise den Rahmen dieses Handbuchs sprengen würde, ist es wichtig, die am häufigsten verwendeten Technologien zu beschreiben.

Die meisten nachträglich installierten Dübel lassen sich in zwei Kategorien einteilen: mechanische Dübel und Verbundanker, auch chemische Dübel genannt. Sie basieren auf den drei wichtigsten Lastabtragmechanismen: mechanische Verriegelung, Reibung sowie Haftverbund (siehe Abb. 3.1).

- **Eine mechanische Verriegelung bzw. Verzahnung** entsteht, wenn die Lastübertragung durch ein Verhaken erreicht wird. Dies wird durch eine Kerbe oder einen Hinterschnitt im Untergrundmaterial erzeugt. Letzteres wird entweder mit einem speziellen Bohrer oder durch das Hinterschneiden des Dübels während des Einbaus absichtlich erzeugt (Abb. 3.1 a).
- **Reibung** tritt typischerweise in Befestigungssystemen auf, die auf Expansionskräften basieren. Diese werden durch eine Hülse oder einen Keil erzeugt, die gegen die seitliche Oberfläche des Bohrlochs drücken. Diese Spreizkräfte gleichen die äußeren Zugkräfte aus, die auf den Dübel wirken (siehe Abb. 3.1 b).
- **Für die Klebeverbindung** wird ein externes Material, wie beispielsweise ein Klebstoffharz oder Mörtel, benötigt. Dieses wird direkt in das Bohrloch eingebracht, um eine chemische Verbindung mit dem Untergrundmaterial einzugehen. Die Lastübertragung zwischen dem Metallanker – in der Regel eine Ankerstange – und dem Untergrundmaterial erfolgt durch eine Kombination aus Mikroverriegelung zwischen der Metallstange und dem chemischen Mörtel sowie chemischer Bindung zwischen dem Mörtel und der Bohrlochfläche (siehe Abb. 3.1 c).

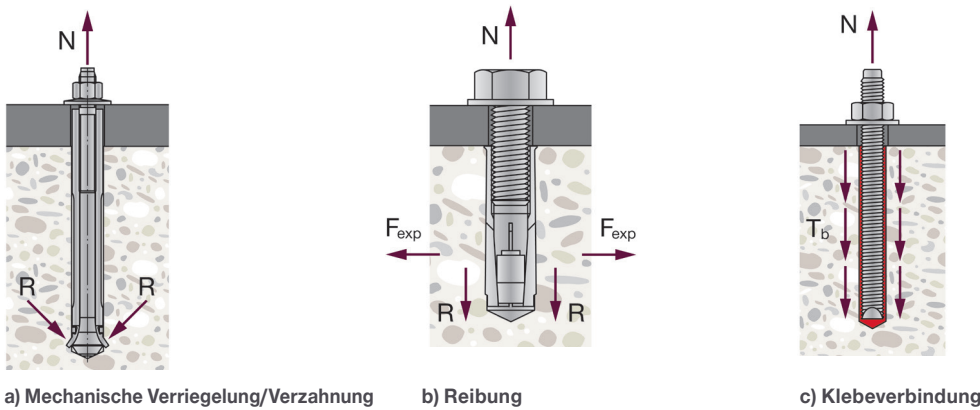


Abb. 3.1: Die wichtigsten Lastübertragungsmechanismen bei nachträglich installierten Dübeltechnologien

3.1.1. Mechanische Dübel

Mechanische Dübel werden in der Regel in drei Hauptkategorien unterteilt (siehe Abb. 3.2):

- **Bolzenanker** bestehen aus einem Gewindebolzen oder einer Ankerstange mit einer konischen Spitze, einer Sprezhülse sowie einer Mutter und einer Unterlegscheibe (Abb. 3.2 a). Sie erreichen ihre Tragfähigkeit durch Reibung, die durch die Ausdehnung der Hülse an den Wänden des vorgebohrten Bohrlochs entsteht. Bolzenanker können entweder drehmoment- oder verschiebungsgesteuert sein. Im ersten Fall wird die Hülseausdehnung durch das Aufbringen eines vordefinierten Drehmoments auf die Mutter erzielt. Dadurch wird die Konusspitze in die Hülse gedrückt. Im zweiten Fall wird die Hülse durch Drücken über den Konus gespreizt, typischerweise unter Verwendung von Schlagkräften. Bolzenanker kommen in der Regel bei leichtem bis mittlerem Lastbereich zum Einsatz.
- **Hinterschnittdübel** bestehen aus einem Gewindebolzen mit konischem Ende, einer Hinterschnitt-Hülse sowie einer Mutter und einer Unterlegscheibe (siehe Abb. 3.2 b). Sie beruhen auf einer mechanischen Verriegelung, die durch eine Hinterschnittgeometrie an der eingebetteten Spitze erreicht wird, die entweder durch einen speziellen Bohrer oder durch den Anker selbst während der Installation erzeugt wird. Diese Dübel sind zwar oft leistungsfähiger, erfordern jedoch eine komplexere Montage und verursachen in der Regel höhere Kosten.
- **Schraubanker** verfügen über einen Sechskant- oder Senkkopf mit Außengewinde (siehe Abb. 3.2 c). Sie werden durch Einschrauben in ein vorgebohrtes Bohrloch installiert, ohne dass eine Mutter oder Unterlegscheibe benötigt wird. Ihre Tragfähigkeit erhalten sie durch die mechanische Verzahnung des Außengewindes mit dem Untergrundmaterial. Diese entsteht bei der Montage durch das Hinterschneiden des Untergrundmaterials über die gesamte Bohrlochlänge. Schraubanker zeichnen sich in der Regel durch eine einfache und schnelle Montage sowie eine ansprechende Optik aus, da sie mit verschiedenen Kopfformen erhältlich sind (siehe [Abschnitt 4.3](#)). Sie eignen sich in der Regel für leichte und mittelschwere sowie temporäre Anwendungen.

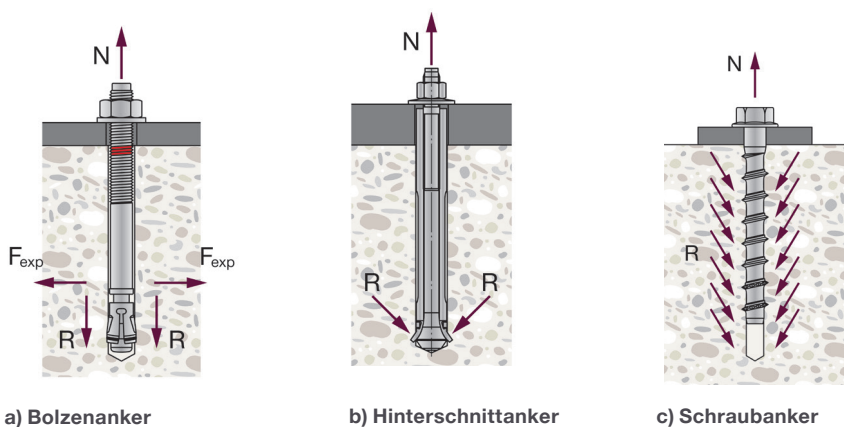


Abb. 3.2: Wichtigste mechanische Dübeltypen

3.1.2. Verbundanker

Verbundanker bestehen in der Regel aus einer Ankerstange aus Stahl und einem Injektionsmörtel, der an der Grenzfläche zwischen dem Untergrundmaterial und dem Stahlteil wirkt (siehe Abb. 3.1 c). Der Injektionsmörtel kann entweder organisch (bspw. Epoxid, Polyester oder Vinylester) oder anorganisch (bspw. zementbasiert) sein. Er besteht in der Regel aus einer Harz- und einer Härterkomponente, die beim Einbau zusammengemischt werden und ordnungsgemäß aushärten müssen (die Aushärtezeit hängt vom Produkt und den Umgebungsbedingungen ab). In der Regel wird der Mörtel in injizierbaren Kartuschen und Foliengebinden oder in Glas- bzw. Folienkapseln geliefert. Die Installation von Verbundankern ist aufwändiger als die von mechanischen Ankern. Das liegt daran, dass zusätzliche Installationsschritte und Aushärtezeiten erforderlich sind. Verbundanker sind in der Regel zugfester als mechanische Anker, da sie eine größere Einbindetiefe aufweisen und somit ein größeres Volumen des Untergrundmaterials aktivieren.

3.2. Versagensarten und wesentliche Einflussfaktoren

Je nach Lastrichtung und Lastübertragungsmechanismus eines Dübels können unterschiedliche Versagensarten auftreten, wenn die auf den Dübel einwirkenden Kräfte dessen bzw. die Widerstandsfähigkeit des Betons übersteigen. Die Verwendung einer höheren Stahlgüte oder einer höheren Betonfestigkeit führt in der Regel zu einer höheren Dübel-Tragfähigkeit. Auch wesentliche Designvariablen wie der Durchmesser des Dübels, die Einbindetiefe, der Abstand innerhalb der Dübelgruppen sowie der Abstand zum Rand des Betons beeinflussen die Leistung eines Dübels erheblich. Internationale Normen und Vorschriften wie EN 1992-4 [2] enthalten Bemessungsformeln, mit denen sich die Fähigkeit eines Dübels überprüfen lässt, jeder Versagensart standzuhalten. Darüber hinaus lässt sich damit die für die Befestigungsstelle kritischste Versagensart identifizieren und die Verbindungssicherheit validieren. Tragwerksplanende können die Hilti PROFIS Engineering Software als effizientes Hilfsmittel einsetzen, um internationale Normen einzuhalten.

Die folgenden Abschnitte (3.2.1 und 3.2.2) dieses Dokuments bieten einen kurzen Überblick über die kritischen Versagensarten von nachträglich installierten Dübeln, die gemäß EN 1992-4 [2] zu überprüfen sind. In [Abschnitt 3.3](#) werden darüber hinaus kurz die Qualifikations- und Bewertungsrahmen innerhalb des europäischen Rahmens vorgestellt. In [Kapitel 5](#) werden anschließend für einige ausgewählte Bemessungsbeispiele detaillierte Berechnungen für jede Versagensart gemäß den Vorgaben der EN 1992-4 [2] vorgestellt.

3.2.1. Versagensarten unter Zugbelastung

- **Stahlversagen** (Abb. 3.3 a): Diese Art des Versagens tritt auf, wenn die Zugspannung am kleinsten Querschnitt des Dübels dessen endgültige Stahlfestigkeit übersteigt. Dies führt zu einem Bruch, bei dem der Beton kaum beschädigt wird. Die Widerstandsfähigkeit des Systems gegenüber dieser Versagensart kann durch Vergrößerung des Dübel-Durchmessers, Einbau zusätzlicher Dübel oder Auswahl von Dübeln mit höherer Stahlgüte verbessert werden.
- **Betonausbruch** (Abb. 3.3 b): Diese Versagensart ist dadurch gekennzeichnet, dass sich ein kegelförmiges Volumen bildet, das zusammen mit dem Dübel aus dem Untergrundmaterial herausgezogen wird. Die Bruchfläche entsteht, wenn die Spannung in der Lastübertragungszone des Dübels die Festigkeit des Betons übersteigt. Die Widerstandsfähigkeit des Dübels gegenüber dieser Versagensart kann durch Vergrößerung des Betonkegelvolumens erhöht werden. Dies kann durch eine größere Einbindetiefe des Dübels, einen größeren Abstand zwischen den Dübeln einer Gruppe sowie einen größeren Abstand der Dübel zum Rand des Betons erreicht werden.
- **Versagen auf Herausziehen** (Abb. 3.3 c): Bei mechanischen Dübeln tritt Versagen auf Herausziehen auf, wenn der gesamte Dübel ohne weitere nennenswerte Beschädigung des Untergrundmaterials oder des Dübels selbst aus dem Bohrloch herausgezogen wird. Dies tritt typischerweise auf, wenn die auf den Dübel wirkenden Zugkräfte die maximal mögliche Reibung zwischen Ankerhülse und Bohrlochwandung übersteigt. Die Empfindlichkeit eines Dübels gegenüber dieser Versagensart ist streng produktabhängig. Sie kann dem entsprechenden Zulassungsdokument entnommen werden.

- **Kombiniertes Versagen auf Herausziehen und Betonausbruch** (Abb. 3.3 d): Diese Versagensart ist für Verbundanker relevant und stellt eine Kombination aus Herausziehen – bedingt durch den Verlust der Verbundfestigkeit zwischen Dübel und Beton – und einem flachen Betonkonus dar, der sich in der Nähe der Betonoberfläche manifestiert. Da es sich um eine Kombination aus Herausziehen und Betonkonus handelt, kann die Dübelkapazität durch Vergrößerung des Dübeldurchmessers und der Einbindetiefe sowie durch Vergrößerung des Dübelabstands und des Abstands zum Betonrand verbessert werden.
- **Spaltversagen des Betons** (Abb. 3.3 e): Diese Versagensart wird entweder durch Spreizkräfte, die die maximale Zugfestigkeit des Betons überschreiten, oder durch Verankerung bei geringen Randabständen und Bauteildicken ausgelöst. Die Dübelausnutzung hinsichtlich dieser Versagensart verbessert sich, wenn der Betonrandabstand und der Betonquerschnitt zunehmen oder der Dübelabstand größer wird.
- **Versagen durch lokalen Betonausbruch** (Abb. 3.3 f): Dies wird speziell bei Hinterschnittdübeln durch quer zur Lastrichtung wirkende Kräfte verursacht, die durch hohe Pressungsspannungen im Auflagerbereich entstehen. Diese Kräfte können insbesondere bei einer Anbringung der Dübel nahe am Rand des Betonbauteils zu einem Ausbruch an der Stirnseite des Betonbauteils führen.

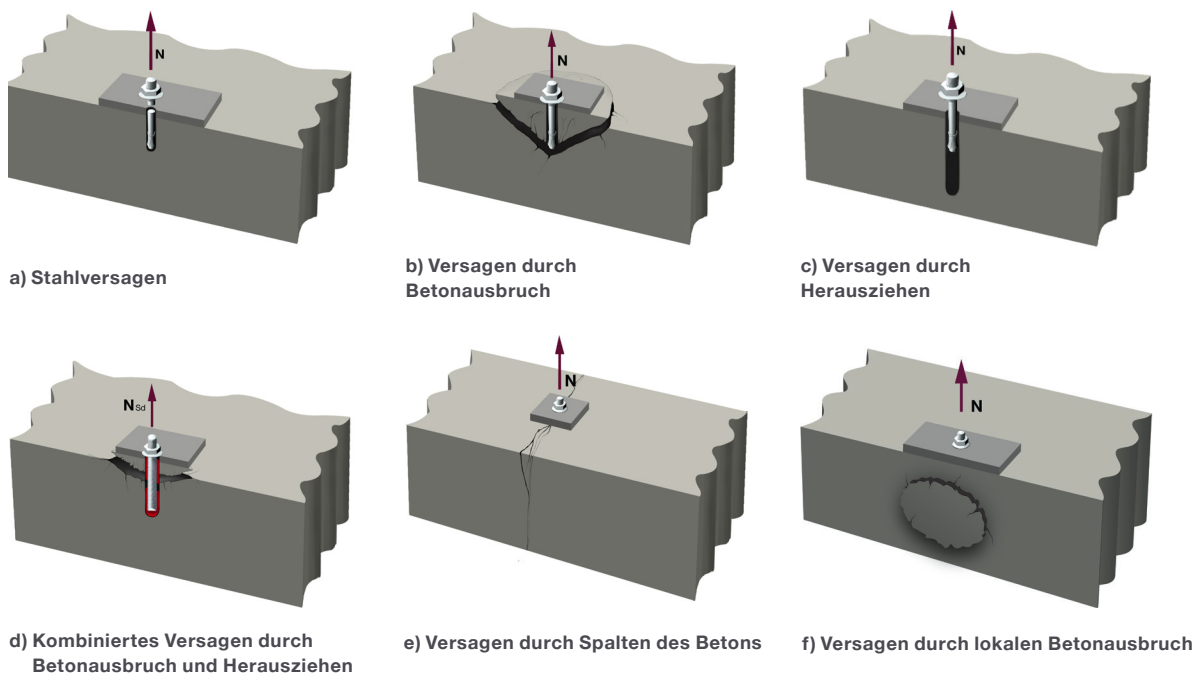


Abb. 3.3: Versagensarten unter Zugbelastung

3.2.2. Versagensarten unter Querkraften

- **Stahlversagen** (Abb. 3.4 a): Diese Versagensart tritt ähnlich wie bei der Zugbeanspruchung auf, wenn die Querkraft im kleinsten Querschnitt des Dübels dessen Stahlfestigkeit überschreitet. In diesem Fall schert der Dübel ohne wesentliche Beschädigung des Betons ab. Durch die Einleitung der Querkraft mit einem Hebelarm zur Betonoberfläche verringert sich die Widerstandsfähigkeit des Dübels, da ein zusätzliches Biegemoment am Dübel entsteht, welches zu einer zusätzlichen Zugspannung führt. Der Widerstand gegen diese Versagensart kann durch Vergrößerung des Dübeldurchmessers, durch Erhöhung der Dübelanzahl oder durch Auswahl von Dübeln mit höherer Stahlgüte verbessert werden.
- **Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite** (Abb. 3.4 b): Diese Versagensart tritt vor allem bei geringer Einbindetiefe des Dübels auf. Sie wird durch die Verdrehung des Dübels aufgrund der Exzentrizität zwischen der einwirkenden Querkraft und der resultierenden Widerstandskraft im Beton verursacht. Dadurch bricht der Beton auf der der Querkraft entgegengesetzten Seite unter Zugspannung auf und es wird eine kleine Menge Beton herausgedrückt. Diese Versagensart wird durch

dieselben Faktoren beeinflusst, die auch die Widerstände für Betonausbruch des Dübels sowie für kombinierte Beanspruchung auf Herausziehen und Betonausbruch (bei Verbundankern) beeinflussen.

- **Betonkantenbruch** (Abb. 3.4 c): Diese Versagensart kann auftreten, wenn die Dübel nahe an einem Rand des Betonbauteils gesetzt werden. In diesem Fall ist das Versagen durch den Ausbruch eines Betonkegels am Rand des Betons gekennzeichnet. Der Bruch beginnt am Schaft des Dübels und breitet sich bis zur Seitenfläche des Betonbauteils aus. Die Dübelleistung kann verbessert werden, indem der Durchmesser und die Einbindetiefe der Dübel vergrößert sowie der Abstand der Dübel vom Rand vergrößert wird.

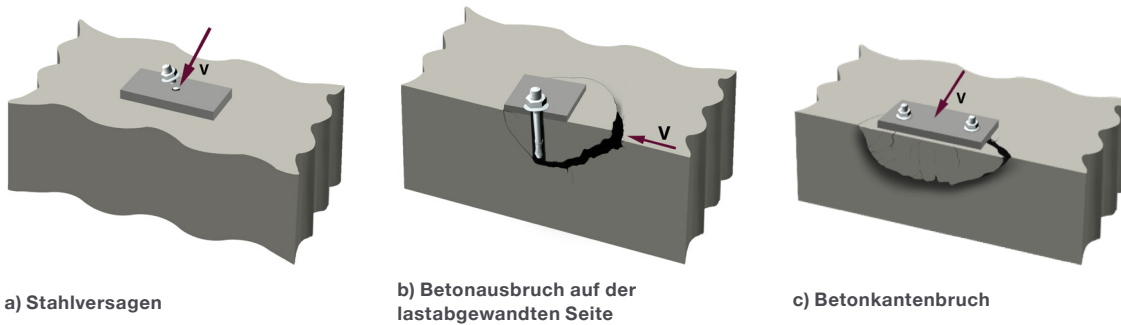


Abb. 3.4: Versagensarten unter Querkräften

3.2.3. Weitere Faktoren, welche die Leistung des Dübels beeinflussen

Wie bereits erwähnt, wird die Leistung eines Dübels durch mehrere Entwurfsvariablen gegenüber jeder Versagensart beeinflusst. Darüber hinaus können weitere externe Faktoren das Gesamtverhalten des Dübels unter aufgebrachtter äußerer Belastung beeinflussen. In diesem Abschnitt wird ein kurzer Überblick über die wichtigsten Parameter gegeben, die es beim Design von Verbindungen mit nachträglich installierten Dübeln zu berücksichtigen gilt (siehe Abb. 3.5).

