

Nachträgliche Bewehrungsanschlüsse: sichere Bemessung nach EC2 und TR 069.

Whitepaper für
Tragwerksplaner und Statiker.



Inhalt.

Whitepaper „Nachträgliche Bewehrungsanschlüsse“

Bewehrungen im Stahlbetonbau.

Von der Entdeckung bis zu nachträglichen Anschlüssen.

03

Nachträgliche Bewehrungsanschlüsse.

Status quo in der Praxis.

04

Anwendungsgrenzen nach EC2 Teil 1-1.

06

Nachträgliche Bewehrungsanschlüsse nach TR 069.

Eine kurze Einführung.

08

Neue Bemessungsmethode TR 069.

Aufbau und Inhalte.

10

Unterschiede im Vergleich zu EN 1992-1-1.

11

Bemessung nachträglicher, biegesteifer Anschlüsse.

12

Berücksichtigung der Verbund-Spalt-Theorie.

13

Bemessungsmethoden im Vergleich.

EC2 Teil 1-1, EC2 Teil 4 und TR 069.

14

Lösungen für nachträgliche Anschlüsse.

Kompakte Entscheidungshilfe für Tragwerksplaner und Statiker.

15

fischer FiXperience.

Mit dem Modul REBAR-FIX nachträgliche Bewehrungsanschlüsse sicher bemessen.

16

fischer Services.

Alles aus einer Hand.

18

Zusammenfassung Whitepaper.

19

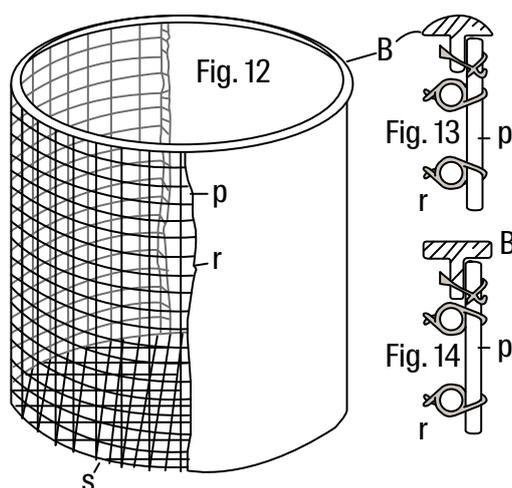
Herausgeber Whitepaper: fischerwerke GmbH & Co. KG, Klaus-Fischer-Straße 1, 72178 Waldachtal, Deutschland, T + 49 7443 12 – 0, info@fischer.de; Annika Armbruster (Projektleitung). **Konzeption, Produktion & Layout:** Kresse & Discher GmbH, Content Marketing, Offenburg; Marcus Stradinger (Projektleitung), Astrid Paz (Grafik-Design). **Text:** Oliver Ernst und Daniel Heiß (fischer), Dennis Müller und Marcus Stradinger (Kresse & Discher). **Fotos & technische Zeichnungen:** fischer (22), BetonBild (S. 3), Alamy Stock Foto (S. 3), WestPic / Adobe Stock (S. 13), Alexander Lindorf (S. 13). **Veröffentlichung Whitepaper:** 2022

Bewehrungen im Stahlbetonbau.

Von der Entdeckung bis zu nachträglichen Anschlüssen.

Ob beim Brücken- und Tunnelbau, der Herstellung von Ringankern und Fundamenten sowie bei Decken- oder Wandkonstruktionen – Stahlbeton hat heute **vielfältige Einsatzgebiete**. Dies liegt vor allem daran, dass der Verbundwerkstoff verglichen mit unbewehrtem Beton neben einer hohen Druck- auch eine gute Zugfestigkeit besitzt. Damit können mit Stahlbeton auch biege- und zugbeanspruchte Bauteile realisiert werden.

Zum ersten Mal entdeckt wurde die Funktion von Eisen in Beton etwa Mitte des 19. Jahrhunderts. Der Gärtner und Unternehmer **Joseph Monier** aus Frankreich experimentierte damit, aus einer Art Betonmischung Pflanzkästen für



Joseph Monier suchte in seinen Experimenten nach einem Ersatz für nicht dauerhafte Pflanzkästen aus Holz. Skizzen aus jener Zeit belegen das.

transportable Orangenbäumchen zu fertigen. Als er bemerkte, dass Gefäße aus reiner Betonmischung nicht stabil genug waren, gab er ein Drahtgewebe hinzu und übergoss es mit der Betonmischung. Dieser Moment gilt als Geburtsstunde des Eisenbetons – heute als Stahlbeton bekannt.

Stahlbeton heute

Auch auf heutigen Baustellen wird die Bewehrung meist in Form von Betonstabstahl und Betonstahlmatten noch vor dem Betonieren eingelegt. Dabei berücksichtigt der planende Ingenieur den Kräfteverlauf im Bauwerk und passt die erforderliche Bewehrung daran an. Bei der einzulegenden Bewehrung kommt den Bereichen, an denen die Bewehrung endet und wo sie gestoßen werden muss, eine besondere Bedeutung zu. Die **Endverankerungen und Übergreifungsstöße** müssen entsprechend nachgewiesen werden. Dabei können die Stabenden als gerades Stabende, Haken, Schlaufen oder bei Endverankerungen mit angeschweißtem Querstab ausgeführt werden. Dies hat Einfluss auf die Verankerungslänge. Große Betonbauteile können oftmals nicht in einem Arbeitsschritt betoniert werden. An den so entstehenden Arbeitsfugen wird die erforderliche Anschlussbewehrung entsprechend durch die Schalung fortgeführt, um später den angrenzenden Betonierabschnitt kraftschlüssig mit dem vorhergehenden verbinden zu können.



Der französische Gärtner **Joseph Monier** gilt als Erfinder des Eisenbetons – des heutigen Stahlbetons. Mehr durch Zufall stellte er um 1849 zum ersten Mal bewehrten Beton her.

Kraftfluss in Stahlbetonbauteilen

Im Stahlbeton nimmt der Beton die Druckkräfte auf, während die Zug- und Biegezugkräfte von der Stahlbewehrung (meist in Form von Matten oder Stäben) übernommen werden. In stark druckbeanspruchten Bauteilen wird auch die Bewehrung für den Abtrag der Druckkräfte angesetzt.

Nachträgliche Bewehrungsanschlüsse. Status quo in der Praxis.

Nachträgliche bauliche Änderungen führen oft zu einer Änderung des statischen Systems, auf die die vorhandene Bewehrung nicht ausgelegt ist. Die für das neue statische System fehlende Bewehrung muss ergänzt werden. Eine kraftschlüssige Fortführung der Bewehrung ist in diesen Fällen nur mit großem Aufwand möglich, indem Teile der Bewehrung im bestehenden Bauteil freigelegt werden. **Kosten- und zeitintensive Teilabbrüche** sind nötig, wenn die spätere Fortführung der Bewehrung nicht schon in der Planungsphase, etwa durch einen Rückbiegeanschluss, Kopfbolzen mit Innengewinde oder Schraubmuffen vorgesehen wurde.

