

DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK

Anstalt des öffentlichen Rechts

10829 Berlin, 29. September 2008

Kolonnenstraße 30 L

Telefon: 030 78730-314

Telefax: 030 78730-320

GeschZ.: I 11-1.36.1-10/08

Bescheid

über
die Änderung

der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung vom 11. März 2005

Zulassungsnummer:

Z-36.1-30

Antragsteller:

Sika Deutschland GmbH
Kornwestheimer Straße 103-107
70439 Stuttgart

Zulassungsgegenstand:

Schubfeste Klebeverbindung zwischen Stahlplatten und
Betonbauteilen mit dem System Sikadur 30

Geltungsdauer

vom 1. Oktober 2008 bis 31. Dezember 2009

Dieser Bescheid ändert die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-36.1-30 vom 11. März 2005. Dieser Bescheid umfasst vier Seiten und zwei Anlagen. Er gilt nur in Verbindung mit der oben genannten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung und darf nur zusammen mit dieser verwendet werden.



ZU II. BESONDERE BESTIMMUNGEN

Die Besonderen Bestimmungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung werden wie folgt geändert:

Der Abschnitt 1 wird wie folgt ersetzt:

1 Zulassungsgegenstand und Anwendungsbereich

1.1 Zulassungsgegenstand

Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erstreckt sich auf Verstärkungen von Stahlbetonbauteilen durch schubfest angeklebte Stahllaschen mit dem Klebstoff "Sikadur 30".

1.2 Anwendungsbereich

Die mit den Klebstoffen nach 2.1.2 an die Betonbauteile schubfest angeklebten Stahllaschen dienen der Erhöhung der Tragfähigkeit von Stahlbetonbauteilen. Die rechnerische Gesamttragfähigkeit 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 Schubbeanspruchungen als Schublaschen verwendet werden.

Die Laschen verstärkter Bauteile dürfen ungeschützt nur unter Umweltbedingungen

- nach DIN 1045¹, Tabelle 10, Zeilen 1 und 2 mit Ausnahme von Zeile 2, Satz 2

oder

- nach DIN 1045-1², Tabelle 3, XC1(nur trocken) und XC3

und nicht bei direkter Sonneneinstrahlung sowie 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 kurzzeitig 43 °C nicht überschreiten. Langfristig darf die Temperatur von 40 °C nicht überschritten werden. Wird auf Betonoberflächen geklebt, die mit Mörtel "Sikadur 41" instand gesetzt wurden, darf die Bauteiltemperatur kurz- und langfristig nur 38 °C betragen. Der Primer ist vor der Verklebung der Stahllaschen im Bereich der Klebefuge vollständig zu entfernen.

Angeklebte Stahllaschen dürfen bei vorwiegend ruhender Beanspruchung verwendet werden.

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

Der Abschnitt 2.1.1 wird wie folgt ersetzt:

2.1.1 Stahlteile

Für Stahlteile dürfen verwendet werden:

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



Die charakteristischen Materialkennwerte für Stahl der Festigkeitsklasse S 235 J2 sind der Richtlinie "Änderung und Ergänzung der Anpassungsrichtlinie Stahlbau (Fassung Dezember 2001)"⁴ zu entnehmen.

Der Abschnitt 3.1.3 wird wie folgt ersetzt:

3.1.3 Laschenstoß

Geklebte Laschen 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 (7) der Anlage 2 beträgt. Die Verbindung zwischen der Lasche und dem Überlappungsblech gleicher Dicke t_l ist durch Kehlnähte nach DIN 18800-1⁵ 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 (8) nach Anlage 2 für $f_{ctm} = 3,0$ N/mm² bestimmt werden.

Der Abschnitt 3.1.4 wird wie folgt ersetzt:

3.1.4 Zugkraftdeckung und Laschenverankerung

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 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 $erf l_t \leq l_{t,max}$ innerhalb der Strecke s_t anzuordnen und für die erforderliche Verbundbruchkraft $erf T_k$ nach Anlage 2, Abschnitt 2.4, Gleichungen (11) bzw. (12) 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 2.4.1 zu führen.

Auf der Bauteilunterseite müssen die Laschenenden 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 Laschenendes zum Nulldurchgang der versetzten Zugkraftlinie $< 1,0$ m beträgt (siehe Bild 4 der Anlage 2).

Der Abschnitt 3.1.5 wird wie folgt ersetzt:

3.1.5 Laschenbügelbewehrung

Bei Laschenbügeln, die durch einen geklebten Übergreifungsstoß geschlossen werden, kann die erforderliche Übergreifungslänge mit den Gleichungen (8) und (9) nach Anlage 2 mit $f_{ctm} = 3,0$ N/mm² bemessen werden. Die gewählte Übergreifungslänge $l_{\bar{u}}$ muss mindestens der Breite b_L der Zuglasche bzw. bei Anordnung mehrerer Zuglaschen deren gesamten 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.

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



Der Abschnitt 4.4 wird wie folgt ersetzt:

4.4 Anforderungen an die Stahlteile

Es dürfen nur Stahlteile verwendet werden, die den Anforderungen nach 2.1.1 entsprechen. Für Stahlteile darf Stahl der Sorte S 235J2 nach DIN EN 10025-2³ verwendet werden, für Ankerschrauben die Festigkeitsklassen 4.6, 5.6 oder 10.9.

Die Stahlteile, die Stahllaschen, die Laschenbügel und andere zu klebende Konstruktionselemente müssen unmittelbar vor Klebstoffauftrag den Reinheitsgrad Sa 3 nach DIN EN ISO 12944-4⁶ aufweisen.

Falls die Vorbereitung der Stahlklebeflächen von Stahllaschen 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. Im Bereich der Klebefläche muss der Primer vor dem Verkleben auf der Baustelle wieder vollständig abgeschliffen werden.

Schweißarbeiten dürfen nur von Werken vorgenommen werden, die im Besitz eines Eignungsnachweises entsprechend DIN 18800-7⁷ - mindestens der Herstellerqualifikation B - sind.

Schweißarbeiten an verklebten Stahllaschen sind nicht zulässig.

Die Stahllaschen sind nach dem Einbau gemäß Korrosionsschutzklasse III nach DIN EN ISO 12944-4⁶ zu schützen. Die Stahllaschen müssen - sofern sie in bewitterten Außenbereichen angewendet werden sollen - einen doppelten Schutzanstrich gegen Korrosion erhalten. Für Sonderbelastungen müssen die Korrosionsschutzsysteme auf den Anwendungsfall abgestimmt werden.

