



# GUT ZU WISSEN

Bemessung von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen für den Brandfall mit PROFIS Engineering



# GUT ZU WISSEN

PROFIS Engineering Suite –  
Bemessung von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen für den Brandfall

Denken Sie daran, dass die meisten nachträglichen Bewehrungsanschlüsse auf Epoxidharz basieren und bei hohen Temperaturen nur begrenzt leistungsfähig sind.

## WIE MAN EINE HEISSBEMESSUNG NACHTRÄGLICHER BEWEHRUNGSANSCHLÜSSE DURCHFÜHRT

Was muss man bei der „Heiß“-Bemessung beachten?

# 1

Für die Brandschutzbemessung nachträglicher Bewehrungsanschlüsse ist eine Berechnung unter „heißen“ Bedingungen erforderlich.

Die Brandschutzbemessung nach EC2 lässt eine Temperatur von 500° C im Bewehrungsstab zu.

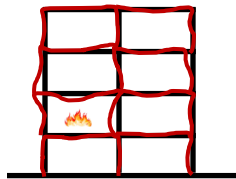
Warum ist das wichtig?

- Brandschutznachweise, die heiße Bedingungen berücksichtigen, sollten für die zufällige Lastkombination ausgewertet werden, daher sind die angewandten Lasten geringer [~30].
  - Die „kalte“ Bemessung kann auch bei nachträglichen Bewehrungsanschlüssen der entscheidende Lastfall sein und muss separat nachgewiesen werden.
  - Die maßgebende Lastkombination lässt sich im Voraus nur schwer abschätzen. Daher wird empfohlen, alle Lastfälle für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse unter kalten und heißen Bedingungen zu bewerten.
- Die tabellarischen Daten gemäß EC2-1-2, Abschnitt 5, bieten eine Anleitung für die geometrische Gestaltung von Platten, Trägern, Wänden und Stützen (Mindestdicke und -betondeckung).
  - Für eingemörtelte Bewehrungsstäbe sollten die gleichen Regeln gelten.
  - Darüber hinaus sollten Bewehrungsanschlüsse auf Epoxidharzbasis unter heißen Bedingungen gesondert nachgewiesen werden, da diese die Bemessung beeinflussen könnten. Im Fall von FP700 R ist dies nicht erforderlich.

## HEISSBEMESSUNG

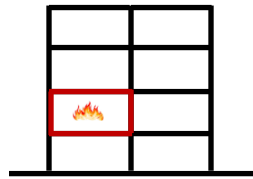
Es gibt 3 Verfahrenskategorien für die Bemessung von Betonbauteilen für den Brandfall

- tabellarische Daten
- vereinfachte technische Methoden (z. B. 500° C Isothermenmethode oder Zonenmethode)
- Strukturanalyse – fortgeschrittene thermomechanische oder thermohydrmechanische Materialmodelle

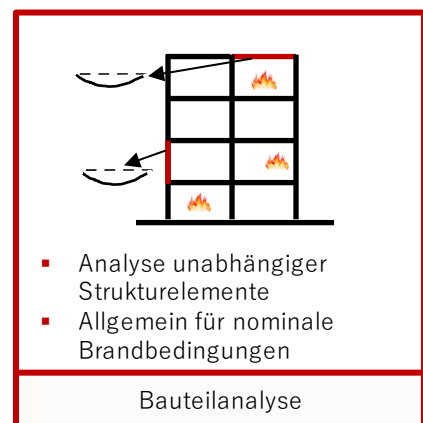


- Interaktionseffekte zwischen verschiedenen Teilen der Struktur in Bezug auf die Rolle der Komponente für die Gesamtstruktur
- Globale Stabilität

Teil der Strukturanalyse



- Teilweise Interaktionseffekte zwischen verschiedenen Teilen der Struktur z. B. in Bezug auf den Raum
- Partielle Stabilität



- Analyse unabhängiger Strukturelemente
- Allgemein für nominale Brandbedingungen

Bauteilanalyse

In der Bemessungspraxis werden für den Nachweis von Betonbauteilen in der Regel entweder tabellarische Daten oder vereinfachte Berechnungsverfahren verwendet. Die Verwendung tabellarischer Daten bedeutet, dass die erforderlichen Randbedingungen wie die Art des Bauteils (Stütze, Träger, Platte), 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 inkompatible thermische Ausdehnungen, die hohe thermische Spannungen verursachen können, ignoriert werden. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass tabellarische Daten und vereinfachte Bemessungsmethoden nicht uneingeschränkt für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse verwendet werden dürfen, da das Verbundverhalten eines nachträglich eingemörtelten Bewehrungsstabs im Verhältnis zu einem eingegossenen Bewehrungsstab bei Brandbeanspruchung verstanden und beurteilt werden muss.

# GUT ZU WISSEN

PROFIS Engineering Suite –  
Bemessung von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen für den Brandfall

Mit FP 700-R können Sie die kleinstmögliche Verankerungslänge unter Brandbeanspruchung bemessen, die mit einer eingegossenen Verankerung nahezu vergleichbar ist.

Revolution im Bewehrungsbau für den Brandfall? Die Lösung: FP 700

# 2

Hilti HIT-FP 700-R ist der einzige injizierbare anorganische Mörtel auf Zementbasis mit optimalen Brandschutzeigenschaften für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse. Aufgrund seiner zementären, anorganischen Eigenschaften weist er Verschiebungsstabilität und ein stabiles Verhalten bei hohen Temperaturen auf, vergleichbar mit dem Verhalten von Beton unter Brandeinwirkung.

### Verbundfestigkeit

...wie bei eingegossenem Bewehrungsstahl

Aushärtezeit  
@ 21° C 10 Tage,  
nicht Stunden!

Maximale  
Brandtemperatur  
500° C!

Abgedeckte  
Einwirkungen

Statisch,  
quasistatisch,  
seismisch (C1, C2)  
und BRAND



Minderung bei 500° C  
~35%

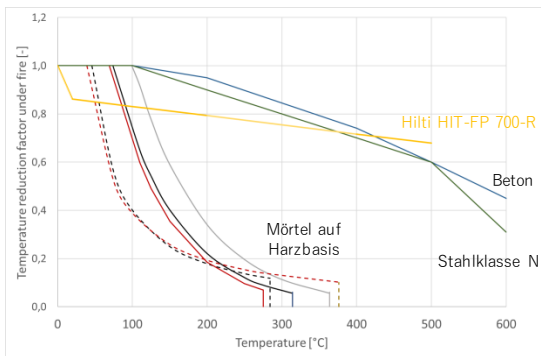
### Zielanwendung

Nachträgliche  
Bewehrungsanschlüsse,  
ausgelegt für den  
Brandfall nach EN 1992-  
1-1 und EN 1992-1-2

Ein gewöhnlicher  
Mörtel?

Nein!

## DIE VERBUNDFESTIGKEIT ALLER SYSTEME FÜR NACHTRÄGLICHE BEWEHRUNGSANSCHLÜSSE NIMMT MIT STEIGENDER BETONTEMPERATUR AB



Das Verhältnis zwischen der Betontemperatur und der Restverbundfestigkeit ist stark mörtelabhängig

- 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 280° C - 400° C verfügt keiner der harzbasierten organischen Mörtel über eine Restverbundfestigkeit.
- Der zementgebundene anorganische Mörtel Hilti HIT-FP 700-R (durchgezogene Linie) liefert bei 500° C Verbundfestigkeitswerte von >60% im Vergleich zur Verbundfestigkeit bei Raumtemperatur. Dieses Brandverhalten bietet diverse Bemessungsvorteile

### HIT-FP 700-R



- Hilti HIT-FP 700-R ist ein anorganischer Mörtel auf Zementbasis und bietet Haftfestigkeitswerte bei 500° C von >60% im Vergleich zur Haftfestigkeit bei Raumtemperatur. Dies ist vergleichbar mit eingegossenen Bewehrungsstäben.
- Bis zu 500° C im Inneren des Bewehrungsstabs sind keine Änderungen erforderlich.

### EN 1992-1-2



- Der in den Tabellendaten angegebene Mindestachsabstand der Bewehrung in den Zugzonen von einfach gestützten Trägern und Platten wurde auf der Grundlage einer kritischen Stahltemperatur von  $\theta_{krit} = 500^\circ \text{C}$  berechnet.
- Die Minderung der Verbundfestigkeit entspricht der Minderung der Verbundfestigkeit von eingegossenem Bewehrungsstahl.

### Mörtel auf Harzbasis



- Bei 400° C verfügt keiner der harzbasierten organischen Mörtel über eine Restverbundfestigkeit.
- Die Verbundfestigkeit des nachträglichen Bewehrungsanschlusses nimmt schneller ab als bei eingegossenen Bewehrungsstäben. Außerdem muss die maximale Temperatur in der Mörtelschicht begrenzt werden, da die harzbasierten organischen Systeme keinen Restverbund aufweisen.

# GUT ZU WISSEN

PROFIS Engineering Suite –  
Bemessung von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen für den Brandfall

Mit FP 700-R können Sie auf die Heißbemessung verzichten.



## HEIßBEMESSUNGSMETHODEN – WAS WIRD DERZEIT FÜR EINGEGOSSENE BEWEHRUNGSSTÄBE GETAN?

Feuerwiderstand	Plattendicke	Achsabstand
REI 30	150	10*
REI 60	180	15*
REI 90	200	25
REI 120	200	35
REI 180	200	45
REI 240	200	50

\*Normalerweise gelten die Grenzwerte nach EN 1992-1-1.

In den meisten Fällen wird der Feuerwiderstand von Stahlbeton durch eine Erhöhung der Betondeckung und -dicke gewährleistet.

Zum Beispiel empfiehlt die EN 1992-1-2, Abschnitt 5, für eine massive flache Platte die Abmessungen in Tabelle 1).

In der Regel berücksichtigen Ingenieure die in EN 1992-1-2 Abschnitt 5 angegebenen Abmessungen und überprüfen die Brandbemessung unter heißen Bedingungen nicht, es sei denn, es handelt sich um einen besonderen Fall.

## NACHTRÄGLICHE BEWEHRUNGSANSCHLÜSSE KÖNNEN JEDOCH NICHT FÜR DEN BRANDFALL BEMESSEN WERDEN WIE EINGEGOSSENE BEWEHRUNGSSTÄBE, ODER?

Nein, die Heißbemessung ist wahrscheinlich der vorherrschende Lastfall.



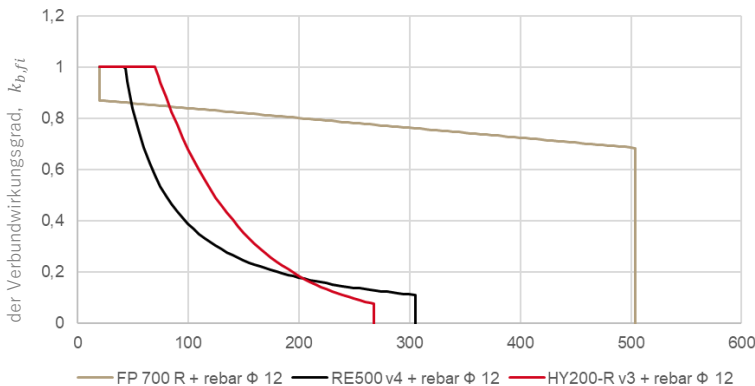
Die Hybrid-/Epoxidmörtel HY200 & RE500 erfordern eine Heißbemessung, da die Verbundfestigkeit über die Grenzwerte für den Brandfall nach der EN (Abschn. 5) hinausgehen.



Die Widerstandseigenschaften werden unter Berücksichtigung der Temperatur in den Bewehrungsstäben modifiziert.

$$f_{d,h,fi} = k_{b,fi}(\theta) f_{d,h,PIR} \dots \frac{\gamma_c}{\gamma_{m,fi}}$$

der Verbundwirkungsgrad,  $k_{b,fi}$



Ja, für FP 700 ist keine Heißbemessung erforderlich.



Für den zementgebundenen Mörtel FP700-R ist innerhalb der EN-Grenzwerte für den Brandfall (Abschn. 5) keine Heißbemessung erforderlich.



Solange das Verhältnis zwischen der Lastkurve bei Beanspruchung und der Grundlastkurve:

$$\eta = \frac{E_{d,fi}}{E_d} \leq 0.7 \quad \text{und} \quad \frac{\gamma_c}{\gamma_{m,fi}} \geq 1.5$$

und die Grenzwerte aus den Tabellen der EN1992-1-2 berücksichtigt werden, für FP700:

$$l_{0,fi} \leq l_{0,static} \quad l_{bd,fi} \leq l_{bd,static}$$

Für FP700 ist in der Regel die Kaltbemessung maßgeblich, so dass die Heißbemessung offiziell nicht erforderlich ist.

# GUT ZU WISSEN

PROFIS Engineering Suite –  
Bemessung von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen für den Brandfall

Je nach Anwendung und ausgewähltem Mörtel können Sie entweder die Feuerwiderstandsdauer oder die Temperatur im Bewehrungsstab im Brandfall eingeben.






## EINGABEN IN PROFIS ENGINEERING

Geben Sie zunächst die „kalten“ Bemessungsparameter ein und gehen Sie dann zu „Lasten und Bemessungsmethoden“.

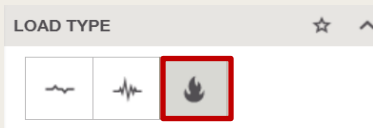
# 3

Die allgemeinen Eingaben für eine Heißbemessung sind dieselben wie für die Kaltbemessung.

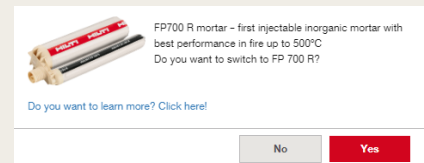
Bitte geben Sie Ihre Anwendungsparameter und -werte auf den folgenden Registerkarten ein. Weitere Informationen finden Sie unter [GUT ZU WISSEN PROFIS Engineering Suite – Bemessung von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen](#)

-  Öffnen Sie zunächst die Registerkarte „Application“ (Anwendung).
-  Öffnen Sie dazu die Registerkarte „base material“ (Untergrundmaterial).
-  Öffnen Sie zunächst die Registerkarte „existing reinforcement“ (vorhandene Bewehrung)
-  Öffnen Sie zunächst die Registerkarte „post-installed rebar“ (nachträgliche Bewehrung)
  
-  Öffnen Sie dazu die Registerkarte „loads and design methods“ (Lasten und Bemessungsmethoden)

- Es wird davon ausgegangen, dass alle Nachweise für den Kaltfall in der kalten Lastkombination durchgeführt werden.
- Im Bewehrungsmodul wird unter Brandbedingungen nur der nachträgliche Bewehrungsanschluss bemessen.
- Es sollte die größte Bohrlänge zwischen dem Heiß- und dem Kaltfall verwendet werden.



Gehen Sie zur Lastart und wählen Sie „Heißbemessung“. Für ein optimales Brandverhalten wird empfohlen, zum Mörtel FP700 zu wechseln.



### Fire input type

- Fire duration class
- Fire temperature in the rebar

Mit FP 700 können Sie Ihre Brandanwendungen nach zwei Ansätzen entwerfen: Entweder durch die Eingabe der Feuerwiderstandsdauer oder durch die Definition der Temperatur im Bewehrungsstab im Brandfall.

Für die anderen Mörtel gibt es bestimmte Situationen, in denen eine der „Brandeingaben“ für Ihre spezifische Anwendung nicht verfügbar sein wird. PROFIS Engineering wird Sie über Ihre Optionen innerhalb der Software informieren.

### 1 Nicht konstante Temperatur

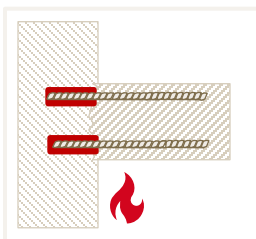


Abb. 1: Nicht konstantes Temperaturprofil

Die Temperatur entlang der Verankerungslänge ist nicht konstant und von der Länge und Dauer der Brandbeanspruchung abhängig. In diesem Fall wird nach der Feuerwiderstandsdauer bemessen.

### 2 Konstante Temperatur

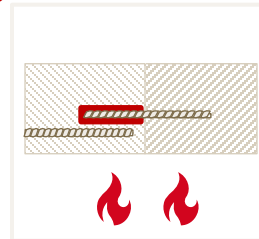


Abb. 2: Konstantes Temperaturprofil

Die Temperatur entlang der Überlappungslänge ist eine Funktion der Betondeckung und der Expositionszeit. Hier können Sie nach der Feuerwiderstandsdauer bemessen, oder Sie müssen die Temperatur im Bewehrungsstab kennen.

# GUT ZU WISSEN

PROFIS Engineering Suite –  
Bemessung von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen für den Brandfall

Für nicht konstante Temperaturprofile greift die Software auf eine umfangreiche Datenbank zurück, die die Beziehung zwischen Temperatur und Verankerungslänge simuliert.

## 1 BEMESSUNG FÜR DEN BRANDFALL – FEUERWIDERSTAND

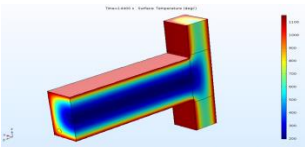
- Der Ingenieur definiert die Systemverbindung und den zu prüfenden Feuerwiderstand.
- Der Ingenieur gibt den zu prüfenden Feuerwiderstand und die Lasten ein.

Fire resistance duration

90 min  
30 min  
60 min

Wählen Sie Ihre Feuerwiderstandsdauer.

Bemessung für den Brandfall mit PROFIS Engineering – Feuerwiderstandsdauer: Was macht die Software im Hintergrund?

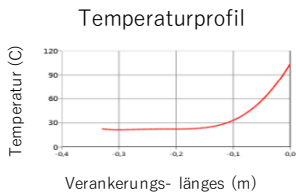


PROFIS Engineering berechnet die Verankerungslänge auf der Grundlage einer „Temperaturprofil“-Datenbank

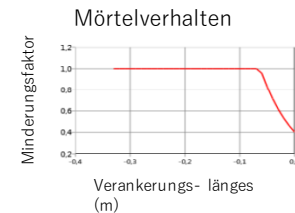
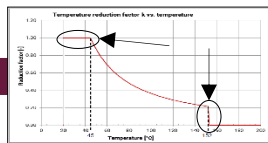
$$F_{b,fi} = \pi \cdot d \cdot f_{bd,20^\circ C} \cdot \gamma_C / \gamma_{M,fi} \int_0^{l_{b,rqd,fi}} k_{fi}(\theta(x)) \cdot dx$$

Für den Brandfall erforderliche Verankerungslänge –  $l_{b,rqd,fi}$

Das Endergebnis ist die Verankerungslänge und die damit verbundene Temperaturverteilung



Minderungsfaktor



## 2 BEMESSUNG FÜR DEN BRANDFALL – EINGABE DER TEMPERATUR IM BEWEHRUNGSSTAB

- Die Dicke des Elements und der Betondeckung sind die wichtigsten Parameter in Bezug auf die Temperatur des Stahls.
- Die Dicke der Betondeckung kann über die gesamte Länge des nachträglichen Bewehrungsanschlusses konstant sein oder entlang des Bewehrungsstabs variieren.

Fire input type

- Fire duration class  
 Fire temperature in the rebar

Bitte geben Sie den Feuerwiderstand oder eine konstante Temperatur des nachträglich installierten Bewehrungsstahls in der oberen und unteren Schicht ein.

Benutzer, die ihre eigene Temperaturanalyse im Brandfall durchführen, können die Brandtemperatur im Bewehrungsstahl auch direkt definieren.

## EINGABE DER BRANDLASTKOMBINATION

- Zufällige Lastkombination
- Belastung pro Querschnitt
- Belastung pro Stab – z. B. wenn Sie eine fortgeschrittenere Methode zur Bestimmung der Temperaturverteilung verwenden
- Darüber hinaus ist immer eine Kaltbemessung erforderlich

# GUT ZU WISSEN

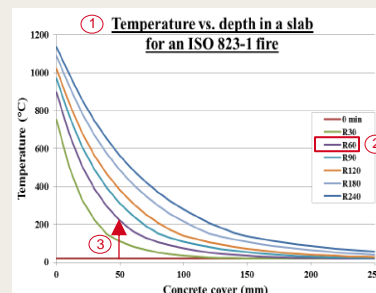
PROFIS Engineering Suite –  
Bemessung von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen für den Brandfall

Bei Anwendungen mit einem konstanten Temperaturprofil hat die Betondeckung den größten Einfluss auf die Widerstandsfähigkeit der Bewehrungsstäbe.

## WIE BESTIMMT MAN DIE TEMPERATUR IM NACHTRÄGLICH INSTALLIERTEN BEWEHRUNGSSTAB MIT DER VEREINFACHTEN METHODE?

Als Ingenieur definieren Sie die Betondeckung und die Expositionszeit anhand EC2-1-2 Anhang A.

- 1 Wählen Sie je nach Expositionszeit und Anwendung die richtige Isotherme nach EC2-1-2.
- 2 Wählen Sie eine kurvenbasierte Expositionszeit.
- 3 Bestimmen Sie die Temperatur im Betonstahl auf der Grundlage der gewählten Kurve und der Betondeckung.



Öffnen Sie zunächst die Registerkarte „post-installed rebar“ (nachträgliche Bewehrung) und prüfen/korrigieren Sie die obere Betondeckung.

Reinforcement layers

TOP LAYER | BOTTOM LAYER

Bars arrangement

Spacing 228 mm

Number of bars

Top cover

40 mm

Für Schichten finden Sie diese unter den Registerkarten „top layer“ (obere Schicht) und „bottom layer“ (unter Schicht).

Reinforcement arrangement

Bond condition

Good

Poor

Diameter 10mm

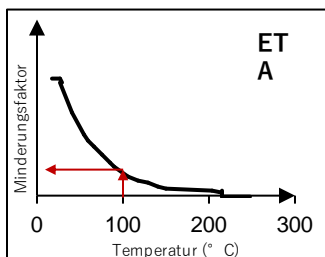
Number of bars x 4

Number of bars y 4

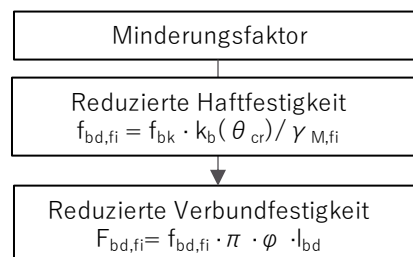
Cover 30 mm

Für Anordnungen gibt es „eine“ Betondeckung, die Sie definieren können.

Bemessung für den Brandfall mit PROFIS Engineering – Temperatur im Bewehrungsstab: Was macht die Software im Hintergrund?



Basierend auf Ihren Eingaben, dem ausgewählten Produkt und den Randbedingungen berechnet die Software im Hintergrund einen Minderungsfaktor.



## ZUSAMMENFASSUNG

- Für die relevanten Anwendungen und Belastungssituationen müssen Sie zur Sicherheit sowohl eine „Heiß-“ als auch eine „Kaltbemessung“ der Bewehrung durchführen.
- Für die Heißbemessung können Sie zwischen verschiedenen Mörteln wählen, aber die besten Ergebnisse in Bezug auf Verankerungslänge und Feuerwiderstand werden Sie mit FP 700 erzielen. Daher empfehlen wir für brandrelevante Anwendungen dringend diesen Mörtel.
- Mit FP 700 können Sie immer wählen, ob Sie das Temperaturprofil oder die Feuerwiderstandsdauer eingeben wollen. Bei den anderen Mörteln ist dies von den geometrischen Grenzen und der Anwendung abhängig.