



WEBINAR

BETON- ZU BETONVERBINDUNGEN IM TUNNELBAU

Präsentation:

Dr. Jörg Appl

Dr. Patrick Wörle

Dipl.-Ing. Julia v.d. Warth

10.11.2020

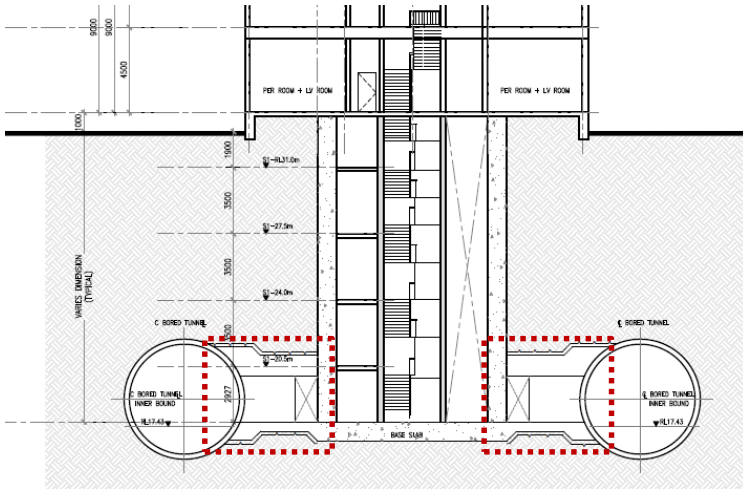
Kaufering



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

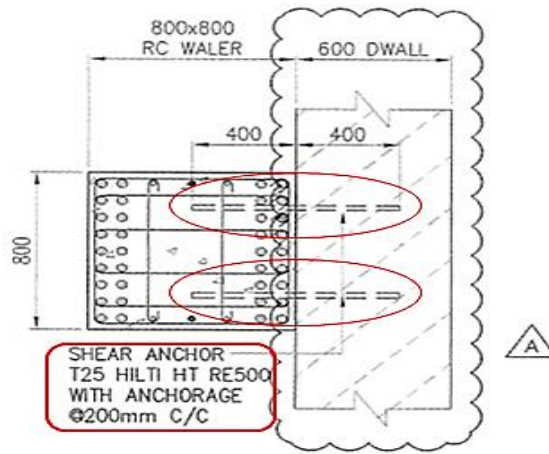


Ausführung: Schritt 1, Öffnung
der Tunnelschale



Ausführung: Teilweises
Schließen von Öffnungen

NACHTRÄGLICH EINGEMÖRTELTE BEWEHRUNGSSTÄBE ERLAUBEN DEN ANSCHLUSS VON NEUEM AN BESTEHENDEN BETON

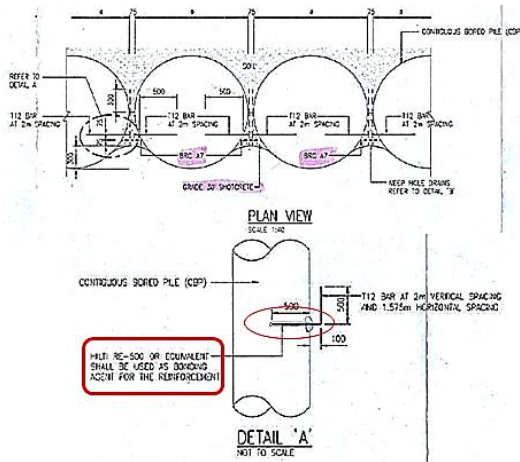


Planung: Stahlbetongurt zur Aussteifung einer Schlitzwand

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

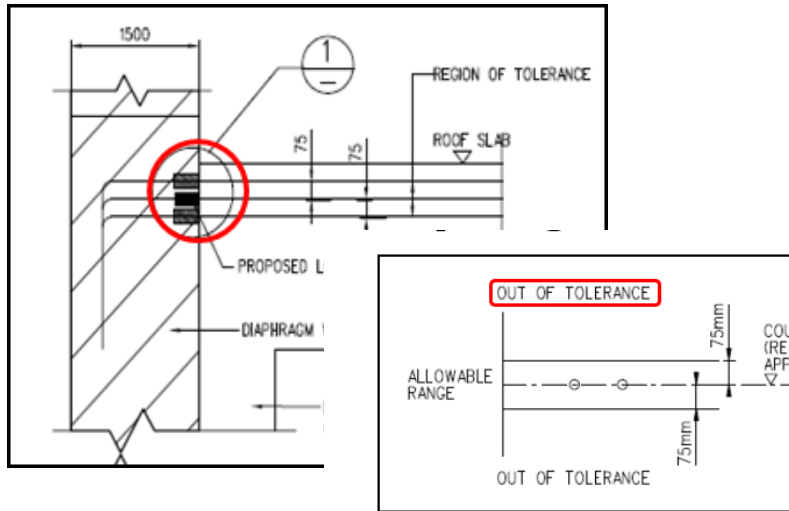


Planung: Lagesicherung der Stahlbetonmatten für Spritzbeton bei aufgelöster/tangierender Bohrpfehlwand

Ausführung: Anrödeln der Bewehrungsmatten an nachträglich installierte Bewehrungsstäbe

