

Geplante Umstellung der Bemessungsgrundlagen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für aufgeklebte CFK-Lamellen und Stahllaschen bis 01. Oktober 2008

Seit über 20 Jahren erteilt das DIBt allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für aufgeklebte CFK-Lamellen und Stahllaschen zur Verstärkung von Betonbauteilen. Neben den Regelungen für die Komponenten der Bausätze, mit denen diese Verstärkungsmaßnahmen durchgeführt werden (Klebstoff, Lamellen), werden in den Zulassungsbescheiden auch die Bemessungsverfahren angegeben, mit denen bei der Anwendung der Verstärkungen die erhöhten Tragfähigkeiten der jeweiligen Betonbauteile (insbesondere Platten und Balken) ermittelt werden können.

Diese Bemessungsverfahren waren im Laufe der Jahre immer wieder Anpassungen unterworfen, die sich aus dem sich stetig erweiternden Anwendungsbereich, aber auch aus den Erkenntnissen aus Forschungsvorhaben, ergeben haben.

In jüngster Zeit hat sich herausgestellt, dass zur Vermeidung von Unterbemessung im Bereich hoher Momente und hoher Querkräfte das Nachweisformat ergänzt werden muss.

Darum hat der zuständige Sachverständigenausschuss dem DIBt eine Umstellung der Bemessungsregeln auf der Grundlage eines neuen Verankerungsnachweises und Verbundnachweises sowie eines neuen Querkraftnachweises empfohlen.

Das DIBt teilt deshalb mit, dass spätestens bis zum 1. Oktober 2008 alle derzeit geltenden allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für aufgeklebte CFK-Lamellen und Stahllaschen von Amts wegen geändert und auf die neuen Bemessungsregeln umgestellt werden.

Den Antragstellern liegen die neuen Vorschläge zur sicheren Bemessung bereits vor, das DIBt empfiehlt deren Einhaltung zum frühestmöglichen Zeitpunkt.

Neue allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen werden ab sofort nur auf der Grundlage des neuen, den Sicherheitsanforderungen auch im Bereich hoher Momente und Querkräfte entsprechenden Bemessungsmodells erteilt.

Es ist beabsichtigt, im Heft 6 der "DIBt Mitteilungen" eine ausführliche Erläuterung des technischen Sachverhaltes einschließlich eines Bemessungsbeispiels zu geben.

Hinweis:

Die den Antragstellern zur Verfügung gestellten neuen Bemessungsgrundlagen finden Sie auf der Homepage des DIBt unter [www.dibt.de/Kompetenzen/Abteilung I/Referat I 1](http://www.dibt.de/Kompetenzen/Abteilung_I/Referat_I_1) eingestellt.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK

Anstalt des öffentlichen Rechts

10829 Berlin, 22. Januar 2007

Kolonnenstraße 30 L

Telefon: 030 78730-314

Telefax: 030 78730-320

GeschZ.: I 11-1.36.1-1/06

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Zulassungsnummer:

Z-36.12-57

Antragsteller:

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

Zulassungsgegenstand:

Verstärken von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen durch
schubfest aufgeklebte Kohlefaserlamellen Carboplus

Geltungsdauer bis:

31. Dezember 2009

Der oben genannte Zulassungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich zugelassen. *

Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung umfasst 14 Seiten und vier Anlagen.



* Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung ersetzt die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-36.12-57 vom 30. Mai 2003, geändert und ergänzt durch Bescheid vom 30. September 2004.

I. ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

- 1 Mit der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ist die Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Zulassungsgegenstandes im Sinne der Landesbauordnungen nachgewiesen.
- 2 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung ersetzt nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen.
- 3 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung wird unbeschadet der Rechte Dritter, insbesondere privater Schutzrechte, erteilt.
- 4 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.
- 5 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.
- 6 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 kohlenstofffaserverstärkten 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 für das Ankleben von Kohlefaserlamellen zugelassenen Klebstoff an die Betonbauteile schubfest angeklebten "Carboplus® Lamellen" dürfen zum Nachweis der Tragfähigkeit von Stahlbetonbauteilen herangezogen werden. Die rechnerische Gesamttragfähigkeit des verstärkten Bauteiles darf nicht größer sein als das Zweifache des unverstärkten Bauteiles.

Bei größeren Schubbeanspruchungen in Betonbalken müssen die Zuglamellen zusätzlich durch Schublaschen aus Stahl umschlossen werden.

Die Lamellen verstärkter Bauteile dürfen ungeschützt nur unter Umweltbedingungen nach DIN 1045:1988-07, Tabelle 10, Zeilen 1 bis 2 mit Ausnahme von Zeile 2, Satz 2 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 Umweltbedingungen nach DIN 1045:1988-07, Tabelle 10, Zeile 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 ausgesetzt ist.

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

Klebesystem	Bauteiltemperatur
nach Z-36.12-62 der Firma StoCretec GmbH	42 °C
nach Z-36.12-29 der Firma Sika GmbH	43 °C ¹⁾
nach Z-36.12-63 der Firma MC-Bauchemie Müller GmbH & Co	45 °C
¹⁾ Der Primer ist vor der Verklebung der Laschenbügel im Bereich der Klebefuge vollständig zu entfernen.	



Langfristig darf die Temperatur von 40 °C nicht überschritten werden.

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

Instandsetzungsmörtel	Bauteiltemperatur
nach Z-36.12-62 der Firma StoCretec GmbH	34 °C
nach Z-36.12-29 der Firma Sika GmbH	38 °C ¹⁾
nach Z-36.12-63 der Firma MC-Bauchemie Müller GmbH & Co	40 °C
¹⁾ Der Primer ist vor der Verklebung der Laschenbügel im Bereich der Klebefuge vollständig zu entfernen.	

Durch angeklebte CFK-Lamellen dürfen vorwiegend ruhend und nicht vorwiegend ruhend beanspruchte Bauteile verstärkt werden.

Für die Verstärkung von Spannbetonbauteilen sowie von Stahlbetonbauteilen, die sowohl biege- als auch normalkraftbeansprucht sind, ist zu prüfen, ob eine uneingeschränkte Anwendung der Zulassung möglich ist. Andernfalls ist eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich.

2 Bestimmungen für die Bauprodukte

2.1 Eigenschaften und Zusammensetzung der "Carboplus® Lamellen"

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

Die "Carboplus® Lamellen" müssen pultrudierte Lamine aus Epoxidharz mit ≥ 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
Fasergehalt	≥ 68 Vol. %	≥ 68 Vol. %	≥ 68 Vol. %
Zugfestigkeit in Faserrichtung f_k	≥ 2.475 N/mm ²	≥ 2.950 N/mm ²	≥ 2.950 N/mm ²
Elastizitätsmodul in Faserrichtung E_{fk}	≥ 160.000 N/mm ²	≥ 167.000 N/mm ²	≥ 200.000 N/mm ²
Elastizitätsmodul in Faserrichtung E_{fm}	≥ 170.000 N/mm ²	≥ 175.000 N/mm ²	≥ 220.000 N/mm ²
Bruchdehnung ϵ_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 Kohlestofffasern müssen mit den beim DIBt 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-36.12-62
Sika Chemie GmbH	Z-36.12-29
MC-Bauchemie Müller GmbH & Co	Z-36.12-63

Die einzelnen Systemkomponenten nach den aufgeführten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen sind untereinander nicht auszutauschen.



