



# WEBINAR

## BETON- ZU BETONVERBINDUNGEN IM TUNNELBAU

### Präsentation:

Dr. Jörg Appl

Dr. Patrick Wörle

Dipl.-Ing. Julia v.d. Warth

**10.11.2020**

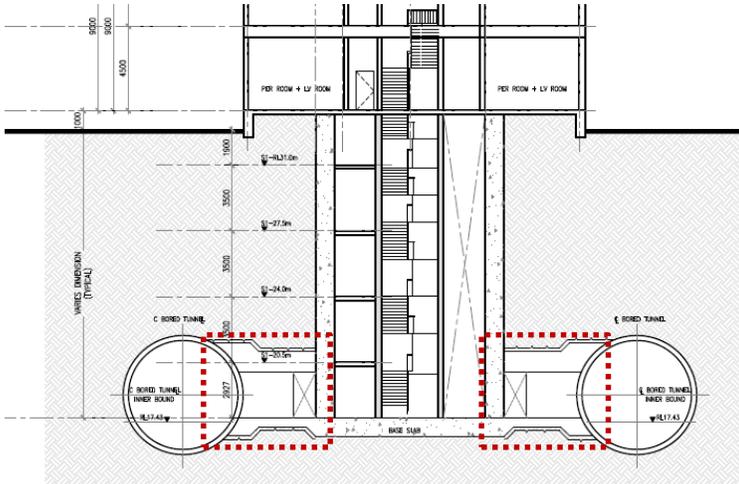
**Kaufering**



# AGENDA

- **Anwendungsbeispiele: Beton- zu Betonverbindungen**
- Bemessungskonzept, Zulässige Einwirkung, Lebensdauer in Abhängigkeit der Anwendung
- Weitere technische Randbedingungen
- Bemessungsbeispiel Stahlbetonbalken and Stahlbetonbohrpfahl bzw. Stahlbetonstütze

# NACHTRÄGLICH EINGEMÖRTELTE BEWEHRUNGSSTÄBE ERLAUBEN DEN ANSCHLUSS VON NEUEM AN BESTEHENDEN BETON



**Planung:** Verbindungsstollen  
zwischen Tunnelröhren

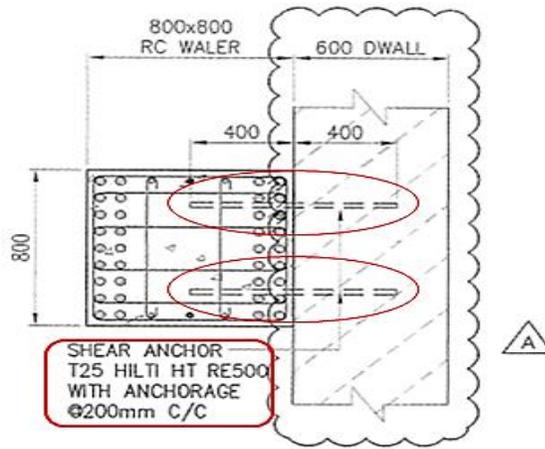


**Ausführung:** Schritt 1, Öffnung  
der Tunnelschale



**Ausführung:** Teilweises  
Schließen von Öffnungen

# NACHTRÄGLICH EINGEMÖRTELTE BEWEHRUNGSSTÄBE ERLAUBEN DEN ANSCHLUSS VON NEUEM AN BESTEHENDEN BETON

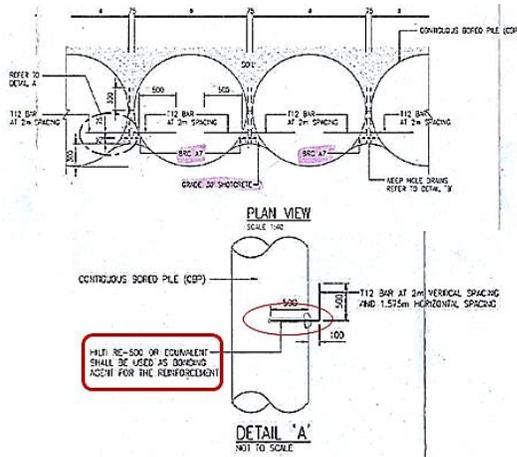


**Planung:** Stahlbetongurt zur Aussteifung einer Schlitzwand

**Ausführung:** Anrödeln der Gurtbewehrung an Schlitzwand mit nachträglich installierten Bewehrungsstäben

**Ausführung:** Stahlaussteifungen an Stahlbetongurt

# NACHTRÄGLICH EINGEMÖRTELTE BEWEHRUNGSSTÄBE ERLAUBEN DEN ANSCHLUSS VON NEUEM AN BESTEHENDEN BETON

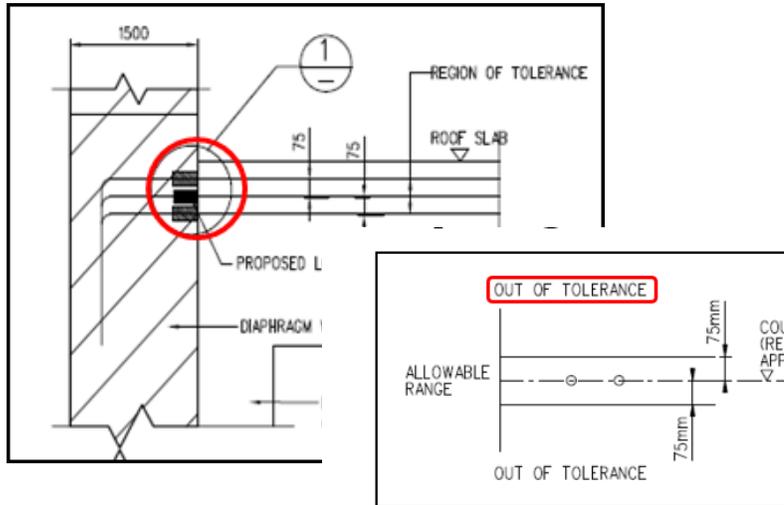


**Planung:** Lagesicherung der Stahlbetonmatten für Spritzbeton bei aufgelöster/tangierender Bohrpfehlwand

**Ausführung:** Anrödeln der Bewehrungsmatten an nachträglich installierte Bewehrungsstäbe

**Ausführung:** Aufbringen der Spritzbetonschicht

# NACHTRÄGLICH EINGEMÖRTELTE BEWEHRUNGSSTÄBE ERLAUBEN DEN ANSCHLUSS VON NEUEM AN BESTEHENDEN BETON

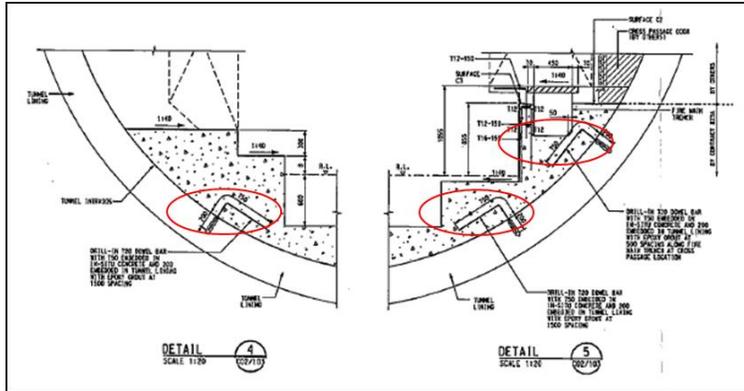


**Planung:** Schraubanschluss als Bewehrungsanschluss

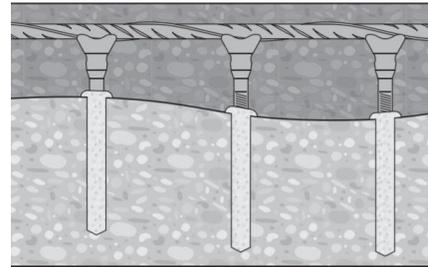
Schraubanschluss Bewehrung außerhalb der Toleranz +/- 75mm

**Ausführung:** Ersatz von falsch positioniertem Schraubanschluss in Bohrpfehlwänden / Schlitzwänden mittels nachträglich eingemörtelter Bewehrungsstäbe

# NACHTRÄGLICH EINGEMÖRTELTE BEWEHRUNGSSTÄBE ERLAUBEN DEN ANSCHLUSS VON NEUEM AN BESTEHENDEN BETON



Hilti HIT RE 500 V3

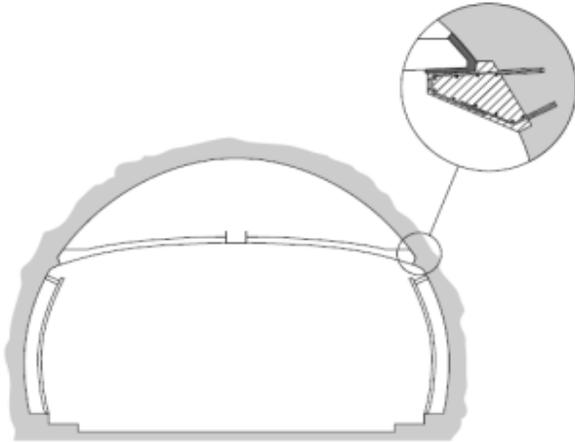


Hilti HCC-B

**Planung:** Verbindung von Ortbeton  
z.B. Gehweg, feste Fahrbahn,  
Fahrbahnebene mit Tunnelschale

**Ausführung:** Installierte  
nachträglich eingemörtelete  
Schubbewehrung

# NACHTRÄGLICH EINGEMÖRTELTE BEWEHRUNGSSTÄBE ERLAUBEN DEN ANSCHLUSS VON NEUEM AN BESTEHENDEN BETON



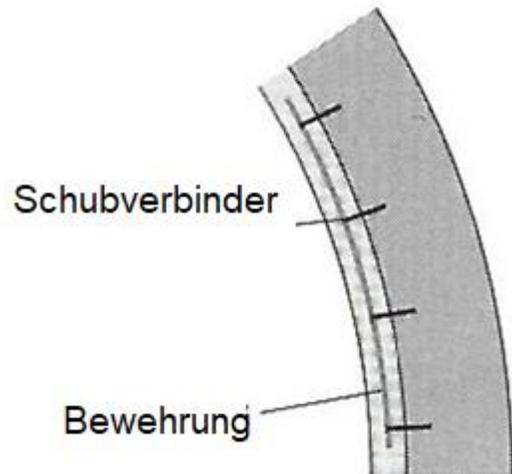
The Herrenknecht rig and Hilti hammer drills and vacuums in operation on the Legacy Way Tunnel in Brisbane. Photos: Hilti



**Planung:** Auflager für  
Zwischendecke an Tunnelschale  
für Rauchabzugskanal

**Ausführung:** Anschlussbewehrung für Auflager

# BEMESSUNG VON SCHUBVERBINDER NACH EOTA TR 066



**Planung:** Reparatur und Verstärkung der Tunnelinnenschale



**Ausführung:** Aufrauen der Betonoberfläche, Setzen des Schubverbinders (z.B. HCC-B, bewehren und spritzen des neuen Betons, Herstellung eines monolithischen Tragverhaltens)

# AGENDA

- Anwendungsbeispiele: Beton- zu Betonverbindungen
- **Bemessungskonzept, Zulässige Einwirkung, Lebensdauer in Abhängigkeit der Anwendung**
- Weitere technische Randbedingungen
- Bemessungsbeispiel Stahlbetonbalken and Stahlbetonbohrpfahl bzw. Stahlbetonstütze

# ÜBERBLICK: BETON-BETON VERBINDUNGEN IM TUNNELBAU UND DEREN TECHNISCHE ANFORDERUNGEN

Endauflager, gelenkig gelagert, Verankerung von Druckstäben und ÜBERGREIFUNGSSTÖßE

- **Bemessung nach EC2, Teil 1**

Momententragfähige Beton-Beton Verbindungen OHNE Übergreifungsstoss

- **Bemessung nach EOTA TR 069**

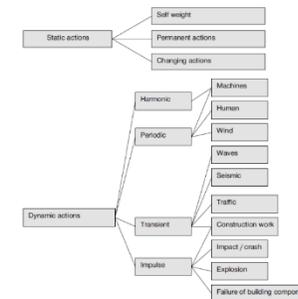
Schubfuge / Verbundbewehrung (Aufbeton)

- **Bemessung nach EOTA TR 066**

Momententragfähige Beton-Beton Verbindungen (Rahmenecken), Ermüdung, ect.

- **Ingenieurmässige Beurteilung**

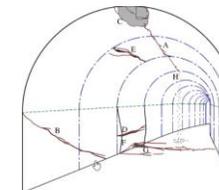
## ART DER EINWIRKUNG



## KORROSION



## LEBENSDAUER



Legend:  
 A: Longitudinal crack  
 B: Inclined crack  
 C: Endload crack  
 D: Opening crack  
 E: Breaking away of lining  
 F: Lining deformation  
 G: Holed lining  
 H: Leakage  
 I: Transverse construction joint  
 J: Longitudinal construction joint

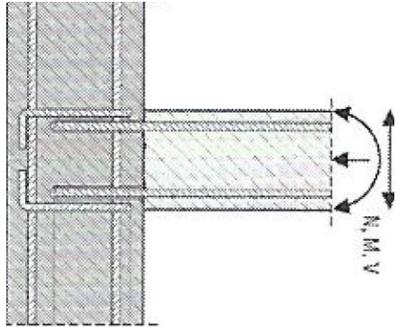
## BRANDVERHALTEN



## QUALITÄTSÜBERWACHUNG



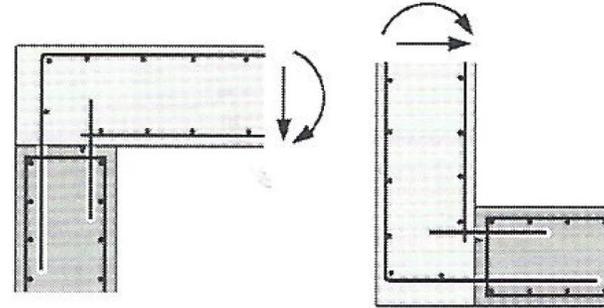
# DIE AUSBILDUNG VON ÜBERGREIFUNGSSTÖßEN IST IN DER REGEL IN DER TUNNELSCHALE AUFGRUND VON «PLATZPROBLEMEN» KAUM AUSFÜHRBAR



Endauflager, gelenkig  
gelagert, Verankerung von  
Druckstäben und  
ÜBERGREIFUNGSSTÖßEN

- **Bemessung nach  
EC2, Teil 1**

## BEISPIELE:



**Zulässige Einwirkung:** Statisch, quasi-statische, Brand und Erdbeben;

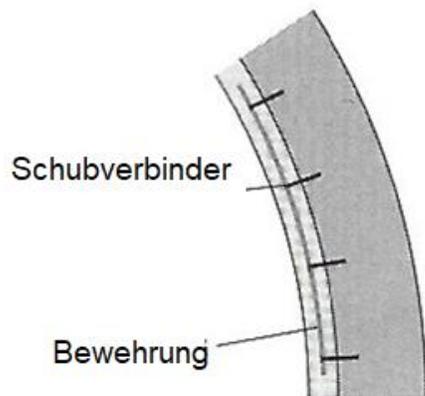
**Lebensdauer** 50 und 100 Jahre (statisch, quasi-statische, Brand und Erdbeben)