Ausführung: Aufbringen der Spritzbetonschicht

NACHTRÄGLICH EINGEMÖRTELTE BEWEHRUNGSSTÄBE ERLAUBEN DEN ANSCHLUSS VON NEUEM AN BESTEHENDEN BETON

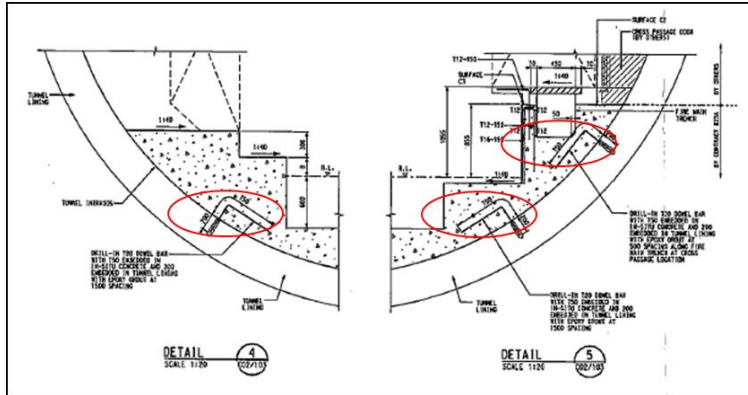


Planung: Schraubanschluss als Bewehrungsanschluss

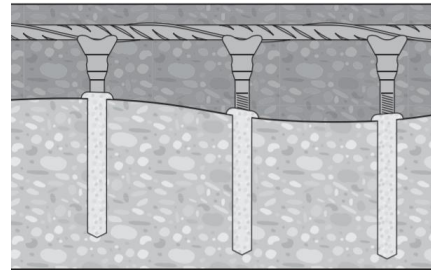
Schraubanschluss Bewehrung außerhalb der Toleranz +/- 75mm

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

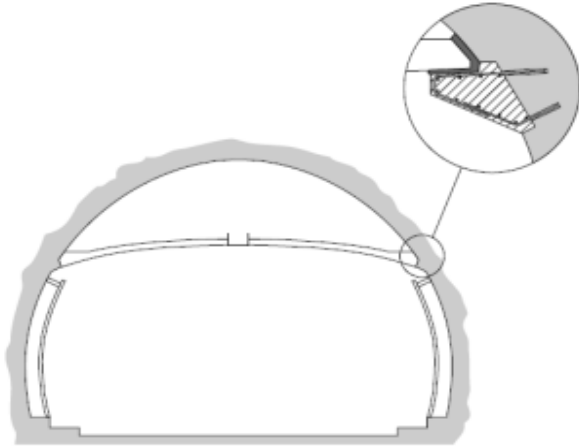


Hilti HCC-B

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



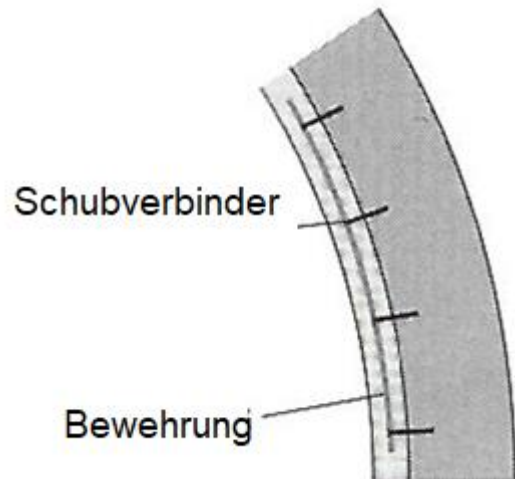
The Herrenknecht rig and Hilti hammer drills and vacuums in operation on the Legacy Way Tunnel in Brisbane. Photos: Hilti



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: Aufräumen 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**

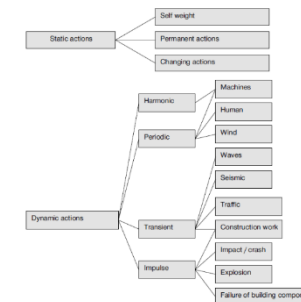
Schubfuge / Verbundbewehrung (Aufbeton)

- **Bemessung nach EOTA TR 066**

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

- **Ingenieurmässige Beurteilung**

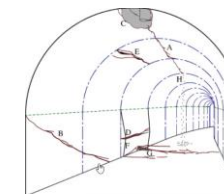
ART DER EINWIRKUNG



KORROSION



LEBENSDAUER



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

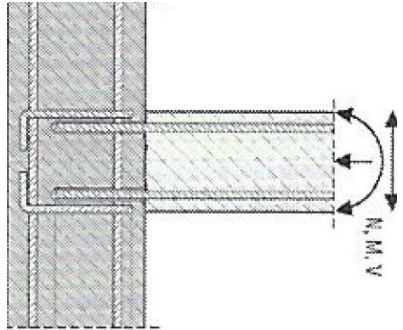
BRANDVERHALTEN



QUALITÄTSÜBERWACHUNG



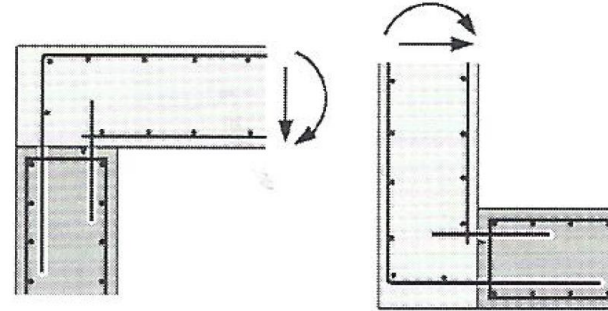
DIE AUSBILDUNG VON ÜBERGREIFUNGSSTÖßEN IST IN DER REGEL IN DER TUNNELSCHALE AUFGRUND VON «PLATZPROBLEMEN» KAUM AUSFÜHRBAR



Endauflager, gelenkig
gelagert, Verankerung von
Druckstäben und
ÜBERGREIFUNGSSTÖßEN

- **Bemessung nach
EC2, Teil 1**

BEISPIELE:



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

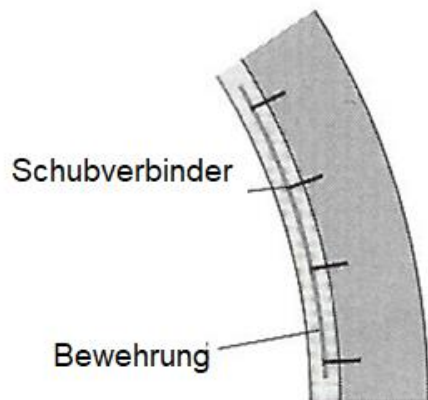
Lebensdauer 50 und 100 Jahre (statisch, quasi-statische, Brand und Erdbeben)

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

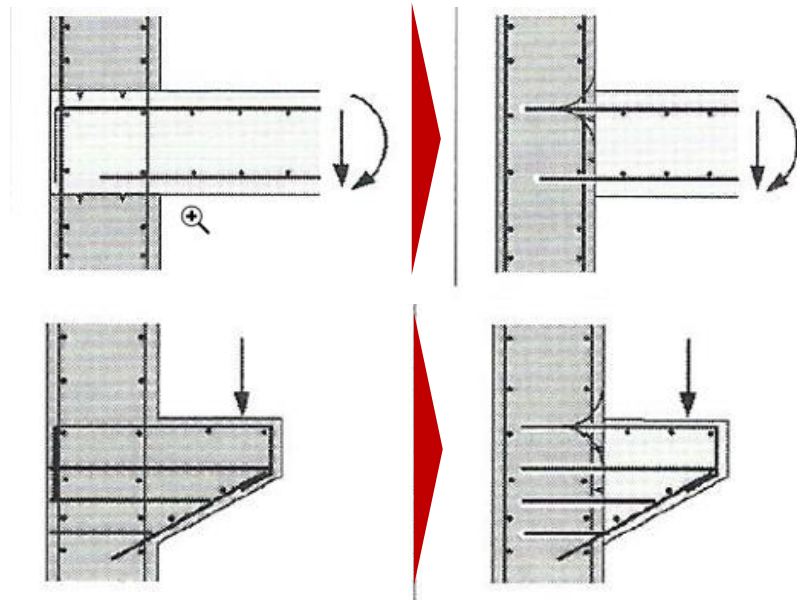
Sehen Sie sich unser Webinar dazu an



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

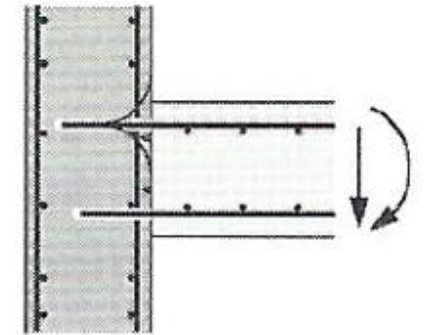
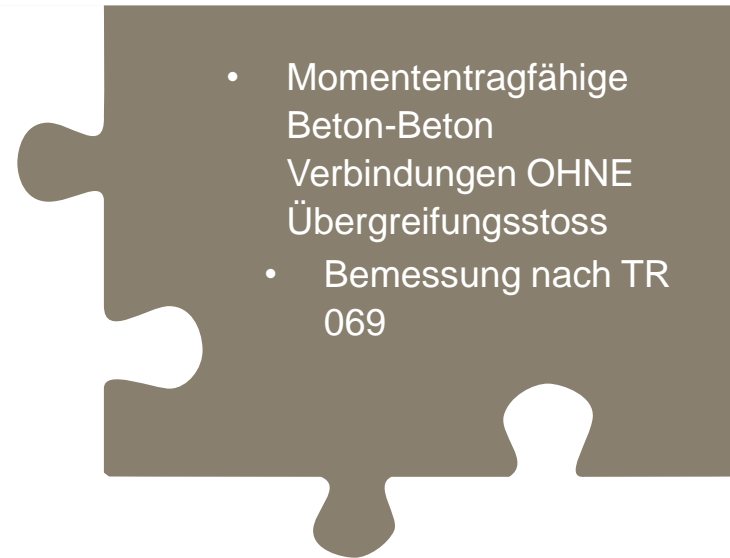


MOMENTENTRAGFÄHIGE BETON-BETON VERBINDUNGEN OHNE ÜBERGREIFUNGSSTOSS NACH TR 069



**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

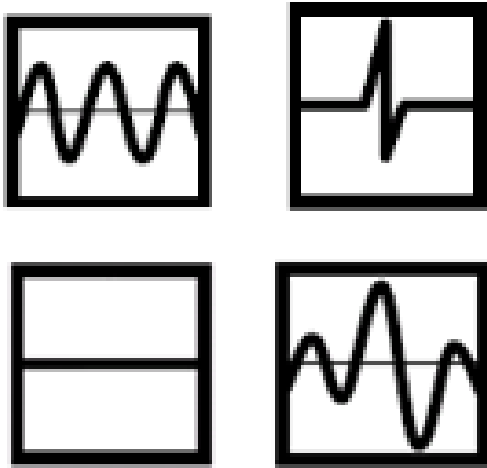
Ebene 1	Die anerkannten Regeln der Technik Anerkannt, wenn sie die herrschende Ansicht technischer Fachleute darstellt und sich in der Praxis bewährt hat. Im Allgemeinen, jedoch nicht zwingend, z.B. Normen (EN/DIN/VDI). Innovationen werden nicht berücksichtigt.
Ebene 2	Stand der Technik Breiter technischer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

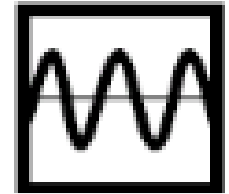
→ **Ingenieurtechnische Bewertung**



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**

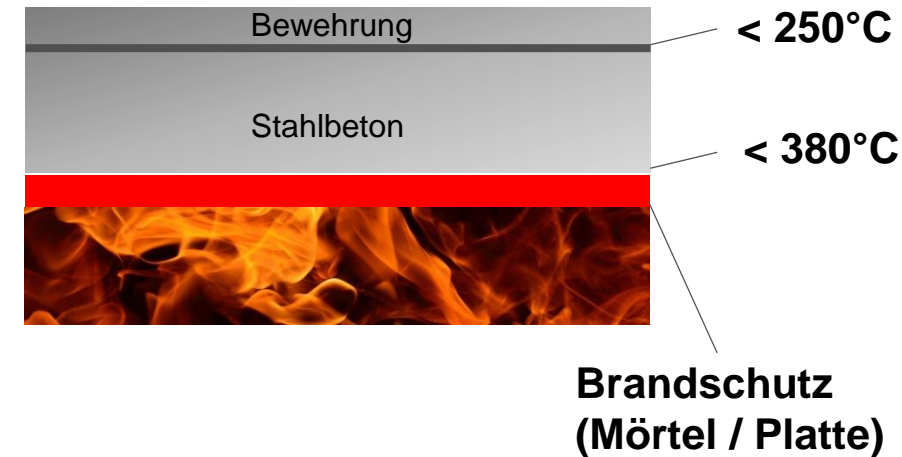


ANMERKUNG III: WAS IST BEI NACHTRÄGLICHEN BEWEHRUNGSSTÄBEN HINSICHTLICH KORROSION ZU BEACHTEN ?



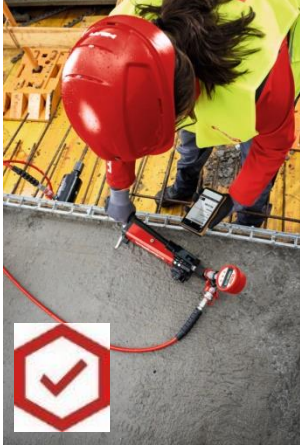

- **Einbetonierte** Bewehrungsstäbe sind durch das **alkalische Milieu des im Beton enthaltenen Zementsteins** vor Korrosion geschützt. .
- **Bei eingemörtelten Bewehrungsstäben** muss der Korrosionsschutz **durch den Verbundmörtel** gewährleistet werden. Das heißt, dass entweder der Verbundmörtel einen 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	<p>Bestimmung des Bemessungswiderstandes</p>  <ul style="list-style-type: none">• Baustellenversuche bis zu erreichen der Höchstlast oder bis zum Erreichen des erforderlichen Widerstandes• Versuchsbericht mit Belastung & Verschiebungswerten• Berichtsauswertung (<i>optional</i>) 	<p>Validierung der Installationsqualität</p>  <ul style="list-style-type: none">• Baustellenversuche bis zu Erreichen der erforderlichen Prüflast• Versuchsbericht mit Belastung & Verschiebungswerten• Berichtsauswertung (<i>optional</i>) 
Anwendung	<p>Bewehrungsstäbe in unbekanntem oder "unsicherem" Untergrundmaterial.</p>	<p>Bewehrungsstäbe in allen Untergundmaterial bei denen die Installationsqualität nachgewiesen und dokumentiert werden muss /soll.</p>
Mehrwert	<p>Ausreichend sichere Bemessung auf Basis von Versuchswerten.</p>	<p>Nachweis: "Ausgeführt wie bemessen"</p>

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

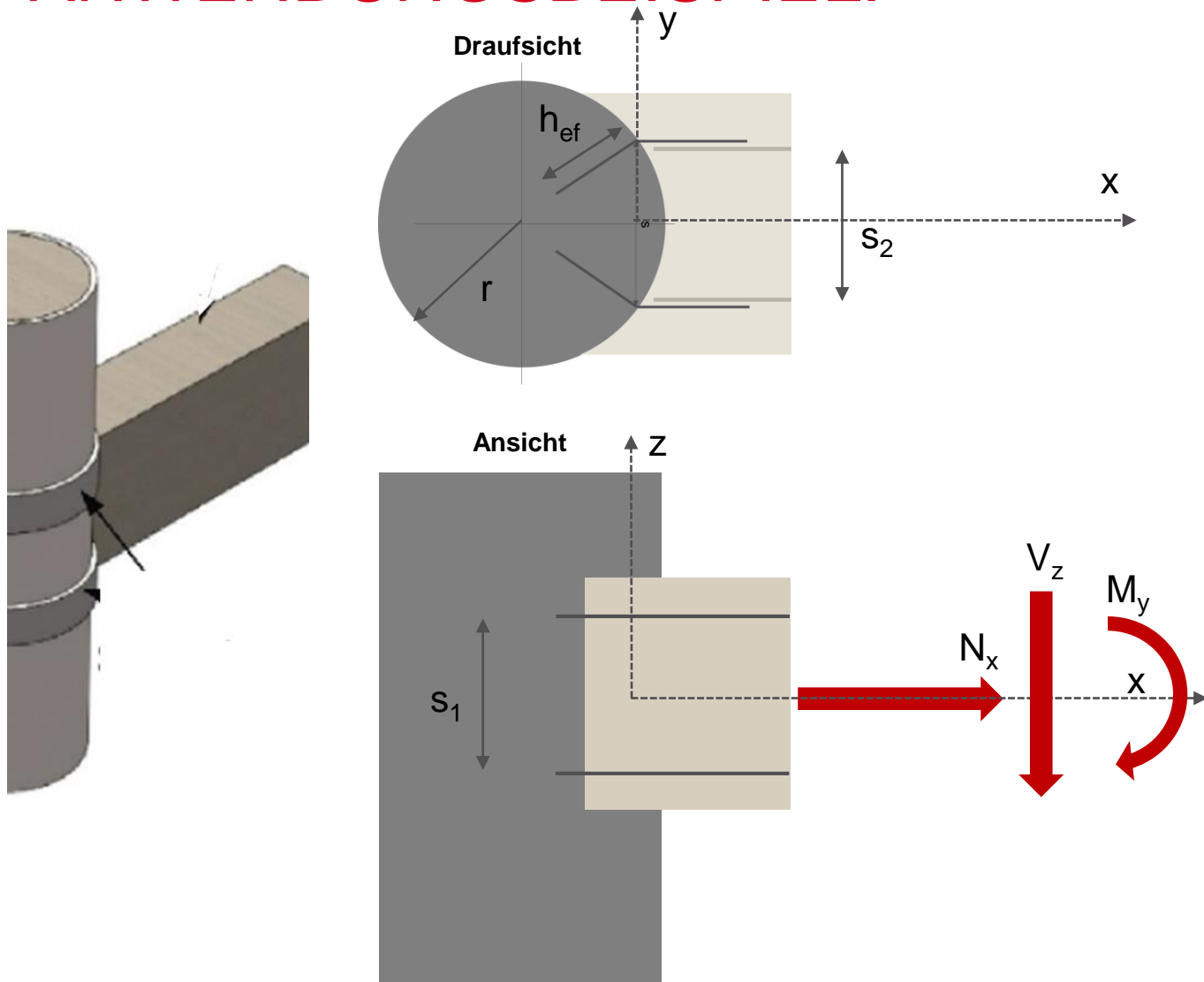
Ebene 1	Die anerkannten Regeln der Technik Anerkannt, wenn sie die herrschende Ansicht technischer Fachleute darstellt und sich in der Praxis bewährt hat. Im Allgemeinen, jedoch nicht zwingend, z.B. Normen (EN/DIN/VDI). Innovationen werden nicht berücksichtigt.
Ebene 2	Stand der Technik Breiter technischer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