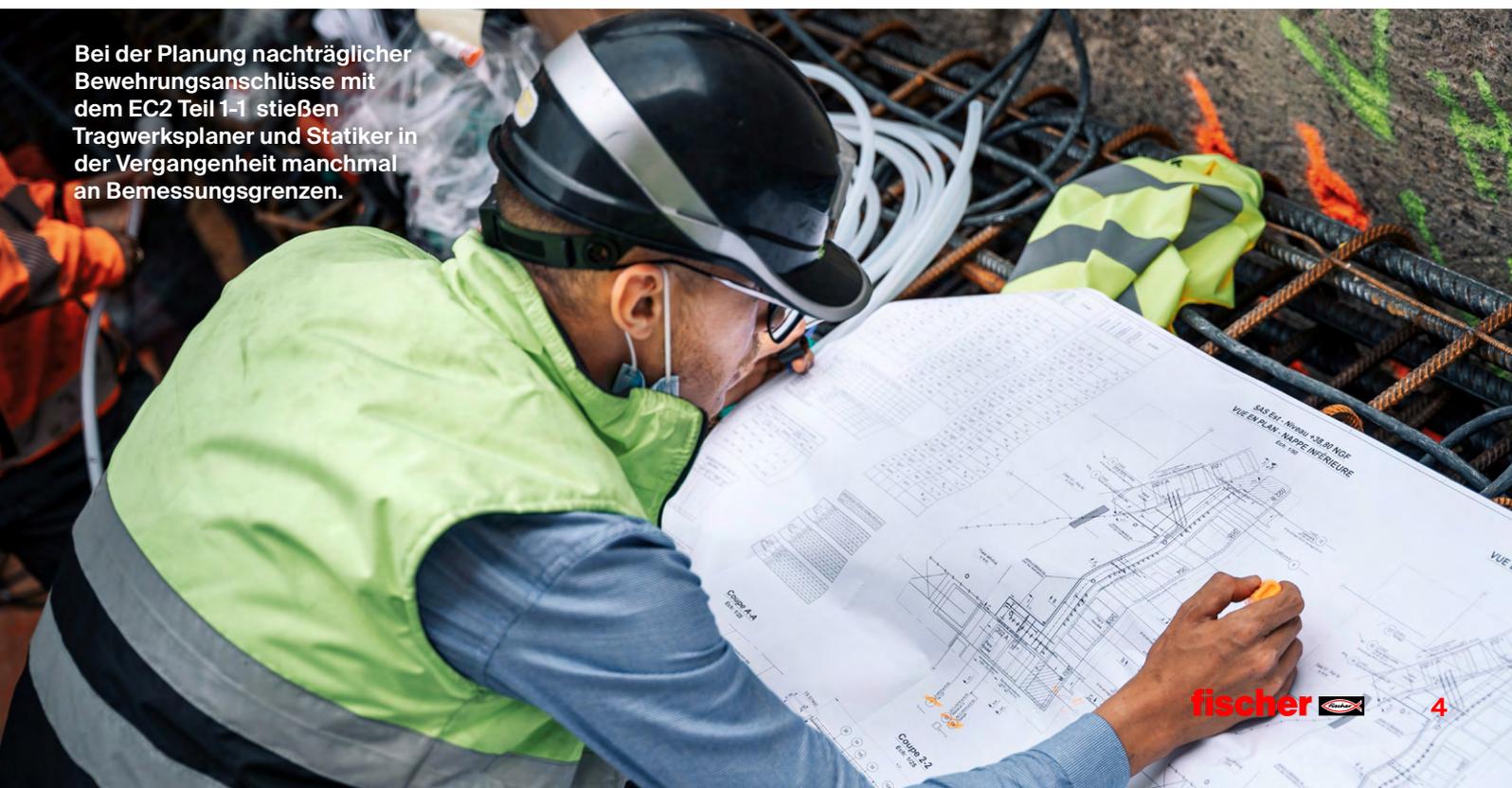
Beschädigungen von hervorstehenden Anschlussstäben können zum Beispiel durch Baustellenverkehr sehr leicht entstehen. Umgebogene Stäbe dürfen nicht einfach zurückgebogen werden, da plastische Verformungen die Tragfähigkeit des Stahls

massiv reduzieren. Im Bauablauf störende Stäbe sollten deshalb – wenn möglich – erst zu einem späteren Zeitpunkt gesetzt werden.

Übergreifungsstoß vs. Endverankerung

Eine Übergreifung dient dazu, zwei Bewehrungsstäbe durch eine planmäßige Überlappung der Enden kraftschlüssig zu verbinden und so eine Verlängerung des Bewehrungsstabs zur Weiterleitung von Zug- oder Druckkräften zu ermöglichen. Sind im Bewehrungsstab im Bereich der Anschlussfuge keine Kräfte vorhanden, dann können Endverankerungen ohne Übergreifung ausgeführt werden.

Bei der Planung nachträglicher Bewehrungsanschlüsse mit dem EC2 Teil 1-1 stießen Tragwerksplaner und Statiker in der Vergangenheit manchmal an Bemessungsgrenzen.



Dr. Jörg Asmus
betreibt seit 2004
mit seinem Partner
Prof. Dr. Elgehausen
ein Ingenieurbüro im
Raum Stuttgart.



»Sowohl EC2 Teil 1-1 als auch TR 069 schließen Lücken bei der Sanierung von Stahlbetonkonstruktionen. Neben einer sorgfältigen Planung haben sich speziell Schulungen für Monteure sowie die Zertifizierung der Betriebe für eine ordnungsgemäße Ausführung bewährt.«

Dr. Jörg Asmus

Geschäftsführer des Ingenieurbüros IEA in Stuttgart

Nachträgliche Bewehrungsanschlüsse.

Anwendungsgrenzen nach EC2 Teil 1-1.

Bemessung nach EC2 Teil 1-1

Für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse gelten die Regeln des Stahlbetonbaus. Die Bemessung erfolgt somit nach **Teil 1-1 des EC2**. Die einzusetzenden Injektionsmörtelsysteme benötigen zwar eine **Europäische Technische Bewertung (ETA)**, diese bezog sich jedoch hinsichtlich der Bemessung bislang immer auf den EC2 Teil 1-1. Die Bemessung nachträglicher Bewehrungsanschlüsse mithilfe eines Injektionsmörtelsystems verläuft also analog zu der bei einbetonierten geraden Betonstabstählen.

Konkrete Anwendungsgrenzen

Durch dieses Vorgehen blieb die Bemessungsrichtlinie auch mit Blick auf die **Verbundspannung f_{bd}** limitiert. Prinzipiell können Bewehrungsstäbe ohne oder mit Anschlussbewehrung eingemörtelt werden. Im ersten Fall handelt es sich um klassische Endverankerungen, im zweiten spricht man von sogenannten Übergreifungsstößen. Die ETAs schreiben auf Basis des

EC2 Teil 1-1 für Anschlussbewehrungen in zugbeanspruchten Verbindungen jedoch explizit **Übergreifungen** auf die vorhandene Bewehrung im Bestandsbauteil vor. Ein Verzicht auf die Übergreifungsbewehrung, indem zum Beispiel mittels **Dübeltheorie** die Zugtragfähigkeit des Betons ausgenutzt wird, ist laut EC2 Teil 1-1 nicht zulässig.

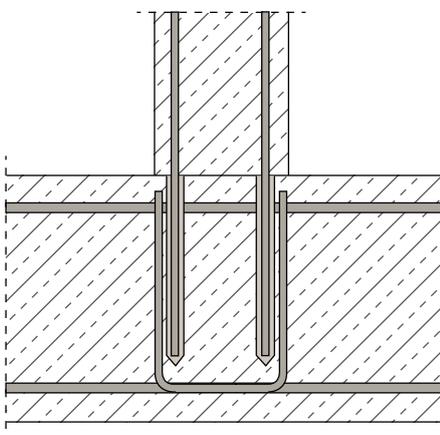
Lediglich nach **EN 1992-4** – also gemäß Dübeltheorie – sind solche Anschlüsse in begrenzter Anordnung für bis zu $3 \times 3 = 9$ Anker geregelt. Dazu später noch mehr. Wenn ein biegesteifer Stahlbetonanschluss hergestellt werden musste, dann war dieser bislang mittels eines Übergreifungsstoßes auszubilden, was Tragwerksplaner und Statiker vor ein paar praktische Herausforderungen stellte. Mussten sie doch innerhalb der engen Vorgaben der Norm die Auswirkungen auf den Bauablauf, die Wirtschaftlichkeit und den Arbeitsschutz auf der Baustelle berücksichtigen.

Anwendungsgrenzen von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen im Überblick

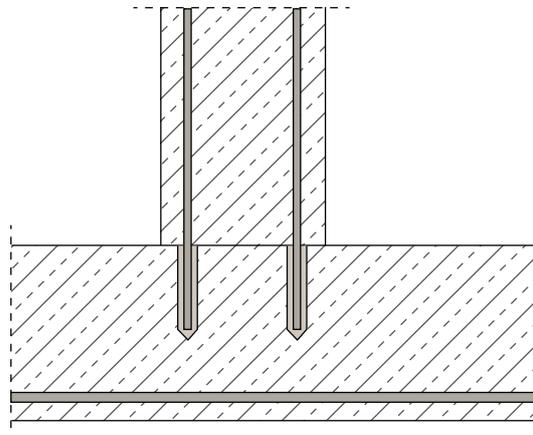
Die **Bemessung** nachträglicher Bewehrungsanschlüsse nach EN 1992-1-1 verläuft analog zu der bei einbetonierten, geraden Betonstabstählen.

Kosten- und zeitintensive Teilabbrüche können zur Herstellung eines biegesteifen Bewehrungsanschlusses erforderlich werden.

Sehr große, nicht ausführbare Verankerungslängen, da bei nachträglichen Bewehrungsanschlüssen nur gerade Stabenden ohne Haken oder Schlaufen verbaut werden können.



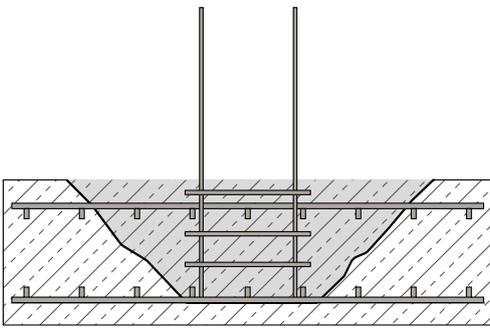
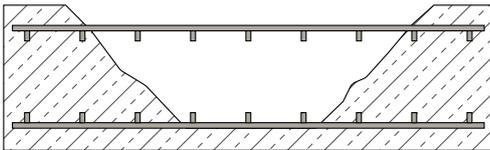
Schematische Darstellung einer Bodenplatte bzw. eines Fundaments inklusive vorhandener Anschlussbewehrung.



Schematische Darstellung einer Bodenplatte ohne vorhandene Anschlussbewehrung.

Hürden auf der Baustelle

So sind etwa Anschlussbewehrungen im Bestandsbauteil manchmal nicht an der richtigen Stelle platziert oder fehlen ganz. Das liegt unter anderem an nicht geplanten Änderungen oder Ausführungsfehlern. Will man daraufhin regelkonform nach EC2 Teil 1-1 weiterarbeiten, muss der jeweilige Bereich des Bewehrungsanschlusses freigelegt und



Um einen nachträglichen Übergreifungsstoß gemäß EC2 Teil 1-1 regelkonform ausführen zu können, musste bislang zunächst der Anschlussbereich freigelegt werden, ehe die Anschlussbewehrung eingesetzt wird. Dies war jedoch sehr kosten- und zeitintensiv.

die Bewehrung neu angeschlossen werden, um eine regelkonforme Übergreifung realisieren zu können. Nach bisheriger Regelung waren **biegesteife Verbindungen** ohne Übergreifungsstoß als nachträglicher Bewehrungsanschluss nicht bauaufsichtlich geregelt.

Einige Besonderheiten bei der Planung von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen

Wie bereits erwähnt, verläuft die **Bemessung** nachträglicher Bewehrungsanschlüsse nach EN 1992-1-1 analog zur Bemessung einbetonierter Stäbe. Allerdings können nur gerade Stabenden ohne Haken oder Schlaufen verbaut werden. Und auch das nachträgliche Einbringen von Bewehrungsmatten ist nicht möglich. Das führt teilweise zu **sehr großen Einbindetiefen der Stäbe**. Grundsätzlich kann das Herstellen eines nachträglichen Bewehrungsanschlusses mit Injektionsmörtel nur durch geschultes Personal erfolgen. In Deutschland ist hierfür eine **Zertifizierung des Betriebs und der ausführenden Handwerker** verpflichtend.

Typische Fehler bei der Ausführung nachträglicher Bewehrungsanschlüsse:

- Die tatsächliche Bestandsbewehrung stimmt nicht mit der rechnerisch angenommenen Bestandsbewehrung überein.
- Das Personal auf der Baustelle ist nicht ausreichend geschult.
- Beim Bohren wurde die vorhandene Bewehrung beschädigt oder gar durchbohrt.
- Die Anschlussfuge wird nicht ausreichend aufgeraut.
- Das Bohrloch wurde nur unzureichend gereinigt.
- Beim Verfüllen des Bohrlochs mit Injektionsmörtel wurden Luftblasen eingeschlossen.

Die traditionelle Methode zum Einbau nachträglicher Bewehrungsanschlüsse nach EC 2 Teil 1-1 hat für Tragwerksplaner und Statiker ein paar Tücken.



Nachträgliche Bewehrungsanschlüsse nach TR 069.

Eine kurze Einführung.

Im Neubau werden Übergreifungsstöße an einem biegesteifen Anschluss für Wände, Decken oder Stützen durch den Einbau von **L- oder u-förmigen Bewehrungsstäben** an einer genau definierten Stelle realisiert.

Biegesteife Betonverbindung gefordert?

Zwei Beispiele aus der Praxis: In bisherigen ETAs für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse und gemäß der Bemessung nach EC2 Teil 1-1 sind lediglich **die rein auf Druck belasteten Stützen** geregelt. Derartige

Konstruktionen kommen allerdings in der Realität kaum vor. Handelt es sich also um eine Stütze mit biegesteifem Anschluss, so reicht eine Endverankerung nicht aus. Nach EC2 Teil 1-1 ist die Herstellung einer Übergreifung notwendig.

In einem weiteren Anwendungsfall decken die konkreten Regelungen des EC2 Teil 1-1 bei einer **Lagerung „Decke an Wand“** ausschließlich gelenkig angeschlossene Decke-Wand-Verbindungen ab. Das führt zu einer gewissen Einschränkung der Anwendungsfelder für Tragwerksplaner.

I Der neue EOTA¹⁾ Technical Report TR 069 erlaubt die Bemessung von nachträglichen, biegesteifen Bewehrungsanschlüssen, die nicht als Übergreifungsstoß ausgeführt werden müssen.

1) European Organisation for Technical Assessment



Ein nachträglich eingemörtelter Bewehrungsstab auf einer Baustelle.