Die Anlagen 1 und 2 werden durch die Anlagen 1A und 2A ersetzt.

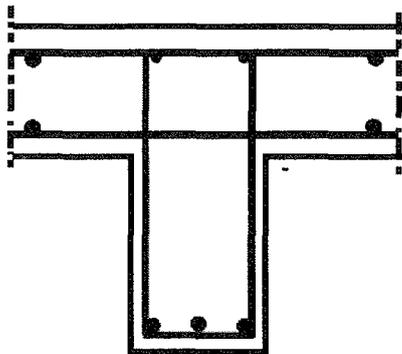
Dipl.-Ing. Jasch



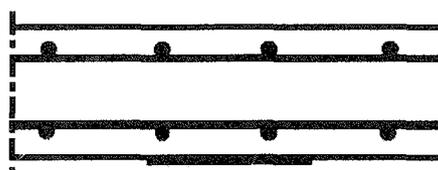
1	DIN 1045:1988-07	Beton- und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung
2	DIN 1045-1:2001-07	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion
3	DIN EN 10025-2:2005-04	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle; Deutsche Fassung EN 10025-2:2004
4	veröffentlicht in den DIBt Mitteilungen Heft 1/2002	
5	DIN 18800-1:1990-11	Stahlbauten – Bemessung und Konstruktion
6	DIN EN ISO 12944-4:1998-07	Beschichtungssysteme - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung (ISO 12944-4:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-4:1998
7	DIN 18800-7:1983-05	Stahlbauten - Teil 7: Ausführung und Herstellerqualifikation

Verstärkung ohne Schublaschen

Balken / Plattenbalken

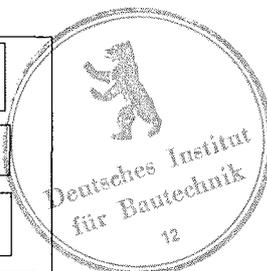


Platte



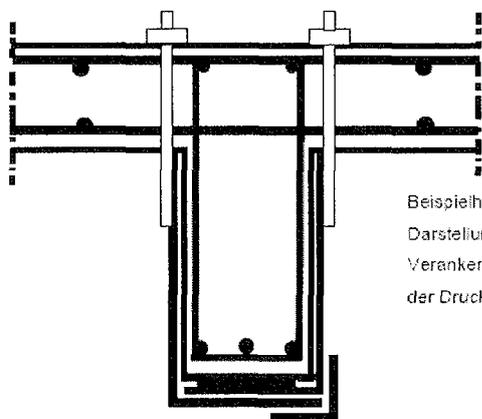
$$\tau_{0V} \leq \tau_{011}(\text{Zeile 1b})$$

ged $Q_{Vs} \geq Q_V$	
Balken	Plattenbalken
$\tau_{0V} \leq 0,9 \cdot \tau_{011}(1b)$	$\tau_{0V} \leq 0,9 \cdot \tau_{012}$



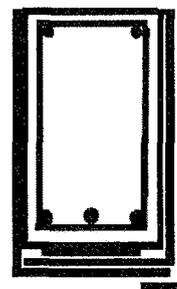
Verstärkung mit Schublaschen aus Stahl S 235J2 nach DIN 10 025-2:2005-04

Fall 1 Balken / Plattenbalken



Beispielhafte Darstellung der Verankerung in der Druckzone

Fall 2 Balken



ged $Q_{Vs} < Q_V$ oder		ged $Q_{Vs} \geq Q_V$ und	
ged $Q_{Vs} \geq Q_V$ und	$0,9 \cdot \tau_{012} \leq \tau_{0V} \leq \tau_{02}$ oder	$0,9 \cdot \tau_{011}(1b) \leq \tau_{0V} \leq 0,9 \cdot \tau_{012}$ und	
Klebeverbund nach Anlage 2, Abschnitt 2.5, Fall 2, nicht ausreichend		Klebeverbund nach Anlage 2, Abschnitt 2.5, Fall 2, ausreichend	

Grundlagen der Bemessung nach DIN 1045¹:1988-07

Die Gleichungen (3), (6) und (21) bis (24) und die Abschnitte 2.4.2 und 2.6.2 sind in dieser Anlage nicht enthalten.

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 1045¹, auch für den Nachweis der Druckzone.

2 Bemessung

2.1 Grundlagen

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

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.

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

Hierin ist M_{EV} das einwirkende Moment auf das verstärkte Bauteil und M_{Rd0} Bemessungswert der Momententragfähigkeit des unverstärkten Bauteils unter Berücksichtigung des jeweilig vorgeschriebenen Sicherheitsbeiwerts.

2.3 Biegebemessung

Die zur Ermittlung der Bruchschnittgrößen im verstärkten Zustand anzusetzende Stahllaschengrenzdehnung ε_L ist wie folgt zu bestimmen:

(ε_L ist unter γ -facher Belastung zu ermitteln)

$$\varepsilon_L \leq \text{grenz } \varepsilon_L$$

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

$$\text{grenz } \varepsilon_L \leq 3 \text{ ‰} \quad (4)$$

Für $\eta_B > \gamma$ gilt zusätzlich:

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

mit:

γ globaler Sicherheitsbeiwert $\gamma = 1,75$

$$\eta_B = \frac{M_{EV}}{M_{Rd0}} \leq 2$$



mit:	
M_{EV}	das einwirkende Moment auf das verstärkte Bauteil
M_{Rd0}	Bemessungswert der Momenten Tragfähigkeit des unverstärkten Bauteils unter Berücksichtigung des jeweilig vorgeschriebenen Sicherheitsbeiwerts.
f_{syk}	Nennstreckgrenze des im Bauteil verwendeten Betonstahls
E_s	Rechenwert des E-Moduls des im Bauteil verwendeten Betonstahls nach DIN 1045 ¹ , Bild 12
$k_z = z_L/z_s$	Verhältnis der inneren Hebelarme von Stahllasche und Innenbewehrung
$\beta = \epsilon_{s0}/\epsilon_{sy}$	Dehnungsgrad der Bewehrung zum Zeitpunkt der Verstärkung mit
ϵ_{s0}	Vordehnung der Innenbewehrung zum Zeitpunkt der Verstärkung
ϵ_{sy}	Fließdehnung des Betonstahls

Der kleinste Wert aus den Gleichungen (2) bis (5) ist maßgebend.

Innerhalb der Grenzdehnung darf im rechnerischen Bruchzustand 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 1045¹, Abschnitt 18.8.5, nachzuweisen. Es darf mit einem globalen Sicherheitsbeiwert $\gamma = 1,75$ gerechnet werden.

2.4 Bemessung der Klebeverbundverankerung

(Der Nachweis der Verankerung über Innenstützen ist nach Abschnitt 2.4.1 zu führen.)

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:

$$T_{k,max} = 0,225 \cdot b_L \cdot \sqrt{E_{Lk} \cdot t_L} \cdot \sqrt{f_{cm,cube} f_{ctm,surf}} \quad [N] \quad (7)$$

$$l_{t,max} = 1,46 \sqrt{\frac{E_{Lk} \cdot t_L}{\sqrt{f_{cm,cube} f_{ctm,surf}}}} \quad [mm] \quad (8)$$

mit:

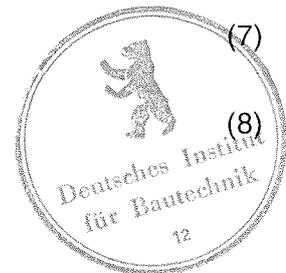
b_L Stahllaschenbreite in mm

t_L Stahllaschendicke in mm

E_{Lk} 210.000 N/mm²

$f_{ctm,surf}$ Rechenwert der Oberflächenzugfestigkeit des Betons nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in N/mm² unter Berücksichtigung des Abschnitts 2.1 dieser Anlage $f_{ctm,surf} \leq 3,0$ N/mm²

$f_{cm,cube}$ Mittelwert der Betondruckfestigkeit nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in N/mm²



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 unverbügeltten Bauteilen (Platten und Balken): $T_k \geq \text{erf } T_k = 1,2 F_{LE}$ (11)
- bei verbügelte Bauteile (Balken): $T_k \geq \text{erf } T_k = F_{LE}$ (12).

Hierin ist F_{LE} die nach den Bildern 3 und 4 am kraftseitigen Verankerungsbeginn Punkt E zu verankernde Laschenzugkraft im rechnerischen Bruchzustand.

Auf eine Verbügelung des Endbereichs der Stahllaschen entsprechend Abschnitt 3.1.3 der "Besonderen Bestimmungen" kann verzichtet werden, wenn $\tau_{0V} < \tau_{011}$ (Zeile 1b) und wenn der Verankerungsnachweis der Stahllaschen Gleichung (11) bzw. (12) mit einem globalen Sicherheitsbeiwert $\gamma = 2,1$ geführt wird. In jedem anderen Fall ist eine Verbügelung des Endbereichs der Stahllasche vorzusehen und es darf mit einem globalen Sicherheitsbeiwert $\gamma = 1,75$ gerechnet werden. Der am Punkt E anzuordnende Laschenbügel B1 (siehe Bild 5) 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 Laschenende anzuordnende Bügel B2 (siehe Bild 5) 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".



2.4.1 Nachweis der Verbundtragfähigkeit über Innenstützen

Der Nachweis ist im Bruchzustand mit einem globalen Sicherheitsbeiwert $\gamma = 2,1$ zu führen. 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 6). Dieses liegt im Abstand des Versatzmaßes v_I vom Zwischenauflager entfernt, an der Stelle der Maximalwerte von Biegemoment und Querkraft. Bei Berücksichtigung des Abschnitts 15.4.1.2 (1) nach DIN 1045¹ ist das Zwischenrisselement im Abstand des Versatzmaßes v_I vom Auflagerrand beginnend nachzuweisen.

Für dieses Zwischenrisselement ist der Spannungszuwachs vorh $\Delta\sigma_L^1$ in der Stahllasche zu ermitteln. Die Spannungen σ_L^i sowie der Spannungszuwachs vorh $\Delta\sigma_L^1$ müssen entsprechend den Dehnungszuständen ermittelt werden, die sich unter Annahme einer ebenen Dehnungsverteilung und den Arbeitslinien gem. von DIN 1045¹, Bild 11 und Bild 12 für Beton und Betonstahl einstellen (wobei eine vereinfachte Ermittlung bei Biegung ohne Längskraft nach Teilschema 2 vorgenommen werden darf.).

Der Nachweis der Zugkraftdeckung ist erbracht, wenn der vorhandene Spannungszuwachs vorh $\Delta\sigma_L^1$ kleiner als der aufnehmbare Spannungszuwachs aufn. $\Delta\sigma_L^1$ ist.

2.4.1.1 Bestimmung des Rissbildes

Das Versatzmaß v_I darf vereinfachend wie folgt ermittelt werden:

$$v_I \approx 0,85 \cdot \frac{h_L \cdot E_L \cdot A_L + h_s \cdot E_S \cdot A_S}{E_L \cdot A_L + E_S \cdot A_S} \quad (I.1)$$

- mit:
- h_s statische Nutzhöhe des Betonstahls
 - h_L statische Nutzhöhe der Klebebewehrung
 - E_L 210.000 N/mm²
 - E_S Elastizitätsmodul für Betonstahl
 - A_L Querschnittsfläche der Klebebewehrung
 - A_S Querschnittsfläche des Betonstahls



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:

$$f_{ct,fl,max} = 1,3 \cdot f_{ctm,surf} \quad (I.2)$$

mit:

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

$$M_{cr,max} = f_{ct,fl,max} \cdot W_{c,o} \quad (I.3)$$

mit:

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

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

$$a_{r,max} = \left(1,5 + 0,5 \cdot \frac{A_{E,Gleichstreckenlast}}{A_E} \right) \cdot l_{e,0,max} \quad (I.4)$$

mit:

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

$$l_{e,0,max} = \frac{M_{cr,max}}{z_s \cdot T} \quad (I.5)$$

mit:

$M_{cr,max}$ maximales Rissmomentes $M_{cr,max}$ nach Gleichung (I.3)
 z_s mittlerer Hebelarm der inneren Kräfte, dieser darf vereinfachend wie folgt angenommen werden:

$$z_s \approx 0,85 \cdot h_s \quad (I.6)$$

mit:

Formelzeichen analog Gleichung (I1)

T Verbundkraft je Länge

$$T = \sum_{i=1}^n n_{s_i} \cdot d_{s_i} \cdot \pi \cdot f_{bS,m,max} \quad (I.7)$$

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 A ($f_{bS,m} = f_{bS,m,max}$)** 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 1** mit $M_{cr,max}$ für M_i

Gemäß Bild 6 sind die Risslagen x_1 und x_2 für die Risse 1 und 2 festzulegen.



2.4.1.2 Bestimmung der Verbundbeanspruchung

Ermittlung des vorhandenen Spannungszuwachs vorh $\Delta\sigma_L^1$ zwischen den Rissen x_1 und x_2

$$\text{vorh } \Delta\sigma_L^1 = \sigma_L^2 - \sigma_L^1 \quad (\text{I.8})$$

mit:

σ_L^1, σ_L^2 Laschenspannung an den Rissen x_1 und x_2

$$\rightarrow \text{Teilschema 2 mit } z_m \approx 0,85 \cdot \frac{h_L \cdot E_L \cdot A_L + h_s \cdot E_S \cdot A_S}{E_L \cdot A_L + E_S \cdot A_S}$$

2.4.1.3 Bestimmung des Verbundwiderstands

$$\text{aufn. } \Delta\sigma_L^1(\sigma_L^1) = \Delta\sigma_L^1(\sigma_L^1) \quad (\text{I.9})$$

mit:

$\Delta\sigma_L^1(\sigma_L^1)$ Spannungsdifferenz zwischen den Rissen x_1 und x_2

$$\Delta\sigma_L^1(\sigma_L^1) = \sqrt{\frac{2 \cdot G_f \cdot E_L}{t_L} + (\sigma_L^1)^2} - \sigma_L^1 \leq \frac{f_{kL}}{1,10} - \sigma_L^1 \quad (\text{I.10})$$

mit:

E_L 210.000 N/mm²

t_L Laschendicke

G_f Verbundbruchenergie

$$G_f = \frac{1}{2} s_{L0,k} \cdot f_{blk} \quad (\text{I.11})$$

mit:

f_{blk} charakteristische Verbundspannung zwischen Beton und Klebebewehrung

$$f_{blk} = 0,273 \sqrt{f_{cm,cube} \cdot f_{ctm,surf}} \quad (\text{I.12})$$

mit:

$f_{ctm,surf}$ Rechenwert der Oberflächenzugfestigkeit des Betons nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in N/mm² unter Berücksichtigung des Abschnitts 2.1 dieser Anlage $f_{ctm,surf} \leq 3,0$ N/mm²

$f_{cm,cube}$ Mittelwert der Betondruckfestigkeit nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in N/mm²

$s_{L0,k}$ charakteristischer Grenzwert der Relativverschiebung $s_{L0,k} = 0,185$ mm

σ_L^1 Laschenspannung am Riss x_1 nach Abschnitt 2.5.2

f_{kL} charakteristischer Wert der Zugfestigkeit der Stahllasche

2.4.1.4 Nachweis

Der Nachweis der Zugkraftdeckung ist erbracht, wenn:

$$\text{vorh. } \Delta\sigma_L^1 \leq \text{aufn. } \Delta\sigma_L^1$$



2.5 Querkraftnachweis und -bemessung (für Innenstützen und Feldbereiche)

Es gelten die Regelungen von DIN 1045¹ 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, an Zwischenauflagern gemäß DIN 1045¹, Abschnitt 17.5.2.

$\text{erf}\eta_B$ erforderlicher Biegeverstärkungsgrad

s_L Laschenabstand

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

b_L Laschenbreite

d Plattenhöhe (siehe Bild 2)

x Höhe der Druckzone des verstärkten Querschnitts (siehe Bild 2)

$\tau_{011}(b)$ τ_{011} nach DIN 1045¹, 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 Stahllasche.

Bei der Ermittlung des von der inneren Schubbewehrung abgedeckten Querkraftanteils 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 $\sigma_{ibü} = \beta_{lk}/1,75$ zu bemessen.

Die Mindestmenge der Laschenbügel ist gemäß DIN 1045¹, Abschnitte 17.5.5.2 und 17.5.5.3 nachzuweisen.

Bei Balken kann bei einer Schubbeanspruchung $\tau_{0V} \leq 0,9 \cdot \tau_{011}$ (Zeile 1b nach DIN 1045¹, Tabelle 13) und bei Plattenbalken bei einer Schubbeanspruchung $\tau_{0V} \leq 0,9 \cdot \tau_{012}$ (Zeile 3 nach DIN 1045¹, 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 $0,9 \cdot \tau_{011}$ (Zeile 1b), ist die durch Laschenbügel abzudeckende Querkraft Q_{VL} nach Gleichung (15) bzw. (16) zu berechnen. Ein Fließen der inneren Betonstahlbewehrung muss bei der Ermittlung von Q_{VL} berücksichtigt werden. Der durch Laschenbügel abzudeckende Schubspannungsanteil τ_{0VL} ist auf τ_{011} (Zeile 1a nach DIN 1045¹, Tabelle 13) zu begrenzen.

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

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

Der größere Wert von Q_{VL} 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 $\text{ged } Q_{Vs}$ ist kleiner als die gesamte Querkraft ($\text{ged } Q_{Vs} < Q_V$):

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 ($\text{ged } Q_{Vs} > Q_V$):

Bei einer Schubbeanspruchung $\tau_{0V} \leq \tau_{012}$ kann auf die Verankerung der Laschenbügel in der Druckzone verzichtet werden, sofern die auf die Bügelschenkel entfallende Zugkraft über Klebeverbund an das Betonbauteil übertragen werden kann. Der Nachweis kann nach Gleichung (17) erfolgen.

$$2,1 F_{b\ddot{u}} \leq T_k \quad (17)$$

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.

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

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

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



mit:

$F_{b\ddot{u}}$ die auf einen Bugelschenkel entfallene Zugkraft

$T_{k,max}$ charakteristische Verbundbruchkraft

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

l_t höchstens die Hälfte der vorhandenen Klebelange

b_b Breite der Schublaschen in mm

t_b Dicke der Schublaschen in mm

E_{bk} Elastizitätsmodul des Bügels in N/mm²

$f_{ctm,surf}$ Rechenwert der Oberflächenzugfestigkeit des Betons nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen" in N/mm² unter Berücksichtigung des Abschnitts 2.1 dieser Anlage $f_{ctm,surf} \leq 3,0$ N/mm²

$f_{cm,cube}$ Mittelwert der 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 Kohlefaserlaminare 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.

2.6.3 Nachweis der Dauerhaftigkeit

Zusätzlich zum Verankerungsnachweis nach Gleichung (11) bzw. (12) muss nachgewiesen werden, dass die auftretenden Verankerungskräfte aus ständigen Lasten folgende Bedingungen erfüllen:

- bei unverbugelten Bauteilen (Platten und Plattenbalken): $0,6 \cdot T_k \geq \text{erf } T_k = 1,2 F_{LE}$ (25)
- bei verbugelten Bauteilen (Balken): $0,6 \cdot T_k \geq \text{erf } T_k = F_{LE}$ (26).



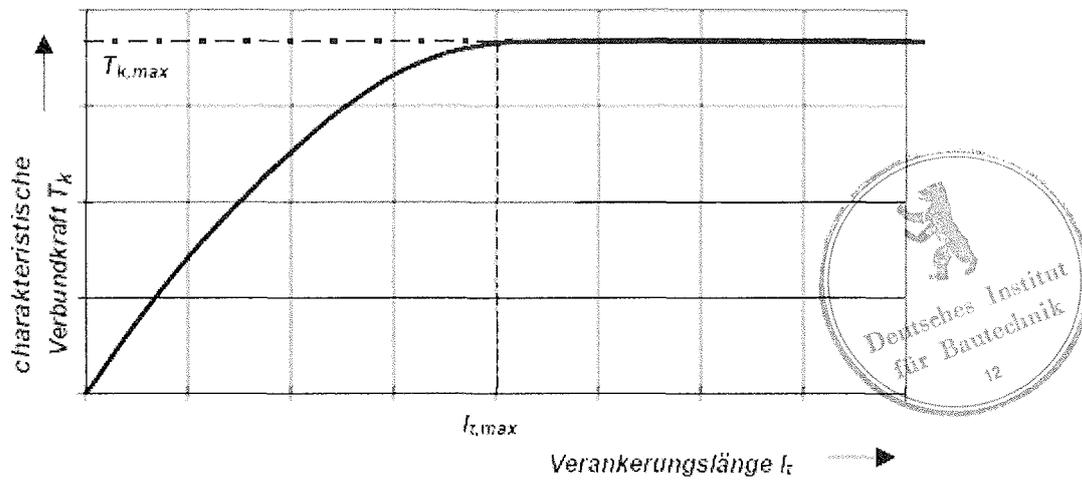


Bild 1: Zusammenhang zwischen der charakteristischen Verbundbruchkraft und der Verankerungslänge (Qualitativ)

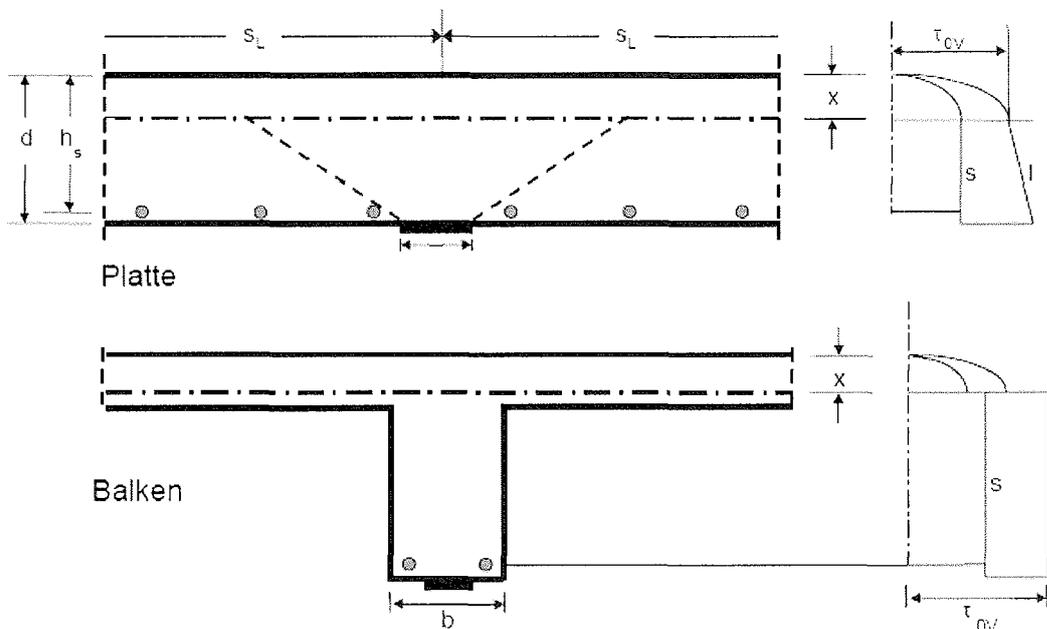


Bild 2: Schubspannungen des verstärkten Bauteils im Gebrauchszustand

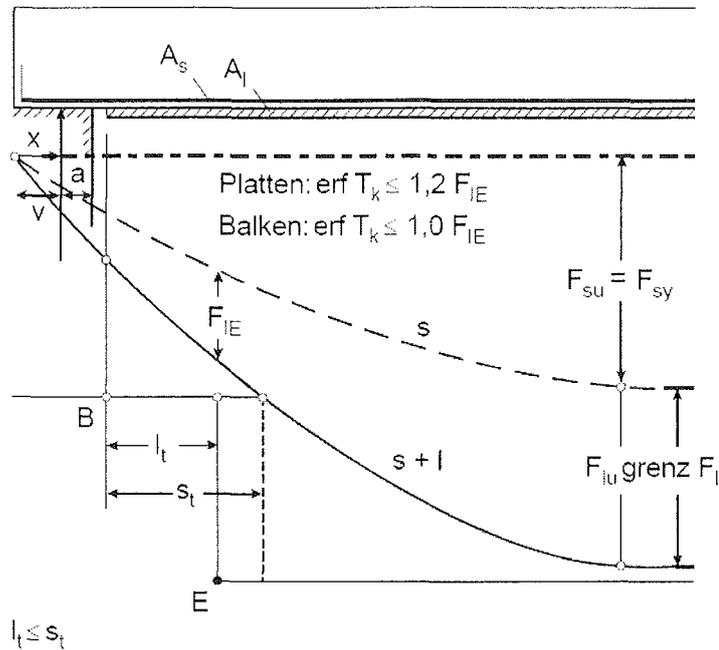


Bild 3: Zugkraftdeckung und Stahllaschenverankerung an Endauflagern

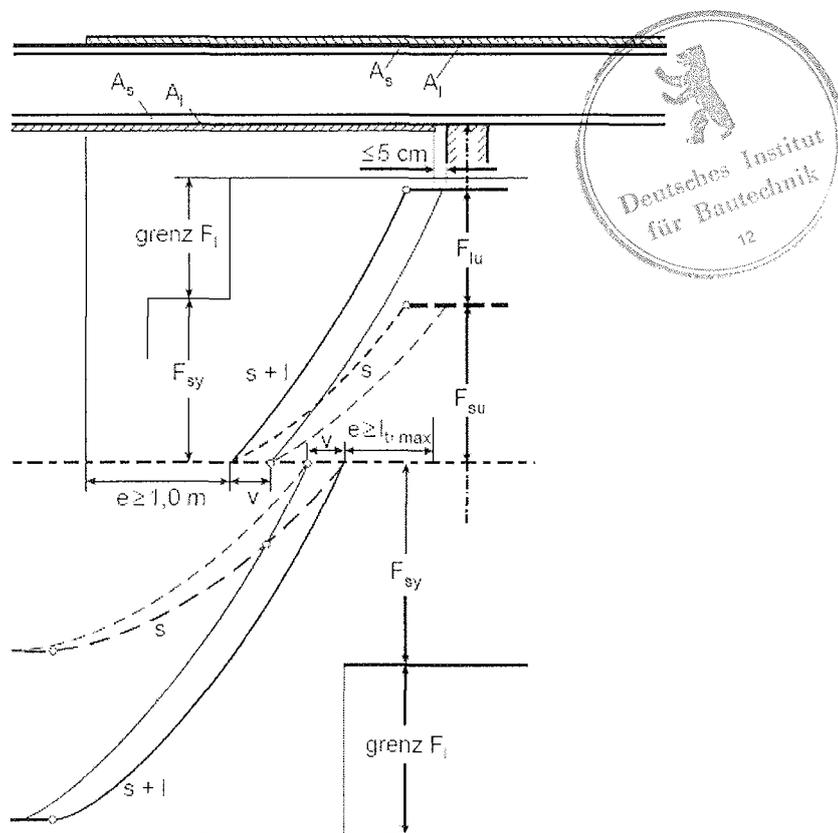


Bild 4: Stahllaschenverankerung an Innenauflagern

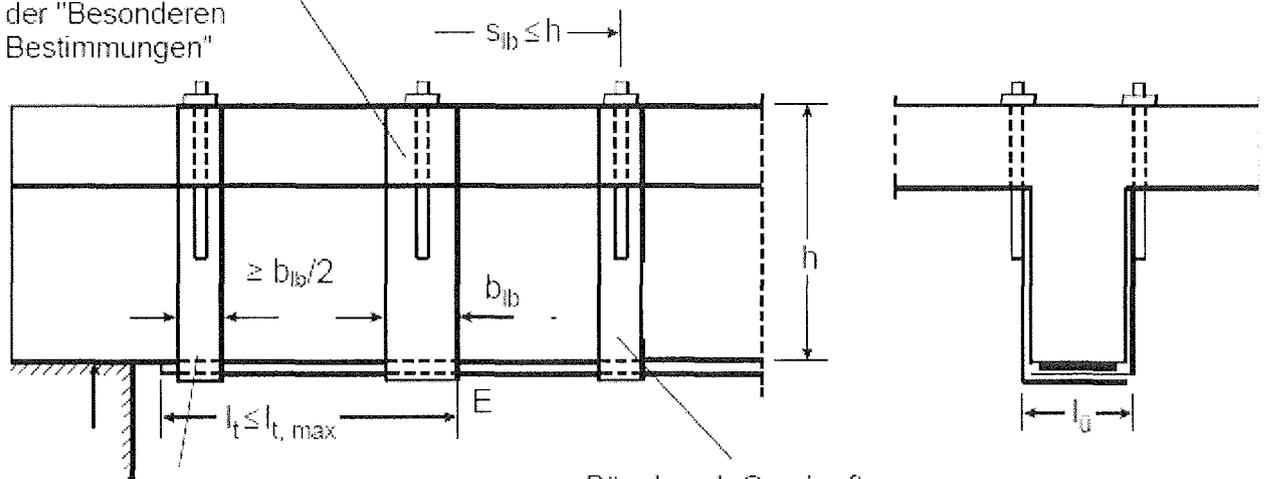


SIKA Deutschland GmbH
 70439 STUTTGART

Stahllaschen
 Bemessung nach
 DIN 1045:1988-07

Anlage 2A, Blatt 11 / 16
 zur allgemeinen
 bauaufsichtlichen Zulassung
 Z-36.1-30
 vom 29. September 2008

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 Stahllaschenverankerung (Beispiel für Bügelverankerung in der Druckzone)

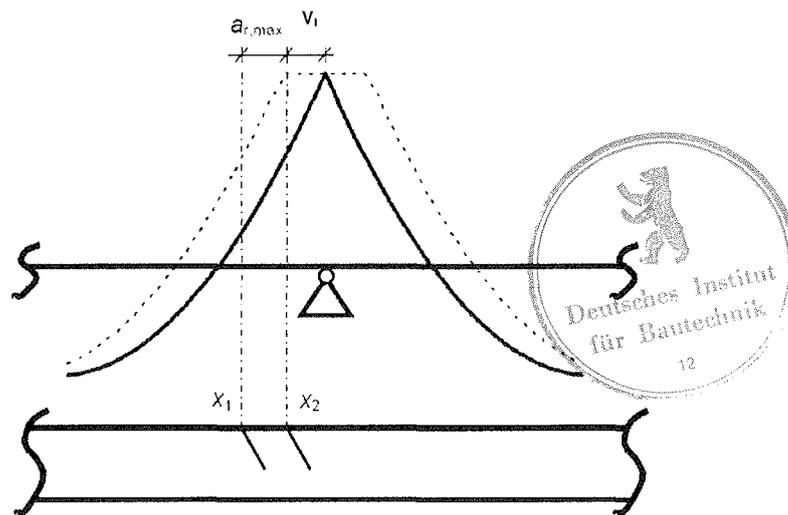
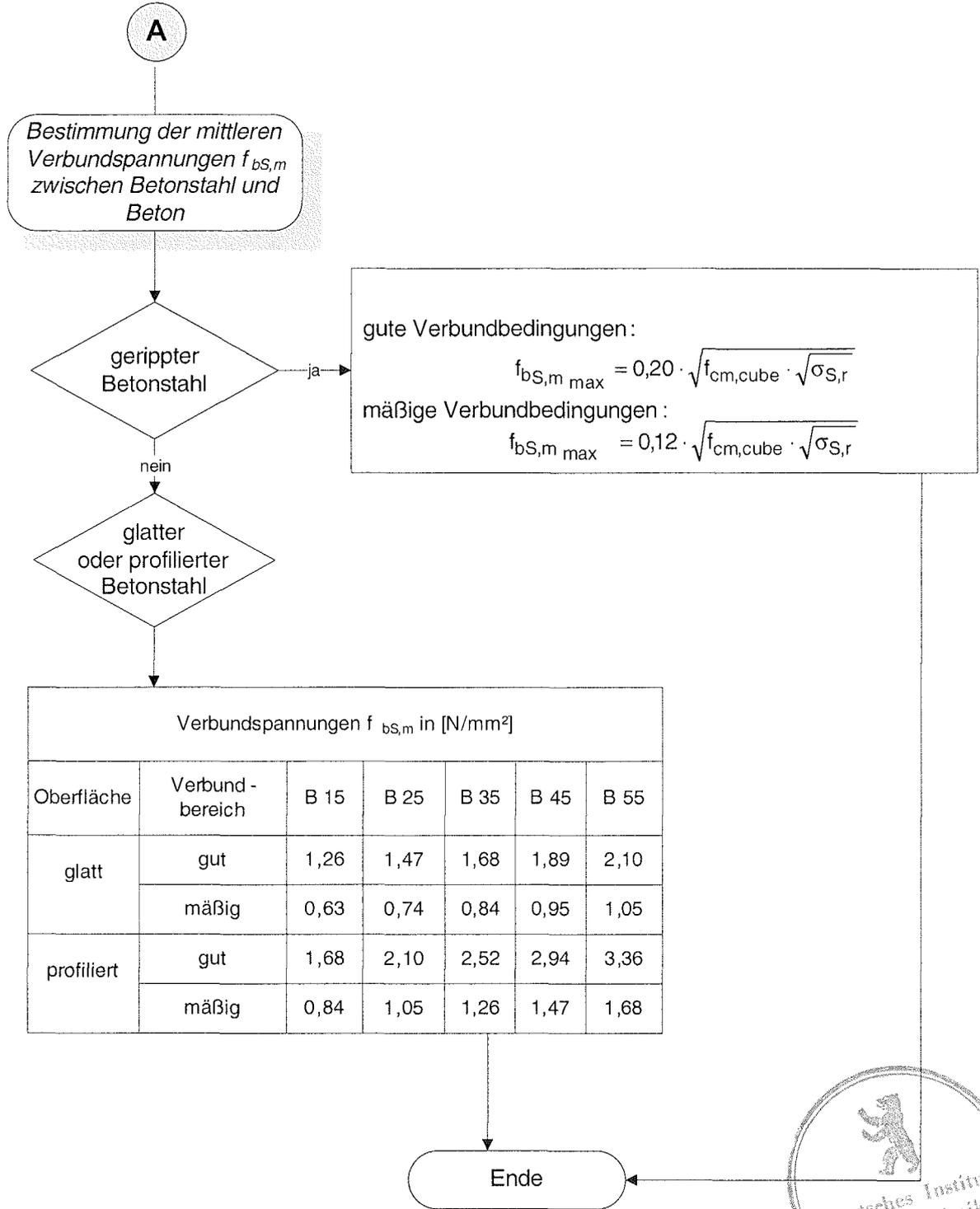


Bild 6: Lage des betrachteten Zwischenrisselements

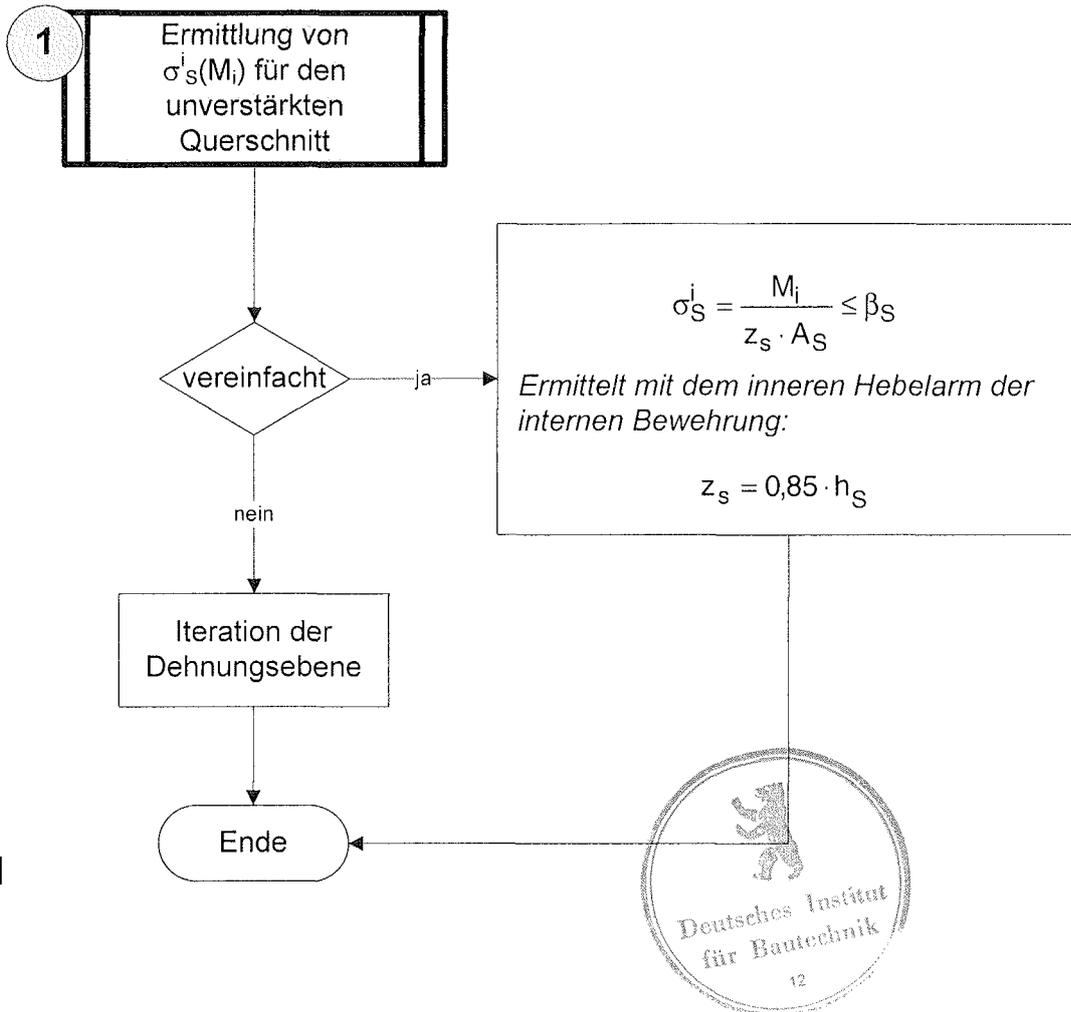
→ **Teilschema A** für die Nachweise nach Abschnitt 2.4.1.1 – Nachweis der Verbundtragfähigkeit über Innenstützen (Bestimmung des maximalen Rissabstandes $a_{r,max}$)



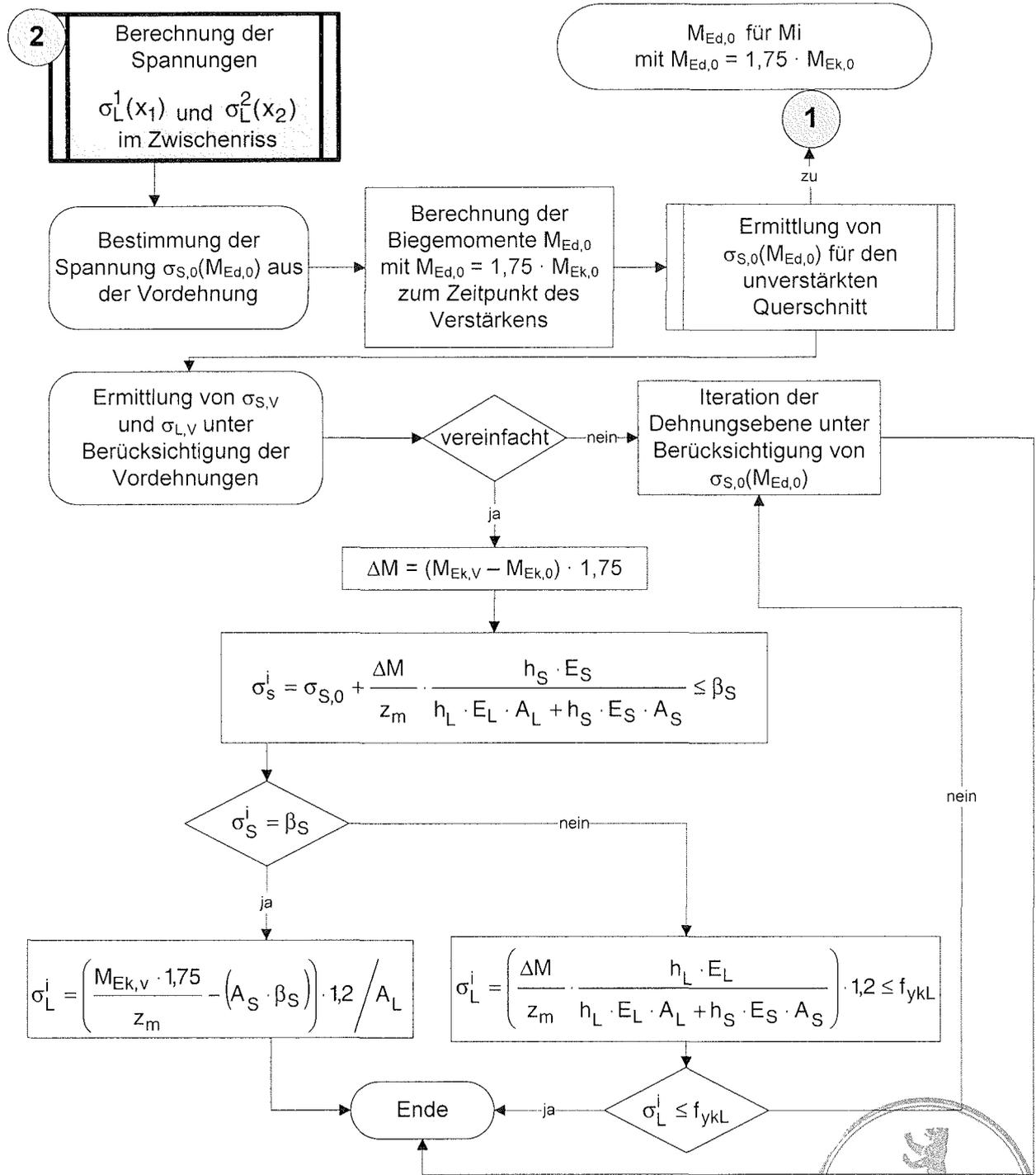
**Stahllaschen
Bemessung nach
DIN 1045:1988-07**

Anlage 2A, Blatt 13 / 16
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-30
vom 29. September 2008

→ **Teilschema 1** für die Nachweise nach Abschnitt 2.4.1.1 - Nachweis der Verbundtragfähigkeit über Innenstützen (Bestimmung des maximalen Rissabstandes $a_{r,max}$)



→ **Teilschema 2** für den Nachweis nach Abschnitt 2.4.1.2 - Nachweis der Verbundtragfähigkeit über Innenstützen (Bestimmung des Verbundwiderstandes)



Erläuterungen zu den Flussdiagrammen:

Materialkennwerte

Beton

$f_{cm,cube}$ - Mittelwert der Würfeldruckfestigkeit des zu verstärkenden Bauwerks nach Abschnitt 4.2 der "Besonderen Bestimmungen"

Betonstahlbewehrung

β_s - Streckgrenze des Betonstahls
 E_s - Elastizitätsmodul für Betonstahl

Klebebewehrung

E_L - 210.000 N/mm²
 f_{ykL} - charakteristischer Wert der Streckgrenze der Stahllasche

Geometrische Größen

Querschnittswerte

z_s - innerer Hebelarm bei Berücksichtigung des Betonstahls
 z_m - mittlerer innerer Hebelarm von Betonstahl und Klebebewehrung
 h_L - statische Nutzhöhe der Klebebewehrung
 h_s - 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
 $M_{Ek,V}$ - charakteristischer Wert des einwirkenden Biegemoments im verstärkten Zustand
 $M_{Ed,0}$ - Bemessungswert des einwirkenden Biegemoment während des Verstärkens
 $M_{Ek,0}$ - charakteristischer Wert des einwirkenden Biegemoment während des Verstärkens

Beanspruchungen

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

1

DIN 1045:1988-07

Beton- und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung




SIKA Deutschland GmbH
70439 STUTTGART

**Stahllaschen
Bemessung nach
DIN 1045:1988-07**

Anlage 2A, Blatt 16 / 16
zur allgemeinen
bauaufsichtlichen Zulassung
Z-36.1-30
vom 29. September 2008