

# Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

**Deutsches Institut für Bautechnik**  
ANSTALT DES ÖFFENTLICHEN RECHTS

**Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten**  
**Bautechnisches Prüfamt**

Mitglied der Europäischen Organisation für  
Technische Zulassungen EOTA und der Europäischen Union  
für das Agrément im Bauwesen UEAtc

Tel.: +49 30 78730-0  
Fax: +49 30 78730-320  
E-Mail: [dibt@dibt.de](mailto:dibt@dibt.de)

Datum: 4. Dezember 2009      Geschäftszeichen: I 11-1.36.1-5/05

Zulassungsnummer:

**Z-36.12-78**

Geltungsdauer bis:

**31. Dezember 2011**

Antragsteller:

**Bilfinger Berger AG Zentrales Labor für Baustofftechnik**  
Carl-Reiß-Platz 1-5, 68165 Mannheim

Zulassungsgegenstand:

**Verstärken von Stahlbetonbauteilen durch schubfest aufgeklebte Kohlefaserlamellen  
"Carboplus® Lamellen" nach DIN 1045-1:2008-08**



Der oben genannte Zulassungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich zugelassen. Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung umfasst 15 Seiten und vier Anlagen mit 28 Seiten. Der Gegenstand ist erstmals unter der Zulassungsnummer Z-36.12-57 allgemein bauaufsichtlich zugelassen worden.

## I. ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

- 1 Mit der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ist die Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Zulassungsgegenstandes im Sinne der Landesbauordnungen nachgewiesen.
- 2 Sofern in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Anforderungen an die besondere Sachkunde und Erfahrung der mit der Herstellung von Bauprodukten und Bauarten betrauten Personen nach den § 17 Abs. 5 Musterbauordnung entsprechenden Länderregelungen gestellt werden, ist zu beachten, dass diese Sachkunde und Erfahrung auch durch gleichwertige Nachweise anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union belegt werden kann. Dies gilt ggf. auch für im Rahmen des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) oder anderer bilateraler Abkommen vorgelegte gleichwertige Nachweise.
- 3 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung ersetzt nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen.
- 4 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung wird unbeschadet der Rechte Dritter, insbesondere privater Schutzrechte, erteilt.
- 5 Hersteller und Vertreiber des Zulassungsgegenstandes haben, unbeschadet weiter gehender Regelungen in den "Besonderen Bestimmungen", dem Verwender bzw. Anwender des Zulassungsgegenstandes Kopien der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zur Verfügung zu stellen und darauf hinzuweisen, dass die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung an der Verwendungsstelle vorliegen muss. Auf Anforderung sind den beteiligten Behörden Kopien der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zur Verfügung zu stellen.
- 6 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung darf nur vollständig vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung des Deutschen Instituts für Bautechnik. Texte und Zeichnungen von Werbeschriften dürfen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung nicht widersprechen. Übersetzungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung müssen den Hinweis "Vom Deutschen Institut für Bautechnik nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung" enthalten.
- 7 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung wird widerruflich erteilt. Die Bestimmungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung können nachträglich ergänzt und geändert werden, insbesondere, wenn neue technische Erkenntnisse dies erfordern.



## II. BESONDERE BESTIMMUNGEN

### 1 Zulassungsgegenstand und Anwendungsbereich

#### 1.1 Zulassungsgegenstand

Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erstreckt sich auf vorgefertigte Verstärkungs-laschen aus kohlenstoffaserverstärkten Epoxidharzlaminate (CFK-Laminat), genannt "Carboplus® Lamellen", und deren Verwendung bei Verstärkungen von Stahlbetonbauteilen mit oder ohne Schublaschen aus Stahl.

#### 1.2 Anwendungsbereich

Die mit einem in dieser Zulassung angegebenen Klebstoff an die Betonbauteile schubfest angeklebten "Carboplus® Lamellen" dürfen zum Nachweis der Tragfähigkeit von Stahlbetonbauteilen herangezogen werden. Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung regelt nur Verstärkungen von Biegebauteilen ohne Längskraft. Die rechnerische Gesamttragfähigkeit des verstärkten Bauteiles darf nicht größer sein als das Zweifache des unverstärkten Bauteils.

Die Verstärkungen mittels CFK-Lamellen dürfen an Normalbeton der Festigkeiten C12/15 bis C45/55 vorgenommen werden.

Bei größeren Querkraftbeanspruchungen in Betonbalken (siehe Fallunterscheidungen Anlage 1) müssen die Zuglamellen zusätzlich durch Querkraftbügel aus Stahl umschlossen werden.

Durch angeklebte CFK-Lamellen dürfen vorwiegend ruhend beanspruchte Bauteile verstärkt werden. Nicht zulässig ist die Anwendung bei nicht vorwiegend ruhenden Verkehrslasten gemäß DIN 1055-100<sup>1</sup>, Abschnitt 3.1.2.5.1.

Die CFK-Lamellen verstärkter Bauteile dürfen ungeschützt nur nach den Expositionsklassen XC1 (hier nur für trockene Umgebungsbedingungen) und XC3 nach DIN 1045-1<sup>2</sup>, Tabelle 3 und bei geringer UV-Strahlung (keine direkte Sonneneinstrahlung und nicht bei möglicher indirekter Sonneneinstrahlung durch Schnee- und Wasserflächen) verwendet werden. Ist abweichend davon mit starker UV-Strahlung (direkte Sonneneinstrahlung und mögliche indirekter Sonneneinstrahlung durch Schnee- und Wasserflächen) zu rechnen, muss ein geeigneter Schutzanstrich aufgebracht werden.

Bei der Anwendung unter der Expositionsklasse XC4 nach DIN 1045<sup>2</sup>, Tabelle 3, ist durch das Aufbringen geeigneter Schutzschichten sicherzustellen, dass das Bauteil im Bereich der aufgeklebten CFK-Lamellen nicht einer wechselnden oder dauernden Durchfeuchtung sowie nicht einem "schwachen" chemischen Angriff nach DIN 4030-2<sup>3</sup> ausgesetzt ist.

Im Bereich der Lamellen dürfen die folgenden Bauteiltemperaturen nicht überschritten werden:

Klebesystem	Bauteiltemperatur
nach Z-36.12-70 der Firma StoCretec GmbH	40 °C
nach Z-36.12-77 der Firma MC-Bauchemie Müller GmbH & Co	40 °C

Wird auf Betonoberflächen geklebt, die mit Mörtel instand gesetzt wurden, darf die Bauteiltemperatur die folgenden Werte nicht überschreiten:

mit Instandsetzungsmörtel	Bauteiltemperatur
nach Z-36.12-70 der Firma StoCretec GmbH	34 °C
nach Z-36.12-77 der Firma MC-Bauchemie Müller GmbH & Co	40 °C



Nach Ende der Gültigkeit der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der Firmen StoCretec GmbH und MC-Bauchemie Müller GmbH & Co dürfen die Komponenten dieser Zulassungen nicht mehr verwendet werden.

Die Verstärkungsarbeiten dürfen nur von Betrieben ausgeführt werden, die ihre Eignung entsprechend Abschnitt 4.1 nachgewiesen haben.

## 2 Bestimmungen für die Bauprodukte

### 2.1 Eigenschaften und Zusammensetzung

#### 2.1.1 "Carboplus® Lamellen" 160/2400, 160/2800 und 200/3000

Die "Carboplus® Lamellen" müssen pultrudierte Lamine aus Epoxidharz mit  $\geq 68$  Vol.% Verstärkung durch unidirektionale Kohlenstofffasern sein. Die Lamellendicke beträgt in der Regel 1,2 bzw. 1,4 mm und darf 2,8 mm nicht überschreiten. Die Lamellenbreite darf 50 bis 150 mm betragen. Die "Carboplus® Lamellen" müssen folgende Eigenschaften haben:

Bezeichnung der Lamelle	Carboplus® 160/2400	Carboplus® 160/2800	Carboplus® 200/3000
Zugfestigkeit in Faserrichtung $f_k$	$\geq 2.475 \text{ N/mm}^2$	$\geq 2.950 \text{ N/mm}^2$	$\geq 2.950 \text{ N/mm}^2$
Elastizitätsmodul in Faserrichtung $E_{fk}$	$\geq 160.000 \text{ N/mm}^2$	$\geq 167.000 \text{ N/mm}^2$	$\geq 200.000 \text{ N/mm}^2$
Elastizitätsmodul in Faserrichtung $E_{fm}$	$\geq 170.000 \text{ N/mm}^2$	$\geq 175.000 \text{ N/mm}^2$	$\geq 220.000 \text{ N/mm}^2$
Bruchdehnung $\epsilon_k$	$\geq 1,38 \%$	$\geq 1,67 \%$	$\geq 1,3 \%$

Die "Carboplus® Lamellen" müssen auf der zu verklebenden Seite werksmäßig eine leicht aufgeraute und entfettete Oberflächen haben, die mit einer Abreißfolie geschützt wird.

Zusammensetzung und Eigenschaften des Harzes und der Kohlenstofffasern müssen mit den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Angaben übereinstimmen.

#### 2.1.2 Klebstoff, Primer, Instandsetzungsmörtel, Korrosionsschutzbeschichtung und Haftzugbrücke

"Carboplus® Lamellen" dürfen in Verbindung mit den Systemkomponenten einer der folgenden allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen verwendet werden:

Firma	allgemeine bauaufsichtliche Zulassung
StoCretec GmbH	Z-36.12-70
MC-Bauchemie Müller GmbH & Co	Z-36.12-77
Die einzelnen Systemkomponenten nach den aufgeführten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen dürfen untereinander nicht ausgetauscht werden.	

Nach Ende der Gültigkeit der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der Firmen StoCretec GmbH und MC-Bauchemie Müller GmbH & Co dürfen die Komponenten dieser Zulassungen nicht mehr verwendet werden.



### **2.1.3 Schublaschen, Ankerschrauben**

Sofern zusätzliche Schublaschen erforderlich sind, müssen diese aus Stahl der Sorten S 235 J2 und S 235 JR nach DIN EN 10025-2<sup>4</sup> bestehen. Unter folgenden Voraussetzungen darf der Stahl der Sorte S 235 JR analog des Einsatzbereiches der Sorte S 235 J2 verwendet werden:

- Stahllaschendicke  $t_L \leq 20$  mm
- Verwendung bei vorwiegend ruhend beanspruchten Bauteilen
- die nominelle Streckgrenze im Blech im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist auf 80% zu begrenzen

Die charakteristischen Materialkennwerte für Stahl der Sorten S 235 J2 und S 235 JR sind DIN 18800-1<sup>5</sup>, Tabelle 1 zu entnehmen.

Ankerschrauben müssen die Festigkeit 4.6, 5.6, 8.8 oder 10.9 besitzen.

### **2.1.4 Schutzanstrich für "Carboplus® Lamellen"**

Als Schutzanstrich bei der Verwendung der Lamellen in bewitterten Bereichen ist ein UV-beständiges Oberflächenschutzsystem zu verwenden, das mit den "Carboplus® Lamellen" und dem Beton verträglich ist.

### **2.1.5 Reinigungsmittel für die "Carboplus® Lamellen"**

Die Vorbehandlung und Aktivierung der Klebeseite der "Carboplus® Lamellen" muss vor der Verklebung mit dem entsprechenden Reinigungsmittel nach den, unter Abschnitt 2.1.2 benannten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen gereinigt werden. Dabei ist zu beachten, dass die einzelnen Systemkomponenten nach den aufgeführten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen untereinander nicht austauschbar sind.

## **2.2 Herstellung, Verpackung, Transport, Lagerung, Kennzeichnung**

### **2.2.1 Herstellung**

#### **2.2.1.1 Herstellung der "Carboplus® Lamellen"**

Die "Carboplus® Lamellen" dürfen nur in Herstellwerken gefertigt werden, die durch den Antragsteller folgende Angaben zu den Kohlenstofffasern und des Harzes erhalten haben:

- die Handelsnahmen der einzelnen Rohstoffe
- Benennung der Hersteller
- Angaben zur chemischen Bezeichnung der Rohstoffe
- mechanische Eigenschaften der Kohlenstofffasern und des Harzes
- Angaben zur Zusammensetzung und Herstellung der "Carboplus® Lamellen" je Lamellentyp

Die Kohlenstofffasern sind auszurichten und mit dem Harzsystem nach vollständig zu tränken.

Die Aushärtung muss in einer beheizten Form mit anschließender Durchlauftemperung erfolgen.

Die "Carboplus® Lamellen" sind unverwechselbar und dauerhaft mit der Typenbezeichnung Carboplus® 160/2400, Carboplus® 160/2800 oder Carboplus® 200/3000 zu kennzeichnen.

Die "Carboplus® Lamellen" dürfen nach der Herstellung nur auf Rollen von  $\geq 0,90$  m Durchmesser aufgerollt werden. Die Lamellen müssen vor dem Aufrollen ausreichend ausgehärtet sein.



## **2.2.2 Verpackung, Transport, Lagerung**

### **2.2.2.1 "Carboplus® Lamellen"**

Die "Carboplus® Lamellen" müssen verpackt und gegen Witterung und Verschmutzung geschützt transportiert und gelagert werden. Beim Transport der "Carboplus® Lamellen" im aufgerollten Zustand ist der Mindestdurchmesser von 0,90 m einzuhalten. Die Lamellen müssen vor dem Aufrollen ausreichend ausgehärtet sein.

### **2.2.2.2 Klebstoffe**

Harz und Härter des Klebstoffes müssen in gebrauchsfertige Arbeitspackungen (Gebinde) gefüllt sein, die luftdicht verschlossen sind. Nur in diesem Zustand dürfen sie transportiert und in geschlossenen Räumen bei einer Mindesttemperatur von 10 °C gelagert werden.

### **2.2.2.3 Primer für die Stahllaschen, Reinigungsmittel und Schutzanstrich für die Lamellen**

Die Produkte müssen in gebrauchsfertige Arbeitspackungen (Gebinde) gefüllt sein, die luftdicht verschlossen sind. Nur in diesem Zustand dürfen sie transportiert und gelagert werden.

## **2.2.3 Kennzeichnung**

Die Bauprodukte müssen vom Hersteller mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) nach den Übereinstimmungszeichen-Verordnungen der Länder gekennzeichnet werden. Die Kennzeichnung darf nur erfolgen, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 2.3 erfüllt sind.

## **2.3 Übereinstimmungsnachweis**

### **2.3.1 Allgemeines**

#### **2.3.1.1 "Carboplus® Lamellen"**

Die Bestätigung der Übereinstimmung der "Carboplus® Lamellen" nach dem Abschnitt 2.1.1 mit den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung muss für jedes Herstellwerk mit einem Übereinstimmungszertifikat auf der Grundlage einer werkseigenen Produktionskontrolle und einer regelmäßigen Fremdüberwachung einschließlich einer Erstprüfung des Bauprodukts nach Maßgabe der folgenden Bestimmungen erfolgen.

Für die Erteilung des Übereinstimmungszertifikats und die Fremdüberwachung einschließlich der dabei durchzuführenden Produktprüfungen hat der Hersteller des Bauprodukts eine hierfür anerkannte Zertifizierungsstelle sowie eine hierfür anerkannte Überwachungsstelle einzuschalten.

Dem Deutschen Institut für Bautechnik ist von der Zertifizierungsstelle eine Kopie des von ihr erteilten Übereinstimmungszertifikats zur Kenntnis zu geben.

Dem Deutschen Institut für Bautechnik ist zusätzlich eine Kopie des Erstprüfberichts zur Kenntnis zu geben.

#### **2.3.1.2 Schublaschen aus Stahl**

Der Hersteller der Stahllaschenbügel muss sich davon überzeugen, dass die für das Vormaterial in DIN EN 10025-2<sup>4</sup> geforderten Eigenschaften durch die CE-Kennzeichnung belegt sind.

#### **2.3.1.3 Primer und Reinigungsmittel**

Der Hersteller der Stahllaschenbügel muss sich davon überzeugen, dass die für das Vormaterial in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen geforderten Eigenschaften durch ein Ü-Zeichen belegt und sind.