Fehlende Bestandsbewehrung für Übergreifungsstöße

Liegt vor Ort keine Bestandsbewehrung vor, die für einen Übergreifungsstoß genutzt werden kann, so mussten Planer bislang, mangels Alternativen, auf die Bemessung nach **Dübeltheorie** (EC2 Teil 4) zurückgreifen. Dies ist nicht unproblematisch. Denn der Ansatz weicht sowohl bei Lastrichtung und Lasteinleitungsmechanismus als auch bei minimaler Betondeckung oder zulässigen Verankerungstiefen grundlegend von der **Bewehrungstheorie** (EC2 Teil 1-1) ab. So besteht die Gefahr, dass Bewehrungs- und Dübeltheorie falsch angewendet werden. Auch die unterschiedlich zu erwartenden Verformungen dürfen hier nicht außer Acht gelassen werden.

Nachträgliche Bewehrungsanschlüsse spielen gerade auf großen Baustellen wie dem Métro-Prestigeprojekt „Le Grand Paris“ eine zentrale Rolle.



Bis 2030 soll der Schienennetzausbau des Bauprojekts „Le Grand Paris“ im Herzen der Hauptstadt abgeschlossen sein.

Neue Bemessungsmethode TR 069.

Aufbau und Inhalte.

Auf Basis der bisherigen Vorgehensweise nach EC2 Teil 1-1 war es bereits möglich, nachträgliche Bewehrungsanschlüsse sowie gelenkige Anschlüsse in Form einer Endverankerung auszuführen. Mit dem neuen EOTA Technical Report **TR 069** können nun – auf europäischer Ebene – zusätzlich biegesteife Bewehrungsanschlüsse als Endverankerung umgesetzt werden. Eine Übergreifungsbewehrung in das jeweilige Bestandsbauteil ist hierbei nicht mehr erforderlich. Die daraus resultierenden, neuen Anwendungen lassen sich im Wesentlichen in **drei Bereiche** unterteilen:

1. Stütze oder Wand an Fundament oder Fundamentplatte.
2. (Decken-)Platte oder Balken bzw. Unterzug an Wand.
3. Balken bzw. Unterzug an Stütze.

Einsatzfelder des TR 069

Das im TR 069 beschriebene Bemessungsverfahren deckt momententragfähige Verbindungen unter

statischer und quasistatischer Belastung ab. Hingegen werden seismische Belastungen, dynamische Ermüdungseinflüsse oder Brandeinwirkungen bislang nicht behandelt.

Grundsätzlich berücksichtigt dieser Technical Report dabei sowohl die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit wie auch für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit. Die örtliche Lasteinleitung in Betonbauteile wird nach TR 069 nachgewiesen – der Nachweis zur Lastweiterleitung im Bauteil ist separat gemäß EN 1992-1-1 zu führen.

Ferner berücksichtigt die Bemessung nach TR 069 nur **Zugkräfte**. Es sind die Nachweise gegen Stahlversagen, Betonausbruch und Verbundspaltversagen zu führen. **Querkräfte** werden i. d. R. durch die aufgeraute Betonfuge übertragen. Alternativ können direkte Auflager in Form einer Knagge oder Teilauflage auf einer Wand ausgebildet werden.

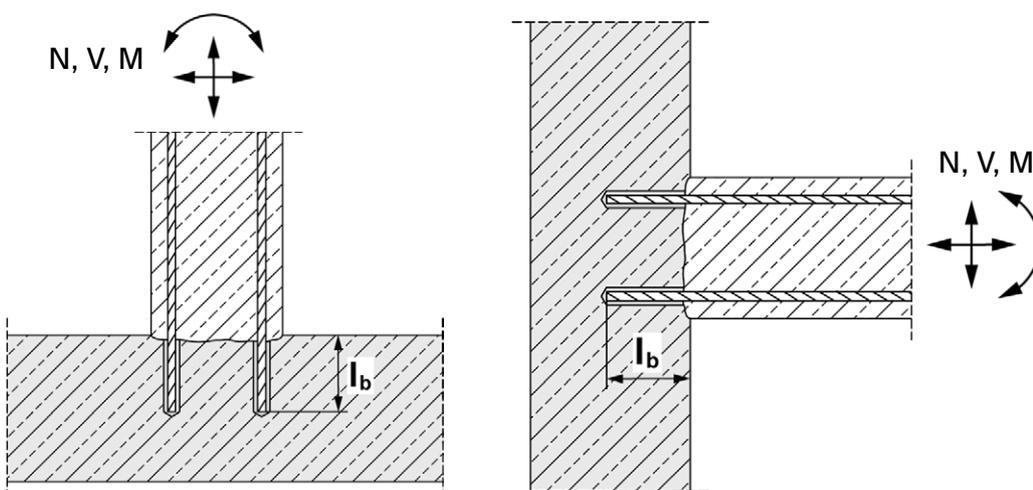
Bemessungskonzept nach TR 069

Der resultierende Bemessungswert der Tragfähigkeit R_d nach TR 069 wird aus den Tragfähigkeiten der einzelnen Versagensarten (Stahl-, Beton- und Spaltversagen) ermittelt. Maßgebend wird der kleinste Wert der Tragfähigkeiten.

$$R_d \leq \min(N_{Rd,y}; N_{Rd,c}; N_{Rd,sp})$$

Dieser muss mindestens dem Bemessungswert der Einwirkung E_d entsprechen.

$$E_d \leq R_d$$



Das im TR 069 beschriebene Bemessungsverfahren deckt viele Anwendungsfälle ab. Dazu zählen zum Beispiel biegesteife Bewehrungsanschlüsse wie Stützen auf einem Fundament (Abbildung links) und Träger an einer Stütze (Abbildung rechts).

Neue Bemessungsmethode TR 069. Unterschiede im Vergleich zu EN 1992-1-1.

Der TR 069 erlaubt die Bemessung **momententragfähiger Verbindungen** mit nachträglich eingemörtelten Bewehrungsstäben. Hierfür muss jedoch explizit eine entsprechende Qualifizierung des Injektionssystems auf Basis des **Europäischen Bewertungsdokument (EAD 332402-00-0601)** vorliegen.

Ferner unterscheidet sich der TR 069 im Vergleich zur EN 1992-1-1 darin, dass die neue Bemessungsmethode die **Festigkeitsklassen (Betongüten)** im Bereich C20/25 bis C50/60 regelt. Folglich sind die niederfesten Betongüten C12/15 oder C16/20 bei der Bemessung nach TR 069 nicht zulässig.

Das Kernstück der neuen Bemessungsmethode TR 069 ist, dass **keine Anschlussbewehrung zur Lastweiterleitung** im Bestandsbauteil mehr erforderlich ist. Der Lasteinleitungsmechanismus besteht in der Ausnutzung der Betonzugtragfähigkeit. Somit ist der Nachweis des

kegelförmigen Betonausbruchs (wie nach Dübeltheorie) rechnerisch zu führen. Ebenfalls neu ist, dass der TR 069 das **Verbundspaltverhalten** von eingemörtelten Bewehrungsstäben berücksichtigt. Beim Nachweis des Verbundspaltversagens spielt hinsichtlich der Tragfähigkeit die **Betondeckung** eine wesentliche Rolle.

Hierbei zeigen Bewehrungsstäbe mit kleiner Betondeckung deutlich geringere Verbundfestigkeiten sowie ein spröderes Versagen als Bewehrungsstäbe mit großer Betondeckung. Dies ist auf das Spalten der Betondeckung bei Bauteilen mit kleiner Betondeckung zurückzuführen. Bewehrungsstäbe mit großer Betondeckung versagen durch Herausziehen.

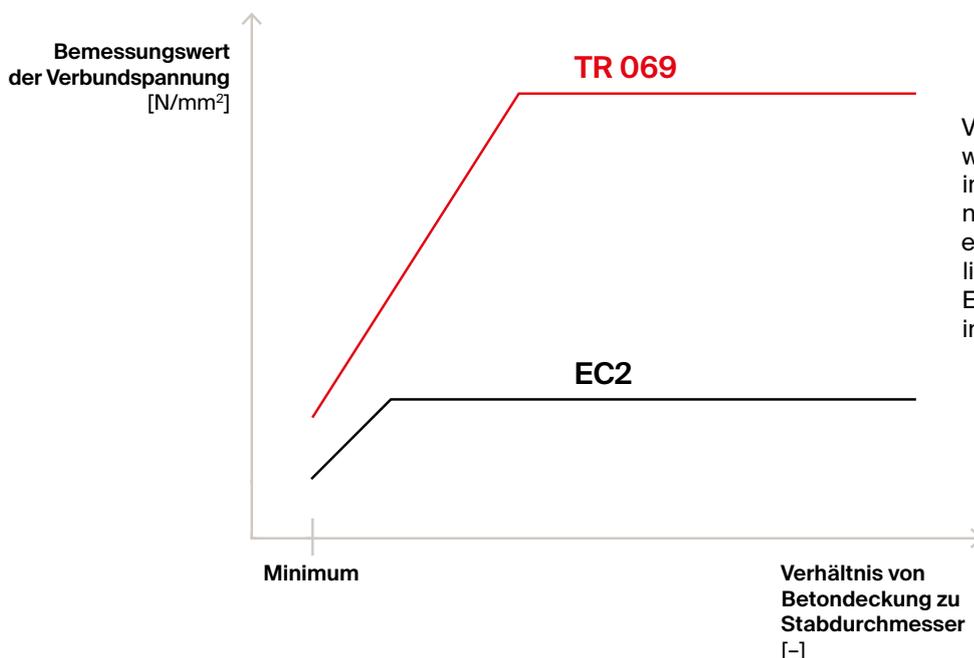
Während nach EC2 Teil 1-1 die Übertragung der Querkräfte durch die Betonstabstähle unter Ansatz des Bewehrungsgrads mit berücksichtigt wird, ist dies beim TR 069 nicht der Fall.

Bemessung und Nachweis nach TR 069

Der TR 069 beschränkt sich auf den Nachweis der Verankerung des eingemörtelten Bewehrungsstabs im Bestandsbauteil. Die Lastweiterleitung im Bestandsbauteil muss separat nachgewiesen werden.

Die Bemessung nach TR 069 hat ihre Stärken im Vergleich zur Bemessung nach EC2 Teil 1-1 bei:

- größeren Betondeckungen
- geringeren Bauteildicken / geringeren möglichen Verankerungstiefen
- nicht vorhandener Anschlussbewehrung im Bestand



Vergleich der Bemessungswerte der Verbundspannung in Abhängigkeit zur vorhandenen Betondeckung für einbetonierte oder nachträglich installierte Stäbe nach EC2 sowie nachträglich installierte Stäbe nach TR 069.

Neue Bemessungsmethode TR 069. Bemessung nachträglicher, biegesteifer Anschlüsse.

Wie bereits erwähnt, konnten nachträgliche, biegesteife Bewehrungsanschlüsse auch in der Vergangenheit hergestellt werden. Zumindest dann, wenn im Bestandsbauteil eine Übergreifung mit der Bestandsbewehrung bei meist großen Einbindetiefen ausführbar war.

Hingegen waren Endverankerungen ohne Übergreifung nur nachweisbar, wenn im Stab an der Stelle des Anschlusses keine axiale Kraft mehr vorhanden ist.

Der TR 069 bietet nun erstmals die Möglichkeit, **nachträgliche, biegesteife Bewehrungsanschlüsse** herzustellen – ohne dass eine Bestandsbewehrung für eine Übergreifung vorhanden ist. Dies wird durch eine Kombination der Nachweise nach **EN 1992-1-1** (Bewehrungstheorie) und **EN 1992-4** (Dübeltheorie) möglich. Die erforderlichen Nachweise sind als Übersicht in der Tabelle unten dargestellt.

Betonzugtragfähigkeit nutzen

Gemäß TR 069 ist es wie auch bei der EN 1992-4 möglich, die **Betonzugtragfähigkeit** voll auszunutzen und entsprechend rechnerisch anzusetzen. Um aber ein sprödes Versagen auch beim Nachweis nach TR 069 zu vermeiden, ist es ratsam, tief genug einzubinden, sodass als maßgebendes, gutmütiges **Versagenskriterium Stahlfließen** bei den eingemörtelten Bewehrungsstäben zu erwarten ist.

Nach TR 069 sind neben dem Nachweis gegen Stahlfließen der Nachweis gegen den kegelförmigen Betonausbruch und ein Nachweis gegen das Verbundspalten zu führen. Auch die Mindestverankerungslänge gemäß EC 2 Teil 1-1 ist einzuhalten und nachzuweisen. Damit die Nachweise nach TR 069 geführt werden dürfen, bedarf es einer **Qualifizierung des Injektionsystems** in Form einer ETA. Welche Prüfungen hierfür erforderlich sind, beschreibt das EAD 332402-00-0601.

Grenzen bei der Anwendung des TR 069

Der neue Technical Report behandelt ausdrücklich nicht die Lastweiterleitung in den Bestandsbauteilen sowie die Übertragung von Querkräften. Letztere sind zum Beispiel über die aufgeraute Fuge oder ein direktes Auflager zu übertragen und nachzuweisen. Der Nachweis der örtlichen Lasteinleitung ist jedoch erbracht und die erforderliche Verankerungslänge wird ermittelt.

Versagensart	Widerstand	Nachweis erforderlich für	
		zugbeanspruchte Gruppe von Bewehrungsstäben	höchst zugbeanspruchten Einzelstab
Widerstand gegen Stahlfließen	$N_{Rd,y} = N_{Rk,y} / Y_{Ms}$	Ja	Nein
Widerstand gegen kegelförmigen Betonausbruch	$N_{Rd,c} = N_{Rd,c} / Y_{Mc}$	Ja	Nein
Widerstand gegen Verbundspalten	$N_{Rd,sp} = N_{Rk,sp} / Y_{Msp}$	Ja	Ja

Neue Bemessungsmethode TR 069. Berücksichtigung der Verbund-Spalt-Theorie.

Durch eine Zugkraft im Bewehrungsstab und die Weiterleitung über den Injektionsmörtel sowie den umgebenden Beton entsteht eine Spaltkraft im Beton. Ursächlich hierfür sind **Umlenkkräfte**, die der Bewehrungsstab mit seinen Rippen im Beton hervorruft. Ist keine entsprechende Bewehrung zur Aufnahme



Gerippter Betonstabstahl B500 am Bau.

von Spaltkräften vorhanden, muss dies zwingend in der Bemessung berücksichtigt werden. Insbesondere bei randnaher Verankerung (geringe Betondeckung) werden die **Spaltkräfte** oft maßgebend.

Hierfür wird der Nachweis für Verbundspaltversagen geführt. In diesem wird eine **Verbundspaltspannung** $T_{Rk,sp}$ an der eingemörtelten Mantelfläche des Bewehrungsstabs berechnet. Dabei fließen für die Ermittlung von $T_{Rk,sp}$ Faktoren für den verwendeten Injektionsmörtel, die Betonfestigkeit, der Bewehrungsstab-

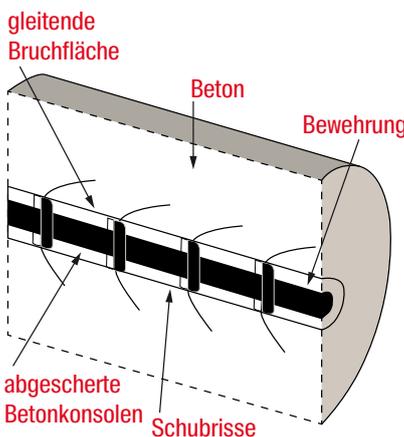
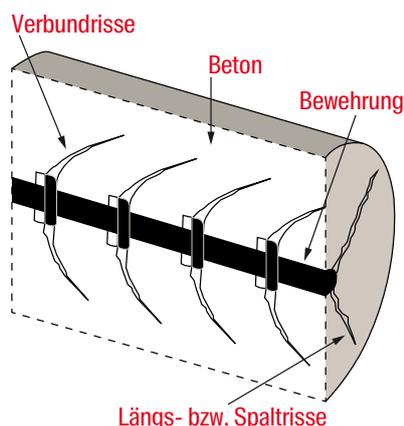
durchmesser, die Betondeckung der Querbewehrung sowie des Querdruks senkrecht zur Achse des Bewehrungsstabs und die Verankerungslänge ein. Diese Faktoren werden für jedes System, das für nachträgliche, biegesteife Bewehrungsanschlüsse zugelassen werden soll, individuell ermittelt und sind in der jeweiligen ETA (Europäische Technische Bewertung) des Produkts zu finden.

Gedeckelt wird die Verbund-Spalt-Spannung durch die **Verbundspannung** $T_{Rk,ucr}$ für ungerissenen Beton. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Tragfähigkeit des biegesteifen Bewehrungsanschlusses die Tragfähigkeit einer Dübelverankerung nicht übersteigt. Nachdem die erforderliche Verankerungslänge mit den Nachweisen für kegelförmigen Betonausbruch und für Verbundspaltversagen ermittelt wurde, wird abschließend noch überprüft, dass die ermittelte Verankerungslänge nicht kürzer als die Mindestverankerungslänge $l_{b,min}$ nach **EN 1992-1-1** ist. Damit ist der Nachweis der lokalen Lastenleitung erbracht. Die Weiterleitung der Lasten aus dem biegesteifen Anschluss im Bestandsbauteil ist analog der **Dübeltheorie (EN 1992-4)** gesondert nachzuweisen.

Komponenten des Verbundversagens

Das Verbundversagen lässt sich in Spaltrissversagen, also Versagen durch Spalten des Betons (bei geringer Betondeckung), sowie in Scherbruchversagen (Abscheren der Betonkonsolen – bei größerem Randabstand) mit anschließendem Herausziehen des Bewehrungsstabs unterteilen.

I Der **TR 069** ermöglicht Planern den Nachweis eines biegesteifen Bewehrungsanschlusses bei relativ geringer Einbindetiefe (somit auch in relativ dünnen Bauteilen) und ohne Anschlussbewehrung im Bestandsbauteil.



Wird die Betondeckung oder der Randabstand vergrößert, geht das Spaltrissversagen (Abbildung links) eines einbetonierten Bewehrungsstabs in ein Scherbruchversagen (Abbildung rechts) über. Werden Bewehrungsstäbe randnah bzw. mit geringer Betondeckung verankert, tritt also ein verändertes Verbundspaltverhalten auf. Dieses wird nun in den Bemessungsnachweisen nach TR 069 berücksichtigt.

Quelle: Alexander Lindorf (2011): Ermüdung des Verbundes von Stahlbeton unter Querzug.

Bemessungsmethoden im Vergleich.

Heute lassen sich für viele Anwendungen nachträgliche Bewehrungsanschlüsse nach EC2 herstellen. Oft reicht es aus, die Bewehrungsstäbe nur relativ kurz einzubinden. Etwa dann, wenn eine kleine Deckenöffnung geschlossen werden soll. Es gilt zu klären, ob Querkräfte vorhanden sind, zusätzlich Zugkräfte auftreten oder ein biegesteifer Momentenanschluss erforderlich ist bzw. ob eine weiterführende Bewehrung im Bestandsbauteil vorhanden ist. Diese Punkte haben einen Einfluss, welches Bemessungsverfahren angewandt werden darf oder muss.

Bewehrungstheorie

Die Lasten in eingemörtelten Bewehrungsstäben werden über Druckstreben im Beton in die Bewehrung eingeleitet. Dabei werden die nachträglich eingemörtelten Stäbe wie einbetonierte Stäbe behandelt. Bewehrungsstäbe können laut **Bewehrungstheorie (EN 1992-1-1)** mit und ohne Anschlussbewehrung eingemörtelt werden.

Dübeltheorie

EN 1992-4 nutzt nur die Zugfestigkeit des Betons aus. Die Verbundspannungen sind hier deutlich höher als nach Bewehrungstheorie und Verankerungstiefen vom 4- bis zum 20-Fachen des Stabdurchmessers d_s sind geregelt. Anders als in der Bewehrungstheorie können neben den Zuglasten auch Querkräfte übertragen werden.

TR 069

Der **TR 069** schließt die Lücke zwischen der Bewehrungs- und der Dübeltheorie und nutzt Elemente aus beiden „Welten“. So können nun auch **biegesteife Bewehrungsanschlüsse** nachträglich ausgeführt werden. Auch dann, wenn keine Anschlussbewehrung im Bestandsbauteil vorhanden ist und nur relativ kurze Einbindetiefen möglich sind. Dies ist möglich, da die Verbundspannungen deutlich höher als nach der Bewehrungstheorie sind.

Detailliertes Vorgehen bei der Dübeltheorie

Nach der Dübeltheorie sind Nachweise getrennt nach Lastrichtung für Zugbeanspruchungen (Nachweise für Stahlversagen, Herausziehen bzw. Verbundversagen, kegelförmiger Betonausbruch und Spaltversagen) sowie für Querbeanspruchungen (Nachweise für Stahlversagen, rückwärtiger Betonausbruch und Betonkantenbruch) zu führen. Final muss zusätzlich ein Interaktionsnachweis geführt werden, der berücksichtigt, dass Zug-/Querbeanspruchungen zeitgleich auftreten können. Die Dübeltheorie regelt jedoch bislang nicht die Befestigung eines Betonbauteils an einem anderen Betonbauteil.

Merkmale der Bemessungsverfahren (Vergleichsfragen)	Nachträglicher Bewehrungsanschluss (EN 1992-1-1)	Dübelanschluss (EN 1992-4)	Biegesteifer nachträglicher Bewehrungsanschluss (TR 069)
Ist eine Anschlussbewehrung / weiterführende Bewehrung erforderlich?	Ja	Nein	Nein
Wie groß ist der erforderliche Randabstand für hohe Zuglasten?	Sehr gering	Groß	Groß
Wie groß sind zu erwartende Verschiebungen?	Sehr gering	Gering	Gering
Wie groß ist die erforderliche Einbindetiefe für eine leistungsstarke Verankerung unter Zuglast?	Ziemlich groß	Nicht sehr groß	Nicht sehr groß
Wie groß ist die erforderliche Bauteildicke (in Richtung der Stabachse)?	Ziemlich groß	Nicht sehr groß	Nicht sehr groß
Müssen Monteure zur Ausführung zertifiziert sein?	Ja (in Deutschland)	Nein	Nein
Können auch Querlasten übertragen werden?	Nein, ist aber über Fugenrauigkeit übertragbar	Ja, über den Dübel	Nein, ist aber über Fugenrauigkeit übertragbar
Ist eine linienförmige oder freie Anordnung der Stäbe nach dieser Bemessungsvorschrift möglich?	Ja	Nein, max. 9 Dübel	Ja
Welche Mindestbetongüte gilt?	C12/15	C12/15 (Dübel-ETA noch nicht anwendbar)	C20/25
Unterscheidet dieses Bemessungsverfahren Tragfähigkeit in „gerissen“ und „ungerissen“?	Nein	Ja, geringere Tragfähigkeit bei gerissenem Beton	Ja, geringere Tragfähigkeit bei gerissenem Beton
Sind Beton-Beton-Anschlüsse geregelt?	Ja	Nein	Ja

Lösungen für nachträgliche Anschlüsse. Kompakte Entscheidungshilfe für Tragwerksplaner und Statiker.

fischer bietet verschiedene **zuge-lassene Systeme (mit ETA)** für die Erstellung von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen an.

alternativ auch mit dem **Bewehrungsanker FRA** und bei reduziertem Bohrlochreinigungsaufwand ausgeführt werden.

Die fischer Injektionsmörtel

Der **Injektionsmörtel FIS RC II** ist die einfach zu verarbeitende und preislich attraktive Lösung. Selbst unter niedrigen Temperaturen und für große Verankerungstiefen ist dieser Mörtel auch bei geringer Aushärtezeit unschlagbar. Mit dem hochwertigen **Epoxidharzmörtel FIS EM Plus** können Bewehrungsanschlüsse – auch in diamantgebohrten Löchern – bis zu einem Stabdurchmesser von 40 Millimetern sowie



Kartuschen der Injektionsmörtel FIS RC II und FIS EM Plus.

Checkliste für die Wahl Ihres Injektionssystems

- ✓ Ist eine Anschlussbewehrung vorhanden?
- ✓ Ist diese bekannt? Wird ein Bewehrungsscan der Bestandsbewehrung durchgeführt?
- ✓ Muss eine randnahe Verankerung erfolgen?
- ✓ Handelt es sich um einen biegesteifen Anschluss? Sind die Schnittkräfte bekannt?
- ✓ Handelt es sich um eine dünne Bauteildicke im Bestand? (Keine große Einbindetiefe möglich)

Bezeichnung Injektionsmörtel	FIS RC II	FIS EM Plus	
Europäische Technische Bewertung	ETA-22/0502	ETA-17/1056	ETA-22/0001
Anschluss + Nachweis nach EN 1992-1-1	Endverankerung, Übergreifungsstoß, Deckung der Zugkraftlinie	Endverankerung, Übergreifungsstoß, Deckung der Zugkraftlinie	-
Anschluss + Nachweis nach TR 069	-	-	Biegesteifer Anschluss ohne Übergreifung
Stabdurchmesser	Ø 8 – 32 mm	Ø 8 – 40 mm	Ø 8 – 40 mm
Bewehrungsanker	FRA M12 – M24	FRA M12 – M24	-
Maximale Verankerungstiefe	2.000 mm	2.000 mm	2.000 mm
Einbautemperatur im Verankerungsgrund	-10° C bis +40° C	-5°C bis +40°C	-5°C bis +40°C
Minimale Aushärtezeit	12 h – 35 Min.	200 h – 5 h	200 h – 5 h
Hammerbohren	Ja	Ja	Ja
Hohlbohren	Ja	Ja	Ja
Diamantbohren	Nein	Ja	Nein
Trockenes und nasses Bohrloch	Ja	Ja	Ja
Wassergefülltes Bohrloch	Nein	Nein	Ja
Bohrlochreinigung bei Hammerbohren	2x Ausblasen, 2x Bürsten, 2x Ausblasen	4x Ausblasen	2x Ausblasen, 2x Bürsten, 2x Ausblasen
100 Jahre Nutzungsdauer	Ja	Ja	Ja
Anwendung unter Erdbebeneinwirkung	Nein	Ja	Nein
Anwendung unter Brandbeanspruchung	Ja	Ja, R30 – R240	Nein

Welcher Mörtel passt für Ihren Anwendungsfall? Unsere Übersichtstabelle vergleicht die fischer Injektionssysteme anhand diverser Leistungskriterien.

fischer FiXperience.

Mit dem Modul REBAR-FIX nachträgliche Bewehrungsanschlüsse sicher bemessen.

Je nach Möglichkeit und Anforderungen vor Ort ermöglicht das Programm **REBAR-FIX** die Nachweise nach den verschiedenen Normen und Vorschriften. So ist etwa neben dem **EC2 Teil 1-1** für Endverankerungen, Zugkraftdeckungen und Übergreifungsstößen auch der Nachweis nach dem **EOTA TR 069** für biegesteife Anschlüsse ohne weiterführende Bewehrung im Bestandsbauteil möglich. Abgerundet wird das Ganze durch eine ingenieurmäßige Methode (ENSO) für einige weitere Sonderfälle. Somit steht für fast jede erdenkliche Bemessungssituation die erforderliche Software-Lösung zur Verfügung.

Nach unserem Selbstverständnis als **ganzheitlicher Systemanbieter** unterstützen wir Tragwerksplaner und Statiker bei der Planung und Bemessung unterschiedlichster Anschlusskonstellationen im Bereich nachträglicher Bewehrungsanschlüsse.

Prüffähige Nachweise erstellen

Das Modul **REBAR-FIX** als Bestandteil der Bemessungs- und Konstruktionssoftware **FiXperience** dient der einfachen und zuverlässigen Bemessung von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen im Stahlbetonbau. Sie können hierbei zwischen verschiedensten Anschlussformen, wie etwa Platte/Platte mit Auflager, Platte/Wand, Wand/Wand oder Wand/Fundament, auswählen. Je nach Szenario bietet Ihnen das Tool daraufhin klar definierte Anschlusssituationen, aufbauend auf den verschiedenen Vorschriften. So können Sie schnell und sicher einen prüffähigen Nachweis für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse erstellen.

Weitere Vorteile von REBAR-FIX

Neben den genannten Features werden in der Software **Brandschutz-nachweise** nach europäischer Norm EN 1992-2 sowie **statische Nachweise** nach EN 1992-1 berücksichtigt.



REBAR-FIX

Jetzt das Modul **REBAR-FIX** in der fischer Software **FiXperience** **kostenlos ausprobieren!**

Hier geht's zu **FiXperience**



FiXperience unterstützt Planer, Statiker und Handwerker sicher und zuverlässig beim Bemessen ihrer Projekte.

I Mit **REBAR-FIX** bietet fischer ein innovatives Programm zur Bemessung von nachträglichen Bewehrungsanschlüssen im Stahlbetonbau, das zusätzlich eine Nachweisführung nach TR 069 erlaubt.



Seit über 20 Jahren ist Dr. Christian Schlenk für fischer am Produktionsstandort für chemische Befestigungssysteme in Denzlingen in verschiedenen Rollen tätig.

» Wir entwickeln leistungsstarke und anwenderfreundliche Systemlösungen für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse. So tragen wir zur einfachen Montage bei und bieten darüber hinaus Beratungsleistungen sowie eine eigene Bemessungssoftware.«

Dr. Christian Schlenk

Leiter Entwicklung in der Business Unit Chemie bei fischer

fischer Services. Alles aus einer Hand.

Die **Experten** von der technischen Beratung sind von Montag bis Freitag auf allen Kanälen erreichbar – per Telefon, E-Mail und Chat. Dabei erhalten **Tragwerksplaner und Statiker** kompetente Unterstützung, zum Beispiel bei Fragen rund um die Bemessung von Dübeln und nachträglichen Bewehrungsanschlüssen im Stahlbetonbau. Darüber hinaus bietet fischer Produkt-, Anwendungs- und Zertifizierungsschulungen auch für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse an und vermittelt zertifiziertes Befestigungs-Know-how. Mit Newslettern, Mailings und im persönlichen Kontakt halten wir zahlreiche Anwender und Ingenieure auf dem Laufenden.

Spezialisten im Außendienst

Sie haben ein Problem auf Ihrer Baustelle? Unsere **fischer Experten** unterstützen Sie auch gerne direkt vor Ort. Wir beraten und helfen Ihnen, nachträgliche Bewehrungsanschlüsse fachgerecht zu berechnen bzw. auszuführen. Hierbei beraten Sie unsere Experten gerne bei komplizierten Anwendungsszenarien, wie zum Beispiel fehlenden Bestandsbewehrungen. Gemeinsam versuchen wir an Ort und Stelle

nachträgliche Bewehrungslösungen zu erarbeiten, die den geltenden Bemessungsvorschriften entsprechen.



Modern: die fischer Akademie in Waldachtal.

fischer Akademie

Seit über 30 Jahren bieten wir Seminare für Profis am Bau an. Die **fischer Akademie** hat dafür Trainer, die ihr „Handwerk“ verstehen. Alle Schulungen sind auf dem neuesten Stand der Technik und informieren über aktuelle nationale und europäische Normen und Richtlinien sowie gesetzliche Vorschriften und deren Umsetzung bei Planung und Verarbeitung. Damit diese hohe Qualität erhalten bleibt, absolvieren unsere Trainer selbst Jahr für Jahr Weiterbildungs- und Trainingsmaßnahmen in **Theorie und Praxis**. Und das Beste: Alleine Sie entscheiden, ob die Weiterbildung bei uns vor Ort oder in OnlineSeminaren stattfindet.



Strahlkraft nach außen, viel Raum für Ideen im Inneren: das Klaus Fischer Kundencenter.

Schulungen für Tragwerksplaner & Statiker:

DIBt-Zertifizierung:
nachträglicher Be-
wehrungsanschluss.

[www.fischer.de/
schulung](http://www.fischer.de/schulung)



Hier geht's zu den
OnlineSeminaren



Unsere Experten in
der Anwendungs-
technik sind gerne
für Sie da!

Jetzt Kontakt zu
fischer aufnehmen.

T +49 7443 12 – 4000
(Mo. – Do.: 7:30 – 17:30 Uhr,
Fr.: 7:30 – 17:00 Uhr)

[anwendungstechnik@
fischer.de](mailto:anwendungstechnik@fischer.de)

Summary.

Zusammenfassung Whitepaper. Nachträgliche Bewehrungsanschlüsse.

Nachträglich mit Injektionsmörteln eingebaute Bewehrungsanschlüsse haben sich in jüngerer Vergangenheit im Baualltag bewährt. Inzwischen werden sie sowohl im Neubau als auch beim Bauen im Bestand eingesetzt. Typische Anwendungen sind zum Beispiel Anschlüsse neuer Wandscheiben an vorhandene Betonwände, Bodenplatten oder Betondecken, Fundament-erweiterungen sowie auch das Schließen bestehender Deckenöffnungen.

Bisherige Bemessung nach EC2 Teil 1-1

Lange Zeit erfolgte die Bemessung nachträglicher Bewehrungsanschlüsse mithilfe eines Injektionssystems gemäß den Regeln des Stahlbetonbaus analog zu den bei einbetonierten, geraden Betonstabstählen. Dies brachte Anwendungsgrenzen mit sich. Speziell mit Blick auf die Verbundspannung f_{bd} blieb dieser Bemessungsansatz limitiert. Hinzu kam, dass die ETAs auf Basis des EC2 Teil 1-1 für Anschlussbewehrungen in biegesteifen Verbindungen explizit Übergreifungen auf die vorhandene Bewehrung im Bestandsbauteil vorsahen. Nicht selten versuchten Tragwerksplaner und Statiker in der Praxis daher, mittels Dübeltheorie (EC2 Teil 4) die Zugtragfähigkeit des Betons auszunutzen, um so auf eine Übergreifungsbewehrung verzichten zu können. Diese Kombination aus Bewehrungs- und Dübeltheorie ist jedoch nach EC2 Teil 1-1 oder Teil 4 nicht zulässig. Nach bisheriger Regelung waren biegesteife Verbindungen ohne Übergreifungsstoß als nachträglicher Bewehrungsanschluss

somit nicht bauaufsichtlich geregelt. Ein neues Bemessungsverfahren war erforderlich.

Einführung des TR 069

Der TR 069 erlaubt seit Oktober 2019 die Bemessung von nachträglichen, biegesteifen Bewehrungsanschlüssen, die nicht als Übergreifungsstoß ausgeführt werden müssen. Dabei werden durch das neue Bemessungsverfahren biegesteife Verbindungen unter statischer und quasi-statischer Belastung abgedeckt. Gleichfalls berücksichtigt das Bemessungskonzept nach TR 069 sowohl die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit wie auch für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit. Zu den typischen Anwendungsfällen zählen biegesteife Momentenanschlüsse wie Stützen auf einem Fundament oder Träger an einer Stütze. Folgende Nachweise sind nach TR 069 zu führen: Stahlfließen, Betonausbruch und Verbundspaltversagen. Zudem ist noch die Einhaltung der Mindestverankerungstiefe nach EC2 Teil 1-1 zu berücksichtigen. Grundvoraussetzung, um die Betrachtung und die Nachweise nach TR 069 führen zu dürfen, ist das Vorliegen einer ETA. Diese bestätigt die Qualifizierung des Injektionssystems auch unter Berücksichtigung der Verbundspalt-Tragfähigkeit.

Hilfe bei der Wahl des Injektionsmörtels

Planer erhalten alle nötigen Infos über die qualifizierten Mörtelsysteme und können so die erforderlichen Verankerungslängen mithilfe der fischer Bemessungssoftware REBAR-FIX ermitteln.

www.fischer.de



Dafür steht fischer

Befestigungssysteme
Automotive
fischertechnik
Consulting
Electronic Solutions

fischer Deutschland Vertriebs GmbH
Klaus-Fischer-Straße 1 · 72178 Waldachtal
Deutschland
T +49 7443 12 – 6000 · F +49 7443 12 – 8297
www.fischer.de · info@fischer.de

fischer Austria Gesellschaft m.b.H.
Wiener Straße 95 · 2514 Möllersdorf / Traiskirchen
Österreich
T +43 2252 53 – 730 · F +43 2252 53 – 145
www.fischer.at · office@fischer.at

Diese Publikation stellt eine allg. unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung von fischer zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalls Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen – soweit jeweils urheberrechtlich fischer zuzurechnen – bei fischer.