# VERBINDUNG EINER SCHUBFESTEN VERBINDUNG VON ALT- UND NEUBETON MITTELS SCHUBVERBINDER NACH TR 066

**Zulässige Einwirkungen:** statisch, quasi-statische und nicht vorwiegend ruhende (Ermüdung) Einwirkung

**Lebensdauer:** 50 Jahre mit Hilti Systemlösung möglich

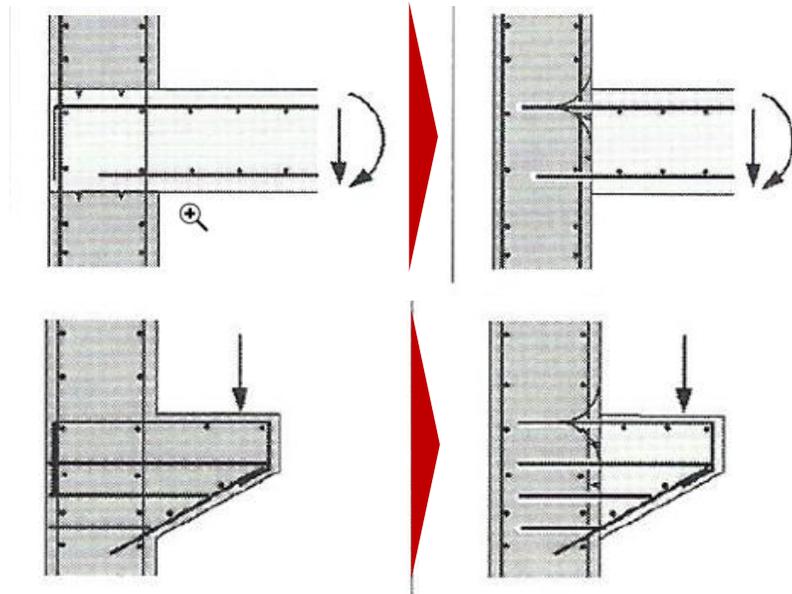
Sehen Sie sich unser Webinar dazu an



- Schubverbund (Schubverbinder bei Aufbetonanwendungen)
- **EOTA TR 066**

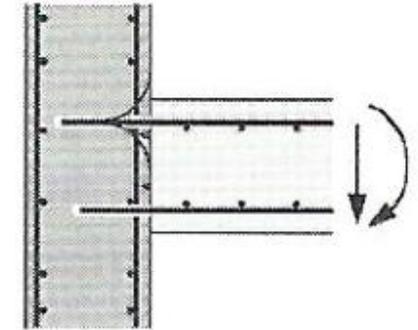


# MOMENTENTRAGFÄHIGE BETON-BETON VERBINDUNGEN OHNE ÜBERGREIFUNGSSTOSS NACH TR 069



**Ausführung  
einbetoniert**

**Ausführung  
nachträglich eigemörtelt**



**Zulässige Einwirkungen:** Statisch, quasi-statische Einwirkung

**Lebensdauer:** 50 Jahre oder 100 Jahre (ETA)

# ES IST NAHEZU UNMÖGLICH ALLE TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN BETON-BETON VERBINDUNGEN IN TUNNEL MITTELS DEM “STAND DER TECHNIK” NACHZUWEISEN

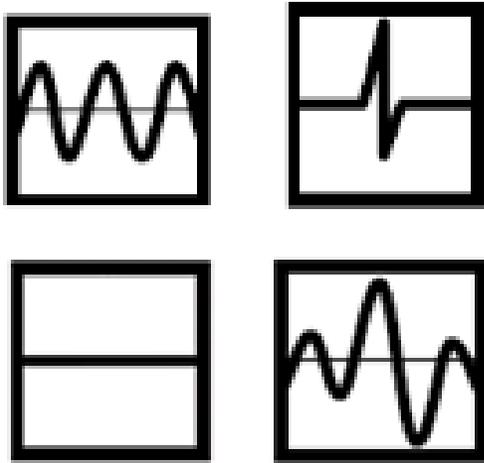
<b>Ebene 1</b>	<b>Die anerkannten Regeln der Technik</b> Anerkannt, wenn sie die herrschende Ansicht technischer Fachleute darstellt und sich in der Praxis bewährt hat. Im Allgemeinen, jedoch nicht zwingend, z.B. Normen (EN/DIN/VDI). Innovationen werden nicht berücksichtigt.
<b>Ebene 2</b>	<b>Stand der Technik</b> Breiter technischer Konsens. Technische Innovationen werden schneller umgesetzt.
<b>Ebene 3</b>	<b>Stand von Wissenschaft und Technik</b> Neueste technische und wissenschaftliche Erkenntnisse, Forschung, Veröffentlichungen und wissenschaftliche Diskussionen.



# AGENDA

- Anwendungsbeispiele: Beton- zu Betonverbindungen
- Bemessungskonzept, Zulässige Einwirkung, Lebensdauer in Abhängigkeit der Anwendung
- **Weitere technische Randbedingungen**
- Bemessungsbeispiel Stahlbetonbalken and Stahlbetonbohrpfahl bzw. Stahlbetonstütze

# WEITERHIN SIND FOLGENDE TECHNISCHE RANDBEDINGUNGEN ZU BEACHTEN



**Art der Einwirkung**



**Korrosion**



**Brandverhalten**

# ANMERKUNG I: WAS IST BEI NACHTRÄGLICHEN BEWEHRUNGSSTÄBEN IM FALL EINER ERDBEBEN BEANSPRUCHUNG ZU BEACHTEN?

- Grundsätzlich gilt der **Eurocode 8 für die Bemessung von Bauwerken im Falle einer Erdbebenbeanspruchung** für einbetonierte Bewehrungsstäbe.
- Es wurden für zyklisch beanspruchte nachträgliche Bewehrungsstäbe **Qualifizierungsregelungen** erarbeitet, die eine Bemessung nach EC8 erlauben. Diese Regelungen sind in der EAD 331522 «Post-installed rebar with mortar under seismic action» enthalten.
- Die Regelungen gelten für den Hochbau, können aber entsprechend für Tunnelbauwerke auf der konservativen Seite verwendet werden

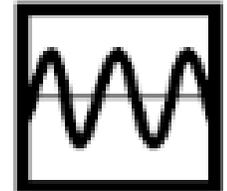
→ **Ingenieurtechnische Bewertung**



# ANMERKUNG II: WAS IST BEI NACHTRÄGLICHEN BEWEHRUNGSSTÄBEN IM FALL EINER ERMÜDUNGSBEANSPRUCHUNG ZU BEACHTEN?

- Der **Nachweis der Ermüdungsfestigkeit** von Beton-Beton Verbindungen kann mit **einbetonierten Bewehrungsstäben** nach **EC2 / EC1 / EC0** geführt werden
- Für **nachträglich eigemörtelte Bewehrungsstäbe** gib es zur Zeit **keine Qualifizierungsmethode unter Ermüdungsbelastung**
- Auf der sicheren Seite liegend können **vereinfachte Ermüdungsnachweise** oder weiterreichende Bemessungsnachweise geführt werden.
- Es ist **unbedingt erforderlich** das **Ermüdungsverhalten des Bewehrungsstahls**, des Verbundes (**Mörtel**) und der **betonbezogenen Versagensarten** zu berücksichtigen.

