



**HILTI**

# MACHEN SIE IHRE BETON- BETON-VERBINDUNG FEUERFEST!

**Nachträgliche Bewehrungsanschlüsse  
für den Brandfall nach EN 1992-1-2 [1]  
mit dem zementbasierten  
Injektionsmörtel HIT-FP 700-R  
von Hilti**

07/2022



# INHALT

<b>Zusammenfassung</b>	<a href="#">3</a>
<b>Allgemeines</b>	<a href="#">3</a>
<b>Heißbemessung</b>	<a href="#">5</a>
<b>Ein neues Kapitel in der Heißbemessung</b>	
- Hilti Injektionsmörtel auf Zementbasis HIT-FP 700-R	<a href="#">6</a>
- Nachweislich überlegenes Brandverhalten für Ihre nachträglichen Bewehrungsanschlüsse mit Hilti HIT-FP 700-R	<a href="#">8</a>
- Nur Hilti HIT-FP 700-R entspricht den tabellierten Daten der EN 1992-1-2 [1].	<a href="#">11</a>
- Nur Hilti HIT-FP 700-R erfüllt vollständig die vereinfachte Berechnungsmethode der EN 1992-1-2 [1]	<a href="#">12</a>
<b>Im Teamwork für Ihr nächstes Bauprojekt</b>	
- Injektionssysteme für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse und die zugehörige Bemessungssoftware PROFIS Engineering	<a href="#">15</a>
<b>Zusammenfassung</b>	<a href="#">18</a>
<b>Referenzen</b>	<a href="#">19</a>

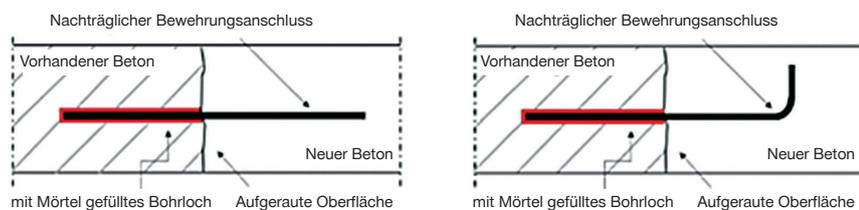
## ZUSAMMENFASSUNG

Die Einwirkung von Feuer auf Betonkonstruktionen führt zu erheblichen Einbußen bei den mechanischen und physikalischen Eigenschaften des Betons, der nachträglichen Bewehrungsanschlüsse sowie der Verbundeigenschaften durch den Mörtel zwischen ihnen. Die Verschlechterung der Verbundeigenschaften von nachträglich installierten Bewehrungsstäben im Brandfall kann die Tragfähigkeit dieser Betonverbindung erheblich beeinflussen. Daher muss das Verbundverhalten von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen bei der brandschutztechnischen Bemessung von nachträglichen Beton-Beton-Verbindungen berücksichtigt werden. Bislang ist keines der existierenden Injektionssysteme für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse (organische Systeme auf Harzbasis) in der Lage, eine 1:1-Bemessung nach EN 1992-1-2 [1] für Betonstrukturen für den Brandfall zu ermöglichen. Dies ist auf die Materialdegradation organischer Injektionsmörtel zurückzuführen, die bei erhöhter Temperatur im Vergleich zum Betonuntergrund und dem Verbund einbetonierter Bewehrungsstäbe wesentlich stärker ausgeprägt ist.

Das wird sich mit dem Hilti Injektionsmörtel HIT-FP 700-R ändern. Als anorganisches Mörtelsystem auf Zementbasis hat es höchste Verbundwiderstände für Beton-Beton-Verbindungen... **lesen Sie weiter, um zu erfahren, wie der Hilti Injektionsmörtel HIT-FP 700-R die nachträgliche Bewehrung revolutioniert.**

## ALLGEMEINES

Anschlüsse von Beton an Beton über nachträglich installierte Bewehrungsstäbe sind in der täglichen Baupraxis seit Jahrzehnten üblich. Sie werden sowohl bei Neubauprojekten als auch bei Sanierungen oder Umnutzungen eingesetzt. Für einen nachträglichen Bewehrungsanschluss wird ein Loch in den Bestandsbeton gebohrt, dieses wird je nach Bohrverfahren ETA konform gereinigt und dann wird der Mörtel mit einem entsprechenden Injektionssystem blasenfrei in das Bohrloch gegeben. Der Bewehrungsstab wird vorsichtig in der Mörtelmaße (häufig unter einem leichten Drehen) platziert (siehe Abb.1). Auf der andere Seite wird der neue Beton gegossen. Für einen ordentlichen Verbund beider Bauteile ist auch die Erstellung einer rauen Fugenoberfläche wichtig. Während der in den bestehenden Beton eingebaute Teil der Bewehrungsstäbe gerade ist, kann der in den neuen Beton eingebettete Teil gerade oder hakenförmig sein.



**Abb. 1** Nachträglich installierter gerader oder hakenförmiger Bewehrungsstab

Im Allgemeinen gibt es derzeit neben den von den Herstellern angebotenen Bemessungsmethoden zwei offizielle Bemessungsoptionen für nachträgliche Beton-Beton-Verbindungen. Die erste Option sind nachträglich installierte Bewehrungsanschlüsse, wie sie auch gemäß EN 1992-1-1 [2] mit geraden einbetonierten Bewehrungsstäben zulässig sind, wobei Injektionssysteme, die gemäß EAD 330087-01-0601 [3] qualifiziert

sind, verwendet werden können (einschließlich Kalt- und Heißbemessung). Die von dieser EAD abgedeckten Anwendungen beschränken sich auf Übergreifungsstöße, Endverankerungen einfach gestützter Betonbauteile, Endverankerungen unter Druckbelastung und Verankerungen zur Überdeckung der Zugkraftdeckungslinie in Biegebauteilen, siehe Abb. 2. Die Bemessung von momententragfähigen Verbindungen muss als Übergreifungsstoß ausgeführt werden. Da dies z. B. bei Sanierungsprojekten [4] nicht immer möglich ist, wurde mit der Einführung des technischen Berichts EOTA TR 069 [5] eine Revolution in der Bewehrungstechnik eingeleitet. Dieser Bericht regelt auf europäischer Ebene die Bemessung und Ausführung von Bewehrungsanschlüssen für momententragfähige Beton-Beton-Verbindungen ohne die Ausführung als Übergreifungsstoß, allerdings nur für die „Kaltbemessung“.

Wie erörtert, können Anwendungen, wie in **Abb. 2** dargestellt, die mit nachträglichen Bewehrungsanschlüssen ausgeführt werden und theoretisch nach EN 1992-1-2 [1] unter Berücksichtigung der Brandbeanspruchung bemessen werden. Diese Bemessung basiert auf dem temperaturabhängigen Verbundverhalten von Bewehrungsstahl und Injektionsmörtel. Obwohl viele Systeme für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse von verschiedenen Herstellern auf dem Markt sind, kann streng genommen keiner im Brandfall verwendet werden, da das harzbasierte Material (organische Systeme), dessen Eigenschaften sich über einen kurzen Temperaturbereich signifikant ändern, sicherheitsrelevante Probleme verursachen kann [6]. Dies ändert sich grundlegend durch Hilti's Revolution in der Bewehrungstechnik - einem feuerfesten Injektionsmörtel für nachträgliche Bewehrungen gemäß EN 1992-1-2 [1] für die in Abb. 2 dargestellten Anwendungen anbietet.

**Hinweis:** Die von EOTA TR 069 [5] abgedeckten Anwendungen umfassen nicht den Brandfall und können daher nicht für den Brandfall verwendet werden. EOTA TR 069 [5] ist nicht Teil der folgenden Ausführungen.



Übergreifungsstoß für Bewehrungsanschlüsse von Platten und Trägern

Verankerung der Bewehrung zur Abdeckung der Linie der einwirkenden Zugkraft

Endverankerung von Treppen an der Wand

Säulenverlängerung über Anschlüsse

Endverankerung von Platten oder Trägern (einfach gestützt)

Bei Druck hauptsächlich beanspruchte Komponenten

Wandverlängerung über Anschlüsse

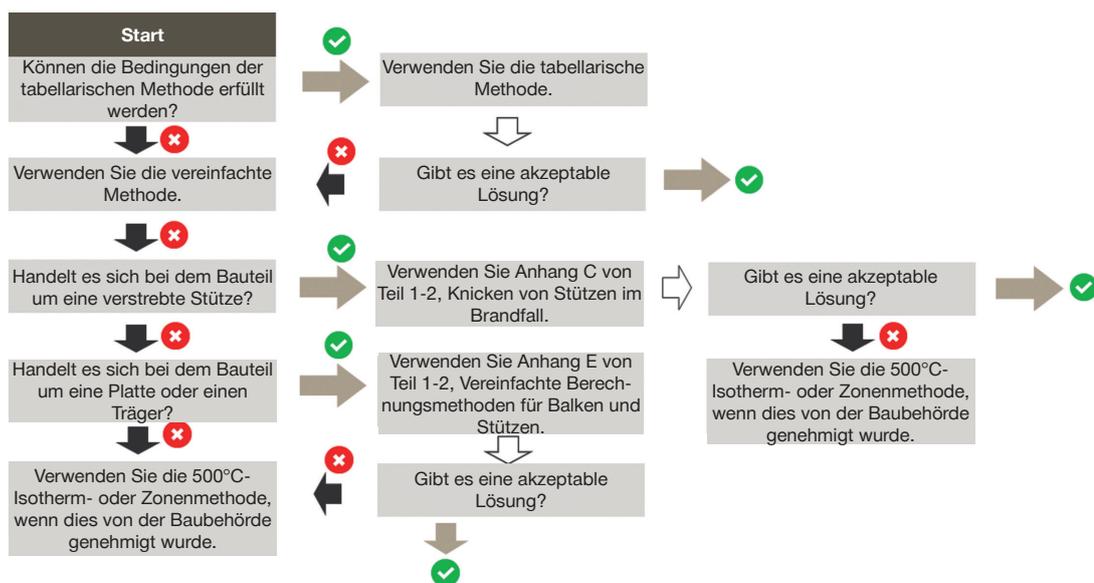
Platten-Wand-Verbindung über Anschlüsse oder Endverankerung

**Abb. 2** Beispiele für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse, die mit geraden verformten eingegossenen Bewehrungsstäben nach EN 1992-1-1 [2] und EN 1992-1-2 [1] zulässig sind

## HEISSBEMESSUNG

Der Eurocode enthält mehrere Verfahren zur Bemessung von Betonbauteilen für den Brandfall, die sowohl vorschreibend als auch leistungsbezogen sind. Im Allgemeinen können diese Verfahren in drei Kategorien eingeteilt werden, die später im Zusammenhang mit den Systemen für die nachträgliche Bewehrung ausführlicher erörtert werden:

- a) tabellarische Daten für anerkannte Bemessungslösungen,
- b) vereinfachte technische Methoden (z. B. 500°C-Isothermenmethode oder Zonenmethode) für bestimmte Arten von Bauteilen,
- c) fortgeschrittene thermomechanische oder thermohydromechanische Materialmodelle von Stahl und Beton für die numerische Modellierung von Bauteilen oder für die Gesamtstruktur. Da fortgeschrittene Berechnungsmethoden auf einer „globalen“ Strukturanalyse (Analyse der gesamten Struktur) für den Brandfall beruhen und im Allgemeinen nicht für die Analyse von Bauteilen verwendet werden, wird diese Methode in diesem Artikel nicht weiter behandelt.



**Abb. 3** Flussdiagramm zur Veranschaulichung der Methode zur Bemessung des Feuerwiderstands, der tabellarischen Daten und der vereinfachten Berechnungsmethode.

In der Bemessungspraxis werden für die Überprüfung von Betonbauteilen in der Regel entweder tabellarische Daten oder vereinfachte Berechnungsverfahren verwendet (siehe **Abb. 3**). Im Allgemeinen sind Tabellendaten der erste Schritt, da sie einen direkten Ansatz bieten. Die Verwendung von Tabellendaten bedeutet, dass die erforderlichen Randbedingungen wie die Art des Bauteils (Stütze, Trägerplatte), die Brandkurve (ISO 834), geometrische Abmessungen (Bewehrungsabstand, Betondeckung auf der brandbeanspruchten Seite) und Einschränkungen bei der Bemessung berücksichtigt werden, da bei der Bauteilanalyse nach Eurocode Effekte wie unverträgliche thermische Ausdehnungen, die hohe thermische Spannungen verursachen können, nicht berücksichtigt werden.

Es ist jedoch anzumerken, dass tabellarische Daten und vereinfachte Bemessungsverfahren nicht uneingeschränkt für nachträgliche Bewehrungssysteme verwendet werden dürfen, da das Verbundverhalten eines nachträglich eingemörtelten Bewehrungsstabs im

Verhältnis zu einem einbetonierten Bewehrungsstab bei Brandbeanspruchung verstanden und beurteilt werden muss.

Dies wird in den nächsten Kapiteln für organische nachträgliche Bewehrungssysteme auf Harzbasis und für anorganische Systeme auf Zementbasis (Hilti Injektionsmörtel HIT-FP 700-R) geschehen. Zuvor werden wir einige technische Eigenschaften von Hilti HIT-FP 700-R und dessen Einbauverfahren vorstellen.

## EIN NEUES KAPITEL IN DER HEISSBEMESSUNG

### Hilti Injektionsmörtel auf Zementbasis HIT-FP 700-R

#### Der erste injizierbare Zementmörtel



**Abb. 4** Hilti Injektionssystem HIT-FP 700-R – Folienverpackung

Hilti HIT-FP 700-R (**Abb. 4**) ist ein injizierbarer anorganischer Mörtel auf Zementbasis, der den höchsten Feuerwiderstand für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse bietet und damit anderen derzeit auf dem Markt erhältlichen Injektionssystemen überlegen ist. Aufgrund seiner zementären, anorganischen Eigenschaften weist er Verschiebungsstabilität und ein stabiles Verhalten bei hohen Temperaturen auf, vergleichbar mit dem Verhalten von Beton unter Brandeinwirkung.

Die Injektion von Hilti HIT-FP 700-R in das Bohrloch erfolgt mit Hilfe eines kabellosen Akku-Geräts. Meistens werden zementbasierte Verankerungsmörtel als Schüttgut geliefert und auf der Baustelle mit einer definierten Menge Wasser gemischt. Dies schränkt die Verwendung in der Regel auf bestimmte Einbaurichtungen ein, die senkrecht nach unten verlaufen. Außerdem ist der Einbau mit Unsicherheiten hinsichtlich der korrekten Mischung der Komponenten auf der Baustelle verbunden, die für das Betriebsverhalten entscheidend ist. Daher sind diese Produkte derzeit nicht durch ein Europäisches Bewertungsdokument (EAD) qualifiziert und können nicht in Verbindung mit EN 1992-1-2 [1] oder EN 1992-1-1 [2] verwendet werden.

Hilti HIT-FP 700-R hingegen zeichnet sich durch seine sicheren, flexiblen und anwenderfreundlichen Verarbeitungseigenschaften aus. Durch das automatisch vordefinierte Mischungsverhältnis während der Injektion werden das Risiko fehlerhafter oder inkonsistenter Mischungsverhältnisse ausgeschlossen und Einschränkungen in Bezug auf die Einbaurichtung überwunden. Darüber hinaus wird Hilti HIT-FP 700-R mit der SAFEset-Technologie angeboten, bei der der Staub während des Bohrvorgangs automatisch abgesaugt und das Bohrloch zusätzlich gemäß der Europäischen Technischen Bewertung (ETA) gereinigt wird, was die bemessungsgemäße Ausführung sicherstellt.

#### Änderung der Gewohnheiten für eine sichere Heißbemessung

Wie viele zementgebundene Produkte und Beton hat auch Hilti-HIT-FP 700-R eine deutlich längere Aushärtezeit (Tage) als die Standardsysteme für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse (organische Systeme auf Harzbasis; Minuten), siehe **Abb. 5**. Die längere Aushärtezeit sollte im Hinblick auf den Bauprozess auf der Baustelle berücksichtigt werden. Es könnte daher hilfreich sein, dem Bauunternehmer in der technischen Zeichnung zusätzliche Hinweise zu geben.

Darüber hinaus können kleine Risse und Hohlräume an dem aus dem oberen Teil des Bohrlochs austretenden Mörtelmaterial beobachtet werden.

Das Auftreten kleiner Risse und Hohlräume ist unkritisch und wird unter Berücksichtigung des Schwindverhaltens in der ETA in Betracht gezogen. Um den Arbeitsablauf zu optimieren und die Wartezeit zu verkürzen, wurden zwei zusätzliche Aushärtezeiten zwischen dem Abbinden und der vollständigen Aushärtung festgelegt. Dies ermöglicht eine Teilbelastung der nachträglichen Bewehrungsanschlüsse, bevor die volle Bemessungslastkombination aufgebracht werden kann, ähnlich wie bei Betonbauteilen, bei denen die Schalung entfernt wird, bevor die Aushärtung vollständig abgeschlossen ist. Die verschiedenen Aushärtezeiten können wie folgt definiert werden und sind in der entsprechenden ETA zu finden, siehe **Abb. 5**:

		Rebar			
$\vartheta$ [°C]	$\vartheta$ [°F]	$t_{work}$	$t_{assembly}$	$t_{pre-loading}$ 75%	$t_{cure}$ 100%
≥ 5 ... 10	≥ 41 ... 50	50 min	36 h	14 days	50 days
> 10 ... 15	> 50 ... 59	40 min	30 h	7 days	28 days
> 15 ... 20	> 59 ... 68	35 min	24 h	6 days	18 days
> 20 ... 30	> 68 ... 85	20 min	12 h	5 days	10 days
> 30 ... 40	> 85 ... 104	15 min	6 h	3 days	7 days
40	104	12 min	3 h	2 days	4 days

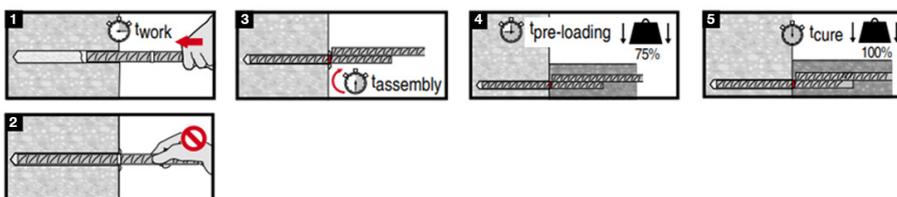
**Abb. 5** Verarbeitungszeit  $t_{work}$ , Montagezeit  $t_{assembly}$ , vorläufige Belastungszeit  $t_{pre-loading}$  und volle Aushärtezeit  $t_{cure}$  des Hilti HIT-FP 700-R in Abhängigkeit von der Temperatur des Untergrundmaterials

$t_{Verarbeitung}$  beschreibt die Verarbeitungszeit, d. h. den Zeitraum, in dem der Anwender den Bewehrungsstab montieren kann. Die Verarbeitungszeit reicht von maximal 50 Minuten bei 5°C bis minimal 12 Minuten bei 40°C.

Die lange Verarbeitungszeit ermöglicht eine Montage mit tiefer Einbindung. Nach der Montage sollte der Bewehrungsstab nicht mehr bewegt werden, siehe **Abb. 6a**. Nach der Mindestwartezeit  $t_{Montage}$  ist das Anbinden neuer Bewehrungsstäbe erst an die bereits montierten Stäbe erlaubt, siehe **Abb. 6b**.

Nach der Wartezeit  $t_{vorläufige\ Belastung}$ , können 75% der endgültigen Tragfähigkeit als Last auf den nachträglichen Bewehrungsanschluss aufgebracht werden. Der Prüfenieur muss entscheiden, ob dies zutrifft oder nicht, siehe **Abb. 6c**. Wenn die volle Aushärtezeit  $t_{Aushärtung}$  verstrichen ist, kann die volle Bemessungslast auf den nachträglichen Bewehrungsanschluss aufgebracht werden, siehe **Abb. 6d**.

Mit der neuen Hilti Mörteltechnologie Hilti HIT-FP 700-R beginnt ein neues Kapitel in der Qualifizierung von injizierbaren chemischen Mörteln, für die aufgrund ihrer anorganischen Zementbasis eine Aktualisierung des aktuellen EAD 330087-01-0601 [3] erforderlich war.

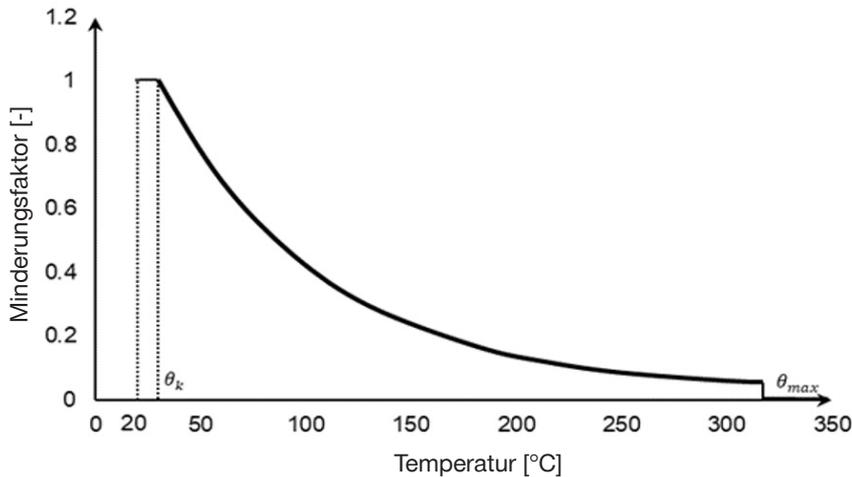


a)  $t_{Verarbeitung}$       b)  $t_{Montage}$       c)  $t_{vorläufige\ Belastung}$       d)  $t_{Aushärtung}$

**Abb. 6** Auszug aus dem Installationsprozess (unvollständig), zeigt Schritt 1 bis Schritt 5 für Hilti HIT-FP 700-R

## EIN NEUES KAPITEL IN DER HEISSBEMESSUNG

**Nachweislich überlegenes Brandverhalten für Ihre nachträglichen Bewehrungsanschlüsse mit Hilti HIT-FP 700-R**



**Abb. 7 Beispiel:** Minderungsfaktor  $k_{fi}(\theta)$  für die Betonfestigkeitsklasse C20/25 als Funktion der Temperatur für ein feuerempfindliches harzbasiertes organisches System für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse

Die Qualifizierung von Systemen für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse für den Brandfall wird durch das von der EOTA herausgegebene Europäische Bewertungsdokument EAD 330087-00-0601 [3] abgedeckt, welches eine Bemessung nach EN 1992-1-2 zulässt. [1]. Die Begutachtung konzentriert sich auf die Verbundfestigkeit des Mörtels in Abhängigkeit von einer definierten Temperatur. Das Ergebnis der Begutachtung, das sich in der Europäischen Technischen Bewertung widerspiegelt, wird in Form des Temperaturminderungsfaktors  $k_{fi}(\theta)$  angegeben und dient zur Berechnung der verbleibenden Bemessungsverbundfestigkeit unter Brandbeanspruchung  $f_{bd,fi}$ , siehe **Abb. 7**.

$$f_{bd,PIR,fi}(\theta) = f_{bd,PIR} \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_{M,fi}} \cdot k_{fi}(\theta)$$

wo:

$f_{bd,PIR,fi}(\theta)$  = Bemessungswert der Verbundfestigkeit im Brandfall in N/mm<sup>2</sup>, bei einer gegebenen Temperatur ( $\theta$ ) in der Mörtelschicht

$f_{bd,PIR}$  = Bemessungswert der Verbundfestigkeit im kalten Zustand in N/mm<sup>2</sup> gemäß den Angaben in der entsprechenden ETA unter Berücksichtigung der Betonklassen

$\gamma_c$  = Teilsicherheitsbeiwert nach EN 1992-1-1 [2]

$\gamma_{M,fi}$  = Teilsicherheitsbeiwert nach EN 1992-1-2 [1]

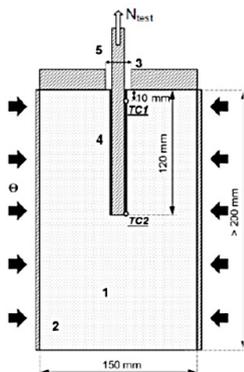
$k_{fi}(\theta)$  = Minderungsfaktor der Verbundfestigkeit im Brandfall für a bei einer gegebenen Temperatur ( $\theta$ ) in der Mörtelschicht

Der Minderungsfaktor  $k_{fi}(\theta)$  für die Verbundfestigkeit eines Injektionsmörtels wird durch Tests unter simulierten Brandbedingungen ermittelt. Eine konstante Last wird auf den Bewehrungsstab in einem begrenzten Versuchsaufbau aufgebracht, während die Temperatur erhöht wird, bis ein Herausziehen des Prüfstabes auftritt, siehe **Abb. 8**. Die aufgebrachte Last wird dann in Abhängigkeit von der Temperatur in den Abminderungsfaktor  $k_{fi}(\theta)$  umgerechnet, indem das Verhältnis der Verbundfestigkeitswerte zum Referenzwert für einbetonierte Bewehrungsstäbe für die jeweilige Betonklasse berechnet wird. Die Reduzierung der charakteristischen Festigkeit für verschiedene auf dem Markt erhältliche Injektionssysteme in Abhängigkeit von der Temperatur ist in **Abb. 9** auf der Grundlage der veröffentlichten ETA-Dokumente dargestellt.

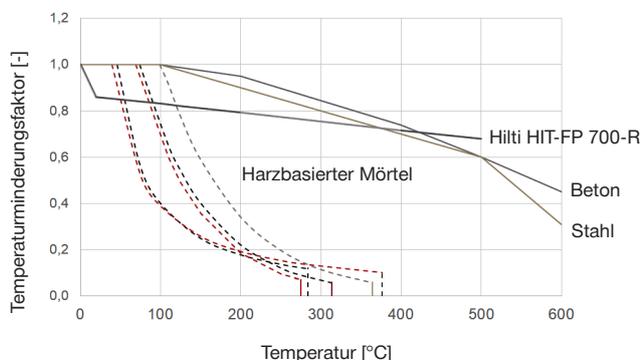
Die folgende Darstellung zeigt die Verringerung der Verbundfestigkeit bei erhöhter Temperatur in der Mörtelschicht infolge eines Brandes („Heißbemessung“) bezogen auf die Verbundfestigkeit eines nachträglichen Bewehrungsanschlusses bei Raumtemperatur („Kaltbemessung“) und bei vollständiger Aushärtung vor der Erhöhung der Betontemperatur, gemäß dem in **Abb. 8** beschriebenen Versuchsaufbau.

Die Verbundfestigkeit aller nachträglichen Bewehrungsanschlüsse bzw., um präzise zu sein, der Minderungsfaktor, nimmt mit steigender Betontemperatur ab, siehe **Abb. 8**. Der Zusammenhang zwischen Betontemperatur und Restverbundfestigkeit ist stark abhängig vom jeweiligen Mörtelprodukt. Die Verbundfestigkeit aller organischen Systeme auf Harzbasis (gestrichelte Linien) beträgt bei einer Temperatur von 200 °C nur etwa 20 % bis 40 % des bei Prüfungen bei 20 °C ermittelten Werts. Bei 400 °C verfügt keiner der organischen Mörtel auf Harzbasis über eine Restverbundfestigkeit. Während die Verbundfestigkeit aller organischen Systeme (gestrichelte Linien) im Brandfall mit steigender Temperatur drastisch abnimmt, liefert der zementgebundene anorganische Mörtel Hilti HIT-FP 700-R (durchgezogene Linie) bei 200°C Verbundfestigkeitswerte von etwa 80% der Restkapazität und bei 500°C beträgt die Restverbundfestigkeit immer noch >60% im Vergleich zur Verbundfestigkeit bei Raumtemperatur. Dieses Brandverhalten bietet im Vergleich zu organischen Systemen auf Harzbasis diverse Bemessungsvorteile für den Brandfall.

**Der Vorteil der organischen gegenüber den anorganischen Mörteln liegt in „der kürzeren Aushärtezeit und der besseren Leistung“ bei Raumtemperatur, jedoch schwindet dieser Vorteil unter Betrachtung der Brandbeanspruchung vollständig.**



**Abb. 8** Simulierter Brandversuch an nachträglichen Bewehrungsanschlüssen mit seitlicher thermischer Belastung und dauerhaft belasteten Stäben



**Abb. 9** Verringerung der charakteristischen Verbundfestigkeit bei verschiedenen auf dem Markt erhältlichen Injektionssystemen in Abhängigkeit von der Temperatur, wie in den entsprechenden ETA-Dokumenten angegeben.

## Geprüftes Langzeitverhalten mit Hilti HIT-FP 700-R

Mit der neuen Hilti-Technologie, die es ermöglicht, vollständig zementgebundene Injektionsmörtel für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse für den häufigen Gebrauch zu verwenden, wurden verschiedene Leistungsaspekte, die gemäß der neuen Version des EAD 330087-02 (in Vorbereitung, 2022) Teil des Bewertungsprozesses sind, untersucht. Diese Aspekte stehen insbesondere im Zusammenhang mit der Klassifizierung des Systems, dem Porositätsgrad, der Langzeitwirkung und der Neigung zum Schwindverhalten.

**Klassifizierung:** In der neuen Version des Europäischen Bewertungsdokuments (EAD), die derzeit erarbeitet wird, wird eine Methode zur Unterscheidung der Mörtelarten in harzbasierte und zementbasierte Mörtel eingeführt. Diese Unterscheidung war in den vorherigen Versionen nicht klar beschrieben, obwohl es einige Anforderungen für zementhaltige Produkte gab. Die Methode besteht aus einer Analyse der Zusammensetzung auf der Grundlage des Massenverlusts in Abhängigkeit von der Temperatur für das bewertete Produkt.

**Schwindverhalten und Langzeitstabilität:** Für als zementbasierte Mörtel klassifizierte Produkte gelten zwei neue Prüfverfahren. Der erste zu bewertende Aspekt ist die Empfindlichkeit des Systems für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse für Installationen in Beton bei niedriger relativer Luftfeuchtigkeit. Diese Prüfung zielt darauf ab, die Auswirkungen trockener Klimaverhältnisse im Außen- und Innenbereich und eine Maximierung der Schwindungseffekte aufgrund einer möglichen Wasseraufnahme durch den umgebenden Betons, welche die Hydratation des Zements durch die Veränderung des Wasser-Zement-Verhältnisses und folglich die Verbundfestigkeit beeinflusst, zu bewerten.

Der zweite zu bewertende Aspekt ist die Langzeitstabilität des Mörtelgefüges. Dieses Leistungsmerkmal wird in einem beschleunigten Versuch mit starker Einwirkung von hohen Temperaturen und Feuchtigkeit, den so genannten Bewitterungsbedingungen, überprüft. Diese Prüfung ist erforderlich, um die Empfindlichkeit des zementhaltigen Produkts gegenüber Porositätsschwankungen, Phasenumwandlungen und Trenndruck zu bewerten.

**Es ist anzumerken, dass diese Auswirkungen bereits in den im entsprechenden ETA-Dokument veröffentlichten endgültigen Verbundfestigkeitswerten berücksichtigt sind.** Die neuen Anforderungen des Europäischen Bewertungsdokuments stellen sicher, dass die in der ETA veröffentlichten Leistungsmerkmale, insbesondere die Verbundfestigkeitswerte, die gleiche Zuverlässigkeit aufweisen, wie die für harzbasierte Mörtel erforderlichen Bewertungsergebnisse.

**Weiterhin heben wir hervor, dass Hilti HIT-FP 700-R das gesamte Testprogramm bestanden hat.** Aufgrund seines einzigartigen Temperaturverhaltens bietet der Hilti Injektionsmörtel HIT-FP 700-R mehrere Vorteile bei der Bemessung von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen, indem er auch die Nutzung der tabellarischen Daten der vereinfachten Bemessungsmethoden nach Eurocode EN 1992-1-2 [1] ermöglicht, worauf im nächsten Kapitel eingegangen wird.

## EIN NEUES KAPITEL IN DER HEISSBEMESSUNG

Nur Hilti HIT-FP 700-R entspricht den Voraussetzungen für tabellierte Daten der EN 1992-1-2 [1].

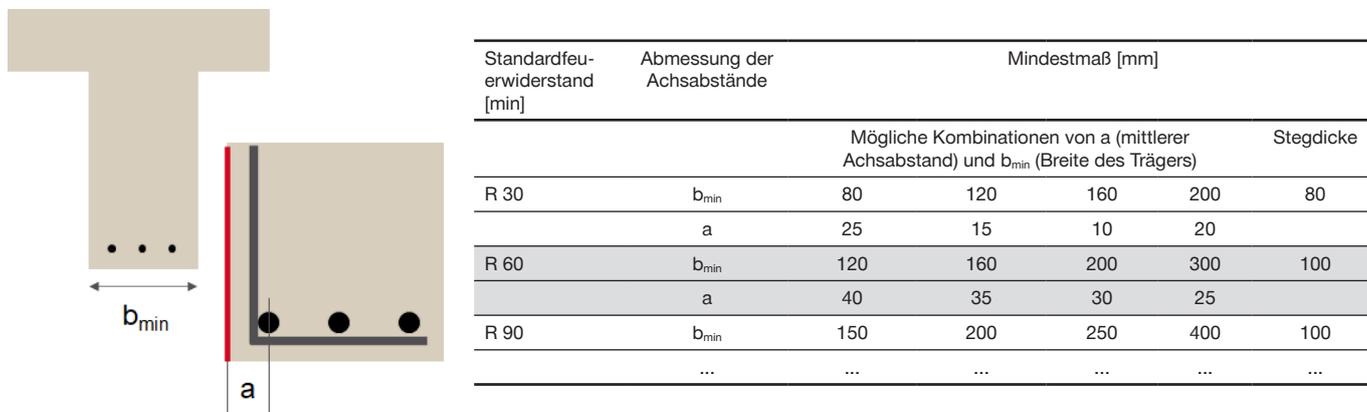


Abb. 10 Modifizierter Auszug von Tabellendaten aus dem Eurocode EN 1992-1-2 [1] als Beispiel

Der Eurocode EN 1992-1-2, Abschnitt 5 [1] Brandabschnitte, bietet Bemessungslösungen in Form von tabellarischen Daten, die innerhalb der festgelegten Grenzen der Anwendungsbedingungen benutzt werden können. Das Verfahren betrifft die Prüfung von getrennten Bauteilen aus Normalbeton mit siliziumhaltigen Zuschlägen und eingegossenen Bewehrungsstäben für eine Standard-Brandbeanspruchung nach ISO 834 von bis zu 240 Minuten. Indirekte Brandeinwirkungen werden nicht berücksichtigt, ausgenommen solche, die aus thermischen Gradienten resultieren. Abhängig von der geforderten Feuerwiderstandsdauer und gegebenenfalls der Nutzung des Bauteils werden Mindestwerte der Bauteilabmessungen und Achsabstände der Bewehrung je nach Bauteiltyp angegeben, siehe beispielhaft **Abb. 10** (Balken).

In den Tabellen wird die Mindestbetondeckung als Abstand „a“ von der Achse der eingegossenen Hauptbewehrung bis zur nächstgelegenen Betonoberfläche angegeben. Die angegebenen Achsabstände sind Nennwerte. Ein Toleranzzuschlag muss nicht berücksichtigt werden. In Teil 1-1 des Eurocode 2 [2], der für die Bemessung bei normalen Temperaturen gilt, wird die Betondeckung „c“ als der Abstand von der Kante eines Bewehrungsstabs bis zur nächstgelegenen Betonoberfläche definiert. Für einen Längsbewehrungsstab (Hauptbewehrung) mit dem Durchmesser  $\varnothing$  kann die Beziehung zwischen „a“ und „c“ daher typischerweise als  $a = c + \varnothing_{\text{stirrup}} + \varnothing/2$  geschrieben werden.

Bei der Verwendung von Tabellendaten sind keine weiteren Nachweise für die Scher- und Torsionsfestigkeit sowie Abplatzungen erforderlich, jedoch werden für jeden Bauteiltyp zusätzliche Detaillierungsregeln festgelegt. Der Vorteil der Tabellenwerte besteht darin, dass ein Planer schnell überprüfen kann, ob die Abmessungen, die sich aus einer Bemessung bei normaler Temperatur (Kaltbemessung) ergeben, für den Brandfall akzeptabel sind. **Für die meisten üblichen Bauteile im Hochbau stellen die Tabellenwerte konservative Annahmen für einbetonierte Bewehrungsstäbe dar, jedoch NICHT unbedingt für Beton-Beton-Verbindungen in Form von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen. Das liegt daran, dass der in den Tabellen angegebene Mindestachsabstand der Bewehrung in den Zugzonen einfach gestützter Balken und Platten auf der Grundlage einer kritischen Stahltemperatur von  $\theta_{\text{krit}} = 500^\circ\text{C}$  berechnet wird.** Die kritische Temperatur ist die Temperatur, bei der der Stahl unter der Stahlspannung  $\sigma_{s,fi}$  die in dem für die Einwirkungen

$E_{d,fi}$  berechneten Brandfall auftritt ( $\eta_{fi} = E_{d,fi} / E_d = 0,7$  für tabellarische Daten) nachgibt.

**Folglich kann dieser einfache Ansatz nur dann für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse verwendet werden, wenn die Restverbundfestigkeit unter Brandbeanspruchung bei 500°C bezogen auf die Restfestigkeit des Betons bekannt und vergleichbar ist.**

Die Abnahme der charakteristischen Festigkeit von Betonstahl und Spannstahl in Abhängigkeit von der Temperatur  $\theta$  zur Verwendung mit den Tabellenwerten ist in Eurocode EN 1992-1-2, Abschnitt 5 [1] angegeben. Diese Kurven in Verbindung mit den tabellarischen Daten beziehen sich auf die Kurven für Betonstahl (warmgewalzt oder kaltverformt: EN 10080 [7]) und die Werte für Normalbeton (2000 bis 2600 kg/m<sup>3</sup>, siehe EN 206-1 [8]) mit siliziumhaltigen Zuschlägen. Bei 500°C weisen sowohl Beton als auch Stahl eine charakteristische Restfestigkeit von  $\sim 0,7$  im Vergleich zur Festigkeit bei Raumtemperatur auf. Dies ist die Logik, wenn man tabellarische Daten verwendet. Im Gegensatz dazu liefern alle organischen Injektionssysteme auf Harzbasis bei einer Mörteltemperatur von 500°C eine Restfestigkeit von Null, wie in **Abb. 9** gezeigt. Folglich können die tabellarischen Daten nicht uneingeschränkt auf die dargestellten harzbasierten organischen Injektionssysteme angewandt werden. Für das anorganische Injektionssystem Hilti HIT-FP 700-R ergibt sich nach der in **Abb. 9** dargestellten Verbundminderung eine mit Beton und Stahl vergleichbare Restfestigkeit.

**Nur Hilti HIT-FP 700-R bietet dem Planer den Vorteil, dass er die tabellarischen Werte uneingeschränkt nutzen kann, um schnell zu überprüfen, ob die Abmessungen, die sich aus der Bemessung für normale Temperaturen (Kaltbemessung) ergeben, für den Brandfall akzeptabel sind.**

## EIN NEUES KAPITEL IN DER HEISSBEMESSUNG

### **Nur Hilti HIT-FP 700-R erfüllt vollständig die vereinfachte Berechnungsmethode der EN 1992-1-2 [1]**

Zur Ermittlung der Tragfähigkeit eines erhitzten Querschnitts unter der jeweiligen Kombination von Einwirkungen für Betonbauteile mit eingegossenen Bewehrungsstäben werden vereinfachte Berechnungsverfahren verwendet. Für den Brandfall muss nachgewiesen werden, dass die Bemessungsauswirkung der Einwirkungen  $E_{fi,d,t}$  im Brandfall zum Zeitpunkt  $t$  kleiner oder gleich dem entsprechenden Bemessungswiderstand  $R_{d,t,fi}$  des Bauteils zum Zeitpunkt  $t$  ist. Die erforderlichen Temperaturprofile in den einer Standardbrandbeanspruchung ausgesetzten Betonquerschnitten können mit Hilfe von Software und den thermischen Eigenschaften des Betons berechnet werden. In EN 1992-1-2 [1] und den zugehörigen Anhängen werden drei vereinfachte Berechnungsmethoden beschrieben, wobei zu beachten ist, dass die 500°C-Isothermenmethode nach dem nationalen Anhang nicht für die Anwendung in Deutschland zugelassen ist:

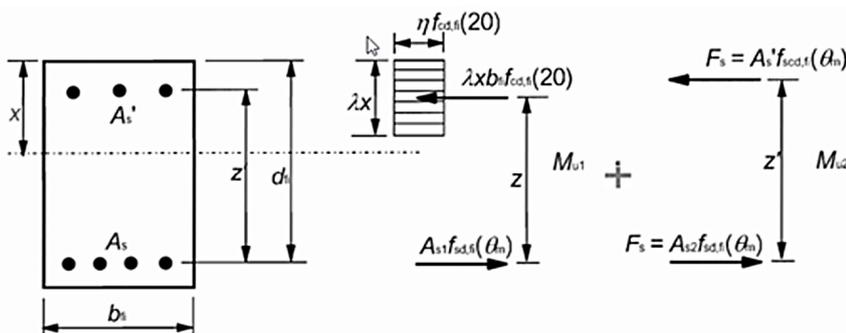
- (a) Die 500°C-Isothermenmethode ist für eine Standardbrandbeanspruchung und alle anderen Wärmeregime, die ähnliche Temperaturfelder in dem brandbeanspruchten Bauteil verursachen, anwendbar. Es wird davon ausgegangen, dass Beton mit einer Temperatur  $> 500^\circ\text{C}$  nicht zur Tragfähigkeit beiträgt, während der verbleibende Betonquerschnitt seine ursprüngliche Festigkeit und seinen Elastizitätsmodul beibehält. Infolgedessen entsteht innerhalb der 500°C-Isotherme eine neue Querschnittsform

des Bauteils, die die Begrenzungslinie darstellt, während die Betoneigenschaften innerhalb des neuen Querschnitts die gleichen sind wie bei Normaltemperatur. Gleichzeitig verringert sich die Festigkeit der eingegossenen Bewehrung in Abhängigkeit von der Temperatur.

Nach der Bestimmung der reduzierten Querschnittsabmessungen und der reduzierten Fließspannung des eingegossenen Bewehrungsstahls wird die Tragfähigkeit im Brandfall für das Element  $R_{fi}$  zum Zeitpunkt  $t$  auf der Grundlage der allgemein anerkannten Methoden für die Analyse von Stahlbetonbauteilen unter normalen Temperaturbedingungen berechnet, siehe **Abb. 11**. Wie erörtert, erfolgt die **Reduzierung der Streckspannung des Betonstahls bei eingegossenen Bewehrungsstäben in Abhängigkeit von der Temperatur in der Mitte jedes Stabs ungeachtet ihrer Lage in Bezug auf die 500°C-Isotherme. Aber auch wenn einige der eingegossenen Bewehrungsstäbe außerhalb des reduzierten Querschnitts liegen, dürfen sie in die Berechnung der Tragfähigkeit des brandbeanspruchten Querschnitts einbezogen werden. Dies liegt daran, dass bei eingegossenen Bewehrungsstäben erst ab 500°C ein signifikanter Verbundverlust angenommen wird.** Wie in **Abb. 10** angedeutet, kann dieser Ansatz nicht auf organische harzbasierte Systeme angewendet werden, da der Verbundverlust bereits in einem früheren Temperaturstadium auftritt. Folglich müssten wir den Satz der „500°C-Isothermenmethode für gegossene Bewehrungssysteme für harzbasierte, organische nachträgliche Bewehrungsanschlüsse wie folgt umformulieren:

„Die Betoneigenschaften innerhalb des neuen Querschnitts sind die gleichen wie bei Normaltemperatur. Die Minderung der Streckspannung und der Verbundfestigkeit der nachträglichen Bewehrung erfolgt in Abhängigkeit von der Temperatur in der Mitte jedes nachträglich installierten Stabs. Überschreitet die Temperatur des nachträglichen Bewehrungsanschlusses den Wert, bei dem der Temperaturminderungsfaktor des nachträglich installierten Bewehrungssystems  $k_{fi}(\theta) = 0,7$  beträgt, kann der Stahlquerschnitt des nachträglich installierten Bewehrungsstabs nicht in die Berechnung der Tragfähigkeit einbezogen werden. Nach **Abb. 10** liegt die Temperatur, bei der die Tragfähigkeit nachträglicher Bewehrungsanschlüsse mit harzbasierten organischen Systemen vernachlässigt werden sollte, für die dargestellten Systeme zwischen 75°C und 150°C.“

**Im Gegensatz zu anorganischen Systemen auf Zementbasis bewährt sich Hilti HIT-FP 700-P, so dass Planer den obigen Absatz nicht berücksichtigen müssen und die relativ einfache Methode befolgen können, sofern Ihre Baubehörden dies zulassen.**



**Abb. 11** Berechnung der Tragfähigkeit eines Querschnitts mit Zug- und Druckbewehrung nach [1]

- (b) Die Zonenmethode liefert im Vergleich zur vorherigen Methode genauere Ergebnisse. Bei dieser Methode wird der Querschnitt in mehrere parallele Zonen ( $n > 3$ ) gleicher Dicke unterteilt, wobei die mittlere Temperatur, die entsprechende mittlere Druckfestigkeit und der Elastizitätsmodul jeder Zone bewertet werden. Der brandgeschädigte Querschnitt wird durch einen reduzierten Querschnitt dargestellt, bei dem eine geschädigte Zone mit der Dicke  $a_z$  an den brandbeanspruchten Seiten ignoriert wird, die über Gleichungen oder Diagramme ermittelt wird, wie in EN 1992-1-2 [1] angegeben. Wenn der reduzierte Querschnitt gefunden ist und die Festigkeit und der E-Modul für die Brandsituation bestimmt sind, folgt die Brandbemessung dem normalen Temperaturbemessungsverfahren, siehe **Abb. 10**.

Die Festigkeiten von Beton und eingegossenen Bewehrungsstäben werden in Abhängigkeit von der Temperatur mit den Minderungsfaktoren  $k_c(\theta_M)$  (es gilt die Temperatur in der Mitte der Restzone) oder  $k_s(\theta)$  berechnet. Auch bei dieser Methode ist ein direkter 1:1-Ansatz für den nachträglichen Bewehrungsanschluss bei harzbasierten organischen Mörteln, wie in **Abb. 6** dargestellt, NICHT möglich, da neben der Betonfestigkeit und der Stahlfestigkeit auch die Restverbundfestigkeit des nachträglich installierten Bewehrungssystems in Abhängigkeit von der Temperatur berechnet werden muss. Temperatur in der Mörtelschicht zwischen 150 und 350°C - je nach Produkt und Ausrichtung der Bewehrungsstäbe zum Feuer - begrenzt werden, da die harzbasierten organischen Systeme keinen Restverbund aufweisen.

**Im Gegensatz zu harzbasierten organischen Systemen bewährt sich Hilti HIT-FP 700-P, so dass keine Notwendigkeit besteht, die Zonenmethoden bis zu 500°C Stahltemperatur zu ändern.**

**Anmerkung:** In Deutschland darf diese Methode für Stäbe angewendet werden, die einer Biegung mit oder ohne Normalkraft ausgesetzt sind. Die Beschreibung der Zonenmethode in EN 1992-1-2 [1] ist unvollständig, insbesondere für Betonstützen. Daher ist die Anwendung der Zonenmethode in Deutschland bauaufsichtlich nur zulässig, wenn die Kommentare und Interpretationen von Zilch et al. [9] oder Cyllok und Achenbach [10] berücksichtigt werden.

- (c) Die auf der Abschätzung der Krümmung basierende Methode befasst sich mit Stützen, bei denen Effekte zweiter Ordnung unter Brandeinwirkung signifikant sind, und bewertet einen Stahlbetonquerschnitt, der einem Biegemoment und einer Axiallast ausgesetzt ist. Diese Methode basiert auf der Abschätzung der Krümmung (EN 1992-1-1, Abschnitt 5 [2]). Auf diese Methode wird im Rahmen dieses Artikels nicht weiter eingegangen, da sie zwar als vereinfachte allgemeine Berechnungsmethode bewertet werden kann, aber einen entsprechend hohen Aufwand in der Umsetzung erfordert. Bei der Anwendung dieser Methode müssen thermische Spannungen berücksichtigt werden (auch wenn dies in EN 1992-1-2 [1] nicht explizit erwähnt wird).

# HILTI TEAMWORK FÜR IHR NÄCHSTES BAUPROJEKT

## Hilti Injektionssysteme für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse und die zugehörige Bemessungssoftware PROFIS Engineering

Die Bedeutung des Feuerwiderstands ist von der Größe des Gebäudes, der Belegung des Gebäudes in Bezug auf die Anzahl der Bewohner, die Art der Aktivitäten und den Brandschutzziele abhängig. Um die Sicherheit von Menschenleben zu gewährleisten, ist der Feuerwiderstand in Gebäuden, in denen sich ein Feuer ausbreiten könnte, bevor alle Bewohner Zeit haben zu fliehen, von wesentlicher Bedeutung. Auch wenn der allgemeine Kontext und die allgemeinen Begriffe des Brandschutzes überall in Europa gleich sind, sind die Anforderungen nicht einheitlich,

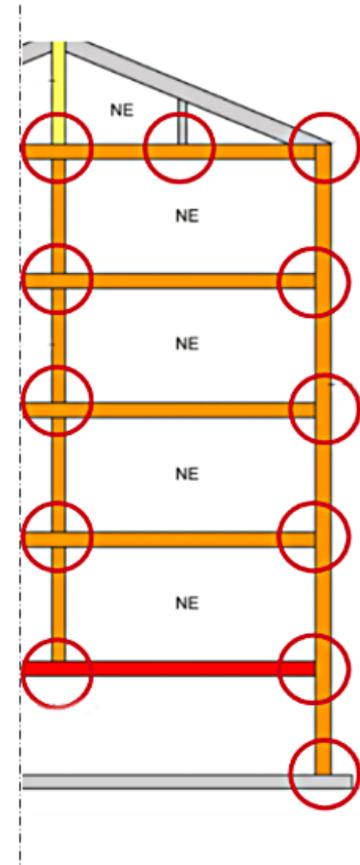
Im Allgemeinen müssen alle brandrelevanten tragenden / aussteifenden Wände, Stützen und Platten, die mit nachträglichen Bewehrungsanschlüssen ausgeführt werden können (siehe **Abb. 12**), die statische Integrität für eine bestimmte Zeit erfüllen.

Allerdings sind nicht alle nachträglichen Bewehrungsanschlüsse im Hinblick auf den Brandschutz temperaturkritisch, so dass die Anwendung mit harzbasierten Mörteln im Vergleich zu zementbasierten Mörteln möglicherweise auch wirtschaftlicher ausgeführt werden kann. Um den Grad des Einflusses auf die Temperaturverteilung bei nachträglichen Bewehrungsanschlüssen zu bestimmen, kann zwischen drei verschiedenen Anschlussstypen unterschieden werden, wobei die wesentlichen Parameter die Ausrichtung eines nachträglich installierten Bewehrungsstabs zur brandbeanspruchten Oberfläche und die Anzahl der brandbeanspruchten Oberflächen sind, siehe **Abb. 13**.

Beim ersten Anschlussstyp wird die Verbundfestigkeit durch einen Brand auf der gesamten Länge des Bewehrungsstabs aufgrund einer konstanten Temperaturverteilung gleichermaßen beeinträchtigt, da der Abstand zwischen den nachträglich installierten Bewehrungsstäben und der einen brandbeanspruchten Fläche konstant ist. Folglich gibt es bei einem solchen Anschluss keine Möglichkeit, die aufgebrachte Last in kältere Bereiche zu übertragen. Der Minderungsfaktor muss über die gesamte Verankerungstiefe/Verbindungslänge angewendet werden. Solche Bedingungen sind in der Regel dort anzutreffen, wo nachträgliche Bewehrungsanschlüsse zur Verlängerung von Platten oder Wänden über Fugen verwendet werden.

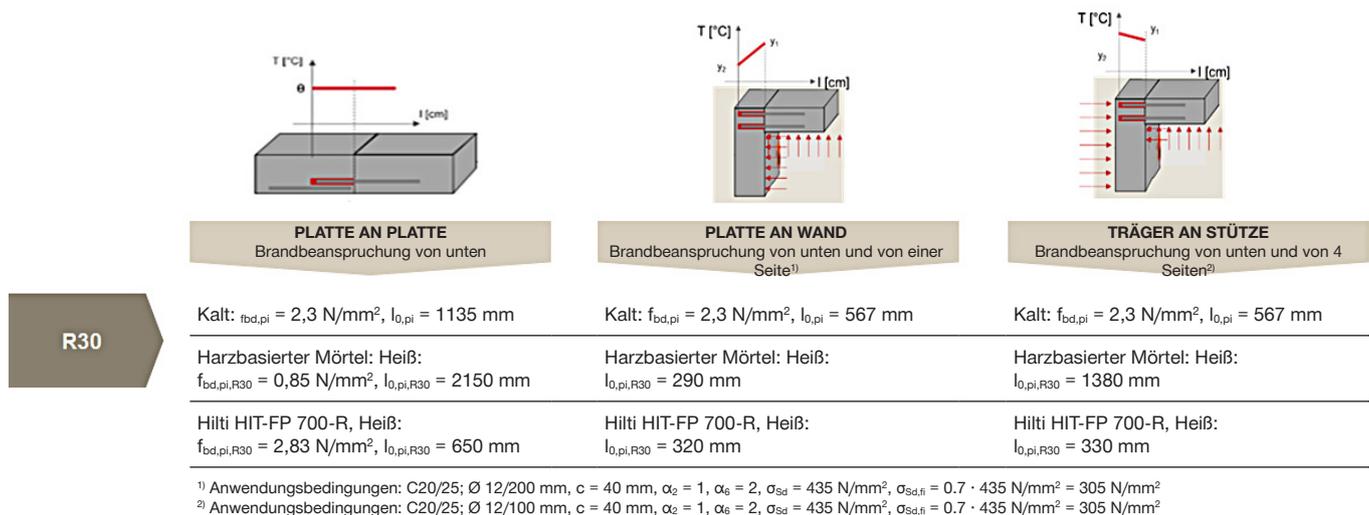
Im Falle des zweiten Anschlussstyps wird die Verbundfestigkeit NICHT notwendigerweise über die gesamte Verankerungslänge beeinflusst, was zu einer NICHT konstanten Temperaturverteilung führt, da der Abstand zwischen den nachträglich installierten Bewehrungsstäben und der brandbeanspruchten Oberfläche NICHT konstant ist. Die Last wird möglicherweise auf kältere Bereiche innerhalb der Verbindung übertragen, was höhere Werte für die Verbundfestigkeit zur Folge hat. Solche Bedingungen sind im Allgemeinen bei Endverankerungen von Platten-/Wandanschlüssen gegeben. Für solche Anwendungen können Mörtel auf Harzbasis ebenfalls eine akzeptable Lösung für den Feuerwiderstand darstellen.

Behält man diesen Anwendungsfall im Auge, überträgt aber den Platten-Wand-Anschluss auf einen Träger-Stützen-Anschluss, so erhält man den Anschlussstyp 3 in



**Abb. 12** Mögliche Positionen der nachträglichen Bewehrungsanschlüsse

**Abb. 13.** In diesem Fall ist der nachträglich installierte Bewehrungsstab ebenfalls nicht parallel zur brandbeanspruchten Oberfläche ausgerichtet, jedoch kann die Temperatur in der Mörtelschicht aufgrund der Anzahl der brandbeanspruchten Flächen bereits bei kurzen Feuerwiderstandszeiten als relativ hoch eingeschätzt werden. Dies ist in **Abb. 13** zu erkennen, wo die berechneten Verbindungslängen und Verankerungslängen für ein harzbasierendes System (Hilti Hit RE 500 V4) und ein zementbasiertes System (Hilti HIT-FP 700-R) für eine Widerstandsdauer von R30 angegeben sind.



**Abb. 13** Temperaturkritische und weniger temperaturkritische nachträgliche Bewehrungsanschlüsse und die zugehörigen Verbindungs- und Verankerungslängen für zwei verschiedene Injektionssysteme

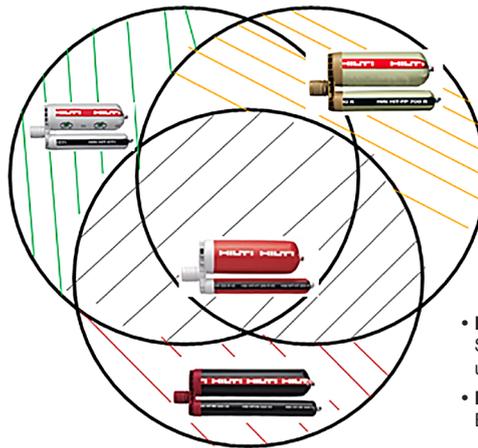
Unter kalten Bedingungen sind alle Verbundfestigkeiten dieselben wie in der ETA des Produkts für die Betonfestigkeitsklasse C20/25 angegeben. Im günstigsten Fall entspricht die Obergrenze der Verbundfestigkeit eines eingegossenen Bewehrungsstabs unter denselben Randbedingungen. Im Brandfall zeigt sich bereits bei einer Feuerwiderstandsdauer von R30 ein signifikanter Unterschied zwischen einem harzbasierendem Mörtel und dem zementbasierten Mörtel Hilti HIT-FP 700-R. Bei den Anschlussstypen 1 und 3 ist Hilti HIT-FP 700-R die richtige Lösung, während der Anwendungstyp 2 auch mit HIT-RE 500-V4 ausgeführt werden kann.

Feuer ist jedoch nicht die einzige Bemessungsbedingung, die beachtet werden muss. Daher bietet Hilti ein Team von Injektionssystemen für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse an, da der „eierlegende Wollmilchsau“-Mörtel – ein Synonym für „Alleskönner-Mörtel“ – noch nicht existiert, siehe **Abb. 12**. Der einfachste Weg, das richtige System zu wählen, besteht darin, alle Anwendungsbedingungen in die Hilti PROFIS Software einzugeben und die Bemessung durchzuführen. Mit der Hilti PROFIS Software können alle in der EAD330087 [3] unter „Kalt- und Heißbemessung“ genannten Anwendungsarten und alle in den Bedingungen und der EAD 332402-01-0601 [11] (nur Kaltbemessung) genannten Anwendungsmöglichkeiten bemessen und gelöst werden, was dem Ingenieur hilft, schnell die beste Lösung zu finden. Wenn ein brandrelevanter Anschluss bemessen werden soll, ermöglicht PROFIS Engineering auch die Eingabe der konstanten Temperaturverteilung, sofern diese bekannt ist, oder gibt

alternativ die Temperaturverteilungen entlang der gesamten Verankerungslänge für die ausgewählten Anwendungen aus, abhängig von der geforderten Feuerwiderstandsdauer und der gewählten Position des Bewehrungsstabs in Bezug auf die Brandbeanspruchung.

Die Bemessung wird in einem übersichtlichen und verständlichen Bemessungsbericht und Informationen über die „Kalt- und Heißbemessung“ für Ihre Projektdokumentation zusammengefasst.

- **Hilti HIT-CT 1:** Schnell aushärtend, für Standardanwendungen oder Anwendungen, bei denen eine besonders umweltfreundliche Verbindung erforderlich ist, Bemessung nur nach EC2



- **Hilti HIT-FP 700-R:** Entwickelt für temperaturkritische Anwendungen, längere Aushärtezeit im Vergleich zu harzbasierten Systemen, Bemessung nur nach EC2



- **Hilti HIT-HY 200-R V3:** Schnell aushärtend, für Standardanwendungen, Bemessung nach EC2 und EOTA TR 069
- **Deckt 80%** aller nachträglichen Bewehrungsanschlüsse ab

**80/20**

- **Hilti HIT-RE 500 V4, der Problemlöser:** Langsam aushärtend, für Standardanwendungen sowie Anwendungen, bei denen sehr große Bewehrungsdurchmesser und tiefe Bohrlöcher oder viele Bohrlöcher erforderlich sind (pneumatisches Auspressgerät). Bemessung nach EC2 und TR 069



**Abb. 14** Hilti Teamwork für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse durch eine spezifische Funktion

Wenn Sie jedoch eine Vorauswahl eines Mörtelsystems treffen wollen, können wir Ihnen eine Faustformel anbieten, da die allgemeinen Anwendungseigenschaften und Anwendungsbedingungen einschließlich der statischen Belastung in Kombination mit den üblichen Bewehrungsdurchmessern ohnehin von allen Systemen abgedeckt werden:

- **Hilti HIT-FP 700-R:** Entwickelt für temperaturkritische Anwendungen wie oben beschrieben, längere Aushärtezeit im Vergleich zu harzbasierten Systemen.
- **Hilti HIT-RE 500 V4:** Langsam aushärtend, für Standardanwendungen sowie Anwendungen, bei denen sehr große Bewehrungsdurchmesser und tiefe Bohrlöcher oder viele Bohrlöcher erforderlich sind.
- **Hilti HIT-HY 200-R V3:** Schnell aushärtend, für Standardanwendungen – in der Regel können 80% aller nachträglichen Bewehrungsanschlüsse mit diesem System abgedeckt werden, wenn keine besonderen Bemessungsbedingungen gelten.
- **Hilti HIT-CT 1:** Schnell aushärtend, für Standardanwendungen oder Anwendungen, bei denen eine besonders umweltfreundliche Produktzusammensetzung erforderlich ist (kennzeichnungsfrei).

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Analyse von brandbeanspruchten Beton-Beton-Verbindungen kann nach verschiedenen Methoden mit unterschiedlicher Komplexität und Genauigkeit durchgeführt werden. Auf der einfachsten praktischen Ebene können deskriptive Methoden in Form von tabellarischen Daten angewandt werden, wobei die spezifischen Bedingungen, die von diesen Werten abgedeckt werden, berücksichtigt werden.

Aufgrund ihres vereinfachten Ansatzes ist dies die erste Methode für die praktische Bemessung von Betonbauteilen. In einem zweiten Schritt oder als zweite Option können vereinfachte Berechnungsmethoden verwendet werden, bei denen der brandgeschädigte Querschnitt durch einen reduzierten Querschnitt dargestellt wird, der eine geschädigte Zone der Dicke an den brandbeanspruchten Seiten ignoriert. Sowohl die tabellarischen Daten als auch die vereinfachten Berechnungsmethoden haben gemeinsam, dass sie davon ausgehen, dass bis 500°C die Verringerung der Betondruckfestigkeit (Verbund zwischen eingegossenen Bewehrungsstäben) in Bezug auf den Bemessungswert von Einwirkungen nicht signifikant ist. Im Gegensatz dazu ist die Beziehung zwischen der Verbundfestigkeit von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen stark vom Mörtel abhängig, während bei 500°C keines der untersuchten harzbasierten Systeme eine Restverbundfestigkeit aufweist. Folglich kann die Anwendung der Logik der tabellarischen Daten und der vereinfachten Berechnungsmethode für diese Systeme zu Sicherheitsproblemen hinsichtlich des Brandverhaltens führen.

Um diese Herausforderung zu überwinden, bietet Hilti nun einen Injektionsmörtel auf Zementbasis an, der im Vergleich zu harzbasierten Mörteln und sogar zu Beton bei 500°C eine deutlich geringere Reduzierung der Verbundfestigkeit aufweist. Folglich können mit dem Hilti HIT-FP 700-R nachträgliche Bewehrungsanschlüsse für den Brandfall nach EN 1992-1-2 [1] mit tabellarischen Daten und vereinfachten Berechnungsmethoden realisiert werden. Unserer Ansicht nach können in Kombination mit anderen Hilti Injektionssystemen nahezu alle Anforderungen an die Planung von Bauprojekten erfüllt werden, während die Software Hilti PROFIS Engineering die Auswahl des richtigen Produkts auf einfache Weise unterstützt.

---

## REFERENZEN

- [1] Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1992-1-2:2004 + AC:2008
- 
- [2] Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010.
- 
- [3] EOTA European Assessment Document EAD 330087-01-0601 (2018) Systems for post-installed rebar connections with mortar („Systeme für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse mit Mörtel“), Dezember 2020.
- 
- [4] Wörle, P., Appl, J., Genesisio G.: Bewehrungsanschlüsse für momententragfähige Verbindungen nach EOTA TR 069, Beton- und Stahlbetonbau, Band 115, Heft 11, S. 887-896, Ernst & Sohn 2020
- 
- [5] EOTA Technical Report TR 069 (2019) Bemessungsverfahren für die Verankerung von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen mit verbessertem Verbundspaltverhalten im Vergleich zu EN 1992-1-1. Oktober 2019
- 
- [6] Jan Hofmann<sup>1</sup>, Hitesh Lakhani<sup>1</sup>, Jatin Aggarwal<sup>2</sup>: POST INSTALLED REBARS - PULL-OUT CAPACITY DURING FIRE („NACHTRÄGLICHE BEWEHRUNGSANSCHLÜSSE - AUSZUGSFESTIGKEIT BEI BRANDBEANSPRUCHUNG“), Otto-Graf-Journal Vol. 18, 2019, auf Deutsch, S. 141-152
- 
- [7] Stahl für die Bewehrung von Beton - Schweißgeeigneter Betonstahl - Allgemeines; Deutsche Fassung EN 10080:2005
- 
- [8] Beton - Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2000
- 
- [9] Zilch, K., Müller, A. und Reitmayer, C. (2010), „Erweiterte Zonenmethode zur brand-schutztechnischen Bemessung von Stahlbetonstützen“, Der Bauingenieur, Vol. 6, No. 85, S. 282-287.
- 
- [10] Cyllok, M. und Achenbach, M. (2009), „Anwendung der Zonenmethode für brandbeanspruchte Stahlbetonstützen“, Beton- und Stahlbetonbau, Vol. 12 No. 104, S. 813-822.
- 
- [11] EOTA European Assessment Document EAD 332402-00-0601 (zur Zitierung im EU-Amtsblatt anhängig) Post-installed reinforcing bar (rebar) connections with improved bond-splitting („Nachträgliche Bewehrungsanschlüsse mit verbesserter Verbundverteilung“).
-



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

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

Hilti Deutschland AG  
Hiltistrasse 2  
86916 Kaufering

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

Hilti Schweiz AG  
Soodstrasse 61  
8134 Adliswil

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