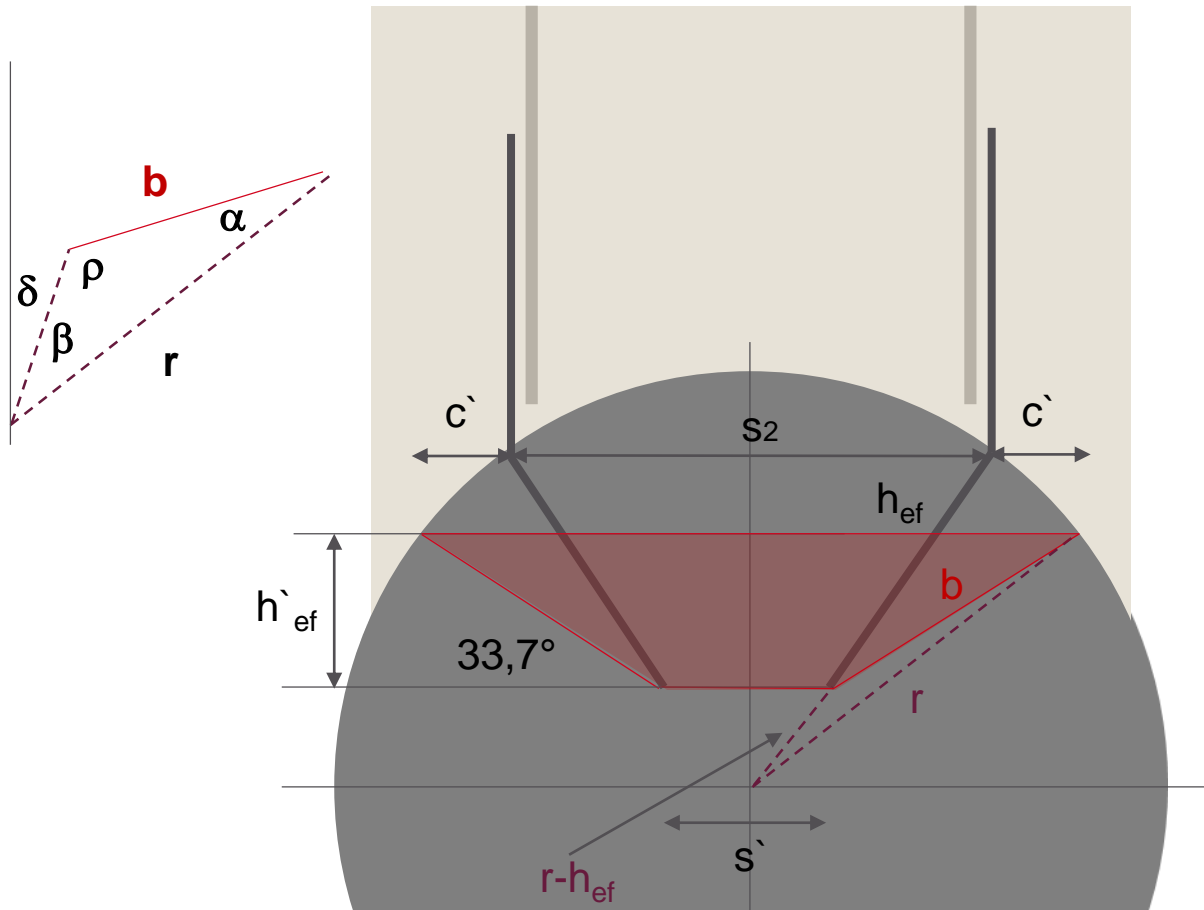
Moment um Y-Achse:

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

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

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

ANSCHLUSS AN RUNDSTÜTZE / BOHRPFAHLWAND ? WIE ZU BEMESSEN ?