#### 2.3.1.4 Schutzanstrich

Die Bestätigung der Übereinstimmung der Bauprodukte nach dem Abschnitt 2.1.4 mit den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung muss für jedes Herstellwerk mit einer Übereinstimmungserklärung des Herstellers auf der Grundlage einer Erstprüfung durch eine hierfür anerkannte Überwachungsstelle und einer werkseigenen Produktionskontrolle erfolgen.

#### 2.3.2 Werkseigene Produktionskontrolle

In jedem Herstellwerk der Produkte nach den Abschnitten 2.1.1, 2.1.3 und 2.1.4 ist eine werkseigene Produktionskontrolle einzurichten und durchzuführen. Unter werkseigener Produktionskontrolle wird die vom Hersteller vorzunehmende kontinuierliche Überwachung der Produktion verstanden, mit der dieser sicherstellt, dass die von ihm hergestellten Produkte den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung entsprechen.

Die werkseigene Produktionskontrolle im Herstellwerk der "Carboplus® Lamellen" muss mindestens die folgenden Maßnahmen einschließen:

- Eingangskontrolle der Herstellererklärungen für die Kohlenstofffasern und das Harz-Härter-System und Dokumentation der Handelsnahmen der einzelnen Rohstoffe einschließlich deren Hersteller
- Aufbau der Kohlenstofffaserverstärkung alle 2 Stunden
- Kontrolle der Tränkung
- Kontrolle der Aushärtung
- Kontrolle der Tragfähigkeit (Zugprüfung)

Die Prüfungen und die Häufigkeit sind in Anlage 4, Tabelle 1 angegeben.

Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle in den Herstellwerken der Kohlenstofffasern, des Harzsystems zur Herstellung der "Carboplus® Lamellen" sowie der Stahlteile der Schublaschen, des Reinigungsmittels und des Schutzanstrichs sind aufzuzeichnen und auszuwerten. Die Aufzeichnungen müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- Bezeichnung des Bauprodukts bzw. des Ausgangsmaterials und der Bestandteile
- Art der Kontrolle oder Prüfung
- Datum der Herstellung und der Prüfung des Bauprodukts bzw. des Ausgangsmaterials oder der Bestandteile
- Ergebnis der Kontrollen und Prüfungen und, soweit zutreffend, Vergleich mit den Anforderungen
- Unterschrift des für die werkseigene Produktionskontrolle Verantwortlichen

Die Aufzeichnungen sind dem Antragsteller zu übergeben und von diesem mindestens fünf Jahre aufzubewahren und soweit gefordert der für die Fremdüberwachung eingeschalteten Überwachungsstelle vorzulegen. Sie sind dem Deutschen Institut für Bautechnik und der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde auf Verlangen vorzulegen.

Bei ungenügendem Prüfergebnis sind vom Hersteller unverzüglich die erforderlichen Maßnahmen zur Abstellung des Mangels zu treffen. Bauprodukte, die den Anforderungen nicht entsprechen, sind so zu handhaben, dass Verwechslungen mit übereinstimmenden ausgeschlossen werden. Nach Abstellung des Mangels ist - soweit technisch möglich und zum Nachweis der Mängelbeseitigung erforderlich - die betreffende Prüfung unverzüglich zu wiederholen.



### 2.3.3 Fremdüberwachung

In jedem Herstellwerk der "Carboplus® Lamellen" ist die werkseigene Produktionskontrolle durch eine Fremdüberwachung regelmäßig zu überprüfen, mindestens jedoch zweimal jährlich.

Im Rahmen der Fremdüberwachung ist eine Erstprüfung der "Carboplus® Lamellen" durchzuführen. Die Probenahme und Prüfungen obliegen jeweils der anerkannten Überwachungsstelle.

Es sind die Prüfungen nach Anlage 4 durchzuführen.

Für die Stahlteile muss sich der Fremdüberwacher davon überzeugen, dass eine Überprüfung der CE-Kennzeichnung der Ausgangsmaterialien vorgenommen und aufgezeichnet wird.

Die Ergebnisse der Zertifizierung und der Fremdüberwachung sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren. Sie sind von der Zertifizierungsstelle bzw. der Überwachungsstelle dem Deutschen Institut für Bautechnik und der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde auf Verlangen vorzulegen.

## 3 Bestimmungen für Entwurf und Bemessung

### 3.1 Entwurf

#### 3.1.1 Zuglamellen

- Zuglamellen dürfen planmäßig nur Zugkräfte zugewiesen werden. Verstärkungen durch CFK-Lamellen sind so auszubilden, dass planmäßige Zugspannungen normal zur Klebefläche nicht auftreten
- Für eine Zuglamelle können maximal zwei übereinander liegende Lamellen mit dem zugelassenen Kleber zu einer Lamelle verklebt werden. In die Gleichungen (6) und (7) der Anlage 2 ist dann ges  $t_L = 2 t_L$  ( $t_L$  in mm) einzusetzen.

##### 3.1.1.1 Abstände

Für die Achsabstände  $s_L$  von Zuglamellen gelten folgende Regelungen:

$$\begin{aligned} \max s_L &\leq 0,2\text{fache Stützweite} \\ &\leq 5\text{fache Plattendicke} \\ &\leq 0,4\text{fache Kraglänge} \end{aligned}$$

Der Randabstand der Lamellenlängskante von der Bauteilkante muss mindestens der erforderlichen Betondeckung  $c_{nom}$  der einbetonierten Bewehrung entsprechen.

##### 3.1.1.2 Örtliche Verstärkung

Bei örtlichen Verstärkungen muss die Verbundlänge beidseits des Bereiches der erforderlichen Verstärkung jeweils mindestens der Bauteildicke zuzüglich der Verankerungslänge  $l_{t,max}$  entsprechen. Der Klebeverstärkung dürfen nur Zugkräfte in Höhe der maximal aufnehmbaren Verbundbruchkraft  $T_{k,max}$  nach Gleichung (6) der Anlage 2 zugewiesen werden.

##### 3.1.1.3 Lamellenstoß

Geklebte Lamellen dürfen durch Überlappung gestoßen werden, wenn die Stoßfuge in einem Bereich angeordnet wird, in dem die vorhandene Lamellenzugkraft höchstens 60 % der aufnehmbaren Lamellenzugkraft nach Gleichung (6) der Anlage 2 beträgt. Der Stoß zwischen Lamellen darf als geklebter Übergreifungsstoß ausgebildet werden. Die Übergreifungslänge kann mit Gleichung (7) der Anlage 2 für  $f_{ctm,surf} = 3,0 \text{ N/mm}^2$  bestimmt werden.



### 3.1.1.4 Zugkraftdeckung und Lamellenverankerung

Für jedes Bauteil sind die versetzte Zugkraft- und die Zugkraftdeckungslinie für den rechnerischen Bruchzustand darzustellen (siehe Bilder 2 und 3 der Anlage 2). Bei der Verankerung der Zuglamellen ist ein Einschneiden der versetzten Zugkraftlinie nicht zulässig.

Das Lamellenende ist bis zu einem Abstand von nicht mehr als 5 cm an die Auflagerkante zu führen. An Endauflagern ist die erforderliche Verankerungslänge  $l_t \leq l_{t,max}$  nach Bild 2 der Anlage 2 einzuhalten und für die erforderliche Verbundbruchkraft  $erf T_k$  nach Anlage 2, Abschnitt 2.4, Gleichungen (10) bzw. (11) auszulegen.

An Innenstützen durchlaufender Platten und Balken müssen die Lamellenenden im Biegedruckbereich an der Bauteiloberseite mindestens einen Abstand  $e \geq 1,0 m$  vom Nulldurchgang der versetzten Zugkraftlinie haben. Zusätzlich ist immer der Nachweis der Verbundtragfähigkeit über Innenstützen nach Anlage 2, Abschnitt 2.5 zu führen.

Auf der Bauteilunterseite müssen die Lamellenenden im Biegedruckbereich mindestens bis auf 5 cm an die Kante der Innenstütze herangeführt werden.

### 3.1.2 Laschenbügelbewehrung aus Stahl

Die Laschenbügel sind rechtwinklig zur Bauteilachse anzuordnen.

Bei Laschenbügeln, die durch einen geklebten Übergreifungsstoß geschlossen werden, ist die erforderliche Übergreifungslänge mit den Gleichungen (7) und (8) nach Anlage 2 mit  $f_{ctm,surf} = 3,0 N/mm^2$  zu bemessen. Die gewählte Übergreifungslänge  $l_{\bar{v}}$  muss mindestens der Breite  $b_L$  der Zuglamelle bzw. bei Anordnung mehrerer Zuglamellen deren gesamten Breite entsprechen.

Bei Verankerung in der Druckzone darf die zu verankernde Zugkraft auf 2/3 ihres Rechenwertes abgemindert werden, da die Einwirkungen vorwiegend ruhend sind. Bei Bauteilen, die von oben nicht zugänglich sind, darf die Verankerung der Laschenbügel in der Druckzone durch zugelassene Klebeanker erfolgen. Werden Laschenbügel in der Druckzone verankert, darf der Achsabstand benachbarter Laschenbügel nicht größer als die Balkenhöhe sein. Werden Laschenbügel durch Klebeverbund verankert, darf der Achsabstand nicht größer als die halbe Balkenhöhe sein.

Bei Verankerung durch Klebeverbund sind die Laschenbügel konstruktiv mittels Absturzsicherung (z.B. Dübel) für den Brandfall zu sichern.

### 3.1.3 Verbügelung der Lamellenendverankerung bei Balken

Die Verankerung von Zuglamellen auf Balkenunterseiten muss bis auf die Ausnahmen nach Abschnitt 2.4 der Anlage 2, Blatt 6/21, durch Laschenbügel umschlossen werden (siehe Bild 4 der Anlage 2). Die Verankerung dieser Laschen kann durch Verankerung in der Druckzone oder durch Klebeverbund erfolgen und ist entsprechend Abschnitt 2.4 der Anlage 2, Blatt 6/21, zu bemessen.

Bei Verankerung durch Klebeverbund sind die Laschenbügel durch geeignete Befestigungen (z.B. Dübel) gegen Herabfallen im Brandfall zu sichern.

### 3.2 Bemessung

Für die Bemessung gilt Anlage 2.



### 3.3 Feuerwiderstand der Bauteile

Sofern Anforderungen an den Feuerwiderstand der Bauteile gestellt werden, zu deren Erfüllung die Verstärkung der Bauteile mit "Carboplus® Lamellen" nach dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung erforderlich ist, ist die jeweils geforderte Feuerwiderstandsklasse der Bauteile im Einzelfall nachzuweisen.

Soweit ein Nachweis der vorhandenen Feuerwiderstandsdauer erforderlich ist, ist dieser im allgemeinen unter der Voraussetzung zu führen, dass die CFK-Lamellen und Laschenbügel ausfallen, es sei denn, dass durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder Zustimmung im Einzelfall der Nachweis geführt wird, dass die CFK-Lamellen und Laschenbügel im Brandfall durch Zusatzmaßnahmen hinreichend gegen Erwärmung geschützt sind.

## 4 Ausführung

### 4.1 Allgemeines

Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung mit allen Anlagen sowie die Verarbeitungsvorschriften des Herstellers haben bei den Verstärkungsarbeiten auf jeder Baustelle vorzuliegen.

Die Verstärkungsarbeiten dürfen nur von Betrieben ausgeführt werden, die ihre Eignung nachgewiesen haben. Die Eignung des ausführenden Betriebes muss durch einen Eignungsnachweis nach "Richtlinie für den Eignungsnachweis zum Verstärken von Betonbauteilen durch Ankleben von Stahllaschen und CFK-Lamellen"<sup>6</sup> erbracht werden.

Die qualifizierte Führungskraft nach "Richtlinie für den Eignungsnachweis zum Verstärken von Betonbauteilen durch Ankleben von Stahllaschen und CFK-Lamellen"<sup>6</sup> muss während der entscheidenden Phasen auf der Baustelle anwesend sein und die begleitenden Kontrollen nach Abschnitt 4.8 und 4.9 durch das Baustellenfachpersonal nach "Richtlinie für den Eignungsnachweis zum Verstärken von Betonbauteilen durch Ankleben von Stahllaschen und CFK-Lamellen"<sup>6</sup> durchführen lassen und selbst stichprobenartig überprüfen.

Die Herstellung der Klebeverbindung darf nur von Baustellenfachpersonal nach "Richtlinie für den Eignungsnachweis zum Verstärken von Betonbauteilen durch Ankleben von Stahllaschen und CFK-Lamellen"<sup>6</sup> ausgeführt werden.

### 4.2 Erfassen des Ist-Zustandes des zu verstärkenden Bauteils

Folgende für die rechnerischen Nachweise und für die Ausführung relevanten Eigenschaften des zu verstärkenden Bauteils sind zu erfassen und zu bewerten.

- Die Oberflächenzugfestigkeit des Betons ist im Bereich der Klebeflächen an jedem zu verstärkenden Bauteilabschnitt gemäß DIN 1048-2<sup>7</sup>, Abschnitt 6, zu prüfen und die Ergebnisse sind nach DIN 1048-2<sup>7</sup>, Anhang A, auszuwerten. Die Prüfflächen müssen mit dem für die Ausführung vorgesehenen Verfahren vorbereitet worden sein. Vor dem Aufkleben der Prüfstempel ist die Prüffläche durch eine Ringnut, die etwa 1/5, mindestens aber 1/10 des Prüfstempeldurchmessers in den Beton eingreift, zu begrenzen. Der Mittelwert  $\mu$  der Grundgesamtheit der Oberflächenzugfestigkeit gilt als Rechenwert  $f_{ctm,surf}$  nach Abschnitt 2.1 der Anlage 2.

Die Betondruckfestigkeit jedes zu verstärkenden Bauteilabschnitts ist gemäß DIN 1048-2<sup>7</sup> und DIN 1048-4<sup>8</sup> am Bauwerk zu bestimmen.



Beim zerstörungsfreien Prüfen mit dem Rückprallhammer nach DIN 1048-2<sup>7</sup> wird der Mittelwert der Würfeldruckfestigkeit bestimmt. Für Umrechnung in den Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit darf im Geltungsbereich dieser Zulassung die Umrechnung wie folgt erfolgen:

$$f_{cm} = 0,85 \cdot f_{cm,cube}$$

mit:

$f_{cm}$  Mittelwerte der Zylinderdruckfestigkeit

$f_{cm,cube}$  Mittelwerte der Würfeldruckfestigkeit

Analog darf aus dem Mittelwert der am Würfel  $f_{cm,cube}$  geprüften Druckfestigkeit der Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit  $f_{cm}$  mit  $f_{cm} = 0,85 \cdot f_{cm,cube}$  ermittelt werden.

- Stahlart, Lage und Erhaltungszustand der vorhandenen Bewehrung sowie die Karbonatisierungstiefen sind festzustellen.
- Lage, Verlauf und Breite von Rissen sind zu erfassen.

#### 4.3 Anforderungen an das zu verstärkende Bauteil

Es darf nur an Normalbeton der Festigkeitsklassen C12/15 bis C45/55 verstärkt werden.

Die Oberflächenzugfestigkeit der Betondeckung muss nach Vorbereitung der Betonklebfläche einen Rechenwert der Oberflächenzugfestigkeit von  $f_{ctm,surf} \geq 1,5 \text{ N/mm}^2$  bei Unebenheiten  $\leq 5 \text{ mm}$  erreichen. Größere Unebenheiten bis zu 30 mm müssen abgetragen oder mit einem zugelassenen Instandsetzungsmörtel ausgeglichen werden.

Im Bereich der Klebfläche muss die Betondeckung mindestens 10 mm betragen.

Die Erfüllung der Anforderungen an das zu verstärkende Bauteil ist vor Beginn der Maßnahmen zu prüfen und zu dokumentieren.

#### 4.4 Anforderungen an Stahlteile

Für Stahlteile sind die Anforderungen nach Abschnitten 2.1.2 und 2.1.3 zu beachten. In Verbindung mit den Klebstoffen nach Abschnitt 2.1.2 sind stets Stahlflächen, die vor dem Auftrag des Primers den Vorbereitungsgrad SA2½ nach DIN EN ISO 12944-4<sup>9</sup> aufweisen und zweifach mit dem Primer nach Abschnitt 2.1.2 (Anwendungsfestlegungen der jeweiligen Zulassungen nach Abschnitt 2.1.2 und Anlage 3, Tabellen 1b und 2b sind zu beachten) geschützt sind, zu verwenden. Die geprimerten Stahlteile sind bis zur Verklebung vor Verschmutzung zu schützen.

Schweißarbeiten dürfen nur von Werken vorgenommen werden, die im Besitz eines Nachweises entsprechend DIN 18800-7<sup>10</sup> (kleiner Eignungsnachweis) sind.

Schweißarbeiten an verklebten Laschenbügeln sind nicht zulässig.

Die Schublaschen aus Stahl sind nach dem Einbau mit einem Korrosionsschutz mindestens der Korrosivitätskategorie C3 nach DIN EN ISO 12944-4<sup>9</sup> zu schützen. Für Sonderbelastungen müssen die Korrosionsschutzsysteme auf den Anwendungsfall abgestimmt werden.

Die Stahllaschen müssen - sofern sie in bewitterten Außenbereichen angewendet werden sollen - einen doppelten Schutzanstrich gegen Korrosion erhalten.

#### 4.5 Anforderungen an CFK-Werkstoff, CFK-Lamellen, Klebstoff, Primer und Instandsetzungsmörtel

Es dürfen nur die in Abschnitt 2.1 angegebenen Klebstoffe sowie zugehörige Primer verwendet werden. Die Bauprodukte dürfen nur innerhalb des auf der Packung angegebenen Zeitraums verwendet werden.

Für den Ausgleich von Unebenheiten der vorbereiteten Betonoberfläche darf nur der in Abschnitt 2.1.2 angegebene Instandsetzungsmörtel verwendet werden.



Die "Carboplus® Lamellen" nach Abschnitt 2.1.1 dürfen nicht abgekantet oder scharfen Querpressungen ausgesetzt werden. Sie müssen, falls erforderlich, auf der Baustelle mit einem Trennschleifer passend geschnitten werden. Der kleinste Biegedurchmesser, der bei der Handhabung der CFK-Lamellen nicht unterschritten werden darf, beträgt 0,90 m.

Die "Carboplus® Lamellen" müssen - sofern sie in bewitterten Außenbereichen angewendet werden sollen - einen doppelten Schutzanstrich nach Abschnitt 2.1.4 erhalten.

In Bereichen, in denen die Gefahr einer mechanischen Beschädigung nach dem Einbau nicht auszuschließen ist, müssen die Lamellen gegen diese mechanischen Beschädigungen geschützt werden.

#### 4.6 Oberflächenvorbereitung für die Betonbauteile

Risse im Beton, die zu Korrosion der Bewehrung führen können, sind zu verpressen.

Die zu verklebende Oberfläche des Betons muss z.B. durch Druckluftstrahlen mit festem Strahlmittel, Kugelstrahlen, Druckwasserstrahlen, mit Nadelpistole oder Stockgerät (inkl. Nacharbeitung) für die Verklebung vorbereitet werden bis der Grobzuschlag (> 8 mm) sichtbar wird.

Die zu verklebende Betonoberfläche muss staubfrei sowie frei von losen Teilen sein. Weiterhin muss die Betonoberfläche trocken, im Sinne der DAfStb-Richtlinie "Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen"<sup>11</sup>, Teil 2 sein.

Die zu verklebende Oberfläche des Betons soll möglichst ebenflächig sein, hierfür ist erforderlichenfalls der Instandsetzungsmörtel nach Abschnitt 2.1.2 zu verwenden.

#### 4.7 Klebarbeiten

Die Bauprodukte dürfen nur innerhalb des auf der Packung angegebenen Zeitraumes und der angegebenen Verarbeitungstemperatur verwendet werden.

Primerflächen der Stahllamellen müssen vor dem Verkleben leicht angeschliffen und entstaubt werden.

Die "Carboplus® Lamellen" sind vor dem Verkleben auf der werkseitig aufgerauten Oberfläche mit dem Reinigungsmittel nach Abschnitt 2.1.5 zu reinigen und zu entfetten.

Während der Klebarbeiten muss die Temperatur von Luft und Betonbauteilen im Bereich von 8 °C / 10 °C bis 30 °C liegen (siehe Anlage 3). Die Temperatur der Bauteile muss 3 K höher sein als die Taupunkttemperatur der Luft.

Die relative Luftfeuchte beim Verkleben darf nicht mehr als 75 % betragen.

Das Mischen der Komponenten des Klebstoffes nach Abschnitt 2.1.2 muss mechanisch mit niedrigtourigen (< 300 U/min) Mischgeräten erfolgen. Die Komponenten müssen sorgfältig so lange gemischt werden, bis eine homogene und schlierenfreie Klebmasse vorliegt. Die Mischung ist umzutopfen. Das fertige Gemisch darf keine Knollen oder andere Inhomogenitäten enthalten und muss einen gleichmäßigen Farbton aufweisen.

Auf den Betonuntergrund ist eine Spachtelung mit dem Klebstoff nach Abschnitt 2.1.2 aufzubringen. Der Klebstoff ist ca. 2 mm dick dachförmig, in Form eines gleichschenkligen Profils mit Überhöhung in der Mitte auf die CFK-Lamelle bzw. Stahllasche aufzutragen; diese ist vorsichtig und gleichmäßig anzudrücken. Der Klebstoff darf dabei nur gleichmäßig mit einem leichten Bauch aus der Fuge gedrückt werden, so dass eine Mindestklebstoffdicke von 1 mm verbleibt. Der Anpressdruck muss so aufgebracht werden, dass die Lamellen streng eben bleiben. Innerhalb der ausnutzbaren Verarbeitungszeit nach Anlage 3, Tabellen 1a und 2a, müssen der Klebstoff auf die Bauteile aufgetragen und die Bauteile in ihrer endgültigen Lage fixiert sein. Die Bauteile dürfen nach dem Fixieren keine Erschütterungen und Bewegungen erleiden.



Bei Verstärkung mit Schublaschen ist jedoch eine Unterstützung für die Dauer der Aushärtung nach Anlage 3, Tabellen 1a und 2a erforderlich. Wird davon abgewichen, kann durch Haftzugversuche der Nachweis geführt werden, dass Betonbruch erreicht wird, oder nach Abschnitt 4.8.4, dass volle Aushärtung erreicht wurde.

Sollen CFK-Lamellen zweilagig miteinander verklebt werden, so muss nach erfolgter Aushärtung der ersten bereits verklebten Lamelle deren glatte und beschriftete Sekundär-Klebeseite vorsichtig aufgeraut und mit dem Reinigungsmittel nach Abschnitt 2.1.5 gereinigt und entfettet werden. Die zweite Lamelle ist vorzubereiten und wie beschrieben zu verkleben. Auch hierbei kann auf eine gleichmäßige Unterstützung verzichtet werden.

Die Belastung der Konstruktion darf bei einer mittleren Bauwerkstemperatur von 20 °C frühestens zwei Tage nach Beendigung der Klebearbeiten erfolgen. Bei niedrigeren Temperaturen oder Unsicherheiten über die Aushärtung des Klebstoffes sind die Erhärtungsnachweise gemäß Abschnitt 4.8.4 maßgebend.

## **4.8 Prüfungen während der Ausführung**

### **4.8.1 Überprüfung der Voraussetzungen**

Der Bauausführende hat sich davon zu überzeugen, dass

- a) CFK-Lamellen, Klebstoff und Primer mit dem dieser Zulassung entsprechenden Ü-Zeichen gekennzeichnet sind,
- b) das Verbrauchsdatum noch nicht abgelaufen ist,
- c) die in den Abschnitten 4.1 bis 4.7 genannten Bedingungen eingehalten sind.

### **4.8.2 Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit des Betons und des Ausgleichmörtels**

Auf der gemäß Abschnitt 4.6 vorbehandelten Betonfläche wird an mindestens fünf Stellen die Oberflächenzugfestigkeit des Betons gemäß DIN 1048-2<sup>7</sup>, Abschnitt 6, mit Ringnut ermittelt (siehe Abschnitt 4.2).

Sofern Instandsetzungsmörtel nach 2.1.2 verwendet werden, sind im Randbereich der Ausgleichsschicht je m<sup>2</sup> eine bzw. bei größeren Flächen drei Prüfungen durchzuführen. Die Auswertung erfolgt gemäß Abschnitt 4.2.

### **4.8.3 Prüfung der Haftung des Klebstoffes auf Beton, Instandsetzungsmörtel, CFK und Stahl**

Zur Bestimmung der Belastbarkeit der Klebverstärkung ist die Haftung des Klebstoffes auf der Baustelle zu prüfen. Die Beurteilung der Klebung erfolgt durch fünf Abreißversuche mit aufgeklebten Prüfstempeln. Es sind mindestens fünf Abschnitte der CFK-Lamelle mit dem zugelassenen Klebstoff auf den Beton oder Instandsetzungsmörtel und hierauf Prüfstempel Ø 50 mm zu kleben. Die Abreißprüfung nach Klebstoffhärtung muss Betonbruch ergeben.

### **4.8.4 Erhärtungsprüfung und Prüfung des Klebstoffes auf Stahl, Primer und auf CFK**

Zur Überprüfung der Belastbarkeit der Klebeverstärkung und der Haftung von Klebstoff auf Primer und Stahl bei Raumtemperatur von 20 °C sind mindestens drei Prüfstempel Ø 20 mm auf eine Stahlplatte mit einer Dicke von  $\geq 15$  mm oder ein vergleichbar steifes Stahlprofil zu kleben und abzuziehen. Bei Prüfung nach 48 Stunden muss die Haftzugfestigkeit nach Klebstoffzulassung erreicht werden. Die Stahlplatte ist wie die Laschenbügel vorzubehandeln (einschließlich Primerung). Soll die Haftung auf CFK mit überprüft werden, ist ein Abschnitt einer CFK Lamelle dazwischen zu kleben.



#### 4.8.5 Kontrolle nach der Ausführung

Die Ebenheit der Zuglamellen nach dem Verkleben ist sofort nach der Entfernung der gegebenenfalls verwendeten Unterstützung zu überprüfen. Dabei darf auf einer Prüf-  
strecke von 30 cm die Abweichung von einer ebenen Fläche nicht mehr als  $\Delta h = 1$  mm betragen.

Einsinnige Krümmungen, welche die gezogene Lamelle gegen den Beton drücken, sind nicht zu beanstanden.

Die Laschenbügel sind nach der Aushärtung der Verklebung auf Hohlräume abzuklopfen. Hohlräume müssen durch Epoxidharzsysteme nach der DAfStb Richtlinie "Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen"<sup>11</sup> bzw. DIN V 18028<sup>12</sup> mit leichtem Druck gefüllt werden.

#### 4.9 Überwachung der Ausführung

##### 4.9.1 Allgemeines

Für die Überwachung der Ausführung gilt die DAfStb-Richtlinie "Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen"<sup>11</sup>, Teil 3, Abschnitt 2. Neben der Überwachung durch das ausführende Unternehmen besteht eine Überwachungspflicht durch eine der im "Verzeichnis der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen nach den Landesbauordnungen"<sup>13</sup>, Teil V, lfd. Nr. 7, aufgeführten Überwachungsstellen<sup>14</sup>.

Die Voraussetzungen gemäß Abschnitt 4.9.2 sowie die Vollständigkeit der Überwachung durch den Bauausführenden sind im Abstand von drei Jahren durch die Überwachungsstelle zu kontrollieren, die die Bescheinigung über die Eignung des Betriebes gemäß "Richtlinie für den Eignungsnachweis zum Verstärken von Betonbauteilen durch Ankleben von Stahllaschen und CFK-Lamellen"<sup>6</sup> erteilt hat.

##### 4.9.2 Voraussetzungen

Der ausführende Betrieb muss seine Eignung zur bestimmungsgemäßen Herstellung von Verstärkungen von Betonbauteilen durch Ankleben von CFK-Lamellen durch eine geltende Bescheinigung<sup>15</sup> gemäß "Richtlinie für den Eignungsnachweis zum Verstärken von Betonbauteilen durch Ankleben von Stahllaschen und CFK-Lamellen"<sup>6</sup> nachweisen.

Der Betrieb muss über eine qualifizierte Führungskraft und über Baustellenfachpersonal gemäß "Richtlinie für den Eignungsnachweis zum Verstärken von Betonbauteilen durch Ankleben von Stahllaschen und CFK-Lamellen"<sup>6</sup> verfügen.

##### 4.9.3 Aufzeichnungen

Jeder ausführende Betrieb hat eine Liste der ausgeführten Bauobjekte zu führen und der Überwachungsstelle auf Verlangen vorzulegen. Die Liste muss mindestens folgende Angaben enthalten:

1. Name, Ort und Art des Bauobjektes
2. Beschreibung des verstärkten Bauteils (Balken, Platte, Feld- und/oder Stützbereich)
3. Anzahl und Abmessungen der Lamellen
4. Aufsteller und Prüfer der statischen Berechnung, Verstärkungsgrad
5. Zeitpunkt der Verstärkung
6. Eigenschaften von Beton und Betonstahl nach Abschnitt 4.2
7. Art, Bezeichnung und Menge der verbrauchten Klebstoffe, Primer und Instandsetzungsmörtel
8. Name des Bauleiters und des Kolonnenführers, der Klebearbeiten an Beton bereits ausgeführt hat ( SIVV-Schein )



9. Ergebnisse der folgenden Kontrollen bzw. Prüfungen:

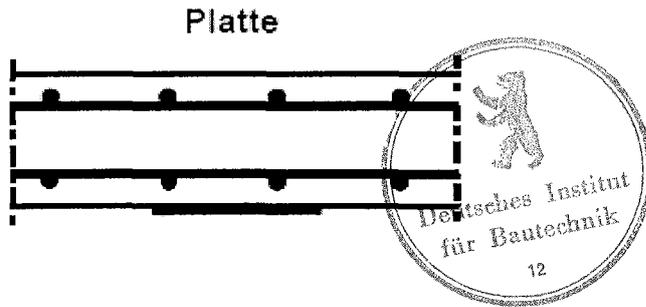
- Lufttemperatur und Bauteiltemperatur
- relative Luftfeuchten
- ggf. Haftzugfestigkeit des Primers
- Oberflächenzugfestigkeit des Betons
- Haftzugfestigkeit von Mörtelschichten
- Erhärtungsprüfungen des Klebstoffes auf Beton und CFK
- Ebenheit der Lamellen
- Ergebnisse der Überprüfung und eventuelle Ausbesserung nach Abschnitt 4.8.5, letzter Absatz.

Häusler



1	DIN 1055-100:2001-03	Einwirkungen auf Tragwerke; Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln
2	DIN 1045-1:2008-08	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 1: Bemessung und Konstruktion
3	DIN 4030-2: 2008-06	Beurteilung Betonangreifender Wässer, Böden und Gase - Teil 2: Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben
4	DIN EN 10025-2:2005-04	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle; Deutsche Fassung EN 10025-2:2004
5	DIN 18800-1:2008-11	Stahlbauten; Bemessung und Konstruktion
6	"Richtlinie für den Eignungsnachweis zum Verstärken von Betonbauteilen durch Ankleben von Stahllaschen und CFK-Lamellen: 2004-01" - erhältlich beim Deutschen Institut für Bautechnik	
7	DIN 1048-2:1991-06	Prüfverfahren für Beton - Festbeton in Bauwerken und Bauteilen
8	DIN 1048-4:1991-06	Prüfverfahren für Beton; Bestimmung der Druckfestigkeit von Festbeton in Bauwerken und Bauteilen; Anwendung von Bezugsgeraden und Auswertung mit besonderen Verfahren
9	DIN EN ISO 12944-4:1998-07	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung (ISO 12944-4:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-4:1998
10	DIN 18800-7:2008-11	Stahlbauten - Teil 7: Ausführung und Herstellerqualifikation
11	Deutscher Ausschuss für Stahlbeton - DAfStb im DIN deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): 2. Berichtigung zur "DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen" (Instandsetzungs-Richtlinie), Ausgabe Oktober 2001 -" - Ausgabe der 2. Berichtigung: Dezember 2005 -	
12	DIN V 18028:2006-06	Rissfüllstoffe nach DIN EN 1504-5:2005-03 mit besonderen Eigenschaften
13	Die aktualisierte Fassung wird jährlich in einem Sonderheft der Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik veröffentlicht.	
14	Die Anerkennung als Überwachungsstelle ist beim Deutschen Institut für Bautechnik zu beantragen.	
15	Die aktuelle Liste der Firmen, die einen gültigen Eignungsnachweis besitzen, ist beim Deutschen Institut für Bautechnik erhältlich.	

## Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung



$V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$  siehe Gleichung (28) nach Anlage 2

-  $\epsilon_L < 2,5 \text{ ‰}$  :

$$V_{Rd,ct} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \cdot \kappa \cdot (100\rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \right] \cdot b_w \cdot d$$

ohne Ansatz der Klebeverstärkung als Längsbewehrung

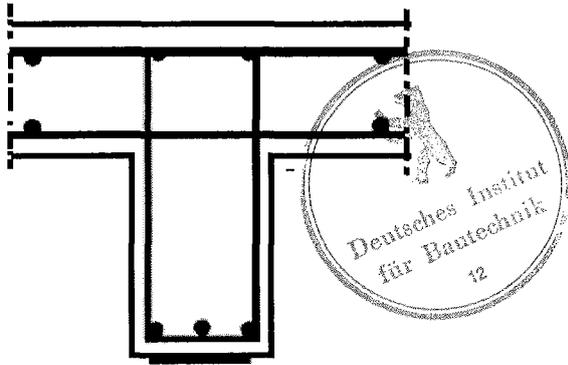
-  $\epsilon_L \geq 2,5 \text{ ‰}$  : min

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{Rd,ct} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \cdot \kappa \cdot (100\rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \right] \cdot b_w \cdot d \\ \text{ohne Ansatz der Klebeverstärkung als Längsbewehrung} \\ V_{Rd,ct} = V_{Rd,ct} \cdot b_w \cdot z_s \text{ siehe Gleichung (29) nach Anlage 2} \end{array} \right.$$

**UND**

$V_{Ed} \leq \left[ \frac{\tau_{VP} \cdot \text{erf}\eta_B \cdot z_s}{1 + (\text{erf}\eta_B - 1) \cdot \frac{s_L}{b_L + 2(h-x)}} \right]$  siehe Gleichung (33) nach Anlage 2

## Balken /Plattenbalken



$V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$  siehe Gleichung (28) nach Anlage 2 **UND**  $V_{Ed,s} \geq V_{Ed}$

-  $\varepsilon_L < 2,5 \text{ ‰}$  :

$$V_{Rd,ct} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \cdot \kappa \cdot (100\rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \right] \cdot b_w \cdot d$$

ohne Ansatz der Klebeverstärkung als Längsbewehrung

-  $\varepsilon_L \geq 2,5 \text{ ‰}$  : min

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{Rd,ct} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \cdot \kappa \cdot (100\rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \right] \cdot b_w \cdot d \\ \text{ohne Ansatz der Klebeverstärkung als Längsbewehrung} \\ V_{Rd,ct} = V_{Rd,ct} \cdot b_w \cdot z_s \text{ siehe Gleichung (29) nach Anlage 2} \end{array} \right.$$

**UND**

### FÜR BALKEN

$$V_{Ed} \leq 0,9 \cdot \tau_{B1} \cdot b_w \cdot z_s$$

siehe Gleichung (42) nach Anlage 2

### FÜR PLATTENBALKEN

$$V_{Ed} \leq 0,9 \cdot \tau_{PB1} \cdot b_w \cdot z_s$$

siehe Gleichung (43) nach Anlage 2

**BILFINGER BERGER**

Zentrales Labor für  
Baustofftechnik

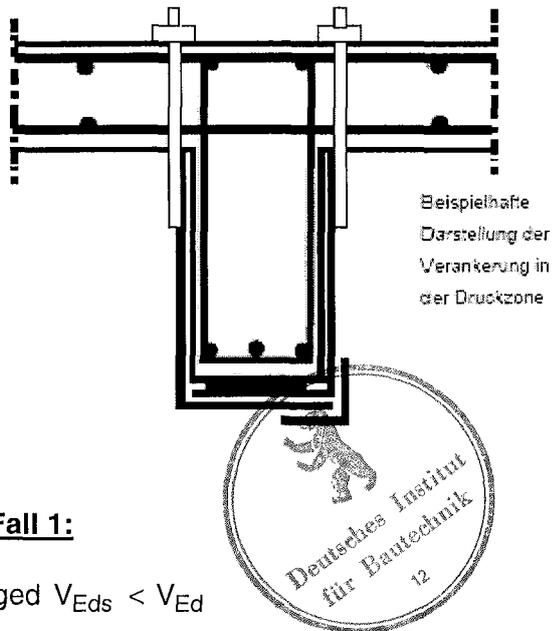
Übersicht  
Querkräftbewehrung  
CFK-Laschen

**Anlage 1**, Blatt 2 /4  
zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung  
**Z-36.12-78**  
vom 3. Dezember 2009

# Bauteile mit rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung aus Stahl nach Abschnitt 2.1.3 der Besonderen Bestimmungen

## Verankerung in der Druckzone

### Balken / Plattenbalken



### Fall 1:

$$\text{ged } V_{Eds} < V_{Ed}$$

ODER

### Fall 2:

$$\text{ged } V_{Eds} \geq V_{Ed} \quad \text{UND} \quad V_{Ed} > \tau_{PB1} \cdot b_w \cdot z_s \quad \text{siehe Gleichung (47) nach Anlage 2}$$

ODER

### Fall 2:

$$\text{ged } V_{Eds} \geq V_{Ed} \quad \text{UND} \quad V_{Ed} \leq \tau_{PB1} \cdot b_w \cdot z_s \quad \text{siehe Gleichung (47) nach Anlage 2}$$
$$\text{UND} \quad F_{b\ddot{u},d} > T_k / 1,5 \quad \text{siehe Gleichung (48) nach Anlage 2}$$

## Verankerung durch Klebeverbund

### Balken / Plattenbalken



### Fall 2

$$\text{ged } V_{Eds} \geq V_{Ed}$$

### UND

Balken

$$0,9 \cdot \tau_{B1} \cdot b_w \cdot z_s \text{ siehe Gleichung (42)}$$

Plattenbalken

$$0,9 \cdot \tau_{PB1} \cdot b_w \cdot z_s \text{ siehe Gleichung (43)}$$

$$\left. \begin{array}{l} 0,9 \cdot \tau_{B1} \cdot b_w \cdot z_s \text{ siehe Gleichung (42)} \\ 0,9 \cdot \tau_{PB1} \cdot b_w \cdot z_s \text{ siehe Gleichung (43)} \end{array} \right\} < V_{Ed} \leq \tau_{PB1} \cdot b_w \cdot z_s \text{ siehe Gleichung (47) nach Anlage 2}$$

### UND

$$F_{b\ddot{u},d} \leq T_k / 1,5 \quad \text{siehe Gleichung (48) nach Anlage 2}$$

  
**BILFINGER BERGER**

Zentrales Labor für  
Baustofftechnik

Übersicht  
Querkraftbewehrung  
CFK-Laschen

**Anlage 1**, Blatt 4 /4  
zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung  
**Z-36.12-78**  
vom 3. Dezember 2009

# Grundlagen der Bemessung nach DIN 1045-1:2008-08<sup>1</sup>

## 1 Allgemeines

Alle erforderlichen Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind für das verstärkte Bauteil unter Berücksichtigung des Ist-Zustandes zu erbringen. Soweit nachfolgend nicht anders geregelt, gelten DIN 1045-1<sup>1</sup>, DIN 1045-2<sup>2</sup>, DIN 1045-3<sup>3</sup> und DIN 1045-4<sup>4</sup>.

Für die Ermittlung der Schnittgrößen dürfen Verfahren nach der Plastizitätstheorie und nichtlineare Verfahren nicht angewendet werden.

Die Nachweise in dieser Anlage gelten ausschließlich für Biegung ohne Längskraft.

Der Nachweis der Druckzone ist nach DIN 1045-1<sup>1</sup> zu führen.

Die Verstärkungen mittels CFK-Lamellen dürfen an Normalbeton der Festigkeiten C12/15 bis C45/55 vorgenommen werden.

## 2 Bemessung

### 2.1 Grundlagen

Die Spannungsdehnungslinie der vorhandenen Bewehrung und des Laschenstahls können als bilinear mit  $E_S$  für die vorhandene Bewehrung nach DIN 1045-1<sup>1</sup> und  $E_{LB}$  für den Stahllaschenbügel nach DIN 18800-1<sup>5</sup> angenommen werden. Werkstoffwerte und Grenzdehnungen der CFK-Lamellen sind dem Abschnitt 2.1.1 der "Besonderen Bestimmungen" zu entnehmen. Der Rechenwert der vorhandenen Betondruckfestigkeit ist aufgrund von Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" festzulegen.

Der Rechenwert  $f_{ctm,surf}$  der Oberflächenzugfestigkeit des Betons für die Bemessung der Klebeverbundverankerung ist gemäß Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" zu bestimmen. Für die Bemessung der Klebeverbundverankerung nach den Abschnitten 2.4 und 2.6.2 und für die Bestimmung des Bemessungswerts des Verbundwiderstandes nach dem Abschnitt 2.5.3 darf der Rechenwert  $f_{ctm,surf}$  der Oberflächenzugfestigkeit mit maximal  $f_{ctm,surf} = 3,0 \text{ N/mm}^2$  angesetzt werden.

Die Sicherheitsbeiwerte  $\gamma_F$  der Einwirkungen sind gemäß DIN 1055-100<sup>6</sup> festzulegen.

Die Teilsicherheitsbeiwerte zur Ermittlung des Tragwiderstandes sind wie folgt zu berücksichtigen:

- Klebeverbund:  $\gamma_B = 1,5$
- CFK-Lamellen:  $\gamma_L = 1,2$ .

### 2.2 Verstärkungsgrad

Die erforderliche Biegetragfähigkeit des verstärkten Bauteils darf an keiner Stelle des Bauteils größer als das Zweifache des unverstärkten sein. Dies wird durch den Verstärkungsgrad  $\eta_B$  ausgedrückt.

$$\eta_B = \frac{M_{EdV}}{M_{Rd0}} \leq 2 \quad (1)$$

Hierin ist  $M_{EdV}$  der Bemessungswert des einwirkenden Moments im Grenzzustand der Tragfähigkeit des verstärkten Bauteiles und  $M_{Rd0}$  Bemessungswert der Momententragfähigkeit des unverstärkten Bauteils.



### 2.3 Biegebemessung

Die Lamellengrenzdehnung  $\varepsilon_{Lk}$  ist wie folgt zu bestimmen:

$$\text{grenz } \varepsilon_{Lk} \leq 5 f_{yk} / E_s \quad (2)$$

$$\text{grenz } \varepsilon_{Lk} \leq \varepsilon_{Luk} / 2 \quad (3)$$

Für  $\eta_B > 1,75$  gilt zusätzlich:

$$\text{grenz } \varepsilon_{Lk} \leq \varepsilon_{yk} \cdot \frac{\gamma_L}{\gamma_s} \cdot \frac{k_z \cdot (1 - \beta)}{\left( \frac{\eta_B}{\gamma_E \cdot \gamma_s} - 1 \right)} \cdot (\eta_B - 1) \quad (4)$$

mit:

$$\varepsilon_{yk} = \frac{f_{yk}}{E_s} \quad (5)$$

mit:

$f_{yk}$  charakteristischer Wert der Streckgrenze des im Bauteil verwendeten Betonstahls

$E_s$  Rechenwert des E-Moduls des im Bauteil verwendeten Betonstahls nach DIN 1045-1<sup>1</sup>

$k_z = z_L / z_s$  Verhältnis der inneren Hebelarme von Lamelle und Innenbewehrung

$\beta = \varepsilon_{s0} / \varepsilon_{yk}$  Dehnungsgrad der Bewehrung zum Zeitpunkt der Verstärkung mit

$\varepsilon_{s0}$  Vordehnung der Innenbewehrung zum Zeitpunkt der Verstärkung

$\varepsilon_{Luk}$  siehe Abschnitt 2.1.1 der "Besonderen Bestimmungen"

$\gamma_L$  Teilsicherheitsbeiwert der Klebeverstärkung für CFK-Lamellen nach Abschnitt 2.1 dieser Anlage

$\gamma_s$  Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl nach DIN 1045-1<sup>1</sup>

$\gamma_E$  gemittelter Sicherheitsbeiwert aus den Sicherheitsbeiwerten der Einwirkungen, vereinfachend darf  $\gamma_E$  mit 1,35 angenommen werden

Der kleinste Wert aus den Gleichungen (2) bis (4) ist maßgebend.

Innerhalb der Grenzdehnung darf im Grenzzustand der Tragfähigkeit die volle Mitwirkung der vorhandenen Bewehrung und der CFK-Lamellen angenommen werden, sofern die Verbundnachweise erbracht sind. Der Dehnungszustand der vorhandenen Bewehrung von Stahlbetonbauteilen zum Zeitpunkt der Klebung darf hierfür unter Annahme des gerissenen Zustandes ermittelt werden. Der Anschluss von Zuglamellen in Zuggurten gegliederter Querschnitte ist gemäß DIN 1045-1<sup>1</sup>, Abschnitt 10.3.5, nachzuweisen.



## 2.4 Bemessung der Klebeverbundverankerung

(Der Nachweis der Verankerung über Innenstützen ist nach Abschnitt 2.5 zu führen.)

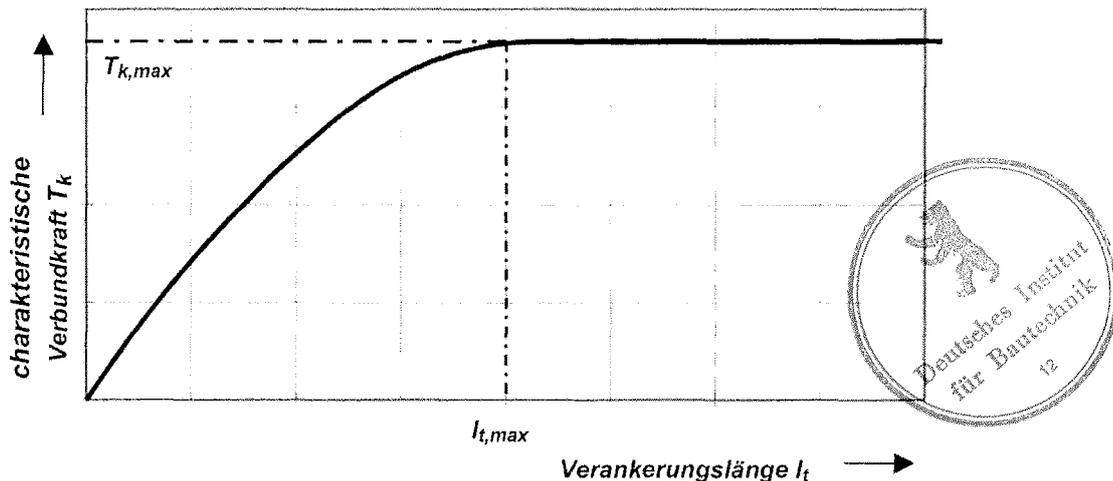


Bild 1: Zusammenhang zwischen der charakteristischen Verbundbruchkraft und der Verankerungslänge (Qualitativ)

Bild 1 zeigt qualitativ den Zusammenhang zwischen der charakteristischen Verbundbruchkraft  $T_k$  und der Verankerungslänge  $l_t$ . Zum Größtwert  $T_{k,max}$  gehört die Verankerungslänge  $l_{t,max}$ .

Beide sind wie folgt zu ermitteln:

$$T_{k,max} = 0,24 \cdot b_L \cdot \sqrt{E_{LK} \cdot t_L \cdot \sqrt{f_{cm} \cdot f_{ctm,surf}}} \quad [N] \quad (6)$$

$$l_{t,max} = 1,4 \sqrt{\frac{E_{LK} \cdot t_L}{\sqrt{f_{cm} \cdot f_{ctm,surf}}}} \quad [mm] \quad (7)$$

mit:

$b_L$  Lamellenbreite in mm

$t_L$  Lamellendicke in mm

$E_{LK}$  Elastizitätsmodul des CFK-Werkstoffs nach Abschnitt 2.1.1 der "Besonderen Bestimmungen" in  $N/mm^2$

$f_{ctm,surf}$  Rechenwert der Oberflächenzugfestigkeit des Betons nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in  $N/mm^2$  unter Berücksichtigung des Abschnitts 2.1 dieser Anlage  $f_{ctm,surf} \leq 3,0 N/mm^2$

$f_{cm}$  Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in  $N/mm^2$

Wie Bild 1 zeigt, lässt sich auch eine geringere Verbundbruchkraft  $T_k < T_{k,max}$  auf der zugehörigen Verankerungslänge  $l_t$  verankern.

$$l_t = l_{t,max} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{T_k}{T_{k,max}}} \right) \quad (8)$$

**BILFINGER BERGER**

Zentrales Labor für  
Baustofftechnik

**Bemessung  
CFK-Lamellen  
DIN 1045-1:2008-08**

**Anlage 2, Blatt 3 / 21**

zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung  
**Z-36.12-78**  
vom 3. Dezember 2009

Die zu einer Verankerungslänge  $l_t \leq l_{t,max}$  gehörende Verbundbruchkraft beträgt:

$$T_k = T_{k,max} \frac{l_t}{l_{t,max}} \left( 2 - \frac{l_t}{l_{t,max}} \right) \quad (9)$$

Für den Endverankerungsnachweis gilt

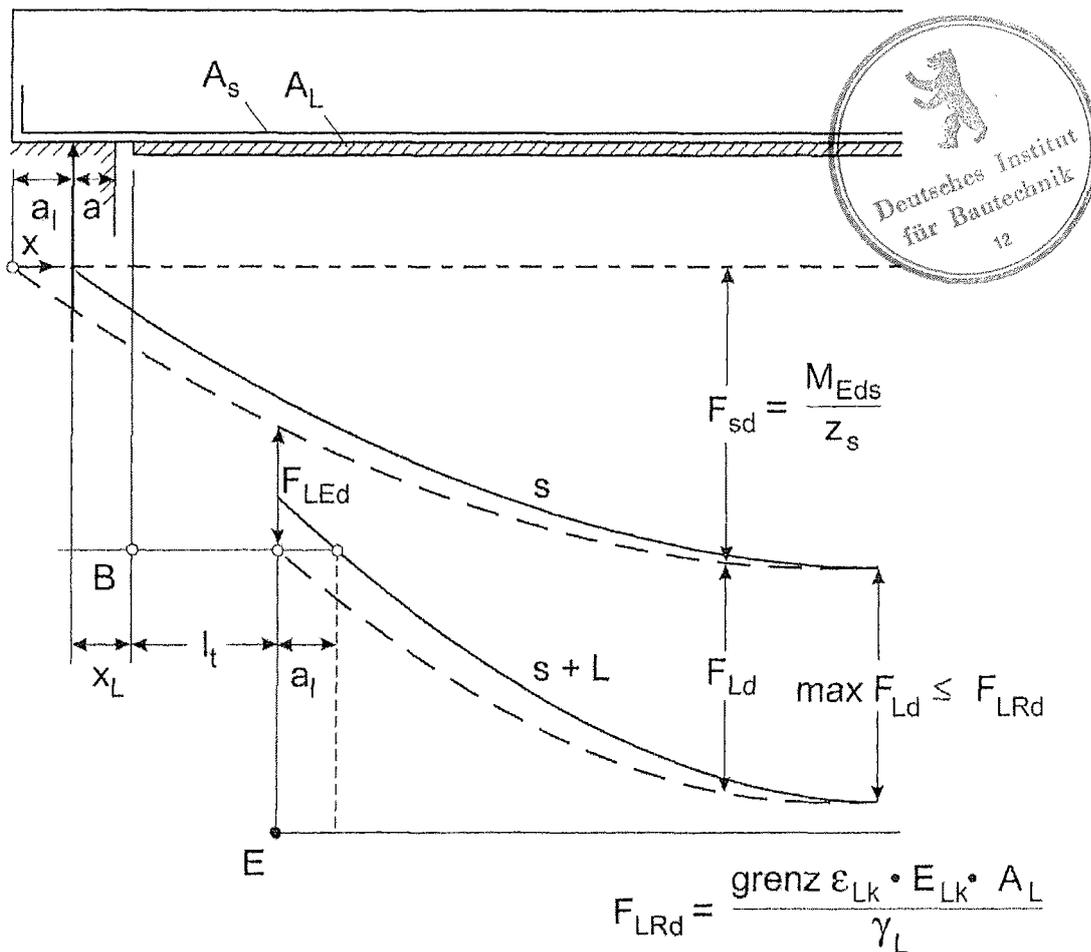
– bei unverbügelten Bauteilen (Platten und Balken):  $T_k/1,5 \geq F_{LEd}$  (10)

– bei verbügelten Bauteilen (Balken):  $T_k/1,25 \geq F_{LEd}$  (11)

Hierin ist  $F_{LEd}$  die nach den Bildern 2 und 3 am kraftseitigen Verankerungsbeginn Punkt E zu verankernde Lamellenzugkraft im Grenzzustand der Tragfähigkeit.

unverbügelte Bauteile:  $T_k / 1,5 \geq F_{LEd}$

verbügelte Bauteile:  $T_k / 1,25 \geq F_{LEd}$



$x_L$  Abstand theoretisches Auflager zum Lamellenanfang

Bild 2: Zugkraftdeckung und Lamellenverankerung an Endauflägern

**BILFINGER BERGER**

Zentrales Labor für  
Baustofftechnik

**Bemessung  
CFK-Lamellen  
DIN 1045-1:2008-08**

**Anlage 2, Blatt 4 / 21**

zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung

**Z-36.12-78**

vom 3. Dezember 2009

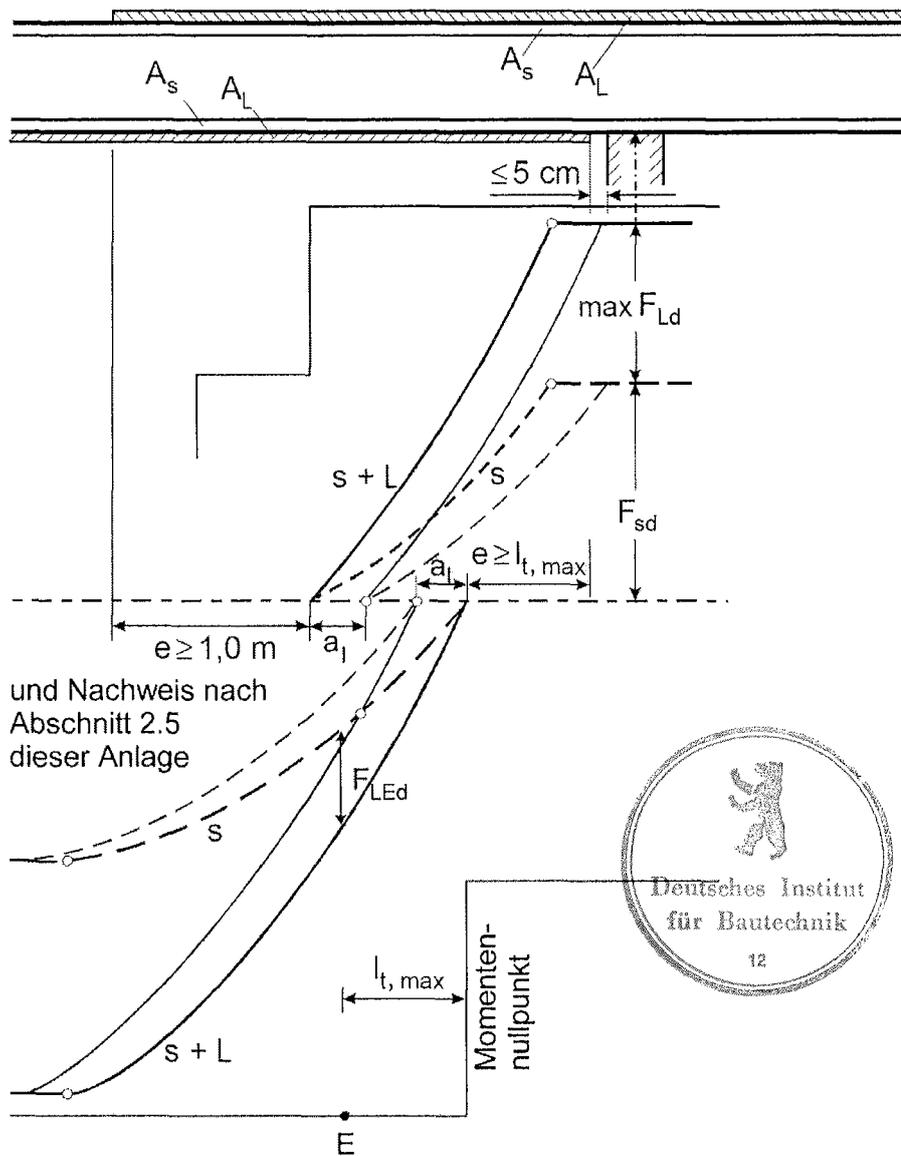


Bild 3: Lamellenverankerung an Innenauflägern

 **BILFINGER BERGER**

Zentrales Labor für  
Baustofftechnik

**Bemessung  
CFK-Lamellen  
DIN 1045-1:2008-08**

**Anlage 2, Blatt 5 / 21**

zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung  
**Z-36.12-78**

vom 3. Dezember 2009

Auf eine Verbügelung des Endbereichs der Lamellen entsprechend Abschnitt 3.1.3 der "Besonderen Bestimmungen" kann verzichtet werden, wenn die Bedingungen:

$$V_{Ed} \leq \tau_{B1} \cdot b_w \cdot z_s \quad (12)$$

mit

$\tau_{B1}$  nach Tabelle 3

$b_w$  kleinste Querschnittsbreite

$z_s$  Hebelarm der inneren Kräfte der Betonstahlbewehrung

$$z_s = 0,85 \cdot d \quad (13)$$

mit

$d$  statische Nutzhöhe unter Berücksichtigung der Betonstahlbewehrung

und der Verankerungsnachweis der CFK Lamellen:

– bei unverbügelten Bauteilen (Platten und Balken):  $T_k/1,8 \geq F_{LEd} \quad (14)$

– bei verbügelten Bauteilen (Balken):  $T_k/1,5 \geq F_{LEd} \quad (15)$

erfüllt sind.

In jedem anderen Fall ist eine Verbügelung des Endbereichs der Lamelle vorzusehen. Der am Punkt E anzuordnende Stahllaschenbügel B1 (siehe Bild 4) ist auf eine Kraft zu bemessen, die der fiktiven Zugkraft am Ende der Lamelle unter Annahme einer ebenen Dehnungsverteilung und unter Berücksichtigung des Versatzmaßes entspricht. Sowohl der Bügel B1 als auch der konstruktiv am Laschenende anzuordnende Bügel B2 (siehe Bild 4) kann auf die Bügelbewehrung zur Abtragung der Schubkräfte angerechnet werden. Die Verankerung des Bügels kann durch eine Verankerung in der Druckzone oder durch Klebeverbund entsprechend Abschnitt 2.6.2, Fall 2 erfolgen.

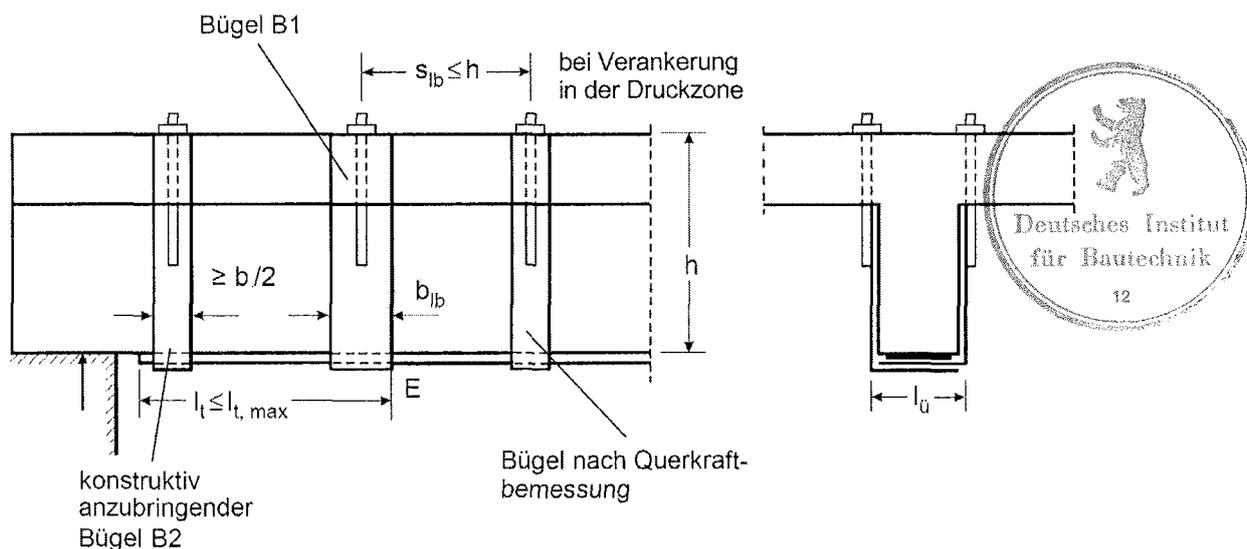


Bild 4: Verbügelung der Lamellenverankerung (Beispiel für Bügelverankerung in der Druckzone)

Konstruktionsregeln enthält Abschnitt 3.1 der "Besonderen Bestimmungen".

**BILFINGER BERGER**

Zentrales Labor für  
Baustofftechnik

**Bemessung  
CFK-Lamellen  
DIN 1045-1:2008-08**

**Anlage 2, Blatt 6 / 21**

zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung  
**Z-36.12-78**  
vom 3. Dezember 2009

## 2.5 Nachweis der Verbundtragfähigkeit über Innenstützen

Bei Verstärkung über Innenstützen darf keine Momentenumlagerung nach DIN 1045-1<sup>1</sup>, Abschnitt 8.3 berücksichtigt werden.

Anhand des maximalen Rissmomentes  $M_{cr, max}$  und des maximalen Rissabstandes  $a_{r, max}$  wird das maßgebende Zwischenrisselement im Bereich der Innenstützen ermittelt (siehe Bild 5). Dieses liegt im Bereich der Maximalwerte von Biegemoment und Querkraft. Bei Berücksichtigung des Abschnitts 7.3.2(3) nach DIN 1045-1<sup>1</sup> ist das Zwischenrisselement im Abstand des Versatzmaßes  $a_i$  vom Auflagertrand beginnend nachzuweisen.

Die Spannungen  $\sigma_{L,d}^1$  in den Rissen  $x_i$  müssen entsprechend den Dehnungszuständen ermittelt werden, die sich unter Annahme einer ebenen Dehnungsverteilung und den Arbeitslinien nach DIN 1045-1<sup>1</sup>, Bild 23 und Bild 26 für Beton und Betonstahl einstellen (wobei eine vereinfachte Ermittlung bei Biegung ohne Längskraft nach Teilschema 3 vorgenommen werden darf).

Der Nachweis ist erbracht, wenn die vorhandene Spannung  $\sigma_{L,d}^2$  kleiner als die aufnehmbare Spannung  $\sigma_{L,Rd}^2$  ist.

### 2.5.1 Bestimmung des Rissbildes

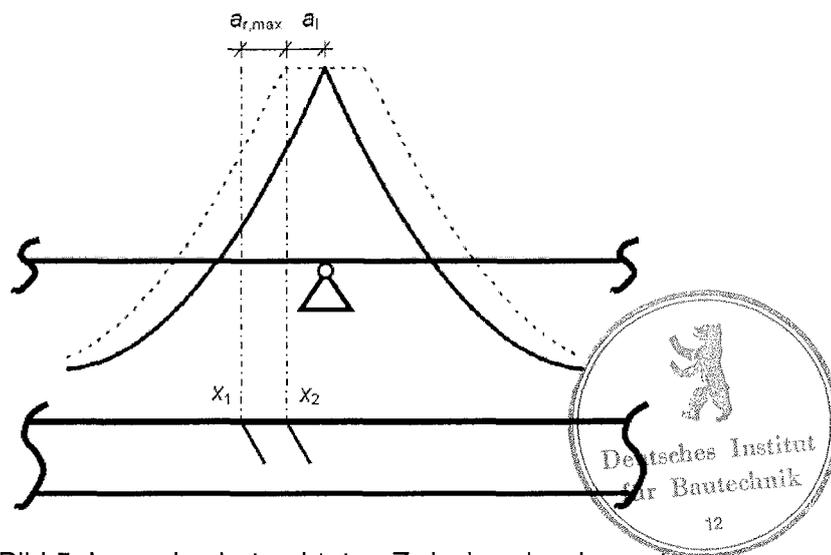


Bild 5: Lage des betrachteten Zwischenrisselements

Das Versatzmaß  $a_i$  darf vereinfachend wie folgt ermittelt werden:

$$a_i \approx 0,85 \cdot \frac{d_L \cdot E_{Lk} \cdot A_L + d \cdot E_S \cdot A_S}{E_{Lk} \cdot A_L + E_S \cdot A_S} \quad (16)$$

mit:

- d statische Nutzhöhe des Betonstahls
- $d_L$  statische Nutzhöhe der Klebebewehrung
- $E_{Lk}$  Elastizitätsmodul der Klebeverstärkung,  $E_{Lk}$  nach Abschnitt 2.1.1 der "Besonderen Bestimmungen"
- $E_S$  Elastizitätsmodul für Betonstahl
- $A_L$  Querschnittsfläche der Klebebewehrung
- $A_S$  Querschnittsfläche des Betonstahls

**BILFINGER BERGER**

Zentrales Labor für  
Baustofftechnik

**Bemessung  
CFK-Lamellen  
DIN 1045-1:2008-08**

**Anlage 2, Blatt 7 / 21**

zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung  
**Z-36.12-78**

vom 3. Dezember 2009

Ermittlung des maximalen Rissabstandes  $a_{r,max}$ :

Für die Ermittlung des maximalen Rissmomentes  $M_{cr,max}$  darf die maximale Biegezugfestigkeit des zu verstärkenden Bauwerks wie folgt angenommen werden:

$$f_{ct,fl,max} = 1,3 \cdot f_{ctm,surf} \quad (17)$$

mit:

$f_{ctm,surf}$  Rechenwert der Oberflächenzugfestigkeit des Betons nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in  $N/mm^2$

$$M_{cr,max} = f_{ct,fl,max} \cdot W_{c,o} \quad (18)$$

mit:

$f_{ct,fl,max}$  maximale Biegezugfestigkeit des zu verstärkenden Bauwerks  
 $W_{c,o}$  Widerstandsmoment des Betonquerschnitts

Ermittlung des maximalen Rissabstandes  $a_{r,max}$ :

$$a_{r,max} = \left( 1,5 + 0,5 \cdot \frac{A_{E,Gleichstreckenlast,d}}{A_{Ed}} \right) \cdot l_{e,0,max} \quad (19)$$

mit:

$A_{E,d}$  Bemessungswert der Auflagerkraft aus der Gesamtlast  
 $A_{E,Gleichstreckenlast,d}$  Bemessungswert der Auflagerkraft aus der Gleichstreckenlast  
 $l_{e,0,max}$  maximale Eintragungslänge von Betonstahl

$$l_{e,0,max} = \frac{M_{cr,max}}{z_s \cdot T} \quad (20)$$

mit:

$M_{cr,max}$  maximales Rissmomentes  $M_{cr,max}$  nach Gleichung (18)  
 $z_s$  Hebelarm der inneren Kräfte der Betonstahlbewehrung, dieser darf vereinfachend nach Gleichung (13) dieser Anlage angenommen werden

$T$  Verbundkraft je Länge

$$T = \sum_{i=1}^n n_{s_i} \cdot d_{s_i} \cdot \pi \cdot f_{bs,m,max} \quad (21)$$

mit:

$n_{s_i}$  Anzahl der Bewehrungsstäbe der Biegezugbewehrung eines Durchmessers

$d_{s_i}$  Durchmesser der Bewehrungsstäbe der Biegezugbewehrung

$f_{bs,m,max}$  maximale mittlere Verbundspannung zwischen Betonstahl und Beton nach → **Teilschema 1 ( $f_{bs,m} = f_{bs,m,max}$ )** mit  $\sigma_{s,r}(M_{cr,max})$  für  $\sigma_{s,r}$

mit:

$\sigma_{s,r}(M_{cr,max})$  Betonstahlspannung unter Wirkung des Rissmomentes für den unverstärkten Querschnitt nach

→ **Teilschema 2** mit  $M_{cr,max}$  für  $M_i$

Gemäß Bild 5 sind die Risslagen  $x_1$  und  $x_2$  für die Risse 1 und 2 festzulegen.



**BILFINGER BERGER**

Zentrales Labor für  
Baustofftechnik

**Bemessung  
CFK-Lamellen  
DIN 1045-1:2008-08**

**Anlage 2, Blatt 8 / 21**

zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung  
**Z-36.12-78**  
vom 3. Dezember 2009

## 2.5.2 Bestimmung des Bemessungswerts der Verbundbeanspruchung

Ermittlung des Bemessungswerts der vorhandenen Spannung im Riss  $x_2$

$\sigma_{L,d}^2$  Bemessungswert der Lamellenspannung im Riss  $x_2$

→ **Teilschema 3**

mit

$$z_m \approx 0,85 \cdot \frac{d_L \cdot E_{Lk} \cdot A_L + d \cdot E_S \cdot A_S}{E_{Lk} \cdot A_L + E_S \cdot A_S} \quad (22)$$

## 2.5.3 Bestimmung des Bemessungswerts des Verbundwiderstands

$$\sigma_{L,Rd}^2 = \sigma_{L,k}^2 / \gamma_B \quad (23)$$

mit:

$\gamma_B$  Sicherheitsbeiwert des Klebeverbundes nach Abschnitt 2.1 dieser Anlage

$\sigma_{L,k}^2$  charakteristischer Wert des Spannungswiderstandes im Riss  $x_2$  in

Abhängigkeit von der Spannung im Riss  $x_1$

$$\sigma_{L,k}^2 = \sqrt{\frac{2 \cdot G_f \cdot E_{Lk}}{t_L} + (\gamma_B \cdot \sigma_{L,d}^1)^2} \leq \frac{f_{Lk}}{\gamma_L} \quad (24)$$

mit:

$\sigma_{L,d}^1$  Bemessungswert der Lamellenspannung im Riss  $x_1$  → **Teilschema 3**

mit  $z_m$  nach Gleichung (22)

$E_{Lk}$  Elastizitätsmodul der Klebeverstärkung

$t_L$  Lamellendicke

$\gamma_L$  Sicherheitsbeiwert der CFK-Lamellen nach Abschnitt 2.1 dieser Anlage

$G_f$  Verbundbruchenergie

$$G_f = \frac{1}{2} s_{L0,k} \cdot f_{blk} \quad (25)$$

mit:

$f_{blk}$  charakteristische Verbundspannung zwischen Beton und Klebebewehrung

$$f_{blk} = 0,29 \sqrt{f_{cm} \cdot f_{ctm,surf}} \quad (26)$$

mit:

$f_{ctm,surf}$  Rechenwert der Oberflächenzugfestigkeit des Betons nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in  $N/mm^2$  unter Berücksichtigung des Abschnitts 2.1 dieser Anlage  $f_{ctm,surf} \leq 3,0 N/mm^2$

$f_{cm}$  Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in  $N/mm^2$

$s_{L0,k}$  charakteristischer Grenzwert der Relativverschiebung

$$s_{L0,k} = 0,185 \text{ mm}$$

$f_{Lk}$  charakteristischer Wert der Zugfestigkeit der CFK-Lamellen

## 2.5.4 Nachweis

Der Nachweis der Zugkraftdeckung ist erbracht, wenn:

$$\sigma_{L,d}^2 \leq \sigma_{L,Rd}^2 \quad (27)$$

  
**BILFINGER BERGER**

Zentrales Labor für  
Baustofftechnik

**Bemessung  
CFK-Lamellen  
DIN 1045-1:2008-08**

**Anlage 2, Blatt 9 / 21**

zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung

**Z-36.12-78**

vom 3. Dezember 2009

## 2.6 Querkraftnachweis und -bemessung (für Innenstütz- und Feldbereiche)

Es gelten die Regelungen von DIN 1045-1<sup>1</sup> mit den folgenden zusätzlichen Festlegungen:

### 2.6.1 Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,ct} \quad (28)$$

Der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit  $V_{Rd,ct}$  biegebewehrter, klebeverstärkter Bauteile ohne Querkraftbewehrung ist wie folgt zu bestimmen:

- Für  $\varepsilon_{L,d} < 2,5 \text{ ‰}$  gilt:  $V_{Rd,ct}$  nach DIN 1045-1<sup>1</sup>, Gleichung (70) wobei die Klebeverstärkung als Längsbewehrung nicht berücksichtigt werden darf.

- Für  $\varepsilon_{L,d} \geq 2,5 \text{ ‰}$  gilt:  $\min \left\{ \begin{array}{l} V_{Rd,ct} \text{ nach DIN 1045-1}^1, \text{ Gleichung (70) wobei die} \\ \text{Klebeverstärkung als Längsbewehrung nicht berücksichtigt} \\ \text{werden darf} \\ V_{Rd,ct} = v_{Rd,ct} \cdot b_w \cdot z_s \end{array} \right. \quad (29)$

mit

$z_s$  Hebelarm der inneren Kräfte der Betonstahlbewehrung nach Gleichung (13) dieser Anlage

$b_w$  kleinste Querschnittsbreite innerhalb der Zugzone des Querschnitts

$v_{Rd,ct}$  bezogener Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft in Abhängigkeit vom Rissabstand  $a_r$  in N/mm<sup>2</sup>

$$v_{Rd,ct} = f_{ck} \cdot (0,3129 a_r^4 - 0,8216 a_r^3 + 0,7847 a_r^2 - 0,3308 a_r + 0,0591) - 3,8925 a_r^4 + 9,0611 a_r^3 - 7,0426 a_r^2 + 1,9275 a_r - 0,0435 \quad (30)$$

mit

$f_{ck}$  charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons in N/mm<sup>2</sup>

$a_r$  Rissabstand in m

$$a_r = \max a_r \quad (31)$$

mit:

$a_{r,max}$  Ermittlung des maximalen Rissabstandes nach Abschnitt 2.5.1 dieser Anlage

Bei Berücksichtigung einer Vordehnung bzw. Lamellendehnung  $\varepsilon_{Lk} \neq 8,5 \text{ ‰}$  darf für  $a_r$  auch der modifizierte Rissabstand  $a_{r,mod}$  verwendet werden:

$$a_{r,mod} = a_{r,max} \cdot \frac{\varepsilon_{Lk}}{0,0085} + \frac{w_{t=0}}{0,0085} \leq a_r \quad (32)$$

$w_{t=0}$  vorhandene Rissbreite zum Zeitpunkt der Verklebung



**BILFINGER BERGER**

Zentrales Labor für  
Baustofftechnik

**Bemessung  
CFK-Lamellen  
DIN 1045-1:2008-08**

**Anlage 2, Blatt 10 / 21**

zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung  
**Z-36.12-78**

vom 3. Dezember 2009

$\epsilon_{Lk}$  charakteristischer Rechenwert der Lamellendehnung im verstärkten Zustand

Für Vollplatten ist zusätzlich zu der Bedingung (28) nachzuweisen, dass im Grenzzustand der Tragfähigkeit folgende Bedingung erfüllt ist:

$$v_{Ed} \leq \frac{\tau_{VP} \cdot erf \eta_B \cdot z_s}{1 + (erf \eta_B - 1) \cdot \frac{s_L}{b_L + 2(h - x)}} \quad (33)$$

mit:

$v_{Ed}$  Bemessungswert der gesamten Querkraft pro Meter Plattenbreite. An Endauflagern darf die am Punkt E (siehe Bild 2) vorhandene Querkraft eingesetzt werden. An Zwischenauflagern gemäß DIN 1045-1<sup>1</sup>, Abschnitt 10.3.2.

$erf \eta_B$  erforderlicher Biegeverstärkungsgrad

$s_L$  Lamellenabstand

$z_s$  Hebelarm der inneren Kräfte der Betonstahlbewehrung nach Gleichung (13) dieser Anlage

$b_L$  Lamellenbreite

$h$  Plattenhöhe (siehe Bild 6)

$x$  Höhe der Druckzone des verstärkten Querschnitts (siehe Bild 6)

$\tau_{VP}$  nach Tabelle 1

Tabelle 1

	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
$\tau_{VP} = \tau_{011}(b) \cdot \overline{\gamma_E}$ in [MN/m <sup>2</sup> ]	0,35 $\overline{\gamma_E}$	0,42 $\overline{\gamma_E}$	0,5 $\overline{\gamma_E}$	0,55 $\overline{\gamma_E}$	0,6 $\overline{\gamma_E}$	0,7 $\overline{\gamma_E}$	0,75 $\overline{\gamma_E}$	0,8 $\overline{\gamma_E}$
$\tau_{011}(b)$ nach DIN 1045 <sup>7</sup>	$\overline{\gamma_E}$ gemittelter Sicherheitsbeiwert aus den Sicherheitsbeiwerten der Einwirkungen, vereinfachend darf $\overline{\gamma_E}$ mit 1,35 angenommen werden							



**BILFINGER BERGER**  
Zentrales Labor für  
Baustofftechnik

**Bemessung  
CFK-Lamellen  
DIN 1045-1:2008-08**

**Anlage 2, Blatt 11 / 21**

zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung  
**Z-36.12-78**  
vom 3. Dezember 2009

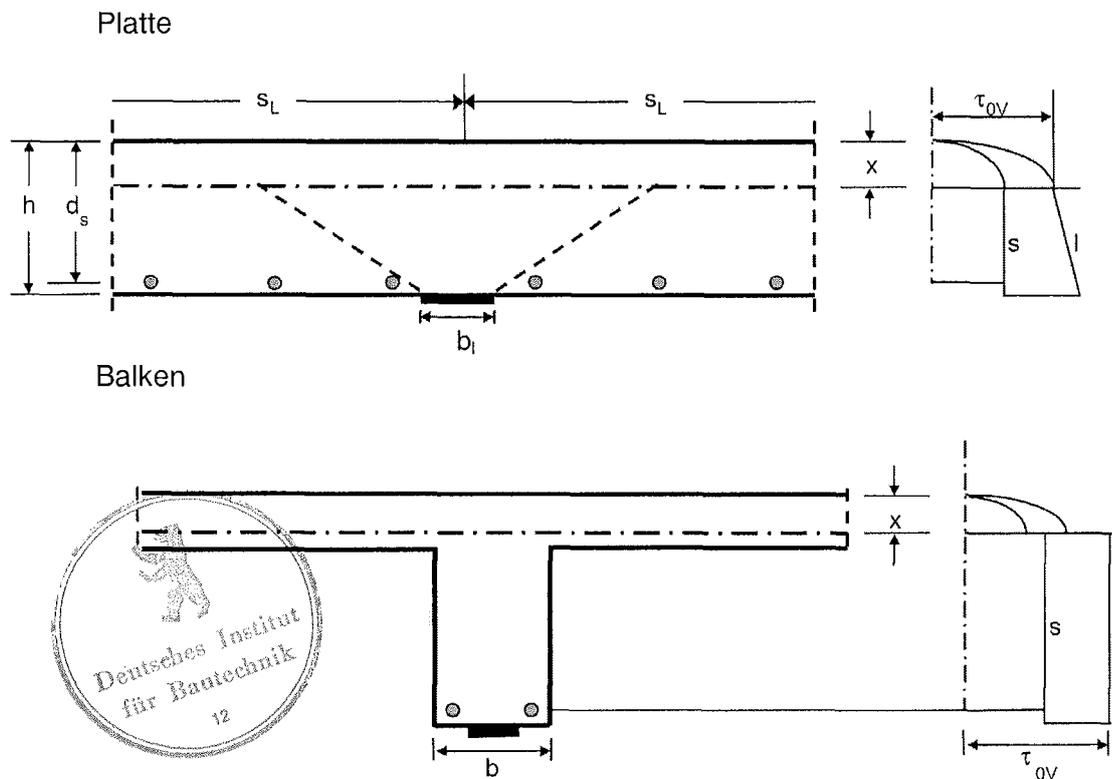


Bild 6: Schubspannungen des verstärkten Bauteils im Gebrauchszustand

## 2.6.2 Bauteile mit rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung

Die Nachweise sind nach DIN 1045-1<sup>1</sup>, Abschnitt 10.3.4 zu führen:

Bei den Nachweisen der Querkraftbewehrung  $V_{Rd,sy}$  und der Druckstrebe  $V_{Rd,max}$  nach den Gleichungen (75) bis (78) nach DIN 1045-1<sup>1</sup> ist generell der Hebelarm der inneren Kräfte der Betonstahlbewehrung  $z_s$  nach Gleichung (13) dieser Anlage einzusetzen.

Die Neigung der Druckstrebe für die einbetonierte und aufgeklebte Querkraftbewehrung ist wie folgt zu bestimmen:

- für  $\varepsilon_{L,d} < 2,5 \text{ ‰}$ : Der Druckstrebenwinkel  $\theta$  des Fachwerks ist abweichend von DIN 1045-1<sup>1</sup>, Gleichung (73) wie folgt zu ermitteln:

$$1,0 \leq \cot \theta \leq \frac{1,2}{1 - V_{Rd,c} / V_{Ed}} \leq 3,0 \quad (34)$$

mit

$$V_{Rd,c} = c_j \cdot 0,48 \cdot f_{ck}^{1/3} \cdot b_w \cdot z_s < V_{Ed} \quad (35)$$

mit

$c_j$  0,50

$f_{ck}$  charakteristischer Wert der Betondruckfestigkeit in N/mm<sup>2</sup>

$b_w$  kleinste Querschnittsbreite in mm

$z_s$  Hebelarm der inneren Kräfte der Betonstahlbewehrung nach Gleichung (13) dieser Anlage in mm

- für  $\varepsilon_{L,d} \geq 2,5 \text{ ‰}$ :  $1,0 \leq \cot \theta = \frac{1}{(1 - \nu)} \leq 3,0 \quad (36)$

$$\nu = (0,0031 \cdot f_{ck} + 0,0517) \cdot a_r^{-0,0051 \cdot f_{ck} - 0,7417} \cdot \tau_{Ed}^{0,1738 \cdot a_r - 1,1527} \quad (37)$$

mit

$f_{ck}$  charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons in N/mm<sup>2</sup>

$a_r$  Rissabstand in m nach Gleichung (31) dieser Anlage

$\tau_{Ed}$  mittlerer Schubspannungswert

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{b_w \cdot z_s} \quad (38)$$

mit

$V_{Ed}$  Bemessungswert der Querkraft

$b_w$  kleinste Querschnittsbreite

$z_s$  Hebelarm der inneren Kräfte der Betonstahlbewehrung nach Gleichung (13) dieser Anlage



**BILFINGER BERGER**

Zentrales Labor für  
Baustofftechnik

**Bemessung  
CFK-Lamellen  
DIN 1045-1:2008-08**

**Anlage 2, Blatt 13 / 21**

zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung

**Z-36.12-78**

vom 3. Dezember 2009

Bei Querkraftbewehrungen mit unterschiedlichen Winkeln  $\alpha$  zur Schwereachse ist  $V_{Rd,max}$  anteilig je Bewehrungsrichtung zu ermitteln. Nach Aufteilung der einwirkenden Querkraft  $V_{Ed}$  auf die Querkraftbewehrungen mit unterschiedlichen Neigungswinkeln  $\alpha_i$ , gilt für die Maximaltragfähigkeit:

$$\sum \frac{V_{Ed,\alpha_i}}{V_{Rd,max,\alpha_i}} \leq 1,0 \quad (39)$$

mit:

$V_{Ed,\alpha_i}$  einwirkende Querkraft je Bewehrungsrichtung mit dem Neigungswinkel  $\alpha_i$

$$V_{Ed,\alpha_i} = \frac{V_{Rd,sy,\alpha_i}}{\sum V_{Rd,sy,\alpha_i}} \cdot V_{Ed} \quad (40)$$

$V_{Rd,max,\alpha_i}$  Bemessungswert der Druckstrebenfestigkeit je Bewehrungsrichtung mit dem Neigungswinkel  $\alpha_i$  nach DIN 1045-1<sup>1</sup>, Gleichungen (76) und (78)

Weiterhin muss nachgewiesen werden, dass bei Balken und Plattenbalken im Grenzzustand der Tragfähigkeit folgende Bedingung erfüllt ist:

$$V_{Ed} \leq \tau_{B2} \cdot b_w \cdot z_s \quad (41)$$

mit

$\tau_{B2}$  nach Tabelle 2

$b_w$  kleinste Querschnittsbreite

$z_s$  Hebelarm der inneren Kräfte der Betonstahlbewehrung nach Gleichung (13) dieser Anlage

Tabelle 2

	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
$\tau_{B2} = \tau_{02} \cdot \overline{\gamma_E}$ in [MN/m <sup>2</sup> ]	1,2 $\overline{\gamma_E}$	1,5 $\overline{\gamma_E}$	1,8 $\overline{\gamma_E}$	2,05 $\overline{\gamma_E}$	2,4 $\overline{\gamma_E}$	2,7 $\overline{\gamma_E}$	2,85 $\overline{\gamma_E}$	3,0 $\overline{\gamma_E}$
$\tau_{02}$ nach DIN 1045 <sup>7</sup>	$\overline{\gamma_E}$ gemittelter Sicherheitsbeiwert aus den Sicherheitsbeiwerten der Einwirkungen, vereinfachend darf $\overline{\gamma_E}$ mit 1,35 angenommen werden							

Die Stahllaschenbügel sind mit der Stahlspannung  $\sigma_{lbü,Rd} = f_{y,k}/1,10$  zu bemessen.

Bei einer Beanspruchung im Grenzzustand der Tragfähigkeit kann bei

Balken  $V_{Ed} \leq 0,9 \cdot \tau_{B1} \cdot b_w \cdot z_s \quad (42)$

Plattenbalken  $V_{Ed} \leq 0,9 \cdot \tau_{PB1} \cdot b_w \cdot z_s \quad (43)$

mit

$\tau_{B1} / \tau_{PB1}$  nach Tabelle 3

$b_w$  kleinste Querschnittsbreite

$z_s$  Hebelarm der inneren Kräfte der Betonstahlbewehrung nach Gleichung (13) dieser Anlage



**BILFINGER BERGER**

Zentrales Labor für  
Baustofftechnik

**Bemessung  
CFK-Lamellen  
DIN 1045-1:2008-08**

**Anlage 2, Blatt 14 / 21**

zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung

**Z-36.12-78**

vom 3. Dezember 2009

Tabelle 3

	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
$\tau_{B1} = \tau_{011(b)} \cdot \overline{\gamma_E}$ in [MN/m <sup>2</sup> ]	0,35 $\overline{\gamma_E}$	0,42 $\overline{\gamma_E}$	0,50 $\overline{\gamma_E}$	0,54 $\overline{\gamma_E}$	0,60 $\overline{\gamma_E}$	0,70 $\overline{\gamma_E}$	0,75 $\overline{\gamma_E}$	0,80 $\overline{\gamma_E}$
$\tau_{PB1} = \tau_{012} \cdot \overline{\gamma_E}$ in [MN/m <sup>2</sup> ]	0,50 $\overline{\gamma_E}$	0,62 $\overline{\gamma_E}$	0,75 $\overline{\gamma_E}$	0,85 $\overline{\gamma_E}$	1,00 $\overline{\gamma_E}$	1,10 $\overline{\gamma_E}$	1,17 $\overline{\gamma_E}$	1,25 $\overline{\gamma_E}$
$\tau_{011(b)}$ und $\tau_{012}$ nach DIN 1045 <sup>7</sup>	$\overline{\gamma_E}$ gemittelter Sicherheitsbeiwert aus den Sicherheitsbeiwerten der Einwirkungen, vereinfachend darf $\overline{\gamma_E}$ mit 1,35 angenommen werden							

auf Stahllaschenbügel verzichtet werden, sofern die innere Querkraftbewehrung zur Deckung der Gesamtquerkraft  $V_{Ed}$  ausreichend dimensioniert ist (Fall 2). Andernfalls ist der durch die Stahllaschenbügel abzudeckende Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit  $V_{EdL}$  nach Gleichung (45) bzw. (46) zu berechnen. Der durch Laschenbügel abzudeckende Schubspannungsanteil  $\tau_{OVL}$  ist auf  $\tau_{LB}$  nach Tabelle 4 zu begrenzen:

$$\tau_{OVL} = \frac{V_{EdL}}{b_w \cdot z_s} \leq \tau_{LB} \quad (44)$$

mit

$V_{EdL}$  durch die Stahllaschenbügel abzudeckender Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit

$b_w$  kleinste Querschnittsbreite

$z_s$  Hebelarm der inneren Kräfte der Betonstahlbewehrung nach Gleichung (13) dieser Anlage

Tabelle 4

	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
$\tau_{LB} = \tau_{011(a)} \cdot \overline{\gamma_E}$ in [MN/m <sup>2</sup> ]	0,25 $\overline{\gamma_E}$	0,30 $\overline{\gamma_E}$	0,35 $\overline{\gamma_E}$	0,37 $\overline{\gamma_E}$	0,40 $\overline{\gamma_E}$	0,50 $\overline{\gamma_E}$	0,52 $\overline{\gamma_E}$	0,55 $\overline{\gamma_E}$
$\tau_{011(a)}$ nach DIN 1045 <sup>7</sup>	$\overline{\gamma_E}$ gemittelter Sicherheitsbeiwert aus den Sicherheitsbeiwerten der Einwirkungen, vereinfachend darf $\overline{\gamma_E}$ mit 1,35 angenommen werden							



**BILFINGER BERGER**

Zentrales Labor für  
Baustofftechnik

**Bemessung  
CFK-Lamellen  
DIN 1045-1:2008-08**

**Anlage 2, Blatt 15 / 21**

zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung

**Z-36.12-78**

vom 3. Dezember 2009

$$V_{EdL} = \frac{\eta_B - 1}{\eta_B} \cdot V_{Ed} \quad (45)$$

$$V_{EdL} = V_{Ed} - \text{ged } V_{Eds} \quad (46)$$

Der größere Wert von  $V_{EdL}$  ist maßgebend.

In den Gleichungen (45) und (46) bedeuten:

$\eta_B$  Biegeverstärkungsgrad nach Gleichung (1)

ged  $V_{Eds}$  von der inneren Querkraftbewehrung abgedeckte Querkraftanteil

Hinsichtlich der Deckung der Querkraft des Bauteils im verstärkten Zustand sind zwei Fälle zu unterscheiden:

**Fall 1:**

Die durch die innere Querkraftbewehrung gedeckte Querkraft ged  $V_{Eds}$  ist kleiner als die gesamte Querkraft (ged  $V_{Eds} < V_{Ed}$ ):

Äußere Querkraftbewehrung in Form geklebter Stahlbügel ist stets anzuordnen. Diese müssen die Zugzone umschließen und in der Druckzone verankert werden.

**Fall 2:**

Die durch die innere Querkraftbewehrung gedeckte Querkraft ist gleich oder größer als die gesamte Querkraft (ged  $V_{Eds} \geq V_{Ed}$ ):

Bei einer Querkraftbeanspruchung im Grenzzustand der Tragfähigkeit kann bei

$$V_{Ed} \leq \tau_{PB1} \cdot b_w \cdot z_s \quad (47)$$

mit

$\tau_{PB1}$  nach Tabelle 3

$b_w$  kleinste Querschnittsbreite

$z_s$  Hebelarm der inneren Kräfte der Betonstahlbewehrung nach Gleichung (13) dieser Anlage

auf die Verankerung der Stahllaschenbügel in der Druckzone verzichtet werden, sofern die auf die Bügel entfallende Zugkraft über Klebeverbund an das Betonbauteil übertragen werden kann. Der Nachweis kann nach Gleichung (48) erfolgen.

$$F_{b\ddot{u},d} \leq T_k / 1,5 \quad (48)$$

Die charakteristische Verbundbruchkraft  $T_k$  ist nach den Gleichungen (49) bis (51) zu berechnen. Die Stahllaschenbügel sind über die gesamte Steghöhe zu verkleben. In Gleichung (49) darf nur die Hälfte der vorhandenen Klebelänge angesetzt werden.

$$T_k = T_{k,max} \cdot \frac{l_t}{l_{t,max}} \cdot \left( 2 - \frac{l_t}{l_{t,max}} \right) \quad [N] \quad (49)$$

$$T_{k,max} = 0,24 \cdot b_{LB} \cdot \sqrt{E_{LBk} \cdot t_{LB} \cdot \sqrt{f_{cm} \cdot f_{ctm,surf}}} \quad [N] \quad (50)$$



$$l_{t,max} = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{E_{LBk} \cdot t_{LB}}{f_{cm} \cdot f_{ctm,surf}}} \quad [\text{mm}] \quad (51)$$

mit:

$F_{b\ddot{u},d}$  die auf einen Bügelschenkel entfallene Zugkraft

$T_{k,max}$  charakteristische Verbundbruchkraft

$l_{t,max}$  zu  $T_{k,max}$  zugehörige Verankerungslänge

$l_t$  höchstens die Hälfte der vorhandenen Klebelänge  $\leq l_{t,max}$

$b_{LB}$  Breite der Schublaschen in mm

$t_{LB}$  Dicke der Schublaschen in mm

$E_{LBk}$  Elastizitätsmodul des Schublaschen in  $\text{N/mm}^2$

$f_{ctm,surf}$  Rechenwert der Oberflächenzugfestigkeit des Betons nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in  $\text{N/mm}^2$  unter Berücksichtigung des Abschnitts 2.1 dieser Anlage  $f_{ctm,surf} \leq 3,0 \text{ N/mm}^2$

$f_{cm}$  Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in  $\text{N/mm}^2$

Hinsichtlich Anordnung und zulässiger Abstände der Bügel vgl. Abschnitt 3.1.2 der "Besonderen Bestimmungen". Geklebte und nicht in der Druckzone verankerte Stahllaschenbügel können durch schubfest aufgeklebte Kohlefaserlamine nach einer geltenden allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ersetzt werden.

Bei Verwendung der äußeren Querkraftbewehrung in Form geklebter Stahlbügel als Mindestbewehrung nach DIN 1045-1<sup>1</sup>, Abschnitt 13.2.3 (5) müssen diese die Zugzone umschließen und in der Druckzone verankert werden.

## 2.7 Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Die Nachweise für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind nicht Gegenstand der Zulassung. Die Dehnungsbeschränkungen nach den Gleichungen (2) bis (4) ersetzen nicht die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1045-1<sup>1</sup>.

## 2.8 Nachweis der Dauerhaftigkeit

Zusätzlich zum Verankerungsnachweis nach Gleichung (10) bzw. (11) muss nachgewiesen werden, dass die auftretenden Verankerungskräfte aus ständigen Lasten folgende Bedingungen erfüllen:

– bei unverbügelten Bauteilen (Platten und Balken):  $0,6 \cdot T_k / 1,5 \geq F_{LG,d}$  (52)

– bei verbügelten Bauteilen (Balken):  $0,6 \cdot T_k / 1,25 \geq F_{LG,d}$  (53)

mit:

$T_k$  nach Gleichung (9)

$F_{LG,d}$  Bemessungswert der Verankerungskraft aus ständigen Lasten.



**BILFINGER BERGER**

Zentrales Labor für  
Baustofftechnik

**Bemessung  
CFK-Lamellen  
DIN 1045-1:2008-08**

**Anlage 2, Blatt 17 / 21**

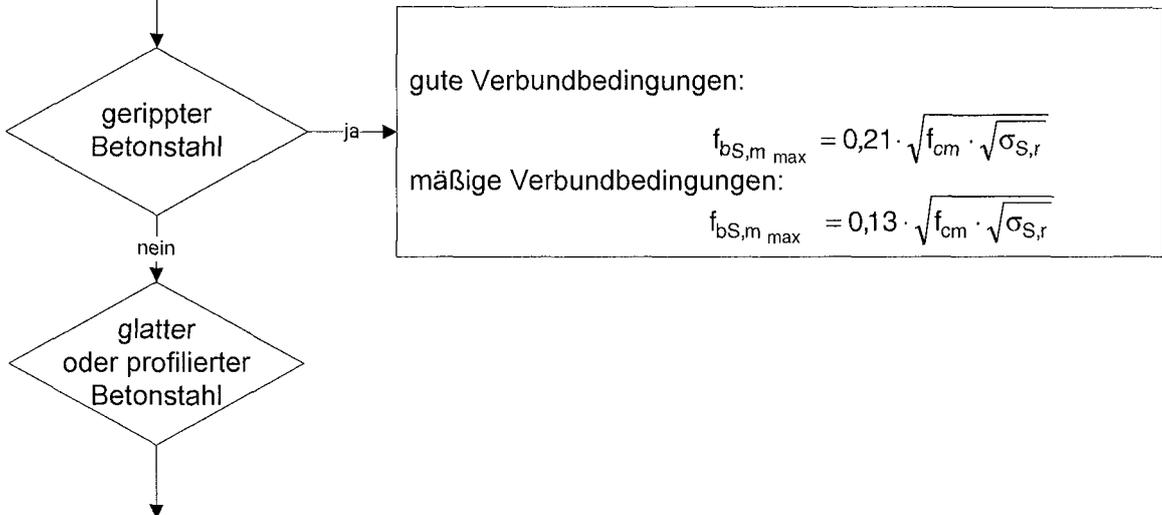
zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung

**Z-36.12-78**

vom 3. Dezember 2009

→ **Teilschema 1** für den Nachweis nach Abschnitt 2.5.1 - Bestimmung des Rissbildes

**1** Bestimmung der mittleren Verbundspannung  $f_{bS,m}$  zwischen Betonstahl und Beton

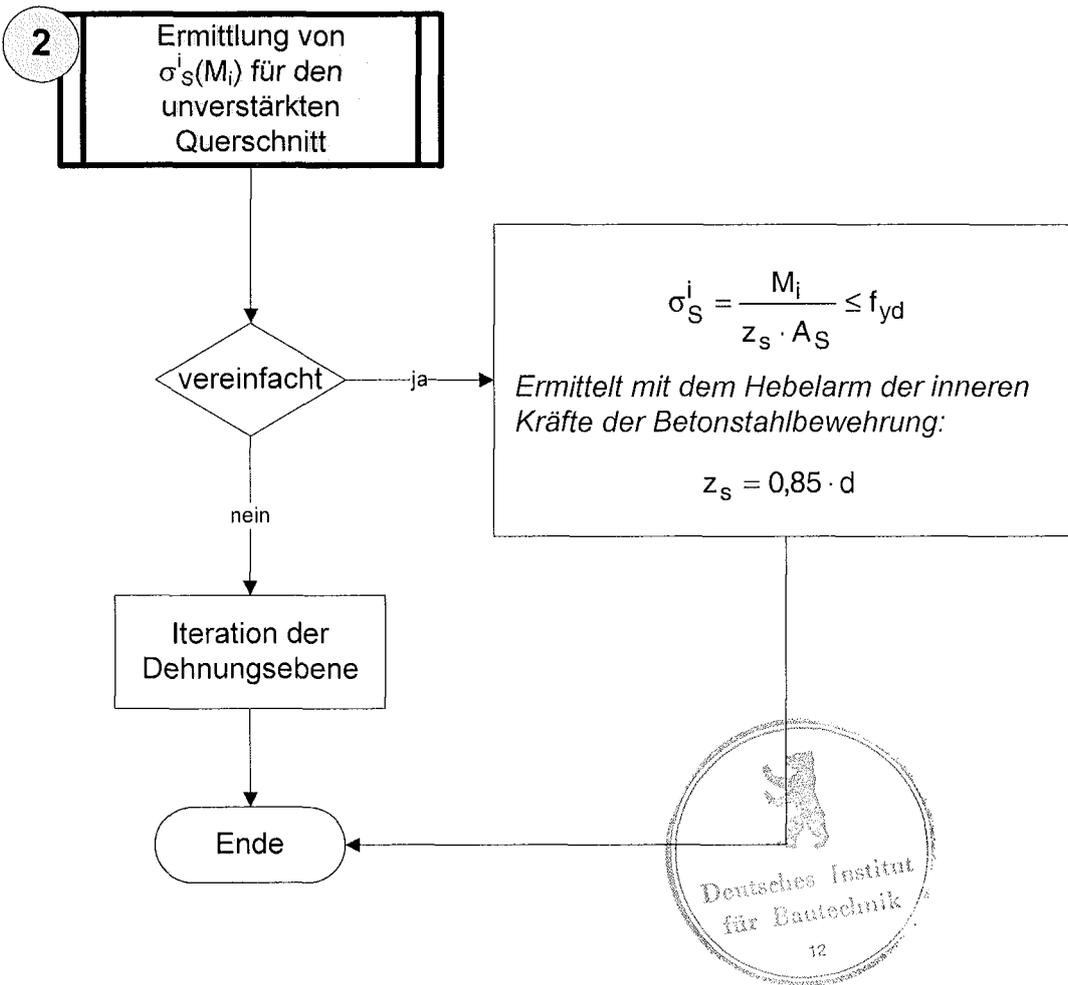


Verbundspannungen  $f_{bS,m}$  in [N/mm<sup>2</sup>]

Oberfläche	Verbundbedingungen	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
glatt	gut	1,26	1,36	1,47	1,57	1,68	1,89	1,99	2,10
	mäßig	0,63	0,68	0,74	0,79	0,84	0,95	1,00	1,05
profilierter	gut	1,68	1,89	2,10	2,31	2,52	2,94	3,15	3,36
	mäßig	0,84	0,94	1,05	1,15	1,26	1,47	1,57	1,68



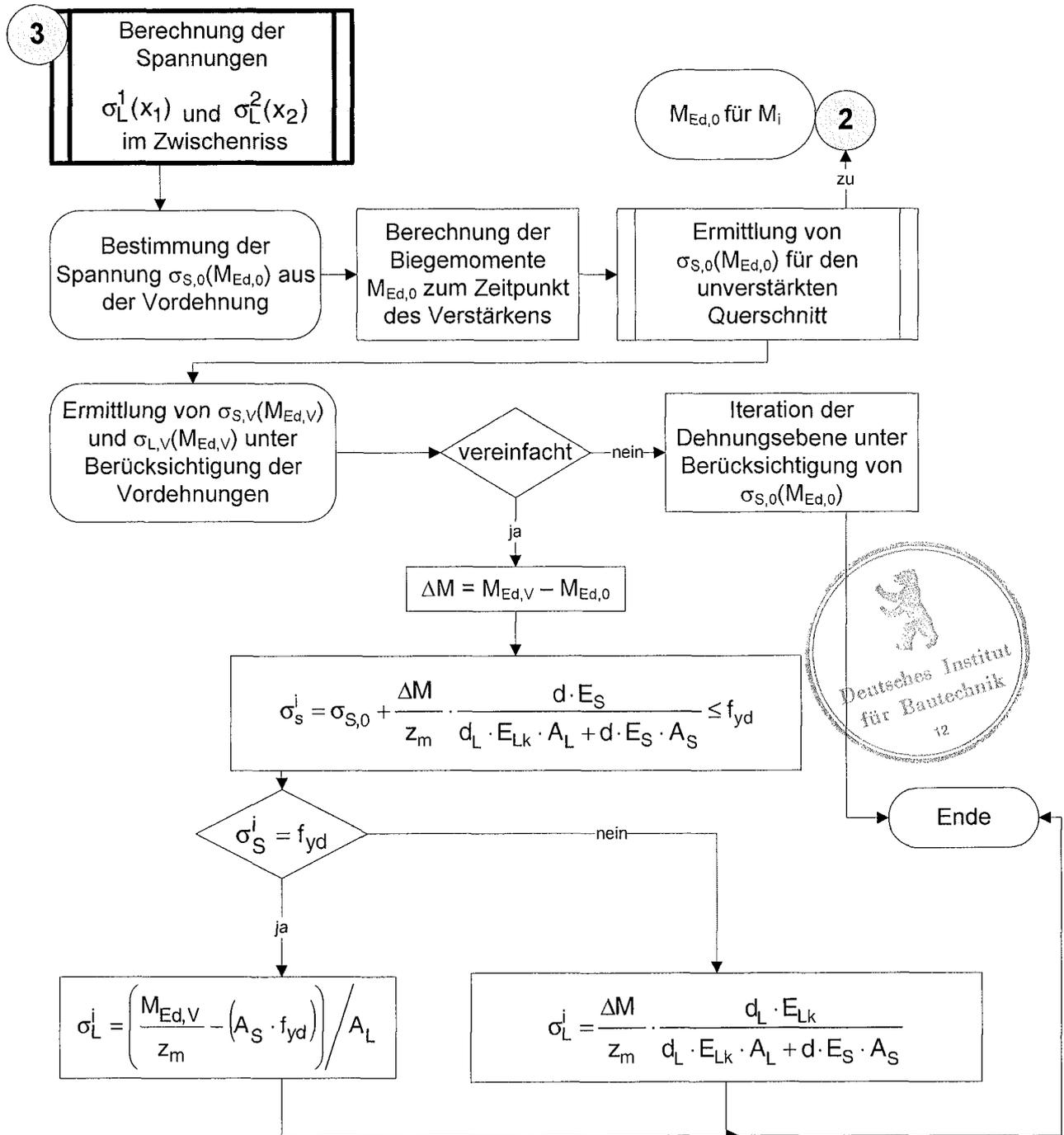
→ **Teilschema 2** für den Nachweise nach Abschnitt 2.5.1 - Bestimmung des Rissbildes



→ **Teilschema 3** für die Nachweise nach den Abschnitten

2.5.1 - Bestimmung des Bemessungswertes der Verbundbeanspruchung

2.5.2 - Bestimmung des Bemessungswertes des Verbundwiderstandes



## Erläuterungen zu den Flussdiagrammen:

### Materialkennwerte

#### Beton

$f_{cm}$  - Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit des zu verstärkenden Bauwerks

#### Betonstahlbewehrung

$f_{yd}$  - Bemessungswert der Streckgrenze des Betonstahls

$E_s$  - Elastizitätsmodul für Betonstahl

#### Klebebewehrung

$E_{Lk}$  - charakteristischer Wert des Elastizitätsmoduls der Klebeverstärkung

### Verbundkennwerte

$T_{max}$  - maximaler Zugkraftzuwachs pro Verbundlängeneinheit

### Geometrische Größen

$Z_s$  - innerer Hebelarm bei Berücksichtigung des Betonstahls

$Z_m$  - mittlerer innerer Hebelarm von Betonstahl und Klebebewehrung

$d_L$  - statische Nutzhöhe der Klebebewehrung

$d$  - statische Nutzhöhe des Betonstahls

$A_L$  - Querschnittsfläche der Klebebewehrung

$A_s$  - Querschnittsfläche des Betonstahls

### Systemkenngrößen

$M_i$  - Moment im betrachteten Schnitt

$M_{Ed,V}$  - Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments im verstärkten Zustand

$M_{Ed,0}$  - Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments während des Verstärkens

$x_i$  - Risslage

### Beanspruchungen

$\sigma_{s,r}$  - Betonstahlspannung unter Wirkung des Rissmoments

$\sigma_{s,v}$  - Betonstahlspannung für den verstärkten Querschnitt

$\sigma_{s,0}$  - Betonstahlspannung für den unverstärkten Querschnitt

$\sigma_L^i$  - Lamellenspannung im Riss  $i$

$\sigma_s^i$  - Betonstahlspannung im verstärkten Zustand im Riss

$f_{bs,m}$  - mittlere Verbundspannung zwischen Betonstahl und Beton

$f_{bs,m,max}$  - maximale mittlere Verbundspannung zwischen Betonstahl und Beton



1	DIN 1045-1:2008-08	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion
2	DIN 1045-2:2008-08	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton, Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
3	DIN 1045-3: 2008-08	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung
4	DIN 1045-4:2001-07	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen
5	DIN 18800-1:2008-11	Stahlbauten – Bemessung und Konstruktion
6	DIN 1055-100:2001-03	Einwirkungen auf Tragwerke Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessung
7	DIN 1045:1988-07	Beton- und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung

  
**BILFINGER BERGER**

Zentrales Labor für  
Baustofftechnik

**Bemessung  
CFK-Lamellen  
DIN 1045-1:2008-08**

**Anlage 2, Blatt 21 / 21**

zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung  
**Z-36.12-78**  
vom 3. Dezember 2009

**Produkte der Firma StoCretec GmbH**

Tabelle 1a:

**Verarbeitungszeit und Unterstützungsdauer für den Klebstoff "StoPox SK 41" nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-36.12-70**

Temperatur [°C]	ausnutzbare Verarbeitungszeit [min]	Unterstützungsdauer [h]
≥ 10	≤ 60	mindestens 48
~ 23	≤ 30	mindestens 24
≤ 30	≤ 15	mindestens 15

Maximale Dauertemperatur ohne Anwendung des Betonersatzsystems nach Abschnitt 2.1.5 der Besonderen Bestimmungen nach Z-36.12-70 der nach der Aushärtung

40°C

Maximale Dauertemperatur mit Anwendung des Betonersatzsystems nach Abschnitt 2.1.5 der Besonderen Bestimmungen nach Z-36.12-70 nach der Aushärtung

34°C

Tabelle 1b:

**Aushärtezeit für die Primer "StoPox ZNP sandgelb" und "StoPox ZNP rotbraun" nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-36.12-70**

Temperatur [°C]	Aushärtezeit bis zum Verkleben der geprimerten Stahllaschen [Tage]
≥ 10	mindestens 7 d
~ 23	mindestens 3 d
≤ 30	mindestens 2 d



Zwischen der Auftragung beider Primerschichten ist eine Verweildauer von mindestens 24 Stunden einzuhalten.

## Produkte der Firma MC-Bauchemie Müller GmbH & Co

Tabelle 2a:

### Verarbeitungszeit und Unterstützungsdauer für den Klebstoff "MC DUR 1280"

Temperatur [°C]	ausnutzbare Verarbeitungszeit [min]	Unterstützungsdauer [h]
≥ 10	≤ 60	mindestens 30
≤ 20	≤ 45	mindestens 20
≤ 30	≤ 20	mindestens 15

Maximale Dauertemperatur nach der Aushärtung

40°C

Tabelle 2b:

### Aushärtfestigkeit für den Primer "Colusal VL"

Temperatur [°C]	Haftzugfestigkeit für das Verkleben der geprimerten Stahllaschen [N/mm <sup>2</sup> ]
≥ 8	≥ 14

Zwischen der Auftragung beider Primerschichten ist eine Verweildauer von mindestens 24 Stunden, aber maximal 48 einzuhalten.



  
**BILFINGER BERGER**  
Zentrales Labor für Baustofftechnik

**Carboplus**  
Verarbeitungszeit und  
Unterstützungsdauer für  
Klebstoffe

**Anlage 3, Blatt 2 / 2**  
zur allgemeinen  
bauaufsichtlichen Zulassung  
**Z-36.12-78**  
vom 3. Dezember 2009

**Tabelle 1: Werkseigene Produktionskontrolle für Carboplus®-Lamellen**

	Prüfung	Häufigkeit
1	Eingangskontrolle der Herstellererklärungen der angelieferten Werkstoffe	jede Lieferung
2	Sichtkontrolle auf Fehlstellen	laufend
3	Statischer E-Modul der Lamelle in Längsrichtung in Anlehnung an DIN EN 2561:1995-11	eine Prüfung je Charge, mindestens aber alle 1000 m  Jeder Prüfung nach den Zeilen 3 bis 6 ist der Fasergehalt der Probe zuzuordnen.
4	Glasübergangspunkt nach DIN EN 61006	
5	Lamellenzugfestigkeit in Anlehnung an DIN EN 2561:1995-11	
6	Bruchdehnung in Anlehnung an DIN EN 2561:1995-11	
7	Fasergehalt der Lamelle	

**Tabelle 2: Fremdüberwachung der Carboplus®-Lamellen**

Überprüfung der werkseigenen Produktionskontrolle und alle Prüfungen 3 bis 6 stichprobenartig.