→ **Ingenieurtechnische Bewertung**

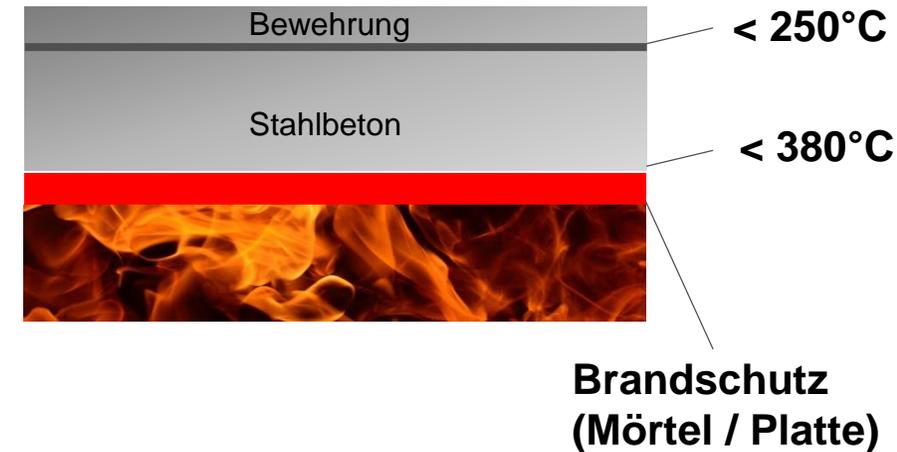


# ANMERKUNG III: WAS IST BEI NACHTRÄGLICHEN BEWEHRUNGSSTÄBEN HINSICHTLICH KORROSION ZU BEACHTEN ?

- **Einbetonierte** Bewehrungsstäbe sind durch das **alkalische Milieu des im Beton enthaltenen Zementsteins** vor Korrosion geschützt. .
- **Bei eingemörtelten Bewehrungsstäben** muss der Korrosionsschutz **durch den Verbundmörtel** gewährleistet werden. Das heißt, dass entweder der Verbundmörtel einen pH-Wert  $\geq 11,5$  hat oder die Dichtigkeit des Mörtels den Kontakt von Sauerstoff mit dem Bewehrungsstahl verhindert.
- Während des **Qualifizierungsprozesses** wird das **Langzeitverhalten hinsichtlich Korrosion** untersucht.
- Somit ist der Schutz gegen Korrosion **MINDESTENS so gut wie bei einbetonierten Stäben**.
- Im Falle von **HIT-RE 500 V3** hat sich sogar gezeigt, dass dieser selbst in carbonatisiertem und Chlorid haltigem Beton ausreichenden K-Schutz bietet wenn eine Mörtelschichtdicke von 1mm gewährleistet werden kann.

# WAS IST BEI NACHTRÄGLICHEN BEWEHRUNGSSTÄBEN IM FALL EINER BRANDBEANSPRUCHUNG ZU BEACHTEN?

- In der Regel wird die Tunnelschale als auch die darin liegende **Bewehrung** durch **Brandschutzmassnahmen zur Einhaltung einer maximalen Temperatur geschützt (< 380°C)**.
- In Abhängigkeit der **ETA**, sind in den Dokumenten die **Abnahme der Verbundfestigkeiten** des Mörtelsystems in **Abhängigkeit der Temperatur** angegeben.
- **Liegt die Temperaturverteilung** im Bauteil bzw. im Bewehrungsstab **entlang der Verankerungstiefe vor**, kann die resultierende Verbundspannung entlang des Bewehrungsstabes ermittelt werden.



# AUSREICHENDE SICHERHEIT IN DER BEMESSUNG ALS AUCH DIE SICHERSTELLUNG DES SOLL-ZUSTANDES KÖNNEN DURCH BAUSTELLENVERSUCHE ABGEDECKT WERDEN

	1	2
Verfahren	<h2>Bestimmung des Bemessungswiderstandes</h2>  <ul style="list-style-type: none"><li>• Baustellenversuche bis zu erreichen der Höchstlast oder bis zum Erreichen des erforderlichen Widerstandes</li><li>• <b>Versuchsbericht</b> mit Belastung &amp; Verschiebungswerten</li><li>• <b>Berichtsauswertung</b> (<i>optional</i>)</li></ul> 	<h2>Validierung der Installationsqualität</h2>  <ul style="list-style-type: none"><li>• Baustellenversuche bis zu Erreichen der erforderlichen Prüflast</li><li>• <b>Versuchsbericht</b> mit Belastung &amp; Verschiebungswerten</li><li>• <b>Berichtsauswertung</b> (<i>optional</i>)</li></ul> 
Anwendung	Bewehrungsstäbe in unbekanntem oder "unsicherem" Untergrundmaterial.	Bewehrungsstäbe in allen Untergundmaterial bei denen die Installationsqualität nachgewiesen und dokumentiert werden muss /soll.
Mehrwert	Ausreichend sichere Bemessung auf Basis von Versuchswerten.	Nachweis: "Ausgeführt wie bemessen"

# WIR ERINNERN UNS: ES IST NAHEZU UNMÖGLICH ALLE TECHNISCHEN ANFORDERUNGEN AN BETON-BETON VERBINDUNGEN IN TUNNEL MITTELS DEM “STAND DER TECHNIK” NACHZUWEISEN

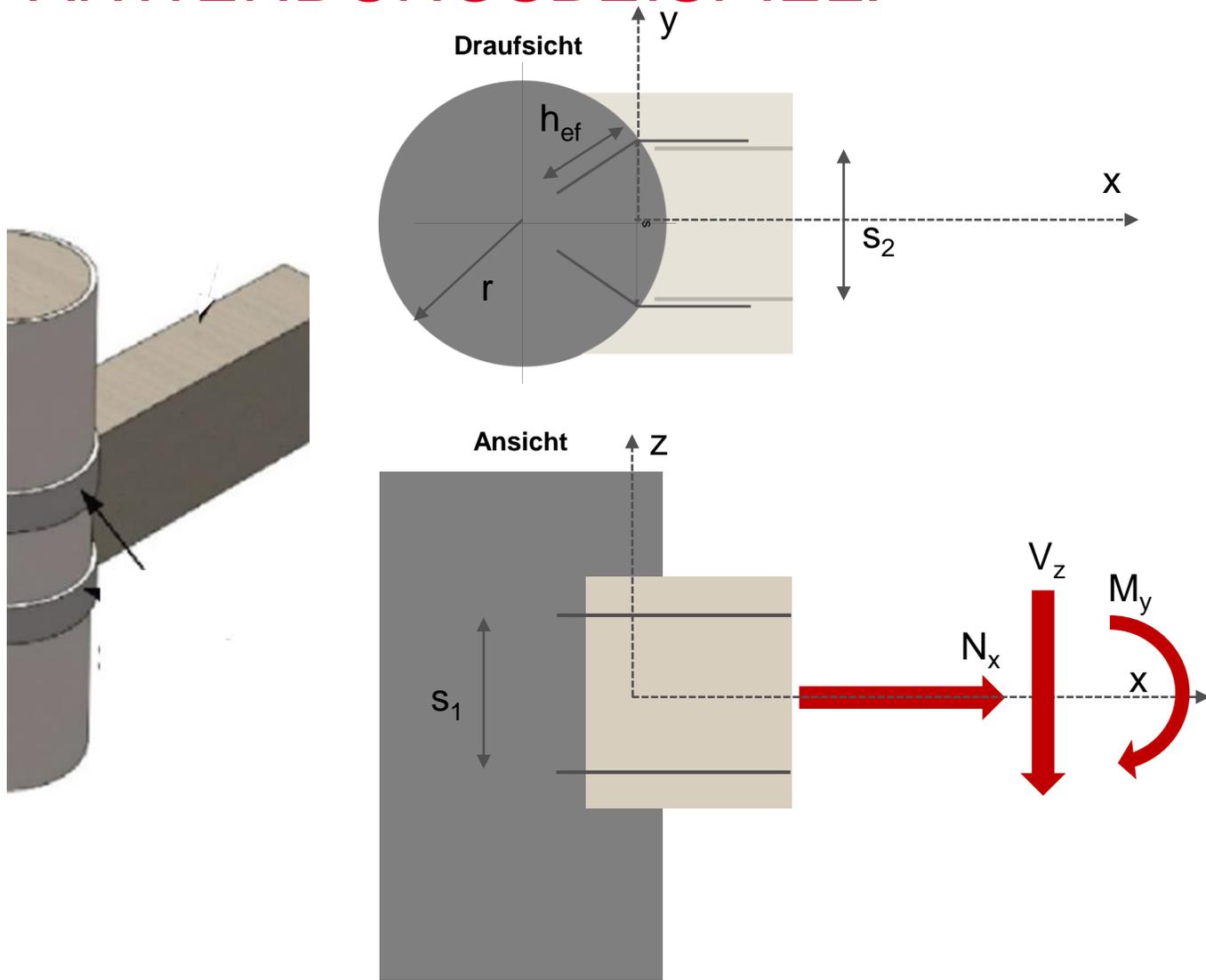
<b>Ebene 1</b>	<b>Die anerkannten Regeln der Technik</b> Anerkannt, wenn sie die herrschende Ansicht technischer Fachleute darstellt und sich in der Praxis bewährt hat. Im Allgemeinen, jedoch nicht zwingend, z.B. Normen (EN/DIN/VDI). Innovationen werden nicht berücksichtigt.
<b>Ebene 2</b>	<b>Stand der Technik</b> Breiter technischer Konsens. Technische Innovationen werden schneller umgesetzt.
<b>Ebene 3</b>	<b>Stand von Wissenschaft und Technik</b> neueste technische und wissenschaftliche Erkenntnisse, Forschung, Veröffentlichungen und wissenschaftliche Diskussionen.



