

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Deutsches Institut für Bautechnik
ANSTALT DES ÖFFENTLICHEN RECHTS

Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten
Bautechnisches Prüfam

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

Datum: 15. Dezember 2008 Geschäftszeichen:
I 11-1.36.1-12/08

Zulassungsnummer:

Z-36.1-72

Geltungsdauer bis:

31. Dezember 2010

Antragsteller:

Ludwig Freytag GmbH + Co. KG
Ammerländer Heerstraße 368, 26129 Oldenburg

Zulassungsgegenstand:

**Schubfeste Klebeverbindung zwischen Stahlplatten und Stahlbetonbauteilen
nach DIN 1045-1:2008-08**



Der oben genannte Zulassungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich zugelassen. Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung umfasst 13 Seiten und drei Anlagen. Der Gegenstand ist erstmals unter der Zulassungsnummer Z-36.1-3 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 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 Verstärkungen von Stahlbetonbauteilen durch schubfest angeklebte Stahllaschen.

1.2 Anwendungsbereich

Die mit den Klebstoffen nach 2.1.2 an die Betonbauteile schubfest angeklebten Stahllaschen dienen der Erhöhung der Tragfähigkeit von Stahlbetonbauteilen. Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung regelt nur Verstärkungen von Biegebauteilen ohne Längskraft. Die rechnerische Gesamtragfähigkeit des verstärkten Bauteils darf nicht größer sein als das Zweifache des unverstärkten Bauteils. Die Stahllaschen dürfen sowohl zur Aufnahme von Zugbeanspruchungen im Betonbauteil als auch bei größeren Querkraftbeanspruchungen als Querkraftbügel verwendet werden.

Die Verstärkungen mittels Stahllaschen 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 Stahllaschen dürfen vorwiegend ruhend beanspruchte Bauteile verstärkt werden. Nicht zulässig ist die Anwendung bei nicht vorwiegend ruhenden Verkehrslasten gemäß DIN 1055-100¹, Abschnitt 3.1.2.5.1.

Die Stahllaschen verstärkter Bauteile dürfen ungeschützt nur nach den Expositionsklassen XC1 (allerdings nur für trockene Umgebungsbedingungen) und XC3 nach DIN 1045-1², Tabelle 3 und bei geringer UV-Strahlung (keine direkte Sonneneinstrahlung und nicht bei möglicher indirekter Sonneneinstrahlung durch Schnee- und Wasserflächen) verwendet werden. Andernfalls muss ein geeigneter Schutzanstrich aufgebracht werden. Verstärkte Bauteile dürfen im Bereich der Stahllaschen wechselnder oder dauerhafter Durchfeuchtung oder dauernder relativer Luftfeuchte von über 80 % nicht ausgesetzt werden. Die Stahllaschen müssen - sofern sie in bewitterten Außenbereichen angewendet werden sollen - einen doppelten Schutzanstrich gegen Korrosion erhalten.

Im Bereich der Stahllaschen darf die Bauteiltemperatur folgende Werte nicht überschreiten:

| Komponenten nach | Bauteiltemperatur |
|---|-------------------|
| Z-36.1-71 der Firma StoCretec GmbH | 40 °C |
| Z-36.1-30 der Firma Sika Deutschland GmbH | 24 °C |

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

| Instandsetzungsmörtel nach | Bauteiltemperatur |
|---|-------------------|
| Z-36.1-71 der Firma StoCretec GmbH | 34 °C |
| Z-36.1-30 der Firma Sika Deutschland GmbH | 24 °C |

Nach Ende der Gültigkeit der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der Firmen StoCretec GmbH und Sika Deutschland GmbH 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 Stahlteile

Für Stahlteile dürfen verwendet werden:

- Ankerschrauben der Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 8.8 oder 10.9
- für den Anwendungsbereich allgemein bauaufsichtlich zugelassene Dübel
- Stahl der Sorten S 235 J2 und S 235 JR nach DIN EN 10025-2³ für Zuglaschen und Stahllaschenbügel.

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 18800-1⁴, Tabelle 1 zu entnehmen.

zu entnehmen.

Die gestrahlten Stahlteile sind mit den Primern nach Abschnitt 2.1.2 zu schützen. Vor dem Auftrag des Primers müssen die Stahlflächen den Vorbereitungsgrad SA 2½ nach DIN EN ISO 12944-4⁹ aufweisen. Der Primer ist in unterschiedlichen Farben zur visuellen Kontrolle vollflächig und zweilagig aufzubringen. Dabei ist die Verweildauer zwischen dem Auftrag beider Primerschichten und die Aushärtezeiten nach Anlage 3 zu beachten.

2.1.2 Klebstoff, Primer, Instandsetzungsmörtel, Korrosionsschutzbeschichtung und Haftbrücke

Als Klebstoff, Primer, Instandsetzungsmörtel, Korrosionsschutzbeschichtung und Haftbrücke müssen die allgemein bauaufsichtlich zugelassenen Produkte der Firmen

- StoCretec GmbH nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-36.1-71 oder
- Sika Deutschland GmbH nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-36.1-30 verwendet werden.

Die einzelnen Komponenten der benannten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen dürfen untereinander nicht ausgetauscht werden.

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

2.2 Herstellung, Verpackung, Transport und Kennzeichnung

2.2.1 Herstellung

Soweit die Stahllaschen im Werk gestrahlt werden, sind sie durch einen Primer nach 2.1.2 zu schützen. Die Angaben des Abschnitts 2.1.1 sind zu beachten. Vor dem Auftrag des Primers müssen die Stahlflächen den Vorbereitungsgrad SA 2½ nach DIN EN ISO 12944-4⁹ aufweisen. Die geprimerten Stahlteile sind bis zur Verklebung vor Verschmutzung zu schützen.



2.2.2 Verpackung, Transport, Lagerung

Die Klebstoffe nach 2.1.2 sind in geschlossenen Räumen bei Mindesttemperaturen von 10 °C zu lagern.

Die Bauprodukte dürfen nur innerhalb des auf der Packung angegebenen Zeitraums verwendet 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 Werkseigene Produktionskontrolle

In jedem Herstellwerk der Produkte nach den Abschnitten 2.1.1 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.

Der Hersteller der Stahllasche und Stahllaschenbügel muss sich davon überzeugen, dass die für das Vormaterial in DIN EN 10025-2³ und für die Komponenten nach bauaufsichtlichen Zulassungen Z-36.1-71 und Z-36.1-30 geforderten Eigenschaften durch CE- bzw. ein Ü-Kennzeichen belegt sind.

Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle sind aufzuzeichnen und auszuwerten. Die Aufzeichnungen müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- Bezeichnung des Bauprodukts und des Ausgangsmaterials
- Datum der Prüfung der CE- und Ü-Kennzeichnung der Ausgangsmaterialien
- Ergebnis Prüfungen
- Unterschrift des für die werkseigene Produktionskontrolle Verantwortlichen

Die Aufzeichnungen sind 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.

2.3.2 Fremdüberwachung

In jedem Herstellwerk der Stahllaschen und Stahllaschenbügel ist die werkseigene Produktionskontrolle durch eine Fremdüberwachung regelmäßig zu überprüfen, mindestens jedoch halbjährlich.

Im Rahmen der Fremdüberwachung ist eine Erstprüfung der Bauprodukte durchzuführen. Der Fremdüberwacher muss sich davon zu überzeugen, dass eine Überprüfung der CE- bzw. Ü-Kennzeichnung der Ausgangsmaterialien vorgenommen und aufgezeichnet wird.



Die Ergebnisse der Zertifizierung und 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, Bemessung

3.1 Entwurf

3.1.1 Zuglaschen

Zuglaschen dürfen planmäßig nur Zugkräfte zugewiesen werden. Verstärkungen durch Stahllaschen sind so auszubilden, dass planmäßige Zugspannungen normal zur Klebefläche nicht auftreten.

Hinsichtlich des Zusammenwirkens der am verstärkten Bauteil vorhandenen Bewehrungsarten muss die Stahllaschendicke t_L der folgenden Bedingung genügen:

$$t_L \geq k \cdot d_s \quad [\text{mm}]$$

mit: d_s größter Durchmesser der einbetonierten Biegezug-Betonstahlbewehrung oder Spannstahlbewehrung im Nachweisbereich in mm;

k Faktor, festzulegen in Abhängigkeit von der Betondruckfestigkeit und der Betonstahloberflächengeometrie:

Verbundbereich I:

$$k = k_I \cdot (-5,8 \cdot 10^{-5} \cdot (1,18 \cdot f_{cm})^2 + 5,5 \cdot 10^{-3} \cdot (1,18 \cdot f_{cm}) + 0,1$$

Verbundbereich II:

$$k = k_{II} \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot (1,18 \cdot f_{cm}) + 0,2$$

| Betonstähle | | |
|----------------------|-------|----------|
| Betonstahloberfläche | k_I | k_{II} |
| glatt | 3,0 | 8,0 |
| profiliert | 2,0 | 4,0 |
| gerippt | 1,0 | 1,0 |



f_{cm} Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons in N/mm²

Ferner sind folgende Bedingungen einzuhalten:

für die Betonfestigkeitsklassen C12/15 und C16/20: $5 \text{ mm} \leq t_L \leq 10 \text{ mm}$

für die Betonfestigkeitsklasse C20/25 und C45/55: $5 \text{ mm} \leq t_L \leq 15 \text{ mm}$

Die Breite der Stahllaschen b_L muss der folgenden Bedingung genügen:

$$10 \cdot t_L \leq b_L \leq 200 \text{ mm}$$

Für die Achsabstände s_L von Zuglaschen gelten folgende Regelungen:

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

Der Randabstand der Laschenlängskante von der Bauteilkante muss mindestens der erforderlichen Betondeckung $\text{nom } c$ der einbetonierten Bewehrung entsprechen.

3.1.2 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.

3.1.3 Laschenstoß

Geklebte Stahllaschen dürfen durch Überlappung gestoßen werden, wenn die Stoßfuge in einem Bereich angeordnet wird, in dem die vorhandene Laschenzugkraft höchstens 60 % der aufnehmbaren Laschenzugkraft nach Gleichung (6) der Anlage 2 beträgt. Die Verbindung zwischen der Lasche und dem Überlappungsblech gleicher Dicke t_L ist durch Kehlnähte, die nach DIN 18800-1⁴ zu bemessen sind, vor der Klebung der Lasche auszuführen und auf der Seite wachsender Zugkraft anzuordnen. Auf der Seite abnehmender Zugkraft darf das Überlappungsblech auf die Lasche geklebt werden. Die Überlappungslänge $l_{\bar{u}} \geq 100$ mm kann mit Gleichung (7) nach Anlage 2 für $f_{ctm,surf} = 3,0$ N/mm² bestimmt werden.

3.1.4 Zugkraftdeckung und Laschenverankerung

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 Zuglaschen ist ein Einschneiden der versetzten Zugkraftlinie nicht zulässig.

Das Laschenende ist mindestens 5 cm an die Auflagerkante zu führen. An Endauflagern ist die erforderliche Verankerungslänge $erf l_t \leq l_{t,max}$ 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 Laschenenden im Biegedruckbereich an der Bauteiloberseite mindestens einen Abstand $e \geq 1,0$ m vom Nulldurchgang der versetzten Zugkraftlinie haben. Dennoch ist immer der Nachweis der Verbundtragfähigkeit über Innenstützen nach Anlage 2, Abschnitt 2.5 zu führen.

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

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

3.1.5 Stahllaschenbügelbewehrung

Die Stahllaschenbügel sind rechtwinklig zur Bauteilachse anzuordnen.

Bei Stahllaschenbügeln, 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/mm² zu bemessen. Die gewählte Übergreifungslänge $l_{\bar{u}}$ muss mindestens der Breite b_L der Zuglasche bzw. bei Anordnung mehrerer Zuglaschen 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 Stahllaschenbügel in der Druckzone durch zugelassene Klebeanker erfolgen. Werden Stahllaschenbügel in der Druckzone verankert, darf der Achsabstand benachbarter Stahllaschenbügel nicht größer als die Balkenhöhe sein. Werden Stahllaschenbügel durch Klebeverbund verankert, darf der Achsabstand nicht größer als die halbe Balkenhöhe sein.

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



3.1.6 Verbügelung der Laschenendverankerung bei Balken

Die Verankerung von Zuglaschen auf Balkenunterseiten muss bis auf die Ausnahmen nach Abschnitt 2.4 der Anlage 2, Blatt 6/20, durch Stahllaschenbügel umschlossen werden (siehe Bild 4 der Anlage 2). Die Verankerung dieser Stahllaschen kann durch Verankerung in der Druckzone oder durch Klebeverbund erfolgen und ist entsprechend Abschnitt 2.4 der Anlage 2, Blatt 6/20, zu bemessen.

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

3.2 Bemessung

Für die Bemessung gilt Anlage 2.

3.3 Brandverhalten

Sofern Anforderungen an den Feuerwiderstand der Bauteile gestellt werden, zu deren Erfüllung die Verstärkung der Bauteile mit Stahllaschen 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 Stahllaschen und Stahllaschenbügel ausfallen, es sei denn, dass durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung der Nachweis geführt wird, dass die Stahllaschen und Stahllaschenbügel 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 müssen bei den Verstärkungsarbeiten auf jeder Baustelle vorliegen.

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"⁵ erbracht werden.

Die qualifizierte Führungskraft nach "Richtlinie für den Eignungsnachweis zum Verstärken von Betonbauteilen durch Ankleben von Stahllaschen und CFK-Lamellen"⁵ 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"⁵ 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"⁵ ausgeführt werden.

4.2 Erfassen des Ist-Zustandes des zu verstärkten 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 1048-2⁶, Abschnitt 6, zu prüfen und die Ergebnisse sind nach DIN 1048-2⁶, 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 $f_{ctm,surf}$ nach Abschnitt 2.1 der Anlage 2.

- Die Betondruckfestigkeit jedes zu verstärkenden Bauteilabschnitts ist gemäß DIN 1048-2⁶ und DIN 1048-4⁷ am Bauwerk zu bestimmen.

Beim zerstörungsfreien Prüfen mit dem Rückprallhammer nach DIN 1048-2⁶ 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 nach Abschnitt 2.1.2 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 die Stahlteile

Für Stahlteile sind die Anforderungen nach Abschnitt 2.1.1 und 2.1.2 zu beachten. In Verbindung mit dem Klebstoffen nach Abschnitt 2.1.2 sind stets Stahlflächen, die vor dem Auftrag des Primers den Vorbehandlungsgrad SA 2½ nach DIN EN ISO 12944-4⁹ aufweisen und zweifach mit den Primern nach Abschnitt 2.1.2 (Anwendungsfestlegungen im Abschnitts 2.1.2 sind zu beachten) geschützt sind, zu verwenden. Die einzelnen Komponenten der benannten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen nach Abschnitt 2.1.2 dürfen untereinander nicht ausgetauscht werden. 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 18800-7⁸ (kleiner Eignungsnachweis) sind.

Schweißarbeiten an verklebten Stahllaschen sind nicht zulässig.

Die Stahllaschen sind nach dem Einbau mit einem Korrosionsschutz mindestens der Korrosivitätskategorie C3 nach DIN EN ISO 12944-4⁹ 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 Klebstoff, Primer und Instandsetzungsmörtel

Es dürfen nur die in Abschnitt 2.1.2 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.

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 Instandhaltung von Betonbauteilen"¹⁰, 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 Stahllaschen müssen vor dem Verkleben leicht angeschliffen und entstaubt werden.

Während der Klebarbeiten muss die Temperatur von Luft und Betonbauteilen im Bereich von 8 °C bzw. 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 Klebemasse 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 bis 5 mm dick dachförmig, in Form eines gleichschenkligen Profils mit Überhöhung in der Mitte auf die 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 Stahllaschen 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.

Die Unterstützungen sind für die gesamte Dauer der Aushärtung nach Anlage 3 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.



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) 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 1048-2⁶, Abschnitt 6, mit Ringnut ermittelt (siehe Abschnitt 4.2).

Sofern Instandsetzungsmörtel nach 2.1.4 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 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 Stahllaschen mit dem zugelassenen Klebstoff auf den Beton oder Instandsetzungsmörtel und hierauf Prüfstempel Ø 50 mm zu kleben. Die Oberfläche der Stempel ist vorzubehandeln wie die der Stahllaschen (d. h. geprimert). Die Abreißprüfung nach Klebstoffhärtung muss Betonbruch ergeben.

4.8.4 Erhärtungsprüfung und Prüfung des Klebstoffes auf Stahl und Primer

Zur Überprüfung der Belastbarkeit der Klebverstärkung 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 ≥ 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 Stahllaschenbügel vorzubehandeln (einschließlich Primerung).

4.8.5 Kontrolle nach der Ausführung

Die Ebenheit der Zuglaschen 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 Stahllasche gegen den Beton drücken, sind nicht zu beanstanden.

Die Stahllaschen sind nach der Aushärtung der Verklebung auf Hohlräume abzuklopfen. Hohlräume müssen durch Epoxidharzsysteme nach der DAfStb Richtlinie "Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen"¹⁰ bzw. nach DIN V 18028¹¹ mit leichtem Druck gefüllt werden. Bei Hohlräumen im Endbereich oder bei mehr als drei Fehlstellen im mittleren Bereich muss die Lasche entfernt werden.



4.9 Überwachung der Ausführung

4.9.1 Allgemeines

Für die Überwachung der Ausführung gilt die DAfStb-Richtlinie "Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen"¹⁰, 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"¹¹, Teil V lfd. Nr. 7, aufgeführten Überwachungsstellen¹²:

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"⁵ erteilt hat.

4.9.2 Voraussetzungen

Der ausführende Betrieb muss seine Eignung zur bestimmungsgemäßen Herstellung von Verstärkungen von Betonbauteilen durch Ankleben von Stahllaschen durch eine geltende Bescheinigung¹³ gemäß "Richtlinie für den Eignungsnachweis zum Verstärken von Betonbauteilen durch Ankleben von Stahllaschen und CFK-Lamellen"⁵ 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"⁵ 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 Stahllaschen
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 Stahllasche
 - Ebenheit der Stahllaschen
 - Ergebnisse der Überprüfung und eventuelle Ausbesserung nach Abschnitt 4.8.5, letzter Absatz.

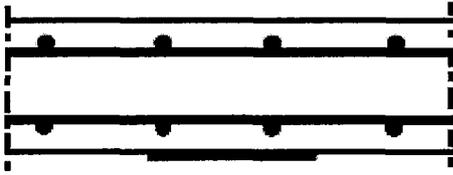
Häusler



| | | |
|----|---|--|
| 1 | DIN 1055-100:2001-03 | Einwirkungen auf Tragwerke Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessung |
| 2 | DIN 1045-1:2008-08 | Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion |
| 3 | DIN EN 10025-2:2005-04 | Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle; Deutsche Fassung EN 10025-2:2004 |
| 4 | DIN 18800-1:2008-11 | Stahlbauten; Bemessung und Konstruktion in Verbindung mit DIN 18800-1/A1:1996-02 Änderung A1 |
| 5 | "Richtlinie für den Eignungsnachweis zum Verstärken von Betonbauteilen durch Ankleben von Stahllaschen und CFK-Lamellen: 2004-01" - erhältlich beim Deutschen Institut für Bautechnik | |
| 6 | DIN 1048-2:1991-06 | Prüfverfahren für Beton- Festbeton in Bauwerken und Bauteilen |
| 7 | 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 |
| 8 | DIN 18800-7:2008-11 | Stahlbauten - Teil 7: Ausführung und Herstellerqualifikation |
| 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 | 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 - | |
| 11 | DIN V 18028:2006-06 | Rissfüllstoffe nach DIN EN 1504-5:2005-03 mit besonderen Eigenschaften |
| 12 | Die aktualisierte Fassung wird jährlich in einem Sonderheft der Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik veröffentlicht. | |
| 13 | Die Anerkennung als Überwachungsstelle ist beim Deutschen Institut für Bautechnik zu beantragen | |
| 14 | Die aktuelle Liste der Firmen, die einen gültigen Eignungsnachweis besitzen, ist beim Deutschen Institut für Bautechnik erhältlich. | |

Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung

Platte

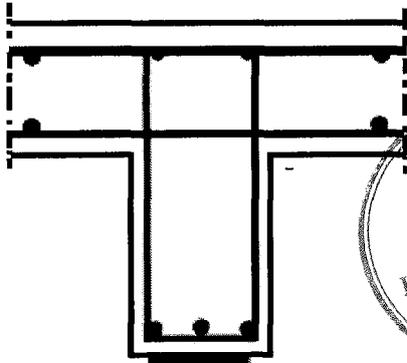


$$V_{Ed} \leq V_{Rd,ct} \text{ siehe Gleichung (28) nach Anlage 2}$$

UND

$$V_{Ed} \leq \frac{\tau_{VP} \cdot \text{erf}\eta_B \cdot z_s}{1 + (\text{erf}\eta_B - 1) \cdot \frac{s_L}{b_L + 2(h - x)}} \text{ siehe Gleichung (29) nach Anlage 2}$$

Balken /Plattenbalken



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

UND

FÜR BALKEN

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

siehe Gleichung (33) nach Anlage 2

FÜR PLATTENBALKEN

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

siehe Gleichung (34) nach Anlage 2

Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
Ammerländer Heerstraße 368
26129 Oldenburg

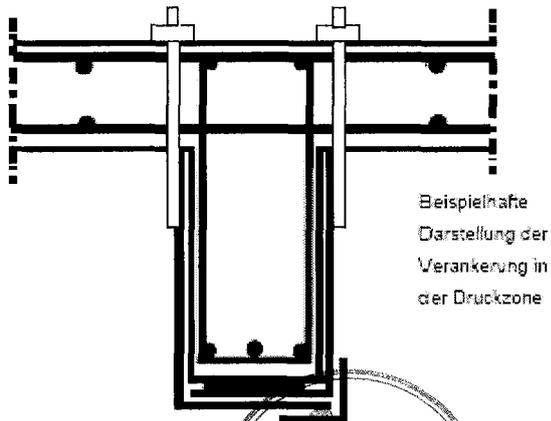
Übersicht
Querkraftbewehrung
Stahllaschen

Anlage 1, Blatt 1 /3
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
vom 15. Dezember 2008

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

Verankerung in der Druckzone

Balken / Plattenbalken



Beispielhafte
Darstellung der
Verankerung in
der Druckzone

Fall 1:

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

ODER

Fall 2:

$$\text{ged } V_{Eds} \geq V_{Ed} \quad \text{UND} \quad V_{Ed} > \tau_{PB1} \cdot b_w \cdot z_s \quad \text{siehe Gleichung (38) nach Anlage 2}$$

ODER

Fall 2:

$$\text{ged } V_{Eds} \geq V_{Ed} \quad \text{UND} \quad V_{Ed} \leq \tau_{PB1} \cdot b_w \cdot z_s \quad \text{siehe Gleichung (38) nach Anlage 2}$$
$$\text{UND} \quad F_{b\ddot{u},d} > T_k / 1,5 \quad \text{siehe Gleichung (39) nach Anlage 2}$$

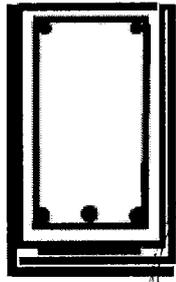
Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
Ammerländer Heerstraße 368
26129 Oldenburg

Übersicht
Querkraftbewehrung
Stahllaschen

Anlage 1, Blatt 2 /3
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
vom 15. Dezember 2008

Verankerung durch Klebeverbund

Balken / Plattenbalken



Fall 2

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

UND

Balken

$$0,9 \cdot \tau_{B1} \cdot b_w \cdot z_s \text{ siehe Gleichung (33)}$$

Plattenbalken

$$0,9 \cdot \tau_{PB1} \cdot b_w \cdot z_s \text{ siehe Gleichung (34)}$$

$$\left. \begin{array}{l} 0,9 \cdot \tau_{B1} \cdot b_w \cdot z_s \text{ siehe Gleichung (33)} \\ 0,9 \cdot \tau_{PB1} \cdot b_w \cdot z_s \text{ siehe Gleichung (34)} \end{array} \right\} < V_{Ed} \leq \tau_{PB1} \cdot b_w \cdot z_s \text{ siehe Gleichung (38) nach Anlage 2}$$

UND

$$F_{b\ddot{u},d} \leq T_k / 1,5 \quad \text{siehe Gleichung (39) nach Anlage 2}$$

Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
Ammerländer Heerstraße 368
26129 Oldenburg

Übersicht
Querkraftbewehrung
Stahllaschen

Anlage 1, Blatt 3 /3
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
vom 15. Dezember 2008

Grundlagen der Bemessung nach DIN 1045-1:2008-08¹

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 1045-1¹, DIN 1045-2², DIN 1045-3³ und DIN 1045-4⁴.

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 1045-1¹ zu führen.

Die Verstärkungen mittels Stahllaschen 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 1045-1¹ sowie E_{Lk} für die Stahllasche und E_{LBk} für den Stahllaschenbügel nach DIN 18800-1⁵ angenommen werden. Werkstoffwerte und Grenzdehnungen der Stahllaschen 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 Bemessungswertes 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 γ_F der Einwirkungen sind gemäß DIN 1055-100⁶ festzulegen.

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

- Klebeverbund: $\gamma_B = 1,5$
- Stahllaschen: $\gamma_L = 1,10$



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 η_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 Momentenragfähigkeit des unverstärkten Bauteils.

Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
Ammerländer Heerstraße 368
26129 Oldenburg

Bemessung
Stahllaschen
DIN 1045-1:2008-08

Anlage 2, Blatt 1 / 20
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
vom 15. Dezember 2008

2.3 Biegebemessung

Die Stahllaschengrenzdehnung $\varepsilon_{L,k}$ ist wie folgt zu bestimmen:

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

$$\text{grenz } \varepsilon_{Lk} \leq 3 \text{ ‰} \quad (3)$$

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 1045-1¹

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

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

ε_{s0} Vordehnung der Innenbewehrung zum Zeitpunkt der Verstärkung

γ_L Teilsicherheitsbeiwert der Klebeverstärkung für Stahllaschen nach Abschnitt 2.1 dieser Anlage

γ_s Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl DIN 1045-1¹

$\overline{\gamma_E}$ gemittelter Sicherheitsbeiwert aus den Sicherheitsbeiwerten der Einwirkungen, vereinfachend darf $\overline{\gamma_E}$ 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 Stahllaschen 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 Zuglaschen in Zuggurten gegliederter Querschnitte ist gemäß DIN 1045-1¹, Abschnitt 10.3.5, nachzuweisen.



Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
Ammerländer Heerstraße 368
26129 Oldenburg

**Bemessung
Stahllaschen
DIN 1045-1:2008-08**

Anlage 2, Blatt 2 / 20
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
vom 15. Dezember 2008

2.4 Bemessung der Klebeverbundverankerung

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

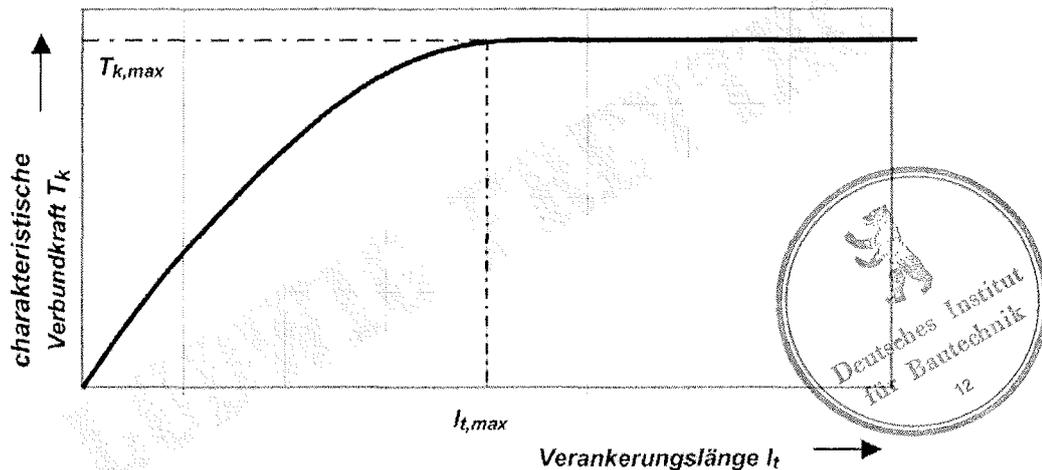


Bild 1: Zusammenhang zwischen der charakteristischen Verbundbruchkraft und der Verankerungslänge (Qualitativ)

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 Stahlaschenbreite in mm

t_L Stahlaschendicke in mm

E_{LK} Elastizitätsmodul der Stahlasche 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} Mittelwerte der Zylinderdruckfestigkeit 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.

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

Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
Ammerländer Heerstraße 368
26129 Oldenburg

Bemessung
Stahlaschen
DIN 1045-1:2008-08

Anlage 2, Blatt 3 / 20
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
vom 15. Dezember 2008

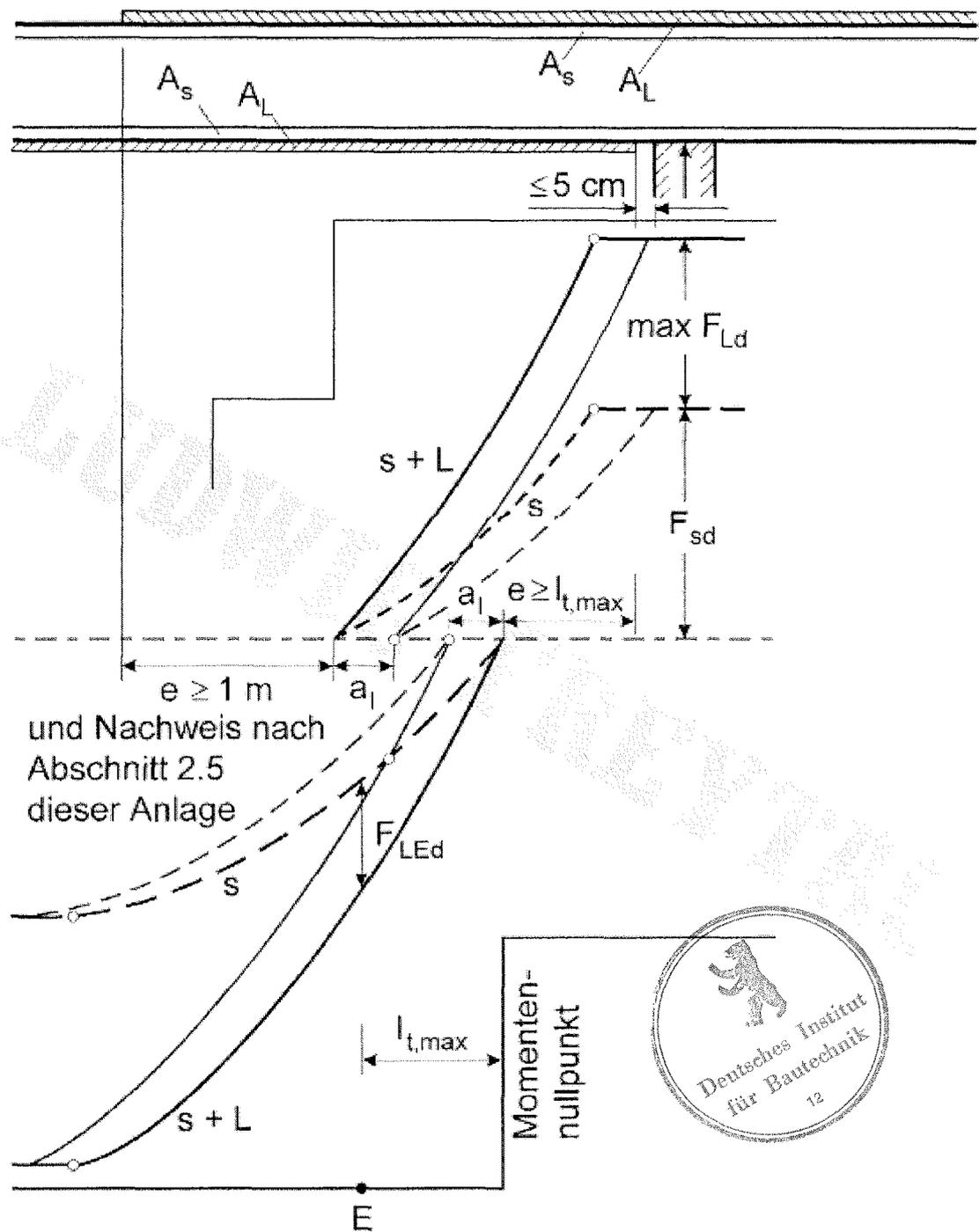


Bild 3: Stahlaschenverankerung an Innenauflagern

Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
 Ammerländer Heerstraße 368
 26129 Oldenburg

Bemessung
Stahlaschen
DIN 1045-1:2008-08

Anlage 2, Blatt 5 / 20
 zur allgemeinen
 bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
 vom 15. Dezember 2008

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

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

mit

τ_{B1} nach Tabelle 3

b_w kleinste Querschnittsbreite

z_s Hebelarm der inneren Kräfte der Betonstahlbewehrung

$$z_s = 0,85 \cdot d$$

(13)

mit

d statische Nutzhöhe unter Berücksichtigung der Betonstahlbewehrung

und der Verankerungsnachweis der Stahllaschen:

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

– bei verbügelte Bauteile (Balken): $T_k/1,5 \geq F_{LEd}$ (15)

erfüllt sind.

In jedem anderen Fall ist eine Verbügelung des Endbereichs der Stahllasche vorzusehen. Der am Punkt E anzuordnende Stahllaschenbügel B1 (siehe Bild 4) ist auf eine Kraft zu bemessen, die der fiktiven Zugkraft am Ende der Stahllasche unter Annahme einer ebenen Dehnungsverteilung und unter Berücksichtigung des Versatzmaßes entspricht. Sowohl der Bügel B1 als auch der konstruktiv am Stahllaschenende 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.

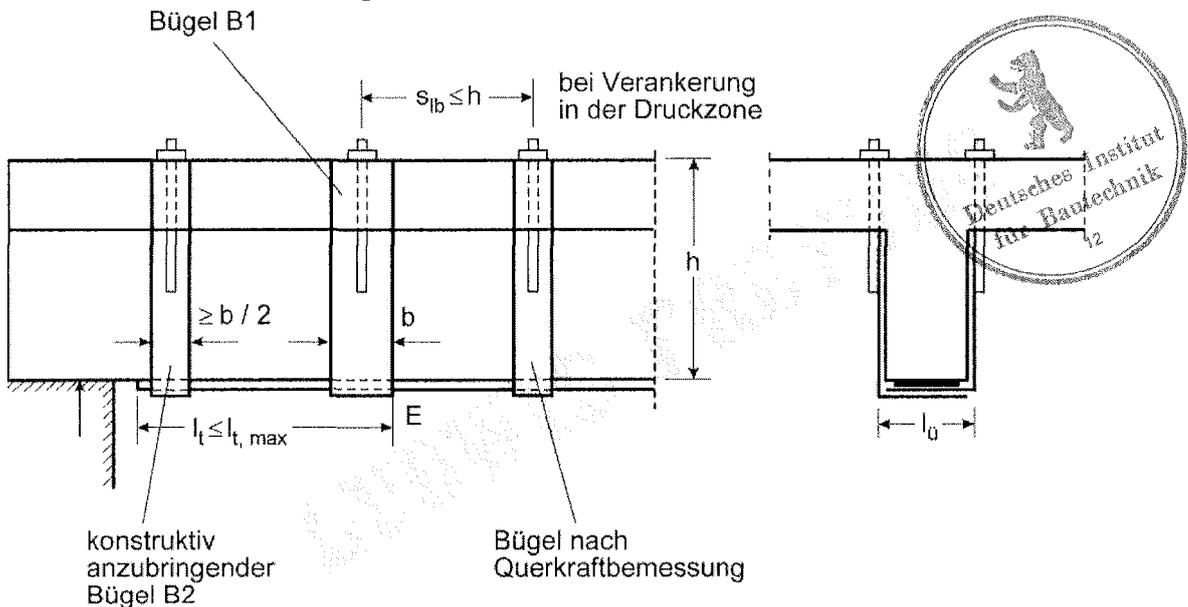


Bild 4: Verbügelung der Stahllaschenverankerung (Beispiel für Bügelverankerung in der Druckzone)

Konstruktionsregeln enthält Abschnitt 3.1 der "Besonderen Bestimmungen".

Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
Ammerländer Heerstraße 368
26129 Oldenburg

Bemessung
Stahllaschen
DIN 1045-1:2008-08

Anlage 2, Blatt 6 / 20
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
vom 15. Dezember 2008

2.5 Nachweis der Verbundtragfähigkeit über Innenstützen

Bei Verstärkung über Innenstützen darf keine Momentenumlagerung nach DIN 1045-1¹, 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 1045-1¹ ist das Zwischenrisselement im Abstand des Versatzmaßes a_i vom Auflagertrand beginnend nachzuweisen.

Die Spannungen $\sigma_{L,d}^i$ in den Rissen x_i müssen entsprechend den Dehnungszuständen ermittelt werden, die sich unter Annahme einer ebenen Dehnungsverteilung und den Arbeitslinien nach DIN 1045-1¹, 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

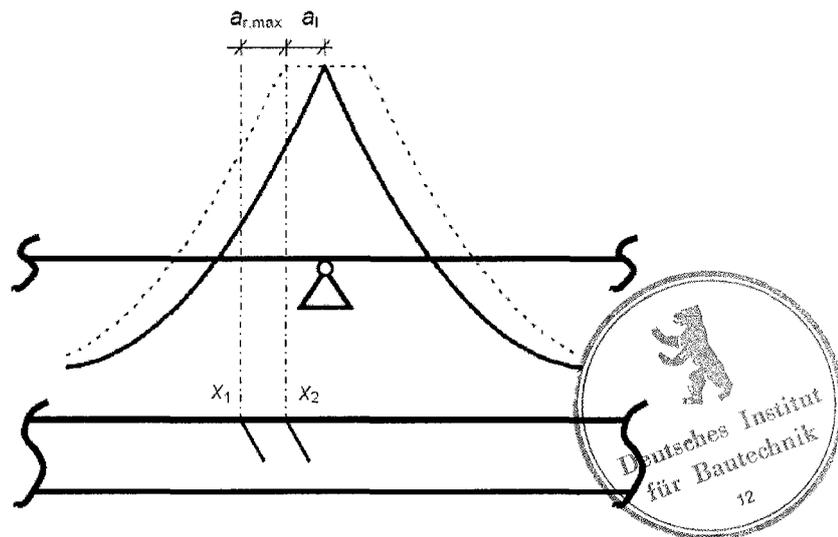


Bild 5: Lage des betrachteten Zwischenrisselements

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 Klebebewehrung, 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

Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
Ammerländer Heerstraße 368
26129 Oldenburg

Bemessung
Stahllaschen
DIN 1045-1:2008-08

Anlage 2, Blatt 7 / 20
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
vom 15. Dezember 2008

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 Verbundspannung zwischen Betonstahl und Beton nach \rightarrow **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

\rightarrow **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.

Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
 Ammerländer Heerstraße 368
 26129 Oldenburg

Bemessung
Stahllaschen
DIN 1045-1:2008-08

Anlage 2, Blatt 8 / 20
 zur allgemeinen
 bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
 vom 15. Dezember 2008

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:

γ_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 Stahllaschendicke

γ_L Sicherheitsbeiwert für Stahllaschen 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} Mittelwerte 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 Stahllasche

2.5.4 Nachweis

Der Nachweis der Zugkraftdeckung ist erbracht, wenn:

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



Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
Ammerländer Heerstraße 368
26129 Oldenburg

Bemessung
Stahllaschen
DIN 1045-1:2008-08

Anlage 2, Blatt 9 / 20
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
vom 15. Dezember 2008

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

Es gelten die Regelungen von DIN 1045-1¹ 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:

$V_{Rd,ct}$ nach DIN 1045-1¹, Gleichung (70) wobei die Klebeverstärkung als Längsbewehrung nicht berücksichtigt werden darf.

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

$$V_{Ed} \leq \frac{\tau_{VP} \cdot \text{erf} \eta_B \cdot z_s}{1 + (\text{erf} \eta_B - 1) \cdot \frac{s_L}{b_L + 2(h - x)}} \quad (29)$$

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 1045-1¹, Abschnitt 10.3.2.

$\text{erf} \eta_B$ erforderlicher Biegeverstärkungsgrad

s_L Stahllaschenabstand

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

b_L Stahllaschenbreite

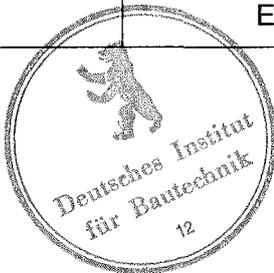
h Plattenhöhe (siehe Bild 6)

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

τ_{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 ²] | 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 ⁷ | $\overline{\gamma_E}$ gemittelter Sicherheitsbeiwert aus den Sicherheitsbeiwerten der Einwirkungen, vereinfachend darf $\overline{\gamma_E}$ mit 1,35 angenommen werden | | | | | | | |



Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
Ammerländer Heerstraße 368
26129 Oldenburg

**Bemessung
Stahllaschen
DIN 1045-1:2008-08**

Anlage 2, Blatt 10 / 20
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
vom 15. Dezember 2008

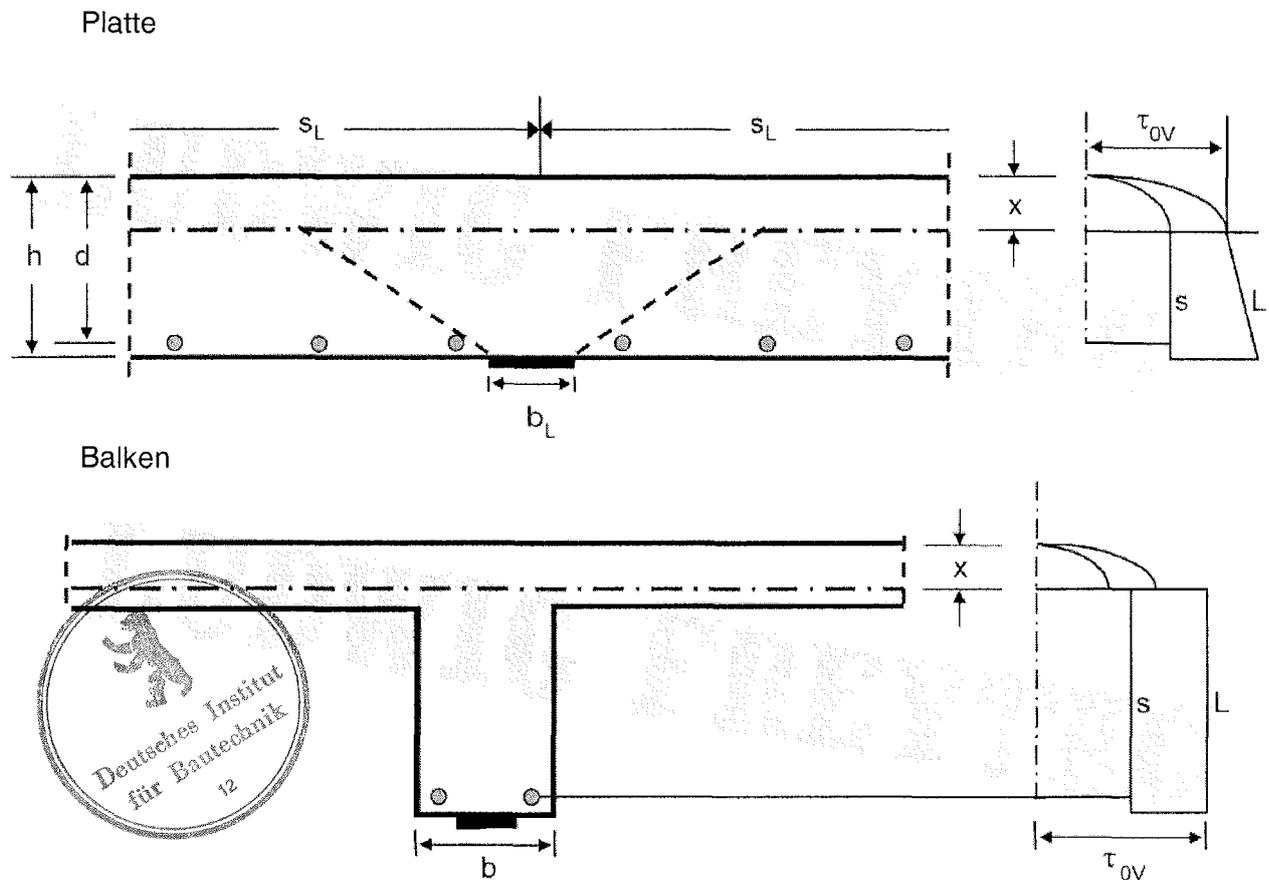


Bild 6: Schubspannungen des verstärkten Bauteils im Gebrauchszustand

Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
Ammerländer Heerstraße 368
26129 Oldenburg

Bemessung
Stahllaschen
DIN 1045-1:2008-08

Anlage 2, Blatt 11 / 20
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
vom 15. Dezember 2008

2.6.2 Bauteile mit rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung

Die Nachweise sind nach DIN 1045-1¹, Abschnitt 10.3.4 zu führen, wobei die Druckstrebenneigung der einbetonierten Bewehrung auch für den Nachweis der aufgeklebten Querkraftbewehrung angenommen werden muss.

Bei den Nachweisen der Querkraftbewehrung $V_{Rd,sy}$ und der Druckstrebe $V_{Rd,max}$ nach den Gleichungen (75) bis (78) nach DIN 1045-1¹ ist generell der Hebelarm der inneren Kräfte der Betonstahlbewehrung z_s nach Gleichung (13) dieser Anlage einzusetzen.

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

$$\sum \frac{V_{Ed,\alpha_i}}{V_{Rd,max,\alpha_i}} \leq 1,0 \quad (30)$$

mit:

V_{Ed,α_i} einwirkende Querkraft je Bewehrungsrichtung mit dem Neigungswinkel α_i

$$V_{Ed,\alpha_i} = \frac{V_{Rd,sy,\alpha_i}}{\sum V_{Rd,sy,\alpha_i}} \cdot V_{Ed} \quad (31)$$

V_{Rd,max,α_i} Bemessungswert der Druckstrebenfestigkeit je Bewehrungsrichtung mit dem Neigungswinkel α_i nach DIN 1045-1¹, Gleichungen (76) und (78)

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

$$V_{Ed} \leq \tau_{B2} \cdot b_w \cdot z_s \quad (32)$$

mit

τ_{B2} nach Tabelle 2

b_w kleinste Querschnittsbreite

z_s Hebelarm der inneren Kräfte 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 ²] | $1,2 \overline{\gamma_E}$ | $1,5 \overline{\gamma_E}$ | $1,8 \overline{\gamma_E}$ | $2,05 \overline{\gamma_E}$ | $2,4 \overline{\gamma_E}$ | $2,7 \overline{\gamma_E}$ | $2,85 \overline{\gamma_E}$ | $3,0 \overline{\gamma_E}$ |
| τ_{02} nach DIN 1045 ⁷ | $\overline{\gamma_E}$ gemittelter Sicherheitsbeiwert aus den Sicherheitsbeiwerten der Einwirkungen, vereinfachend darf $\overline{\gamma_E}$ mit 1,35 angenommen werden | | | | | | | |



Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
Ammerländer Heerstraße 368
26129 Oldenburg

**Bemessung
Stahllaschen
DIN 1045-1:2008-08**

Anlage 2, Blatt 12 / 20
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
vom 15. Dezember 2008

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

Bei einer Beanspruchung im Grenzzustand der Tragfähigkeit kann bei

Balken $V_{Ed} \leq 0,9 \cdot \tau_{B1} \cdot b_w \cdot z_s$ (33)

Plattenbalken $V_{Ed} \leq 0,9 \cdot \tau_{PB1} \cdot b_w \cdot z_s$ (34)

mit

τ_{B1} / τ_{PB1} nach Tabelle 3

b_w kleinste Querschnittsbreite

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



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 ²] | 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 ²] | 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 τ_{012} nach DIN 1045 ⁷ | $\overline{\gamma_E}$ 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 (36) bzw. (37) zu berechnen. Der durch Stahllaschenbügel abzudeckende Schubspannungsanteil τ_{oVL} ist auf τ_{LB} nach Tabelle 4 zu begrenzen:

$$\tau_{oVL} = \frac{V_{EdL}}{b_w \cdot z_s} \leq \tau_{LB} \quad (35)$$

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 ²] | 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 ⁷ | $\overline{\gamma_E}$ gemittelter Sicherheitsbeiwert aus den Sicherheitsbeiwerten der Einwirkungen, vereinfachend darf $\overline{\gamma_E}$ mit 1,35 angenommen werden | | | | | | | |

Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
Ammerländer Heerstraße 368
26129 Oldenburg

**Bemessung
Stahllaschen
DIN 1045-1:2008-08**

Anlage 2, Blatt 13 / 20
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
vom 15. Dezember 2008

$$V_{EdL} = \frac{\eta_B - 1}{\eta_B} \cdot V_{Ed} \quad (36)$$

$$V_{EdL} = V_{Ed} - \text{ged } V_{Eds} \quad (37)$$

Der größere Wert von V_{EdL} ist maßgebend.

In den Gleichungen (36) und (37) bedeuten:

η_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 Stahllaschenbügel 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

$$V_{Ed} \leq \tau_{PB1} \cdot b_w \cdot z_s \quad (38)$$

mit

τ_{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 (39) erfolgen.

$$F_{b\ddot{u},d} \leq T_k / 1,5 \quad (39)$$

Die charakteristische Verbundbruchkraft T_k ist nach den Gleichungen (40) bis (42) zu berechnen. Die Stahllaschenbügel sind über die gesamte Steghöhe zu verkleben. In Gleichung (40) darf nur die Hälfte der vorhandenen Klebelänge angesetzt werden.

$$T_k = T_{k,max} \cdot \frac{l_t}{l_{t,max}} \cdot \left(2 - \frac{l_t}{l_{t,max}} \right) \text{ [N]} \quad (40)$$

$$T_{k,max} = 0,24 \cdot b_{LB} \cdot \sqrt{E_{LBk} \cdot t_{LB} \cdot \sqrt{f_{cm} \cdot f_{ctm,surf}}} \text{ [N]} \quad (41)$$

$$l_{t,max} = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{E_{LBk} \cdot t_{LB}}{\sqrt{f_{cm} \cdot f_{ctm,surf}}}} \text{ [mm]} \quad (42)$$



Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
Ammerländer Heerstraße 368
26129 Oldenburg

**Bemessung
Stahllaschen
DIN 1045-1:2008-08**

Anlage 2, Blatt 14 / 20
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
vom 15. Dezember 2008

- $F_{b\ddot{u},d}$ die auf einen B\ddot{u}gelschenkel entfallene Zugkraft
 $T_{k,max}$ charakteristische Verbundbruchkraft
 $l_{t,max}$ zu $T_{k,max}$ zugeh\ddot{o}rige Verankerungsl\dd{a}nge
 l_t h\dd{o}chstens die H\dd{a}lfte der vorhandenen Klebel\dd{a}nge
 b_{LB} Breite der Schublaschen in mm
 t_{LB} Dicke der Schublaschen in mm
 E_{LBk} Elastizit\dd{a}tsmodul der Schublaschen in N/mm²
 $f_{ctm,surf}$ Rechenwert der Oberfl\dd{a}chenzugfestigkeit des Betons nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in N/mm² unter Ber\dd{u}cksichtigung des Abschnitts 2.1 dieser Anlage $f_{ctm,surf} \leq 3,0$ N/mm²
 f_{cm} Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in N/mm²

Hinsichtlich Anordnung und zul\dd{a}ssiger Abst\dd{a}nde der B\dd{u}gel vgl. Abschnitt 3.1.2 der "Besonderen Bestimmungen". Geklebte und nicht in der Druckzone verankerte Stahllaschenb\dd{u}gel k\dd{o}nnen durch schubfest aufgeklebte Kohlefaserlaminatate entsprechend einer daf\dd{u}r erteilten und g\dd{u}ltigen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung erfolgen.

Bei Verwendung der \dd{a}u\dd{a}eren Querkraftbewehrung in Form geklebter Stahlb\dd{u}gel als Mindestbewehrung nach DIN 1045-1¹, Abschnitt 13.2.3 (5) m\dd{u}ssen diese die Zugzone umschlie\dd{b}en und in der Druckzone verankert werden.

2.7 Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Die Nachweise f\dd{u}r den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind nicht Gegenstand der Zulassung. Die Dehnungsbeschr\dd{a}nkung nach Gleichungen (2) bis (4) ersetzt nicht die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1045-1

2.8 Nachweis der Dauerhaftigkeit

Zus\dd{a}tzlich zum Verankerungsnachweis nach Gleichung (10) bzw. (11) muss nachgewiesen werden, dass die auftretenden Verankerungskr\dd{a}fte aus st\dd{a}ndigen Lasten folgende Bedingungen erf\dd{u}llen:

– bei unverb\dd{u}gelten Bauteilen (Platten und Balken): $0,6 \cdot T_k / 1,5 \geq F_{LG,d}$ (43)

– bei unverb\dd{u}gelten Bauteilen (Balken): $0,6 \cdot T_k / 1,25 \geq F_{LG,d}$ (44)

mit:

T_k nach Gleichung (9)

$F_{LG,d}$ Bemessungswert der Verankerungskraft aus st\dd{a}ndigen Lasten.



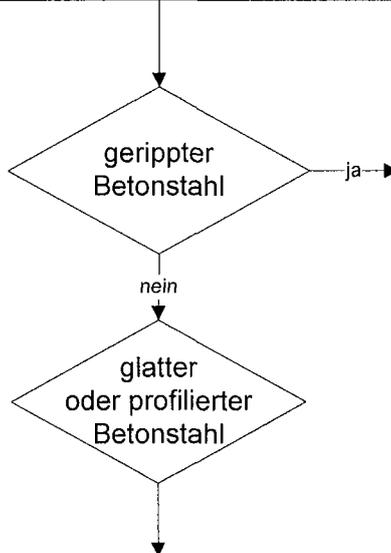
Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
 Ammerl\dd{a}nder Heerstra\dd{b}e 368
 26129 Oldenburg

**Bemessung
 Stahllaschen
 DIN 1045-1:2008-08**

Anlage 2, Blatt 15 / 20
 zur allgemeinen
 bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
 vom 15. Dezember 2008

→ **Teilschema 1** für die Nachweise nach Abschnitt 2.5.1 - Bestimmung des Rissbildes

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



gute Verbundbedingungen:

$$f_{bS,m \max} = 0,21 \cdot \sqrt{f_{cm}} \cdot \sqrt{\sigma_{S,r}}$$
 mäßige Verbundbedingungen:

$$f_{bS,m \max} = 0,13 \cdot \sqrt{f_{cm}} \cdot \sqrt{\sigma_{S,r}}$$

| | | Verbundspannungen $f_{bS,m}$ in [N/mm ²] | | | | | | | |
|------------|--------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 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 |
| profiliert | 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 |



Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
 Ammerländer Heerstraße 368
 26129 Oldenburg

**Bemessung
 Stahllaschen
 DIN 1045-1:2008-08**

Anlage 2, Blatt 16 / 20
 zur allgemeinen
 bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
 vom 15. Dezember 2008

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

2 Ermittlung von $\sigma_s^i(M_i)$ für den unverstärkten Querschnitt

vereinfacht

ja

$$\sigma_s^i = \frac{M_i}{z_s \cdot A_s} \leq f_{yd}$$

Ermittelt mit dem Hebelarm der inneren Kräfte der Betonstahlbewehrung:

$$z_s = 0,85 \cdot d$$

nein

Iteration der Dehnungsebene

Ende



Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
Ammerländer Heerstraße 368
26129 Oldenburg

**Bemessung
Stahllaschen
DIN 1045-1:2008-08**

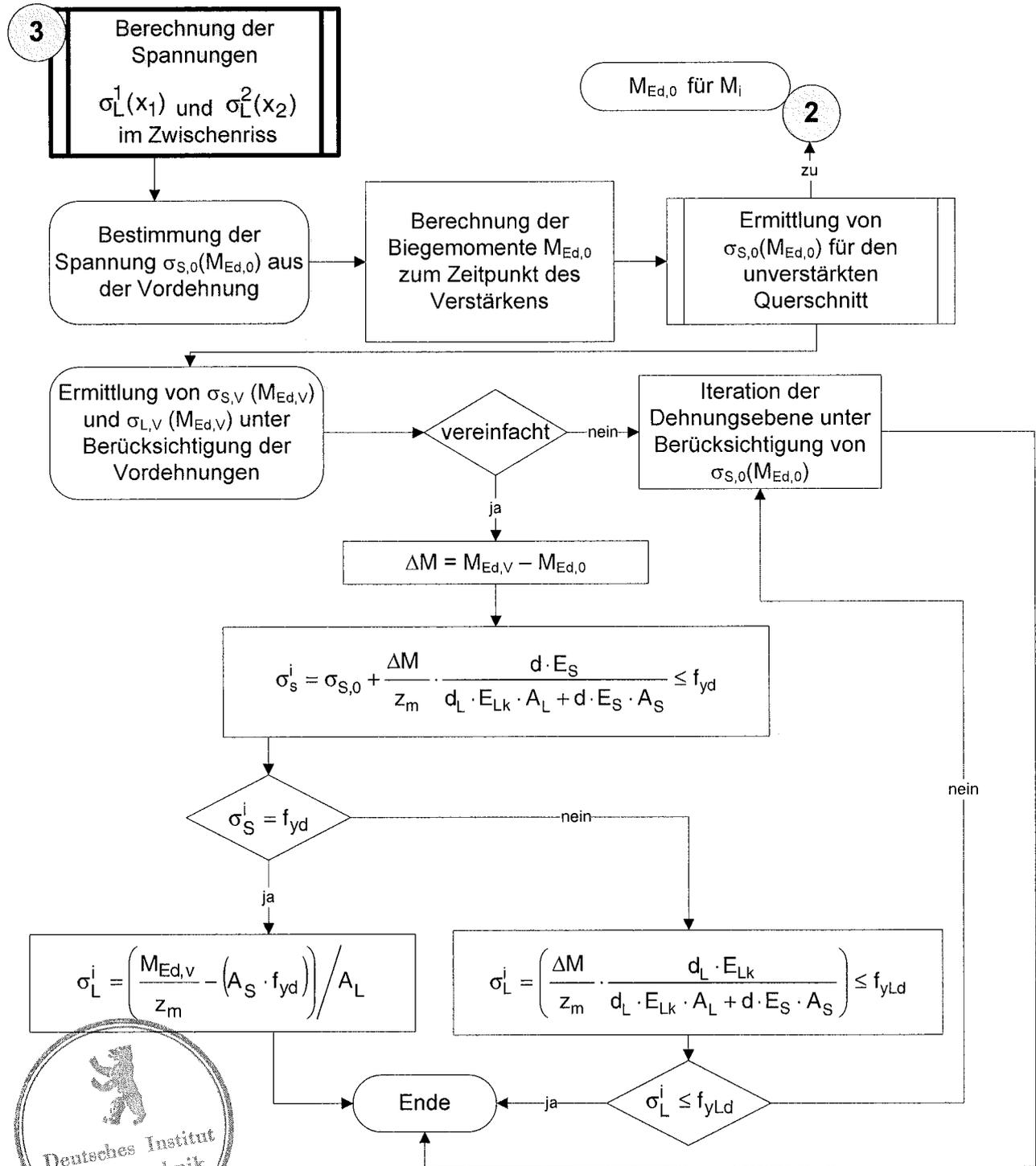
Anlage 2, Blatt 17 / 20
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
vom 15. Dezember 2008

Teilschema 3

für die Nachweise nach den Abschnitten

2.5.1 - Bestimmung des Bemessungswertes der Verbundbeanspruchung

2.5.2 - Bestimmung des Bemessungswertes des Verbundwiderstandes



Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
 Ammerländer Heerstraße 368
 26129 Oldenburg

**Bemessung
 Stahllaschen
 DIN 1045-1:2008-08**

Anlage 2, Blatt 18 / 20
 zur allgemeinen
 bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
 vom 15. Dezember 2008

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

f_{yLd} - Bemessungswert der Streckgrenze der Stahllasche

Geometrische Größen

Querschnittswerte

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 Biegemoment 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

σ_L^i - Stahllaschenspannung im Riss i

σ_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 |

Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
Ammerländer Heerstraße 368
26129 Oldenburg

**Bemessung
Stahllaschen
DIN 1045-1:2008-08**

Anlage 2, Blatt 19 / 20
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
vom 15. Dezember 2008

| | | |
|---|----------------------|---|
| 4 | DIN 1045-4:2008-08 | 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 |



Ludwig Freytag GmbH + Co.KG
 Ammerländer Heerstraße 368
 26129 Oldenburg

**Bemessung
 Stahllaschen
 DIN 1045-1:2008-08**

Anlage 2, Blatt 20 / 20
 zur allgemeinen
 bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-72
 vom 15. Dezember 2008

Produkte der Firma StoCretec GmbH

Tabelle 1a:

Verarbeitungszeit und Unterstützungsdauer für den Klebstoff "StoPox SK 41" nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-36.1-71

| 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 2.1.4 der Besonderen Bestimmungen nach Z-36.1-71 der nach der Aushärtung

40°C

Maximale Dauertemperatur mit Anwendung des Betonersatzsystems nach Abschnitt 2.1.4 der Besonderen Bestimmungen nach Z-36.1-71 nach der Aushärtung

34°C

Tabelle 1b:

Aushärtezeit für die Primer "StoPox ZNP sandgelb" und "StoPox ZNP rotbraun" nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-36.1-71

| 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.

| | | |
|---|--|--|
| <p>Ludwig Freytag GmbH + Co.KG Ammerländer Heerstraße 368 26129 Oldenburg</p> | <p>Verarbeitungszeit und Unterstützungsdauer für die Klebstoffe und Aushärtezeiten für die Primer</p> | <p>Anlage 3, Blatt 1 / 2 zur allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-36.1-72 vom 15. Dezember 2008</p> |
|---|--|--|

Produkte der Firma Sika Deutschland GmbH

Tabelle 2a:

Verarbeitungszeit und Unterstützungsdauer für den Klebstoff "Sikadur 30" nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-36.1-30

| Temperatur [°C] | Verarbeitungszeit [Min] | Unterstützungsdauer [h] |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|
| ≥ 8 | ≤ 60 | mindestens 30 |
| ~ 23 | ≤ 50 | mindestens 20 |
| ≤ 30 | ≤ 45 | mindestens 15 |

Maximale Dauertemperatur mit und ohne des Instandsetzungsmörtels "Sikadur 41" nach der Aushärtung 24°C

Tabelle 2b:

Aushärtezeit für den Primer " Icosit 277 Stahllaschenprimer " nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-36.1-30

| Temperatur [°C] | Aushärtezeit bis zum Verkleben der geprimerten Stahllaschen [Tage] |
|--------------------|---|
| ≥ 10 | mindestens 14 d |
| ~ 20 | mindestens 7 d |
| ≤ 30 | mindestens 5 d |



Zwischen der Auftragung beider Primerschichten ist eine Verweildauer von mindestens 72 Stunden bei einer Temperatur von 10°C und 48 Stunden bei einer Temperatur ab 20°C einzuhalten.

| | | |
|--|---|---|
| Ludwig Freytag GmbH + Co.KG Ammerländer Heerstraße 368 26129 Oldenburg | Verarbeitungszeit und Unterstützungsdauer für die Klebstoffe und Aushärtezeiten für die Primer | Anlage 3, Blatt 2 / 2 zur allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-36.1-72 vom 15. Dezember 2008 |
|--|---|---|