2.1.3 Schublaschen, Ankerschrauben

Sofern zusätzliche Schublaschen erforderlich sind, müssen diese aus Stahl der Sorte S 235J2G3 bestehen. 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 "Carboplus® Lamellen" müssen vor der Verklebung in der Regel nicht gereinigt werden. Treten nach dem Entfernen des Abreißgewebes Verschmutzungen auf, sind diese mit dem entsprechenden Reinigungsmittel nach den, unter Abschnitt 2.1.2 benannten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zu reinigen. Dabei ist zu beachten, dass die einzelnen Systemkomponenten nach den aufgeführten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen untereinander nicht auszutauschen sind.

2.2 Herstellung, Verpackung, Transport, Lagerung, Kennzeichnung

2.2.1 Herstellung der "Carboplus® Lamellen"

Die "Carboplus® Lamellen" müssen in Herstellwerken hergestellt werden, die durch den Antragsteller eingewiesen sind und beaufsichtigt werden.

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

Die Aushärtung muss in einer beheizten Form mit anschließender Durchlauftermperung 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.

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 und Lagerung 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 werden, 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 Stahlflaschen, Reinigungsmittel und Schutzanstrich für die Lamellen

Die Produkte müssen in gebrauchsfertige Arbeitspackungen (Gebinde) gefüllt werden, 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.

Das Gebinde eines jeden Bauproduktes ist vom Hersteller zusätzlich zu dem Übereinstimmungszeichen so zu kennzeichnen, dass eine Verwechslung insbesondere bezüglich Anwendung, Inhalt, Menge, Reaktivität ausgeschlossen ist.



Auf der Verpackung für den Klebstoff müssen folgende Angaben enthalten sein:

- Produktbezeichnung, Chargennummer
- minimale und maximale Verarbeitungstemperatur
- Zulassungsgegenstand
- Gewicht/Volumen
- Mischungsverhältnis von Harz- und Härterkomponente
- Hinweis auf Arbeitsvorschriften (Merkblatt) und Arbeitshygiene
- "Erst unmittelbar vor dem Mischen öffnen"
- Lagerungsart, Verbrauchszeitraum, Gebindeverarbeitungszeit, Verarbeitungszeit

Die Gebindeverarbeitungszeiten müssen auf den Gebinden für die höchstzulässige Arbeitstemperatur angegeben sein. Die Verarbeitungsbedingungen müssen in Abhängigkeit von der Temperatur angegeben sein (siehe Anlage 3, Tabellen 1a bis 1c).

Die Angaben können auch auf einem der Lieferung beigefügten Merkblatt erfolgen, sofern durch gleich lautende Fabrikationsbezeichnungen Verwechslungen ausgeschlossen sind.

2.3 Übereinstimmungsnachweis

2.3.1 Allgemeines

2.3.1.1 "Carboplus® Lamellen", Klebstoffe, Primer für die Stahlflaschen und Instandsetzungsmörtel

Die Bestätigung der Übereinstimmung der "Carboplus® Lamellen" nach Abschnitten 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 Kohlenstofffasern, Harzsystem, Schubflaschen aus Stahl, Schutzanstrich und Reinigungsmittel

Die Bestätigung der Übereinstimmung der Kohlenstofffasern und des Harzsystems der CFK-Lamellen nach Abschnitte 2.1.1 und den Produkten nach 2.1.3 bis 2.1.5 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 und 2.1.3 bis 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 im Folgenden aufgeführten Maßnahmen einschließen:

- Eingangskontrolle der Herstellererklärungen für die Kohlenstofffasern und das Harz-Härter-System
- 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 beschrieben.

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.

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 (7) und (8) der Anlage 2 ist dann $g_{s,t_1} = 2 t_1$ (t_1 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 $\text{nom } c$ der einbetonierten Bewehrung entsprechen.

3.1.1.2 Örtliche Verstärkung

Bei örtlichen Verstärkungen muss die statisch wirksame Länge der Zuglamellen mindestens der zweifachen Bauteildicke, zuzüglich der erforderlichen Verankerungslängen, entsprechen. Die von der CFK-Lamelle aufnehmbare Zugkraft ist mit der Gleichung (10) der Anlage 2 zu ermitteln.

3.1.1.3 Lamellenstoß

Geklebte Lamellen dürfen durch Überlappung stumpf gestoßen werden, wenn die Stoßfuge in einem Bereich angeordnet wird, in dem die vorhandene Lamellenzugkraft höchstens 60 % der aufnehmbaren Lamellenzugkraft nach Gleichung (7) der Anlage 2 beträgt. Der Stoß zwischen Lamellen darf als geklebter Übergreifungsstoß ausgebildet werden. Die Übergreifungslänge kann mit Gleichung (8) der Anlage 2 für $f_{ctm} = 3,0 \text{ N/mm}^2$ bestimmt werden.

Für nicht vorwiegend ruhende Beanspruchung sind geklebte Lamellenstöße nicht zulässig.

3.1.1.4 Zugkraftdeckung und Lamellenverankerung

Für jedes Bauteil sind die versetzte Zugkraft- und die Zugkraftdeckungslinie für den rechnerischen Bruchzustand darzustellen (siehe Bilder 3 und 4 der Anlage 2). Bei der Verankerung der Zuglamellen ist ein Einschneiden der versetzten Zugkraftlinie nicht zulässig.

Das Lamellenende ist mindestens 5 cm an die Auflagerkante zu führen. An Endauflagern ist die erforderliche Verankerungslänge $l_t \leq l_{t,max}$ innerhalb der Strecke s_l anzuordnen und für die erforderliche Verbundbruchkraft $\text{erf } T_k$ nach Anlage 2, Abschnitt 2.4, Gleichungen (11) bzw. (12) auszulegen.

An Innenstützen durchlaufender Platten und Balken müssen die Lamellenenden im Biegedruckbereich an der Bauteiloberseite mindestens einen Abstand $e \geq 1,0 \text{ m}$ vom Nulldurchgang der versetzten Zugkraftlinie haben.

Auf der Bauteilunterseite müssen die Lamellenenden im Biegedruckbereich mindestens einen maximalen Abstand von der Kante der Innenstütze von 5 cm aufweisen. Ein Nachweis der Klebeverbundverankerung gemäß Abschnitt 2.4 der Anlage 2 ist nur erforderlich, wenn der Abstand des Lamellenendes zum Nulldurchgang der versetzten Zugkraftlinie $< 1,0 \text{ m}$ beträgt (siehe Bild 4 der Anlage 2).



3.1.2 Laschenbügelbewehrung aus Stahl

Bei Laschenbügeln, die durch einen geklebten Übergreifungsstoß geschlossen werden, kann die erforderliche Übergreifungslänge mit den Gleichungen (8) und (9) nach Anlage 2 mit $f_{ctm} = 3,0 \text{ N/mm}^2$ bemessen werden. Die gewählte Übergreifungslänge l_0 muss mindestens der Breite b_l der Zuglamelle bzw. bei Anordnung mehrerer Zuglamellen deren gesamter Breite entsprechen.

Bei vorwiegend ruhender Beanspruchung darf die in der Druckzone zu verankernde Zugkraft auf 2/3 ihres Rechenwertes abgemindert werden. 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. Bezüglich des Ermüdungsnachweises der Verankerungselemente siehe Abschnitt 2.6.2 der Anlage 2.

Bei Verankerung durch Klebeverbund sind die Laschenbügel konstruktiv mittels Absturz-sicherung (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, letzter Absatz, durch Laschenbügel umschlossen werden (siehe Bild 5 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, letzter Absatz, zu bemessen.

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

3.2 Bemessung

Für die Bemessung gilt Anlage 2 unter Beachtung von Anlage 1.

3.3 Brandverhalten

Die "Carboplus® Lamellen" sind normalentflammbar (Baustoffklasse DIN 4102-B2).