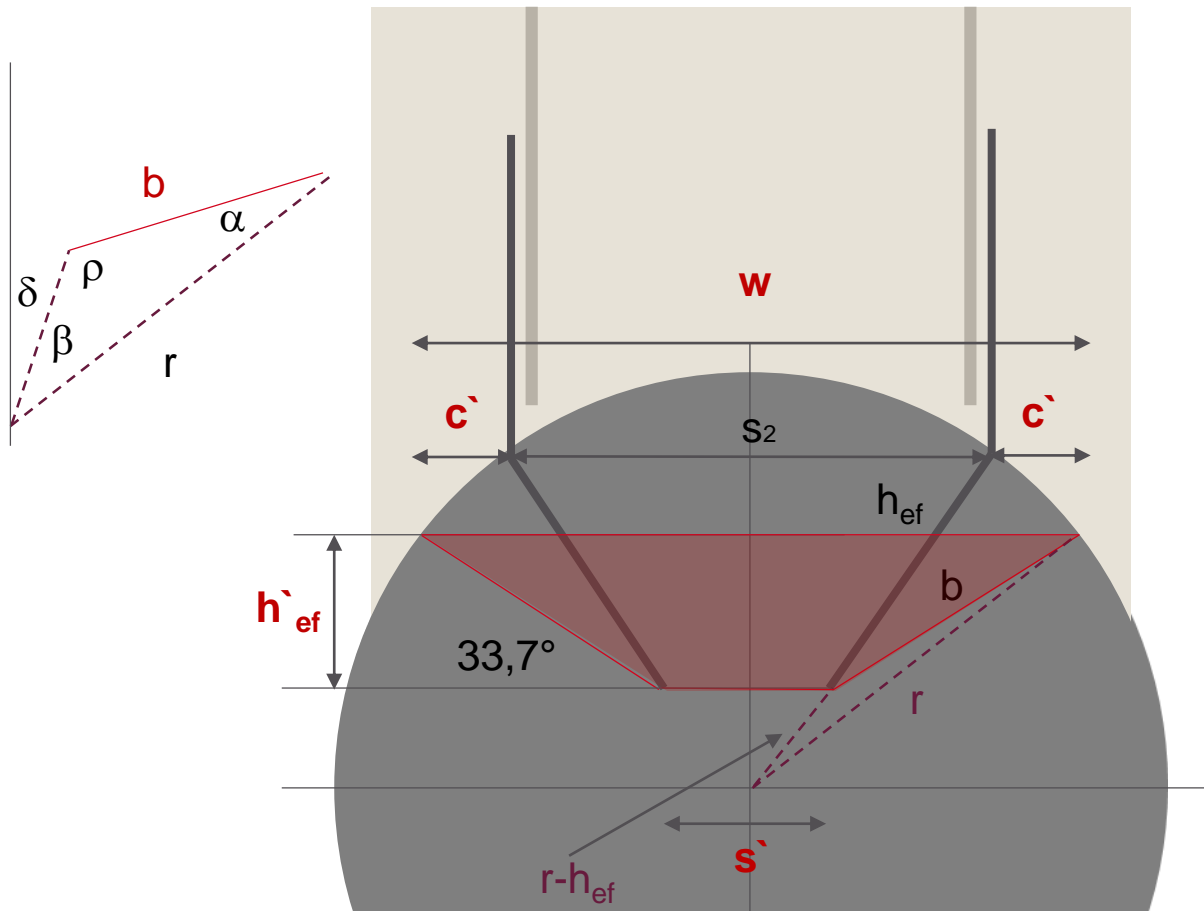


Draufsicht

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

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

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

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

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

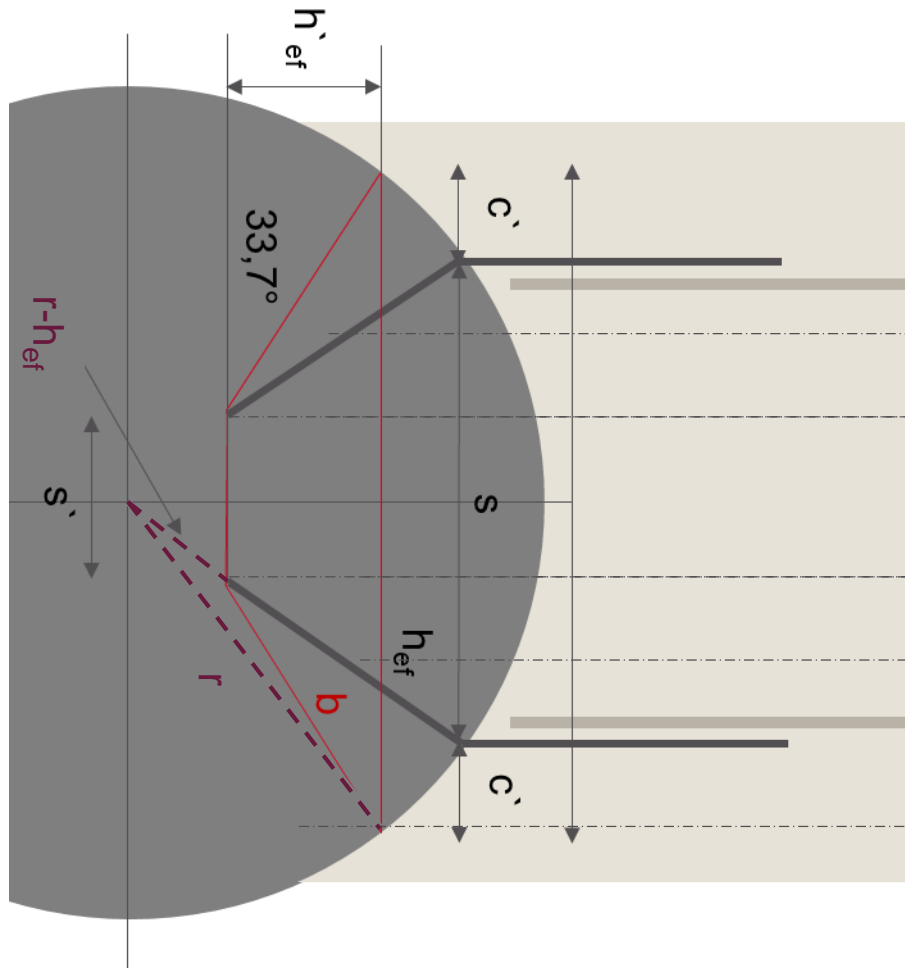
$$s' = 2 \cdot (r - h_{ef}) \cdot \sin \delta = 224\text{mm}$$