# AGENDA

- Anwendungsbeispiele: Beton- zu Betonverbindungen
- Bemessungskonzept, Zulässige Einwirkung, Lebensdauer in Abhängigkeit der Anwendung
- Weitere technische Randbedingungen
- **Bemessungsbeispiel Stahlbetonbalken and Stahlbetonbohrpfahl bzw. Stahlbetonstütze**

# ANWENDUNGSBEISPIEL:



## Anwendung:

### Anschluss Stahlbetonbalken an Bohrpfehl

#### Geometrische Randbedingungen:

Vertikaler Abstand der Bewehrungsstäbe:  $s_1 = 720\text{mm}$

Horizontaler Abstand der Bewehrungsstäbe:  $s_2 = 430\text{mm}$

Verankerungstiefe:  $h_{ef} = 300\text{mm}$

Radius:  $r = 625\text{mm}$

#### Einwirkung (statisch)

Zuglast:

Vertikale Scherlast in Fuge:

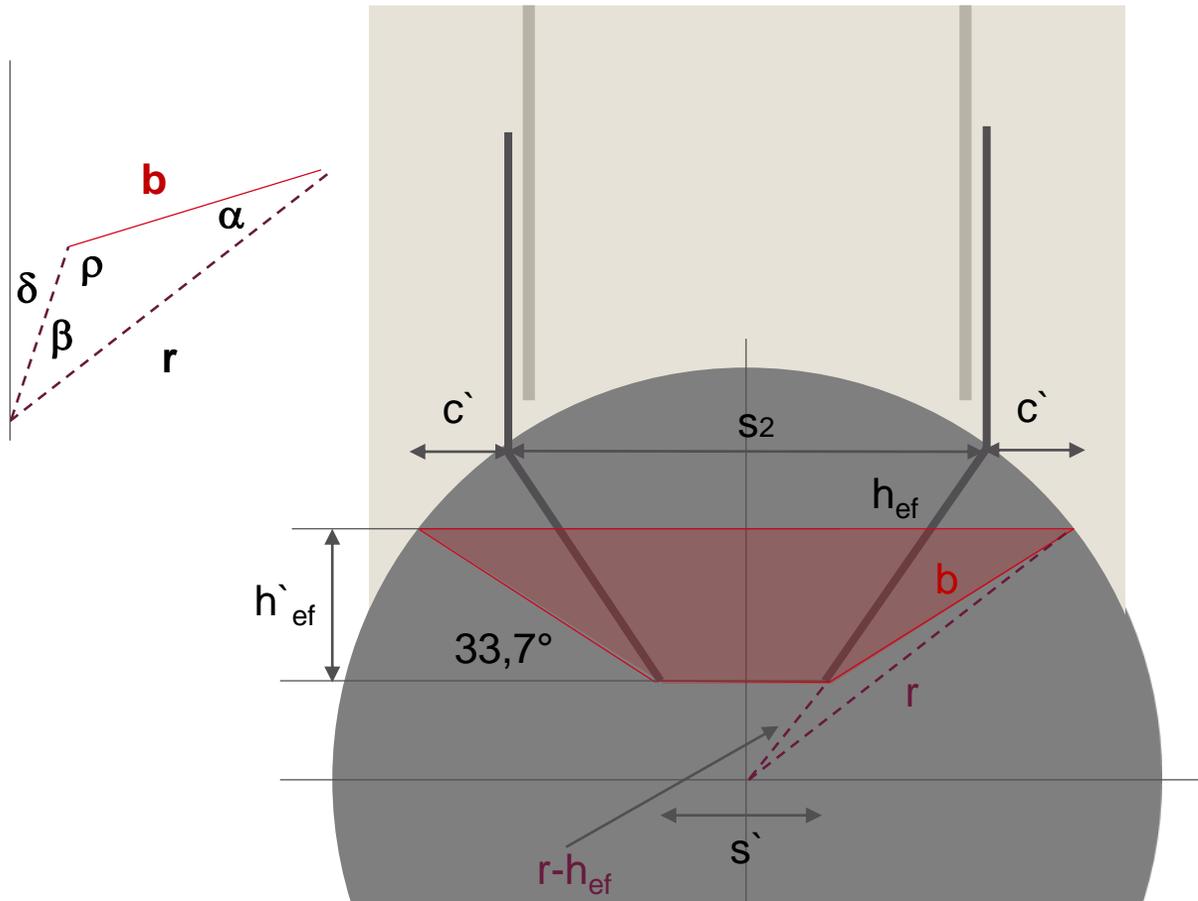
Moment um Y-Achse:

$$N_x = 10 \text{ kN}$$

$$V_z = 15 \text{ kN}$$

$$M_y = 25 \text{ kNm}$$

# ANSCHLUSS AN RUNDSTÜTZE / BOHRPFAHLWAND ? WIE ZU BEMESSEN ?

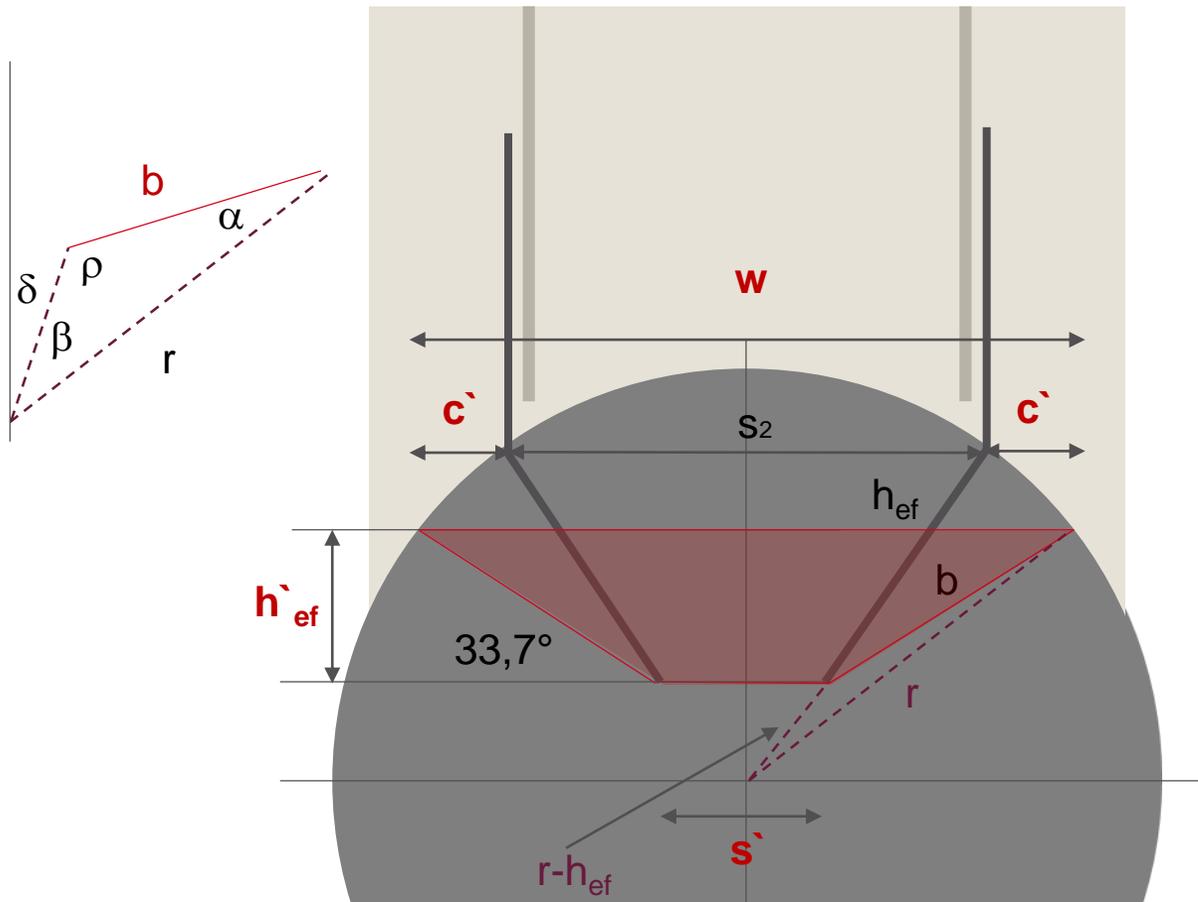


Draufsicht

## Bemessung nach EOTA TR 069:

- Für die Bemessung ist der sich möglicherweise bildende Betonausbruchkörper zu berücksichtigen (**rot**).
- Nachdem CC-Verfahren kann dieser mit  $33,7^\circ$  angesetzt werden.
- Die in PROFIS Rebar anzusetzende Verankerungstiefe in dann  $h'_{ef}$ , der anzusetzende Achsabstand  $s'$  und der anzusetzende Randabstand  $c'$
- Diese Daten müssen dann in PROFIS Rebar übertragen werden

# RECHNERISCHE ABLEITUNG DER EINGANGSPARAMETER FÜR PROFIS REBAR



Draufsicht

Berechnung:

$$e = s_2/2 = 215\text{mm}$$

$$\delta = \arcsin(e/r) = 20,1^\circ$$

$$\rho = 90^\circ + 33,7^\circ + \delta = 143,8^\circ$$

Sinussatz:  $\frac{r}{\sin \rho} = \frac{r-h_{ef}}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta}$

$$\alpha = \arcsin \frac{(r-h_{ef}) \cdot \sin \rho}{r} = 17,9^\circ$$

$$\beta = 180^\circ - \rho - \alpha = 18,3^\circ$$

$$b = \frac{r \cdot \sin \beta}{\sin \rho} = 332\text{mm}$$

$$h'_{ef} = b \cdot \sin(33,7^\circ) = 184\text{mm}$$

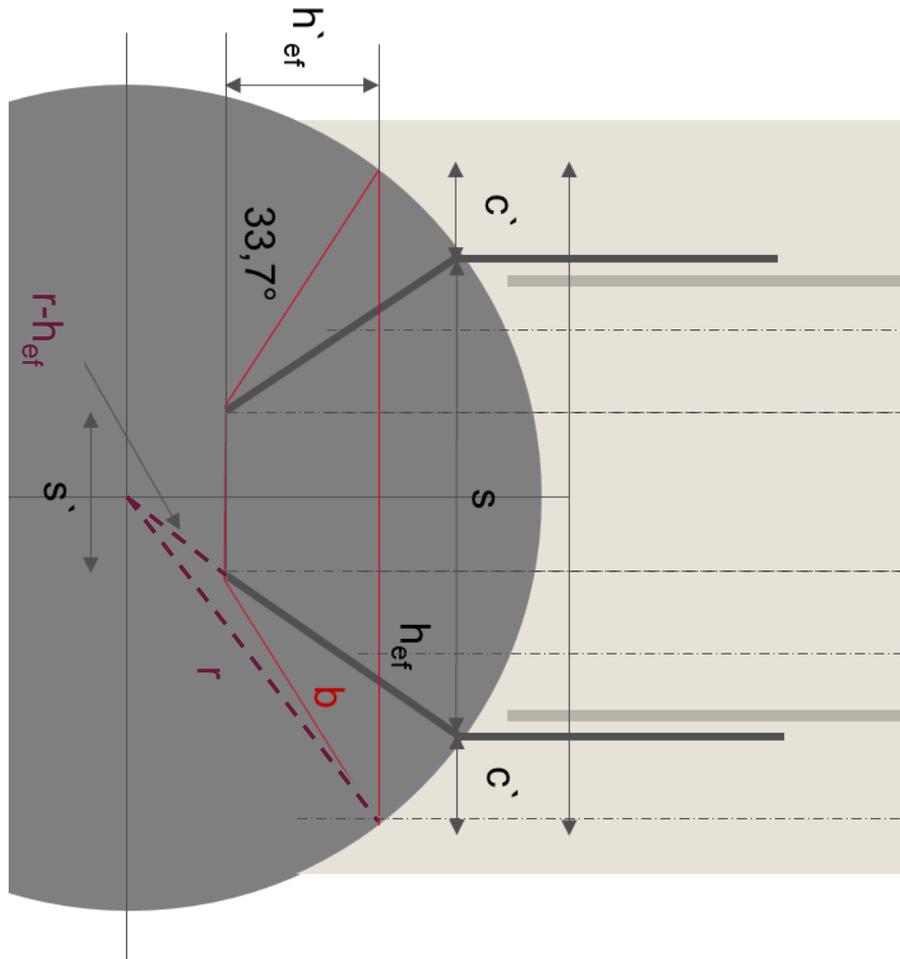
$$s' = 2 \cdot (r-h_{ef}) \cdot \sin \delta = 224\text{mm}$$