Sofern Anforderungen an den Feuerwiderstand der Bauteile gestellt werden, zu deren Erfüllung die Verstärkung der Bauteile mit "Carboplus® Lamellen" nach dieser 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 ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis oder durch ein Gutachten einer hierfür anerkannten Prüfstelle der Nachweis geführt wird, dass die CFK-Lamellen und Laschenbügel im Brandfall durch Verkleidungen 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 (Fassung Januar 2002)"¹ erbracht werden.

Die qualifizierte Führungskraft nach "Richtlinie für den Eignungsnachweis zum Verstärken von Betonbauteilen durch Ankleben von Stahllaschen und CFK-Lamellen (Fassung Januar 2002)"¹ 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 (Fassung Januar 2002)"¹ 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 (Fassung Januar 2002)"¹ 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 1048-2:1991-06, Abschnitt 6, zu prüfen und die Ergebnisse sind nach DIN 1048-2, 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 μ der Grundgesamtheit der Oberflächenzugfestigkeit gilt als Rechenwert f_{ctm} nach Abschnitt 2.1 der Anlage 2.
- Die Betondruckfestigkeit jedes zu verstärkenden Bauteilabschnitts ist gemäß DIN 1048-2:1991-06 und -4:1991-06 am Bauwerk zu bestimmen.
- Stahllart, 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

Der Beton muss mindestens der Betonfestigkeitsklasse B 15 entsprechen.

Die Oberflächenzugfestigkeit der Betondeckung muss so sein, dass nach Vorbereitung der Betonklebefläche ein Rechenwert der Oberflächenzugfestigkeit von $f_{ctm} \geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ bei Unebenheiten $\leq 5 \text{ mm}$ erreicht wird. Größere Unebenheiten bis zu 30 mm müssen abgetragen oder mit einem zugelassenen Instandsetzungsmörtel ausgeglichen werden.

Im Bereich der Klebefläche 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 ist Stahl der Sorte S 235J2G3 zu verwenden, für Ankerschrauben die Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 8.8 oder 10.9.

Ungeprimerte Laschenbügel und andere zu klebende Konstruktionselemente müssen unmittelbar vor Klebstoffauftrag den Reinheitsgrad Sa 3 nach DIN EN ISO 12 944-4:1998-07 aufweisen.



¹ erhältlich beim Deutschen Institut für Bautechnik

Falls die Vorbereitung der Stahlklebeflächen von Laschenbügeln in der Werkstatt, d.h. nicht unmittelbar vor dem Verkleben auf der Baustelle erfolgt, sind die gestrahlten Oberflächen unverzüglich mit einem für den Klebstoff zugelassenen Primer zu beschichten.

Schweißarbeiten dürfen nur von Werken vorgenommen werden, die im Besitz eines Nachweises entsprechend DIN 18 800-7:1983-05 (kleiner Eignungsnachweis) sind.

Schweißarbeiten an verklebten Laschenbügeln sind nicht zulässig.

Die Stahllaschenbügel sind nach dem Einbau gemäß Korrosionsschutzklasse III nach DIN EN ISO 12 944-4:1998-07 zu schützen. Für Sonderbelastungen müssen die Korrosionsschutzsysteme auf den Anwendungsfall abgestimmt werden.

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.

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

Die "Carboplus® Lamellen" nach Abschnitt 2.1.1 dürfen nicht abgekantet oder scharfen Querpressungen ausgesetzt werden. Sie dürfen, falls erforderlich, auf der Baustelle mit einer geeigneten Schere 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 mechanische Verletzungen 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 (incl. 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 Instandhaltung von Betonbauteilen": Oktober 2001, 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 Klebearbeiten

Die Bauprodukte dürfen in Abhängigkeit von der Verarbeitungstemperatur nur innerhalb des Zeitraums nach Anlage 3 verwendet werden.

Primerflächen der Stahllaschen müssen vor dem Verkleben angeschliffen und entstaubt sein.

Die "Carboplus® Lamellen" besitzen auf der Primär-Klebeseite eine Abreißfolie. Diese wird unmittelbar vor dem Auftragen des Klebstoffes abgezogen. Zusätzliche Reinigungsarbeiten mit dem Reinigungsmittel nach Abschnitt 2.1.5 sind nur erforderlich, wenn die Lamellen auf der Primär-Klebeseite verschmutzt wird oder fettig ist.

Während der Klebearbeiten darf die Temperatur von Luft und Beton den Mindestwert nach Anlage 3 für den Klebstoff nicht unterschreiten. 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 dergleichen enthalten und muss einen gleichmäßigen Farbton aufweisen.

Auf den Betonuntergrund ist eine Spachtelung mit dem Klebstoff nach Abschnitt 2.1.4 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 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 eine Unterstützung für die Dauer der Aushärtung nach Anlage 3 erforderlich. Wird davon abgewichen, kann durch Haftzugversuche nach Abschnitt 4.8.3 der Nachweis geführt werden, dass Betonbruch erreicht wird, oder nach Abschnitt 4.8.4, dass volle Aushärtung erreicht wurde.

Sollen CFK-Lamellen mehrlagig 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. Sofern auch diese Seite mit einem Abreißgewebe ausgestattet ist, muss dieses entfernt werden. Weiter Vorbereitungen sind in diesem Fall nicht erforderlich.

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 oder höheren Bauteiltemperaturen sowie Unsicherheiten über die Aushärtung des Klebstoffes sind die Erhärtungsnachweise gemäß Abschnitt 4.8.4 bei den auftretenden Temperaturen 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 1048-2:1991-06, Abschnitt 6, mit Ringnut ermittelt (siehe Abschnitt 4.2).

Sofern Instandsetzungsmörtel nach Abschnitt 2.1.2 verwendet werden, sind im Randbereich der Ausgleichsschicht je m² 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 Abreiversuche mit aufgeklebten Prfstempeln. Es sind mindestens fünf Abschnitte der CFK-Lamelle mit dem zugelassenen Klebstoff auf den Beton oder Instandsetzungsmörtel und hierauf Prüfstempel \varnothing 50 mm zu kleben. Die Abreiprfung nach Klebstoffhrtung muss Betonbruch ergeben.

4.8.4 Erhrtungsprfung und Prüfung des Klebstoffes auf Stahl, Primer und CFK

Zur Überprüfung der Belastbarkeit der Klebeverstrkung und der Haftung von Klebstoff auf Primer und Stahl bei Raumtemperatur von 20 °C sind mindestens drei Prüfstempel \varnothing 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 von 14 N/mm² erreicht werden. Die Stahlplatte ist wie die Laschenbügel vorzubehandeln (ggf. 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 Prüfstrecke 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" mit leichtem Druck gefllt werden.

4.9 Überwachung der Ausführung

4.9.1 Allgemeines

Für die Überwachung der Ausführung gilt die DAfStb-Richtlinie "Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen", Teil 3, Abschnitt 2. Neben der Überwachung durch das ausführende Unternehmen besteht eine Überwachungspflicht durch eine dafür Überwachungsstelle. Gemäß "Verzeichnis der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen nach den Landesbauordnungen"², Teil V, sind folgende Stellen vom Deutschen Institut für Bautechnik anerkannt³:

Materialprüfanstalt für das Bauwesen an der TU München
Theresienstraße 90
80333 München

Materialprüfanstalt für das Bauwesen
Beethovenstraße 52
38106 Braunschweig

Gütegemeinschaft Erhaltung von Bauwerken e.V.
Kurfürstenstraße 130
10785 Berlin



² Die aktualisierte Fassung wird jährlich in einem Sonderheft der Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik veröffentlicht.

³ Die Anerkennung als Überwachungsstelle ist beim Deutschen Institut für Bautechnik zu beantragen.