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

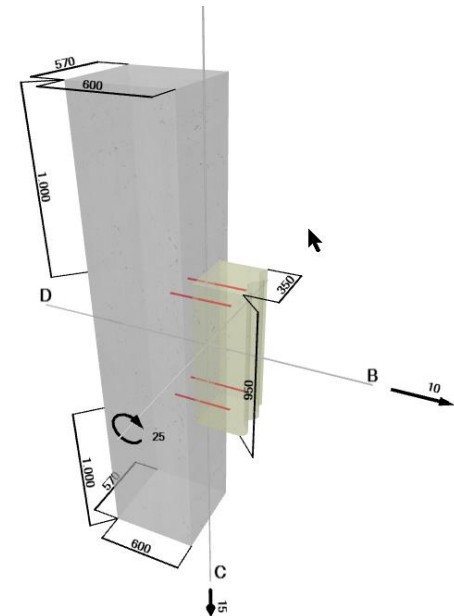
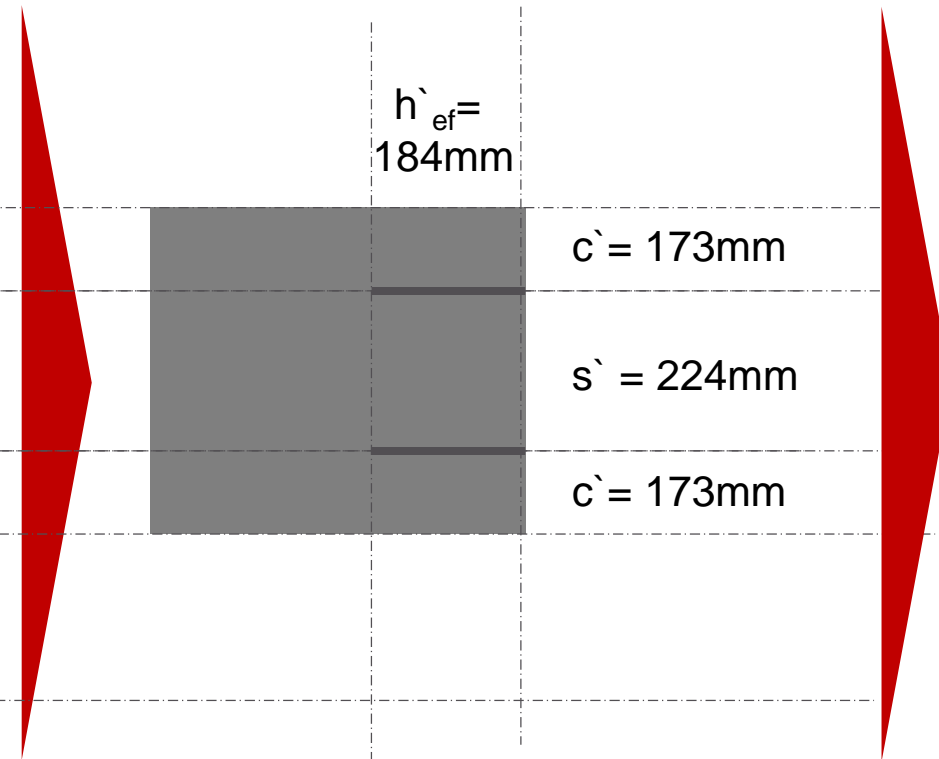
$$c' = (w - s_2)/2 = 173\text{mm}$$

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

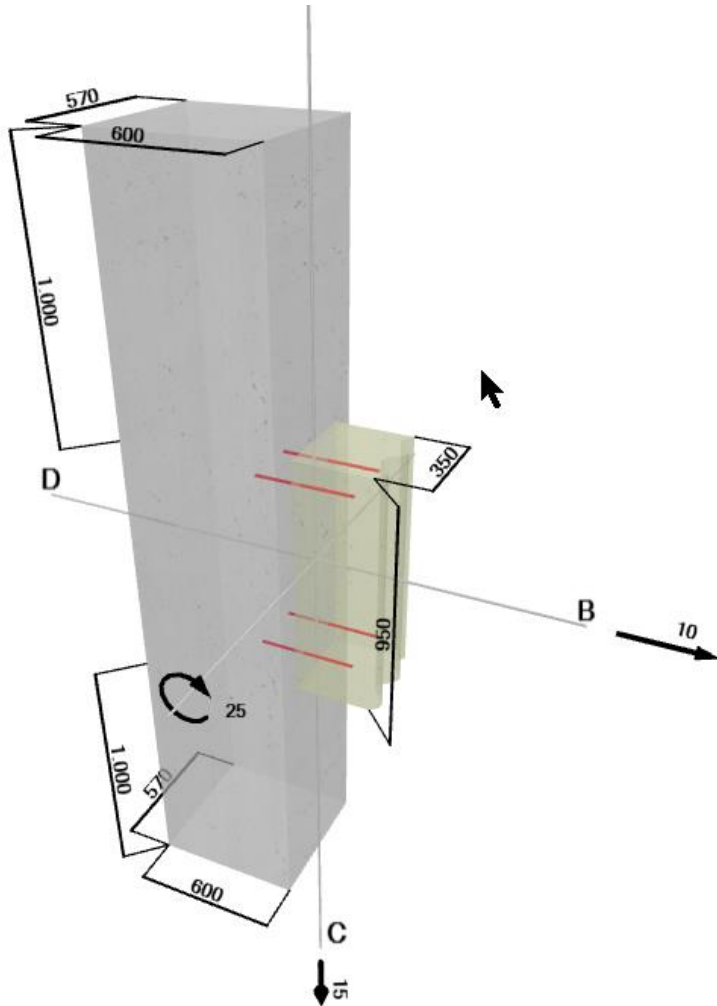
Draufsicht:



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** ≤ 184 mm
Last pro Stab: 18,317 kN

Untere Bewehrung

Durchmesser 12 mm
Anzahl Stäbe: 2

Lage 1:

Erforderliches Bohrloch: **176 mm** ≤ 184 mm
Last pro Stab: 10,22 kN

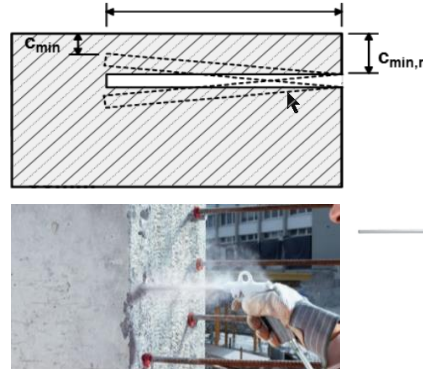
Querkraftnachweis

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



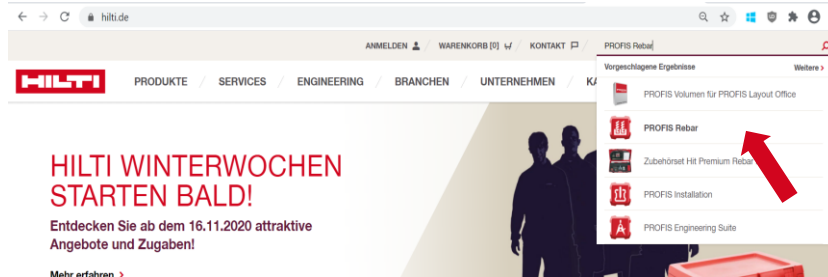
Injizieren



WIE KOMMEN SIE ZU PROFIS REBAR...

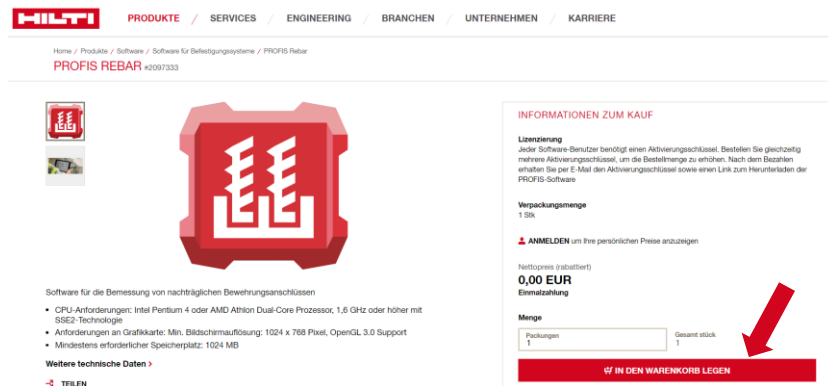
1

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



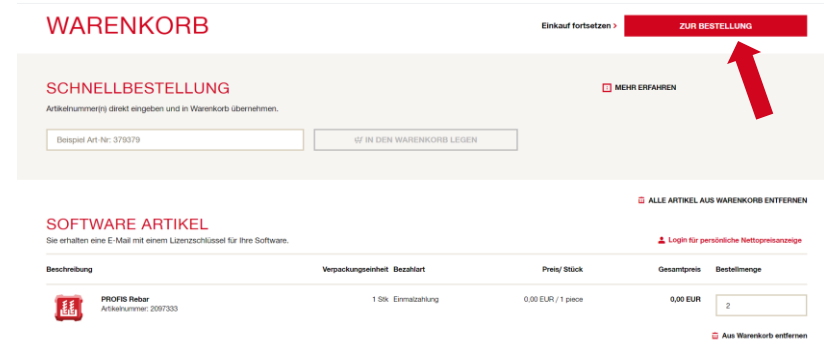
2

Legen Sie PROFIS Rebar in den Warenkorb



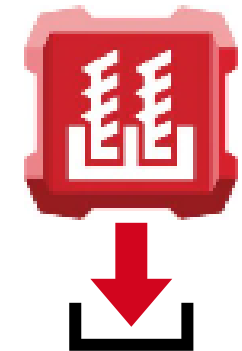
3

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

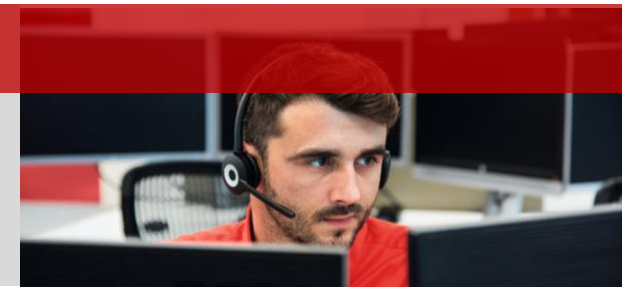


- HILTI Technische Berater
- HILTI Verkaufsberater

TELEFONISCH oder E-MAIL

0800 888 55 22 / Planer-Support@hilti.com

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 → Services → Schulungen → Live-Webinare

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT