

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten

Bautechnisches Prüfamt

Eine vom Bund und den Ländern
gemeinsam getragene Anstalt des öffentlichen Rechts
Mitglied der EOTA, der UEAtc und der WFTAO

Datum:

23.03.2012

Geschäftszeichen:

I 34-1.26.2-6/11

Zulassungsnummer:

Z-26.2-49

Antragsteller:

Peikko Group OY

Voimakatu 3

15170 LAHTI

FINNLAND

Geltungsdauer

vom: **23. März 2012**

bis: **23. März 2017**

Zulassungsgegenstand:

DELTA Verbundträger

Der oben genannte Zulassungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich zugelassen. Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung umfasst 17 Seiten und 14 Anlagen. Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung ersetzt die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-26.2-49 vom 6. März 2007. Der Gegenstand ist erstmals am 6. März 2007 allgemein bauaufsichtlich zugelassen worden.

DIBt

I ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

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

II BESONDERE BESTIMMUNGEN

1 Zulassungsgegenstand und Anwendungsbereich

(1) Bei dem Zulassungsgegenstand handelt es sich um Verbundträger nach Anlage 1, bestehend aus einem geschweißten, trapezförmigen Stahlhohlprofil (Stahlprofil) mit kreisförmigen Öffnungen in den Stegen und seitlich auskragenden Untergurten. Das Stahlprofil wird bauseitig mit Beton nach DIN EN 1992-1-1¹ verfüllt und teilweise einbetoniert.

(2) Die seitlich auskragenden Untergurte dienen zur Auflagerung von Stahlbetondecken (Ortbetondecken), Fertigteildecken, Teilfertigteildecken mit Ortbetonerfüllung und Verbunddecken.

(3) Die Verbundwirkung wird durch Betondübel in den seitlichen Stegöffnungen erzeugt, die durch das Ausbetonieren des Stahlprofils hergestellt werden.

(4) Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung regelt die Herstellung der Verbundträger und deren Verwendung unter vorwiegend ruhender Beanspruchung.

2 Bestimmungen für die Stahlprofile

2.1 Eigenschaften und Zusammensetzung

2.1.1 Allgemeines

Die Stahlprofile sind als vorgefertigte Bauteile auf die Baustelle zu liefern.

2.1.2 Abmessungen

(1) Die Stahlprofile müssen den Angaben in Anlage 2 entsprechen.

(2) Für die Grenzabmaße gelten die Toleranzen nach DIN EN 1090-2².

2.1.3 Werkstoff

Für die Herstellung der Stahlprofile ist Baustahl der in DIN EN 1993-1-1, Tabelle 3.1 aufgeführten Festigkeitsklassen S235, S275, S355, S420 oder S460 nach den Normen der Reihe DIN EN 10025³ zu verwenden.

2.1.4 Korrosionsschutz

Es gelten die Bestimmungen in DIN EN 1090-2².

2.2 Herstellung und Kennzeichnung

2.2.1 Herstellung

In Abhängigkeit von den Anforderungen, die für die Konstruktion festgelegt sind, gelten - in Abstimmung mit dem Tragwerksplaner und der Genehmigungsbehörde - für die Ausführung der Schweißnähte die Regelungen für EXC 2 oder EXC 3 nach DIN EN 1090-2².

2.2.2 Kennzeichnung

(1) Der Lieferschein der Stahlprofile muss 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.

1	DIN EN 1992-1-1:2011-01	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01
2	DIN EN 1090-2:2011-10	Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken
3	DIN EN 10025	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Nr. Z-26.2-49

Seite 4 von 17 | 23. März 2012

(2) Der Lieferschein ist mit folgenden zusätzlichen Informationen zu versehen:

- Profiltyp,
- Blechdicke der Flansche und Stege,
- Stahlsorte,
- Durchmesser und Herstellverfahren der Stegöffnungen.

2.3 Übereinstimmungsnachweis

2.3.1 Allgemeines

(1) Die Bestätigung der Übereinstimmung der Stahlprofile mit den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung muss für jedes Herstellwerk mit einem Übereinstimmungszertifikat auf der Grundlage einer werkseigenen Produktionskontrolle und einer regelmäßigen Fremdüberwachung einschließlich einer Erstprüfung der Stahlprofile nach Maßgabe der folgenden Bestimmungen erfolgen.

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

(3) Die Erklärung, dass ein Übereinstimmungszertifikat erteilt ist, hat der Hersteller durch Kennzeichnung der Bauprodukte mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) unter Hinweis auf den Verwendungszweck abzugeben.

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

2.3.2 Werkseigene Produktionskontrolle

(1) In jedem Herstellwerk 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 Stahlprofile den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung entsprechen.

(2) Die werkseigene Produktionskontrolle soll für die Stahlprofile mindestens die im Folgenden aufgeführten Maßnahmen einschließen:

- Im Herstellwerk sind die Geometrie und die in Abschnitt 2.1 geforderten Abmessungen (insbesondere auch die Blechdicken) durch regelmäßige Messungen zu prüfen.
- Bei jeder Materiallieferung sind die nach Abschnitt 2.1 geforderten Werkstoffeigenschaften des Ausgangsmaterials zu überprüfen. Der Nachweis der Werkstoffeigenschaften des Ausgangsmaterials ist durch Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204⁴ entsprechend den Regelungen von DIN EN 10025-1⁵, Tabelle B.1 zu erbringen. Die Übereinstimmung der Angaben in den Prüfbescheinigungen mit den Angaben in Abschnitt 2.1 ist zu überprüfen.
- An jedem Stahlprofil ist die Ausführung der Schweißnähte entsprechend den Angaben in den Konstruktionszeichnungen zu kontrollieren.

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

- Bezeichnung des Bauprodukts bzw. des Ausgangsmaterials und der Bestandteile,
- Art der Kontrolle oder Prüfung,
- Datum der Herstellung und der Prüfung des Bauprodukts bzw. des Ausgangsmaterials oder der Bestandteile,

⁴

DIN EN 10204:2005-01

Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen

⁵

DIN EN 10025-1:2005-02

Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen

- Ergebnis der Kontrollen und Prüfungen und, soweit zutreffend, Vergleich mit den Anforderungen,
- Unterschrift des für die werkseigene Produktionskontrolle Verantwortlichen.

(4) Die Aufzeichnungen sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren und der für die Fremdüberwachung eingeschalteten Überwachungsstelle vorzulegen. Sie sind dem Deutschen Institut für Bautechnik und der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde auf Verlangen vorzulegen.

(5) 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.

2.2.3 Fremdüberwachung

In jedem Herstellwerk ist die werkseigene Produktionskontrolle durch eine Fremdüberwachung regelmäßig zu überprüfen, mindestens jedoch einmal jährlich. Im Rahmen der Fremdüberwachung ist eine Erstprüfung der Stahlprofile durchzuführen. Es sind stichprobenartige Prüfungen der Geometrie und der Abmessungen sowie der Werkstoffeigenschaften durchzuführen. Die Fremdüberwachung muss erweisen, dass die Anforderungen gem. Abschnitt 2.1 erfüllt sind. Die Probenahme und Prüfungen obliegen jeweils der anerkannten Stelle. 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 und Bemessung

3.1 Allgemeines

(1) Soweit nachfolgend nichts anderes bestimmt wird, gilt für die Bemessung und konstruktive Durchbildung der Verbundträger DIN EN 1994-1-1⁶ in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1¹ und DIN EN 1993-1-1⁷.

(2) Die Weiterleitung der Anschlusskräfte an den Auflagern sowie die Verbindungen der Verbundträger untereinander sind nicht Bestandteil dieser Zulassung und sind in jedem Einzelfall nachzuweisen.

3.2 Entwurf

3.2.1 Stahlbeton

Für die Herstellung des Verbundträgers ist Normalbeton nach DIN EN 206-1⁸/DIN 1045-2⁹ zu verwenden. Die Verwendung von Festigkeitsklassen kleiner C20/25 ist nicht zulässig. Festigkeitsklassen größer C35/45 dürfen rechnerisch nicht berücksichtigt werden.

3.2.2 Verbundträger

(1) Zur Entlüftung während des Ausbetonierens sind im oberen Stegbereich unmittelbar unter dem Obergurt zwischen den Stegöffnungen Entlüftungsöffnungen mit einem Durchmesser von 20mm nach Anlage 2 anzuordnen.

6	DIN EN 1994-1-1:2010-12	Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau in Verbindung mit DIN EN 1994-1-1/NA:2010-12
7	DIN EN 1993-1-1:2010-12	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau in Verbindung mit DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12
8	DIN EN 206-1:2001-07	Beton - Teil 2: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
9	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

(2) Bei Verbundträgern mit Aufbeton ist die Aufbetonhöhe $h_{ct} \geq 1/6$ der oberen Flanschbreite b_{ft} des Stahlhohlprofils zu wählen, mindestens jedoch 50mm. Wenn diese Bedingungen nicht eingehalten werden, darf bei der Biegebemessung der Aufbeton über dem Stahlquerschnitt bei der Ermittlung der Momenten Tragfähigkeit nicht angerechnet werden. Die seitlichen Betongurte dürfen bei der Biegebemessung berücksichtigt werden, wenn diese mit einer Schubbewehrung in Übereinstimmung mit DIN EN 1992-1-1¹ angeschlossen werden und die sonstigen Randbedingungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung beachtet werden.

(3) Bei Anordnung zusätzlicher Längs- und Bügelbewehrung ist, sofern Brandschutzanforderungen bestehen, ein lichter Abstand zwischen dem Bewehrungsstab und der Oberkante des Stahlprofil-Untergurtes von mindestens 40 mm einzuhalten. Bei Verbundträgern ohne Brandschutzanforderungen beträgt der lichte Mindestabstand $2 d_s$, jedoch größer als der Größtkorndurchmesser mindestens 20 mm, wobei d_s der größere Stabdurchmesser der Längs- oder der Bügelbewehrung ist.

3.2.3 Quergespannte Decke

(1) Für die Decken gelten die Bestimmungen in DIN EN 1992-1-1¹ und bei Deckensystemen mit allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen die Bestimmungen dieser Zulassungen.

(2) Wird bei Verwendung von Teilfertigteilen oder Profiblechverbunddecken der Beton außerhalb des Stahlprofils zur Berechnung der Tragfähigkeit herangezogen, so sollte die Mitte der Stegöffnungen oberhalb der Oberkante des Teilfertigteils bzw. Profiblechs liegen.

3.3 Bemessung der Stahlprofile für den Bauzustand

(1) Die Bemessung der Stahlprofile für den Bauzustand erfolgt nach DIN EN 1993-1-1⁷. Bei der Bemessung sind Einflüsse aus Biegung, Torsion und Profilverformung sowie die sekundäre Biegung im Öffnungsbereich zu berücksichtigen. Zusätzlich sind die aus der Auflagerung der Decken resultierenden Querbiegebeanspruchungen zu berücksichtigen.

(2) Einflüsse auf die Grenztragfähigkeit durch lokales Beulen sind gegebenenfalls durch die Verwendung von effektiven Querschnitten für die Berechnung zu berücksichtigen.

3.4 Bemessung der Verbundträger für den Kaltfall

3.4.1 Allgemeines

Die Schnittgrößen sind unabhängig von der Querschnittsklasse nach der Elastizitätstheorie zu ermitteln. Bei Querschnitten, die die Bedingungen der Klasse 2 nach Anlage 4 erfüllen, darf die Belastungsgeschichte vernachlässigt werden. Bei Querschnitten der Klassen 3 und 4 ist die Querschnittstragfähigkeit elastisch zu berechnen, wobei bei Querschnitten der Klasse 4 der Einfluss des lokalen Beulens zu berücksichtigen ist, siehe Abschnitt 3.4.4.

3.4.2 Einwirkungen

Für die Einleitung der Deckenauflagerkräfte in den Verbundträger darf die in Anlage 3 dargestellte Verteilung der Auflagerpressung angenommen werden, sofern aufgrund der Regelungen in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für das verwendete Deckensystem oder infolge der konstruktiven Auflagerausbildung keine andere Pressungsverteilung zu berücksichtigen ist.

3.4.3 Lokale Querbiegung

(1) Der Einfluss der lokalen Querbiegung im Stahlprofiluntergurt auf die Querschnittstragfähigkeit des Verbundträgers ist durch einen reduzierten Wert der Streckgrenze $f_{yd,red}$ des Stahlprofiluntergurtes zu berücksichtigen.

(2) Der von dem Querbiegemoment abhängige reduzierte Bemessungswert der Streckgrenze ergibt sich zu:

$$f_{yd,red} = \alpha \cdot f_{y,d}$$

Der Reduktionsfaktor α darf in Abhängigkeit vom Lastausnutzungsgrad η für Querbiegung des Stahlprofiluntergurt und einem Kurvenparameter β aus dem Interaktionsdiagramm nach Anlage 3 bestimmt werden.

Dabei sind:

- η = $m_{Ed,q} / m_{pld,Rd,q}$
- $m_{Ed,q}$ = Querbiegemoment im Stahlprofiluntergurt aus der Deckenauflagerung im betrachteten Schnitt
- $m_{pld,Rd,q}$ = plastisch aufnehmbares Querbiegemoment im Stahlprofiluntergurt bei alleiniger Beanspruchung aus Querbiegung und unter Vernachlässigung von Schubspannungen aus Querbiegung
- β = $\sqrt{3} \tau_{Ed} / f_{yd}$; Beiwert zur Berücksichtigung von Schubspannungen aus Querbiegung
- τ_{Ed} = Schubspannungen im Stahlprofiluntergurt im betrachteten Schnitt aus der Auflagerkraft der Decke

Für den Bereich des Stahlprofiluntergurt zwischen den Stegen sind zur Bestimmung der reduzierten Streckgrenze die Beanspruchungen aus der Deckenauflagerung im Bauzustand zugrunde zu legen. Für die auskragenden Teile des Stahlprofiluntergurt sind die Beanspruchungen aus der Deckenauflagerung im Endzustand zu verwenden.

Vereinfacht darf für die auskragenden Teile des Stahlprofiluntergurt jeweils ein konstanter Reduktionsfaktor verwendet werden, der mit dem maximalen Querbiegemoment und der dazugehörigen Schubspannung im Anschnitt an den angrenzenden Steg zu ermitteln ist.

(3) Sofern sich der in Anlage 3 dargestellte Verlauf der Auflagerpressung einstellen kann, darf als Vereinfachung von in Trägerquerrichtung konstanten Verläufen des reduzierten Bemessungswertes der Streckgrenze, im Folgenden als effektiver Bemessungswert der Streckgrenze $f_{yd,eff}$ bezeichnet, ausgegangen werden, siehe Anlage 3. Dabei ist zwischen den äußeren, auskragenden Teilen des Stahlprofiluntergurt mit $f_{yd,eff2}$ und dem inneren Teil mit $f_{yd,eff1}$ zu unterscheiden:

$$f_{yd,eff2} = \alpha_{m2} \cdot f_{y,d}$$

$$f_{yd,eff1} = \alpha_{m1} \cdot f_{y,d}$$

mit:

$$\alpha_{m2} = (0,75 + 0,25 \cdot \alpha_2)$$

α_2 = Reduktionsfaktor infolge des maximalen Querbiegemomentes und der Querkraft aus der Querbeanspruchung im Endzustand am Anschnitt des seitlich auskragenden Teils des Stahlprofiluntergurt zum Steg, siehe Anlage 3

α_{m1} = Reduktionsfaktor infolge des maximalen Querbiegemomentes und der Querkraft aus der Querbeanspruchung im mittleren Bereich des Stahlprofiluntergurt aus den Beanspruchungen des Bauzustandes, siehe Anlage 3

3.4.4 Momententragfähigkeit

(1) Die Momententragfähigkeit muss unter Beachtung des Einflusses aus der Querbiegung ermittelt werden. Sie darf vollplastisch berechnet werden, wenn der Querschnitt unter Einhaltung der c/t -Werte entsprechend Anlage 4 in die Querschnittsklasse 2 eingestuft werden kann.

(2) Bei der Berechnung sind die Stegöffnungen im Stahlprofil zu berücksichtigen.

(3) Sofern der außenliegende Beton nicht planmäßig mit Schubbewehrung angeschlossen wird und die Aufbetonhöhe nicht die Bedingungen nach Abschnitt 3.2.2 erfüllt, darf bei der Berechnung der Momententragfähigkeit ausschließlich der Kernbeton innerhalb des Stahlprofils berücksichtigt werden.

(4) Wird der außerhalb des Stahlprofils vorhandene Beton bei der Ermittlung der Momententragfähigkeit berücksichtigt, ist der Bemessungswert der Betondruckfestigkeit nach DIN 1045-2⁹ mit $\alpha_{cc} = 0,85$ zu ermitteln. Für den Kernbeton darf bei der Ermittlung der Momententragfähigkeit α_{cc} zu 1,0 angenommen werden.

(5) Die Ermittlung der mittragenden Plattenbreite b_{eff} darf näherungsweise nach DIN EN 1994-1-1⁶ erfolgen. Dabei darf ausschließlich der außenliegende Beton berücksichtigt werden, der durch eine Schubbewehrung angeschlossen ist. Bei der Verwendung von Fertigteilen, deren Oberkante mit dem oberen Flansch des Stahlprofils abschließt, ist die mittragende Plattenbreite auf die Breite des Ortbetonquerschnitts begrenzt.

(6) Bei Einhaltung der Bedingung

$$z_{pl} / h \leq 0,4$$

mit:

z_{pl} = Abstand der plastischen Nulllinie von der zugehörigen auf Druck beanspruchten Randfaser,

h = Gesamthöhe des Verbundquerschnitts,

darf, sofern nur der Kernbeton zur Ermittlung der Momententragfähigkeit herangezogen wird, die Berechnung der Momententragfähigkeit bei Querschnitten der Klasse 2 vollplastisch erfolgen. Bei Anrechnung der außenliegenden Betongurte ist eine vollplastische Berechnung bei Querschnitten der Klasse 2 nur dann zulässig, wenn das Verhältnis z_{pl}/h kleiner als 0,15 ist. In allen anderen Fällen ist eine dehnungsbegrenzte Berechnung unter Zugrundelegung des Parabel-Rechteck-Diagramms aus DIN EN 1992-1-1¹ durchzuführen.

(7) Wenn bei negativer Momentenbeanspruchung der Querschnitt nach Anlage 4 in die Querschnittsklasse 2 eingestuft werden kann, darf die Momententragfähigkeit vollplastisch berechnet werden. Andernfalls ist die Querschnittstragfähigkeit dehnungsbegrenzt unter Berücksichtigung des lokalen Beulens gedrückter Querschnittsteile zu ermitteln. Vereinfacht darf bei Querschnitten der Klasse 3 der Nachweis ausreichender Momententragfähigkeit nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch unter Berücksichtigung der Belastungsgeschichte geführt werden. Für Querschnitte der Klasse 4 darf der Einfluss des lokalen Beulens durch den Ansatz effektiver Querschnitte nach Anlage 4 berücksichtigt werden.

3.4.5 Querkrafttragfähigkeit

(1) Bei Verbundträgern ohne Aufbeton darf im ausbetonierten Zustand der Kernbeton zur Abtragung der Querkräfte herangezogen werden. In diesem Fall ergibt sich die Querkrafttragfähigkeit V_{Rd} aus der Tragfähigkeit des in Anlage 5, a) dargestellten Fachwerkmodells $V_{Rd,c}$ und aus der plastischen Schubtragfähigkeit des Stahlprofils $V_{Rd,a}$. Andernfalls berechnet sich die Querkrafttragfähigkeit allein aus der plastischen Schubtragfähigkeit des Stahlprofils $V_{Rd,a}$. Der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit des Stahlprofils darf nur bei Querschnitten der Klasse 2 vollplastisch ermittelt werden.

$$V_{Rd} = V_{Rd,c} + V_{Rd,a}$$

mit:

$V_{Rd,c}$ = Traganteil des Fachwerkmodells. Für $V_{Rd,c}$ ist der kleinere Wert der Tragfähigkeit von $V_{Rd,max}$ und $V_{Rd,sy}$ zu berücksichtigen.

$V_{Rd,max}$ = Tragfähigkeit der Betondruckstrebe des Fachwerkmodells

$V_{Rd,sy}$ = Tragfähigkeit der Zugstrebe des Fachwerkmodells

$V_{Rd,a}$ = Anteil des Stahlprofils an der Querkrafttragfähigkeit

Dabei berechnet sich die Tragfähigkeit der Betondruckstrebe zu:

$$V_{Rd,max} = f_{c,d} d_c b_W (z / s_h) \cos \theta$$

mit:

$$f_{c,d} = 0,85 f_{ck} / \gamma_c$$

$$d_c = s_h \sin \theta$$

$$d_h = \text{Durchmesser der Stegöffnungen}$$

$$b_W = 2 b_0 = \text{Wirksame Breite der Betondruckstrebe nach Anlage 6}$$

$$z = z_a \left(1 - \frac{\Delta N_c}{\Delta N_{a,bf}} \left[1 - \frac{z_c}{z_a} \right] \right);$$

Lage der resultierenden Druckkraft bei positiver Momententragfähigkeit

$$z_a = h_a - 0,5 (t_{ft} + t_{fb})$$

$$z_c = z_a - 0,5 z_{pl}$$

$$z_{pl} = \text{Lage der plastischen Nulllinie}$$

$$\frac{\Delta N_c}{\Delta N_{a,bf}} \approx \frac{A_{c,pl} f_{cd}}{2 t_{fb} f_{yd} (b_{fb,1} + b_{fb,2})}$$

$$s_h = \text{Abstand der Mittelpunkte der Stegöffnungen}$$

$$\theta = \text{Neigung der Betondruckstrebe, die zu } 45^\circ \text{ angenommen werden darf}$$

Für die Tragfähigkeit der Zugstrebe, die durch den Stegbereich zwischen den Öffnungen gebildet wird gilt:

$$V_{Rd,sy} = 2 (s_h - d_h) t_W f_{yd}$$

mit:

$$t_W = \text{Stegdicke des Stahlprofils}$$

Der Anteil des Stahlprofils an der Querkrafttragfähigkeit des Verbundträgers ergibt sich für Querschnitte der Klasse 2 zu:

$$V_{Rd,a} = 2 (h_a - t_{fb} - t_{ft} / 2 - d_h \sin \beta) t_W \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

mit:

$$\beta = \text{Neigungswinkel der Stege, siehe Anlage 5}$$

(2) Der Einfluss der Querkraft auf die Momententragfähigkeit ist zu berücksichtigen, sofern der Wert der bezogenen Querkraft V_{Ed} / V_{Rd} größer 0,3 ist. Dies erfolgt durch die Berücksichtigung einer abgeminderten Streckgrenze $\rho_W f_{yd}$. Der Abminderungsbeiwert ρ_W errechnet sich wie folgt:

$$\rho_W = \frac{f_{yd,red}}{f_{y,d}} = \min(\rho_{W1}; \rho_{W2})$$

mit:

$$\rho_{W1,2} = \left| \frac{\zeta \pm \sqrt{4 - 3\zeta^2 - 4\beta^2}}{2} \right|$$

$$\zeta = \frac{\sigma_{z,Ed}}{f_{yd}}$$

$\sigma_{z,Ed}$ = Spannung aus der Zugkraft Z_W nach Anlage 5, b)

$$\beta = \frac{V_{Ed,a}}{V_{Rd,a}}$$

$$V_{Ed,a} = V_{Ed} \cdot V_{Rd,a} / V_{Rd}$$

(3) Im Bereich der Stegöffnungen ist der Einfluss der Vierendeelwirkung auf die Momenten-
tragfähigkeit zu berücksichtigen, siehe Anlage 5, b). Dies kann bei Querschnitten der
Klasse 2 auf Grundlage plastostatischer Berechnungsverfahren erfolgen.

(4) Sofern der Kernbeton mit zur Querkrafttragfähigkeit angerechnet wird, ist am Auflager die
Weiterleitung der aus der Druckstrebe resultierenden Vertikalkomponente $V_{Rd,c}$ nach-
zuweisen, siehe Ausführungsbeispiel Anlage 5, c).

3.4.6 Torsion

(1) Im ausbetonierten Zustand wird das Stahlprofil durch den Kernbeton ausgesteift und darf
nach den Regeln der St. Venantschen Torsion behandelt werden. Der Einfluss auf die
Biegetragfähigkeit ist bei gleichzeitiger Beanspruchung durch Biege- und Torsionsmomente
durch eine Reduzierung der Streckgrenze zu berücksichtigen. Die Reduzierung ist für die
einzelnen Teile des Stahlprofils anhand der folgenden Gleichungen zu berücksichtigen:

$$f_{yd,red,i} = f_{yd} \sqrt{1 - \frac{3 T_{Ed}^2}{t_i^2 f_{yd,i}^2}}$$

$$\text{mit } T_{Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{(b_{tf} + b_{fb,1}) \left(h_a - \frac{t_{ft} + t_{fb}}{2} \right)}$$

$M_{T,Ed}$ = Bemessungswert des einwirkenden Torsionsmomentes

$f_{yd,i}$ = Streckgrenze des untersuchten Querschnittsteils, ggf. sind Reduktionen aus
Querbiegung oder Querkraft dabei zu berücksichtigen

t_i = Blechdicke

(2) Bei Torsionsbeanspruchung infolge von Gleichstreckenlasten darf auf einen Nachweis
der schrägen Druckstrebe im Kernbeton verzichtet werden, siehe Anlage 7. Bei der
Einleitung größerer Einzellasten ist die Druckstrebe nach DIN EN 1992-1-1¹ nachzuweisen.

3.4.7 Längsschubtragfähigkeit

(1) Die Längsschubkraft ist aus der Differenz der Normalkräfte des Stahlprofils zwischen
kritischen Schnitten zu ermitteln. Die Längsschubkräfte werden durch den die Stegöffnungen
durchsetzenden Beton (im Folgenden als Betondübel bezeichnet) und gegebenenfalls durch
zusätzliche durch die Öffnungen gesteckte Querbewehrung übertragen.

(2) Das Verhalten der Betondübel darf als duktil angesehen werden. Sofern die Voraus-
setzungen für eine äquidistante Anordnung der Verbundmittel nach DIN EN 1994-1-1⁶ erfüllt
sind, darf von einer konstanten Verteilung der Längsschubkraft zwischen kritischen
Schnitten ausgegangen werden. Die Längsschubtragfähigkeit $V_{L,Rd}$ ergibt sich zu:

$$V_{L,Rd} = P_{c,Rd} / s_h$$

mit:

$P_{c,Rd}$ = Tragfähigkeit eines Öffnungspaares

s_h = Abstand der Stegöffnungen in Trägerlängsrichtung

(3) Die Dübeltragfähigkeit eines Öffnungspaares ohne zusätzliche Schubbewehrung $P_{c,Rd}$ kann Anlage 8, a) entnommen werden. Bei Randträgern ist die Hälfte der Dübeltragfähigkeit eines Öffnungspaares nach Anlage 8, a) anzusetzen.

(4) Die Längsschubtragfähigkeit $P_{s,Rd}$ einer durch die Öffnungen geführten Querbewehrung darf nach Anlage 8, b) rechnerisch berücksichtigt werden. Dabei darf je Öffnungspaar nur ein Querstab angerechnet werden. Die Querbewehrung ist mit einer Verankerungslänge entsprechend DIN EN 1992-1-1¹, Abschnitt 8.4 zu verankern. Eine gleichzeitige Wirkung einer Längsspannung σ_s im Betonstahl aus Beanspruchungen senkrecht zur Achse des Verbundträgers (z.B. aus Scheibenwirkung der Decke) ist über das Verhältnis $\xi = \sigma_s / f_{yd}$ zu berücksichtigen. Die Anteile des Betondübels und der Bewehrung dürfen addiert werden:

$$P_{Rd} = P_{c,Rd} + P_{s,Rd}$$

(5) Sofern eine Abbiegung der Schubbewehrung nach oben vorgesehen ist, siehe Anlage 9, a), ist die Höhe e_b der Abbiegung aus Montagegründen kleiner als der Durchmesser d_h der Stegöffnungen zu wählen.

(6) Bei auflagenahen Einzellasten ist die aus der Einzellast resultierende Längsschubkraft des kritischen Schnittes über die Kopfplatte entsprechend Anlage 9, b) abzutragen. Die Kopfplatte und die Schweißnähte am Auflager sind nachzuweisen.

(7) Für die Träger ist auf Grundlage der Teilverbundtheorie eine ausreichende Momentendeckung nachzuweisen. Für Träger mit Gleichstreckenlasten und einem Verhältniswert der plastischen Momententragfähigkeit des Stahlprofils $M_{pl,a,Rd}$ zur plastischen Momententragfähigkeit des Verbundträgers $M_{pl,Rd}$ größer 0,4 darf auf einen Nachweis der Momentendeckung verzichtet werden.

3.4.8 Schubsicherung des Betongurtes

Im Plattenanschnitt und für die maßgebende Dübelumrissfläche, Schnitte siehe Anlage 9, a), sind die Nachweise der Längsschubtragfähigkeit nach DIN EN 1994-1-1⁶ zu führen.

3.5 Bemessung der Verbundträger für den Brandfall

3.5.1 Allgemeines

(1) Werden Anforderungen hinsichtlich der Feuerwiderstandsdauer gestellt, so ist das Brandverhalten der Gesamtkonstruktion im Einzelfall nachzuweisen.

(2) Soweit nachfolgend nichts anderes bestimmt wird, gilt für die brandschutztechnische Bemessung und konstruktive Durchbildung der Verbundträger im Brandfall DIN EN 1994-1-2⁶.

(3) Sofern der Verbundträger durch eine brandschutztechnische Bekleidung für die erforderliche Feuerwiderstandsdauer geschützt ist, genügen die Nachweise der Tragsicherheit für den Kaltfall nach Abschnitt 3.4.

3.5.2 Einwirkungen im Brandfall

Für die mechanischen Einwirkungen im Brandfall gilt DIN EN 1991-1-2¹⁰ sowie DIN EN 1994-1-2¹¹, Abschnitt 2.4.

¹⁰ DIN EN 1991-1-2:2010-12 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke in Verbindung mit DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12

¹¹ DIN EN 1994-1-2:2010-12 Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall in Verbindung mit DIN EN 1994-1-2/NA:2010-12

3.5.3 Momententragfähigkeit

(1) Die Berechnung der Biegemomententragfähigkeit im Brandfall ist entsprechend DIN EN 1994-1-2¹¹, Abschnitt 4.3.1 auf Grundlage der Plastizitätstheorie an einem brandreduzierten Querschnitt durchzuführen, siehe Anlage 10, a). Für Querschnittsteile des Stahlprofils mit einem Abstand von mehr als 135 mm gemessen ab der Oberkante des unteren Flansches ist eine Reduzierung der Festigkeit nicht erforderlich. Zusätzliche konstruktive Maßnahmen wie seitliche Abschalprofile dürfen bei der Berechnung der Biegemomententragfähigkeit nicht angerechnet werden.

(2) Bei gleichzeitiger Wirkung von Schubbeanspruchungen aus Querkraft und Torsion gelten die Interaktionsbeziehungen nach Abschnitt 3.4.5 bzw. 3.4.6, wobei die aufgrund der Temperatureinwirkung reduzierten Werkstofffestigkeiten zu berücksichtigen sind.

(3) Ein vollständiges Ausbetonieren aller Querschnittsteile muss insbesondere auch bei Querschnitten mit Abschalprofilen gewährleistet sein.

(4) Die Temperaturen im Stahlprofil und der Bewehrung von Innenträgern entsprechend Anlage 2 sind nach Anlage 11 unter Beachtung der dort angegebenen Randbedingungen zu bestimmen. Die Werte nach Anlage 11, a) gelten für Verbundträger in Kombination mit Ortbetondecken oder Teilfertigteilen mit Aufbeton, bei denen der Querschnitt bis auf den Untergurt vollständig in die Decke integriert wird. Die Temperaturverteilung nach Anlage 11, b) gilt für Querschnitte, bei denen der Bereich oberhalb der seitlichen Untergurte $b_{fb,2}$, siehe Anlage 2, vollständig ausbetoniert wird.

(5) Die in Anlage 11 angegebenen Temperaturen in der Längsbewehrung gelten für einen horizontalen Abstand der Bewehrungsachse zum Steg von 50 mm, siehe Anlage 11. Bei geringeren horizontalen Achsabständen ist zwischen der entsprechenden Temperatur θ_s der Bewehrung für 50 mm Achsabstand und der Temperatur des Steges in der entsprechenden Höhenlage linear zu interpolieren. Schließt ein Bewehrungsstab unmittelbar an den Steg an, ist die Stegtemperatur des Stahlprofils zur Ermittlung der Reduktionsfaktoren $k_{s\theta}$ anzusetzen. Eine Verringerung der Temperatur in der Bewehrung bei einer Erhöhung des horizontalen Achsabstandes ist unzulässig.

(6) Bei Anordnung seitlicher Abschalprofile in Form von U-Profilen, die keinen unmittelbaren Kontakt mit den Stegblechen des DELTA-Trägers haben, siehe Anlage 12, b), sind die Temperaturen im Stahlprofil nach Anlage 11, b) für eine dreiseitige Beflammung zu bestimmen. Dabei darf der Einfluss der U-Profile auf die Erwärmung des Stahlprofils vernachlässigt werden. Es dürfen U-Profile mit einer Höhe bis maximal 200 mm verwendet werden.

(7) Bei Verwendung von abgekanteten Blechen als Abschalprofile, sind Betoniertaschen im Blech vorzusehen, um ein vollständiges Ausbetonieren sicherzustellen. Die Bleche werden mit dem Untergurt und im Bereich zwischen den Betonieröffnungen mit den Stegen verschweißt. Für solche Abschalprofile sind Bleche bis maximal 6 mm Dicke zu verwenden. Die Höhe der Abschalung h_{Bj} darf 50 mm bis 200 mm betragen. Der Einfluss dieser Bleche auf die Erwärmung des Stahlprofils ist zu berücksichtigen. Die Bauteiltemperaturen sind in diesem Fall entsprechend Anlage 11, b) für dreiseitig beflammte Querschnitte zu bestimmen und gemäß Anlage 12, a) an den Stellen $z = 55$ mm und $z = 135$ mm mit den Faktoren Δ_z zu erhöhen. Der Temperaturverlauf über den Steg des Baustahlquerschnitts darf zwischen den Ordinaten $z = 0$, $z = 55$ mm und $z = 135$ mm durch lineare Interpolation bestimmt werden.

(8) Die Regelungen zur Bestimmung der Stahlquerschnittstemperaturen nach Anlage 11, b) können unter den im Folgenden festgelegten Randbedingungen auch für Randträger entsprechend Anlage 2 verwendet werden. Eine seitliche Beflammung des Randträgers am freien Rand und eine oberseitige Beflammung müssen ausgeschlossen sein. Zur Bestimmung der Temperaturen in der Bewehrung und im Untergurt dürfen die für dreiseitig beflammte Querschnitte bestimmten Temperaturen nach Anlage 11, b) verwendet werden. Dabei sind die Temperaturen in den Stegen an den Stellen $z = 0$, $z = 55$ mm und $z = 135$ mm mit den in Anlage 12, b) angegebenen Faktoren zu erhöhen.

Der Temperaturverlauf über den Steg des Stahlprofils darf zwischen den Ordinaten $z = 0$, $z = 55$ mm und $z = 135$ mm durch lineare Interpolation bestimmt werden. Das lichte Maß zwischen der Innenkante des äußeren Steges und der Bewehrung sowie der Abstand zwischen der Bewehrungsachse und der Oberkante des Untergurtes müssen bei Randträgern mindestens 55 mm betragen.

(9) Bei Randträgern darf der senkrechte äußere Steg des Stahlprofils zur Ermittlung der Momententragfähigkeit im Brandfall nur bei positiver Momententragfähigkeit berücksichtigt werden.

3.5.4 Querkrafttragfähigkeit

(1) Bei einer unmittelbaren Beflammung des Untergurtes entfällt die umschnürende Wirkung des Stahlprofils auf den Kernbeton. In diesem Fall ergibt sich die Querkrafttragfähigkeit des gesamten Querschnitts allein aus der Querkrafttragfähigkeit der Stahlstege $V_{a,Rd,fi}$. Die Temperaturverteilung im Steg ergibt sich nach Anlage 11. Steganteile mit Temperaturen oberhalb 500 °C dürfen nicht und Steganteile mit weniger als 400 °C dürfen voll berücksichtigt werden. Für Steganteile mit Temperaturen von 400 °C bis 500 °C darf vereinfacht der Mittelwert des Reduktionsbeiwerts $k_{a,0} = 0,89$ angesetzt werden.

(2) Eine Erhöhung der Querkrafttragfähigkeit des Gesamtquerschnitts kann durch die Anordnung einer geeigneten Verbügelung nach DIN EN 1992-1-1¹ erfolgen. Beispiele für eine mögliche Verbügelung sind in Anlage 13, a) dargestellt. Bei einer Ausführung nach Anlage 13, a), Abb. 1 sind die Bügel in der Druckzone zu schließen. Wenn die Längsbewehrung nach Anlage 13, a), Abb. 2 angeschlossen wird, ist der erforderliche Betonstahlquerschnitt des beidseitig angeschweißten Bewehrungsstabes wie für einen geschlossenen Bügel nach Anlage 13, a), Abb. 1 zu ermitteln. Für die Ausführung sind Stabdurchmesser von 8 mm bis 14 mm zulässig. Dabei ist für die Bemessung des horizontalen Bewehrungsstabes eine Streckgrenze von $0,6 k_{s,0} f_{s,fi,d}$ zu berücksichtigen. Der horizontale Bewehrungsstab ist beidseitig an den Stegen mit umlaufenden Kehlnähten zu verschweißen. Dabei darf die folgende Schweißnahtdicke nicht unterschritten werden:

$$a_w = 0,18 d_s \frac{f_{s,fi,d}}{f_{y,fi,d}} \geq 3,5 \text{ mm}$$

(3) Bei Anordnung einer zusätzlichen Bügelbewehrung nach Anlage 13, a) ergibt sich die Querkrafttragfähigkeit aus der Querkrafttragfähigkeit des Stahlprofils und dem Fachwerkmodell nach Anlage 10, c). Die Aufteilung der Bemessungsquerkraft $V_{Ed,fi}$ in den auf das Stahlprofil $V_{a,Ed,fi}$ und auf den Stahlbetonquerschnitt $V_{c,Ed,fi}$ entfallenden Anteil darf wie folgt bestimmt werden:

$$V_{a,Ed,fi} = V_{Ed,fi} \frac{M_{pl,a,Rd,fi}}{M_{pl,Rd,fi}}$$

$$V_{c,Ed,fi} = V_{Ed,fi} - V_{a,Ed,fi}$$

mit:

$V_{Ed,fi}$	=	Bemessungswert der einwirkenden Querkraft im Brandfall
$M_{pl,a,Rd,fi}$	=	Bemessungswert der plastischen Momententragfähigkeit des Stahlprofils im Brandfall
$M_{pl,Rd,fi}$	=	Bemessungswert der plastischen Momententragfähigkeit des Verbundträgers im Brandfall

Die anteilige Bemessungsquerkraft des Stahlprofils $V_{a,Ed,fi}$ darf die in Abschnitt 3.5.4 (1) angegebene Querkrafttragfähigkeit des Stahlprofils nicht überschreiten. Für das Fachwerkmodell ist die Druckstrebe und die durch die bügelartige Bewehrung, siehe Anlage 13, a), Abb. 1, gebildete Zugstrebe in Anlehnung an DIN EN 1992-1-1¹² und DIN EN 1992-1-2¹² unter Berücksichtigung der temperaturbedingten Abminderung der Materialfestigkeiten zu bestimmen, siehe Anlage 10, c). Die Bestimmung des Stabdurchmessers und -abstandes bei einer Verbügelung nach Anlage 13, a), Abb. 2 und Abb. 3 kann vereinfacht wie für einen geschlossenen Bügel nach Anlage 13, a), Abb. 1 erfolgen. Zusätzlich ist in diesen Fällen die Tragfähigkeit der Zugstrebe nachzuweisen, die durch den Stegbereich zwischen den Öffnungen des Stahlprofils gebildet wird. Eine Verbügelung nach Anlage 13, a), Abb. 2 ist mit den Stegen zu verschweißen.

(4) Bei Ansatz des Kernbetons zum Querkraftabtrag ist die Auflagerung des Querkraftanteils $V_{c,fi,Ed}$ sicherzustellen. Erfolgt die Auflagerung des Trägers mittels Kopfplatten an den Trägerenden, ist die Einleitung des Querkraftanteils $V_{c,fi,Ed}$, z. B. durch an die Kopfplatte angeschweißte Kopfbolzendübel und Bügelbewehrung, zu gewährleisten. Sofern die Auflagerung durch eine im Endzustand ausbetonierte Konsole erfolgt, kann sich die Betondruckstrebe auf dem unteren Flansch der Konsole aufstützen. Ein Ausführungsbeispiel ist in Anlage 13, c) dargestellt.

(5) Sofern keine Verbügelung vorgenommen wird und die im Kernbeton befindliche Längsbewehrung für die Biegebemessung im Brandfall herangezogen wird, sind geeignete Maßnahmen zum Anschluss der Bewehrung zu treffen. Zu diesem Zweck ist die Längsbewehrung mit den Stegen zu verschweißen oder eine Endverankerung der Bewehrung durch Verschweißen mit den Kopfplatten an den Trägerenden herzustellen. Die Bewehrung ist nach der DIN EN ISO 17660¹³ anzuschließen. Sämtliche Schweißnähte und die Kopfplatten sind unter Berücksichtigung der temperaturbedingten Abminderung der Materialfestigkeiten nachzuweisen. Bei einem direkten Anschluss der Bewehrung an die Stege ist für die Abminderung der Betonstahlfestigkeit die nach Anlage 10 ermittelte Stegtemperatur in der entsprechenden Höhe heranzuziehen.

(6) Sofern eine Verbügelung den Anschluss der Längsbewehrung sicherstellen soll, ist nachzuweisen, dass die aus dem Versatz der Öffnungsmitte zur Längsbewehrung resultierende Druckstreben und Zugkomponenten durch das Fachwerkmodell entsprechend Abschnitt 3.5.4 (4) aufgenommen werden. Vereinfacht darf für die Druckstrebe ein Neigungswinkel von 45° angenommen werden, siehe Anlage 10, d).

3.5.5 Verbundtragfähigkeit

(1) Die Auswirkung der Temperaturbeanspruchung auf die Verbundtragfähigkeit der Betondübel ist wie folgt zu berücksichtigen:

$$P_{c,fi,Rd} = k_{i\theta} A_{\emptyset,fi} / A_{\emptyset} P_{fi,Rd}$$

mit:

$$k_{i\theta} = \min(k_{c\theta}; k_{a\theta})$$

$$k_{c\theta} = \text{temperaturabhängiger Abminderungsbeiwert für die Betonfestigkeit resultierend aus der Temperatur an Öffnungsunterkante; sofern im Öffnungsbereich Temperaturen oberhalb 500 °C vorliegen ist eine reduzierte Betonfläche anzusetzen und der Abminderungsbeiwert } k_{c\theta} \text{ für eine Temperatur von 500 °C zu verwenden}$$

$$k_{a\theta} = \text{temperaturabhängiger Abminderungsbeiwert für die Streckgrenze des Baustahls infolge der nach Anlage 10 ermittelten Temperaturen}$$

¹² DIN EN 1992-1-2:2010-12 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall in Verbindung mit DIN EN 1992-1-2/NA:2010-12

¹³ DIN EN ISO 17660:2006-10 Schweißen - Schweißen von Betonstahl - Teil 1: Tragende Schweißverbindungen

$$A_{\emptyset,fi} = d_h^2 \pi / 4 - A_{KA}$$

$$d_h = \text{Öffnungsdurchmesser}$$

$$A_{KA} = \text{Anteil der Öffnungsfläche im Bereich mit Temperaturen oberhalb } 500 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$A_{\emptyset} = d_h^2 \pi / 4$$

$$P_{fi,Rd} = \text{Tragfähigkeit eines Öffnungspaares im Brandfall mit } P_{fi,Rd} = 1,25 P_{c,Rd}, \text{ mit } P_{c,Rd} \text{ nach Anlage 8, a), bei Randträgern ist die Hälfte der tabellierten Werte zu verwenden.}$$

Bei der Ermittlung von A_{KA} ist die nach Anlage 11 ermittelte Stegtemperatur zugrunde zu legen. Sofern sich der untere Öffnungsrand oberhalb von 135 mm gemessen ab der Oberkante des unteren Flansches befindet, ist $k_{i\theta}$ auf Grundlage der nach Anlage 11 ermittelten Stegtemperaturen in einer Höhe von 135 mm zu bestimmen, wobei ein Wert von 0,95 nicht überschritten werden darf.

(2) Die Auswirkung der Temperaturbeanspruchung auf die Tragfähigkeit einer durch die Öffnungen geführten Schubbewehrung ist zu berücksichtigen. Sofern die Achse des Bewehrungsstabs einen geringeren Abstand zur Oberkante des unteren Flansches als 135 mm aufweist, ist eine Abminderung mit den nach Anlage 11 in der Höhenlage der Achse ermittelten Stegtemperaturen durchzuführen:

$$P_{s,fi,Rd} = k_{i\theta} P_{fi,Rd}$$

mit:

$$k_{i\theta} = \text{Abminderungsbeiwert infolge Temperatur, dabei ist der kleinere Wert aus } k_{c\theta} \text{ und } k_{a\theta} \text{ zu verwenden. Ist der Abstand der Stabachse größer als 135 mm, so ist die Stegtemperatur in einer Höhe von 135 mm zu verwenden.}$$

$$P_{fi,Rd} = 1,3 P_{s,Rd}, \text{ mit } P_{s,Rd} \text{ nach Anlage 8, b)}$$

3.5.6 Auflagerung der Decken

(1) Es ist eine Aufhängebewehrung anzuordnen, siehe Anlage 13. Die Aufhängebewehrung ist so zu bemessen, dass die Einleitung der Auflagerkräfte aus den Decken in den Verbundträger unter Brandeinwirkung gewährleistet ist.

(2) Die Bemessung der Bewehrung ist unter Ansatz der durch die Temperaturbeanspruchung reduzierten Materialfestigkeiten durchzuführen. Die Bewehrung ist oberhalb des Bereiches $h_{c,fi}$ nach DIN EN 1994-1-2¹¹, Tabelle F1 anzuordnen und es ist ein Verankerungsmaß $l_{b,net}$ von mindestens 250 mm einzuhalten.

3.6 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

3.6.1 Allgemeines

Für die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist zwischen dem Bauzustand und dem Endzustand zu unterscheiden.

3.6.2 Bauzustand

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind die Verformungen auf Grundlage der Elastizitätstheorie zu berechnen. Dabei sind Verformungsanteile aus Biegung, Torsion und der Profilverformung zu berücksichtigen.

3.6.3 Endzustand

(1) Die Schnittgrößen und Verformungen sind unter Berücksichtigung der Rissbildung zu berechnen. Bei der Verformungsberechnung sind die Einflüsse aus der Belastungsgeschichte sowie aus Kriechen und Schwinden zu berücksichtigen.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Nr. Z-26.2-49

Seite 16 von 17 | 23. März 2012

(2) Bei Trägern mit Verdübelungsgraden η größer 0,5 darf die Nachgiebigkeit der Verbundmittel bei der Verformungsberechnung vernachlässigt werden. Andernfalls ist die Berechnung nach der Theorie des elastischen Verbundes mit den Dübelsteifigkeiten nach Anlage 14, d) durchzuführen.

3.6.3.1 Rissbreitenbegrenzung

(1) Bezüglich der Anforderungen an die Beschränkung der Rissbreite gelten die Regelungen von DIN EN 1992-1-1¹.

(2) Bei Querschnitten mit Aufbeton ist eine durchgehende Mindestbewehrung $a_{s,Riss}$ erforderlich, die für die Rissnormalkraft N_R unter Berücksichtigung der Grenzspannungen nach DIN EN 1992-1-1¹, Abschnitt 7.3 zu bestimmen ist, sofern nicht nachgewiesen wird, dass die Zwangskraft unter Berücksichtigung der Rissbildung kleiner als die Rissnormalkraft N_R ist.

$$N_R = k f_{ct,eff} h_{ct}$$

mit:

$f_{ct,eff}$ = effektive Betonzugfestigkeit, für die der Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit f_{ctm} nach DIN EN 1992-1-1¹, Tabelle 3.1 angesetzt werden darf, jedoch mindestens 3 N/mm²,

k = Beiwert zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Eigenspannungen, der mit $k = 0,8$ angenommen werden darf,

h_{ct} = Aufbetonhöhe

(3) Wirkt die Mindestbewehrung gleichzeitig als Schulter Schubbewehrung so ergibt sich unter Berücksichtigung der erforderlichen Schulter Schubbewehrung $a_{s,T}$ die resultierende Gesamtbewehrung a_s aus den nachfolgenden Gleichungen. Der größere Wert ist maßgebend.

$$\text{erf } a_s = a_{s,Riss} + 0,5 a_{s,T}$$

$$\text{erf } a_s = a_{s,T}$$

3.6.3.2 Betondeckung

Die erforderliche Betondeckung ergibt sich nach DIN EN 1992-1-1¹, in Abhängigkeit von der Einstufung in eine Expositionsklasse. Sofern dies zur Einhaltung der Betondeckung erforderlich ist, kann die Bewehrung auch durch zusätzliche Öffnungen, die neben den Entlüftungslöchern in den Stegen des Stahlprofils anzuordnen sind, durchgeführt werden.

3.6.3.3 Berechnung der Verformungen

(1) Sofern kein genauere Nachweis geführt wird, kann die Biegesteifigkeit für die Verformungsberechnung aus der linearisierten Momenten-Krümmungsbeziehung nach Anlage 14, a) bestimmt werden. Dabei ergibt sich das elastische Grenzmoment $M_{el,RK}$ durch eine dehnungsbegrenzte Berechnung bei Erreichen der Fließdehnung in der äußeren Querschnittsfaser des Stahlprofils bzw. der Längsbewehrung.

(2) Sofern der außenliegende Beton durch eine Schubbewehrung angeschlossen ist, darf für die Berechnung der Biegesteifigkeit die Breite b_{eff} nach DIN EN 1994-1-1⁶ verwendet werden. Ist der außenliegende Beton nicht planmäßig an den Kernquerschnitt angeschlossen und ist mit einer gerissenen Kontaktfuge zwischen Betongurt und Stahlträger zu rechnen, begrenzt sich die zur Berechnung der Biegesteifigkeit ansetzbare Breite b_v auf die Breite des Stahlprofiluntergurtes. Sofern im Bereich von Fertigteilen in Trägerlängsrichtung keine Kräfte übertragen werden können, beschränkt sich die Breite b_v auf die Breite des Vergussbetons, siehe Anlage 14, b). In diesem Fall darf die Biegesteifigkeit zur Verformungsberechnung näherungsweise aus dem Mittelwert der Biegesteifigkeit im Zustand I und Zustand II berechnet werden.

3.6.3.4 Beanspruchung aus Kriechen und Schwinden

(1) Einflüsse aus Kriechen und Schwinden dürfen nach DIN EN 1994-1-1⁶, Abschnitt 5.4.2.2 berücksichtigt werden. Sofern die Biegesteifigkeit aus der Momenten-Krümmungsbeziehung bestimmt wird, siehe Abschnitt 3.6.3.3 (1), kann anhand der Biegesteifigkeit EJ_{calc} , siehe Anlage 14, a), ein Ersatzquerschnitt definiert werden, siehe Anlage 14, c), bei dem allein der Beton im ungerissenen Bereich angesetzt wird. Für diesen Querschnitt dürfen die zeitabhängigen Einflüsse mit Hilfe von Reduktionszahlen nach DIN EN 1994-1-1⁶ nach dem Gesamtquerschnittsverfahren berechnet werden.

(2) Die primären Beanspruchungen aus Schwinden gemäß Anlage 14, e) sind in Anlehnung an DIN EN 1994-1-1⁶, Abschnitt 5.4.2.2 zu bestimmen. Zur Ermittlung der Schwindnormalkraft wird die Fläche des ungerissenen Betons im Bereich der effektiven Breite $b_{\text{eff,s}}$ angesetzt. Die Breite $b_{\text{eff,s}}$ wird allein zur Ermittlung der Verformungen aus Schwinden eingeführt. Sie entspricht der 1,35fachen Breite b_v , ist aber kleiner als die geometrische Breite, siehe Anlage 14.

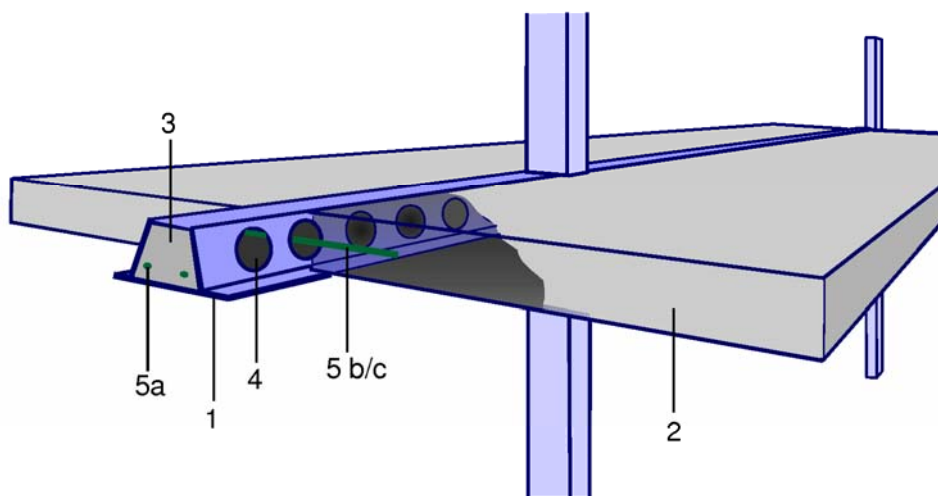
4 Bestimmungen für die Ausführung

(1) Die Übereinstimmung der Ausführung (Bauart) mit den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ist von der bauausführenden Firma schriftlich zu bescheinigen.

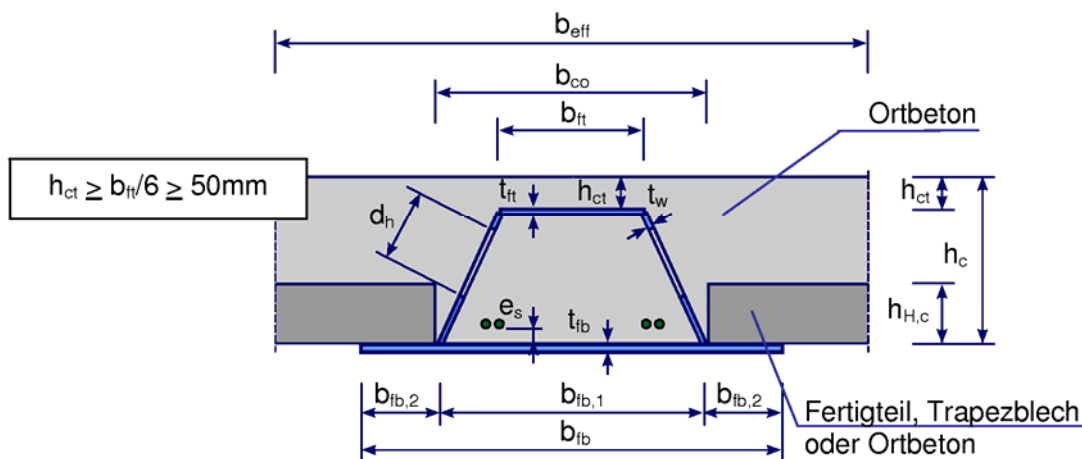
(2) Beim Ausbetonieren des Stahlprofils ist eine vollständige Entlüftung jeglicher Hohlräume und eine hinreichende Verdichtung des Betons zu gewährleisten.

Andreas Schult
Referatsleiter

Beglaubigt



- 1 Stahlhohlprofil
- 2 Betongurt
- 3 Kernbeton
- 4 Öffnungen
- 5a Längsbewehrung
- 5b Schubbewehrung
- 5c Aufhängebewehrung



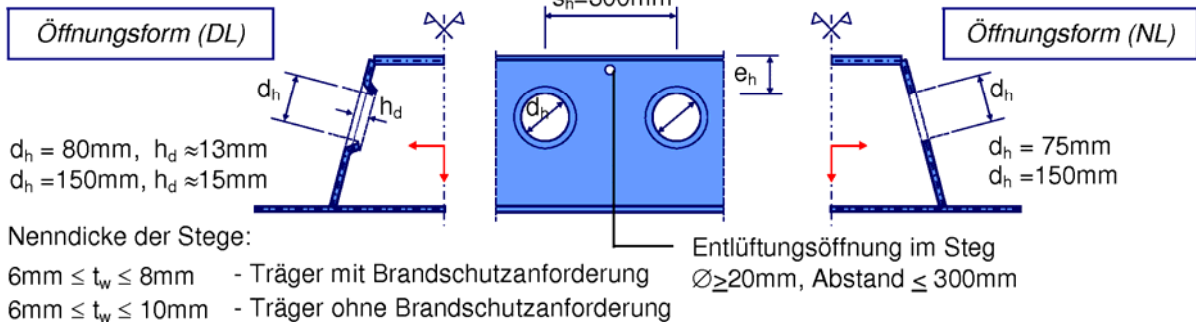
DELTA Verbundträger

Systemübersicht

Anlage 1

DELTA-BEAM Typ		$b_{fb,1}$	$b_{fb,2}$	b_{ft}	t_{ft} t_{fb}	h	d_h	e_h			
		mm									
DELTA-BEAM Innenträger		1	D20-200	200	100 bis 130	100	$t_{fb} = 6 \text{ bis } 30, t_{ft} = 6 \text{ bis } 40$	47			
		2	D20-300	300					180	200	80
		3	D20-400	400					278		
		4	D26-300	300					148	265	80
		5	D26-400	400					245	150	
		6	D32-300	300					110	320	
		7	D32-400	400					210		
		8	D37-400	400					180	370	150
		9	D37-500	500					280		50
		10	D40-400	400					180	400	
		11	D40-500	500					278		
		12	D50-500	500					230	500	
		13	D50-600	600					330		
DELTA-BEAM Randträger		14	DR20-215	215	100 bis 130	148	$t_{fb} = 6 \text{ bis } 30, t_{ft} = 6 \text{ bis } 40$	47			
		15	DR20-245	245					180	200	80
		16	DR26-230	230					148		
		17	DR26-260	260					180	265	80
		18	DR26-290	290					210	150	
		19	DR26-325	325					245		
		20	DR32-310	310					210	320	150
		21	DR37-325	325					210	370	
		22	DR40-295	295					180	400	
		23	DR50-b	$b^1)$					$b^1)$	500	

¹⁾ wird nach Erfordernis gewählt

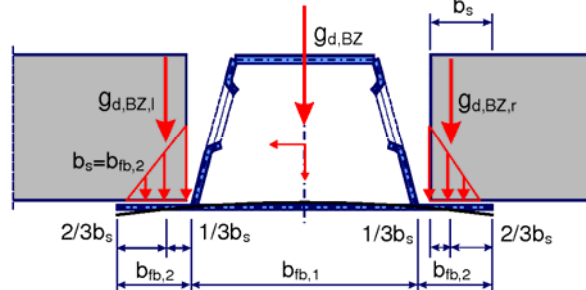


DELTA Verbundträger

Profiltypen

Anlage 2

- Abminderungsbeiwert $\alpha_{m,1}$ der Streckgrenze für den Untergurt im Bereich $b_{fb,1}$ im Endzustand, resultierend aus Beanspruchungen aus der Auflagerung von Fertigteilen im Bauzustand (BZ)

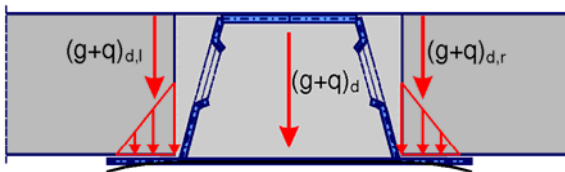


$$m_{Ed,i} = g_{d,BZ,i} (b_{fb,2} - 2/3 b_s) \text{ [kNm/m]}$$

$$m_{pld,q} = f_{yd} t_{fb}^2 L / 4, \quad \tau_{Ed} = (m_{Ed,r} - m_{Ed,i}) / (b_{fb,1} t_{fb} L) \text{ mit } L = 1,0\text{m}$$

$$\Rightarrow \alpha_{m,1} \text{ nach Interaktionsdiagramm, } f_{yd,eff,1} = \alpha_{m,1} f_{yd}$$

- Abminderungsbeiwert $\alpha_{m,2}$ der Streckgrenze für den Untergurt im Bereich $b_{fb,2}$ für Beanspruchungen aus der Auflagerung der Decke im Endzustand (EZ)



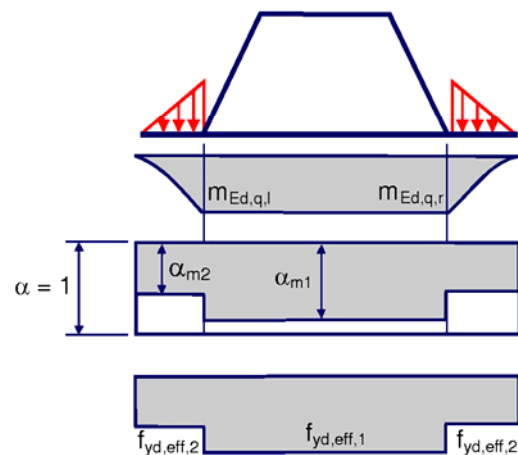
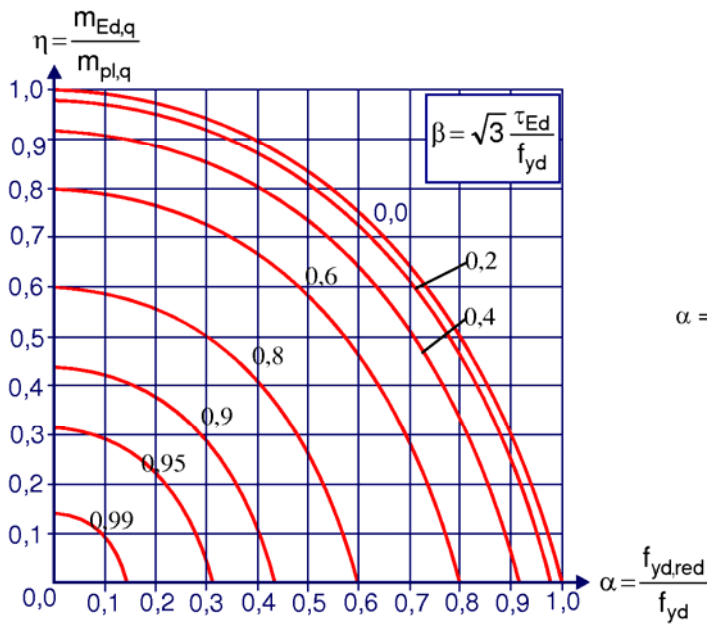
$$m_{Ed,q,i} = (g + q)_{d,i} / 3 b_{fb,2} \text{ [kNm/m]}$$

$$m_{pld,q} = f_{yd} t_{fb}^2 L / 4 \text{ mit } L = 1,0\text{m}$$

$$\tau_{Ed} = (g + q)_{d,i} / t_{fb}$$

$$\Rightarrow \alpha_2 \text{ nach Interaktionsdiagramm}$$

$$f_{yd,eff,2} = f_{yd} (0,75 + 0,25 \alpha_2)$$



Effektive Verteilung des Bemessungswertes der Streckgrenze im Untergurt zur Ermittlung der Momenten Tragfähigkeit des Verbundquerschnitts

DELTA Verbundträger

Interaktion zur Berücksichtigung des Einflusses der Untergurtbiegung aus der Deckenauflagerung

Anlage 3

Maximale c/t-Verhältnisse für druckbeanspruchte Querschnitte (Endzustand)													
Spannungsverteilung Druck positiv (+)	Positive Negative Momentenbeanspruchung												
Querschnittsklasse 2													
	c_1 / t_{lb} bzw. $c_3 / t_{ft} < 52 \varepsilon$												
	$c_4 / t_w < \begin{cases} \text{für } \alpha > 0,5 : 620 \varepsilon / (13 \alpha - 1) \\ \text{für } \alpha \leq 0,5 : 56 \varepsilon / \alpha \end{cases}$												
Querschnittsklasse 3													
	c_1 / t_{lb} bzw. $c_3 / t_{ft} < 60 \varepsilon$												
	$c_4 / t_w < \begin{cases} \text{für } \psi > -1 : 60 \varepsilon / (0,67 + 0,33 \psi) \\ \text{für } \psi \leq -1 : 85 \varepsilon (1 - \psi) \sqrt{-\psi} \end{cases}$ mit $\sigma_y \leq f_{yd}$												
$c_2 / t_{lb} < 20 \varepsilon$													
$\varepsilon = \sqrt{235 / f_y}$	<table border="1"> <tr> <td>f_{yk}</td> <td>235</td> <td>275</td> <td>355</td> <td>420</td> <td>460</td> </tr> <tr> <td>ε</td> <td>1,00</td> <td>0,92</td> <td>0,81</td> <td>0,75</td> <td>0,71</td> </tr> </table>	f_{yk}	235	275	355	420	460	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	f_{yk}	235	275	355	420	460							
ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71								

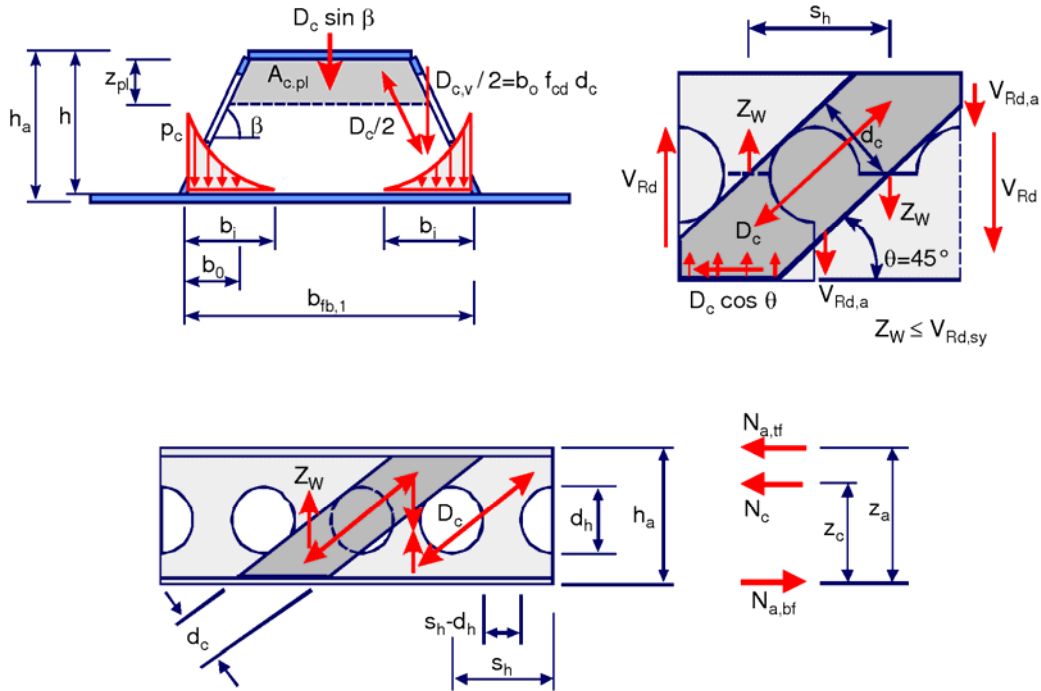
Effektive Gurtquerschnitte (Druckbeanspruchung), Querschnittsklasse 4	
<p>A) beidseitig gestützter Querschnitt</p>	<p>A) $\Psi = 1: b_{eff} = \rho \cdot c_i \rightarrow b_{e1} = b_{e2} = 0,5 \cdot b_{eff}$</p> <p>$\bar{\lambda}_p \leq 0,673 \Rightarrow \rho = 1$</p> <p>$\bar{\lambda}_p > 0,673 \Rightarrow \rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,22}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0$</p> <p>$k_\sigma = 9,86; \rho = b_{eff} / c_i$</p> <p>$c_i = c_1, c_3, c_4, c_5; t = t_{lb}, t_{ft}$ bzw. t_w</p>
<p>B) einseitig gestützter Querschnitt</p>	<p>B) $\Psi = 1: b_{eff} = \rho \cdot c_2$</p> <p>$\bar{\lambda}_p \leq 0,748 \Rightarrow \rho = 1$</p> <p>$\bar{\lambda}_p > 0,748 \Rightarrow \rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0$</p> <p>$k_\sigma = 0,855; c_i = c_2; t = t_{lb}; \rho = b_{eff} / c_2$</p>
$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{c_i / t}{28,4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}}$	

DELTA Verbundträger

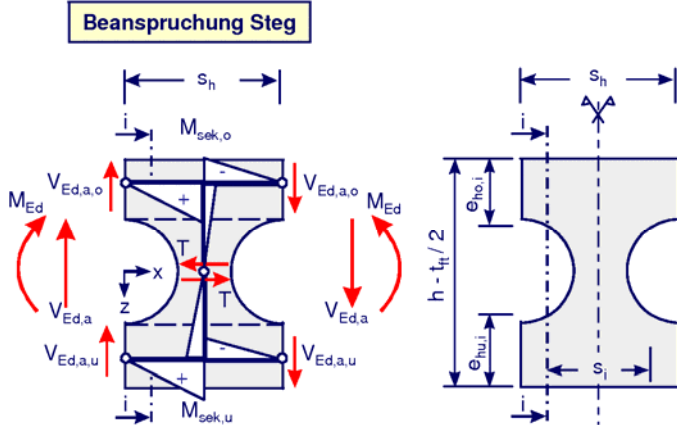
Einstufung in Querschnittsklassen und Berücksichtigung des Einflusses aus lokalem Beulen im Endzustand

Anlage 4

a) Fachwerkmodell



b) Interaktion Moment-Querkraft:



Ermittlung der Spannungen

Sofern der Kernbeton zur Querkrafttragfähigkeit mit angesetzt werden darf, ergibt sich die Zugstrebenkraft Z_w aus der maßgebenden Tragfähigkeit des Fachwerkmodells

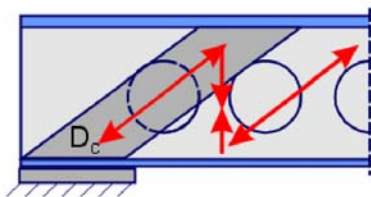
$$\sigma_z = \frac{Z_w}{2 s_i t_w}$$

mit $Z_w = \min \left\{ \frac{V_{Rd,max}}{V_{Rd,sy}} \right\} \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}}$

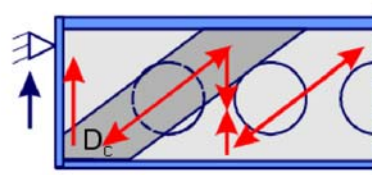
s_i = Breite des untersuchten Schnittes
 $s_i \leq s_h - 0,385 d_h / 2$

c) Ausleitung der Druckstrebe am Auflager:

Direkte Auflagerung



Auflagerung mittels Kopfplatte



DELTA Verbundträger

Fachwerkmodell zur Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit

Anlage 5

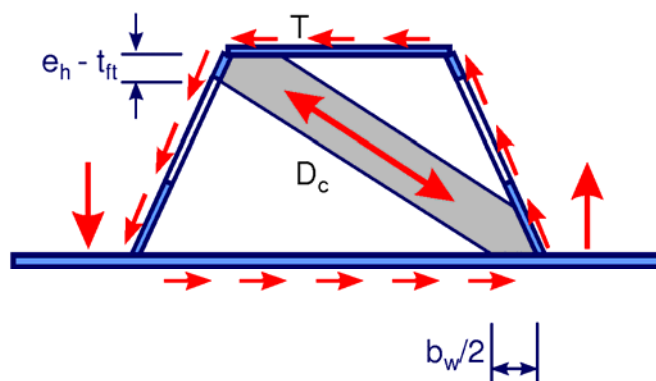
Wirksame Breite b_w der Betondruckstrebe [mm]:

Profil	Betongüte	Untergurtdicke t_{fb} , mit $t_{ft} > t_{fb}$						
		6	8	10	12	15	20	≥ 25
D20-200	C35/45	35	41	46	50	59	89	90
	C30/37	37	42	47	53	63	90	90
	C25/30	38	44	56	57	75	90	90
	C20/25	39	49	59	72	88	90	90
D20-300	C35/45	35	40	45	50	61	94	107
	C30/37	35	41	46	53	63	96	118
	C25/30	42	43	49	58	75	101	120
	C20/25	43	45	61	70	81	107	122
D20-400	C35/45	36	40	44	48	59	88	104
	C30/37	36	41	46	59	80	95	106
	C25/30	42	42	50	72	82	97	108
	C20/25	44	59	72	81	90	111	123
D26-300	C35/45	40	43	47	60	61	65	67
	C30/37	39	45	50	62	71	84	88
	C25/30	41	46	50	66	72	92	100
	C20/25	45	56	61	68	76	104	114
D26-400	C35/45	39	45	47	61	58	78	93
	C30/37	43	46	54	62	68	82	98
	C25/30	44	47	54	64	69	86	101
	C20/25	47	52	59	67	77	97	120
D32-300	C35/45	37	46	49	51	60	73	87
	C30/37	41	51	54	54	67	77	101
	C25/30	43	52	54	56	74	88	106
	C20/25	50	56	68	78	80	99	109
D32-400	C35/45	38	49	55	58	61	84	96
	C30/37	44	52	54	59	79	84	104
	C25/30	48	52	62	69	80	92	106
	C20/25	52	61	63	72	81	100	119
D37-400	C35/45	44	50	53	58	66	72	91
	C30/37	45	52	61	63	66	76	97
	C25/30	47	56	61	64	70	74	101
	C20/25	55	58	66	69	85	99	114
D37-500	C35/45	38	53	57	62	62	73	101
	C30/37	47	56	62	61	66	83	89
	C25/30	53	58	62	59	68	91	110
	C20/25	52	59	64	84	86	100	120
D40-400	C35/45	41	49	57	59	67	77	92
	C30/37	42	52	63	65	68	80	94
	C25/30	48	58	65	66	72	81	102
	C20/25	53	63	72	74	88	106	121
D40-500	C35/45	46	47	61	66	67	78	91
	C30/37	48	56	64	69	71	84	96
	C25/30	55	57	64	70	72	85	112
	C20/25	64	65	67	74	85	92	116
D50-500	C35/45	43	54	62	69	71	82	89
	C30/37	45	62	68	73	79	90	97
	C25/30	46	63	73	74	83	97	107
	C20/25	54	72	85	88	92	99	112
D50-600	C35/45	36	49	49	51	58	70	74
	C30/37	36	51	57	58	67	74	79
	C25/30	47	51	59	65	67	75	80
	C20/25	49	59	69	75	76	81	96

DELTA Verbundträger

Querkraftbemessung,
 wirksame Breite b_w der Betondruckstrebe bei Innenträgern

Anlage 6



DELTA Verbundträger

Beanspruchung infolge Torsion

Anlage 7

a) Bemessungswerte der Tragfähigkeit $P_{c,Rd}$ für ein Öffnungspaar:

Öffnungsform	DL		NL	
	80	150	75	150
Öffnungsdurchmesser d_h [mm]				
Betonfestigkeitsklasse	kN	kN	kN	kN
C 20/25	145	205	98	115
C 25/35	160	230	105	115
C 30/37	168	250	105	115
≥ C 35/45	175	265	105	115

mit $\gamma_v = 1,25$
 Bei Randträgern sind die Werte zu halbieren

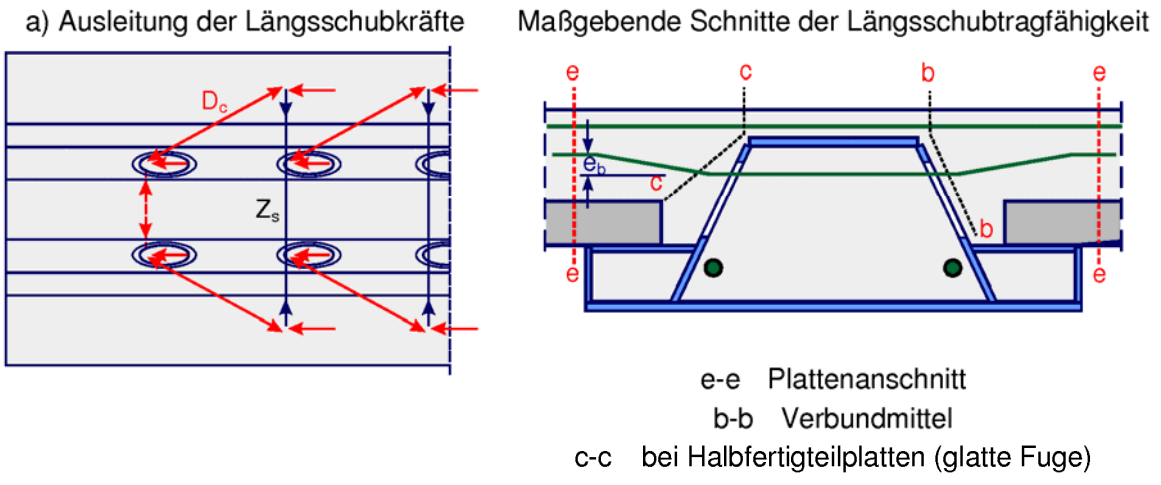
b) Bemessungswerte der Längsschubtragfähigkeit $P_{s,Rd}$ einer durch die Öffnungen durchgesteckten Längsbewehrung

ξ	\emptyset	Betongüte			
		C 20/25	C25/30	C30/37	≥ C35/45
0,0	12	10,0	11,0	12,0	13,0
	16	17,0	20,0	22,0	23,0
	20	28,0	31,0	34,0	37,0
	25	35,0	39,0	42,0	46,0
0,1	12	10,0	11,0	12,0	13,0
	16	17,0	19,0	21,0	23,0
	20	27,0	31,0	34,0	36,0
	25	34,0	39,0	42,0	46,0
0,2	12	9,0	11,0	12,0	13,0
	16	17,0	19,0	21,0	23,0
	20	27,0	30,0	33,0	36,0
	25	34,0	38,0	42,0	45,0
0,3	12	9,0	10,0	11,0	12,0
	16	17,0	19,0	20,0	22,0
	20	26,0	29,0	32,0	35,0
	25	33,0	37,0	41,0	44,0
0,4	12	9,0	10,0	11,0	12,0
	16	16,0	18,0	20,0	21,0
	20	25,0	28,0	31,0	34,0
	25	32,0	35,0	39,0	42,0
0,5	12	8,0	9,0	10,0	11,0
	16	15,0	17,0	19,0	20,0
	20	24,0	27,0	29,0	32,0
	25	30,0	33,0	37,0	40,0
0,6	12	8,0	9,0	9,0	10,0
	16	14,0	16,0	17,0	19,0
	20	22,0	25,0	27,0	29,0
	25	28,0	31,0	34,0	37,0
0,7	12	7,0	8,0	8,0	9,0
	16	12,0	14,0	15,0	16,0
	20	20,0	22,0	24,0	26,0
	25	25,0	28,0	30,0	33,0

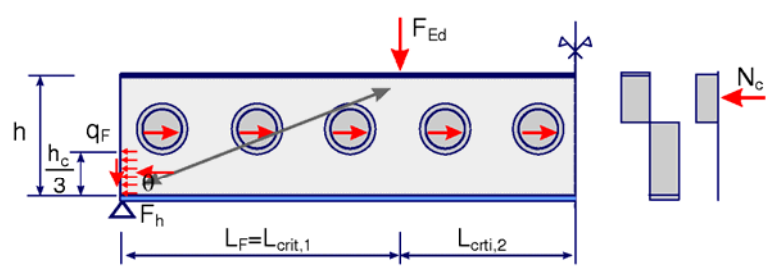
DELTA Verbundträger

Längsschubtragfähigkeit der Betondübel und Bewehrung

Anlage 8

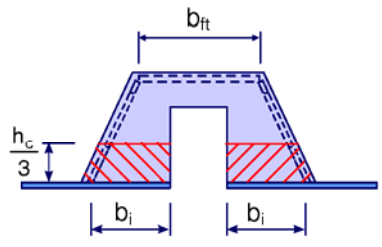


b) Bemessung der Kopfplatte bei auflagenahen Einzellasten $L_F \leq 2,5 h$



$$F_h = \frac{N_{c1}}{\tan \theta} \Rightarrow q_F = \frac{F_h}{\frac{2}{3} b_i h}$$

N_{c1} = Längsschubkraft im krit. Schnitt $L_{crit,1}$, resultierend aus F_{Ed}

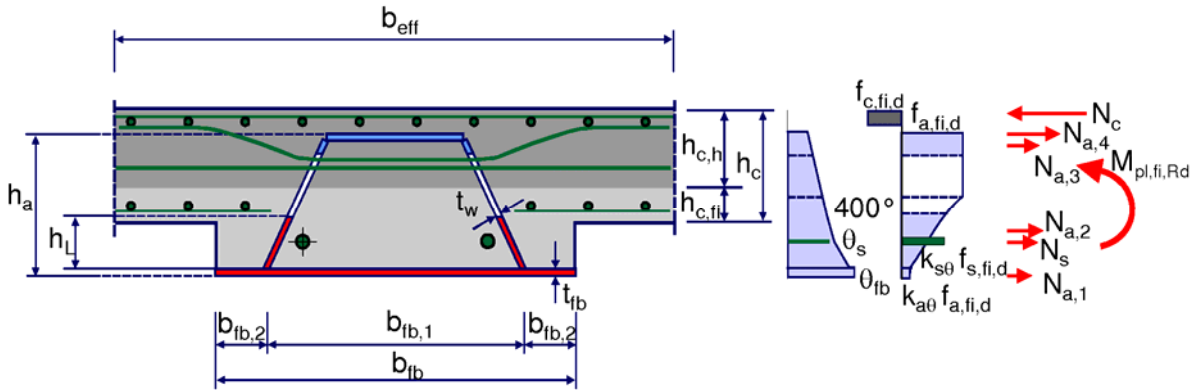


DELTA Verbundträger

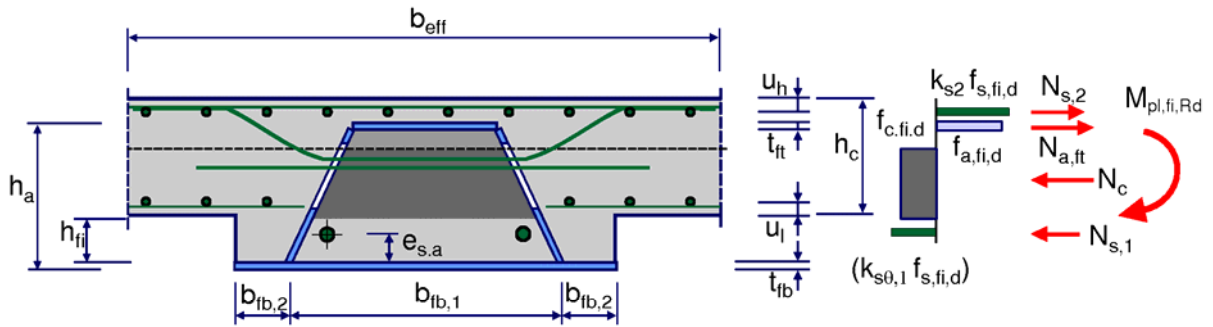
Nachweis der Längsschubtragfähigkeit

Anlage 9

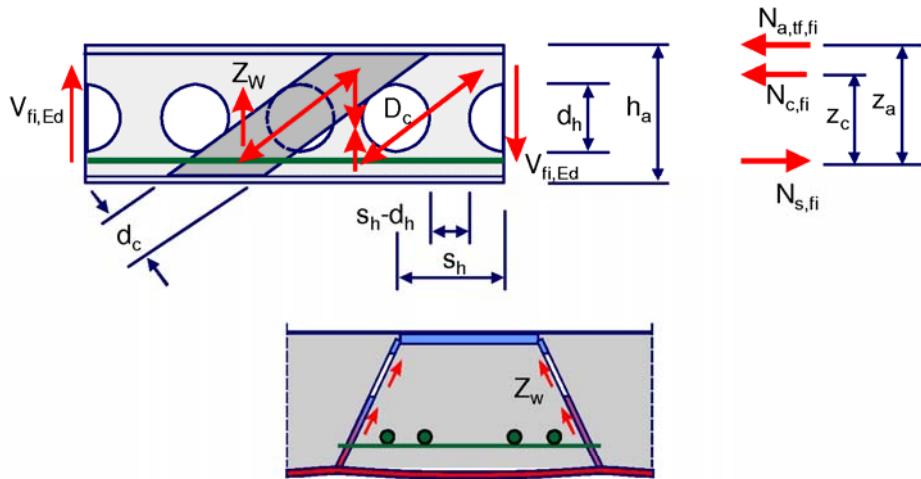
a) Brandreduzierter Querschnitt zur Ermittlung der positiven Momententragfähigkeit



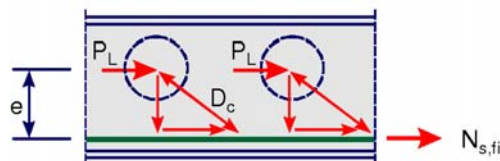
b) Brandreduzierter Querschnitt zur Ermittlung der negativen Momententragfähigkeit



c) Fachwerkmodell zum Querkraftabtrag bei einer zusätzlich angeordneten Bügelbewehrung



d) Druckstrebe resultierend aus der Einleitung der Längsschubkräfte in den Kernbeton



DELTA Verbundträger

Bemessung im Brandfall
 Brandreduzierter Querschnitt

Anlage 10

a) Temperaturen im Stahlquerschnitt des DELTA-Beam in Kombination mit Vollbetonplatte (unterseitige Beflammung)

Bereich	t _w [mm]	Temperatur [°C]	
		R60	R90
Untergurt	-	$\theta_{fb} = 905 - 4,9 t_{fb}$	$\theta_{fb} = 965 - 1,5 t_{fb}$
Steg z ¹⁾ = 0	-	$\theta_{z,0} = \theta_{fb} - (110 - 1,8 t_{fb})$	$\theta_{z,0} = \theta_{fb} - (70 - 0,56 t_{fb})$
Steg 0 < z ¹⁾ ≤ 55 [mm]	8	$\theta_{z,55} = \theta_{z,0} - (7,7 - 1/34 t_{fb})z$	$\theta_{z,55} = \theta_{z,0} - (7,8 + 1/235 t_{fb})z$
	6	$\theta_{z,55} = \theta_{z,0} - (8,0 - 1/36 t_{fb})z$	$\theta_{z,55} = \theta_{z,0} - (8,1 + 1/167 t_{fb})z$
Steg 55 < z ¹⁾ ≤ 135 [mm]	8	$\theta_{z,135} = \theta_{z,55} - (2,8 - 1/80 t_{fb})(z - 55)$	$\theta_{z,135} = \theta_{z,55} - (3,4 - 1/125 t_{fb})(z - 55)$
	6	$\theta_{z,135} = \theta_{z,55} - (2,9 - 1/71 t_{fb})(z - 55)$	$\theta_{z,135} = \theta_{z,55} - (3,4 - 1/110 t_{fb})(z - 55)$
Bewehrung im Kernbeton	-	$\theta_s = (240 - 1,6 t_{fb} \phi_s) \phi_s$	$\theta_s = (355 - 1,6 t_{fb}) \phi_s$
		d _s ≤ 32 mm und z _s ²⁾ ≥ 55 mm → φ _s = 1,0	d _s ≤ 32 mm und z _s ²⁾ ≥ 55 mm → φ _s = 1,0
		d _s ≤ 20 mm und z _s ²⁾ ≥ 50 mm → φ _s = 1,1	d _s ≤ 20 mm und z _s ²⁾ ≥ 50 mm → φ _s = 1,1

¹⁾ z = Querschnittstiefe gemessen ab der Oberkante des Untergurtblechs

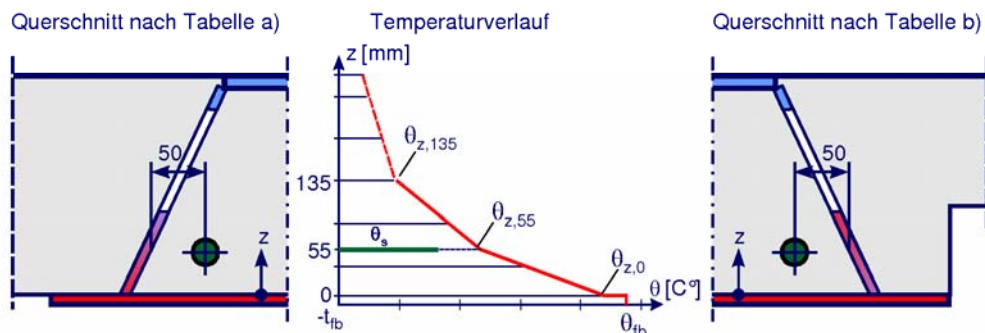
²⁾ z_s = Achsabstand der Längsbewehrung gemessen ab der Oberkante des Untergurtblechs

b) Temperaturen im Stahlquerschnitt des DELTA-Beam in Kombination mit hohen Trapezblechprofilen oder Betonfertigteilen (dreiseitige Beflammung)

Bereich	t _w [mm]	Temperatur [°C]	
		R60	R90
Untergurt	-	$\theta_{fb} = 915 - 4,9 t_{fb}$	$\theta_{fb} = 975 - 1,4 t_{fb}$
Steg z ¹⁾ = 0	-	$\theta_{z,0} = \theta_{fb} - (100 - 1,69 t_{fb})$	$\theta_{z,0} = \theta_{fb} - (70 - 0,66 t_{fb})$
Steg 0 < z ¹⁾ ≤ 55 [mm]	8	$\theta_{z,55} = \theta_{z,0} - (7,7 - 1/32 t_{fb})z$	$\theta_{z,55} = \theta_{z,0} - (7,5 + 0,007 t_{fb})z$
	6	$\theta_{z,55} = \theta_{z,0} - (8,0 - 1/35 t_{fb})z$	$\theta_{z,55} = \theta_{z,0} - (7,8 + 0,009 t_{fb})z$
Steg 55 < z ¹⁾ ≤ 135 [mm]	8	$\theta_{z,135} = \theta_{z,55} - (3,0 - 1/77 t_{fb})(z - 55)$	$\theta_{z,135} = \theta_{z,55} - (3,5 - 1/142 t_{fb})(z - 55)$
	6	$\theta_{z,135} = \theta_{z,55} - (3,0 - 1/67 t_{fb})(z - 55)$	$\theta_{z,135} = \theta_{z,55} - (3,6 - 1/115 t_{fb})(z - 55)$
Bewehrung im Kernbeton	-	$\theta_s = (240 - 1,6 t_{fb} \phi_s) \phi_s$	$\theta_s = (360 - 1,6 t_{fb}) \phi_s$
		d _s ≤ 32 mm und z _s ²⁾ ≥ 55 mm → φ _s = 1,0	d _s ≤ 32 mm und z _s ²⁾ ≥ 55 mm → φ _s = 1,0
		d _s ≤ 20 mm und z _s ²⁾ ≥ 50 mm → φ _s = 1,1	d _s ≤ 20 mm und z _s ²⁾ ≥ 50 mm → φ _s = 1,1

¹⁾ z = Querschnittstiefe gemessen ab der Oberkante des Untergurtblechs

²⁾ z_s = Achsabstand der Längsbewehrung gemessen ab der Oberkante des Untergurtblechs

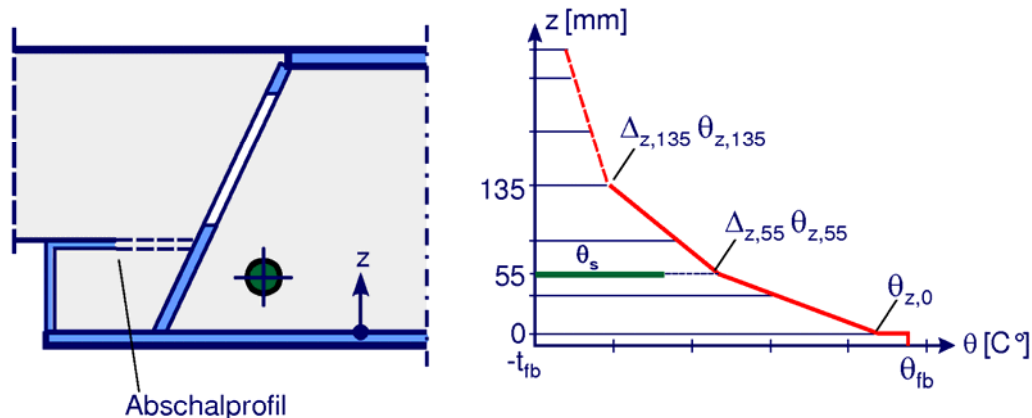


DELTA Verbundträger

Funktionen zur Bestimmung der Temperaturen im Stahlquerschnitt

Anlage 11

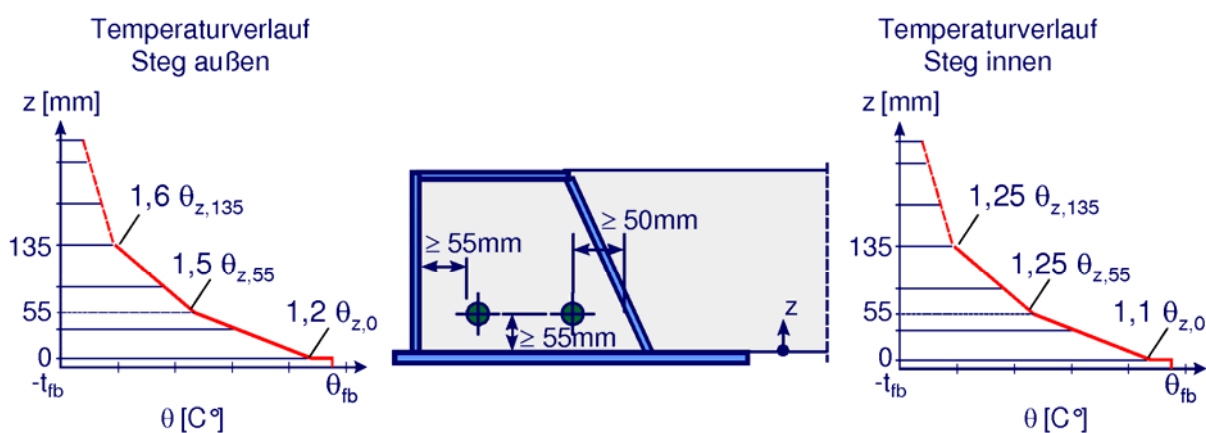
a) Temperaturverteilung bei Querschnitten mit Abschalprofilen (abgekantete Bleche)



mit $\theta_{z,i}$ nach Anlage 11, b)

$$\begin{aligned}
 \text{R60: } \Delta_{z,55} &= 2,1 \cdot 10^{-6} h_{Bl}^2 - 0,0011 h_{Bl} + 1,12 \geq 1,0 \\
 \Delta_{z,135} &= -1,8 \cdot 10^{-6} h_{Bl}^2 + 0,0055 h_{Bl} + 0,68 \geq 1,0 \\
 \\
 \text{R90: } \Delta_{z,55} &= -4,9 \cdot 10^{-6} h_{Bl}^2 + 0,0007 h_{Bl} + 1,05 \geq 1,0 \\
 \Delta_{z,135} &= -3,4 \cdot 10^{-5} h_{Bl}^2 + 0,0094 h_{Bl} + 0,56 \geq 1,0
 \end{aligned}$$

b) Temperaturverteilung bei Randträgern für unterseitige Beflammung

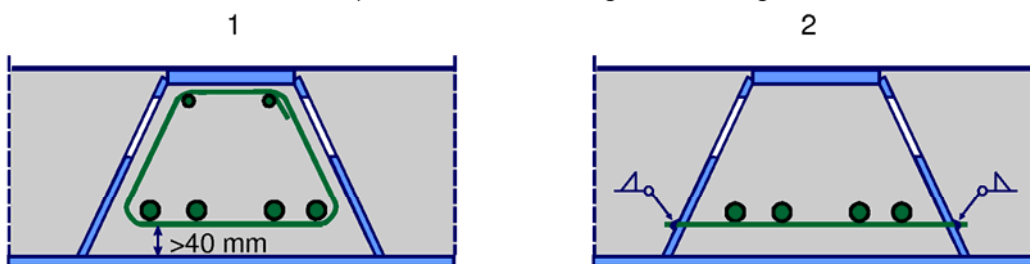


DELTA Verbundträger

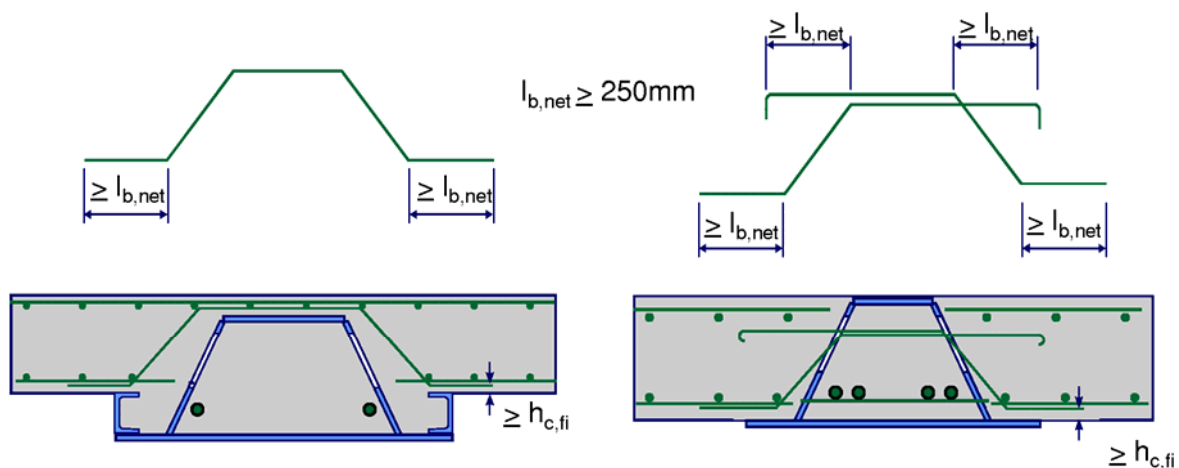
Temperaturverteilung bei Randträgern im Brandfall

Anlage 12

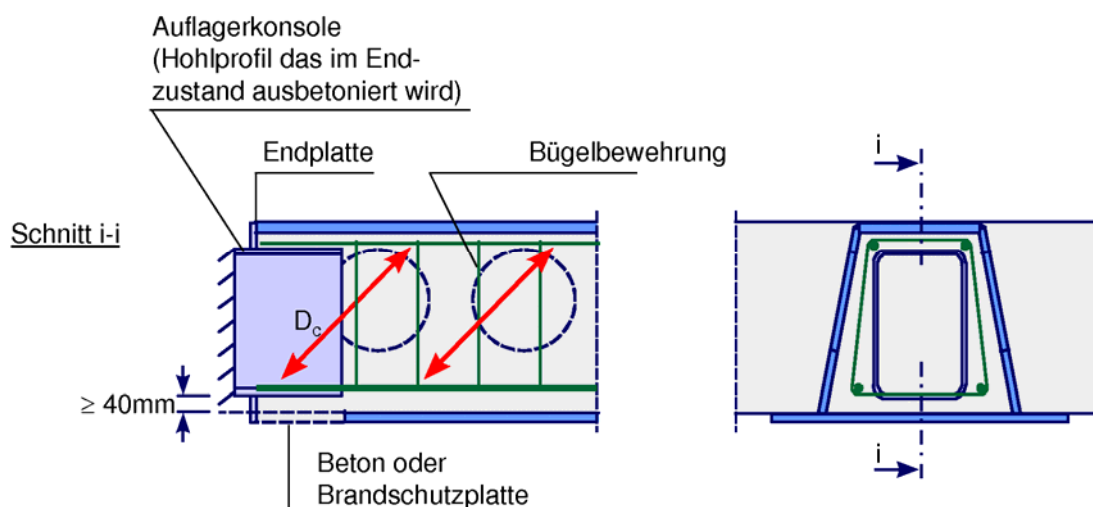
a) Anschluss der Längsbewehrung



b) Aufhängebewehrung der Decken im Brandfall



c) Auflagerung der aus dem Fachwerkmodell resultierenden Druckstrebe
 (Ausführungsbeispiel)

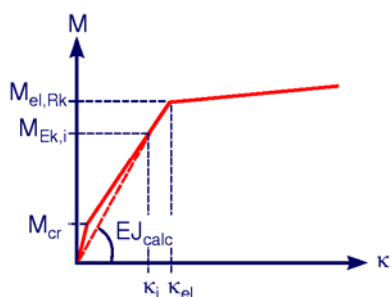


DELTA Verbundträger

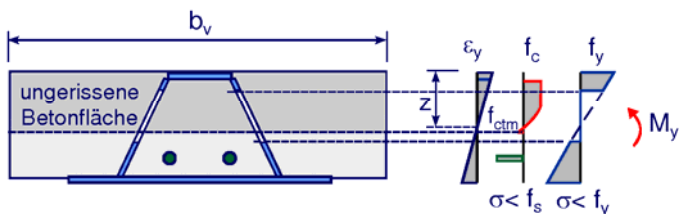
Bügel- und Aufhängebewehrung im Brandfall

Anlage 13

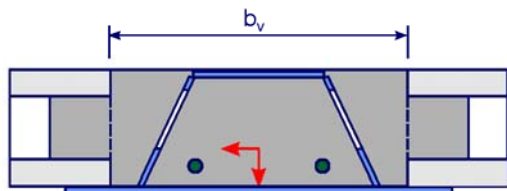
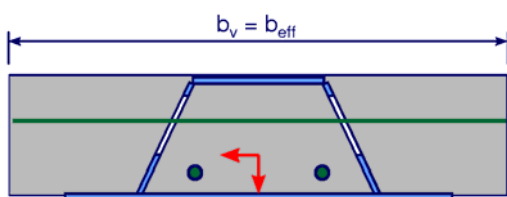
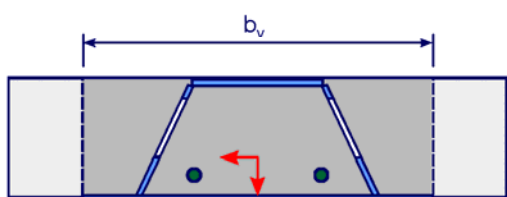
a) Momenten-Krümmungs-Beziehung



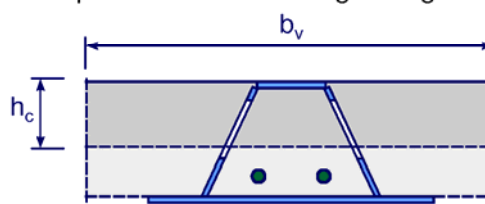
Spannungsverteilung beim Erreichen der Fließdehnung



b) Querschnittsbreite zur Verformungsberechnung

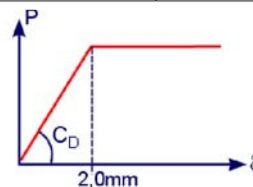


c) Ersatzquerschnitt mit der Biegesteifigkeit EJ_{calc}

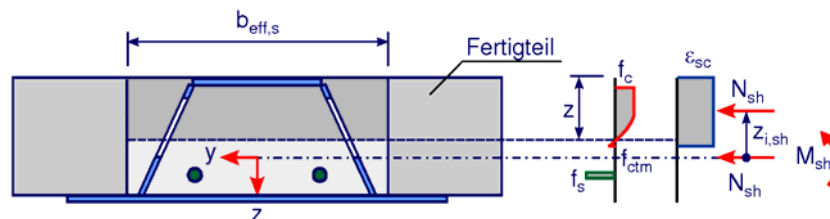
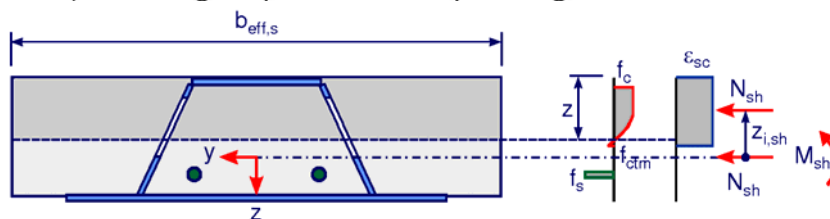


d) Mittelwerte für die Federsteifigkeit eines Öffnungspaares bei einem Schlupf $\delta \leq 2\text{mm}$

Öffnungstyp	C_D [kN/cm]
DL 80	1460
DL 150	2010
NL75	965
NL150	1260



e) Ermittlung der primären Beanspruchungen aus Schwinden



DELTA Verbundträger

Ermittlung der Bauteilverformungen

Anlage 14