- **Untergrundmaterial:** Die Betonfestigkeitsklasse hat Einfluss auf die betonbedingten Versagensarten bei Zug- und Querkraftbeanspruchung. Generell gilt: Je höher die Betonfestigkeit, desto besser die Dübelleistung. Allerdings variiert die Verbesserung je nach Dübeltyp. Risse im Beton können die Tragfähigkeit des Dübels beeinträchtigen. In internationalen Normen und Regelwerken wie beispielsweise EN 1992-4 [2] wird zwischen der Nachweisführung für Befestigungspunkte in gerissenem und ungerissenem Beton unterschieden. Diese Bedingungen werden in die bereitgestellten Design-Gleichungen einbezogen, welche die verminderte Leistungsfähigkeit von gerissenem Beton berücksichtigen.
- **Montage:** Die Montage beeinflusst die Leistung des endgültigen Dübels durch Schlüsselfaktoren wie Bohrtechnik, Lochgröße, Reinigungsverfahren, korrektes Setzen und Anziehen. Die Montage muss gemäß der Bedienungsanleitung erfolgen, um die volle Tragfähigkeit der Dübel zu gewährleisten.
- **Umgebungsbedingungen:** Äußere Umgebungsbedingungen können die Leistung und Dauerhaftigkeit des Dübels beeinträchtigen. Beispielsweise weisen Verbundanker bei hohen Temperaturen eine geringere Leistungsfähigkeit auf. Feuchtigkeit, Salzgehalt in der Luft oder Luftschadstoffe wie Schwefeldioxid erhöhen die Korrosionsrate vieler Metalle. Edelstahl ist daher das Material der Wahl für Dübel, um deren Funktionalität über ihre gesamte Lebensdauer zu gewährleisten. Bei der Auswahl von Dübeltechnologien und -materialien müssen Bedingungen wie Temperaturschwankungen, Feuchtigkeit und atmosphärische Verschmutzungszyklen berücksichtigt werden.
- **Belastungsarten:** Statische Lasten sind das häufigste Szenario. In einigen Fällen müssen die Tragwerksplanenden jedoch auch die Dauerlasten, dynamische Lasten (z.B. Erdbeben- oder Ermüdungslasten) oder Brandbeanspruchung berücksichtigen. Die Leistung des Dübels muss unter Berücksichtigung der spezifischen Lastbedingungen quantifiziert und bewertet werden. Internationale Normen und Vorschriften legen die entsprechenden Qualifizierungsprozesse, Zulassungsstandards und Bemessungsmethoden fest, um die Tragfähigkeit von Dübeln unter verschiedenen Belastungsarten angemessen zu bestimmen.

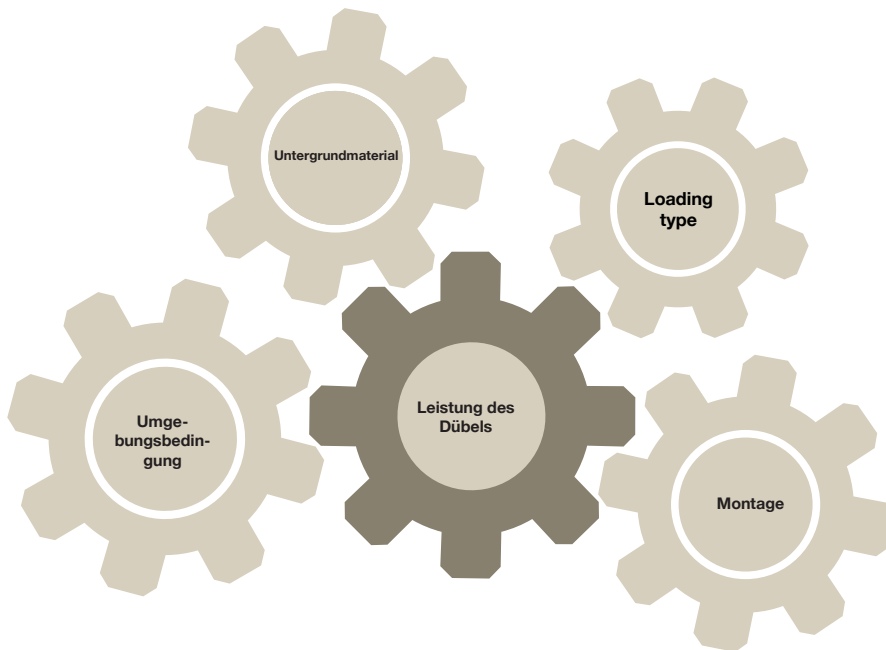


Abb. 3.5: Externe Kriterien, welche die Dübel-Leistung beeinflussen

3.3. Qualifikation und Bemessung von nachträglich installierten Dübeln

Die Leistungsbewertung von nachträglich installierten Dübeln ist in den meisten europäischen Ländern durch die Europäische Organisation für Technische Bewertung (EOTA) festgelegt. Diese Organisation umfasst die Technischen Bewertungsstellen (TAB), die von den Mitgliedstaaten der Europäischen Union und des Europäischen Wirtschaftsraums benannt werden. Beispiele hierfür sind das DIBT in Deutschland und das CSTB in Frankreich.

Die EOTA veröffentlicht die Europäischen Bewertungsdokumente (EAD), in denen die erforderlichen Annahmen und Prüfungen zur Bewertung der wesentlichen Leistungsmerkmale von Dübeln sowie die entsprechenden Qualifikationskriterien detailliert beschrieben sind. Da unterschiedliche Technologien unterschiedliche Qualifizierungsprozesse erfordern können, bezieht sich jedes EAD auf einen bestimmten Dübeltyp.

Für ein bestimmtes Produkt müssen Hersteller sogenannte TABs beauftragen. Das sind Stellen, die ein europäisches technisches Bewertungsdokument (ETA) ausstellen. Letztere beschreibt die zertifizierten Installationsmethoden und Leistungsmerkmale für das ausgewählte Produkt in Bezug auf zugelassene Untergrundmaterialien und Lastbedingungen und bewertet diese gemäß dem entsprechenden EAD.

Zuletzt ist die Bemessung von nachträglich installierten Dübeln durch die Bestimmungen des Eurocode 2, Teil 4 (EN 1992-4 [2]), geregelt. Der primäre Anwendungsbereich der Norm EN 1992-4 [2] umfasst einzelne und Gruppen von Befestigungselementen in Beton mit Normalgewicht im Grenzzustand der Tragfähigkeit und im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit. Dies umfasst die Bemessung von Dübeln für statische, seismische und Ermüdungslasten sowie von mechanischen Dübeln für Brandbeanspruchung. In der EN 1992-4 [2] sind außerdem die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Dübeln für verschiedene Korrosionsschutzklassen festgelegt. Die in EN 1992-4 [2] vorgeschlagenen Bemessungsgleichungen zur Überprüfung der Ausnutzung des Dübels verwenden die in der ETA enthaltenen Dübelparameter unter Berücksichtigung der von den Tragwerksplanenden definierten Lastbedingungen und geometrischen Konfigurationen.

3.4. PROFIS Engineering: Leistungsstarke Software für effiziente Bemessung

Das händische Bemessung von nachträglich installierten Dübeln ist sehr aufwendig. Die Erreichung einer optimierten Lösung unter Einhaltung internationaler Normen wie EN 1992-4 [2] kann zeitaufwendig sein. Um effizienter zu arbeiten, können Tragwerksplanende spezielle Softwares für die Bemessung der Verbindungen in Betracht ziehen.

Wenn Sie eine zuverlässige, schnelle und einfache Möglichkeit suchen, nachträglich installierte Dübel zu entwerfen und zu spezifizieren, ist Hilti PROFIS Engineering die richtige Software für Sie. Mit ihr können Anwender Befestigungsanwendungen gemäß den neuesten internationalen Normen und Standards analysieren und optimieren.

PROFIS Engineering ist ein umfassendes Statikprogramm mit einer benutzerfreundlichen Oberfläche. Damit lassen sich 3D-Modelle von Verankerungsanwendungen einschließlich Grundplatten, Stahlbauteilen, Dübeln und Betonkonstruktionen erstellen (siehe Abb. 3.6).

Es enthält eine umfassende Reihe von Bemessungsvorschriften und Normen aus mehreren Ländern. Unterstützt werden verschiedene Lastszenarien, darunter statische, seismische und Ermüdungslasten sowie Brandbeanspruchung. Es beinhaltet eine umfangreiche und aktuelle Datenbank mit Befestigungsprodukten von Hilti.

Mithilfe von PROFIS Engineering können Sie verschiedene Dübeltypen und -konfigurationen vergleichen und so die wirtschaftlichste Lösung für Ihr Projekt auswählen. Die Software erstellt umfassende Bemessungsberichte, die sich auf die neuesten Bemessungsmethoden beziehen. Es lässt sich in verschiedene Statik-Softwarepakete wie RISACConnection, RAM Structural System, STAAD.Pro, SAP 2000, ETABS, Robot, Revit, Dlubal RFEM und RSTAB integrieren und ermöglicht den Export fertiger Bemessungen zur Integration in gängige BIM- und CAD-Programme.

Als cloudbasierte Lösung ist PROFIS Engineering über jeden Webbrowser zugänglich, ohne dass eine lokale Installation erforderlich ist. Die Software ermöglicht das Speichern und Synchronisieren von Projekten auf mehreren Geräten, führt automatische Updates durch und ergänzt damit den technischen Support durch unsere Experten.

PROFIS Engineering hilft Ihnen dabei, Zeit, Geld und Ressourcen zu sparen. Unabhängig davon, ob Sie an einem kleinen oder großen Projekt arbeiten: damit werden Sie in kürzester Zeit die besten Ergebnisse erzielen.

Testen Sie es noch heute kostenlos und finden Sie heraus, wie Sie Ihre technische Leistung und Produktivität steigern können.

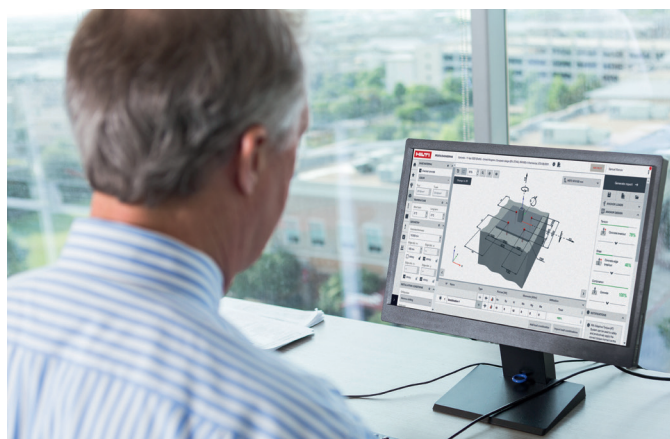


Abb. 3.6: PROFIS Engineering eignet sich für nachträglich installierte Dübelverbindungen in Beton

3.5. Typische Hilti-Dübel für nachträgliche Installationen in Holz-zu-Beton-Verbindungen

In [Kapitel 2](#) wurden einige gängige Anwendungen von Holz-zu-Beton behandelt. In der Regel werden die Holzprofile mit Stahlelementen und nachträglich installierten Dübeln mit dem Beton verbunden. Hilti ist ein führender Innovator in der Entwicklung und Produktion von nachträglich installierten Dübeln. Das Unternehmen ist bekannt für sein breites Angebot an mechanischen und Verbundankern, die sich für eine Vielzahl von Anwendungen eignen. Hilti-Dübel eignen sich für verschiedene Untergrundmaterialien und Baustellenbedingungen. Sie werden durch eine umfangreiche technische Dokumentation, Software und Engineering-Support ergänzt. Tragwerksplanende können sich auf das Fachwissen sowie die fortschrittlichen Produkte und Dienstleistungen von Hilti verlassen. Diese sind darauf ausgelegt, Sicherheit, Dauerhaftigkeit, Leistungsfähigkeit und eine einfache Installation zu gewährleisten. Hilti-Dübel werden strengen Tests unterzogen. Sie sind für den Einsatz in ungerissenem und gerissenem Beton, bei statischen und dynamischen Belastungen sowie unter Brandeinwirkung qualifiziert und zugelassen. Damit unterstützen sie Planer bei der Bewältigung anspruchsvollster Projekte.

Dieses technische Handbuch basiert auf der langjährigen Erfahrung von Hilti mit nachträglich installierten Dübeln und bietet technische Anleitungen zur Befestigung von tragenden und nicht tragenden Holzbauteilen an Beton. Dieser Abschnitt in [Kapitel 2](#) bietet insbesondere einen allgemeinen Überblick über die gängigsten Lösungen im Holzbau. Die wichtigsten Hilti-Produkte für verschiedene Anwendungen werden in den Tabellen 3.1 bis 3.4 näher vorgestellt.

Tabelle 3.1: Wand-Beton-Verbindungen – am häufigsten verwendete Dübelgrößen

Geeignete Hilti-Dübel		Schub- und Zugplatten	Zuganker	Winkelverbinder aus Stahl	Herstellerspezifische Profile
Spreizanker	HST4 HST4-R	M10, M12, M16	M12, M16, M20	M10, M12	M10, M12
	HST2 V3	M16	M16	M12, M16	M12, M16
Schraubanker	HUS4 (-H, -C, -A)	d12, d14, d16	-	d10, d12, d14	d10, d12
	HUS4 (-HR, -CR)	d14	-	d10, d14	d10
Injektionsanker	HY 200 + HAS U-Ankerstangen	M12, M16	M16, M20, M24	M10, M12, M16	-
	HVU2 + HAS U-Ankerstangen	M12, M16	M16, M20, M24	M10, M12, M16	-

Tabelle 3.2: Stütze-Beton-Verbindungen – am häufigsten verwendete Dübelgrößen

Geeignete Hilti-Dübel		Ankerplatten mit Abstandsmontage	Seitenplatten	Schlitzblech
Spreizanker	HST4 HST4-R	M10, M12	M8, M10	M8, M10, M12
	HST2 V3	M12, M16	M10, M12	M12, M16
Schraubanker	HUS4 (-H, -C, -A)	d10, d12, d14	d10, d12	d10, d12, d14, d16
	HUS4 (-HR, -CR)	d10, d14	d10	d10, d14
Injektionsanker	HY 200 + HAS U-Ankerstangen	M10, M12	M8, M10, M12	M10, M12, M16
	HVU2 + HAS U-Ankerstangen	M10, M12	M8, M10, M12	M10, M12, M16

Tabelle 3.3: Balken-Beton-Verbindungen – am häufigsten verwendete Dübelgrößen

Geeignete Hilti-Dübel		Metallaufhänger	Schlitzblech	Seitenplatten	Durchsteckmontage
Spreizanker	HST4 HST4-R	M10, M12	M10, M12	M10, M12	M10, M12
	HST2 V3	M12, M16	M12, M16	M12	M12, M16
Schraubanker	HUS4 (-H, -C, -A)	d10, d12, d14, d16	d10, d12, d14, d16	d10, d12	d12, d14, d16
	HUS4 (-HR, -CR)	d10, d14	d10, d14	d10	d14
Injektionsanker	HY 200 + HAS U-Ankerstangen	M12, M16	M12, M16	M10, M12	-
	HVU2 + HAS U-Ankerstangen	M12, M16	M12, M16	M10, M12	-

Tabelle 3.4: Platten-Beton-Verbindungen – am häufigsten verwendete Dübelgrößen

Geeignete Hilti-Dübel		Winkelverbinder
Bolzenanker	HST4 HST4-R	M10, M12
	HST2 V3	M12, M16
Schraubanker	HUS4 (-H, -C, -A)	d10, d12, d14
	HUS4 (-HR, -CR)	d10, d14
Verbundanker	HY 200 + HAS U Ankerstangen	M10, M12, M16
	HVU2 + HAS U Ankerstangen	M10, M12, M16

4. Technische Daten/Eigenschaften der gängigsten nachträglich installierten Dübel von Hilti

In diesem Abschnitt des Handbuchs werden die am häufigsten verwendeten Hilti-Bolzenanker, -Schraubanker und -Verbundanker für Holz-Beton-Verbindungen beschrieben, die in [Kapitel 3](#) erläutert sind.

Für jeden Dübeltyp werden Angaben zu Abmessungen, Zulassungen, Referenzeinbauparametern und Bemessungswiderständen für Einzeldübel in ungerissenem und gerissenem Beton unter statischer und seismischer Belastung gemacht. Die Bemessungswiderstände für seismische Bedingungen werden ohne das Hilti-Verfüllset angegeben.

Die numerischen Werte in den folgenden Tabellen beziehen sich jeweils auf die spezifische Befestigungskonfiguration des jeweiligen Kapitels. Da die Einbauparameter und Lastwiderstände aufgrund von Einflussfaktoren wie der Geometrie des Befestigungspunkts, den Lastbedingungen oder der Betonqualität variieren können, wird empfohlen, Ihre Bemessung mit der PROFIS Engineering-Software von Hilti zu überprüfen. Zusätzlich muss bei Dübelgruppen und gleichzeitigen Zug- und Querkraften die ordnungsgemäße Überprüfung der Dübel sowohl einzeln als auch innerhalb der Gruppe gemäß den in EN 1992-4 [2] festgelegten Normen durchgeführt werden. Dies ist in den Designbeispielen in [Kapitel 5](#) dargestellt.

Die in den Tabellen dieses Kapitels verwendeten Bezeichnungen sind wie folgt definiert (siehe Abb. 4.1 für die Definition der relevanten geometrischen Parameter):

h_{ef}	effektive Einbindetiefe des Dübels
h_{nom}	Nominale-Einbindetiefe des Dübels
h_{min}	Minimale Betonbauteil-Stärke für die angegebene Dübel-Einbindetiefe
s_{min}	Mindestabstand zwischen Dübeln
s	tatsächlicher Abstand zwischen Dübeln
c_{min}	Mindestabstand zwischen Dübel und Betonkante
c	tatsächlicher Abstand zwischen Dübel und Betonkante
N_{Rd}	Bemessungswiderstand gegen Zugbelastungen
V_{Rd}	Bemessungswiderstand gegen Querkräfte

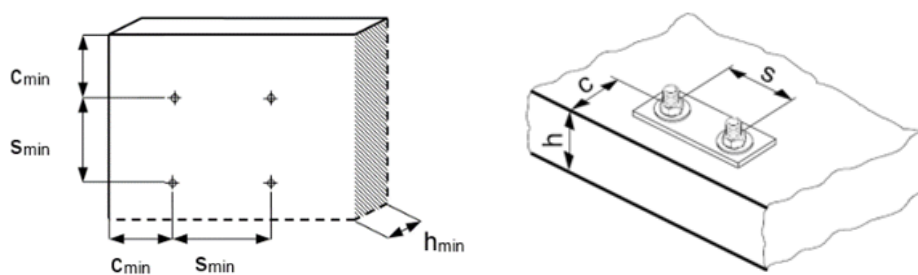


Abb. 4.1: Randabstand, Abstand und Betonplattenstärke

Hinweis: Die Verwendung des Hilti-Verfüllsets verbessert die Querkrafttragfähigkeit im Erdbebenlastfall deutlich, da der Ringspaltfaktor $\alpha_{gap} = 1,0$ in der Bemessung berücksichtigt wird.



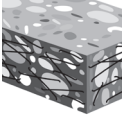
Hinweis: Weitere Informationen finden Sie im Hilti-Befestigungshandbuch für Dübel (FTM) [5].

4.1. Hilti HST4 (-R) Bolzenanker

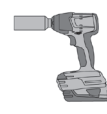
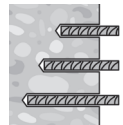
Hochleistungs-Bolzenanker

Dübelausführung		Vorteile
	HST4-R HST4 (M8 - M20)	- Leistungsstarker Dübel mit Einsatzmöglichkeit bei reduzierter Bauteilstärke, kleineren Rand- und Achsabständen - Geeignet für gerissenen und ungerissenen Beton C20/25 bis C50/60 - Geprüft und zugelassen für seismische Belastung mit ETA C1/C2-Bewertung - Variable Verankerungstiefe für größere Widerstandswerte oder geringere Rand- und Achsabstände – je nach Anwendungsfall - Vollständige Bemessungsflexibilität durch variable Verankerungstiefe und Rand- und Achsabstände - Schnelle und zuverlässige Installation dank der Option in der ETA, das Bohrloch nicht zu reinigen, und aufgrund des adaptiven Drehmomentmoduls (AT-Modul) - Hutmutter-Variante für ästhetischere Anwendungsausführung erhältlich - Produktlängen-Kennzeichnung erleichtert Qualitätskontrolle und Inspektion
	HST4-R DN HST4 (M8 - M16)	
	HST4-R BW HST4 (M8 - M16)	

Untergrundmaterial – Lastbedingungen

						
Beton (ungerissen)	Beton (gerissen)	Stahlfaserbeton	Statisch/ quasi-statisch	Seismisch C1/C2	Feuerwiderstand	Schock BZS-CH

Bohren, Reinigen, Setzen Weitere Informationen

						
Hammergebohrte Löcher (ohne Reinigung)	Diamantgebohrte Löcher	Mit dem Hohlbohrer ge- bohrte Löcher	Schlagschrauber mit adaptivem Drehmoment- modul	Variable Verank- erungstiefe	PROFIS Engineering Software	Befestigungshand- buch für Stahl an Beton

Verknüpfte Genehmigungen/Zertifikate**Zulassungen/Zertifikate**

Keine Zulassung	Anwendung/Lastbedingungen	Behörde/Labor	Ausstellungsdatum
ETA-21/0878	Statisch und quasistatisch/ Seismisch/Feuer	CSTB, Marne-la-Vallée	31-10-2024

Link zur Hilti-Webseite für weitere Informationen und Gebrauchsanweisungen

HST4-R	HST4-R DN	HST4-R BW
		
HST4	HST4 DN	HST4 BW
		

4.1.1. Minimale Betonplattenstärke, Randabstand und Achsabstand

Die ETA-21/0878 [6] enthält die Formeln zur Bewertung der Mindestanforderungen an den flexiblen Randabstand und Achsabstand für jede Dübelanordnung. Diese variieren je nach Untergrundmaterialstärke und Einbindetiefe des Dübels (s. Abb. 4.1). Die Tabellen 4.1 und 4.2 empfehlen die minimalen Rand- und Achsabstände für bestimmte Dübelanordnungen und Untergrundmaterialstärken. Die Mindestbetondeckenstärke ist für die maximale und minimale Einbindetiefe angegeben. Die minimalen Achs- und Randabstände wurden bei einer Betonplattenstärke von 300 mm angegeben.

Tabelle 4.1: HST4-R: Definitionen der Mindestbetonstärke, des Randabstands und des Achsabstands

Ungerissener Beton							
	Gereinigtes Bohrloch			Mindestachsabstand		Mindestrandabstand	
Größe	h_{ef} [mm]	h_{nom} [mm]	h_{min} [mm]	s_{min} [mm]	Für $c \geq$ [mm]	c_{min} [mm]	Für $s \geq$ [mm]
M8	30	36	80	35	70	40	120
	90	96	135	35	45	40	65
M10	30	38	80	40	100	45	205
	100	108	150	40	55	45	100
M12	40	49	100	50	125	55	255
	125	134	190	50	70	55	120
M16	65	77	120	65	115	65	210
	160	172	240	65	70	65	80
M20	101	116	160	90	140	80	260
	180	195	270	90	90	80	140
Gerissener Beton							
	Gereinigtes Bohrloch			Mindestachsabstand		Mindestrandabstand	
Größe	h_{ef} [mm]	h_{nom} [mm]	h_{min} [mm]	s_{min} [mm]	Für $c \geq$ [mm]	c_{min} [mm]	Für $s \geq$ [mm]
M8	30	36	80	35	50	40	55
	90	96	135	35	40	40	35
M10	30	38	80	40	80	45	145
	100	108	150	40	50	45	55
M12	40	49	100	50	95	55	160
	125	134	190	50	60	55	55
M16	65	77	120	65	100	65	160
	160	172	240	65	65	65	65
M20	101	116	160	90	100	80	145
	180	195	270	90	80	80	90

Hinweis: Sowohl der Mindestachsabstand als auch der Randabstand hängen von der effektiven Einbindetiefe, der Mindestbetonstärke sowie der tatsächlichen Plattenstärke ab. Alle Werte gelten für gereinigte Bohrlöcher. Alle weiteren Bedingungen entnehmen Sie bitte der ETA-21/0878.

Tabelle 4.2: HST4: Definitionen der Mindestbetonstärke, des Randabstands und Achsabstands

Ungerissener Beton							
	Gereinigtes Bohrloch			Mindestachsabstand		Mindestrandabstand	
Größe	h_{ef} [mm]	h_{nom} [mm]	h_{min} [mm]	s_{min} [mm]	Für $c \geq$ [mm]	c_{min} [mm]	Für $s \geq$ [mm]
M8	30	36	80	35	70	40	120
	90	96	135	35	45	40	65
M10	30	38	80	40	100	45	205
	100	108	150	40	55	45	100
M12	40	49	100	50	125	55	255
	125	134	190	50	70	55	120
M16	65	77	120	65	140	65	290
	160	162	240	65	80	65	135

Ungerissener Beton							
M20	101	116	160	90	140	80	260
	180	195	270	90	90	80	140
Gerissener Beton							
	Gereinigtes Bohrloch			Mindestachsabstand		Mindestrandabstand	
Größe	h_{ef} [mm]	h_{nom} [mm]	h_{min} [mm]	s_{min} [mm]	Für $c \geq$ [mm]	c_{min} [mm]	Für $s \geq$ [mm]
M8	30	36	80	35	50	40	55
	90	96	135	35	40	40	35
M10	30	38	80	40	80	45	145
	100	108	150	40	50	45	55
M12	40	49	100	50	95	55	160
	125	134	190	50	60	55	55
M16	65	77	120	65	105	65	175
	160	172	240	65	65	65	65
M20	101	116	160	90	100	80	145
	180	195	270	90	80	80	90

Hinweis: Sowohl der Mindestachsabstand als auch der Randabstand hängen von der effektiven Einbindetiefe, der Mindestbetonstärke sowie der tatsächlichen Plattenstärke ab. Alle Werte gelten für gereinigte Bohrlöcher. Alle weiteren Bedingungen entnehmen Sie bitte der ETA-21/0878.

4.1.2. Dübel-Bemessungswiderstände für statische, quasi-statische und seismische C2 Belastung

In EN 1992-4 [2] sind Formeln zur Berechnung des Bemessungswiderstands bei variabler Verankerungstiefe unter Berücksichtigung des Randabstands und Achsabstands für jede Dübelanordnung aufgeführt. Dabei werden die in der relevanten ETA-21/0878 [6] angegebenen Leistungsdaten zugrunde gelegt (siehe Tabellen 4.3 und 4.4). Alle Angaben in diesem Abschnitt gelten für:

- Korrektes Setzen (bitte beachten Sie die Setzvorgaben in der Gebrauchsanweisung des Dübels)
- Einzel-Dübel, ohne Einfluss von Randabstand und Achsabstand
- Mindestbauteilstärke
- Betonklasse C20/25
- Schlagbohrungen und Diamantkernbohrungen (M8 bis M20), Schlagbohrungen mit Hilti-Hohlbohrer (M10-M20)
- Bitte beachten Sie die in der Tabelle angegebenen Einbindetiefen. HST4 und HST4-R sind für einen Entwurf mit variabler Einbindetiefe innerhalb der in der ETA-21/0878 [6] angegebenen Grenzen zugelassen.

Hinweis: Gemäß EN 1992-4 [2] sind wirksame Einbindetiefen von weniger als 40 mm nur für nichttragende, redundante Systeme zulässig. Das heißt, die Last muss bei Ausfall einzelner Befestigungspunkte gemäß den Bestimmungen von CEN/TR 17079 [7] auf andere Befestigungselemente verteilt werden können. Für seismische Einwirkungen wurden für HST4 und HST4-R M8 und M10 effektive Einbindetiefen kleiner als 40 mm geprüft und in die Zulassungsunterlagen (siehe ETA-21/0878 [6]) aufgenommen. In EN 1992-4 [2] sind jedoch Einbindetiefen kleiner als 40 mm für seismische Einwirkungen nicht berücksichtigt.

Tabelle 4.3: HST4-R: Bemessungswiderstand bei minimaler und maximaler effektiver Einbindetiefe

		Ungerissener Beton		Gerissener Beton		Seismisch C2	
Größe	h_{ef} [mm]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]*
M8	47	10,6	13,9	6,7	13,9	3,0	8,2
	90	12,7	13,9	6,7	13,9	3,3	8,2
M10	60	17,6	22,0	12,3	22,0	8,4	14,9
	100	21,3	22,0	13,3	22,0	8,5	15,0
M12	40	9,6	23,9	6,7	16,8	5,7	14,3
	125	30,7	33,0	18,7	33,0	14,7	19,2
M16	65	19,8	57,9	13,9	41,7	11,8	35,5
	160	40,0	57,9	25,3	57,9	24,5	41,0
M20	101	33,3	77,8	23,3	74,6	19,8	53,9
	180	33,3	77,8	23,3	77,8	23,3	53,9

*mit Hilti-Verfüllset

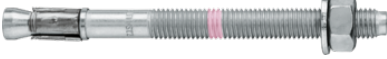
Tabelle 4.4: HST4: Bemessungswiderstand bei minimaler und maximaler effektiver Einbindelänge

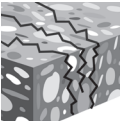
		Ungerissener Beton		Gerissener Beton		Seismisch C2	
Größe	h_{ef} [mm]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]*
M8	47	10,6	13,0	7,4	13,0	2,9	8,6
	90	12,7	13,0	8,0	13,0	3,1	8,6
M10	60	16,4	19,8	12,3	19,8	8,3	14,2
	100	20,0	19,8	12,7	19,8	8,3	14,2
M12	40	9,6	23,9	6,7	16,8	5,6	14,3
	125	28,0	29,9	18,7	29,9	14,4	21,2
M16	65	19,8	50,3	13,9	41,7	11,8	31,1
	160	36,7	50,3	25,3	50,3	25,5	35,9
M20	101	33,3	67,1	23,3	67,1	19,8	63,4
	180	33,3	67,1	23,3	67,1	23,3	67,4

*mit Hilti-Verfüllset

4.2. Hilti HST2 V3 Spreizanker

Hochleistungs-Spreizanker

Dübelausführung		Vorteile
	HST2 V3	- Geeignet für gerissenen und ungerissenen Beton C20/25 bis C50/60 - Geeignet für seismische Bemessungen mit ETA C1/ C2-Zulassung - Variable Verankerungstiefe für größere Lastwerte oder geringere Rand- und Achsabstände – je nach Anwendungsfall - Geringe Verankerungstiefen - Vollständige Bemessungsflexibilität durch variable Verankerungstiefe und Achs- und Randabstände - Schnelle und zuverlässige Installation dank Option in der ETA, das Bohrloch nicht zu reinigen, und aufgrund des automatischen Drehmomentwerkzeugs (AT-Modul) - Produkt- und Längenkennzeichnung erleichtert Qualitätskontrolle und Inspektion - HST2-F geeignet für den Einsatz im Freien mit variabler Lebensdauer (z.B. C3 für 25 Jahre)
	HST2 V3 BW (M8-M16)	
	HST2- F V3 (M8-M16)	
	HST2-R V3 (M8-M16)	

Untergrundmaterial –			Lastbedingungen		
					
Beton (ungerissen)	Beton (gerissen)		Statisch/ quasi-statisch	Seismisch C1/C2	Feuerwiderstand

Bohren, Reinigen, Setzen			Weitere Informationen		
					
Hammergebohrte Löcher (ohne Reinigung)	Diamantgebohrte Löcher	Schlagschrauber mit adaptivem Drehmomentmodul	PROFIS Engineering Software	Handbuch der Befestigungstechnik für Stahl zu Beton	

Verknüpfte Zulassungen/Zertifikate

Zulassungen/Zertifikate

Zulassungsnr.	Anwendung/ Lastbedingungen	Behörde/Labor	Ausstellungsdatum
ETA-21/0480	HST2(-F,-R) V3 Statisch und quasi-statisch/ Seismisch/Feuer	DIBt Berlin	31-10-2024
ETA-21/0510	HST2-F V3 Variable Lebensdauer 50 Jahre Statisch und quasistatisch/Feuer	DIBt Berlin	14-11-2024

Link zur Hilti-Webseite für weitere Informationen und Gebrauchsanweisungen

HST2 V3	HST2-F V3	HST2-R V3	HST2 V3 KG
			

4.2.1. Minimale Betonplattenstärke, Randabstand und Achsabstand

In der Zulassung ETA-21/0480 [8] sind alle relevanten Informationen zum korrekten Setzen des Dübels zu finden (siehe Tabellen 4.5 und 4.6). Die Mindestachsabstände und Randabstände bei einer Betonstärke von 300 mm sind in den Tabellen 4.5 und 4.6 unter Bezugnahme auf die in Abbildung 4.1 definierten Größen angegeben.

Tabelle 4.5: HST2/- F V3: Definitionen der Mindestbetonstärke, des Randabstands und des Achsabstands

Ungerissener Beton							
	Gereinigttes Bohrloch			Mindestachsabstand		Mindestrandabstand	
Größe	h_{ef} [mm]	h_{nom} [mm]	h_{min} [mm]	s_{min} [mm]	Für $c \geq$ [mm]	c_{min} [mm]	Für $s \geq$ [mm]
M8	30	40	100	40	55	45	65
	70	80	110	40	50	45	50
M10	40	50	120	55	75	55	105
	80	90	125	55	70	55	95
M12	50	63	140	60	75	55	125
	100	113	155	60	65	55	115
M16	65	78	160	70	85	70	105
	120	133	180	70	75	70	95

Gerissener Beton							
	Gereinigtes Bohrloch			Mindestachsabstand		Mindestrandabstand	
Größe	h_{ef} [mm]	h_{nom} [mm]	h_{min} [mm]	s_{min} [mm]	Für $c \geq$ [mm]	c_{min} [mm]	Für $s \geq$ [mm]
M8	30	40	100	40	50	45	40
	70	80	110	40	45	45	40
M10	40	50	120	55	55	55	55
	80	90	125	55	55	55	55
M12	50	63	140	60	60	55	70
	100	113	155	60	60	55	60
M16	65	78	160	70	70	70	70
	120	133	180	70	70	70	70

Hinweis: Sowohl der Mindestachsabstand als auch der Randabstand hängen von der effektiven Einbindetiefe, der Mindestbetonstärke sowie der tatsächlichen Plattenstärke ab. Alle Werte gelten für gereinigte Bohrlöcher. Alle weiteren Bedingungen entnehmen Sie bitte der ETA-21/0480.

Tabelle 4.6: HST2 R V3: Definitionen der Mindestbetonstärke, des Randabstands und des Achsabstands

Ungerissener Beton							
	Gereinigtes Bohrloch			Mindestachsabstand		Mindestrandabstand	
Größe	h_{ef} [mm]	h_{nom} [mm]	h_{min} [mm]	s_{min} [mm]	Für $c \geq$ [mm]	c_{min} [mm]	Für $s \geq$ [mm]
M8	30	38	100	40	60	45	90
	70	78	105	40	60	45	80
M10	40	49	120	55	70	50	130
	80	89	125	55	70	50	115
M12	50	60	140	60	80	55	155
	100	110	150	60	75	55	155
M16	65	78	160	70	100	60	200
	120	133	180	70	85	60	210

Gerissener Beton							
	Gereinigtes Bohrloch			Mindestachsabstand		Mindestrandabstand	
Größe	h_{ef} [mm]	h_{nom} [mm]	h_{min} [mm]	s_{min} [mm]	Für $c \geq$ [mm]	c_{min} [mm]	Für $s \geq$ [mm]
M8	30	38	100	40	50	45	50
	70	78	105	40	50	45	45
M10	40	49	120	55	65	50	100
	80	89	125	55	65	50	90
M12	50	60	140	60	70	55	110
	100	110	150	60	65	55	110
M16	65	78	160	70	80	60	135
	120	133	180	70	75	60	145

Hinweis: Sowohl der Mindestachsabstand als auch der Randabstand hängen von der effektiven Einbindetiefe, der Mindestbetonstärke sowie der tatsächlichen Plattenstärke ab. Alle Werte gelten für gereinigte Bohrlöcher. Alle weiteren Bedingungen entnehmen Sie bitte der ETA-21/0480.

4.2.2. Dübel-Bemessungswiderstand für statische, quasi-statische und seismische C2 Belastung

In EN 1992-4 [2] sind Formeln zur Berechnung des Bemessungswiderstands unter Berücksichtigung des Randabstands und des Achsabstands für jede Dübelanordnung aufgeführt. Dabei werden die in der relevanten ETA-21/0480 [8] angegebenen Leistungsdaten zugrunde gelegt. Alle Daten in diesem Abschnitt (Tabelle 4.7 und Tabelle 4.8) gelten für:

- Korrektes Setzen (bitte beachten Sie die Setzangaben in der Gebrauchsanweisung des Dübels)
- Einzel-Dübel, ohne Einfluss von Randabstand und Achsabstand
- Mindestbauteilstärke
- Betonklasse C20/25
- Bohrlöcher mit Schlagbohrer (M8 bis M16)

Tabelle 4.7: HST2/-F V3 and HST2-R V3: Bemessungswiderstand gegen statische Belastung

Beton		HST2/-F V3				HST2-R V3			
		Ungerissener Beton		Gerissener Beton		Ungerissener Beton		Gerissener Beton	
Größe	h_{ef} [mm]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]*
M8	30	5,4	8,5	3,3	8,5	5,4	12,6	3,3	8,8
	70	10,7	8,5	4,7	8,5	10,7	12,6	3,3	12,6
M10	40	8,3	15,1	5,8	14,8	8,3	20,2	5,8	14,8
	80	16,0	15,1	7,3	15,1	16,7	20,2	6,0	20,2
M12	50	11,6	23,6	8,1	20,9	11,6	29,4	8,0	20,9
	100	22,7	23,6	9,3	23,6	23,3	29,4	8,0	29,4
M16	65	17,2	40,8	12	33,9	17,2	48,5	12	33,9
	120	29,3	40,8	16,7	40,8	30,7	50,9	16,7	50,9

*mit Hilti-Verfüllset

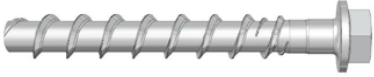
Tabelle 4.8: HST2/-F and HST2-R V3: Bemessungswiderstand bei seismischer C2-Belastung

Beton		HST2/-F		HST2-R	
		Gerissener Beton		Gerissener Beton	
Größe	h_{ef} [mm]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]*
M10	60	3,7	5,9	2,2	9,6
M12	70	9,3	8,9	6,7	14,4
M16	85	12,0	20,0	8,5	30,0

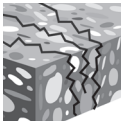
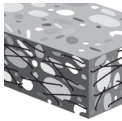
*mit Hilti-Verfüllset

4.3. Hilti HUS4 Schraubanker für Beton

Hochleistungs-Schraubanker für die Einzelbefestigung

Dübelvariante		Vorteile
	HUS4-H(F) (8-16)	• Höhere Produktivität – weniger Bohren und weniger Arbeitsschritte als bei herkömmlichen Dübeln • ETA für gerissenen und ungerissenen Beton • ETA-Zulassung für seismische Einwirkungen C1 und C2
	HUS4-C (8-10)	• ETA-Zulassung für Adjustierung (lösen – wieder setzen) • Geringerer Rand- und Achsabstand • Drei Einbindetiefen für maximale Flexibilität bei der Bemessung und flexibles Design für Widerstand gegen kegelförmigen Betonausbruch
	HUS4-A(F) (10-14)	• Keine Bohrlochreinigung erforderlich für die Größen 8 bis 14 • HUS4-HF und HUS4-AF mit mehrlagigen Beschichtungen für zusätzlichen Korrosionsschutz • Durchsteckmontage mit H-, A- und C-Kopfgeometrie • Vorbefestigung mit A-Kopf

Untergrundmaterial – Lastbedingungen

						
Beton (ungerissen)	Beton (gerissen)	Stahlfaserbeton		Statisch/ quasi-statisch	Seismisch C1/C2	Feuerwiderstand

Bohren, Reinigen, Setzen

Weitere Informationen

					
Hammerbohren	Diamantbohren	Hammerbohren mit Hilti Hohlbohrern	Schlagschrauber mit adaptivem Drehmomentmodul	PROFIS Engineering Software	Handbuch der Befestigungstechnik

Verlinkte Zulassungen/Nachweise

Zulassung	Anwendung/ Lastbedingungen	Technische Bewertungsstelle	Ausstellungsdatum
ETA-20/0867	Statisch und quasistatisch/ Seismisch/Feuer	DIBt Berlin	11-02-2025

HUS4 16 im Allgemeinen und die Adjustierbarkeit von HUS4 8 und 10 für Stahlfaserbeton sind nicht Gegenstand der ETA.

[Link zu Hilti Online für weitere Informationen und Bedienungsanleitungen](#)

HUS4-H	HUS4-HF	HUS4-C	HUS4-A	HUS4-AF
				

4.3.1. Mindestdicke des Betonbauteils, Randabstand und Achsabstand

ETA-20/0867 [9] enthält alle relevanten Informationen für die korrekte Produktmontage. Die Werte für den Mindestrandabstand, den Mindestachsabstand und die Mindestdicke des Betonbauteils für HUS4- und HUS4-R-Dübel sind in Tabelle 4.9 und Tabelle 4.10 unter Bezugnahme auf die Definitionen in Abbildung 4.1 angegeben.

Tabelle 4.9: HUS4: Definitionen der Mindestdicke des Betonbauteils, des Randabstandes und des Achsabstandes

Ungerissener und gerissener Beton					
Größe	h_{ef} [mm]	h_{nom} [mm]	h_{min} [mm]	s_{min} [mm]	c_{min} [mm]
8 (H, HF, C)	30,6	40	80	35	35
	47,6	60	100	35	35
	56,1	70	120	35	35
10 (H, HF, C, A, AF)	42,5	55	100	40	40
	59,5	75	130	40	40
	68,0	85	140	40	40
12 (H)	45,9	60	110	50	50
	62,9	80	130	50	50
	79,9	100	150	50	50
14 (H, HF, A, AF)	49,3	65	120	60	60
	66,3	85	160	60	60
	91,8	115	200	60	60
16 H, HF	66,6	85	130	90	65
	104,9	130	195	90	65

Tabelle 4.10: HUS4-R: Minimale Dicke des Betonbauteils, Randabstand und Achsabstand

Ungerissener und gerissener Beton					
Größe	h_{ef} [mm]	h_{nom} [mm]	h_{min} [mm]	s_{min} [mm]	c_{min} [mm]
8 (HR, CR)	47,0	60	100	45	45
	64,0	80	120	50	50
10 (HR, CR)	54,0	70	120	50	50
	71,0	90	140	50	50
14 (HR)	52,0	70	140	50	50
	86,0	110	160	60	60

4.3.2. Bemessungswiderstand für statische, quasi-statische und seismische C1 Belastung

In EN 1992-4 [2] sind Formeln zur Berechnung des Bemessungswiderstands unter Berücksichtigung des Randabstands und des Abstands für jede Dübelanordnung aufgeführt. Dabei werden die in der relevanten ETA-20/0867 [9] angegebenen Leistungsdaten zugrunde gelegt. Alle Daten in diesem Abschnitt (Tabelle 4.11 und Table 4.12) gelten für:

- Korrekte Montage (bitte beachten Sie die Angaben in der Bedienungsanleitung des Dübels)
- Einzel-Dübel, ohne Einfluss von Rand- und Achsabstand
- Mindestdicke des Betonbauteils
- Beton C20/25 mit (SFRC) und ohne Stahlfasern
- Mit Hammerbohrer gebohrte Löcher (Größen 8 bis 16).

Tabelle 4.11: HUS4: Bemessungswiderstand bei minimaler und maximaler effektiver Einbindetiefe

Größe	h_{ef} [mm]	Ungerissener Beton		Gerissener Beton		Seismisch C2	
		N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]*
8 (H, HF, C)	30,6	5,6	5,6	3,7	3,9	-	-
	47,6	10,8	15,0	7,5	15,0	-	-
	56,1	13,8	17,5	9,6	17,5	1,8	4,3
10 (H, HF, C, A, AF)	42,5	7,2	9,1	5,3	6,4	1,7	4,3
	59,5	14,7	23,0	10,5	21,1	2,4	4,3
	68,0	18,4	25,6	12,9	25,6	3,6	5,9
12 (H)	45,9	10,2	20,4	6,7	14,3	-	-
	62,9	16,4	31,1	11,5	22,9	-	-
	79,9	23,4	35,9	16,4	32,8	7,6	9,5
14 (H, HF, A, AF)	49,3	11,4	22,7	7,9	15,9	-	-
	66,3	17,7	35,4	12,4	24,8	-	-
	91,8	28,8	49,6	20,2	40,4	11,8	13,8
16 H, HF	66,6	14,7	35,6	10,7	25,0	-	-
	104,9	30,7	58,5	21,3	49,3	-	-

*mit Hilti-Verfüllset

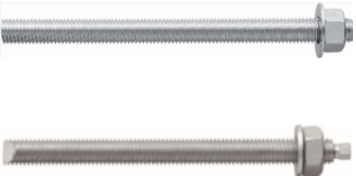
Tabelle 4.12: HUS4-R: Bemessungswiderstand bei minimaler und maximaler effektiver Einbindetiefe

		Ungerissener Beton		Gerissener Beton		Seismisch C1	
Größe	h_{ef} [mm]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]*
8 (HR, CR)	47,0	8,0	17,3	5,7	14,8	-	-
	64,0	8,9	17,3	8,3	17,3	4,3	7,4
10 (HR, CR)	54,0	8,9	22,0	6,7	18,2	-	-
	71,0	16,7	22,0	10,7	22,0	8,3	11,9
14 (HR)	52,0	10,2	24,6	6,7	17,2	-	-
	86,0	21,8	51,3	13,9	36,6	9,7	31,1

Die Werte für die seismische Widerstandsfähigkeit C1 gelten ausschließlich für die Version HUS4-HR.

4.4. Hilti HIT-HY200-A V3 und -R V3 Injektionsmörtel mit HAS U-Ankerstangen

Dübel-Design (EN 1992-4, EOTA TR 082)/Ankerstangen, Hülsen und Bewehrungsstäbe/Beton

Injektionsmörtelsystem		Vorteile
	Hilti HIT-HY 200-A V3	Automatische Bohrlochreinigung mit Hohlbohrern, präzise Dosierung mit HDE und schnelles und sicheres Drehmoment mit dem adaptiven Drehmomentsystem (AT).
	Hilti HIT-HY 200-R V3	
	Foliengebinder 500 ml (auch als Foliengebinder 330 ml erhältlich)	Geeignet für gerissenen und ungerissenen Beton C20/25 bis C50/60
	Ankerstange (M8-M30): HAS, HAS HDG, HAS A4, HAS-U, HAS-U HDG, HAS-U A4, HAS-U HCR	- ETA-Zulassung für seismische Leistungskategorie C1, C2 - Maximale Belastbarkeit in gerissenem und ungerissenem Beton - Hohe Korrosionsbeständigkeit
	Innengewindehülse (M8-M20): HIS-N HIS-RN	- Geeignet für geringe Rand- und Achsabstände - Manuelle Reinigung für Bohrlochdurchmesser bis zu 20 mm und $h_{ef} \leq 10d$, ausschließlich für ungerissenen Beton
	Ankerstangen (M8-M20): HIT-Z(-D TP) HIT-Z-F HIT-Z-R(-D TP)	- ETA-Daten für eine Lebensdauer von 50 und 100 Jahren - Geeignet für trockenen und wassergesättigten Beton
	Ankerstangen (M12-M20): HAS-D	Daten zur Brandbeanspruchung gemäß EOTA TR 082 für Ankerstangen der Größen M8 bis M30
	Bewehrungsseisen ($\phi 8$ - $\phi 32$)	Verankerung in Stahlfaserbeton mit HAS-D

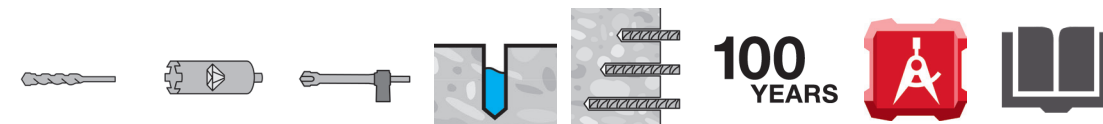
Anwendungsbedingungen

Untergrundmaterial – Lastbedingungen



Beton (ungerissen)	Beton (gerissen)	Stahlfaser- beton	Statisch/ quasi-sta- tisch	Seismisch C1, C2	Ermüdung	Feuerwider- stand
-----------------------	---------------------	----------------------	----------------------------------	---------------------	----------	----------------------

Bohren, Reinigen, Setzen Weitere Informationen



Hammer- bohren	Diamant- bohren	Hammer- bohren mit Hilti Hohl- bohrern	Installation im was- sergefülltem Bohrloch	Variable Ve- rankerung- stiefe	ETA 100 Jahre Nutzungs- dauer	PROFIS Engineering Software	Handbuch der Befesti- gungstech- nik
-------------------	--------------------	---	---	--------------------------------------	--	-----------------------------------	---

Verlinkte Zulassungen/Nachweise

Zulassungen

Zulassung	Anwendung/Lastbedin- gungen	Technische Bewertungs- stelle	Ausstellungsdatum
ETA-19/0601 (HAS, HIS-N, Bewehrung- seisen)	Statisch und quasistatisch/ Seismisch/Feuer	DIBt, Berlin	29.01.2024
ETA-19/0632 (HIT-Z)	Statisch und quasistatisch/ Seismisch	DIBt, Berlin	26.09.2024
ETA-18/0972 (HAS-D)	Statisch und quasi-sta- tisch	DIBt, Berlin	26.09.2024
ETA-15/0296 (HIT-Z-D-TP)	Statisch und quasistatisch/ Seismisch	DIBt, Berlin	18.07.2023
ETA-18/0978 (HAS-D)	Statisch und quasi-statisch/ Ermüdung	DIBt, Berlin	26.09.2024
ETA-19/0802 (HIT-Z-D-TP)	Statisch und quasi-statisch/ Ermüdung	DIBt, Berlin	18.09.2024
Nr.: 01/2024 (HAS, HIS-N, Bewehrung- seisen)	120 Jahre Lebensdauer gemäß ETA-19/0601	BERGMEISTER, Wien	18.03.2024

Link zur Hilti-Webseite für weitere Informationen und Gebrauchsanweisungen

Injektionsmörtel/Auspressgerät/Zubehör					
HIT-HY 200-A V3	HIT-HY 200-R V3	HDE 500-22	HDE 500-A12	HDM 500	Verfüllset
					
Befestigungselement: Ankerstange					
HAS-U 8.8	HAS 8.8	HIS-N	HIT-Z	HIT-Z-D-TP	HAS-D
					

4.4.1. Minimale Dicke des Betonbauteils, Randabstand und Achsabstand

In ETA-19/0601 [10] enthält alle relevanten Informationen für die korrekte Produktmontage (siehe Tabelle 4.13). Die in der Tabelle angegebene minimale Dicke des Betonbauteils gilt für die minimale und maximale Einbindetiefe gemäß den Definitionen in Abb. 4.1.

Tabelle 4.13: HIT-HY 200-A V3 und HIT-HY 200-R V3 mit HAS U-Ankerstangen: Minimale Dicke des Betonbauteils

Ungerissener und gerissener Beton					
Größe	h_{ef} [mm]	h_{nom} [mm]	h_{min} [mm]	s_{min} [mm]	c_{min} [mm]
M8	60	60	100	40	40
	160	160	190	40	40
M10	60	60	100	50	45
	200	200	230	50	45
M12	70	70	100	60	45
	240	240	270	60	45
M16	80	80	116	75	50
	320	320	356	75	50
M20	90	90	134	90	55
	400	400	444	90	55
M24	96	96	152	115	60
	480	480	536	115	60
M27	108	108	168	120	75
	540	540	600	120	75
M30	120	120	190	140	80
	600	600	670	140	80

4.4.2. Bemessungswiderstand für statische, quasi-statische und seismische C2-Dübel

In EN 1992-4 [2] sind Formeln zur Berechnung des Bemessungswiderstands unter Berücksichtigung des Randabstands und des Achsabstands für jede Dübelanordnung aufgeführt. Dabei werden die in der relevanten ETA-19/0601 [10] angegebenen Leistungsdaten zugrunde gelegt. Alle Daten in diesem Abschnitt (Tabelle 4.14 und Tabelle 4.15) gelten für:

- Korrekte Montage (bitte beachten Sie die Angaben in der Bedienungsanleitung des Dübels)
- Einzel-Dübel, ohne Einfluss von Rand- und Achsabstand
- Mindestdicke des Betonbauteils
- Festigkeitsklasse C20/25
- Schlagbohrungen und Diamantkernbohrungen (M8 bis M30), Schlagbohrungen mit Hilti-Hohlbohrer (M8-M30)
- Bitte beachten Sie die in der Tabelle angegebenen Einbindetiefen
- Temperaturbereich I im Nutzungszustand (min. Temperatur im Verankerungsgrund: -40 °C, max. Temperatur im Verankerungsgrund langfristig/kurzzeitig: +24 °C/+40 °C)
- $\psi_{SUS} = 1,0$. Für spezielle Bemessungsfälle mit geringeren Anteilen an Dauerlasten beachten Sie bitte PROFIS Engineering

Tabelle 4.14: HAS-U 5.8 Ankerstange: Bemessungswiderstand bei einer ausgewählten Einbindetiefe

Größe	h_{ef} [mm]	Ungerissener Beton		Gerissener Beton		Seismisch C2	
		N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]*
M8	80	12,2	8,8	10,0	8,8	-	-
M10	90	19,3	13,9	17,7	13,9	-	-
M12	110	28,1	20,2	26,3	20,2	-	-
M16	125	45,8	37,7	32,1	37,7	-	-
M20	170	72,7	58,8	50,9	58,8	-	-
M24	210	99,8	84,7	69,9	84,7	-	-
M27	240	121,9	110,2	85,4	110,2	-	-
M30	270	145,5	134,6	101,8	134,6	-	-

Tabelle 4.15: HAS-U 8.8 Ankerstangen: Bemessungswiderstand bei einer ausgewählten Einbindetiefe

Größe	h_{ef} [mm]	Ungerissener Beton		Gerissener Beton		Seismisch C2	
		N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]*
M8	80	19,5	11,7	10,0	11,7	-	-
M10	90	28,0	18,6	17,7	18,6	-	-
M12	110	37,8	27,0	26,3	27,0	7,5	22,4
M16	125	45,8	50,2	32,1	50,2	19,3	36,8
M20	170	72,7	78,4	50,9	78,4	32,8	61,6
M24	210	99,8	113,0	69,9	113,0	36,9	82,4
M27	240	121,9	146,9	85,4	146,9	-	-
M30	270	145,5	179,5	101,8	179,5	-	-

*mit Hilti-Verfüllset

4.5. Hilti Verbundankerpatrone HVU2 mit HAS U-Ankerstangen

Dübel-Design (EN 1992-4)/Ankerstangen und Siebhülsen/Beton

Dübelausführung		Vorteile
	HVU2 Verbundankerpatrone	- Hilti-Hohlbohrer für automatische Reinigung - Geeignet für gerissenen und ungerissenen Beton C20/25 bis C50/60 sowohl für Hammerbohrer als auch für Diamantbohrer - Höchst zuverlässiger und sicherer Dübel für seismische Auslegung mit ETA-Zulassung C1/C2. Gemäß ETA für seismische Anforderungen der Kategorie C1 auch für Diamantkernbohrungen erhältlich. - Saubere und schnelle Montage, somit geeignet für raue Baustellenbedingungen - Geeignet für trockenen und wassergesättigten Beton - Hohe Belastbarkeit - Kurze Aushärtezeit - Anwendungstemperaturbereich bis 120 °C kurzzeitig/72 °C langfristig
	Dübel M8-M30: HAS-U HAS-U HDG HAS-U A4 HAS-U HCR Einschließlich P Versionen	
	Innengewindehülse M8-M20: HIS-N HIS-RN	

Untergrundmaterial –		Lastbedingungen				
Beton (ungerissen)	Beton (gerissen)		Statisch/ quasi-statisch	Seismisch C1/C2	Ermüdung	Feuerwiderstand

Bohren, Reinigen, Setzen			Weitere Informationen	
Hammerbohren	Hammerbohren mit Hilti Hohlbohrern	Diamantbohren	PROFIS Engineering Software	Handbuch der Befestigungstechnik

Verlinkte Zulassungen/Nachweise

Zulassungen

Zulassung	Anwendung/ Lastbedingungen	Technische Bewertungsstelle	Ausstellungsdatum
ETA-16/0515	Statisch und quasistatisch/ Seismisch/Feuer	DIBt, Berlin	14.09.2023

Link zu Hilti Online für weitere Informationen und Bedienungsanleitungen

Kapsel/Zubehör/Befestigungselemente			
HVU2	Verfüllset	HAS-U	HIS-N
			

4.5.1. Minimale Dicke des Betonbauteils, Randabstand und Achsabstand

ETA-16/0515 [11] enthält alle relevanten Informationen für die korrekte Produktmontage (siehe Tabelle 4.16). Die in der Tabelle angegebene minimale Dicke des Betonbauteils gilt für die minimale und maximale Einbindetiefe gemäß den Definitionen in Abb. 4.1.

Tabelle 4.16: HVU2 mit HAS U-Ankerstangen: Minimale Dicke des Betonbauteils, Rand- und Achsabstand

Ungerissener und gerissener Beton					
Größe	h_{ef} [mm]	h_{nom} [mm]	h_{min} [mm]	s_{min} [mm]	c_{min} [mm]
M8	80	80	110	40	40
M10	90	90	120	50	45
	135	135	165	50	45
M12	110	110	140	60	45
	165	165	195	60	45
M16	125	125	160	75	50
	190	190	230	75	50
M20	170	170	220	90	55
M24	210	210	270	115	60
M27	240	240	300	120	75
M30	270	270	340	140	80

4.5.2. Statischer, quasi-statischer und seismischer (C2) Dübelbemessungswiderstand

In EN 1992-4 [2] sind Formeln zur Berechnung des Bemessungswiderstands unter Berücksichtigung des Randabstands und des Abstands für jede Dübelanordnung aufgeführt. Dabei werden die in der relevanten ETA-16/0515 [11] angegebenen Leistungsdaten zugrunde gelegt. Alle Daten in diesem Abschnitt (Tabelle 4.17 und Tabelle 4.18) gelten für:

- Korrekte Installation (bitte beachten Sie die Installationsangaben in der Montageanleitung des Dübels)
- Einzel-Dübel, ohne Einfluss von Randabstand und Abstand
- Mindestbauteildicke
- Betonklasse C20/25
- Hammerbohrungen (M8 bis M30), Hammerbohrungen mit Hilti-Hohlbohrer (M8-M30)
- Bitte beachten Sie die in der Tabelle angegebenen Einbindetiefen
- Temperaturbereich I (min. Untergrundtemperatur: -40 °C, max. Untergrundtemperatur Langzeit/Kurzzeit: +24 °C/+40 °C)
- $\psi_{SUS} = 1,0$. Für spezielle Bemessungsfälle mit geringeren Anteilen an Dauerlasten beachten Sie bitte PROFIS Engineering

Tabelle 4.17: HAS-U 5.8 Ankerstange: Bemessungswiderstand bei einer ausgewählten Einbindetiefe

		Ungerissener Beton		Gerissener Beton		Seismisch C2	
Größe	h_{ef} [mm]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]*
M8	80	12,2	7,3	6,7	7,3	-	-
M10	90	19,3	11,6	16,0	11,6	-	-
	135	19,3	11,6	19,3	11,6	-	-
M12	110	28,1	16,9	23,5	16,9	-	-
	165	28,1	16,9	28,1	16,9	-	-
M16	125	45,8	31,4	32,1	31,4	-	-
	190	52,3	31,4	52,3	31,4	-	-
M20	170	72,7	49,0	50,9	49,0	-	-
M24	210	99,8	70,6	69,9	70,6	-	-
M27	240	-	-	-	-	-	-
M30	270	-	-	-	-	-	-

Tabelle 4.18: HAS-U 8.8 Ankerstangen: Bemessungswiderstand bei einer ausgewählten Einbindetiefe

		Ungerissener Beton		Gerissener Beton		Seismisch C2	
Größe	h_{ef} [mm]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]	N_{Rd} [kN]	V_{Rd} [kN]*
M8	80	16,1	11,7	6,7	11,7	-	-
M10	90	28,0	18,6	16,0	18,6	-	-
	135	30,9	18,6	24,0	18,6	-	-
M12	110	37,8	27,0	23,5	27,0	-	-
	165	45,0	27,0	35,2	27,0	-	-
M16	125	45,8	50,2	32,1	50,2	12,1	32
	190	83,9	50,2	54,1	50,2	18,5	32
M20	170	72,7	78,4	50,9	78,4	18,5	56,8
M24	210	99,8	113,0	69,9	113,0	-	-
M27	240	121,9	146,9	85,4	146,9	-	-
M30	270	145,5	179,5	102	179,5	-	-

*mit Hilti-Verfüllset

5. Bemessungsbeispiele

In diesem Kapitel des Handbuchs finden Sie umfassende Bemessungsbeispiele, die als allgemeine Referenz für das Design von nachträglich installierten Dübeln in Holz-Beton-Verbindungen dienen. Die Beispiele beziehen sich auf einige typische Anwendungen, die bereits in den vorherigen Kapiteln erläutert wurden. Jedes Beispiel zeigt die entsprechenden Bemessungsgleichungen und Berechnungen gemäß den Bestimmungen der EN 1992-4 [2] für die jeweiligen Lastbedingungen und Versagensarten. Eine vollständige Beschreibung aller in der EN 1992-4 [2] aufgeführten Anforderungen an die Bemessung würde den Rahmen dieses Handbuchs sprengen. Dieser Abschnitt soll Bauingenieure unterstützen, die sich mit Dübeln nicht auskennen oder ihre Bemessungsansätze gemäß den neuesten internationalen Normen validieren möchten.

Als kurze Übersicht über die wesentlichen Aspekte bei der Bemessung nachträglich eingebrachter Anker ist festzuhalten, dass – wie bei anderen Tragwerkselementen – der Bemessungsprozess die Einhaltung der Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und die Grenzzustände der Tragfähigkeit sicherstellen muss. Im **Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit** müssen Befestigungselemente begrenzte Verformungen aufweisen, um die Funktionsfähigkeit der Konstruktion sicherzustellen. Im **Grenzzustand der Tragfähigkeit** müssen Befestigungselemente allen Einwirkungen standhalten, die während der Herstellung und Nutzung der Konstruktion auftreten. Darüber hinaus sollten Dübel und **Korrosionsschutz** entsprechend der Umwelteinflüsse und anderen externen Faktoren, die die Lebensdauer der Befestigungselemente beeinträchtigen, ausgewählt werden, damit die Befestigungsstelle während der gesamten **Lebensdauer** der Anwendung (in der Regel 50 Jahre) gebrauchstauglich bleibt.

Die Einwirkungen auf die Befestigung werden nach denselben Grundsätzen bestimmt, die für andere Bauteile gelten. Diese sind in den Normen EN 1990 [12], EN 1991 [13] und EN 1998 [14] beschrieben. EN 1992-4 [2] legt die Kriterien für die Dauerhaftigkeit fest, beschreibt die Methodik zur Ermittlung der auf die Anker wirkenden Kräfte und die Vorgehensweise zur Überprüfung aller Versagensarten. Die Bestimmungen umfassen verschiedene Belastungsszenarien, darunter statische und seismische Belastungen sowie Brandbeanspruchung.

In EN 1992-4 [2] werden Befestigungskonfigurationen mit Standardgeometrien behandelt, die die gängigsten Holz-Beton-Anwendungen abdecken (siehe Abb. 5.1 und Abb. 5.2).

Hinweis: Einige nachträglich installierte Dübel sind für eine Nutzungsdauer von über 100 Jahren ausgelegt (siehe Hilti online oder FTM [5]).

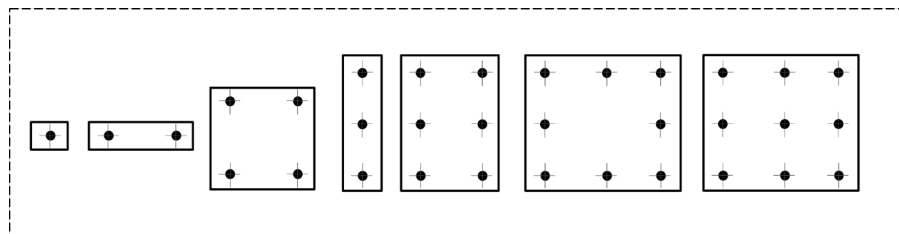


Abb. 5.1: Befestigung ohne Lochspiel für alle Randabstände – von der EN 1992-4 abgedeckte Konfigurationen

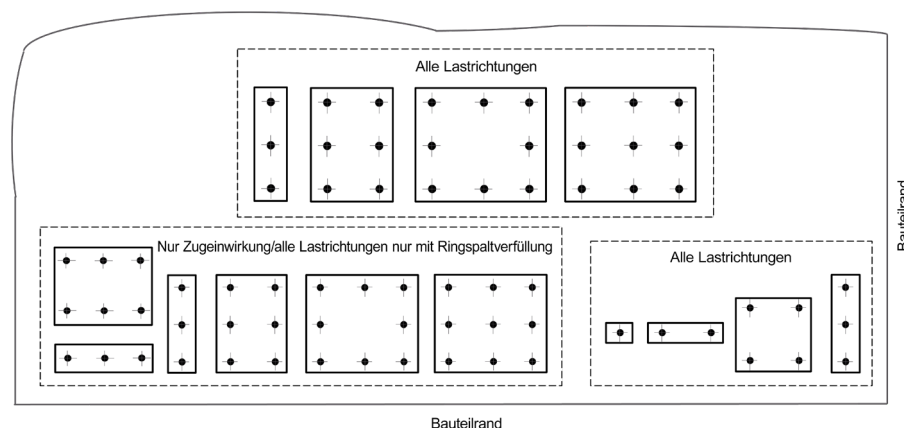


Abb. 5.2: Befestigung mit Lochspiel nahe am Rand – durch EN 1992-4 abgedeckte Konfigurationen

In EN 1992-4 [2] wird von starren Befestigungen ausgegangen. Zudem wird davon ausgegangen, dass sich die Lastverteilung auf die Befestigungselemente auf Grundlage einer elastischen Analyse bestimmen lässt. Unter diesen Annahmen:

- Die Verteilung der Dehnungen über die Befestigungselemente in der Anschlusskonstruktion wird als linear angenommen.
- Alle Befestigungselemente der Gruppe weisen die gleiche axiale Steifigkeit auf
- Im Druckbereich unter der Befestigung nehmen die Befestigungselemente keine Normalkräfte auf
- Die Betonwiderstandsfähigkeit von Gruppen von Befestigungselementen wird durch die Exzentrizität der gesamten Zugkraft auf die Gruppe beeinflusst
- Zusätzliche Hebelkräfte, die typischerweise bei einer flexiblen Ankerplatte auftreten, werden vernachlässigt (siehe Abb. 5.3)

In Bezug auf den letztgenannten Punkt enthält die EN 1992-4 [2] zwar keine klaren Richtlinien für flexible Ankerplatten. Mithilfe spezieller Software können jedoch diese zusätzlichen Hebelkräfte ermittelt werden. Die PROFIS Engineering Software von Hilti verfügt beispielsweise über ein fortschrittliches Ankerplattenmodul. Dieses berücksichtigt die Annahme einer flexiblen Ankerplatte durch die Anwendung der komponentenbasierten Finite-Elemente-Methode (CBFEM). Dies kann bei Holzverbindungen von Bedeutung sein, wenn Metallanschlüsse und Halterungen mit geringer Dicke und ohne Querversteifungen entworfen werden.

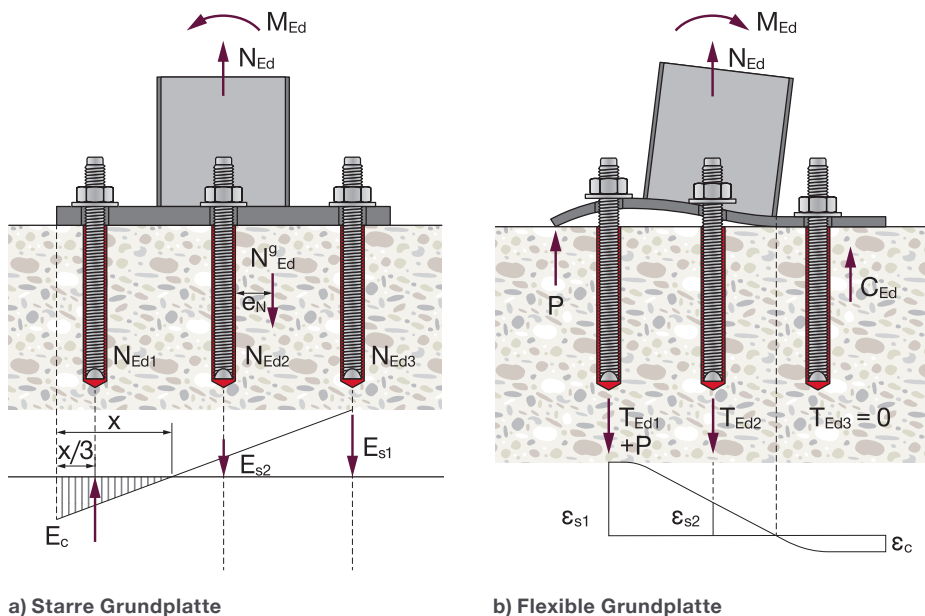


Abb. 5.3: Dehnungsverteilung für Befestigungssystem unter Zugkraft und Biegemoment

Hinsichtlich der auf Gruppen von Befestigungselementen wirkenden Querkkräfte geht die EN 1992-4 [2] davon aus, dass nur die Dübel der ersten Reihe der Querkraft widerstehen, sofern sie in der Nähe eines Betonrands angeordnet sind und die Querkraft senkrecht zu diesem Rand wirkt. Umgekehrt wird davon ausgegangen, dass alle Dübel Querkkräfte aufnehmen, wenn die Querkraft parallel wirkt, zusätzliche Torsionswirkungen auftreten oder die Befestigung nicht nahe am Betonrand liegt. Bei mehreren Rändern (wie beispielsweise in einer Ecke einer Betonplatte) muss jeder Rand separat überprüft werden.

In der Regel nutzen Bauingenieure handelsübliche Software, um Holz-Beton-Verbindungen zu designen. Die in diesem Kapitel gezeigten Design-Beispiele wurden mithilfe der Hilti PROFIS Engineering Software berechnet. Letzteres wurde sowohl für die Modellierung der metallischen Anschlüsse (zum Beispiel Halter, Haltewinkel und Querkraftplatten) als auch der Befestigungselemente verwendet. Der Einfachheit halber wird in allen diesen Beispielen der Grenzzustand der Tragfähigkeit sowie eine starre Ankerplatte angenommen. Das Beispiel zeigt verschiedene Anwendungen, Lastbedingungen und geometrische Einschränkungen, wie sie typischerweise bei Holzkonstruktionen auftreten. Wir laden Sie ein, unsere Software zu testen. Bei Fragen zur Bemessung Ihrer Befestigungspunkte steht Ihnen unser Expertenteam gerne mit technischer Unterstützung und Beratung zur Seite.

5.1. Checkliste vor Beginn der Bemessung nachträglich installierter Dübel

Bevor mit der Bemessung von Holz-Beton-Verbindungen begonnen wird, sind die in Abbildung 5.4 dargestellten Punkte zu beachten.

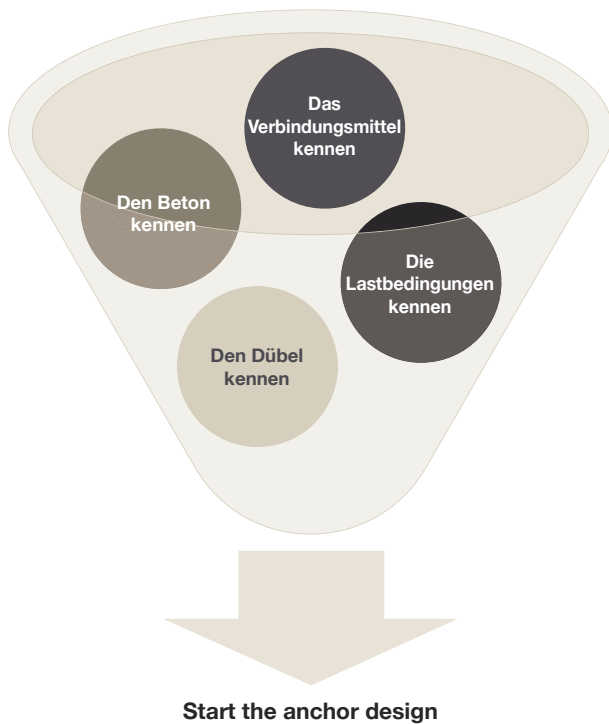


Abb. 5.4: Vier Dinge, die Sie vor Beginn der Bemessung von Dübeln beachten sollten

1. Kennen Sie die **Eigenschaften des Anschlusses** (z. B. Winkelverbinder usw.):

- **Position der Durchgangsbohrungen:** Dübel, die näher beieinander liegen, haben eine geringere Tragfähigkeit; Lastexzentrizitäten erhöhen die auf die Dübel wirkenden Kräfte zusätzlich.
- **Durchmesser der Bohrung:** Dieser begrenzt den Durchmesser der Dübel, die mit dem Anschluss kompatibel sind.
- **Halterungs-/Plattendicke:** Die Einbindetiefe des Dübels wird durch die Anforderungen an die Tragfähigkeit bestimmt. Bei der Bestimmung der Gesamtlänge des Dübels muss hingegen die Dicke der Befestigung berücksichtigt werden. Darüber hinaus gilt: Je geringer die Dicke der Ankerplatte, desto geringer ist die Steifigkeit der Ankerplatte.
- **Materialart des Anschlusses und Korrosionsanforderungen:** Diese sollten die Wahl des Dübels und der Beschichtung bestimmen.

2. Kennen Sie die **Eigenschaften des Betons** und beachten Sie, wo der Anschluss platziert werden muss:

- **Betonklasse:** Die Betonfestigkeit beeinflusst die Leistung des Dübels. Mechanische Dübel weisen beispielsweise in hochfestem Beton (C50/60) eine um bis zu 50 Prozent höhere Zugfestigkeit auf als in Beton mit der Standardreferenzfestigkeit (C20/25).
- **Ungerissener/gerissener Beton:** Bei der Auslegung für gerissenen Beton – das häufigste Szenario – ist die Dübel-Leistung deutlich geringer als bei ungerissenem Beton. Wenn im Design gerissener Beton angenommen wird, dürfen darüber hinaus nur Dübel verwendet werden, die für die Verwendung in gerissenem Beton geprüft sind.
- **Randabstand:** Der Abstand des Dübels vom Betonrand hat einen starken Einfluss auf die Dübel-Leistung, da er das Volumen des Betons begrenzt, das der Dübel sowohl in Zug- als auch in Querkraft aufnehmen kann.

3. Kennen Sie die **Lastbedingungen**:

- **Lasttyp:** Dübel müssen für die jeweiligen Lastbedingungen qualifiziert und zugelassen sein. In Erdbebengebieten sollten beispielsweise nur Dübel verwendet werden, die für die Verwendung unter

Erdbebenlasten geprüft sind. Bei der Bemessung für seismische oder dynamische Ermüdungslasten muss der Dübelwiderstand unter statischen Lasten darüber hinaus gemäß der entsprechenden Bemessungsmethode und ETA reduziert werden.

4. Kennen Sie die **Dübel-Eigenschaften** und die Produktdokumentation der Dübel:

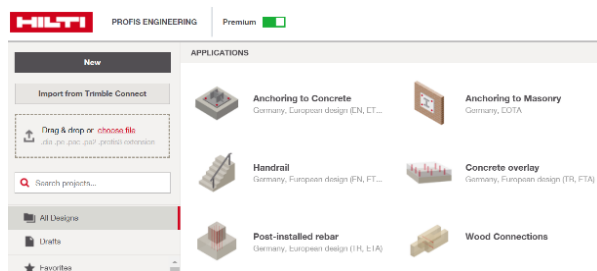
- **Dübeltechnik:** Diese kann nicht nur die maximale Tragfähigkeit, sondern auch die Montagefreundlichkeit entscheidend beeinflussen. Verbundanker können beispielsweise eine höhere Tragfähigkeit aufweisen und in der Regel bei geringeren Randabständen eingebaut werden. Mechanische Dübel sind jedoch einfacher und schneller zu installieren.
- **Machen Sie sich mit der ETA des Dübels vertraut:** Die Europäische Technische Bewertung gibt die Last- und geometrischen Bedingungen an, für die der Dübel zugelassen ist. Sie enthält außerdem alle Parameter, die die Berechnungen beeinflussen, sowie die Einbauanforderungen, darunter die Mindestabstände zum Betonrand und zwischen den Dübeln sowie die zulässige Einbindetiefe. Wenn Sie eine Software wie PROFIS Engineering von Hilti verwenden, werden die ETA-Parameter der Dübel automatisch in die Berechnungen der Software einbezogen.

Möglicherweise müssen Sie bei Ihrem Design noch weitere Aspekte berücksichtigen. Die oben aufgeführten Aspekte sollten bei den meisten, wenn nicht sogar bei allen Bemessungen von Holz-Beton-Verbindungen berücksichtigt werden. Wir empfehlen Ihnen dringend, eine spezielle Software wie PROFIS Engineering von Hilti zu verwenden. Damit lassen sich die Auslegung und die Auswahl der Dübel erheblich erleichtern und beschleunigen.

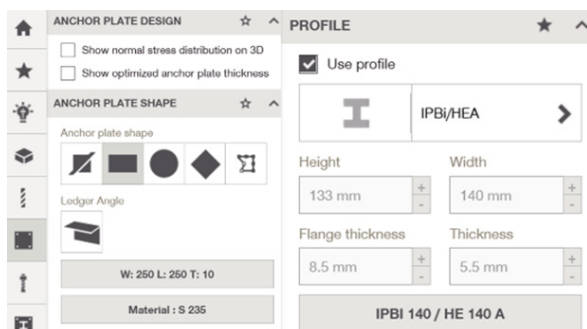
5.2. Bemessung mit Hilti PROFIS Engineering

Die in diesem Kapitel vorgestellten Bemessungsbeispiele wurden mit der PROFIS Engineering Software von Hilti berechnet. Die Software erstellt einen umfassenden Bericht, der alle erforderlichen Gleichungen sowie die entsprechenden Hintergrundberechnungen enthält. Diese werden in den folgenden Beispielen detailliert beschrieben. Dabei sind die relevanten Versagensarten und Verweise aus EN 1992-4 [2] hervorgehoben.

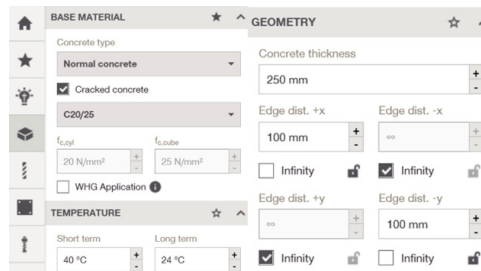
Um Ihnen den Einstieg zu erleichtern, wird in diesem Abschnitt ein optimierter Ablauf für die Bemessung von Holz-Beton-Verbindungen mit der Software vorgestellt (siehe Abb. 5.5). Diese Übersicht richtet sich an neue und unerfahrene Benutzer, die die Beispiele nacharbeiten oder ähnliche Bemessungen selbst erstellen möchten. Nicht alle Funktionen von PROFIS Engineering werden umfassend erläutert. Die Benutzer werden jedoch dazu ermutigt, die verschiedenen Optionen der Software selbst zu erkunden.



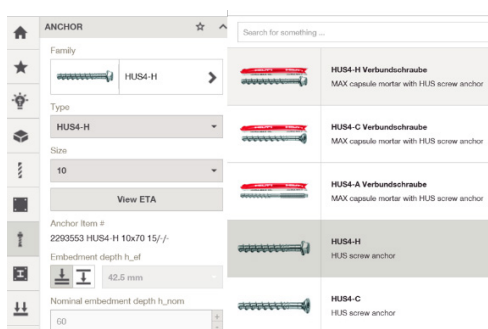
a) Auswahl des Betonbefestigungsmoduls



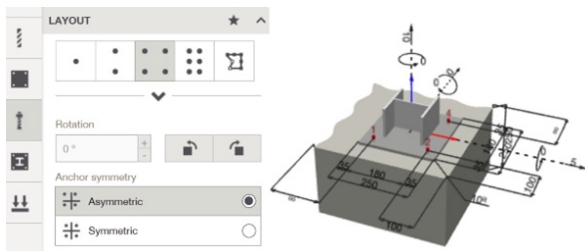
c) Definieren der Geometrie des Anschlusses



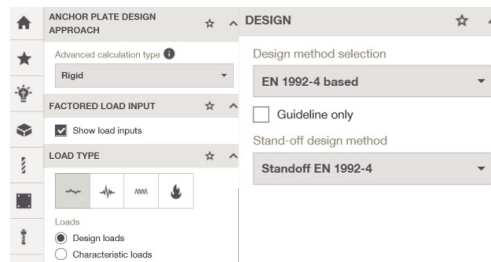
b) Definieren der Eigenschaften des Untergrundmaterials



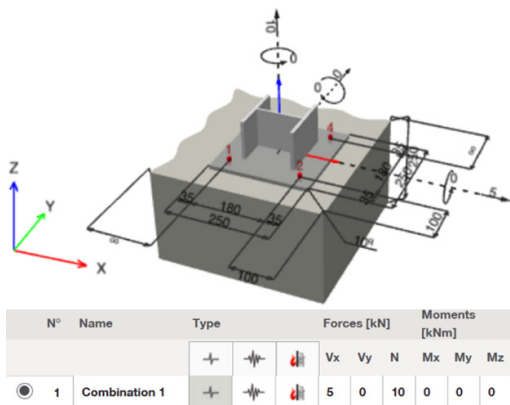
d) Auswahl der Dübel-Familie und des Durchmessers



e) Abschluss der Geometrie der Ankerplatte



f) Auswahl des Lasttyps und der Bemessungsmethode



g) Eingabe der auf die Ankerplatte einwirkenden Kräfte und Momente

Tension			Shear		
	Steel	7%		Steel	7%
	Concrete breakout	41%		Concrete edge breakout	51%
	Pullout	48%		Pryout	18%
	Splitting	0%			
Combination					
	Steel	1%			
	Concrete	68%			

h) Überprüfen der Ergebnisse und Erstellung des Bemessungsberichts

Abb. 5.5: Bemessungsablauf in PROFIS Engineering

- Auswahl des Betonbefestigungsmoduls.** Dadurch wird in der Mitte Ihres Bildschirms eine bearbeitbare 3D-Oberfläche geöffnet. Auf der linken Seite befinden sich Eingabefelder für Bemessungsvariablen, auf der rechten Seite ein vertikales Feld, in dem die Ergebnisse und alle relevanten Benachrichtigungen angezeigt werden.
- Definieren der Eigenschaften des Untergrundmaterials,** z. B. ob der Beton ungerissen oder gerissen ist, seine Festigkeit und die Geometrie des Untergrundmaterials.
- Definieren der Geometrie des Anschlusses** (z. B. Stahlhalterung oder Platte) mithilfe der Ankerplatte und der Registerkarte für das Design des Profils. Sie können die 3D-Darstellung in der Bildschirmmitte auch direkt bearbeiten.
- Auswahl der Dübel-Familie und des Durchmessers** (kann später geändert werden, um verschiedene Lösungen zu vergleichen) entsprechend den Verbindungsanforderungen und der bevorzugten Montage. Das Dübel-Auswahlmenü lässt sich entweder über die Registerkarte auf der linken Seite oder über die obere rechte Ecke der 3D-Oberfläche öffnen. Im Auswahlmenü können Dübelgruppen anhand von Attributen wie Typ, Material und Einbauparametern gefiltert werden. Symbole zeigen die relevanten Zulassungen für bestimmte Anwendungsanforderungen an (z. B. Dübel, die für seismische Belastungen, Ermüdung, Brandbeanspruchung usw. zugelassen sind).
- Abschluss der Geometrie der Ankerplatte** unter Berücksichtigung der Positionierung der Dübel, des Achs- und Randabstands (dies kann sich gegenüber Ihrer ursprünglichen Auswahl geändert haben, wenn Sie die Anordnung der Dübel oder deren Positionen geändert haben). Das Dübel-Layout kann über die Dübel-Registerkarte geändert werden. Die anderen geometrischen Parameter können über die 3D-Oberfläche leicht bearbeitet werden.
- Auswahl des Lasttyps** (statisch, seismisch, Ermüdung oder Feuer) und der **Bemessungsmethode**, die in Ihrer geografischen Region und für den gewählten Dübel anzuwenden ist. Zusätzlich können Sie zwischen einer starren Ankerplatte (Standard-Eurocode-Ansatz) und dem erweiterten Berechnungsmodul wählen. Letzteres verwendet die Bauteil-Finite-Elemente-Methode (CBFEM), um die Lasten auf die Dübel unter Berücksichtigung einer flexiblen

Platte abzuleiten. Bitte beachten Sie, dass bei allen Beispielen in diesem Handbuch von einer starren Ankerplatte ausgegangen wird.

7. **Eingabe der auf die Vorrichtung einwirkenden Kräfte und Momente.** Dies können Sie entweder über die grafische Benutzeroberfläche oder über die Tabelle am unteren Bildschirmrand vornehmen. Sie können auch mehrere Lastkombinationen gleichzeitig eingeben. Die Software ermittelt die auf die Dübel wirkenden Kräfte automatisch und zeigt sie in der Tabelle „Dübelbelastungen“ oben rechts auf Ihrem Bildschirm an.
8. **Überprüfen der Dübelauslastung und Erstellen des Berichts.** Nachdem alle Eingaben definiert wurden, aktualisiert die Software die Dübelauslastung für jede Versagensart bei Zug, Querkraft und Kombination in Echtzeit, wie auf der rechten Seite des Bildschirms dargestellt. Die Software ermittelt zudem die ideale Einbindetiefe des Dübels, um die erforderliche Leistung mit dem kürzesten Dübel zu erreichen. Oben rechts auf dem Bildschirm haben Sie schließlich die Möglichkeit, einen umfassenden Bemessungsbericht zu erstellen. Dieser enthält die Berechnungen, die Spezifikationen für die ausgewählten Dübel sowie die relevanten Informationen für deren Installation.

5.3. Beispiel 1: Verbindung zwischen Holzrahmenwand und Betonfundament mit Verankerungsbeschlägen (Zugankern) und Verbunddübeln.

5.3.1. Kurzbeschreibung der Anwendung

Anwendung: Vertikale Holzplatte, die mit gleichmäßig entlang der Platte verteilten Zugankern an einer Betonplatte befestigt wird. Der maßgebende (kritischste) Holzverbinder wird bemessen; für alle Holzverbinder wird die gleiche Befestigungslösung verwendet

Einwirkungen auf die Ankerplatte: Auf die Konstruktion wirkt eine vertikale Auftriebskraft von 15 kN. Im Design werden nur statische Belastungen berücksichtigt.

Geometrische Einschränkungen: Die Zuganker (Holzverbinder) werden nahe am Rand des Betons platziert. Der Abstand vom Rand des Betons zur Mitte des Dübels beträgt $c=100$ mm. Der Abstand zwischen den Zugankern ist ausreichend groß, sodass keine gegenseitige Beeinflussung der Dübel zu erwarten ist. Die relevanten geometrischen Merkmale der Konstruktion sind in Abb. 5.6 dargestellt. Ein einzelner Dübel dient zur Befestigung der Zuganker am Beton.

Eigenschaften des Betonfundaments: Die Dicke des Betonfundaments beträgt $h=500$ mm. Für das Betonfundament wird Normalbeton der Betonklasse C25/30 verwendet. Die Bemessung wird in gerissenem Beton ausgeführt.

Materialien und Lebensdauer: Bei der Bemessung wurde eine Nutzungsdauer von 50 Jahren berücksichtigt. Es handelt sich um eine Anwendung in Innenräumen ohne besondere Korrosionsanforderungen. Daher sind alle Elemente der Verbindungen aus Kohlenstoffstahl gefertigt.

PROFIS Engineering-Modell: Um eine geeignete Befestigungslösung zu ermitteln, wurden die Holzverbinder in der Hilti-Software PROFIS Engineering (siehe [Abschnitt 5.2](#)) modelliert, wie in Abb. 5.6 dargestellt. Dabei wurden eine 20 mm dicke Ankerplatte der Größe 60 x 60 mm und ein 3 mm dickes Flachprofil verwendet. Die auf den Zuganker wirkende Kraft wird als auf das Flachprofil wirkend betrachtet, d. h. mit einer Exzentrizität von 28,5 mm zum Dübel. Das resultierende Moment erzeugt eine Zugkraft auf den Dübel von 32,4 kN. Die Bemessung ist gemäß EN 1992-4 validiert [2].

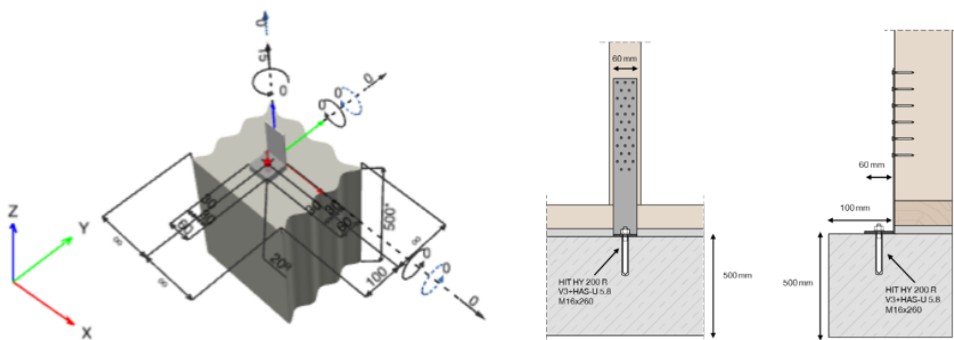


Abb. 5.6: Befestigung einer Holzwand an einer Betonplatte mittels Zugankern: PROFIS Engineering-Modell und Skizze der Anschlussgeometrie

5.3.2. Zusammenfassung der relevanten Projektinformationen

Materialien:	Normalbeton C25/30 ($f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$) Gerissener Beton Ankerstangen aus Kohlenstoffstahl
Geometrie der Betonplatte:	Plattendicke, $h = 500 \text{ mm}$
Geometrie der Konstruktion:	Ankerplattenabmessungen, $l \times w = 60 \times 60 \text{ mm}$ Ankerplattenstärke, $t = 20 \text{ mm}$ Profildicke (Flachstahl), $t_b = 3 \text{ mm}$ Dübelabstand vom Betonrand, $c = 100 \text{ mm}$
Lasten auf die Konstruktion:	Vertikale Auftriebslast auf die Konstruktion, $N = 15 \text{ kN}$
Bewehrung:	Es wird davon ausgegangen, dass die Bewehrung im Betonelement das Spalten kontrollieren kann, gemäß EN 1992-4, Abschnitt 7.2.1.7, indem die Rissbreiten begrenzt werden auf $w_k \leq 0,3 \text{ mm}$.
Bemessungsnutzungsdauer:	50 Jahre

5.3.3. Ausgewählte nachträglich installierte Dübel und Installationsbedingungen

Dübeltyp:	Verbundanker
Dübel-Familie:	Hilti HIT-HY 200-A V3 Injektionsmörtel mit Ankerstange HAS-U 5.8 M16x260 (ETA 19/0601 [10])
Anzahl der Dübel:	1
Bohrmethode:	Hammerbohren
Einbau-/Nutzungstemperatur:	24 °C (langfristig)/40 °C (kurzfristig)

Die Details der ausgewählten Dübel sind in Tabelle 5.1 aufgeführt:

Tabelle 5.1: Dübeleigenschaften

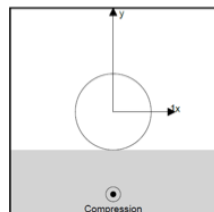
Dübeltyp	Chemisch	
Spezifikation des Dübels	HIT-HY 200-A V3 + HAS U 5.8	
Durchmesser des Dübels	d	16 mm
Effektive Einbindetiefe	h_{ef}	173 mm



5.3.4. Daraus resultierende Verankerungskräfte

Das Moment, das durch die Exzentrizität der Zugkraft auf den Zuganker entsteht, erzeugt eine Druckkraft zwischen der Ankerplatte und dem Beton und eine Zugkraft auf den Dübel. Auf den Holzverbinder und den Dübel wirken keine Querkraften (Tabelle 5.2).

Tabelle 5.2: Dübellasten



Dübel	Zugkraft	Querkraft x	Querkraft y
1	32,4 kN	0 kN	0 kN

5.3.5. Bemessungsnachweise für Versagensarten unter Zugbelastung

Die Bemessungsnachweise werden unter Berücksichtigung einer starren Ankerplatte gemäß EN 1992-4 [2] Abschnitt 7.2.1 durchgeführt. Die charakteristischen Widerstände sind der ETA-19/0601 [10] entnommen.

Überprüfung auf Stahlversagen:

Bei einem einzelnen Dübel muss die resultierende Bemessungszugkraft auf den Dübel, N_{Ed} , mit dem Bemessungswiderstand des Befestigungselements bei Stahlversagen, N_{Rd} , gemäß der folgenden Gleichung verglichen werden:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

wobei $N_{Rk,s}$ der charakteristische Widerstand des Befestigungselements bei Stahlversagen und γ_{Ms} der Teilkoeffizient für Stahlversagen ist, die beide in der entsprechenden ETA angegeben sind.

$$N_{Rk,s} = A_s \cdot f_{uk} = 157 \cdot 500 = 78.5 \text{ kN} \quad \text{ETA-19/0601, Tabelle C.1}$$

$$\gamma_{Ms} = 1.5 \quad \text{ETA-19/0601, Tabelle C.1}$$

$$N_{Ed} = 32.4 \text{ kN} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = \frac{78.5}{1.5} = 52.3 \text{ kN} \quad \text{Nachweis erfüllt } \checkmark$$

Überprüfung auf Betonausbruch:

Die resultierende Bemessungszugkraft am Dübel, N_{Ed} , muss mit dem Bemessungswiderstand bei Betonausbruch, $N_{Rd,c}$, gemäß der folgenden Gleichung verglichen werden:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

wobei $N_{Rk,c}$ der charakteristische Widerstand des Dübels bei Versagen des Betonkegels und γ_{Mc} der Teilkoeffizient für die Versagensarten Betonausbruch, Betonkantenbruch, und rückwärtiger Betonausbruch ist. Letzterer wird für ständige Bemessungssituationen definiert als das Produkt:

$$\gamma_{Mc} = \gamma_c \cdot \gamma_{inst} = 1.5 \cdot 1.0 = 1.5 \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 4.1 and ETA-19/0601, Tabelle C.1}$$

mit $\gamma_c = 1.5$ gemäß EN 1992-4 [2] und γ_{inst} als Faktor für die Einbauempfindlichkeit des nachträglich installierten Befestigungselements, definiert in der entsprechenden ETA.

In Bezug auf $N_{Rk,c}$ wird dieser als Produkt aus dem charakteristischen Widerstand eines einzelnen Befestigungselements im Beton, der nicht durch benachbarte Befestigungselemente oder Ränder des Betonbauteils beeinflusst wird, $N_{Rk,c}^0$, und Koeffizienten bestimmt, die geometrische Effekte und das Vorhandensein anderer Dübel berücksichtigen, wenn eine Gruppe von Befestigungselementen ausgelegt wird:

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{M,N} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.1)}$$

$N_{Rk,c}^0$ wird wie folgt bestimmt:

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1.5} = 7.7 \cdot \sqrt{25} \cdot 173^{1.5} = 87,605 \text{ N} = 87.6 \text{ kN} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.2)}$$

wobei der Koeffizient k_1 in der entsprechenden ETA für gerissenen und ungerissenen Beton angegeben ist und die Betonfestigkeit und die wirksamen Einbindetiefen der Dübel bereits in den [Abschnitten 5.3.2](#) und [5.3.3](#) definiert wurden.

$A_{c,N}^0$ ist die projizierte Referenzfläche des Betonkegels, während $A_{c,N}$ die tatsächliche projizierte Fläche ist, die durch überlappende Betonkegel (bei benachbarten Befestigungselementen) sowie durch Betonränder begrenzt wird. Diese sind in Abhängigkeit vom Abstand c vom Rand des Betonbauteils, dem Abstand zu anderen Befestigungselementen s (hier nicht relevant, da nur ein Befestigungselement betrachtet wird), dem charakteristischen Abstand und den in der entsprechenden ETA definierten Randabständen zur Gewährleistung des Betonausbruchwiderstandes des einzelnen Befestigungselements, $c_{cr,N}$ und $s_{cr,N}$, festgelegt.

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} = 519.0 \cdot 519.0 = 269,361 \text{ mm}^2 \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.3) und ETA-19/0601 Tabelle C1}$$

$$A_{c,N} = s_{cr,N} \cdot (0.5s_{cr,N} + c) = 519.0 \cdot (259.5 + 100) = 186,580 \text{ mm}^2$$

Die Koeffizienten $\psi_{s,N}$ und $\psi_{re,N}$ berücksichtigen jeweils die Störung der Spannungsverteilung aufgrund der Nähe zum Rand des Betonbauteils und die Abplatzungen aufgrund dichter Bewehrung im Bereich der Befestigungselemente. $\psi_{ec,N}$ berücksichtigt den Gruppeneffekt, wenn unterschiedliche Lasten auf die einzelnen Befestigungselemente einer Gruppe wirken. Schließlich beschreibt $\psi_{M,N}$ die Auswirkungen von Druckkräften zwischen Befestigung und Beton bei Biegemomenten.

$$\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \frac{c}{c_{cr,N}} = 0.7 + 0.3 \frac{100}{259.5} = 0.816 \quad \text{EN 1992-4, eq. (7.4) and ETA-19/0601 Tabelle C1}$$

$$\psi_{re,N} = 1.0 \text{ (keine verstärkte Bewehrung)} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.5)}$$

$$\psi_{ec,N} = 1.0 \text{ (einzelner Dübel)} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.6)}$$

$$\psi_{M,N} = 1.0 \text{ (wenn } c < 1.5h_{ef}\text{)} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.7)}$$

Basierend auf den obigen Ausführungen:

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{M,N} = 48.7 \text{ kN} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.1)}$$

$$N_{Ed} = 32.4 \text{ kN} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} = \frac{48.7}{1.5} = 32.4 \text{ kN} \quad \text{Nachweis erfüllt } \checkmark$$

Überprüfung für kombiniertes Versagen Herausziehen und Betonausbruch:

Die resultierende Bemessungszugkraft am Dübel, N_{Ed} , muss mit dem Bemessungswiderstand bei kombiniertem Versagen Herausziehen und Betonausbruch, $N_{Rd,p}$, gemäß der folgenden Gleichung verglichen werden:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

wobei $N_{Rk,p}$ der charakteristische Widerstand des Dübels bei kombiniertem Versagen Herausziehen und Betonbruch und γ_{Mp} der Teilkfaktor für Herausziehen und kombinierten Versagen Herausziehen und Betonbruch ist. Letzteres wird für dauerhafte Bemessungen wie folgt definiert:

$$\gamma_{Mp} = \gamma_{Mc} = \gamma_c \cdot \gamma_{inst} = 1.5 \cdot 1.0 = 1.5 \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 4.1 and ETA-19/0601, Tabelle C.1}$$

mit $\gamma_c = 1.5$ gemäß EN 1992-4 [2] und γ_{inst} als Faktor für die Einbauempfindlichkeit des nachträglich installierten Befestigungselements, definiert in der entsprechenden ETA.

In Anlehnung an das Verhalten bei Betonausbruch wird $N_{Rk,p}$ als Produkt aus dem charakteristischen Widerstand eines einzelnen, im Beton angeordneten und nicht durch benachbarte Befestigungselemente oder Ränder des Betonbauteils beeinflussten Befestigungselements, $N_{Rk,p}^0$, und Koeffizienten bestimmt, die geometrische Effekte und das Vorhandensein anderer Dübel bei der Bemessung einer Gruppe von Befestigungselementen berücksichtigen:

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,Np} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.13)}$$

Der erste Term wird wie folgt bestimmt:

$$N_{Rk,p}^0 = \psi_{sus} \cdot \tau_{Rk,cr} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.14) und ETA-19/0601, Tabelle C.1}$$

$$N_{Rk,p}^0 = 1 \cdot 9.71 \cdot \pi \cdot 16 \cdot 173 = 84,475 \text{ N} = 84.5 \text{ kN}$$

wobei d und h_{ef} den Durchmesser und die Einbindetiefe des Dübels bezeichnen; der Koeffizient ψ_{sus} berücksichtigt den Einfluss von Dauerlasten (EN 1992-4, Gleichung 7.14a); $\tau_{Rk,cr}$ ist die charakteristische Verbundfestigkeit des Verbunddübels in gerissenem Beton, wie in der entsprechenden ETA definiert. Bitte beachten Sie, dass letzterer Wert für den entsprechenden Temperaturbereich ausgewählt werden muss (in diesem Beispiel $\tau_{Rk,cr} = 9,71 \text{ N/mm}^2$ für Temperaturbereich I).

Analog zum Fall des Betonkegelversagens berücksichtigen $A_{p,N}^0$ und $A_{p,N}$ die Einflüsse der Ankerabstände und der Randabstände des Betonbauteils. Sie werden mit denselben Gleichungen wie für $A_{c,N}^0$ und $A_{c,N}$ bestimmt (siehe Überprüfung für Betonkegelversagen), jedoch werden die Parameter $c_{cr,N}$ und $s_{cr,N}$ durch $c_{cr,Np}$ und $s_{cr,Np}$ ersetzt, wobei letztere wie folgt definiert sind:

$$s_{cr,Np} = 7.3 \cdot d \cdot \sqrt{\psi_{sus} \cdot \tau_{Rk,ucr,C20/25}} \leq 3h_{ef} = 519 \text{ mm} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.15)}$$

$$c_{cr,Np} = s_{cr,Np} / 2 = 259.5 \text{ mm} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.16)}$$

mit $\tau_{Rk,ucr,C20/25}$ die charakteristische Verbundspannung des verankerten Befestigungselements in ungerissenem Beton und Beton der Klasse C20/25, definiert in der entsprechenden ETA.

Dementsprechend können die Werte $A_{p,N}^0$ und $A_{p,N}$ wie folgt berechnet werden:

$$A_{p,N}^0 = s_{cr,Np} \cdot s_{cr,Np} = 519.0 \cdot 519.0 = 269,361 \text{ mm}^2 \quad \text{EN 1992-4, eq. (7.3)}$$

$$A_{p,N} = s_{cr,Np} \cdot (0.5s_{cr,Np} + c) = 519.0 \cdot (259.5 + 100) = 186,580 \text{ mm}^2$$

Der Faktor $\psi_{g,Np}$ berücksichtigt einen Gruppeneffekt bei eng beieinander liegenden Verbunddübel. Da in diesem Fall ein einzelnes Befestigungsmittel verwendet wird, wird dieser Faktor mit dem Wert 1,0 angesetzt.

Der Faktor $\psi_{re,N}$ wurde bereits für die Überprüfung des Betonausbruchs bestimmt, hier wird derselbe Wert verwendet.

Die Faktoren $\psi_{s,Np}$ und $\psi_{ec,Np}$ werden mit denselben Gleichungen bestimmt, die für die Überprüfung des Betonausbruchs eingeführt wurden, wobei jedoch die Parameter $c_{cr,N}$ und $s_{cr,N}$ durch $c_{cr,Np}$ und $s_{cr,Np}$ ersetzt werden:

$$\psi_{s,Np} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{100}{259} = 0.816 \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.20) und ETA-19/0601 Tabelle C1}$$

$$\psi_{ec,Np} = 1.0 \text{ (single anchor)} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.21)}$$

Basierend auf den obigen Ausführungen:

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,Np} = 33.0 \text{ kN} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.1)}$$

$$N_{Ed} = 33.0 \text{ kN} \leq N_{Rd,c} = N_{Rk,c} / \gamma_{Mc} = 49,516 / 1.5 = 33.0 \text{ kN}$$

Nachweis erfüllt ✓

Nachweis gegen Spalten:

in Nachweis gegen Spalten des Betons ist nicht erforderlich, wenn die Bemessung für gerissenen Beton erfolgt und angenommen wird, dass die Bewehrung die Spaltkräfte aufnimmt und die Rissbreite auf $w_k \leq 0.3 \text{ mm}$ begrenzt (siehe [Abschnitt 5.3.2](#)).

5.3.6. Alternative Hilti-Anker, die für die Anwendung geeignet sind

Alternative Hilti-Anker, die für diese Projektanforderung geeignet sind, sind in Tabelle 5.3 definiert.

Tabelle 5.3: Dübeleigenschaften

Dübeltyp	Chemisch	
Spezifikation des Dübels	HVU2-Kapsel + HAS-U 5.8	
Durchmesser des Dübels	d	16 mm
Effektive Einbindetiefe	h_{ef}	190 mm



5.4. Beispiel 2: Verbindung zwischen Holzplatte und Betonplatte mit Winkelverbinder und Schraubankern

5.4.1. Kurzbeschreibung der Anwendung

Anwendung: Vertikale Holztafel, mit einem entlang der Tafel gleichmäßig angeordneten Winkelverbinder an einer Betonplatte befestigt. Der maßgebende Winkelverbinder wird bemessen; dieselbe Befestigungslösung wird für alle Winkelverbinder verwendet.

Einwirkungen auf das Befestigungsmittel: Auf den Winkelverbinder wirken eine vertikale Zugkraft von 10 kN sowie Querkraften in orthogonalen Richtungen (12 kN und 6 kN). Bei der Bemessung werden statische Lasten angesetzt.

Geometrische Einschränkungen: Der Winkelverbinder ist nahe am Rand des Betonbauteils angeordnet. Der Abstand vom Rand des Betons zur Mitte des Dübels beträgt $c = 100 \text{ mm}$. Die 6 kN Querkraft wirkt senkrecht zum Betonrand, die 12 kN Querkraft parallel zum Rand. Der Abstand zwischen den Halterungen ist ausreichend groß, sodass keine gegenseitige Beeinflussung zu erwarten ist. Die maßgebenden geometrischen Abmessungen des Winkelverbinders sind in Abb. 5.7 dargestellt. Zur Befestigung der Halterung am Beton werden zwei Dübel verwendet.

Eigenschaften des Betonfundaments: Die Dicke des Betonfundaments beträgt $h = 200 \text{ mm}$. Für das Betonfundament wird Normalbeton der Betonklasse C30/35 verwendet. Die Bemessung erfolgt für gerissenen Beton.

Materialien und Lebensdauer: Beim Design wurde eine Lebensdauer von 50 Jahren berücksichtigt. Es handelt sich um eine Anwendung in Innenräumen ohne besondere Korrosionsanforderungen. Daher sind alle Elemente der Verbindungen aus Kohlenstoffstahl gefertigt.

PROFIS Engineering-Modell: Der Winkelverbinder wurde in der Hilti-Software PROFIS Engineering modelliert, um eine geeignete Befestigungslösung zu ermitteln, wie in Abb. 5.7 dargestellt, unter Verwendung einer 5 mm dicken Fußplatte mit den Abmessungen $200 \times 100 \text{ mm}$ sowie eines Flachstahlprofils mit 5 mm Dicke. Die auf die Halterung wirkenden Kräfte werden so berücksichtigt, als würden sie auf das Flachprofil wirken, also mit einer Exzentrizität in Bezug auf den Dübel. Die resultierenden Zug- und Querkraften auf die Dübel sind in [Abschnitt 5.4.4](#) angegeben. Die Bemessung wird gemäß EN 1992-4 [2] nachgewiesen.

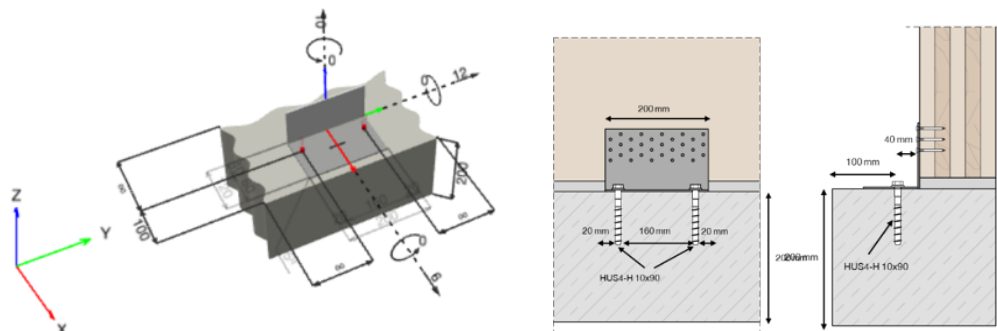


Abb. 5.7: Befestigung einer Holzwand an einer Betonplatte mittels Winkelverbinder: PROFIS Engineering-Modell und Skizze der Anschlussgeometrie

5.4.2. Zusammenfassung der relevanten Projektinformationen

Materialien:	Normalbeton C30/35 ($f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$) Gerissener Beton Ankerstangen aus Kohlenstoffstahl
Geometrie der Betonplatte:	Plattendicke, $h = 200 \text{ mm}$
Geometrie der Halterung:	Grundplattenabmessungen, $l \times w = 200 \times 100 \text{ mm}$ Grundplattenstärke, $t = 5 \text{ mm}$ Flachstangendicke, $t_b = 5 \text{ mm}$ Dübelabstand vom Betonrand, $c = 100 \text{ mm}$ Dübelabstand, $s = 160 \text{ mm}$

Lasten auf der Halterung:	Vertikale Auftriebslast auf die Haltevorrichtung, $N = 10 \text{ kN}$ Querkraft senkrecht zum Betonrand, $V_x = 6 \text{ kN}$ Querkraft parallel zum Betonrand, $V_y = 12 \text{ kN}$
Bewehrung:	Es wird angenommen, dass die Bewehrung im Betonbauteil das Spalten gemäß EN 1992-4, Abschnitt 7.2.1.7, kontrollieren kann, indem die Rissbreite auf $w_k \leq 0,3 \text{ mm}$ begrenzt wird.
Bemessungslebensdauer:	50 Jahre

5.4.3. Ausgewählter nachträglich installierter Dübel

Dübeltyp:	Schraubanker
Dübel-Familie:	Hilti HUS4-H (ETA 20/0867 [9])
Anzahl der Dübel:	2
Bohrmethode:	Hammerbohren
Einbau-/Betriebstemperatur:	24 °C (langfristig)/40 °C (kurzfristig)

Die Details der ausgewählten Dübel sind in Tabelle 5.4 aufgeführt:

Tabelle 5.4: Dübeleigenschaften

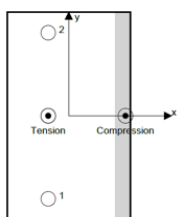
Dübeltyp	Mechanisch	
Spezifikation des Dübels	HUS4-H	
Durchmesser des Dübels	d	10 mm
Effektive Einbindetiefe	h_{ef}	68 mm
Nominale Verankerungstiefe	h_{nom}	85 mm



5.4.4. Daraus resultierende Verankerungskräfte

Das aus der Exzentrizität der am Winkelverbinder angreifenden Kräfte resultierende Moment erzeugt eine Druckkraft zwischen Fußplatte und Beton, eine zusätzliche Zugkraft im Anker sowie aufgrund des Torsionsmoments eine ungleichmäßige Verteilung der Querkraften auf die Anker (Tabelle 5.5).

Tabelle 5.5: Dübellasten



Dübel	Zug-/ Schubkraft	Querkraft x	Querkraft y
1	7,5 kN	0,15 kN	6,0 kN
2	7,5 kN	5,85 kN	6,0 kN

5.4.5. Design-Verifizierung für Versagensarten unter Zugbelastung

Die Bemessungsnachweise werden unter Annahme einer starren Fußplatte gemäß EN 1992-4 [2], Abschnitt 7.2.1, geführt; die charakteristischen Widerstände werden der ETA-20/0867 [9] entnommen.

Nachweis gegen Stahlversagen:

Bei einer Ankergruppe ist für den Nachweis gegen Stahlversagen im Zug nur das am höchsten beanspruchte Befestigungsmittel zu überprüfen. In diesem Bemessungsbeispiel wirkt auf beide Anker die gleiche Zugkraft. Die resultierende Bemessungszugkraft eines Ankers, N_{Ed} , muss mit dem Bemessungswiderstand des Dübels bei Stahlversagen, N_{Rd} , gemäß der folgenden Gleichung verglichen werden:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

wobei $N_{Rk,s}$ der charakteristische Wert der Stahlfestigkeit des Befestigungselements unter Zugbelastung und γ_{Ms} der Teilsicherheitsbeiwert für die Stahlversagenswahrscheinlichkeit ist, die beide in der entsprechenden ETA angegeben sind.

$$N_{Rk,s} = 55.0 \text{ kN} \quad \text{ETA-20/0867, Tabelle C.1}$$

$$\gamma_{Ms} = 1.5 \quad \text{ETA-20/0867, Tabelle C.1}$$

$$N_{Ed} = 7.5 \text{ kN} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = \frac{55.0}{1.5} = 36.7 \text{ kN} \quad \text{Nachweis erfüllt } \checkmark$$

Nachweis gegen Betonkegelversagen:

Die resultierende Bemessungsspannkraft auf die Dübelgruppe, N_{Ed} , muss mit dem Bemessungswiderstand der Befestigungselemente bei Betonausbruch, $N_{Rd,c}$ gemäß der folgenden Gleichung verglichen werden:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

wobei $N_{Rk,c}$ der charakteristische Widerstand der Gruppe von Befestigungselementen bei Versagen des Betonkegels und γ_{Mc} der Teilsicherheitsbeiwert für Betonkegel-, Betonkantenbruch-, Betonausbruch- sowie rückwirkenden Betonausbruch. Letzteres wird für dauerhafte Design-Situationen als das Produkt definiert:

$$\gamma_{Mc} = \gamma_c \cdot \gamma_{inst} = 1.5 \cdot 1.0 = 1.5 \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 4.1 und ETA-20/0867, Tabelle C.1}$$

bei $\gamma_c = 1.5$ gemäß EN 1992-4 [2] und γ_{inst} als Faktor zur Berücksichtigung der Montageempfindlichkeit des nachträglich installierten Befestigungsmittels, wie in der jeweiligen ETA festgelegt.

Hinsichtlich $N_{Rk,c}$ wird dieser als Produkt aus dem charakteristischen Widerstand eines einzelnen, im Beton angeordneten und nicht durch benachbarte Befestigungsmittel oder Ränder des Betonbauteils beeinflussten Befestigungsmittels, $N_{Rk,c}$, und Koeffizienten ermittelt, die geometrische Einflüsse sowie bei einer Befestigungsmittelgruppe die Anwesenheit weiterer Anker berücksichtigen:

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{M,N} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.1)}$$

Der erste Term wird wie folgt bestimmt:

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1.5} = 7.7 \cdot \sqrt{30} \cdot 68^{1.5} = 23,649 \text{ N} = 23.6 \text{ kN} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.2)}$$

wobei der Koeffizient k_1 in der entsprechenden ETA für gerissenen und ungerissenen Beton angegeben ist und die Betonfestigkeit und die wirksamen Einbindetiefen der Dübel bereits in den [Abschnitten 5.4.2](#) und [5.4.3](#) definiert wurden.

$A_{c,N}^0$ ist die projizierte Referenzfläche des Betonkegels für die Dübelgruppe, während $A_{c,N}$ die tatsächliche Projektionsfläche ist, die durch überlappende Betonkonen sowie Betonränder begrenzt wird. Diese sind in Abhängigkeit vom Abstand c vom Rand des Betonbauteils, dem Abstand zu anderen Befestigungselementen s , dem charakteristischen Achsabstand und den in der entsprechenden ETA definierten Randabständen zur Gewährleistung der Betonkegelwiderstandsfähigkeit des einzelnen Befestigungselements $c_{cr,N}$ und $s_{cr,N}$ festgelegt.

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} = 204.0 \cdot 204.0 = 41,616 \text{ mm}^2 \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.3) und ETA-20/0867 Tabelle C1}$$

$$A_{c,N} = (0.5s_{cr,N} + s + 0.5s_{cr,N}) \cdot (0.5s_{cr,N} + c) = (102 + 160 + 102) \cdot (102 + 100) = 73,528 \text{ mm}^2$$

Die Koeffizienten $\psi_{s,N}$ und $\psi_{re,N}$ berücksichtigen jeweils die Störung der Spannungsverteilung aufgrund der Nähe zum Rand des Betonbauteils und die Abplatzungen aufgrund dichter Bewehrung im Bereich der Befestigungselemente. $\psi_{ec,N}$ berücksichtigt den Gruppeneffekt, wenn unterschiedliche Lasten auf die einzelnen Befestigungselemente einer Gruppe wirken. Schließlich beschreibt $\psi_{M,N}$ die Auswirkungen von Druckkräften zwischen Befestigung und Beton bei Biegemomenten.

$$\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{100}{102} = 0.994 \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.4) und ETA-20/0867 Tabelle C1}$$

$$\psi_{re,N} = 1.0 \text{ (keine verstärkte Bewehrung)} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.5)}$$

$$\psi_{ec,N} = 1.0 \text{ (gleiche Zugbelastung auf alle Dübel)} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.6)}$$

$$\psi_{M,N} = 1.0 \text{ (wenn } c < 1.5h_{ef}) \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.7)}$$

Basierend auf den obigen Ausführungen:

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{M,N} = 41.5 \text{ kN} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.1)}$$

$$N_{Ed} = 15.1 \text{ kN} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} = \frac{41.5}{1.5} = 27.7 \text{ kN} \quad \text{Nachweis erfüllt } \checkmark$$

Nachweis gegen Herausziehen:

Das Herausziehversagen wird für das im Zug am höchsten beanspruchte Befestigungsmittel nachgewiesen. In diesem Fall wirkt auf beide Dübel die gleiche Zugkraft. Die resultierende Bemessungszugkraft, N_{Ed} ist gemäß der folgenden Gleichung mit dem Bemessungswiderstand eines Ankers im Fall von Herausziehversagen, $N_{Rd,p}$, zu vergleichen:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

wobei $N_{Rk,p}$ der charakteristische Widerstand des Ankers im Fall von Herausziehversagen ist und γ_{Mp} der Teilsicherheitsbeiwert für Herausziehen. Letzteres wird für dauerhafte Designs wie folgt definiert:

$$\gamma_{Mp} = \gamma_{Mc} = \gamma_c \cdot \gamma_{inst} = 1.5 \cdot 1.0 = 1.5 \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 4.1 and ETA-20/0867, Tabelle C.1}$$

bei $\gamma_c = 1.5$ gemäß EN 1992-4 und γ_{inst} als Faktor zur Berücksichtigung der Montageempfindlichkeit des nachträglich installierten Befestigungsmittels, wie in der jeweiligen ETA festgelegt.

Für die Referenzbetonfestigkeit C20/25 ist $N_{Rk,p(C20/25)}$ in der entsprechenden europäischen technischen Produktspezifikation, in diesem Fall ETA-20/0867 [9], definiert:

$$N_{Rk,p(C20/25)} = 19.3 \text{ kN} \quad \text{ETA-20/0867, Tabelle C.1}$$

Zur Berücksichtigung der verbesserten Leistungsfähigkeit des Ankers bei höherer Betonfestigkeit ist der Erhöhungsfaktor ψ_c anzusetzen. Letztere wird in der entsprechenden ETA als Funktion der Betonfestigkeit definiert:

$$\psi_c = \left(\frac{f_{ck}}{20} \right)^{0.5} = \left(\frac{30}{20} \right)^{0.5} = 1.225 \quad \text{ETA-20/0867, Tabelle C.1}$$

$$N_{Rk,p} = \psi_c \cdot N_{Rk,p(C20/25)} = 1.225 \cdot 19.3 = 23.6 \text{ kN}$$

Basierend auf den obigen Ausführungen:

$$N_{Ed} = 7.5 \text{ kN} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} = \frac{23.6}{1.5} = 15.8 \text{ kN} \quad \text{Nachweis erfüllt } \checkmark$$

Nachweis gegen Spalten:

Ein Nachweis gegen Spalten des Betons ist nicht erforderlich, wenn die Bemessung für gerissenen Beton erfolgt und angenommen wird, dass die Bewehrung die Spaltkräfte aufnimmt und die Rissbreite auf $w_k \leq 0,3 \text{ mm}$ begrenzt (siehe [Abschnitt 5.3.2](#)).

5.4.6. Bemessungsnachweis für Versagensarten infolge Querbeanspruchung

Die Bemessungsnachweise werden unter Annahme einer starren Fußplatte gemäß EN 1992-4 [2], Abschnitt 7.2.2, geführt; die charakteristischen Widerstände werden der ETA-20/0867 [9] entnommen.

Nachweis gegen Stahlversagen ohne Hebelarm:

Bei Befestigungsmitteln in einer Gruppe ist für den Nachweis gegen Stahlversagen infolge Querbeanspruchung nur das am höchsten beanspruchte Befestigungsmittel zu überprüfen. Der Anker mit der größten resultierenden Querkraft ist in diesem Fall Anker 2 mit einer gesamten Querkraft von:

$$V_{Ed} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{5.85^2 + 6^2} = 8.4 \text{ kN}$$

Die resultierende Bemessungsquerkraft am Anker, $V_{Ed,St}$ gemäß der folgenden Gleichung mit dem Bemessungswiderstand des Befestigungsmittels im Fall von Stahlversagen, $V_{Rd,St}$, zu vergleichen:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,St} = \frac{V_{Rk,St}}{\gamma_{Ms}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

wobei $V_{Rk,St}$ der charakteristische Widerstand des Befestigungselements bei Stahlversagen und γ_{Ms} der Teilsicherheitsfaktor für Stahlversagen durch Querkraft ist. Die charakteristische Widerstandsfähigkeit bei Querkraft muss die Duktilität des Befestigungselements in einer Gruppe durch den angegebenen Duktilitätsfaktor k_7 zusammen mit der charakteristischen Widerstandsfähigkeit für einzelne Dübel, $V_{Rk,s}^0$, in der entsprechenden ETA berücksichtigen

$$V_{Rk,St} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 = 0.7 \cdot 32.0 = 25.6 \text{ kN} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.34) und ETA-20/0867, Tabelle C.1}$$

Der Teilfaktor für das Versagen von Stahl unter Querkraft, γ_{Ms} , ist ebenfalls in der entsprechenden ETA angegeben:

$$\gamma_{Ms} = 1.25 \quad \text{ETA-20/0867, Tabelle C.1}$$

Basierend auf den obigen Ausführungen:

$$V_{Ed} = 8.4 \text{ kN} \leq N_{Rd,St} = \frac{V_{Rk,St}}{\gamma_{Ms}} = \frac{25.6}{1.25} = 20.5 \text{ kN} \quad \text{Nachweis erfüllt } \checkmark$$

Nachweis gegen rückwirkenden Betonausbruch:

Das Versagen durch rückwirkenden Betonausbruch wird in der Regel für die Ankergruppe nachgewiesen. Bei Ankergruppen mit Querkraften (oder deren Komponenten) auf die einzelnen Befestigungsmittel in entgegengesetzten Richtungen sind jedoch nur die ungünstigsten Befestigungsmittel nachzuweisen. Dies ist in diesem Bemessungsbeispiel der Fall, da infolge der Exzentrizität der zur Kante parallelen Querkraft gegenüber den Ankern ein Torsionsmoment entsteht.

Die Bemessungsquerkraft am ungünstigsten Befestigungsmittel der Ankergruppe (in diesem Fall Anker 2), V_{Ed} (bereits im vorherigen Abschnitt ermittelt), ist gemäß der folgenden Gleichung mit dem Bemessungswiderstand des Befestigungsmittels im Fall von rückwirkendem Betonausbruch, $V_{Rd,cp}$, zu vergleichen:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

wobei $V_{Rk,cp}$ der charakteristische Widerstand des Ankers im Fall von rückwirkendem Betonausbruch ist und $\gamma_{Mc} = 1.5$ bereits im Abschnitt zum Versagensmodus Betonkegelversagen festgelegt wurde.

Für mechanisch nachträglich installierte Befestigungsmittel ohne Zusatzbewehrung wird $V_{Rk,cp}$ als Produkt aus dem charakteristischen Widerstand des betrachteten einzelnen Befestigungsmittels im Betonversagensmodus, $N_{Rk,c}$ und dem in der jeweiligen ETA angegebenen Abhebefaktor k_8 ermittelt:

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} \quad \text{EN 1992-4, eq. (7.39a)}$$

Beachten Sie, dass bei der Berechnung von $N_{Rk,c}$, davon ausgegangen werden muss, dass sich in Richtung des benachbarten Befestigungselements in einem Abstand $c = 0.5s$ ein fiktiver Rand befindet. Für den gewählten Dübeltyp und die Anordnung der Befestigungselemente:

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} = 2.0 \cdot 20.8 = 41.6 \text{ kN} \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.39a) and ETA-20/0867, Tabelle C.1}$$

Basierend auf den obigen Ausführungen:

$$V_{Ed} = 8.4 \text{ kN} \leq V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} = \frac{41.6}{1.5} = 27.7 \text{ kN} \quad \text{Nachweis erfüllt } \checkmark$$

Nachweis gegen Betonkantenbruch:

Für den Nachweis gegen Betonkantenbruch werden nur die dem Rand am nächsten angeordneten Befestigungsmittel herangezogen. Da die Dübel den gleichen Randabstand aufweisen, ist die Dübelgruppe nachzuweisen.

Die auf die Dübelgruppe wirkende Bemessungsquerkraft V_{Ed} ist mit dem Bemessungswiderstand des Befestigungsmittels bei Versagen infolge eines Betonkantenbruchs $V_{Rd,c}$ nach folgender Gleichung zu vergleichen:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

Dabei ist $V_{Rk,cp}$ der charakteristische Widerstand der Dübelgruppe bei Betonkantenbruch; der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{Mc} = 1,5$ wurde bereits im Abschnitt zum kegelförmigen Betonausbruch festgelegt.

Der charakteristische Widerstand einer zum Rand hin belasteten Dübelgruppe $V_{Rk,c}$, wird als Produkt aus dem charakteristischen Widerstand eines einzelnen, senkrecht zum Rand belasteten Dübels $V_{Rk,c}^0$, und mehreren Beiwerten bestimmt, die die gegenseitige Beeinflussung mehrerer Dübel, die Randabstände, die Bauteildicke des Betonbauteils, die Richtung der tatsächlich wirkenden Querkraft sowie die Lastverteilung innerhalb der Dübelgruppe berücksichtigen:

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{re,V} \quad \text{EN 1992-4, eq. (7.40)}$$

Der charakteristische Widerstand eines einzelnen, senkrecht zum Rand belasteten Ankers wird gemäß EN 1992-4 wie folgt ermittelt:

$$V_{Rk,c}^0 = k_9 \cdot d_{nom}^\alpha \cdot l_f^\beta \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c^{1.5} \quad \text{EN 1992-4, eq. (7.41)}$$

wobei die Parameter l_f und d_{nom} in der entsprechenden ETA angegeben sind, f_{ck} die Betonfestigkeit, c der Abstand vom Rand des Betons, $k_9 = 1,7$ für gerissenen Beton und die anderen Parameter in EN 1992-4 wie folgt definiert sind:

$$\alpha = 0.1 \cdot \left(\frac{l_f}{c}\right)^{0.5} = 0.1 \cdot \left(\frac{85}{100}\right)^{0.5} = 0.092 \quad \text{EN 1992-4, eq. (7.42)}$$

$$\beta = 0.1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c}\right)^{0.2} = 0.1 \cdot \left(\frac{10}{100}\right)^{0.2} = 0.063 \quad \text{EN 1992-4, eq. (7.43)}$$

$$V_{Rk,c}^0 = k_9 \cdot d_{nom}^\alpha \cdot l_f^\beta \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c^{1.5} = 1.7 \cdot 10^{0.092} \cdot 85^{0.063} \cdot \sqrt{30} \cdot 100^{1.5} = 15.2 \text{ kN}$$

Das Verhältnis $A_{c,V}/A_{c,V}^0$ berücksichtigt geometrische Einflüsse aus Achsabständen, weiteren Randabständen sowie der Dicke des Betonbauteils. $A_{c,V}^0$ ist eine Referenzprojektionsfläche und $A_{c,V}$ ist die Fläche eines idealisierten Betonausbruchkörpers, begrenzt durch die sich überlagernden Betonausbruchkegel benachbarter Befestigungsmittel, durch zum Lastrichtung parallele Ränder sowie durch die Bauteildicke des Betonbauteils. Für weitere Details zur Berechnung dieses Parameters in den verschiedenen Anwendungsfällen wird auf EN 1992-4 verwiesen. 7.2.2.5.

$$A_{c,V}^0 = 4.5 \cdot c^2 = 4.5 \cdot 100^2 = 45,000 \text{ mm}^2 \quad \text{EN 1992-4, eq. (7.44)}$$

$$A_{c,V} = (2 \cdot 1.5c + s) \cdot 1.5c = (2 \cdot 1.5 \cdot 100 + 160) \cdot 1.5 \cdot 100 = 69,000 \text{ mm}^2 \quad \text{EN 1992-4, Fig. 7.14}$$

Der Faktor $\psi_{s,V}$ berücksichtigt weitere Ränder des Betonbauteils. Da in diesem Bemessungsbeispiel nur ein Rand vorhanden ist, wird dieser Faktor in diesem Fall mit dem Wert 1,0 angesetzt.

Der Faktor $\psi_{h,V}$ berücksichtigt den nichtlinearen Zusammenhang zwischen dem Randwiderstand des Betons und der Bauteildicke gemäß der Gleichung.

$$\psi_{h,V} = \left(\frac{1.5c}{h}\right)^{0.5} \geq 1 \quad \text{EN 1992-4, eq. (7.46)}$$

Der Faktor $\psi_{ec,V}$ berücksichtigt Gruppeneffekte, wenn auf die einzelnen Befestigungsmittel einer Gruppe unterschiedliche Querkkräfte wirken.

$$\psi_{ec,V} = \frac{1}{1+2e_v/(3c)} = \frac{1}{1+2\cdot 34/(3\cdot 100)} = 0.815 \leq 1 \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.47)}$$

Der Faktor $\psi_{\alpha,V}$ berücksichtigt den Einfluss einer zum Rand geneigten Querkraft:

$$\psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + (0.5 \sin \alpha_V)^2}} = \sqrt{\frac{1}{(\cos 63^\circ)^2 + (0.5 \sin 63^\circ)^2}} = 1.581 \geq 1 \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.48)}$$

wobei α_V der Winkel zwischen der Bemessungsquerkraft und einer Senkrechten zur nachzuweisenden Kante ist.

Der Faktor $\psi_{re,V}$ berücksichtigt den Einfluss einer am Rand angeordneten Bewehrung und wird in gerissenem Beton ohne Randbewehrung aus Bügeln mit dem Wert 1,0 angesetzt.

$$V_{Rk,c} = 15.2 \cdot \frac{69,000}{45,000} \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.815 \cdot 1.581 \cdot 1.0 = 30.1 \quad \text{EN 1992-4, Gleichung (7.40)}$$

Basierend auf den obigen Ausführungen:

$$V_{Ed} = 13.4 \text{ kN} \leq V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} = \frac{30.1}{1.5} = 20.1 \text{ kN} \quad \text{Nachweis erfüllt } \checkmark$$

5.4.7. Bemessungsnachweis für kombinierte Zug- und Querbeanspruchung

Die Bemessungsnachweise werden unter Annahme einer starren Fußplatte gemäß EN 1992-4 [2], Abschnitt 7.2.3, geführt; die charakteristischen Widerstände werden der ETA-20/0867 [9] entnommen.

Nachweis für Stahlversagen des Befestigungsmittels:

Die Interaktion zwischen Zug- und Querkraftversagen des Stahls am ungünstigsten Befestigungsmittel (in diesem Bemessungsbeispiel Anker 2) ist gemäß der folgenden quadratischen Beziehung nachzuweisen:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}}\right)^2 \leq 1 \quad \text{EN 1992-4, eq. (7.54)}$$

wobei N_{Ed} und V_{Ed} die Bemessungszug- und Querkkräfte am Befestigungselement und $N_{Rd,s}$ und $V_{Rd,s}$ die zugehörigen Bemessungszug- und Querkraftwiderstände sind. Gemäß den Berechnungen in den [Abschnitten 5.4.5](#) und [5.4.6](#):

$$\left(\frac{7.5}{36.7}\right)^2 + \left(\frac{8.4}{20.5}\right)^2 = 0.21 \leq 1 \quad \text{Nachweis erfüllt } \checkmark$$

Nachweis für Versagensarten außer Stahlversagen:

Die Interaktion zwischen Zug- und Querkraftversagen über alle weiteren Versagensarten ist zu überprüfen, wobei eine der beiden folgenden Beziehungen maßgebend ist:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,i}}\right)^{1.5} + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,i}}\right)^{1.5} \leq 1 \quad \text{EN 1992-4, eq. (7.55)}$$

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,i}}\right) + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,i}}\right) \leq 1.2 \quad \text{EN 1992-4, eq. (7.56)}$$

wobei N_{Ed} und V_{Ed} die Bemessungszug- bzw. Bemessungsquerkkräfte der Befestigungsmittel sind und $N_{Rd,i}$ und $V_{Rd,i}$ die zugehörigen Bemessungszug- bzw. Bemessungsquerkraftwiderstände über alle maßgebenden Versagensarten darstellen; maßgebend ist jeweils der größte Wert der Verhältnisse $N_{Ed}/N_{Rd,i}$ und $V_{Ed}/V_{Rd,i}$. Gemäß den Berechnungen in den [Abschnitten 5.4.5](#) und [5.4.6](#):

$$\left(\frac{15.1}{27.7}\right)^{1.5} + \left(\frac{13.4}{20.1}\right)^{1.5} = 0.95 \leq 1 \quad \text{Nachweis erfüllt } \checkmark$$

5.4.8. Alternative Hilti-Anker, geeignet für die Anwendung

Alternative Hilti-Anker, die für diese Projektanforderung geeignet sind, sind in Tabelle 5.6 definiert.

Tabelle 5.6: Dübeleigenschaften

Option 1	Dübeltyp	Mechanisch		
	Spezifikation des Dübels	HST4		
	Dübeldurchmesser	d	12 mm	
	Effektive Einbindetiefe	h_{ef}	60 mm	
	Nominale Verankerungstiefe	h_{nom}	69 mm	
Option 2	Dübeltyp	Chemisch		
	Spezifikation des Dübels	HIT-HY 200 A/R V3+HAS-U 5.8		
	Dübeldurchmesser	d	10 mm	
	Effektive Einbindetiefe	h_{ef}	135 mm	
Option 3	Dübeltyp	Chemisch		
	Spezifikation des Dübels	HVU2-Kapsel + HAS-U 5.8		
	Dübeldurchmesser	d	10 mm	
	Effektive Einbindetiefe	h_{ef}	135 mm	

6. Zusammenfassung

Angesichts der Entwicklungen im modernen Bauwesen und der zunehmenden Verwendung von Holz-Beton-Verbindungen in Hybridkonstruktionen sowie in Nachrüst- und Bestandsanwendungen sind eine fachgerechte Bemessung und Ausführung von wesentlicher Bedeutung für die strukturelle Integrität. Das vorliegende Handbuch gibt einen Überblick über die Verbindungen, die zugehörigen Bemessungsmethoden sowie die geeigneten nachträglich installierten Dübel des aktuellen Hilti-Portfolios. In Abhängigkeit von Anwendungsfall, Lasten und weiteren Randbedingungen erfolgt die Auswahl des geeigneten Dübels auf Grundlage der maßgebenden Produkteigenschaften sowie der in diesem Handbuch dargestellten Montageanleitungen (IFU); der Einbau ist entsprechend auszuführen. Durch Holz-Beton-Verbindungen können Architekten und Ingenieure Konstruktionen entwickeln, die die spezifischen Eigenschaften von Holz und Beton – wie Tragfähigkeit, Flexibilität, Nachhaltigkeit, geringes Eigengewicht und gestalterische Möglichkeiten – sinnvoll kombinieren. Darüber hinaus eröffnen Holz-Beton-Verbindungen vielfältige Anwendungsbereiche und erleichtern eine effiziente Bauausführung, was sie sowohl für Neubau- als auch für Nachrüstprojekte attraktiv macht.

7. Referenzprojekte

7.1. Hauptsitz Umweltbank Nürnberg, Deutschland

Das UmweltHaus ist der neue Hauptsitz der UmweltBank AG in Nürnberg. Das neue, 13-geschossige Gebäude mit einer Bruttogeschossfläche von rund 25.000 m² wurde vom Architekturbüro Spengler Wiescholek entworfen. Es wird in Holz-Hybridbauweise mit einem minimalen Betonanteil und möglichst vielen Holzbauteilen errichtet. Das UmweltHaus dient nicht nur als Hauptsitz der UmweltBank, sondern es werden auch Büroflächen an andere Unternehmen vermietet. Im Erdgeschoss werden zudem Gewerbeflächen für Einzelhandelsgeschäfte bereitgestellt, die sich beispielsweise für einen Biomarkt eignen würden.

Problemstellung und Zielsetzung

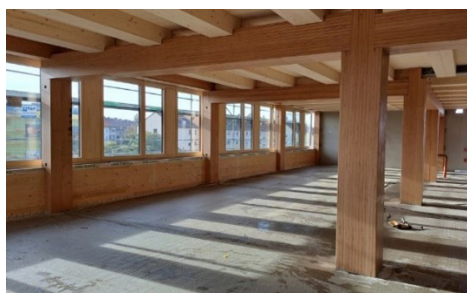
Das UmweltHaus, dessen tragende Struktur vorwiegend aus Balken und Stützen besteht, wird aus ca. 760 m³ Buchen- und 130 m³ Fichten-Brettschichtholz errichtet. Die Fensterbrüstungsabschnitte werden aus ca. 200 m³ Brettspertholz hergestellt. Die Brettschichtholzkomponenten aus Fichte werden für die Stützen in den oberen Stockwerken verwendet. In den unteren Stockwerken, die höheren Belastungen ausgesetzt sind, werden dagegen Buchenholzelemente verbaut. Die Balken tragen ein Holz-Beton-Verbunddeckensystem (siehe Abbildung 7.1), das aus vorgefertigten Rippelementen und einer Ortbetonschicht besteht. Insgesamt werden für das Projekt 3.000 m³ Holz benötigt. Die Holzbauteile werden vorgefertigt. Die Verbindung mit dem Beton erfolgt dann vor Ort mittels nachträglich installierter Dübel.



a) Das UmweltHaus der UmweltBank in Nürnberg (Quelle: Spengler Wiescholek Architektur // Stadtplanung I bloomimages)



b) Verbindung von Holzstütze mit Stahlwinkeln und nachträglich installierten Dübeln



c) Die großen Buchenholzstützen ermöglichen großzügig dimensionierte, weit geöffnete Räume (Quelle: Züblin Timber).



d) Die Primärkonstruktion (Stütze, Unterzug) trägt ein Holz-Beton-Verbunddeckensystem (Quelle: UmweltBank AG)

Abb. 7.1: Bilder der Baustelle der Holz-Beton-Hybridkonstruktion UmweltHaus

Vorgehensweise (Design und Lösung)

Typische Lösungen zur Befestigung von Holz an Beton beinhalten verschiedene Verbindungen, darunter Schub- und Zugplatten, Zuganker sowie Winkelverbinder (siehe Abb. 7.2). Bei diesem Projekt forderte der Statiker nachträglich installierte Dübel mit ETA-Zulassung. Zum Zeitpunkt der Besprechung bot Hilti bereits passende Lösungen an. Die Bemessung wurde mit PROFIS Engineering durchgeführt.



Abb. 7.2: Holzstütze-Beton-Verbindung mit Stahlwinkeln und nachträglich installierten Dübeln auf der Baustelle

Verwendete Bemessungsmethoden

Dübelverankerung im Brückendeck – Bemessung gemäß EN 1992-4 [2].

Gesamtlösung und Vorteile:

Software: Für die Bemessung wurde die PROFIS Engineering Software verwendet.

Hardware: der nachträglich installierte Schraubanker HUS4-H von Hilti wurde in Kombination mit dem Akku-Schlagschrauber SIW 8-22 verwendet.

Dienstleistungen: Die technischen Experten von Hilti haben beim Design-Prozess mitgewirkt.

Schulung: Hilti hat die Installateure geschult und die Vorgesetzten hinsichtlich der Qualität der Installation beraten.

Danksagungen

An der Erstellung dieses Handbuchs für Holz-Beton-Verbindungen haben die folgenden Personen aus der Hilti-Welt mitgewirkt. Die unten aufgeführte Liste kann nicht vollständig sein, da zahlreiche Personen ihren Beitrag geleistet haben. Wir bedanken uns herzlich bei allen.

Inhalt und Referenzprojekte

Jörg Appl, Hans Henning Artmann, Giorgio Barone, Agamoni Das, Mariia Gavrilina, Giovacchino Genesio, Philipp Grosser, Xavi Moix-Vallribera, Lars Taenzer.

Referenzen

- [1] P. Grosser, A. Echterbruch und M. Reimann, Hilti coupler wood (HCW); Holz-Beton-Verbindungen mit HCW und nachträglich installierten Dübeln, Mai 2023.
- [2] EN 1992-4:2018: Eurocode 2 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 4: Design von Befestigungselementen für Beton, Brüssel: CEN, 2018.
- [3] EN 1995-1-1:2004: Eurocode 5 – Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau, Brüssel: CEN, 2008.
- [4] S2C-Handbuch: Stahl-Beton-Verbindungen mit nachträglich installierten Systemen, Schaan: Hilti Corporation, 2024.
- [5] Handbuch der Befestigungstechnik; Ausgabe 2023, Hilti Corporation, 2023.
- [6] ETA-21/0878: HST4-R Drehmomentbegrenzter Bolzenanker für Beton: Größen M8, M10, M12, M16 und M20, Marne-la-Vallée: CSTB, 31.10.2024.
- [7] CEN/TR 17079: Design von Befestigungselementen für Beton – Redundante nichttragende Systeme, Brüssel: CEN, September, 2018.
- [8] ETA-21/0480: Hilti Metallspreizdübel HST2 V3, Berlin: DIBt, 31.10.2024.
- [9] ETA-20/0867: Hilti Schraubanker HUS4, Mechanisches Befestigungselement für Beton, Berlin: DIBt, 11.02.2025.
- [10] ETA-19/0601: Verbundbefestigungselemente und Verbundspreizbefestigungselemente für Beton, Berlin: DIBt, 29.01.2024.
- [11] ETA-16/0515: HVU2, Verbundbefestigungselemente und Verbundspreizbefestigungselemente für Beton, Berlin: DIBt, 14.09.2023.
- [12] EN 1990:2002+A1: Grundlagen der Tragwerksplanung, Brüssel: CEN, 2005.
- [13] EN 1991-1-1: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau, Brüssel: CEN, 2002.
- [14] Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten, Brüssel: CEN, 2004.

Hinweise

Hinweise

Hinweise



Hilti Aktiengesellschaft
9494 Schaan, Liechtenstein
Tel. +423-234 2965

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