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 (Fassung Oktober 2002)"¹ 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 Bescheinigung⁴ gemäß "Richtlinie für den Eignungsnachweis zum Verstärken von Betonbauteilen durch Ankleben von Stahllaschen und CFK-Lamellen (Fassung Oktober 2002)"¹ 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 (Fassung Oktober 2002)"¹ 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. Anzahl und Abmessungen der Lamellen
3. Aufsteller und Prüfer der statischen Berechnung, Verstärkungsgrad
4. Zeitpunkt der Verstärkung
5. Eigenschaften von Beton und Betonstahl nach Abschnitt 4.2
6. Art und Bezeichnung der verbrauchten Klebstoffe, Primer, Istandsetzungsmörtel und gegebenenfalls der Haftbrücke
7. Name des Bauleiters und des Kolonnenführers, der Klebearbeiten an Beton bereits ausgeführt hat (SIVV-Schein)
8. 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
 - Erhärtungsprüfungen des Klebstoffes auf Stahl
 - Ebenheit der Lamellen
 - Ergebnisse der Überprüfung und eventuelle Ausbesserung nach Abschnitt 4.8.5, letzter Absatz.

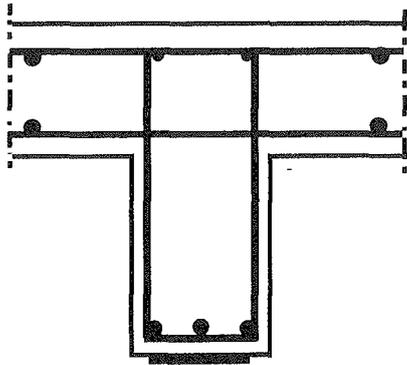
Häusler



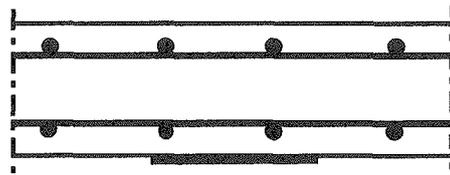
⁴ Die aktuelle Liste der Firmen, die einen gültigen Eignungsnachweis besitzen, ist beim Deutschen Institut für Bautechnik erhältlich.

Verstärkung ohne Schublaschen

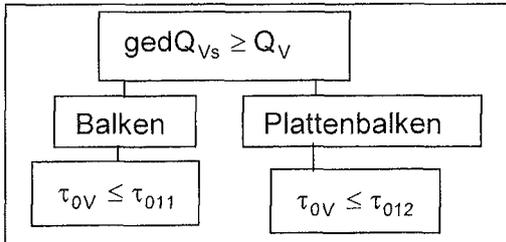
Balken / Plattenbalken



Platte

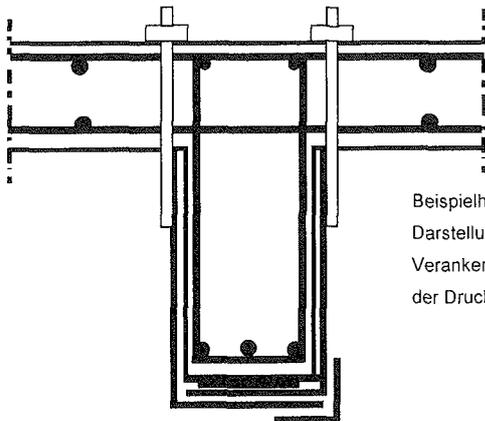


$$\tau_{0V} \leq \tau_{011} \text{ (Zeile 1b)}$$



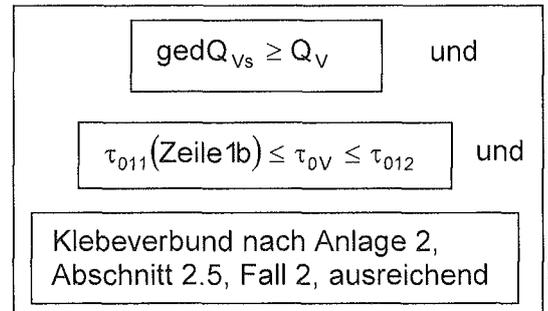
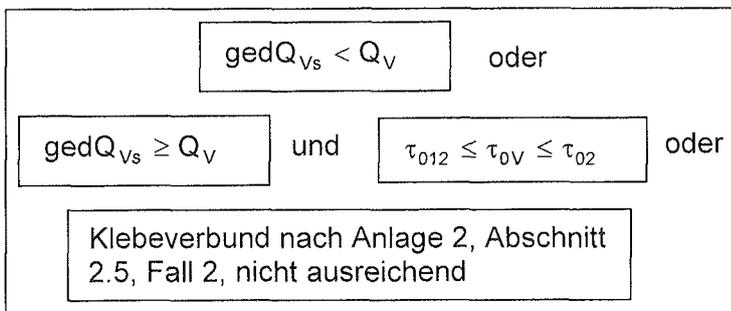
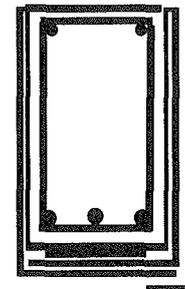
Verstärkung mit Schublaschen aus Stahl S 235J2G3 nach DIN 10 025-1:1994-03

Fall 1 Balken / Plattenbalken



Beispielhafte Darstellung der Verankerung in der Druckzone

Fall 2 Balken



Grundlagen der Bemessung nach DIN 1045:1988-07 und DIN 4227-1:1988-07

1 Allgemeines

Alle erforderlichen Nachweise im rechnerischen Gebrauchs- und Bruchzustand sind für das verstärkte Bauteil unter Berücksichtigung des Ist-Zustandes zu erbringen. Soweit nachfolgend nicht anders geregelt, gelten die entsprechenden Abschnitte der DIN 1045:1988-07 und DIN 4227-1:1988-07. Der Ermüdungsnachweis für die Klebefuge ist nicht erforderlich.

2 Bemessung

2.1 Grundlagen

Die Spannungsdehnungslinie der vorhandenen Bewehrung darf als bilinear mit $E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$, die der CFK-Lamelle als linear angenommen werden. Werkstoffwerte und Grenzdehnung der CFK-Lamelle 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} der Oberflächenzugfestigkeit des Betons für die Bemessung der Klebeverbundverankerung ist gemäß Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" zu bestimmen. Er darf mit maximal $f_{ctm} = 3,0 \text{ N/mm}^2$ angesetzt werden.

2.2 Verstärkungsgrad

Die rechnerische Tragfähigkeit des verstärkten Bauteils darf nicht größer als das Zweifache des unverstärkten sein. Dies wird durch den Biegeverstärkungsgrad η_B ausgedrückt.

$$\eta_B = \frac{M_{uV}}{M_{u0}} \leq 2$$

(1)

Hierin ist M_{u0} das rechnerische Biegebruchmoment des unverstärkten und M_{uV} das des verstärkten Bauteils.

2.3 Biegebemessung

Die zur Ermittlung der Bruchschnittgrößen im verstärkten Zustand anzusetzende Lamellengrenzdehnung ε_l ist wie folgt zu bestimmen:

$$\text{grenz } \varepsilon_l \leq 5 f_{syk} / E_s \quad \text{für Betonstahl} \quad (2)$$

$$\text{grenz } \varepsilon_l \leq 5 (f_{pyk} - \sigma_{p0}) / E_p \quad \text{für Spannstahl} \quad (3)$$

$$\text{grenz } \varepsilon_l \leq \varepsilon_{luk} / 2 \quad \text{für CFK-Lamellen} \quad (4)$$

Für $\eta_B > \gamma$ gilt zusätzlich:

$$\text{grenz } \varepsilon_l = (f_{syk} / E_s) \cdot (\eta_B - 1) / (\eta_B / \gamma - 1) \cdot (1 - \beta) k_z \quad \text{für Betonstahl} \quad (5)$$

$$\text{grenz } \varepsilon_l = [(f_{pyk} - \sigma_{p0}) / E_p] \cdot (\eta_B - 1) / (\eta_B / \gamma - 1) \cdot (1 - \beta) k_z \quad \text{für Spannstahl} \quad (6)$$

mit:

γ globaler Sicherheitsbeiwert $\gamma = 1,75$



$$\eta_B = \frac{M_{uV}}{M_{u0}} \leq 2,0 \quad \text{Biegeverstärkungsgrad}$$

M_{uV} Biegebruchmoment des verstärkten Bauteils

M_{u0} Biegebruchmoment des unverstärkten Bauteils

f_{syk} Nennstreckgrenze des im Bauteil verwendeten Bewehrungsstahls

f_{pyk} Nennstreckgrenze des im Bauteil verwendeten Spannstahls

E_s Rechenwert des E-Moduls des im Bauteil verwendeten Bewehrungsstahls nach DIN 1045, Bild 12

E_p Rechenwert des E-Moduls des im Bauteil verwendeten Spannstahls nach Spannstahlzulassung

σ_{p0} anfängliche Spannstahlspannung.

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

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

ε_{s0} Vordehnung der Innenbewehrung zum Zeitpunkt der Verstärkung

ε_{luk} siehe Abschnitt 2.1.1 der "Besonderen Bestimmungen"

Der kleinste Wert aus den Gleichungen (2) bis (6) ist maßgebend.

Die Bezeichnungen entsprechen den Festlegungen nach DIN 1045-1:2001-07.

Innerhalb der Grenzdehnung darf im rechnerischen Bruchzustand die volle Mitwirkung der vorhandenen Bewehrung und der CFK-Lamellen angenommen werden. Der Dehnungszustand der vorhandenen Bewehrung von Stahlbetonbauteilen zum Zeitpunkt der Klebung darf hierfür unter Annahme des gerissenen Zustandes ermittelt werden. Bei Spannbetonbauteilen muss der wirklichkeitsnahe Ist-Zustand erfasst werden. Der Anschluss von Zuglamellen in Zuggurten gegliederter Querschnitte ist gemäß DIN 1045, Abschnitt 18.8.5, nachzuweisen. Es darf mit einem globalen Sicherheitsbeiwert $\gamma = 1,75$ gerechnet werden.

2.4 Bemessung der Klebeverbundverankerung

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:

$$T_{k,max} = 0,225 \cdot b_l \cdot \sqrt{E_{lk} \cdot t_l} \cdot \sqrt{\beta_W f_{ctm}} \quad [N]$$

$$l_{t,max} = 1,46 \sqrt{\frac{E_{lk} \cdot t_l}{\beta_W f_{ctm}}} \quad [mm]$$

In den Gleichungen (7) und (8) bedeuten:

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} Rechenwert der Oberflächenzugfestigkeit des Betons nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in N/mm^2

β_W Betondruckfestigkeit 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.

$$l_t = l_{t,max} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{T_k}{T_{k,max}}} \right) \quad (9)$$

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

$$T_k = T_{k,max} \frac{l_t}{l_{t,max}} \left(2 - \frac{l_t}{l_{t,max}} \right) \quad (10)$$

Für den Endverankerungsnachweis gilt

– bei Vollplatten: $T_k \geq \text{erf } T_k = 1,2 F_{IE}$ (11) und

– bei Balken: $T_k \geq \text{erf } T_k = F_{IE}$ (12).

Hierin ist F_{IE} die nach den Bildern 3 und 4 am kraftseitigen Verankerungsbeginn Punkt E zu verankernde Lamellenzugkraft im rechnerischen Bruchzustand (γ -fache Lasten).

Auf eine Verbügelung des Endbereichs der Lamellen entsprechend Abschnitt 3.1.3 der "Besonderen Bestimmungen" kann verzichtet werden, wenn $\tau_{0V} < \tau_{011}$ (Zeile 1b) und wenn der Verankerungsnachweis der CFK Lamellen Gleichung (11) bzw. (12) mit einem globalen Sicherheitsbeiwert $\gamma = 2,1$ geführt wird. In jedem anderen Fall ist eine Verbügelung des Endbereichs der Lamelle vorzusehen und darf mit einem globalen Sicherheitsbeiwert $\gamma = 1,75$ gerechnet werden. Der am Punkt E anzuordnende Laschenbügel B1 (siehe Bild 5 der Anlage 2) 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 5 der Anlage 2) 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 2.5, Fall 2 erfolgen.

Konstruktionsregeln enthält Abschnitt 3.1 der "Besonderen Bestimmungen".

2.5 Querkraftnachweis und -bemessung

Es gelten die Regelungen von DIN 1045 bzw. DIN 4227-1 mit den folgenden zusätzlichen Festlegungen. Der Schubbereich 3 darf nicht angewandt werden.

Der Grundwert τ_{0V} der Schubspannung des verstärkten Bauteils im Gebrauchszustand kann für Vollplatten nach Gleichung (13) in Höhe der Nulllinie, siehe Bild 2 bestimmt werden:

$$\tau_{0V} = \frac{Q_V}{\text{erf } \eta_B \cdot z_m} \left[1 + (\text{erf } \eta_B - 1) \frac{s_l}{b_l + 2(d - x)} \right] \leq \tau_{011}(b) \quad (13)$$

Hierin bedeuten:

Q_V gesamte Querkraft pro Meter Plattenbreite. An Endauflagern darf die am Punkt E (siehe Bild 3) vorhandene Querkraft eingesetzt werden.

$\text{erf } \eta_B$ erforderlicher Biegeverstärkungsgrad

s_l Lamellenabstand

z_m mittlerer Hebelarm der inneren Kräfte, für Vollplatten kann dieser Hebelarm überschläglich wie folgt ermittelt werden: $z_m \approx 0,85 d$, mit d = Plattenhöhe



- b_1 Lamellenbreite
 d Plattenhöhe (siehe Bild 2)
 x Höhe der Druckzone (siehe Bild 2)
 $\tau_{011}(b)$ τ_{011} nach DIN 1045: 1988-07, Tabelle 13, Zeile 1b

Bei Balken und Plattenbalken wird der Grundwert τ_{0V} wie folgt bestimmt (siehe Bild 2):

$$\tau_{0V} = \frac{Q_V}{b \cdot z_m} \leq \tau_{02} \quad (14)$$

Hierin ist b die Balkenstegbreite und z_m der mittlere Hebelarm der inneren Kräfte von Innenbewehrung und Lamelle.

Bei der Ermittlung des von der inneren Schubbewehrung abgedeckten Querkraftanteils $ged Q_{Vs}$ ist die innere Schubbewehrung mit der Stahlspannung $\sigma_s = \beta_{sk}/1,75$ in Rechnung zu stellen. Die Laschenbügel sind mit der Stahlspannung $\sigma_{lbü} = \beta_{lk}/1,75$ zu bemessen.

Die Mindestmenge der Laschenbügel ist gemäß DIN 1045, Abschnitte 17.5.5.2 und 17.5.5.3 nachzuweisen.

Bei Balken kann bei einer Schubbeanspruchung $\tau_{0V} \leq \tau_{011}$ (Zeile 1b nach DIN 1045:1988-07, Tabelle 13) und bei Plattenbalken bei einer Schubbeanspruchung $\tau_{0V} \leq \tau_{012}$ (Zeile 3 nach DIN 1045:1988-07, Tabelle 13) auf Laschenbügel verzichtet werden, sofern die innere Schubbewehrung zur Deckung der Gesamtquerkraft Q_V ausreichend dimensioniert ist (Fall 2).

Übersteigt die Schubbeanspruchung den Wert τ_{011} (Zeile 1b), ist die durch Laschenbügel abzudeckende Querkraft Q_{VI} nach Gleichung (15) bzw. (16) zu berechnen. Ein Fließen der inneren Betonstahlbewehrung muss bei der Ermittlung von Q_{VI} berücksichtigt werden.

$$Q_{VI} = \frac{\eta_B - 1}{\eta_B} \cdot Q_V \quad (15)$$

$$Q_{VI} = Q_V - ged Q_{Vs} \quad (16)$$

Der größere Wert von Q_{VI} ist maßgebend.



In der Gleichung (15) bedeutet:

η_B Biegeverstärkungsgrad (siehe Gleichung (1))

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

Fall 1:

Die durch die innere Schubbewehrung gedeckte Querkraft $ged Q_{Vs}$ ist kleiner als die gesamte Querkraft ($ged Q_{Vs} < Q_V$):

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

Fall 2:

Die durch die innere Schubbewehrung gedeckte Querkraft ist gleich oder größer als die gesamte Querkraft (ged $Q_{Vs} > Q_V$):

Bei einer Schubbeanspruchung $\tau_{0V} \leq \tau_{012}$ kann auf die Verankerung der Laschenbügel 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 (17) erfolgen.

$$F_{b\ddot{u}} \leq 0,5 T_k \quad (17)$$

Die charakteristische Verbundbruchkraft T_k ist nach den Gleichungen (18) bis (20) zu berechnen. Die Laschenbügel sind über die gesamte Steghöhe zu verkleben. In Gleichung (18) darf nur die Hälfte der vorhandenen Klebelänge angesetzt werden.

$$T_k = T_{k,max} \cdot \frac{l_t}{l_{t,max}} \cdot \left(2 - \frac{l_t}{l_{t,max}} \right) \text{ [N]} \quad (18)$$

$$T_{k,max} = 0,225 \cdot b_b \cdot \sqrt{E_{bk} \cdot t_b \cdot \beta_W f_{ctm}} \text{ [N]} \quad (19)$$

$$l_{t,max} = 1,46 \cdot \sqrt{\frac{E_{bk} \cdot t_b}{\beta_W f_{ctm}}} \text{ [mm]} \quad (20)$$

$T_{k,max}$ charakteristische Verbundbruchkraft

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

l_t höchstens die Hälfte der vorhandenen Verankerungslänge

b_b Breite der Schublaschen in mm

t_b Dicke der Schublaschen in mm

E_{bk} Elastizitätsmodul des Bügels in N/mm²

f_{ctm} Rechenwert der Oberflächenzugfestigkeit des Betons nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in N/mm²

β_W Betondruckfestigkeit nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in N/mm²



Hinsichtlich Anordnung und zulässiger Abstände der Bügel vgl. Abschnitt 3.1.2 der "Besonderen Bestimmungen". Geklebte und nicht in der Druckzone verankerte Laschenbügel können durch schubfest aufgeklebte Kohlefaserlamine entsprechend einer dafür erteilten und gültigen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung erfolgen.

2.6 Nachweise im Gebrauchszustand

2.6.1 Rissbreitenbeschränkung

Auf den Nachweis der Beschränkung der Rissbreite darf verzichtet werden.

2.6.2 Beschränkung der Verankerungskräfte der CFK-Lamellen und der Spannungen in den Laschenbügeln bei nicht vorwiegend ruhender Belastung

Der Endverankerungsnachweis der Zuglamellen ist abweichend von Abschnitt 2.4 wie folgt zu führen:

Auf den Nachweis der Einhaltung der Schwingbreite darf verzichtet werden, wenn nachgewiesen wird, dass der elastische Bereich der Verankerungskraft nicht überschritten wird. Dazu müssen die folgenden Bedingungen eingehalten werden:

– bei Vollplatten: $T_{k,fat} \geq erf T_k = 1,2 F_{IE}^o$ und (21) und

– bei Balken: $T_{k,fat} \geq erf T_k = F_{IE}^o$ (22).

mit $T_{k,fat} = 0,348 * f_{ct}^{1/4} * T_k$ (T_k nach Gleichung (10)) (23)

F_{IE}^o oberer Wert der Schwingbreite der zu verankernde Lamellenzugkraft F_{IE} nach den Bildern 3 und 4

Anderenfalls muss ein Schwingbreitennachweis geführt werden, für den bei Einhaltung der Bedingungen (11) bzw. (12) folgendes nachzuweisen ist:

$$R = \frac{F_{IE}^u}{F_{IE}^o} \geq 0,75 \quad (24)$$

mit

F_{IE}^u unterer Wert der Schwingbreite der zu verankernde Lamellenzugkraft F_{IE} nach den Bildern 3 und 4

In Abweichung von DIN 1045:1988-07, Abschnitt 17.8, darf dabei die Schwingbreite der innen liegenden Bewehrung folgende Werte nicht überschreiten:

- in geraden oder schwach gekrümmten Stababschnitten (Biegerollendurchmesser) $d_{br} \geq 25 d_s$: 140 N/mm²
- in gekrümmten Stababschnitten mit einem Biegerollendurchmesser $25 d_s > d_{br} \geq 10 d_s$: 110 N/mm²
- in gekrümmten Stababschnitten mit einem Biegerollendurchmesser $d_{br} \leq 10 d_s$: 80 N/mm²

Der Ermüdungsnachweis für Laschenbügel, die keine Schweißstöße enthalten, ist gemäß DIN 1045, Abschnitt 17.8, zu führen. Die zulässige Schwingbreite des ungestoßenen Laschenstahls beträgt $\Delta\sigma_l \leq 100$ N/mm². Bezüglich der Innenbewehrung gilt DIN 1045, Abschnitt 17.8.

Für die Stahlbauteile (Bolzen etc.) zur Verankerung der Laschenbügel in der Druckzone ist für nicht vorwiegend ruhende Belastung entweder ein Dauerfestigkeitsnachweis oder bei Vorliegen des Belastungskollektivs für den Anwendungsfall ein Betriebsfestigkeitsnachweis zu führen.

2.6.3 Nachweis der Dauerhaftigkeit

Es gilt der Nachweis nach in Anlage 2 der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen des verwendeten Klebesystems.

Firma	allgemeine bauaufsichtliche Zulassung
StoCretec GmbH	Z-36.12-62
Sika Chemie GmbH	Z-36.12-29
MC-Bauchemie Müller GmbH & Co	Z-36.12-63



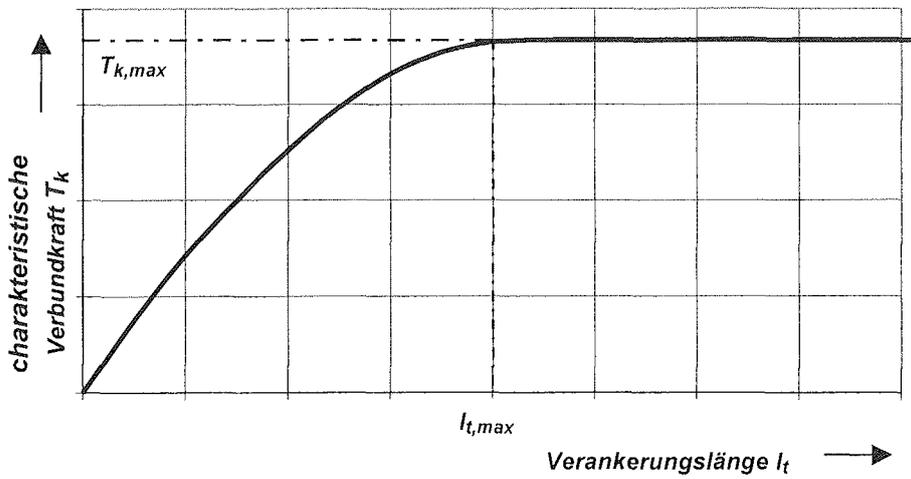
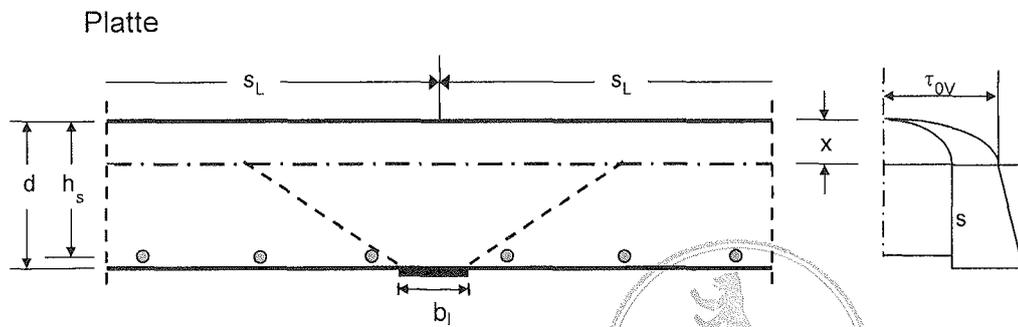


Bild 1: Zusammenhang zwischen der charakteristischen Verbundbruchkraft und der Verankerungslänge (Qualitativ)



BILFINGER BERGER
 Zentrales Labor für Baustofftechnik

**Carboplus
 Bemessung**

Anlage 2, Blatt 7 / 11
 zur allgemeinen
 bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.12-57
 vom 22. Januar 2007

Balken

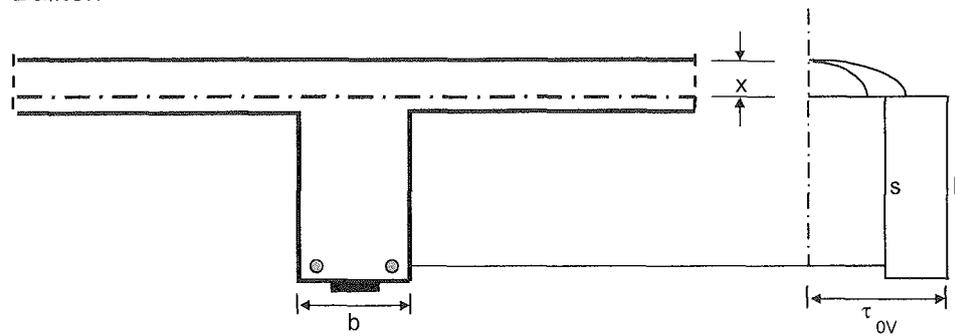


Bild 2: Schubspannungen des verstärkten Bauteils im Gebrauchszustand



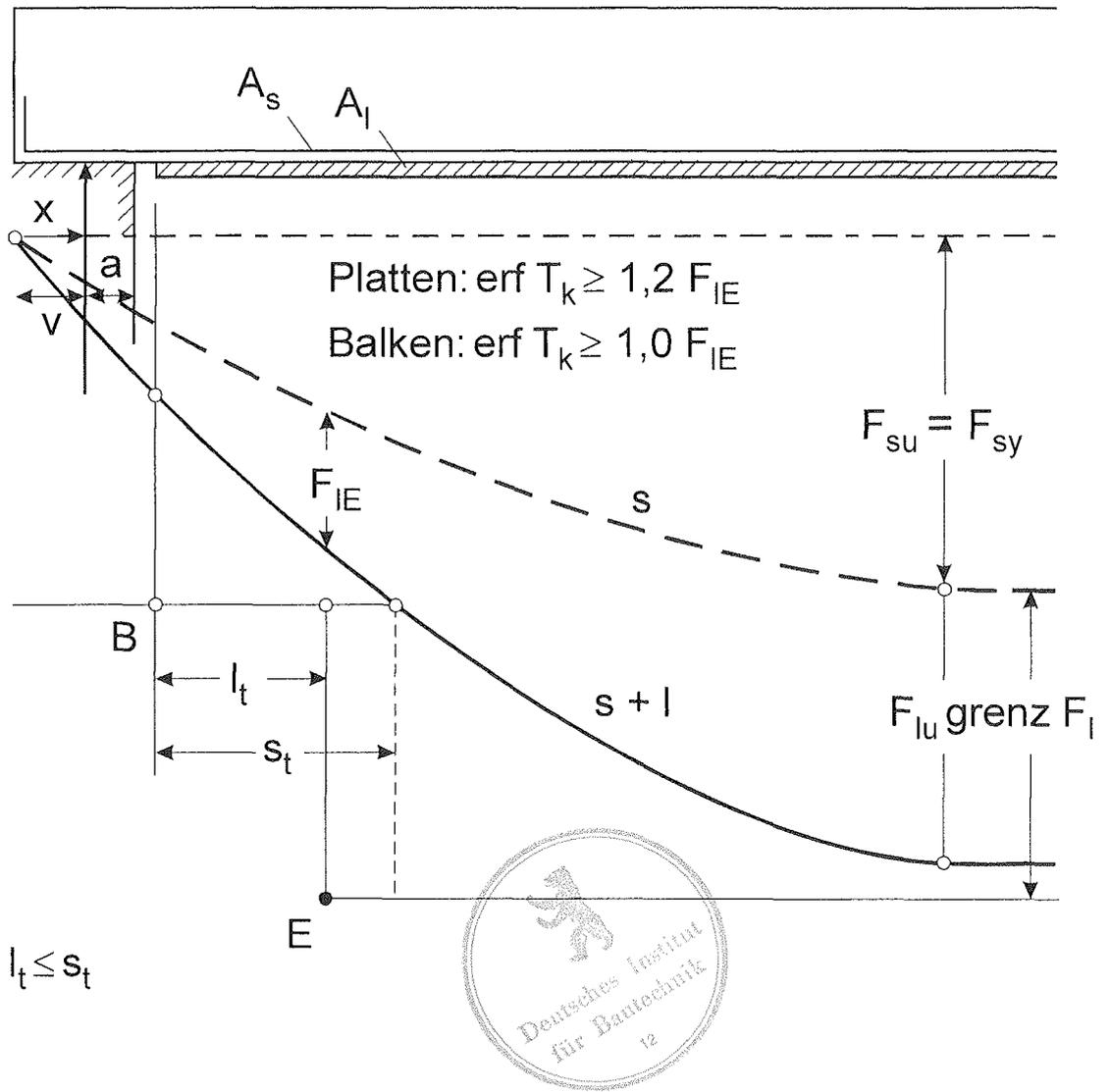
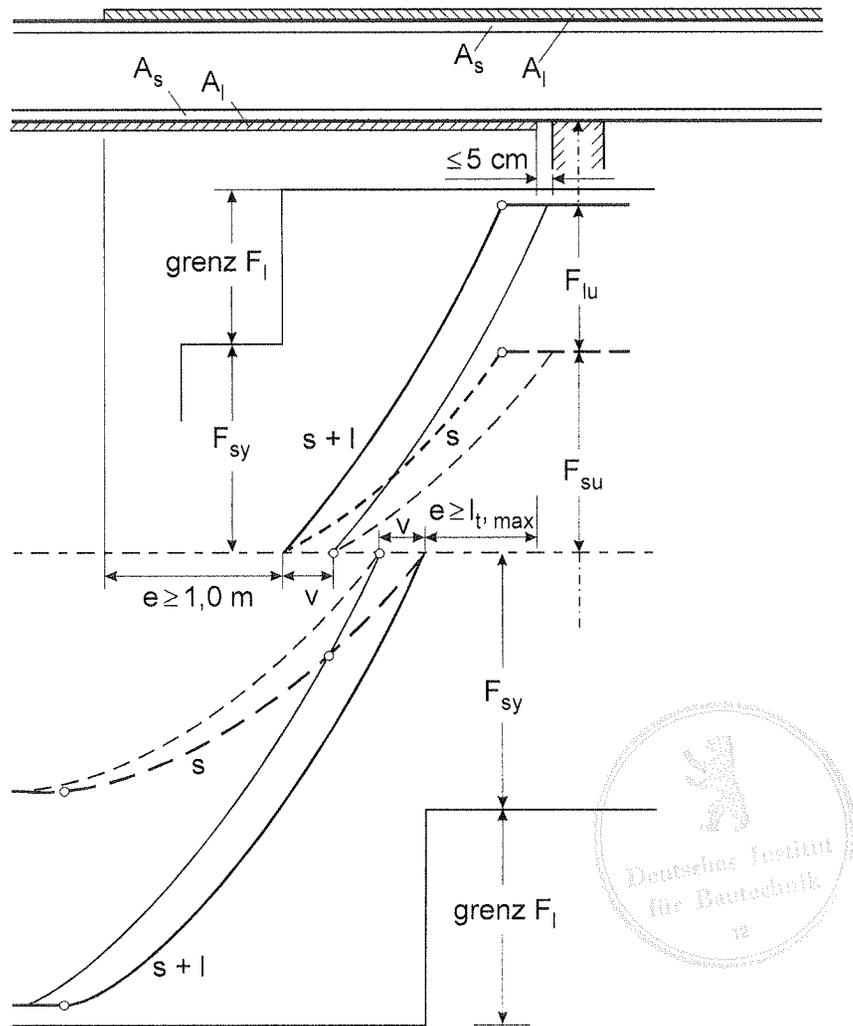


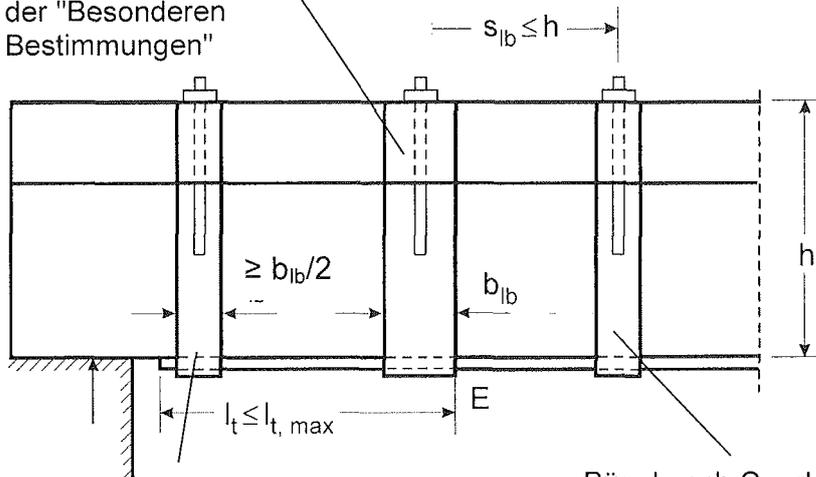
Bild 3: Zugkraftdeckung und Lamellenverankerung an Endauflagern



Falls $e_{\text{unten}} \geq 1,0 \text{ m}$, kann der Nachweis der Klebeverbundverankerung nach Abschnitt 2.4 entfallen.

Bild 4: Lamellenverankerung an Innenauflagern

Bügel B1 nach Abschnitt 3.1.3
der "Besonderen
Bestimmungen"



konstruktiv anzubringender Bügel
B2 nach Abschnitt 3.1.3 der
"Besonderen Bestimmungen"

Bügel nach Querkraft-
bemessung

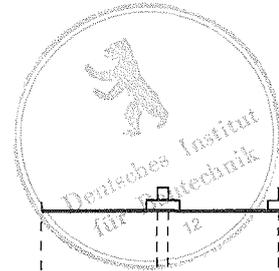


Bild 5: Verbügelung der Lamellenverankerung (Beispiel für Bügelverankerung in der Druckzone)

Tabelle 1a:

Verarbeitungszeit und Unterstützungsdauer für den Klebstoff "StoPox SK 41" nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-36.12-62

Temperatur	ausnutzbare Verarbeitungszeit	Unterstützungsdauer
[°C]	[min]	[h]
≥ 8	≤ 60	48
~ 23	≤ 30	24
≤ 30	≤ 15	15

Maximale Dauertemperatur ohne Anwendung des Instandsetzungsmörtels "StoPox Mörtel standfest" nach der Aushärtung 40°C

Maximale Kurzzeitemperatur ohne Anwendung des Instandsetzungsmörtels "StoPox Mörtel standfest" nach der Aushärtung 42°C

Maximale Dauer- und Kurzzeitemperatur mit Anwendung des Instandsetzungsmörtels "StoPox Mörtel standfest" nach der Aushärtung 34°C

Tabelle 1b:

Verarbeitungszeit und Unterstützungsdauer für den Klebstoff "Sikadur 30" nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-36.12-29

Temperatur	ausnutzbare Verarbeitungszeit	Unterstützungsdauer
[°C]	[min]	[h]
≥ 8	≤ 60	30
~ 23	≤ 50	20
≤ 30	≤ 45	15



Maximale Dauertemperatur ohne Anwendung des Instandsetzungsmörtels "Sikadur 41 " nach der Aushärtung 40°C

Maximale Kurzzeitemperatur ohne Anwendung des Instandsetzungsmörtels "Sikadur 41" nach der Aushärtung 43°C

Maximale Dauer- und Kurzzeitemperatur mit Anwendung des Instandsetzungsmörtels "Sikadur 41" nach der Aushärtung 38°C

Der Primer ist vor der Verklebung der Schublaschen im Bereich der Klebefuge vollständig zu entfernen.

Tabelle 1c:

Verarbeitungszeit und Unterstützungsdauer für den Klebstoff "MC-DUR 1280" nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-36.12-63

Temperatur [°C]	ausnutzbare Verarbeitungszeit [Min]	Unterstützungsdauer [h]
≥ 8	≤ 60	30
≤ 20	≤ 45	20
≤ 30	≤ 20	15



Maximale Dauertemperatur 40°C

Maximale Kurzzeittemperatur 45°C

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
4	Glasübergangspunkt nach DIN EN 61006	eine Prüfung je Charge, mindestens aber alle 1000 m
5	Lamellenzugfestigkeit in Anlehnung an DIN EN 2561:1995-11	eine Prüfung je Charge, mindestens aber alle 1000 m
6	Bruchdehnung in Anlehnung an DIN EN 2561:1995-11	eine Prüfung je Charge, mindestens aber alle 1000 m

Tabelle 2: Fremdüberwachung der Carboplus®-Lamellen

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




BILFINGER BERGER
Zentrales Labor für Baustofftechnik

Carboplus
Übereinstimmungsnachweis
CFK-Lamellen

Anlage 4
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.12-57
vom 22. Januar 2007