$$w = 2 \cdot r \cdot \sin(\delta + \beta) = 777\text{mm}$$

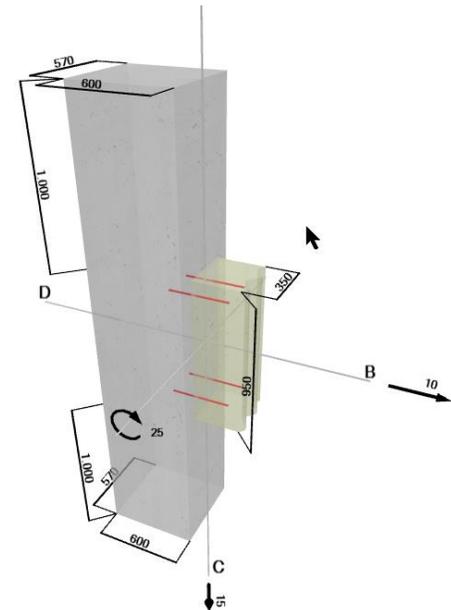
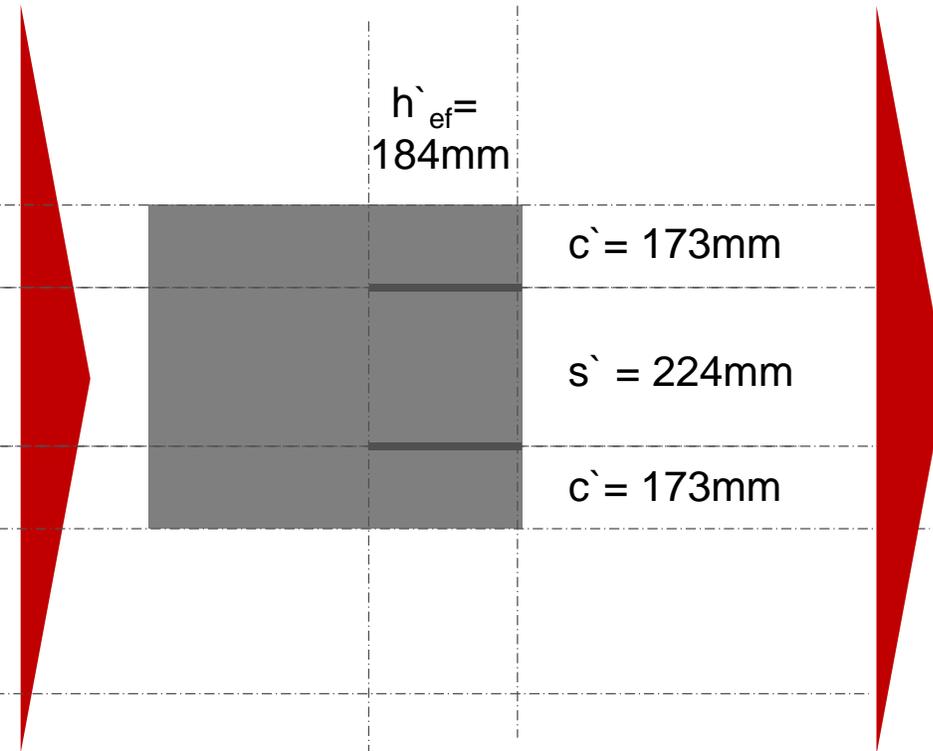
$$c' = (w-s_2)/2 = 173\text{mm}$$

# ...UM VON EINER RUNDSTÜTZE AUF EINE ERSATZSTÜTZE ZU KOMMEN

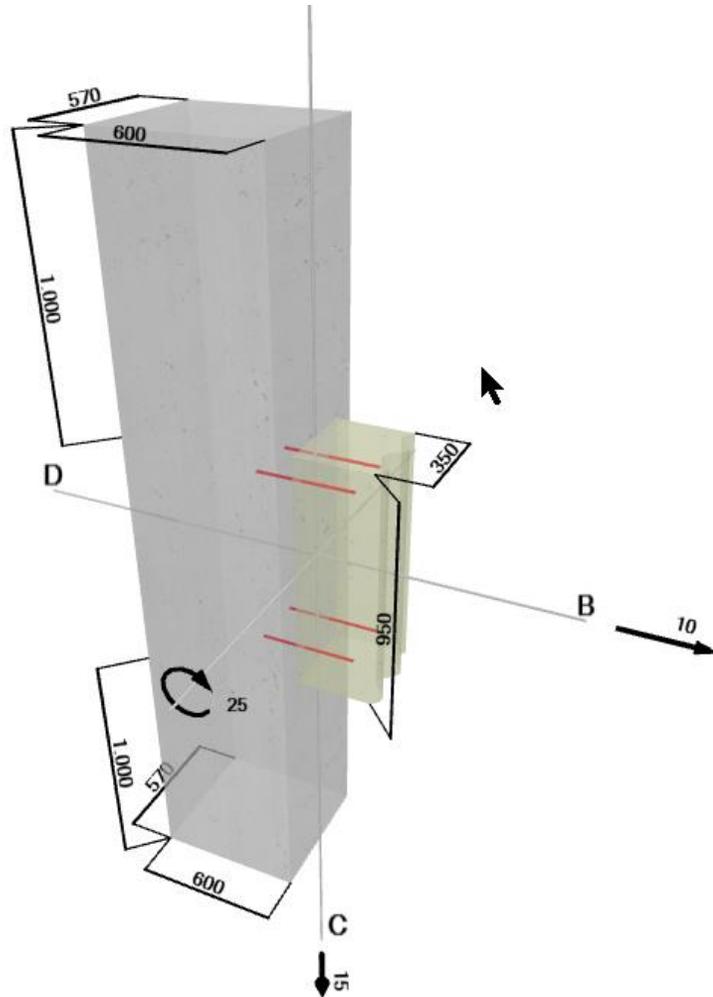
Draufsicht:



Draufsicht (Ersatz):



# ÜBERPRÜFUNG MIT PROFIS REBAR



## Bemessungsmethode

- EC2/ ETA
- TR069 / ETA
- Hilti Bemessungsmethode

## Obere Bewehrung

Durchmesser 12 mm  
Anzahl Stäbe: 2

### Lage 1:

Erforderliches Bohrloch: **176 mm**  $\leq 184$  mm  
Last pro Stab: 18,317 kN

## Untere Bewehrung

Durchmesser 12 mm  
Anzahl Stäbe: 2

### Lage 1:

Erforderliches Bohrloch: **176 mm**  $\leq 184$  mm  
Last pro Stab: 10,22 kN

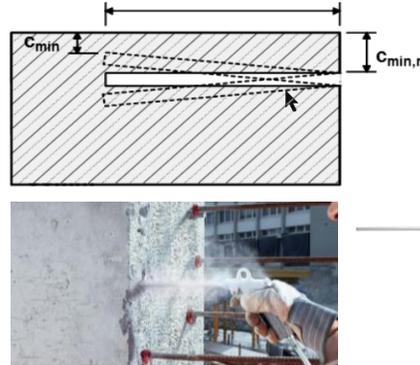
## Querkraftnachweis

# ALLE BEMESSUNGSRELEVANTE RANDBEDINGUNGEN DER ANWENDUNGSKETTE WERDEN IN PROFIS REBAR BERÜCKSICHTIGT

Lokalisierung von bestehender Bewehrung oder anderer einlegeteile



Bohren & Reinigen



Trennen und installieren



Festlegung der technischen Randbedingungen und Bemessung



Aufräumen und entfernen von carbonatisertem Beton



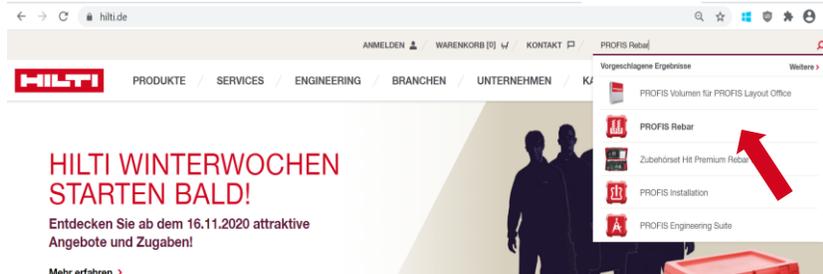
Injizieren



# WIE KOMMEN SIE ZU PROFIS REBAR...

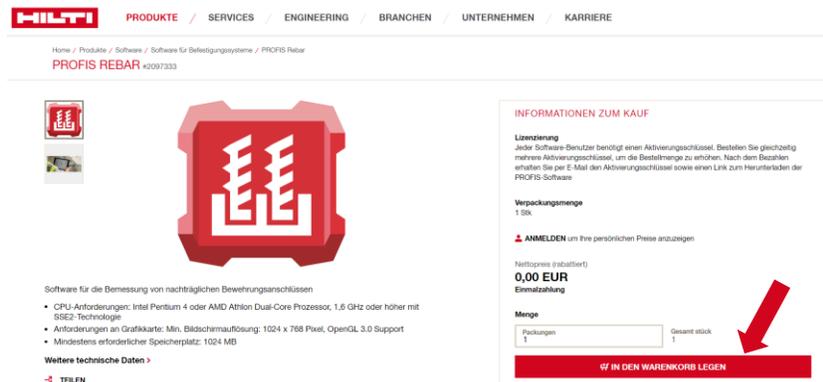
1

Gehen Sie auf Ihre lokale Hilti Online Seite und geben Sie PROFIS Rebar im Suchfenster ein



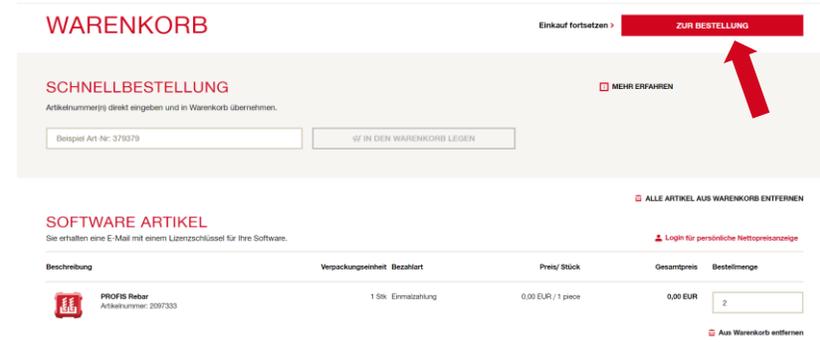
2

Legen Sie PROFIS Rebar in den Warenkorb



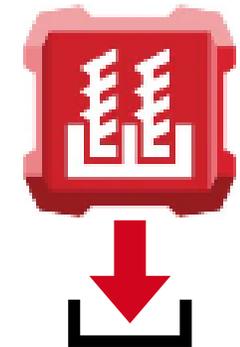
3

Gehen Sie auf den Warenkorb und bestellen die die kostenfreie Software



4

Ihnen wir eine Email mit einem Downloadlink und dem Aktivierungs-Schlüssel zugesendet.



# DETAILLIERTE ÜBERSICHT DER VERFÜGBAREN PRODUKTE UND ETAS



	Hilti HIT-RE 500 V3	Hilti HIT-HY 200-R V3	
ETA – Rebar (EC2, statisch und quasi-statisch, Erdbeben, Brand und 50 Jahre)	✓(Ø 10-40)	✓(Ø 10-32)	
ETA – Rebar (TR069, statisch und quasi-statisch und 50/100 Jahre)	✗	✓(Ø 8-32)	
ETA – Rebar (EC 2, Statisch und quasi-statisch, Brand 50/100 Jahre)	✓(Ø 8-40)	✓(Ø 8-32)	
ETA - Aufbeton (TR 066, statisch und quasi statisch, 50 Jahre)	✓ HCC-B  ✓ HCC-K (Ø 10-16)  ✓ HUS3-H (Ø 8,10,14) (ohne Mörtel) 	✓ HCC-K (Ø 10-16)  ✓ HUS3-H (Ø 8,10,14) (ohne Mörtel) 	
ETA - Aufbeton (TR 066, statisch und quasi statisch und Ermüdung, 50 Jahre)	✓ HCC-B 	✗	
Ingenieurmässige Beurteilung – Rebar (EC2, 120 Jahre)	✓(Ø 8-40)	✗	
Installation	Verarbeitungszeit@ 21°C	30 Minuten	9 Minuten
	Aushärtezeit @ 21°C	7 Stunden	1 Stunde
	Installationstemperatur (Bauteil)(°C)	-5 to +40	-10 to +40

# UNTERSTÜTZUNG ERFORDERLICH? WIR STEHEN FÜR SIE BEREIT!

## IN IHREM PLANUNGSBÜRO



- HILTI Engineering Projektunterstützung, Ingenieur-Dienstleistungen und Schulungen

## VOR ORT

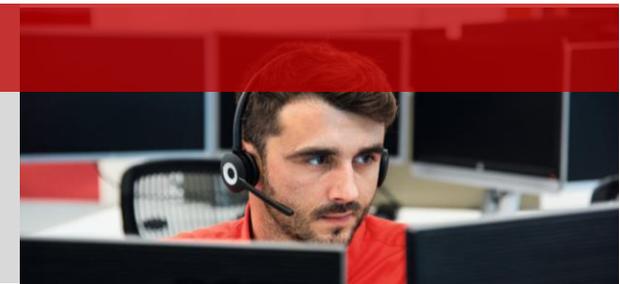


- HILTI Technische Berater
- HILTI Verkaufsberater

## TELEFONISCH oder E-MAIL

**0800 888 55 22 / [Planer-Support@hilti.com](mailto:Planer-Support@hilti.com)**

Hilti Kundenservice Geschäftszeiten: 07:00 Uhr – 18:00 Uhr



# ODER FINDEN SIE DETAILLIERTE INFORMATIONEN AUF HILTI ONLINE WWW.HILTI.DE/AT/CH

ANMELDEN / WARENKORB [0] / KONTAKT / Suchen

**HILTI** PRODUKTE / SERVICES / **ENGINEERING** / BRANCHEN / UNTERNEHMEN / KARRIERE

## BIM-GESTÜTZTE ROBOTIK FÜR DIE GEBÄUDETECHNIK

Hilti Jaibot – ein Bohrroboter, der so präziser und sicherer ist

Jetzt mehr erfahren >

Engineering

Lösungen für Ingenieure Software Services für Ingenieure Anwendungs-Stories Aktuelles und Referenzen

Verankerungen auf WHG-Flächen > Software Überblick > BIM Services > Befestigungstechnik > Profis Engineering > Technische Handbücher > Anwendungs-Stories > Modulare Schienensysteme > Dübelbemessung Software > Ausschreibungstexte > Anwendungs-Stories > Nachträglicher Bewehrungsanschluss > Software für Brandschutzdokumentation > Technische Services > Schwere Rohrleitungen > Brandschutzsysteme > Hilti Softwarelösungen für Installationssysteme > Technische Beratung > Befestigungsmaschinen

Permanente Befestigung Temporäre Befestigung

### Nachträglicher Bewehrungsanschluss

Hilti-Systeme für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse nach den neuesten Bemessungsmethoden sind die perfekte Lösung für dauerhafte Beton-Beton-Verbindungen. Klicken Sie hier, um mehr zu erfahren.

Mehr erfahren >

# WEITERE INTERESSANTE WEBINARE IN ERGÄNZUNG ZU DIESEM THEMA



[www.hilti.de/at/ch](http://www.hilti.de/at/ch) → Services → Schulungen → Live-Webinare

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT