

Gutachtliche Stellungnahme zur Dichtheit und Beständigkeit des Injektionssystems Hilti HIT-HY 200-A bei der Verwendung in Anlagen beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (WHG-Anlagen)

BETREFF: Prüfung der Medienbeständigkeit, der Eindringtiefe und der Tragfähigkeit für das Mörtelsystem Hilti HIT-HY 200-A in einem unbeschichteten FD-Beton für Mediengruppen des DIBt sowie weitere Flüssigkeiten

AUFTRAGGEBER: Hilti Entwicklungsgesellschaft mbH
Ansprechpartner: Herr Sascha Dierker
Hiltistraße 6
86916 Kaufering

BEARBEITER: Prof. Dr.-Ing. Jörg Reymendt

ISG PROJEKTNUMMER: 121415-3

ERSTELLDATUM 31.08.2021

REVISION 05 (ersetzt die Vorgängerversion 04 vom 29.06.2020)

UMFANG DES DOKUMENTS: 19 Textseiten

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Unterlagen.....	5
3	Allgemeines	6
4	Prüfgrundsätze	7
4.1	Allgemeines.....	7
4.2	Mediengruppen.....	9
4.3	Prüfkriterien.....	9
4.4	Auswertungskriterien	10
4.4.1	Eindringversuche und Dichtheit.....	10
4.4.2	Auszugversuche und Beständigkeit	10
5	Prüfgrundsätze	11
5.1	Probekörper	11
5.2	Prüfung der Eindringtiefe	11
5.3	Prüfung des Tragverhaltens nach Beaufschlagung	12
6	Auswertung der Versuchsergebnisse.....	13
7	Empfehlung für die Bemessung und Ausführung	13

1 Einleitung

Hilti vertreibt das Injektionssystem „Hilti HIT-HY 200-A“ für Verankerungen sowie die Herstellung nachträglicher Bewehrungsanschlüsse in Beton. Die Entwicklung und Herstellung dieses Injektionssystems liegt in den Händen von Hilti. Das Injektionssystem besteht aus einem Foliengebilde mit den beiden Komponenten des Injektionsmörtels Hilti HIT-HY 200-A und einem Stahlelement. Das Hilti HIT-HY 200-A Injektionssystem wird verwendet zur Verankerung von Stahlstützen, Stahlträgern, Treppen, Geländern, etc. sowie zur Verankerung sekundärer Stahlkonstruktionen, Sicherheitsbarrieren, Geländer und Feuerleitern. Für die unterschiedlichen Anwendungsgebiete verfügt „Hilti HIT-HY 200-A“ über verschiedene Europäische Technische Bewertungen (European Technical Assessment – ETA) und Zulassungen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), z.B. [U1].

Für die Montage der HIT-HY 200-A Verbundanker fordert [U1] geschulte Dübelmonteure. Welche Kompetenzen mitzubringen sind, wird in den jeweiligen Europäisch Technischen Bewertungen weiter spezifiziert.

Regelungen zur Montage von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen enthalten [U2] und [U4]. Grundlage für dieses Gutachten ist die Europäische Technische Bewertung ETA-11/0493 vom 28. Juli 2017 [U1].

Das Injektionssystem HIT-HY 200-A kommt häufig bei Anlagen beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen gemäß dem Wasserhaushaltsgesetz WHG [U8] sowie der Anlagenverordnung beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen AwSV [U9] zum Einsatz. Diese Anlagen verfügen meist über eine sekundäre Barriere zur Rückhaltung von eventuell austretenden wassergefährdenden Stoffen zum Schutz von Boden und Gewässern. Diese sekundären Barrieren werden meist aus einem speziellen flüssigkeitsdichten Beton (FD-Beton) mit Nachweisen der Dichtheit hergestellt. Häufig wird die Dichtheit auch über eine auf Beton aufgebrachte Beschichtung sichergestellt. Die bei WHG-Anlagen zum Einsatz kommenden Bauprodukte (z.B. Beschichtungen) müssen dabei im Bereich von Lager-, Abfüll- und Umschlaganlagen (LAU-Anlagen) über eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung bzw. ETA zur Verwendung in LAU-Anlagen durch das Deutsche Institut für Bautechnik DIBt verfügen. Durch die Zulassung bzw. ETA für LAU-Anlagen wird anhand von festgelegten Versuchsprogrammen die Dichtheit und Beständigkeit im Sinne des Wasserhaushaltsgesetz WHG und der Anlagenverordnung AwSV sichergestellt.

Im Arbeitsblatt DWA-A 786, Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS), Ausführung von Dichtflächen [U12] ist in Abschnitt 13.3 die Befestigung auf Dichtflächen aus Beton weiter geregelt. Hier wird die Anforderung einer flüssigkeitsundurchlässigen Ausbildung gefordert und ist als geeignet anerkannt, wenn sie den Bestimmungen der DAfStb-Richtlinie BUmwS:2011, Teil 1, Unterabschnitt 7.3.2 [U10] für die Bauausführungen 6 und 7 entsprechen bzw. alternativ den jeweiligen technischen Bestimmungen in den allgemeinen Bauartgenehmigungen für Befestigungen in LAU-Anlagen entsprechen. Bereits schon vor dem Erscheinen der DWA-A 786 im Jahr 2020 hat die Fa. Hilti umfangreiche Prüfungen von HIT HY 200-A zur Verwendung in LAU-Anlagen in Anlehnung an die im WHG Bereich typischen Zulassungsgrundsätze und in Abstimmung mit dem Gutachter durchgeführt und die Anforderungen der Verankerung beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen untersucht. Es handelt sich um die ergänzende WHG Qualifizierung eines bewährten und weit verbreiteten Verbundverankerungssystems.

Als Grundlage für die Untersuchungen zum Nachweis der Dichtheit und Beständigkeit gegenüber typischen auftretenden wassergefährdenden Flüssigkeiten diente die veröffentlichte Medienliste des DIBt [U11], die eine einfache Beurteilung und Eingruppierung der Beaufschlagungssituation anhand von chemischen Stoffgruppen ermöglicht.

Als Sachverständiger gemäß WHG [U8] und AwSV [U9] wurde ich durch die Fa. Hilti zur Festlegung des erforderlichen Prüfprogramms sowie zur Überwachung der durchgeführten Versuche und Erstellung der vorliegenden gutachtlichen Stellungnahme beauftragt.

Die vorliegende Revision 05 der gutachtlichen Stellungnahme beurteilt neue Erkenntnisse des Tragverhaltens von Verankerungen nach einer Beaufschlagung mit wassergefährdenden Stoffen.

2 Unterlagen

- [U1] Europäische Technische Bewertung ETA-11/0493 vom 30. August 2019: Injektionssystem Hilti HIT-HY 200-A - Verbunddübel zur Verankerung im Beton. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin.
- [U2] Europäische Technische Bewertung ETA-11/0492 vom 26. Juni 2014: Injektionssystem Hilti HIT-HY 200-A für Bewehrungsanschlüsse. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
- [U3] Europäische Technische Bewertung ETA-18/0972 vom 10. Mai 2019: Verbunddübel zur Verankerung im Beton. Deutsches Institut für Bautechnik
- [U4] Z-21.8-1948 vom 13. Oktober 2016: Bewehrungsanschluss mit Injektionsmörtel Hilti HIT-HY 200-A – Anwendung der ETA-11/0492. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
- [U5] EAD 330499-01-0601 Bonded fasteners for use in concrete; EOTA European Assessment Document; December 2018
- [U6] Hinweise für die Montage von Dübelverankerungen. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, Oktober 2010
- [U7] Bedienungsanleitung Hilti HIT HY 200-A (2042503 V10-04.2017); WHG Gebrauchsanleitung (2219183)
- [U8] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz WHG) vom 31. Juli 2009 mit Änderung vom 04. Dezember 2018
- [U9] Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) vom 18. April 2017, Bonn, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr.22
- [U10] DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (BUmWS)“, Fassung März 2011, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V. – DAfStb; Berlin 2011
- [U11] Medienlisten für Abdichtungsmittel und Dichtkonstruktionen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Stoffe, Stand: Mai 2021, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin 2021
- [U12] Arbeitsblatt DWA-A 786, Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS), Ausführung von Dichtflächen, Oktober 2020
- [U13] Hilti Montageprotokoll Verbunddübel WHG der Hilti Deutschland AG
- [U14] Hilti Gebrauchsanleitung zur Montage WHG-konformer Befestigungen (Standartelemente)
- [U15] Prüfbericht, Chemischer Einfluss auf das Tragverhalten von Verbundankersystemen, Prüfbericht-Nr. A1740017-1, KIWA GmbH, 20.07.2017, Gersthofen
- [U16] Prüfbericht, Chemischer Einfluss auf das Tragverhalten von Verbundankersystemen, Prüfbericht-Nr. A1740017-2, KIWA GmbH, 30.11.2017, Gersthofen

3 Allgemeines

Das Injektionssystem ist ein Verbunddübel, bestehend aus dem Injektionsmörtel Hilti HIT-HY 200-A und einem Stahlankerkörper. Der Injektionsmörtel ist ein 2-komponentiges Foliengebilde und setzt sich zusammen aus:

- Komponente A: Bindemittelkomponente basierend auf Urethanmethacrylatharz und
- Komponente B: Härterkomponente basierend auf Dibenzoylperoxid

Weitere Information kann der Sicherheitsinformation [U7] entnommen werden.

Im Bereich von WHG-Anlagen ist die Verwendung von Verankerungssystemen in Beton, Stahlbeton und Spannbeton in der DAfStb-Richtlinie „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen BUmwS“, Ausgabe März 2011 [U10] festgelegt. In Teil 1 wird unter Abschnitt 7.3.2 folgendes zu den Befestigungen, Verankerungen und Einbauteilen aufgeführt (Auszug aus [U10]):

- (1) Für die Befestigungen von Anbauteilen bzw. Verankerungen dürfen Verbunddübel, Ankerschienen bzw. Kopfbolzen mit allgemeiner bauaufsichtlicher bzw. europäischer technischer Zulassung verwendet werden.

*Die Befestigungen sind bezogen auf das jeweilige Objekt zu planen. Bei der Verwendung von Verbunddübeln ist **die Eignung des Bindemittels gegenüber dem beaufschlagenden Medium sicherzustellen** (z. B. über eine Übereinstimmungserklärung des Herstellers). Der Einbau der Befestigungsmittel hat so zu erfolgen, dass die Bohrlochtiefe kleiner der um 50 mm reduzierten Bauteildicke ist.*

- (2) Einbauteile sind so auszubilden, dass auch in diesen Bereichen die Dichtheitsanforderungen erfüllt werden.

Die in Absatz (1) beschriebene Europäische Technische Bewertung ETA [U1] regelt die Bemessung von Dübelverankerungen mit HIT-HY 200-A und damit die Tragfähigkeit auf europäischer Ebene. Vorausgesetzt wird eine ETA-konforme Dübelmontage sowie beispielsweise in Deutschland eine Qualifikation der Dübelmonteure (Zertifikat) entsprechend [U6]. Dadurch sollen sowohl eine Betrachtung der Stand-sicherheit, als auch die hohen Qualitätsanforderungen im Rahmen der Herstellung und örtlichen Ausführung sichergestellt werden (geschultes Fachpersonal). Ergänzend zu den Anforderungen der ETA hat der Hersteller die Eignung des Bindemittels gegenüber den beaufschlagten Medien durch eine Übereinstimmungserklärung zu bescheinigen.

Absatz (2) fordert die Dichtheitsanforderungen bei Verankerungen. Dabei sei darauf hingewiesen, dass bei Einsatz von Dübeln ausschließlich der Einbau eines Verbunddübels mit vollständig über die Verankerungstiefe eingebrachtem Verbundmörtel eine Dichtheit im Sinne des WHG sicherstellen kann. Der Fugenspalt bei mechanischen Ankern (z.B. Hinterschnittanker, Spreizdübel, Bolzenanker, Betonschrauben) könnte sich im Beaufschlagungsfall mit wassergefährdenden Flüssigkeiten füllen und hätte dann eine unzulässige Dauerbeaufschlagung des Bohrlochs zur Folge.

Die Planung der Verankerung erfolgt grundsätzlich nach der Festlegung der statischen Anforderungen sowie der Wahl des Verankerungssystems. Bei Verbundankersystemen wird entsprechend der Bedienungsanleitung [U7] ein mit Übermaß hergestelltes und gereinigtes Bohrloch zunächst mit dem Injektionsmörtel mittels Auspressgerät gefüllt und anschließend der Ankerkörper in den noch weichen Injektionsmörtel mit der vorgeschriebenen Setztiefe gesetzt. Eine manuelle Reinigung der Bohrlöcher mittels Handausblaspumpe ist dabei nicht zulässig. Vielmehr ist das Bohrloch entweder mit einem Hohlbohrer (TE-CD, TE-YD) zu erstellen oder, bei Verwendung eines Standardbohrers ohne direkte Absaugung, eine Druckluftreinigung im Anschluss durchzuführen [U7]. Dabei tritt überschüssiger Injektionsmörtel am Bohrloch seitlich des Ankerkörpers aus, der nach Aushärtung entfernt wird. Nach dem Aushärten des Injektionsmörtels kann mit der Installation des Anbauteils begonnen werden.

4 Prüfgrundsätze

4.1 Allgemeines

Aufgrund der fehlenden Zulassung zur Verwendung von Verbunddübel bei Anlagen beim Umgang mit wassergefährdenden Flüssigkeiten hat die Hilti Entwicklungsgesellschaft mbH eigene Prüfungen unter gemeinsamer Entwicklung geeigneter Prüfgrundsätze durchgeführt.

Bei Anlagen beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen wird zwischen

- Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender flüssiger und gasförmiger Stoffe (LAU – Anlagen) und
- Anlagen zum Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender flüssiger und gasförmiger Stoffe (HBV-Anlagen)

unterschieden.

In der DAfStb-Richtlinie BUMwS [U10] werden unter Berücksichtigung der Anforderungen gemäß DWA-A 786 „Ausführung von Dichtflächen“ [U12] die möglichen und zulässigen Beanspruchungen auf Dichtflächen in Betonbauweise aufgeführt. Dabei differenziert man zwischen einer einmaligen (**L**agern, **H**erstellen, **B**ehandeln, **V**erwenden) und intermittierenden (**A**bfüllen und **U**mladen) Beaufschlagung. Nach [U10] darf im Fall einer intermittierenden Beaufschlagung auch eine einmalig, äquivalente Beaufschlagungsdauer angesetzt werden.

Eine genauere Einstufung der vorliegenden Anlage beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen kann der DWA-A 786 [U12] sowie der DAfStb-Richtlinie BUMwS [U10] in Verbindung der Anforderungen der Anlagenverordnung AwSV [U9] entnommen werden.

Tabelle 1 Beanspruchung von Dichtflächen bei einer einmaligen bzw. intermittierenden Beaufschlagung gemäß [U10]

	Kurzzeichen	Beanspruchungsstufe	Beaufschlagungsdauer	Äquivalente Beaufschlagung	Beispiel
Einmalige Beaufschlagung LHBV-Anlagen (Lagern, Herstellen, Behandeln, Verwenden)	L1	gering	8 h	-	Havariefall, z.B. Tanklager, Produktionsanlage
	L2	mittel	72 h		
	L3	hoch	2200 h		
Intermittierende Beaufschlagung A/U-Anlagen (Abfüllen und Umladen)	AU1	gering	-	8 h	<u>Abfüllen:</u> <ul style="list-style-type: none"> • bis zu 4mal im Jahr ^{a)} oder • Spritz- und Tropfmengen werden durch technische Maßnahmen ausgeschlossen <u>Umladen:</u> In Verpackungen, die den gefahrgutrechtlichen Anforderungen genügen oder gleichwertig sind
	AU2	mittel	28 Tage je 5 h	144 h	<u>Abfüllen:</u> <ul style="list-style-type: none"> • bis zu 200mal im Jahr ^{a)} oder • öffentliche Tankstelle <u>Umladen:</u> In Verpackungen, die den gefahrgutrechtlichen Anforderungen nicht genügen oder nicht gleichwertig sind
	A3	hoch	40 Tage je 5 h	200 h	Ohne Einschränkung der Abfüllhäufigkeit ^{a)}

^{a)} unter Verwendung gesonderter Auffangeinrichtungen für Tropfmengen

Bei den durchgeführten Prüfungen wurde für die einmalige Beaufschlagung eine Beaufschlagungsdauer von 72 h (3 Tage) und für die intermittierende Beaufschlagung eine äquivalente Beaufschlagungsdauer von 200 h (9 Tage) zugrundegelegt. Dies entspricht bei einer einmaligen Beaufschlagung der Beanspruchungsstufe bis zu „L2“, bzw. bei einer intermittierenden Beaufschlagung bis zu „A3/U2“.

Um auch eine Widerstandsfähigkeit nach Beaufschlagung gegenüber dem auf das Verbundankersystem einwirkenden Mediums nach einer Beaufschlagung von bis zu 200 h feststellen zu können, wurden weitere Traglastversuche 30 Tage und 90 Tage nach Beaufschlagung durchgeführt.

4.2 Mediengruppen

Grundlage für die Prüfungsdurchführungen ist die veröffentlichte Liste 1 der Mediengruppen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), siehe [U11]. Die Medienliste 1 beschreibt u.a. „Kunststoffgebundene Rissfüllmaterialien und Betonersatzsysteme (Mörtel und Betone)“ und setzt sich aus insgesamt 32 Prüfgruppen sowie zwei ergänzenden weiteren Einzelmedien zusammen und dient als Nachweis der Dichtheit und Beständigkeit gegenüber wassergefährdenden Flüssigkeiten, die in diese Mediengruppen eingruppiert wurden.

Über die Medienliste 1 des DIBt [U11] hinaus werden in das Prüfprogramm folgende Einzelmedien aufgenommen:

- Salpetersäure 20 %,
- Ammoniak 10 %,
- N-Methyl-2-pyrrolidon (NMP),
- Natriumhydroxid 25 % und
- Schwefelsäure 96 %.

4.3 Prüfkriterien

Der Verbundmörtel muss gegenüber wassergefährdenden Medien flüssigkeitsdicht und beständig sein, als auch die zu erwartenden mechanischen Beanspruchungen aufnehmen und abtragen können.

Dazu hat die Hilti Entwicklungsgesellschaft mbH zahlreiche Prüfungen an eigens hergestellten Prüfkörpern in Anlehnung an die DAfStb-Richtlinie BUmws [U10], Teil 2 und Anhang A mit allen Mediengruppen und den beschriebenen Prüfmedien durchgeführt. Im Folgenden werden die untersuchten Prüfungen aufgeführt. Da insbesondere in LHBV – Anlagen häufig wassergefährdende Flüssigkeiten mit höheren Temperaturen auftreten, wurden ergänzende Prüfungen mit Beaufschlagungstemperaturen von 72°C durchgeführt.

Tabelle 2 Übersicht der Prüfungen mit Nachweisziel

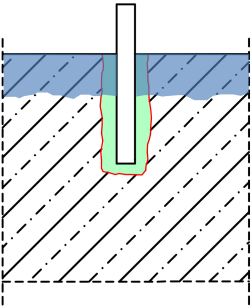
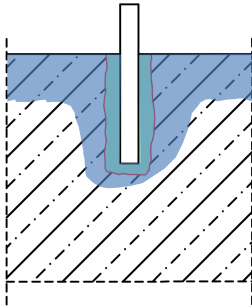
Nr.	Prüfverfahren	Nachweis
1	Eindringtiefe bei Raumtemperatur	Dichtheit
2	Tragverhalten bei Raumtemperatur	Beständigkeit
3	Eindringtiefe bei einer Beaufschlagungstemperatur von 72°C	Dichtheit
4	Tragverhalten - Langzeitprüfung nach 30 und 90 Tagen	Beständigkeit

4.4 Auswertungskriterien

4.4.1 Eindringversuche und Dichtheit

Die Auswertung, ob eine **ausreichende Dichtheit** des Verbundmörtels gegenüber wassergefährdenden Medien nachgewiesen werden kann, erfolgt unter Analyse des Eindringens der Prüflüssigkeiten mittels Digitalfotografien unter Tageslicht bzw. mittels Infrarotkamera unter den Vorgaben der Richtlinie BUmWS [U10]. Im Beton erfolgt der Stofftransport von Flüssigkeiten im Porensystem nach unterschiedlichen Mechanismen und Kombinationen. Erfahrungsgemäß weist das kapillare Saugen den maßgebenden Anteil auf. Unter kapillarem Saugen versteht man die Aufnahme von Wasser bzw. anderer Flüssigkeiten in das Porensystem des Zementsteins als Folge von Kapillarkräften. Dieses Verhalten des Eindringens von Flüssigkeiten bei Beaufschlagung und deren Eindringtiefen wurde zu einem der Parameter für die Dichtheit herangezogen. Der Nachweis der Dichtheit erfolgt gemäß der nachstehenden Tabelle.

Tabelle 3 Auswertungskriterien zum Nachweis der Dichtheit gegenüber dem Eindringen wassergefährdender Medien

Eindringverhalten		
Nachweis der Dichtheit	Bestanden	Nicht bestanden
Beschreibung	Es liegt ein gleiches Eindringverhalten im Verbundmörtel und Beton vor.	Es liegt kein gleiches Eindringverhalten im Verbundmörtel und Beton vor, die Eindringtiefe nahe des Verbundankers nimmt zu.

4.4.2 Auszugversuche und Beständigkeit

Der Nachweis der **ausreichenden Beständigkeit und Dauerhaftigkeit** erfolgt unter Durchführung des Auszugversuchs und Auswertung der Traglast des Ankers bis zu 90 Tagen nach Beaufschlagung im Vergleich zu einem nicht chemisch beaufschlagten Anker als Referenzprüfung. Dabei wurde der nicht chemisch beaufschlagte Anker sowohl nach reiner Luftlagerung, als auch nach einer Wasserlagerung untersucht. Eine ausreichende Beständigkeit und Dauerhaftigkeit des Ankerkörpers nach Beaufschlagung liegt dann vor, wenn die Traglast gegenüber der mit Wasser beaufschlagten Referenzproben nicht abnimmt. Ein durchfeuchteter Beton ist bei der Traglast des Verbundankers gemäß ETA zulässig. Treten Lastminderungen oberhalb 5 % (typischer Streubereich) gegenüber der Beaufschlagung mit Wasser auf, so hat die statische Traglast offensichtlich aufgrund der Beaufschlagung mit dem Medium abgenommen.

5 Prüfgrundsätze

5.1 Probekörper

Bei allen durchgeführten Untersuchungen wurde ein typischer FD-Beton C30/37 gemäß DAfStb-Richtlinie BUMwS [U10], Teil 2 verwendet. Zur Prüfung des Eindringverhaltens wurden aus hergestellten FD-Betonwürfeln Bohrkern mit einem Durchmesser von 120 mm bis 150 mm entnommen und diese für den Prüfaufbau vorbereitet. Die Prüfung der Eindringtiefe wurde dabei in Anlehnung an die DAfStb-Richtlinie BUMwS, Anhang A, Abschnitt A2 durchgeführt.

An allen Probekörpern wurde mittig eine **hochfeste Ankerstange der Festigkeitsklasse 12.9 M12 x 110** im Verbundmörtel **HIT HY 200-A** gemäß ETA gesetzt.

Die Traglast der Ankerstange selbst liegt dabei oberhalb der Traglast der Verankerung. Ein Auszugversuch sollte also generell zum Verbundversagen der Verankerung im Beton führen.

Die Herstellung der Probekörper sowie die Durchführung der Prüfungen wurden unter ständiger Überwachung der KIWA GmbH, Bautest, Augsburg durchgeführt und dokumentiert.

5.2 Prüfung der Eindringtiefe

Zum **Nachweis der Dichtheit** des Verbundsystems wurde das Eindringverhalten gegenüber wassergefährdenden Medien durch eine zeitliche Beaufschlagung untersucht. Die Prüfung erfolgt gemäß nachstehender Tabelle unter Berücksichtigung folgender Parameter.

Tabelle 4 Prüfprogramm zur Untersuchung des Eindringverhaltens

Prüfflüssigkeit	Beaufschlagungs- temperatur	Beaufschlagungs- dauer	Anzahl Probekörper
DIBt-Liste und ausgewählte Einzelmedien [U11]	20 °C (Raumtemperatur)	3 Tage	3 je Medium
		9 Tage	3 je Medium
	72 °C	3 Tage	3 je Medium

Neben den gemäß Tabelle 4 vorliegenden Prüfparametern wurden zusätzlich Prüfungen an Einzelmedien unter Zugrundelegung nachstehender Parameter durchgeführt.

Tabelle 5 Prüfprogramm zur Untersuchung des Eindringverhaltens

Prüfflüssigkeit	Beaufschlagungs- temperatur	Beaufschlagungs- dauer	Anzahl Probekörper
N-Methyl-2-pyrrolidon (NMP)	60 °C	1 Tag (8 h)	3 je Medium
Natriumhydroxid 25%	40 °C	3 Tage	3 je Medium
Schwefelsäure 96%	40 °C	3 Tage	3 je Medium

5.3 Prüfung des Tragverhaltens nach Beaufschlagung

Zum **Nachweis der Beständigkeit und Dauerhaftigkeit** des Verbundankers wurde nach Beaufschlagung das Tragverhalten des Verbundankers durch einen Auszugsversuch mit enger Abstützung geprüft. Dafür wurde zur Referenz wiederum die Prüfung an Luft und Wasser durchgeführt.

Die Traglast der Verankerung bis zum Verbundversagen wurde dabei zunächst unmittelbar nach drei Tagen Beaufschlagung ermittelt. Um eine Aussage über eine zeitlich verzögerte Veränderung des Verbundtragerhalten durch die in den Beton eingedrungene Flüssigkeit zu erhalten, wurden nach der Beaufschlagung weitere Proben für 30 und 90 Tage trocken gelagert und danach ein Auszugsversuch mit Traglastermittlung auf Verbundversagen durchgeführt.

Tabelle 6 Prüfprogramm zur Untersuchung des Eindringverhaltens

Prüfflüssigkeit	Beaufschlagungs-temperatur	Beaufschlagungs-dauer	Auszugversuche erfolgt nach	Anzahl Probekörper
DIBt-Liste und ausgewählte Einzelmedien [U11]	20 °C (Raumtemperatur)	3 Tage	3 Tagen	5 je Medium
		9 Tage	9 Tagen	5 je Medium
		9 Tage	30 Tagen	5 je Medium
		9 Tage	90 Tagen	5 je Medium

Analog zur Untersuchung des Eindringverhaltens wurden auch hier neben den Mediengruppen der Medienliste 1 des DIBt [U11] Zusatzprüfungen mit den Einzelmedien gemäß nachstehender Tabelle durchgeführt.

Tabelle 7 Prüfprogramm zur Prüfung des Tragverhaltens

Prüfflüssigkeit	Beaufschlagungs-temperatur	Beaufschlagungs-dauer	Auszugversuche erfolgt nach	Anzahl Probekörper
N-Methyl-2-pyrrolidon (NMP)	60°C	1 Tag (8h)	1 Tag (8h)	5
Natriumhydroxid 25%	40°C	3 Tage	3 Tagen	5
Schwefelsäure 96%				5

6 Auswertung der Versuchsergebnisse

Die Versuche wurden nach den Vorgaben der DAfStb-Richtlinie BUMWS [U10] sowie den Prüfgrundlagen der EAD-330499-00-0601 [U5] geprüft und auf Dichtheit ausgewertet. Die Eindringtiefen der Medien wurden sowohl optisch, als auch mittels Thermographie-Aufnahme am gespaltenen Probekörper nach Beaufschlagung der einzelnen Prüfgruppen festgestellt und dokumentiert.

Die Auswertung der Versuchsergebnisse der Dichtheit ist in Anlage 1 durch die Aufführung der zulässigen Beanspruchungsstufen L/A/U dargestellt.

Die Versuchsauswertung der Traglasten zeigt bei den Medien und Mediengruppen 7b, 10 und Salpetersäure 20% nach Beaufschlagung eine Abnahme der Verbundtragfähigkeit in Höhe von bis zu 10%. Der Abfall der Verbundtraglast der verwendeten Ankerstange M12 kann durch das Eindringen der Flüssigkeitsfront in den Beton und die dabei auftretenden chemisch-physikalischen Wechselwirkungen einzelner Flüssigkeiten mit dem Beton bzw. des Injektionsmörtels begründet werden.

7 Empfehlung für die Bemessung und Ausführung

Nach dem aktuellen Stand der Technik wird eine Abminderung der Tragfähigkeit der Verankerung nach Beaufschlagung mit wassergefährdenden Medien nicht weiter betrachtet. Aufgrund der Versuchsergebnisse zu den Traglasten der Verbundtragfähigkeit wird bei der Verwendung von HIT HY-200-A zur Verankerung in FD-Beton bei der Bemessung des Ankers bei den Medien und Mediengruppen 7b, 10 und Salpetersäure 20% eine Erhöhung der Einbindetiefe um den Wert $\Delta h_{ef,WHG}$ empfohlen. Damit wird die bei den Stoffgruppen festgestellte Abminderung der Verbundtragfähigkeit nach Beaufschlagung angemessen kompensiert.

Tabelle 8 Erhöhung der Einbindetiefe von Verbundverankerungen in HIT-HY 200-A nach Beaufschlagung für die Medien und Mediengruppen 7b, 10 und Salpetersäure 20%

Ankerdurchmesser	Erhöhung der Verankerungstiefe $\Delta h_{ef,WHG}$ [mm]	Beaufschlagungsdauer
M8 – M16	+15 mm	Betriebsart und Beanspruchungsstufe gemäß Anlage 1
M20 – M24	+25 mm	
M27 – M30	+35 mm	

Soweit die Verankerungstiefe durch die Verankerungsart bedingt nicht erhöht werden kann (z.B. bei Innengewindehülsen HIS-RN), kann alternativ zu Tabelle 8 der Verlust der Verbundtragwirkung nach einer Beaufschlagung bei den Medien und Mediengruppen 7b, 10 und Salpetersäure 20% durch eine pauschale Abminderung der Traglast auf Verbundversagen in Höhe von 10% kompensiert werden.

Die Bemessung der Verankerungen unter Querlast sowie Biegebeanspruchung bleibt davon unberührt und erfolgt ohne Modifikation nach dem Technical Report für Bemessungsverfahren von Verbunddübeln des DIBt „TR 029 Bemessung von Verbunddübeln“, Ausgabe 2016. Bei Säurebeaufschlagungen ist ein Verlust der Betontragfähigkeit bis zur Schädigungstiefe gemäß BUMWS, Teil 2, Abschnitt 4.3.2 zu

berücksichtigen, da im Bereich der Schädigungstiefe ein Tragverlust des Betons und somit auch des Verbundes zur Verankerung vorliegt.

Gemäß BUMWS [U10], Teil 1, Abschnitt 7.3.2 hat bei der Verwendung von Verbundankern der Einbau so zu erfolgen, dass die Bohrlochtiefe kleiner der um 50 mm reduzierten Bauteildicke ist. Aufgrund der Anforderungen der ETA [U1] und [U10] setzt sich die Mindestbauteildicke im Bereich der Verankerung wie folgt zusammen:

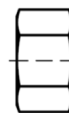
$$\text{Mindestbauteildicke } h_{min} \geq \max \{ h_{ef} + \Delta h_{ef,WHG} + 50 \text{ mm}; h_{ef} + \Delta h_{ef,WHG} + \Delta h \}$$

- mit h_{ef} = Verankerungstiefe
- $\Delta h_{ef,WHG}$ = Erhöhung Verankerungstiefe bei WHG (Tabelle 8)
- Δh = $\geq \max \{ 2 \cdot d_0; 30 \text{ mm} \}$
- d_0 = Bohrerennendurchmesser

Der Hersteller empfiehlt dabei den Wert d_0 bei M24 mit 28 mm und bei M30 mit 35 mm anzusetzen.

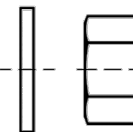
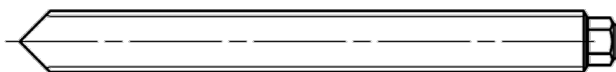
Auf der Basis der Ergebnisse können für die WHG Anwendung folgende Stahlelemente gemäß [U1] verwendet werden:

- Materialdaten: DIN 934
- M8 – M24: A4-80
- M30: A4-70



WHG Mutter: M8 bis M30

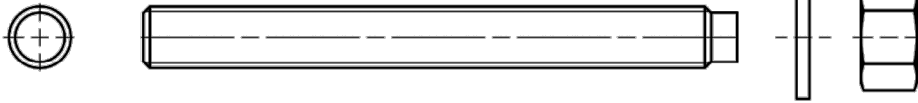
- Materialdaten: siehe ETA-11/0493



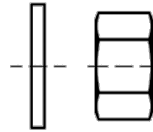
HAS-U-...: M8 bis M30

Scheibe Mutter

Materialdaten: siehe ETA-11/0493

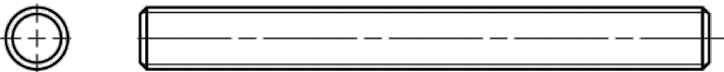


HIT-V-...: M8 bis M30

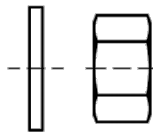


Scheibe Mutter

Materialdaten: siehe ETA-11/0493



Gewindestange: M8 bis M30



Scheibe Mutter

Hilti AM 8.8 Gewindestange Meterware galvanisch verzinkt:
M8 bis M30, 1m bis 3m

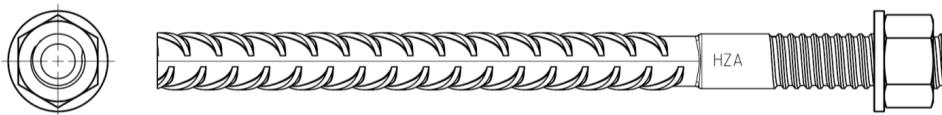
Hilti AM HDG 8.8 Gewindestange Meterware feuerverzinkt:
M8 bis M30, 1m bis 3m

Materialdaten: siehe ETA-11/0493



Innengewindehülse: HIS-(R)N M8 bis M20

Materialdaten: siehe ETA-11/0493



Hilti Zuganker: HZA M12 bis M27 und HZA-R M12 bis M24

Materialdaten: siehe ETA-11/0493



Betonstahl (rebar): ϕ 8 bis ϕ 32

Die Stahlelemente sind in der für den Einsatz geeigneten Korrosionswiderstandsklasse entsprechend der Umgebungsbedingungen und des beabsichtigten Einsatzzwecks in der WHG Anlage (gegen die potentiell angreifenden Medien) auszuwählen.

Den Verankerungen für den Einsatz im Sinne des WHG liegen zur Montage jeweils eine allgemein verständliche Gebrauchsanweisung mit Piktogrammen (IFU) anbei.

Die spezifischen Einbaubedingungen der jeweiligen Verankerungen sind in der jeweils zugehörigen Europäischen Technischen Bewertung aufgeführt. Unter Berücksichtigung der geprüften Beständigkeit gegenüber den vorhandenen Mediengruppen kann ein vertiefter Einbau der Verankerungselemente zur Sicherstellung der vollen Tragfähigkeit nötig sein.

Um eine ausreichende Montagequalität der Verankerung auch im Bereich von WHG-Anlagen sicherstellen zu können, wird eine anwendungsbezogene WHG Schulung der Monteure mit schriftlicher Teilnahmebescheinigung durch den Dübelhersteller empfohlen. In dieser Schulung werden insbesondere WHG-spezifische Anforderungen erläutert, die in der vom DIBt geforderten allgemeinen Monteurschulung entsprechend [U4] nicht enthalten sind. Darüber hinaus ist die Montage auf den entsprechenden Montageprotokollen [U13] zu dokumentieren, die der WHG-Dokumentation des Bauwerks beigefügt werden. Zur Kennzeichnung der Verankerung nach den beschriebenen Vorgaben wird das Anbauteil mittels einer speziellen Mutter mit eingepprägter Kennzeichnung WHG nach den Vorgaben der Einbauanleitung befestigt bzw. zusätzlich gekontert.

Eine Beaufschlagung oberhalb der geprüften Beanspruchungsstufen ist nicht vorgesehen (z.B. Dauerbeaufschlagung). Der Sachverständigen hat im Bedarfsfall zu prüfen, ob entsprechende Maßnahmen nach einer Beaufschlagung gemäß DAfStb-Richtlinie BUmWS [U10], Teil 1, Abschnitt 8.5 „Konzept für den Beaufschlagungsfall“ sowie Teil 3, Abschnitt 5.2.1 erforderlich werden.

Darmstadt, den 31.08.2021



Prof. Dr.-Ing. Jörg Reymendt

AwSV-Sachverständiger
DPÜ-Reg.-Nr. 103

Anlagen: Liste der Flüssigkeiten gegen die der Verbundmörtel HIT-HY 200-A im FD-Beton flüssigkeitsundurchlässig ist

Anlage 1 Liste der Flüssigkeiten gegen die der Verbundmörtel HIT-HY 200-A im FD-Beton flüssigkeitsundurchlässig ist.

Medien- gruppe Nr.	zulässige Flüssigkeiten für die Anlagenbetriebsarten Lagern (L), Abfüllen (A) und Umladen (U) nach Beanspruchungsstufe gering (1), mittel (2) und hoch (3)	Betriebsart und Stufe ¹⁾
Prüfungen HIT-HY 200-A bei Raumtemperatur zur Verankerung in FD-Beton		
1	Ottokraftstoffe nach DIN EN 228 mit einem maximalen (Bio) Ethanolgehalt von 5 Vol.-% nach DIN EN 15376	L2/ A3/ U2
1a	Ottokraftstoffe nach DIN EN 228 mit Zusatz von Biokraftstoffkomponenten nach RL 2009/28/EG bis zu einem Gesamtgehalt von max. 20 Vol.-% (einschl. Gr. 1)	
2	Flugkraftstoffe	
3	Heizöl EL nach DIN 51603-1 ungebrauchte Verbrennungsmotorenöle ungebrauchte Kraftfahrzeug-Getriebeöle Gemische aus gesättigten und aromatischen Kohlenwasserstoffen mit einem Aromatengehalt von max. 20 Vol.-% und einem Flammpunkt > 60 °C	L2/ A1/ U1
3b	Dieselmotorenkraftstoffe nach DIN EN 590 mit Zusatz von Biodiesel nach DIN EN 14214 bis zu einem Gesamtgehalt von max. 20 Vol.-%	
4	Kohlenwasserstoffe sowie benzolhaltige Gemische mit max. 5 Vol.-% Benzol, außer Kraftstoffe (einschl. Gr. 2, 3, 4b und 4c, außer Gr. 1, 1a, 3b und 4a)	
4a	Benzol und benzolhaltige Gemische	
4b	Rohöle	
4c	gebrauchte Verbrennungsmotorenöle und gebrauchte Kraftfahrzeug-Getriebeöle mit einem Flammpunkt > 60 °C	
5	ein- und mehrwertige Alkohole mit max. 48 Vol.-% Methanol und Ethanol (in Summe), Glykol, Polyglykole, deren Monoether sowie deren wässrige Gemische (einschl. Gr. 5b)	
5a	Alkohole und Glykolether sowie deren wässrige Gemische (einschl. Gr. 5, 5b und 5c)	
5b	ein- und mehrwertige Alkohole \geq C2 mit max. 48 Vol.-% Ethanol sowie deren wässrige Gemische	
5c	Ethanol einschließlich Ethanol nach DIN EN 15476 (unabhängig vom Herstellungsverfahren) sowie deren wässrige Lösungen	
6	Halogenkohlenwasserstoffe \geq C2 (einschl. Gr. 6b)	L2/ A3/ U2
6a	Halogenkohlenwasserstoffe (einschl. Gr. 6 und 6b)	
6b	aromatische Halogenkohlenwasserstoffe	

Medien- gruppe Nr.	zulässige Flüssigkeiten für die Anlagenbetriebsarten Lagern (L), Abfüllen (A) und Umladen (U) nach Beanspruchungsstufe gering (1), mittel (2) und hoch (3)	
Prüfungen HIT-HY 200-A bei Raumtemperatur zur Verankerung in FD-Beton		
7	organischen Ester und Ketone, außer Biodiesel (einschl. Gr. 7a)	L2/ A3/ U2
7a	aromatische Ester und Ketone, außer Biodiesel	
7b¹⁾	Biodiesel nach DIN EN 14214	L2/ AU1
8	wässrige Lösungen aliphatischer Aldehyde bis 40 %	L2/ A3/ U2
8a	aliphatische Aldehyde sowie deren wässrige Lösungen (einschl. Gr. 8)	
9	wässrige Lösungen organischer Säuren (Carbonsäuren) bis 10 % sowie deren Salze (in wässriger Lösung)	
9a	organische Säuren (Carbonsäuren, außer Ameisensäure) sowie deren Salze (in wässriger Lösung)	
10¹⁾	anorganische Säuren (Mineralsäuren) bis 20 % sowie sauer hydrolysierende, anorganische Salze in wässriger Lösung (pH < 6), außer Flusssäure und oxidierend wirkende Säuren und deren Salze	
11	anorganische Laugen sowie alkalisch hydrolysierende, anorganische Salze in wässriger Lösung (pH > 8), ausgenommen Ammoniaklösungen und oxidierend wirkende Lösungen von Salzen (z. B. Hypochlorit)	
12	wässrige Lösungen anorganischer nicht oxidierender Salze mit einem pH-Wert zwischen 6 und 8	
13	Amine sowie deren Salze (in wässriger Lösung)	
14	wässrige Lösungen organischer Tenside	
15	cyclische und acyclische Ether (einschl. Gr.15a)	
15a	acyclische Ether	
Einzel- medien	• Ammoniak 10%	L2/ AU1
	• Salpetersäure 20% ¹⁾	L2/ A3/ U2

¹⁾ Erhöhung der Einbindetiefe von Verbundverankerungen in HIT-HY 200-A bei den Medien und Mediengruppen 7b, 10 und Salpetersäure 20% gemäß Tabelle 8 oder pauschale Reduzierung der Traglast für Verbundversagen um 10%

Prüfungen HIT-HY 200-A bei 72 °C zur Verankerung in FD-Beton		
7b¹⁾	Biodiesel nach DIN EN 14214	LAU 1
10¹⁾	anorganische Säuren (Mineralsäuren) bis 20 % sowie sauer hydrolysierende, anorganische Salze in wässriger Lösung (pH < 6), außer Flusssäure und oxidierend wirkende Säuren und deren Salze	L2/ AU1
11	anorganische Laugen sowie alkalisch hydrolysierende, anorganische Salze in wässriger Lösung (pH > 8), ausgenommen Ammoniaklösungen und oxidierend wirkende Lösungen von Salzen (z. B. Hypochlorit)	
Medien- gruppe Nr.	zulässige Flüssigkeiten für die Anlagenbetriebsarten Lagern (L), Abfüllen (A) und Umladen (U) nach Beanspruchungsstufe gering (1), mittel (2) und hoch (3)	Betriebsart und Stufe
Prüfungen HIT-HY 200-A bei 72 °C zur Verankerung in FD-Beton		
Einzel- medien	• N-Methyl-2-pyrrolidon (NMP) bei 60 °C	LAU 1
	• Natriumhydroxid 25 %, bei 40 °C	L2/ AU1
	• Schwefelsäure 96 %, bei 40 °C	

¹⁾ Erhöhung der Einbindetiefe von Verbundverankerungen in HIT-HY 200-A bei den Medien und Mediengruppen 7b, 10 und Salpetersäure 20% gemäß Tabelle 8 oder pauschale Reduzierung der Traglast für Verbundversagen um 10%