

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:

22.12.2011

Geschäftszeichen:

II 11-1.10.9-299/1

Zulassungsnummer:

Z-10.9-299

Geltungsdauer

vom: **22. Dezember 2011**

bis: **22. Dezember 2016**

Antragsteller:

Fiberline Composites A/S

Barmstedt Allé 5

5500 MIDDELFART

DÄNEMARK

Zulassungsgegenstand:

Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen;

Doppel-T-Profil, U-Profil, Winkelprofil, Vierkanthohlprofil und Flachprofil

Der oben genannte Zulassungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich zugelassen.
Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung umfasst zehn Seiten und drei Anlagen mit zwanzig Blatt.

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

1.1 Zulassungsgegenstand

Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erstreckt sich auf pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten ungesättigten Polyesterharzen. Folgende Querschnittsprofile bzw. Profiltypen kommen zur Anwendung:

- Doppel-T-Profil (I-Profil)
- U-Profil
- Winkelprofil (L-Profil)
- Vierkanthohlprofil (\square -Profil)
- Flachprofil

Die Außenabmessungen der Querschnittsprofile (Breite bzw. Höhe) liegen zwischen 30 mm und 360 mm; die Materialdicke der Profile liegt zwischen 5 mm und 18 mm. Die Profile können in beliebiger Länge hergestellt werden.

1.2 Anwendungsbereich

Die pultrudierten glasfaserverstärkten Kunststoffprofile (GFK-Profile) dürfen als tragende Bauteile unter folgenden Bedingungen eingesetzt werden:

- Die Einwirkungen resultieren nur aus vorwiegend ruhenden Belastungen.
- Planmäßige Torsionsbelastungen werden nicht über die I-, U-, L- oder Flachprofile abgeleitet.
- Biegedrillknicken (Kippen) der Profile ist konstruktiv ausgeschlossen und
- die Temperatureinwirkung ist nicht größer als +80 °C.

Bei Vierkanthohlprofilen ist unter bestimmten Bedingungen eine planmäßige Torsionsbelastung zulässig.

Die GFK-Profile sind normalentflammbar.

2 Bestimmungen für die Bauprodukte

2.1 Allgemeines

Die GFK-Profile und ihre Komponenten müssen den Besonderen Bestimmungen und den Anlagen dieses Bescheids sowie den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Angaben entsprechen.

2.2 Eigenschaften und Zusammensetzung

2.2.1 Harze

Es sind ungesättigte Polyesterharze vom Typ 1130 nach DIN 16946-2:1989-03 in der Reaktionsharz-Gruppe 2 nach DIN 18820-1:1991-03 mit der Werksbezeichnung P2600, P2607 oder P4506 zu verwenden.

Die Zusammensetzung der Polyesterharze muss mit den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Angaben übereinstimmen.

2.2.2 Textilglasverstärkungen

Die Textilglasverstärkungen müssen aus E-Glas nach DIN 1259 bestehen. Es sind Textilglasrovings und flächenförmige Textilglasverstärkungen, wie Matten und Gelege, zu verwenden. Sie müssen entsprechend DIN 61855 mit den für die Verarbeitungsverfahren erforderlichen Schichten und Haftvermittlern ausgerüstet sein.

Die Textilglasverstärkungen müssen mit den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Angaben übereinstimmen.

2.2.3 Oberflächenschutzschicht

Die Oberflächenschutzschicht muss aus einer 0,2 mm bis 0,4 mm dicken vliesverstärkten Harzschicht bestehen. Die Zusammensetzung muss mit der beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Angabe übereinstimmen.

2.2.4 GFK-Profile

Die GFK-Profile müssen aus den Harzen gemäß Abschnitt 2.2.1 und Textilglasverstärkungen gemäß Abschnitt 2.2.2 bestehen sowie eine Oberflächenschutzschicht gemäß Abschnitt 2.2.3 aufweisen.

Die Querschnittsabmessungen und das Gewicht g der Profile müssen den Angaben der Anlage 1 entsprechen. Die aufgeführten Werte sind Nennmaße.

Der prozentuale Glasfaser-Massegehalt, die Kombination und Lageanordnung der Textilglasverstärkungen (Armierungsaufbau) aus Rovings, Matten und Gelegen müssen für jeden Profiltyp und jede Profilgröße mit den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Angaben übereinstimmen.

Das Brandverhalten ist nach DIN 4102-4 klassifiziert in Baustoffklasse B2.

2.3 Herstellung, Transport, Lagerung und Kennzeichnung

2.3.1 Herstellung

Die Bauprodukte nach Abschnitt 2.2.1 bis 2.2.4 sind werkseitig herzustellen.

Die GFK-Profile nach Abschnitt 2.2.4 sind im Pultrusionsverfahren zu fertigen und auf Länge zu schneiden. Die Schnittflächen sind mit Harzen nach Vorgabe des Herstellers zu versiegeln.

Die GFK-Profile sind als Endlosfertigung herzustellen. Die Zuführung der Textilglasverstärkungen und des Harzes sowie die vorgeschriebene Temperatur der Aushärtung sind stetig zu überwachen.

Die Verbindung von Textilglasrovings hat durch eine Verknüpfung zu erfolgen. Bei Stößen von flächenförmigen Textilglasverstärkungen ist eine Überlappung von 50 mm bis 100 mm einzuhalten. Im Profilquerschnitt muss der Textilglasgehalt mit den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Werten und Toleranzen übereinstimmen.

Der genaue Herstellprozess muss mit den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Angaben übereinstimmen.

2.3.2 Transport und Lagerung

Die GFK-Profile sind so zu transportieren und zu lagern, dass sie weder Beschädigungen noch Verformung erhalten. Transport und Lagerung dürfen nur nach Anleitung des Herstellers vorgenommen werden.

Beschädigte oder verformte Profile dürfen nicht eingebaut werden.

2.3.3 Kennzeichnung

Die GFK-Profile oder deren Verpackung muss vom Hersteller mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü Zeichen) nach den Übereinstimmungszeichen-Verordnungen der Länder gekennzeichnet werden.

Zusätzlich sind folgende Angaben anzubringen:

- Bezeichnung des Zulassungsgegenstandes
- Profiltyp einschließlich Profilgröße
- Werksbezeichnung des Harzes nach Abschnitt 2.2.1
- Warennummer
- "DIN 4102-B2"

Die Kennzeichnung darf nur erfolgen, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 2.4 erfüllt sind.

2.4 Übereinstimmungsnachweis

2.4.1 Allgemeines

Die Bestätigung der Übereinstimmung der GFK-Profile nach Abschnitt 2.2.4 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 GFK-Profile nach Maßgabe der folgenden Bestimmungen erfolgen.

Für die Erteilung des Übereinstimmungszertifikates und die Fremdüberwachung einschließlich der dabei durchzuführenden Produktprüfungen hat der Hersteller der GFK-Profile eine hierfür anerkannte Zertifizierungsstelle sowie eine hierfür anerkannte Überwachungsstelle einzuschalten.

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.

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

2.4.2 Werkseigene Produktionskontrolle

In jedem Herstellwerk der GFK-Profile 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 Bauprodukte den Bestimmungen dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung entsprechen.

Im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle gelten die entsprechenden Regelungen des Prüf- und Überwachungsplans¹, die Bestandteil dieser allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung sind.

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

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.

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.

¹

Der Prüf- und Überwachungsplan ist beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegt und wird nur der für die Fremdüberwachung eingeschalteten Stelle zur Verfügung gestellt.

2.4.3 Fremdüberwachung

In jedem Herstellwerk der GFK-Profile ist die werkseigene Produktionskontrolle durch eine Fremdüberwachung regelmäßig, mindestens jedoch zweimal jährlich zu überprüfen.

Im Rahmen der Fremdüberwachung ist eine Erstprüfung der GFK-Profile durchzuführen. Es sind Proben für Prüfungen gemäß Abschnitt 2.3 des Prüf- und Überwachungsplans zu entnehmen und zu prüfen; es können auch Proben für Stichprobenprüfungen entnommen werden. 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 Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit

3.1.1 Allgemeines

Die GFK-Profile dürfen als tragende Bauteile unter den in Abschnitt 1.2 genannten Bedingungen eingesetzt werden.

Bei der Lasteinleitung von Einzel- und Linienlasten ist eine ausreichende Lastverteilung zur Vermeidung von Spannungsspitzen vorzusehen.

Es sind die Nachweise für den Grenzzustand der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit nach dem Teilsicherheitskonzept zu führen.

Für den Nachweis der Tragfähigkeit ist

$$E_d \leq R_d$$

und für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist

$$E_d \leq C_d$$

zu erfüllen.

E_d : Bemessungswert der Einwirkung

R_d : Bemessungswert des Bauteilwiderstandes für den Nachweis der Tragfähigkeit

C_d : Bemessungswert des Bauteilwiderstandes für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Für die Anschlüsse der GFK-Profile und Verbindungen untereinander dürfen nur Schrauben M 12 bis M 20 aus nichtrostendem Stahl mit metrischem Gewinde und Unterlegscheiben aus nichtrostendem Stahl verwendet werden, die über eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung verfügen.

Die statische Nachweisführung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der GFK-Profile einschließlich der Nachweise der Anschlüsse und Verbindungen muss auf der Grundlage der Anlage 3 erfolgen.

Es wird empfohlen, die statische Berechnung der GFK-Profile durch ein Prüfamts oder einen Prüfsingenieur für Standsicherheit prüfen zu lassen, sofern eine derartige Prüfung durch Landesbauordnungen nicht zwingend vorgeschrieben ist. Mit der Prüfung sind Prüfsämter oder Prüfsingenieure für Standsicherheit mit besonderen Kenntnissen im Kunststoffbau zu beauftragen, z. B.:

- Prüfsamt für Baustatik der LGA in Nürnberg,
- Deutsches Institut für Bautechnik (für Typenprüfungen).

3.1.2 Bemessungswerte der Einwirkungen, E_d

Die charakteristischen Werte der Einwirkungen sind der Normenreihe DIN 1055 zu entnehmen, wobei für die charakteristischen Werte der Eigenlasten die Werte der Anlage 1 anzusetzen sind.

Der Bemessungswert der Einwirkung ergibt sich aus den charakteristischen Werten der Einwirkungen unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte γ_F , des Beiwertes ψ und der Einflussfaktoren der Einwirkungsdauer A_1 . Abweichend von der Norm DIN 1055-100 werden die Einflussfaktoren A_1 den Einwirkungen und nicht den Bemessungswiderständen zugeordnet.

Alle maßgebenden Bemessungssituationen, Lastfälle und Lastfallkombinationen sind zu berücksichtigen. Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F und die Beiwerte ψ sind der Norm DIN 1055-100 zu entnehmen.

Die Einflussfaktoren A_1 , bezogen auf

- die Festigkeit A_1^f und
- den E-Modul A_1^E ,

für die Berücksichtigung der Einwirkungsdauer, sind in Abhängigkeit von der Pultrusionsrichtung der Lamine der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Dauer der Lasteinwirkung	Einflussfaktor A_1		
	in Pultrusionsrichtung		senkrecht zur Pultrusionsrichtung
	A_1^f	A_1^E	A_1^f und A_1^E
sehr kurz bis kurz, kürzer als eine Minute	1,0	1,0	1,0
kurz, kürzer als eine Woche	1,3	1,2	1,4
mittel, eine Woche bis 3 Monate	1,4	1,2	1,6
lang bis ständig, bis 25 Jahre	1,7	1,2	1,9

Die Schneelastdauer im norddeutschen Tiefland als außergewöhnliche Einwirkung ist mit einer Woche anzusetzen.

3.1.3 Bemessungswerte der Bauteilwiderstände, R_d bzw. C_d

Die für die Bemessung anzusetzenden Baustoffeigenschaften der Profile sind den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen.

Modulwerte und Querkontraktionen

Baustoffeigenschaften	Maßeinheit	Charakteristische Werte
Effektiver Biegemodul E_{eff}	N/mm ²	24000
Axialer Zugmodul E_{tx}	N/mm ²	24000
Transversaler Zugmodul E_{ty}	N/mm ²	7000
Axialer Druckmodul E_{cx}	N/mm ²	24000
Transversaler Druckmodul E_{cy}	N/mm ²	10000
Querkontraktion ν_{yx}	-	0,23
Querkontraktion ν_{xy}	-	0,07
Schubmodul G_{xy} und G_{yz}	N/mm ²	3000

Festigkeiten

Baustoffeigenschaften	Maßeinheit	Charakteristische Werte
Axiale Zugfestigkeit f_{tx}	N/mm ²	240
Transversale Zugfestigkeit f_{ty} für GFK-Profile - aus Harz "P2600" oder "P2607"	N/mm ²	50
- aus Harz "P4506"		35
Axiale Druckfestigkeit f_{cx}	N/mm ²	240
Transversale Druckfestigkeit f_{cy}	N/mm ²	90
Axiale Schraubentragfähigkeit f_{px} (Lochleibung)	N/mm ²	200
Transversale Schraubentragfähigkeit f_{py} (Lochleibung)	N/mm ²	120
Axiale Biegezugfestigkeit f_{fx}	N/mm ²	240
Transversale Biegezugfestigkeit f_{fy}	N/mm ²	60
Interlaminare Scherfestigkeit τ_m	N/mm ²	20
Scherfestigkeit in Laminebene f_{cxy} (Durchknöpfen, Ausreißen der Schraube durch das Laminat)	N/mm ²	40
Scherfestigkeit in Laminebene bei Torsions- belastung von Vierkanthohlprofilen $f_{cxy,torsion}$	N/mm ²	40

Beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit gelten folgende Grenzdehnungen bzw. Grenzstauchungen:

Baustoffeigenschaften	Grenzdehnung bzw. Grenzstauchung [%]
Axialer Zug ϵ_{tx}	0,40
Transversaler Zug ϵ_{ty}	0,15
Axialer Druck ϵ_{cx}	0,40
Transversaler Druck ϵ_{cy}	0,40

Für die Wärmeausdehnung gelten folgende Wärmeausdehnungskoeffizienten:

- in Pultrusionsrichtung (axial): $10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
- quer zur Pultrusionsrichtung (transversal): $17 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Der Bemessungswert des Bauteilwiderstandes ergibt sich aus dem charakteristischen Wert der Baustoffeigenschaft unter Berücksichtigung des Materialsicherheitsbeiwertes γ_M , des Einflussfaktors für Medieneinfluss A_2 und des Einflussfaktors für Umgebungstemperatur A_3 .

Der Materialsicherheitsbeiwert ist beim Nachweis der Tragfähigkeit mit

$$\gamma_{MR} = 1,35$$

und beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit mit

$$\gamma_{MC} = 1,0$$

anzusetzen.

Der Einflussfaktor für Medieneinfluss ist für den "normalen Anwendungsbereich" mit

$$A_2 = 1,1$$

anzusetzen. Für besondere Anwendungsbereiche gilt die vom Deutschen Institut für Bautechnik herausgegebene Medienliste 40-2.1.1.

Der Einflussfaktor für Umgebungstemperatur beträgt:

$A_3 = 1,1$ bei Freibewitterung ohne direkte Sonneneinstrahlung
und in allen anderen Fällen

$$A_3 = 1,0 + \frac{0,4 \cdot (T_D - 20 \text{ °C})}{\text{HDT} - 30 \text{ °C}} \geq 1,1$$

T_D : Auslegungstemperatur in °C

HDT = 110 °C, Wärmeformbeständigkeit

3.2 Wärmeschutz

Regelungen zum Wärmeschutz sind nicht Gegenstand der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung.

3.3 Brandverhalten

Die GFK-Profile sind normalentflammbar.

3.4 Schallschutz

Regelungen zum Schallschutz sind nicht Gegenstand der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung.

4 Bestimmungen für die Ausführung

4.1 Bestimmungen für die ausführenden Firmen

Transport, Aufstellung und Montage der GFK-Profile dürfen nur nach den Vorgaben des Herstellers (siehe Konstruktionshandbuch des Herstellers) durchgeführt werden. Die GFK-Profile dürfen nur von Firmen eingebaut werden, die die dazu erforderliche Erfahrung haben. Bei Transport oder Montage beschädigte GFK-Profile (Risse oder Delaminationen) bzw. GFK-Profile mit Beschädigungen im Verankerungsbereich dürfen nicht montiert werden.

Der Hersteller muss eine Liste führen, in der das Lieferdatum, der Empfänger und der Aufstellort vollständig angegeben werden. Kann seitens des Herstellers der Aufstellort nicht angegeben werden, so hat er den Empfänger zu verpflichten, den Aufstellort in einer entsprechenden Liste aufzuführen. Die Liste ist auf Verlangen der obersten Bauaufsichtsbehörde oder dem Deutschen Institut für Bautechnik vorzulegen.

Die GFK-Profile müssen zwängungsfrei eingebaut werden. Schlagwerkzeuge dürfen zum Anpassen der Konstruktion nicht eingesetzt werden.

4.2 Verbindungen

Die Schraubenverbindungen sind vom Hersteller der GFK-Profile oder von einer Fachfirma, die vom Hersteller anerkannt und geschult ist, unter Einhaltung der Angaben in Anlage 2 und der statischen Berechnung vorzubereiten. Alle Bohrungen müssen mit Hilfe einer Schablone oder einer numerisch gesteuerten Maschine erfolgen. Es dürfen nur Bohrer aus Hartstahl (HSS) oder diamantbestückte Bohrer zur Anwendung kommen.

Sollten nicht planmäßig vorgesehene Bohrungen vor Ort erforderlich werden, so sind diese mit dem zuständigen Statiker oder der Bauaufsicht abzustimmen und vollständig zu dokumentieren.

Die Bohrlöcher sind entsprechend Abschnitt 2.3.1 zu versiegeln.

Das Gewinde der Schrauben darf nicht im GFK-Profil, sondern muss außerhalb der Scherfuge liegen.

Es dürfen nur die in Abschnitt 3.1.1 angegebenen Befestigungselemente verwendet werden; die in Anlage 2.1 aufgeführten maximalen Anziehungsmomente sind einzuhalten.

Um das Anziehungsmoment langfristig zu erhalten sind die Schrauben frühestens nach 48 Stunden, spätestens jedoch nach 80 Stunden, nach dem ersten Einschrauben nochmals anzuziehen.

Die Verbindungen sind auf maximal fünf Schrauben hintereinander und maximal zwei Reihen nebeneinander zu begrenzen; die Konstruktionshinweise in der Anlage 2 sind zu beachten.

5 Bestimmungen für Nutzung, Unterhaltung, Wartung und Zustandskontrolle

Die GFK-Profile dürfen nicht mit Stoffen und Materialien in Berührung kommen, die eine Schädigung der Profile bewirken. Dies ist im Einzelfall zu beurteilen.

Die GFK-Profile dürfen nur in Absprache mit einem hierfür anerkannten Sachverständigen zusätzlich durch Anstriche, Beschichtungen oder ähnliches behandelt werden.

Die GFK-Profile dürfen nur mittels Wasser mit Zusätzen, die für den Werkstoff glasfaserverstärkte ungesättigte Polyesterharze unschädlich sind, gereinigt werden.

Der Bauherr hat die Konstruktion der GFK-Profile regelmäßig - insbesondere hinsichtlich ihrer Befestigungen, Verbindungen und Oberflächenschutzschichten – durch einen hierfür geeigneten Sachverständigen überprüfen und warten zu lassen. Die festgelegten Ausbesserungen sind fachgerecht vorzunehmen.

Der für die regelmäßige Zustandskontrolle beauftragte Sachverständige hat die Eignung der Konstruktion der GFK-Profile einschließlich ihrer Verbindungen über ein Protokoll zu bescheinigen. Die Bescheinigung ist vom Betreiber mindestens fünf Jahre aufzubewahren und auf Verlangen der obersten Bauaufsichtsbehörde bzw. dem Deutschen Institut für Bautechnik vorzulegen.

Der Bauherr ist vom Hersteller auf diese Bestimmungen ausdrücklich hinzuweisen.

Dr.-Ing. Karsten Kathage
Vizepräsident

Beglaubigt

Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten
Kunststoffen

Anlage 1.1

Doppel-T-Profil, Profilkennwerte

Geometrie und Querschnittsabmessungen

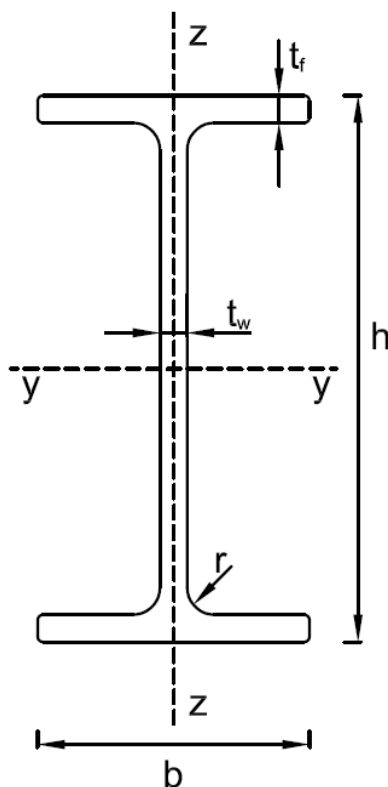


Bild A-1: Doppel-T-Profil

Tabelle A-1: Profiltabelle Doppel-T-Profil

I-Profil h x b	h mm	b mm	t _f mm	t _w mm	r mm	A mm ²	A _{s,z} mm ²	A _{s,y} mm ²	g kg/m	I _{yy} mm ⁴	I _{zz} mm ⁴
Faktor	1	1	1	1	1	10 ³	10 ³	10 ³	1	10 ⁶	10 ⁶
120 x 60	120	60	6	6	7,5	1,42	0,68	0,58	2,55	3,10	0,22
160 x 80	160	80	8	8	8	2,49	1,22	1,02	4,48	9,66	0,69
200 x 100	200	100	10	10	10	3,89	1,90	1,60	6,99	23,6	1,69
240 x 120	240	120	12	12	12	5,60	2,74	2,30	10,1	48,9	3,50
300 x 150	300	150	15	15	15	8,74	4,28	3,60	15,7	119	8,54
360 x 180	360	180	18	18	18	12,60	6,16	5,18	22,7	248	17,7

Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten
Kunststoffen

Anlage 1.2

U-Profil, Profilkennwerte

Geometrie und Querschnittsabmessungen

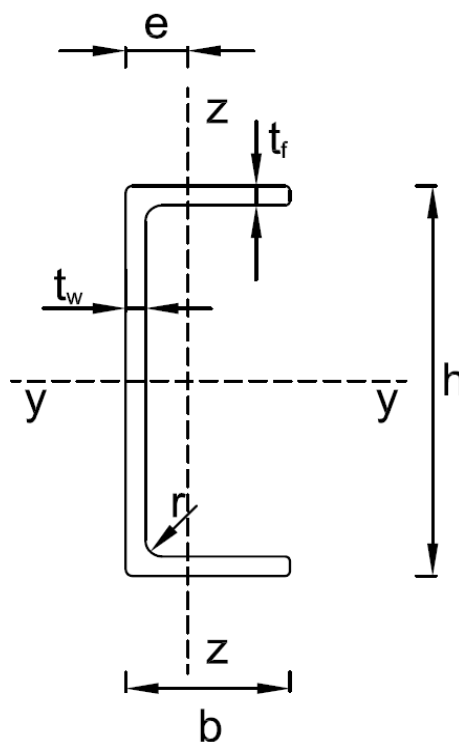


Bild A-2: U-Profil

Tabelle A-2: Profiltabelle U-Profil

U-Profil h x b x t	h mm	b mm	t _f mm	t _w mm	r mm	A mm ²	A _{s,z} mm ²	A _{s,y} mm ²	g kg/m	I _{yy} mm ⁴	I _{zz} mm ⁴	e mm
Faktor	1	1	1	1	1	10 ³	10 ³	10 ³	1	10 ⁶	10 ⁶	1
120 x 50 x 6	120	50	6	6	7,5	1,27	0,648	0,510	2,29	2,65	0,279	13,5
140 x 40 x 5	140	40	5	5	5	1,06	0,630	0,340	1,91	2,78	0,131	9,1
160 x 48 x 8	160	48	8	8	8	1,95	1,15	0,653	3,51	6,57	0,338	12,0
200 x 60 x 10	200	60	10	10	10	3,04	1,80	1,02	5,48	16,0	0,825	15,0
240 x 72 x 8	240	72	8	8	8	2,97	1,73	0,979	5,35	23,3	1,23	16,5
240 x 72 x 12	240	72	12	12	12	4,38	2,59	1,47	7,89	33,2	1,71	18,0
300 x 90 x 15	300	90	15	15	15	6,85	4,05	2,30	12,30	81,2	4,18	22,4
360 x 108 x 18	360	108	18	18	18	9,86	5,83	3,31	17,80	168	8,67	26,9

**Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten
 Kunststoffen**

Anlage 1.3

Winkelprofil, Profilkennwerte

Geometrie und Querschnittsabmessungen

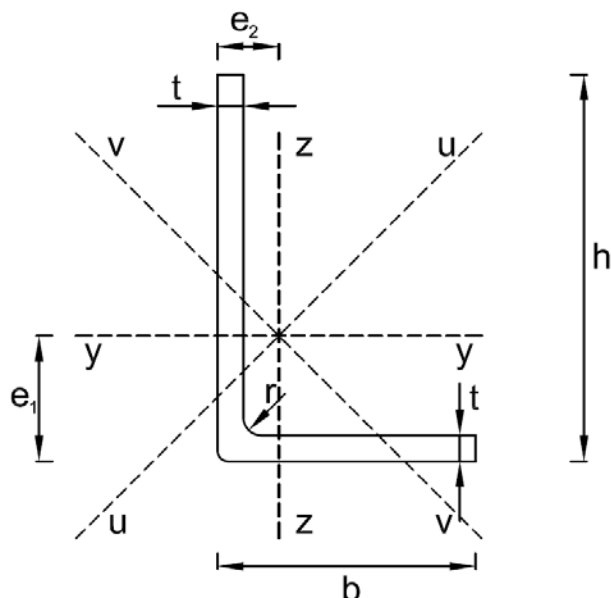


Bild A-3: Winkelprofil

Tabelle A-3: Profiltabelle Winkelprofil

L-Profil h x b x t	t mm	r mm	A mm ²	A _{s,z} mm ²	A _{s,y} mm ²	g kg/m	I _{yy} mm ⁴	I _{zz} mm ⁴	I _{uu} mm ⁴	I _{vv} mm ⁴	e ₁ mm	e ₂ mm
Faktor	1	1	10 ³	10 ³	10 ³	1	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	1	1
50x50x6	6	7	0,57	0,27	0,27	1,03	0,13	0,13	0,21	0,057	14,6	14,6
50x50x8	8	7	0,75	0,36	0,36	1,34	0,17	0,17	0,26	0,071	15,3	15,3
75x75x6	6	7	0,87	0,40	0,40	1,57	0,47	0,47	0,74	0,203	20,8	20,8
75x75x8	8	7	1,15	0,54	0,54	2,06	0,60	0,60	0,95	0,256	21,6	21,6
80x80x8	8	7	1,23	0,58	0,58	2,21	0,74	0,74	1,16	0,313	22,8	22,8
100x100x8	8	7	1,55	0,72	0,72	2,78	1,49	1,49	2,34	0,626	27,8	27,8
100x100x10	10	7	1,91	0,90	0,90	3,44	1,80	1,80	2,85	0,757	28,6	28,6
100x100x12	12	7	2,27	1,08	1,08	4,08	2,10	2,10	3,32	0,883	29,3	29,3
150x100x8	8	7	1,95	1,08	0,72	3,50	4,57	1,67	5,27	0,971	47,8	22,9
150x100x10	10	7	2,41	1,35	0,90	4,34	5,59	2,03	6,44	1,180	48,6	23,7
150x100x12	12	7	2,87	1,62	1,08	5,16	6,57	2,37	7,56	1,380	49,4	24,5
150x150x8	8	7	2,35	1,08	1,08	4,22	5,21	5,21	8,24	2,170	40,3	40,3
150x150x10	10	7	2,91	1,35	1,35	5,24	6,38	6,38	10,1	2,650	41,1	41,1
150x150x12	12	7	3,47	1,62	1,62	6,24	7,51	7,51	11,9	3,110	41,9	41,9

Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten
Kunststoffen

Anlage 1.4

Vierkanthohlprofil, Profilkennwerte

Geometrie und Querschnittsabmessungen

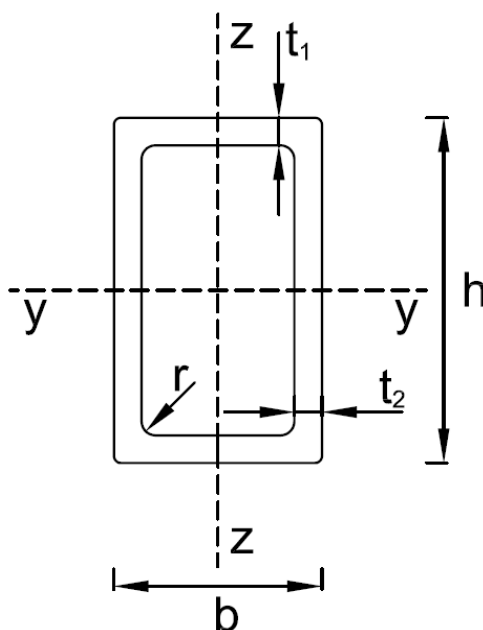


Bild A-4: Vierkanthohlprofil

Tabelle A-4: Profiltabelle Vierkanthohlprofile

□-Profil h x b x t	h mm	b mm	t ₁ mm	t ₂ mm	r mm	A mm ²	A _{s,z} mm ²	A _{s,y} mm ²	g kg/m	I _{yy} mm ⁴	I _{zz} mm ⁴
Faktor	1	1	1	1	1	10 ³	10 ³	10 ³	1	10 ⁶	10 ⁶
50 x 50 x 5	50	50	5	5	2	0,90	0,45	0,45	1,63	0,31	0,31
60 x 60 x 5	60	60	5	5	4	1,11	0,54	0,54	2,00	0,57	0,57
80 x 60 x 5	80	60	5	5	4	1,31	0,72	0,54	2,36	1,15	0,72
100 x 60 x 8	100	60	8	8	4	2,31	1,44	0,86	4,18	2,84	1,20
100 x 100 x 6	100	100	6	6	4	2,27	1,08	1,08	4,06	3,36	3,36
100 x 100 x 8	100	100	8	8	4	2,96	1,44	1,44	5,32	4,21	4,21
120 x 120 x 6	120	120	6	6	4	2,75	1,30	1,30	4,95	5,98	5,98
120 x 120 x 8	120	120	8	8	4	3,60	1,73	1,73	6,48	7,57	7,57
132 x 132 x 9,5	132	132	9,5	9,5	9,5	4,73	2,15	2,15	8,69	11,95	11,95
160 x 160 x 8	160	160	8	8	8	4,92	2,30	2,30	8,85	19,10	19,10
200 x 200 x 10	200	200	10	10	10	7,69	3,60	3,60	13,84	46,50	46,50
240 x 240 x 12	240	240	12	12	12	11,00	5,18	5,18	19,90	96,40	96,40

Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten
Kunststoffen

Anlage 1.5

Flachprofil, Profilkenwerte

Geometrie und Querschnittsabmessungen

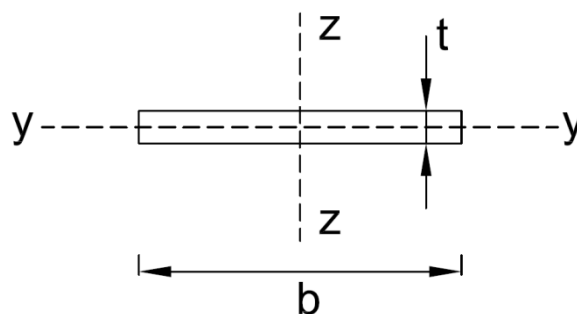


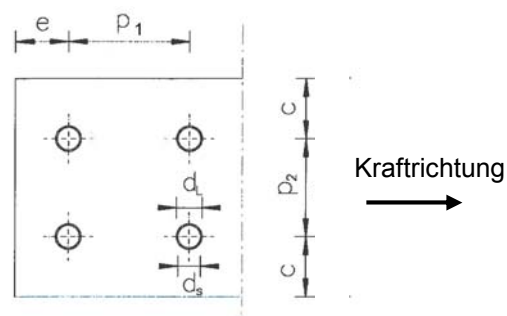
Bild A-5: Flachprofil

Tabelle A-5: Profiltabelle Flachprofile

Flachprofil b x t	b mm	t mm	A mm ²	A _{s,z} mm ²	A _{s,y} mm ²	g kg/m	I _{yy} mm ⁴	I _{zz} mm ⁴
Faktor	1	1	10 ³	10 ³	10 ³	1	10 ⁶	10 ⁶
30 x 6	30	6	0,18	0,12	0,12	0,32	0,0005	0,013
50 x 6	50	6	0,3	0,20	0,20	0,54	0,0009	0,062
50 x 10	50	10	0,5	0,33	0,33	0,90	0,0042	0,104
100 x 6	100	6	0,6	0,40	0,40	1,08	0,0018	0,500
100 x 8	100	8	0,8	0,53	0,53	1,44	0,0043	0,670
100 x 10	100	10	1,0	0,67	0,67	1,80	0,0083	0,833
140 x 10	140	10	1,4	0,93	0,93	2,52	0,0117	2,290
200 x 8	200	8	1,6	1,07	1,07	2,88	0,0085	5,333
200 x 10	200	10	2,0	1,33	1,33	3,60	0,0167	6,670
200 x 12	200	12	2,4	1,60	1,60	4,32	0,0288	8,000
200 x 15	200	15	3,0	2,00	2,00	5,40	0,0563	10,000
300 x 8	300	8	2,4	1,60	1,60	4,32	0,0128	18,000
300 x 10	300	10	3,0	2,00	2,00	5,40	0,0250	22,500

Minimale Rand- und Lochabstände

Mindestabstände	e	c	p ₁	p ₂
Kraft in Pultrusionsrichtung	3,5 d _s	2,0 d _s	4,0 d _s	4,0 d _s
Kraft senkrecht zur Pultrusionsrichtung	2,5 d _s	2,5 d _s	4,0 d _s	4,0 d _s



d_s: Schraubendurchmesser
 d_L: Lochdurchmesser

Maximale Anziehmomente M_A und Vorspannkkräfte F_v

Scheibe / Schraube d _s [mm]	M 12 12	M 16 16	M 20 20
d_u = 3 · d_s [mm]	36	48	60
d _i [mm]	13,5	17,5	22
M _A [Nm]	59,0	141,2	275,3
F _v [kN]	26,24	47,07	73,42
d_u = 2,5 · d_s	30	40	50
d _i	13,5	17,5	22
M _A [Nm]	38,1	91,5	178,1
F _v [kN]	16,91	30,48	47,50
d_u = 2 · d_s	24	32	40
d _i	13,5	17,5	22
M _A [Nm]	20,9	50,7	98,6
F _v [kN]	9,28	16,91	26,30

d_u: Außendurchmesser der Unterlegscheibe
 d_i: Lochdurchmesser der Unterlegscheibe

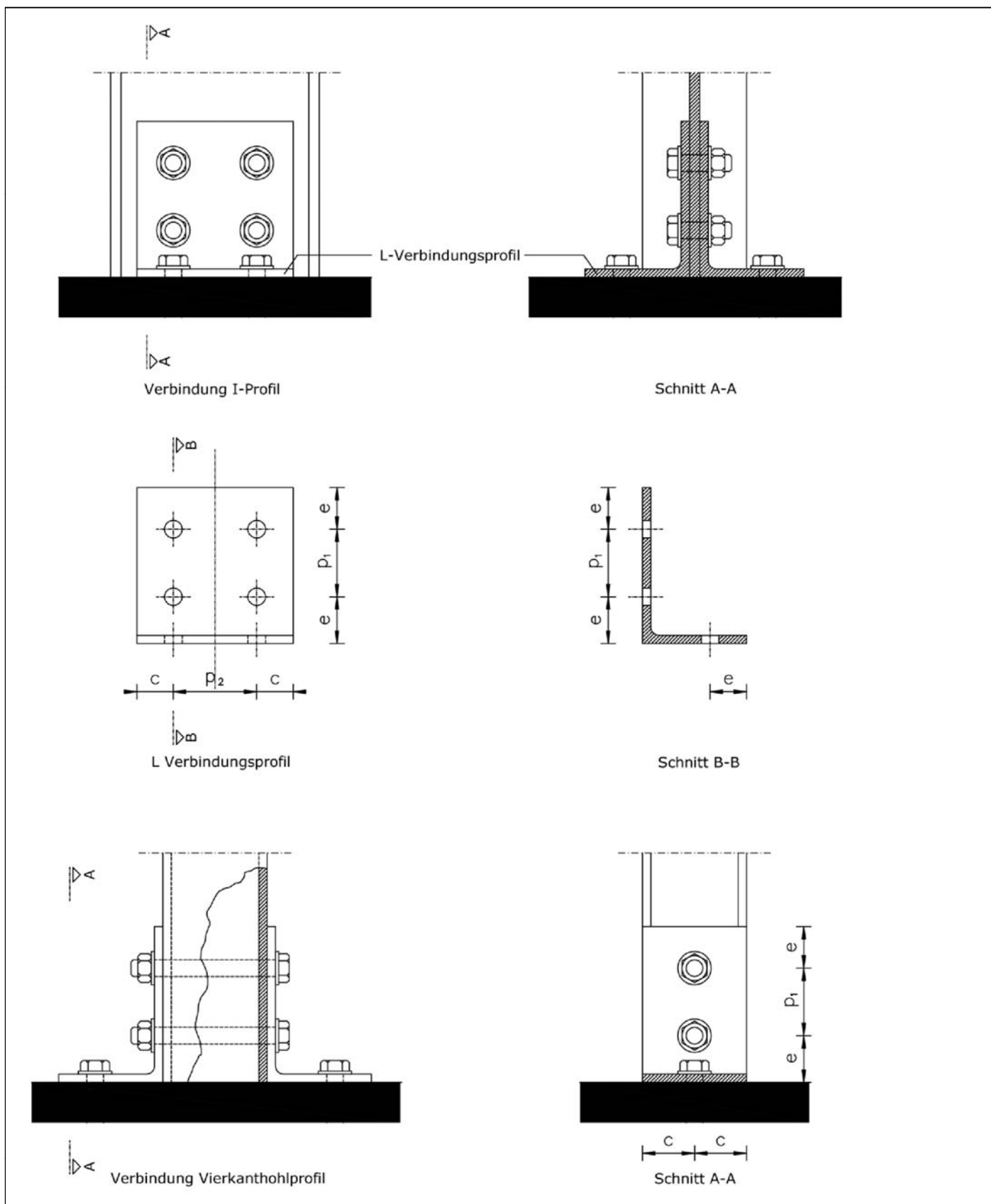
Zwischen Schrauben- und Lochdurchmesser ist folgendes Lochspiel einzuhalten:

- Schraube M 12 und M 16: d_L - d_s ≤ 1,0 mm
- Schraube M 20: d_L - d_s ≤ 2,0 mm

Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen;
 Doppel-T-Profil, U-Profil, Winkelprofil, Vierkanthohlprofil und Flachprofil

Verbindungen
 Abstände der Bohrungen bei unterschiedlichen Lastrichtungen
 Maximale Anzugsmomente

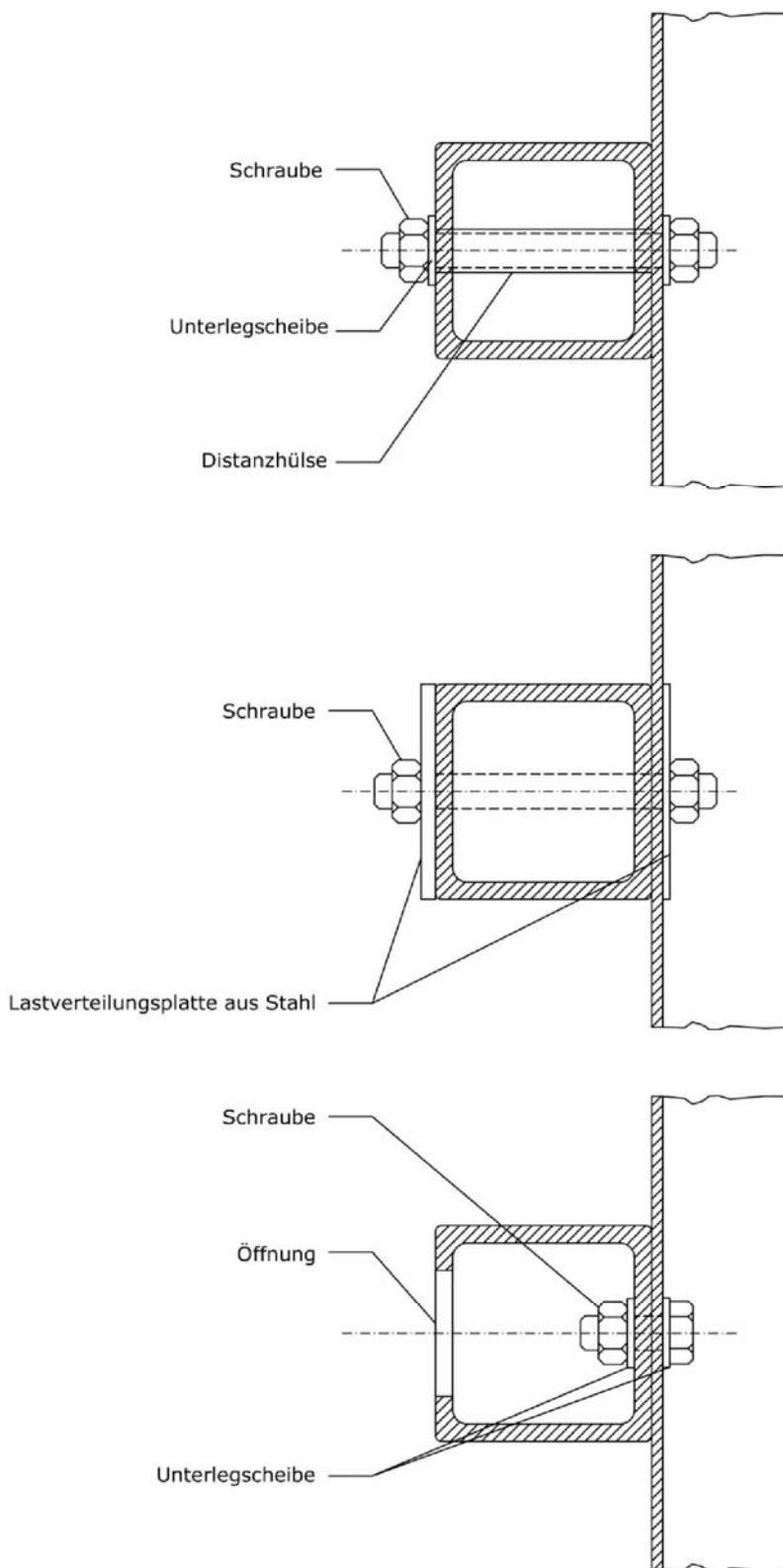
Anlage 2.1



Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen;
 Doppel-T-Profil, U-Profil, Winkelprofil, Vierkanthohlprofil und Flachprofil

Verbindungen
 Schraubenverbindungen bei Anschlüssen

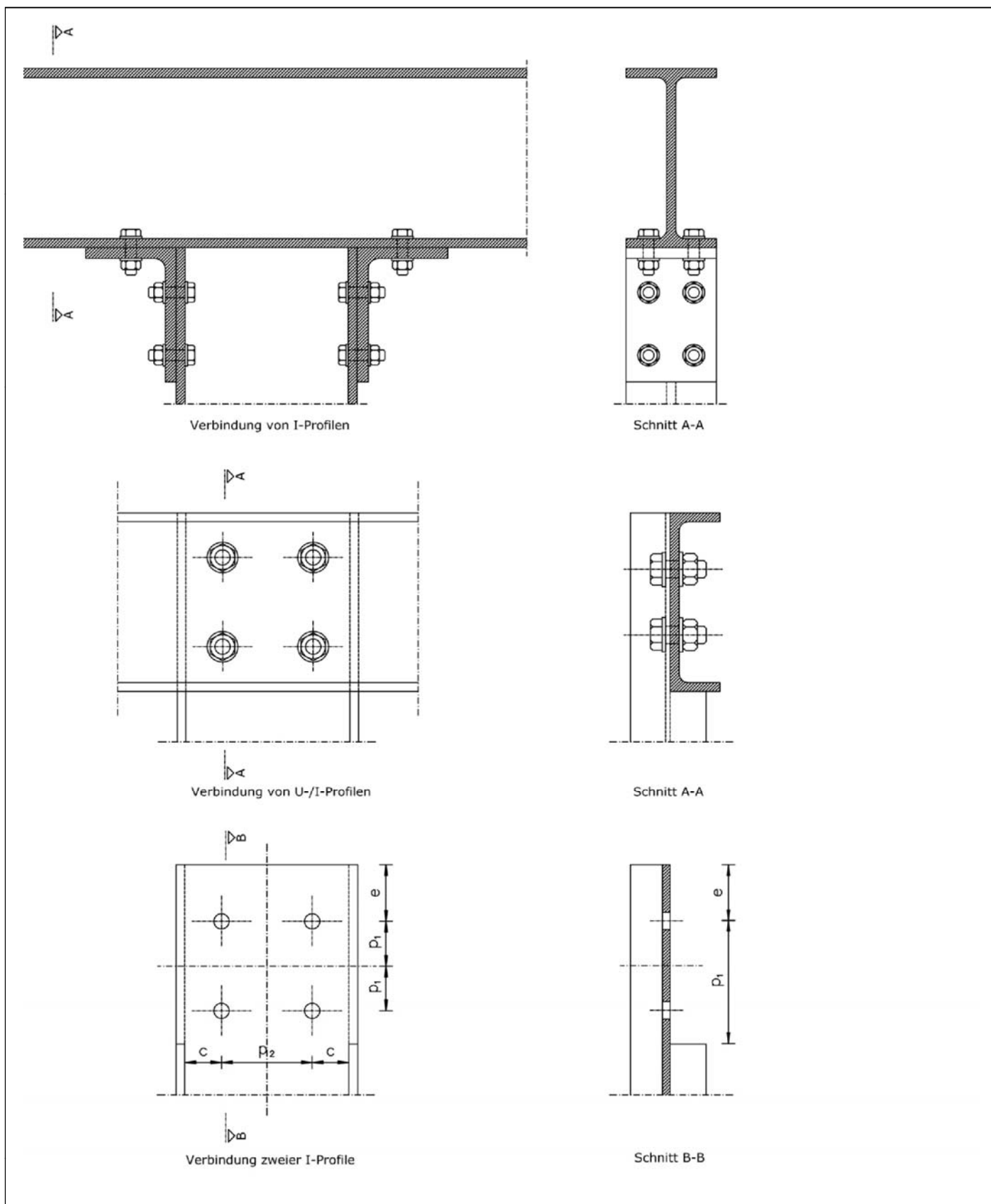
Anlage 2.2



Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen;
Doppel-T-Profil, U-Profil, Winkelprofil, Vierkanthohlprofil und Flachprofil

Verbindungen
Querkraft beanspruchte Anschlüsse von Hohlprofilen

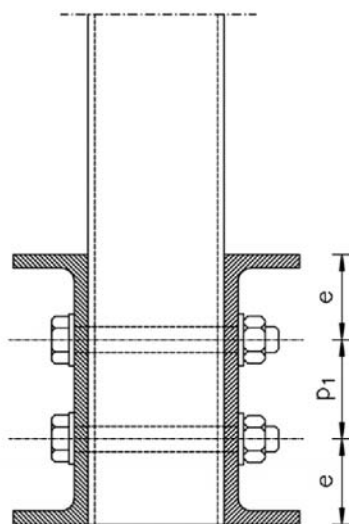
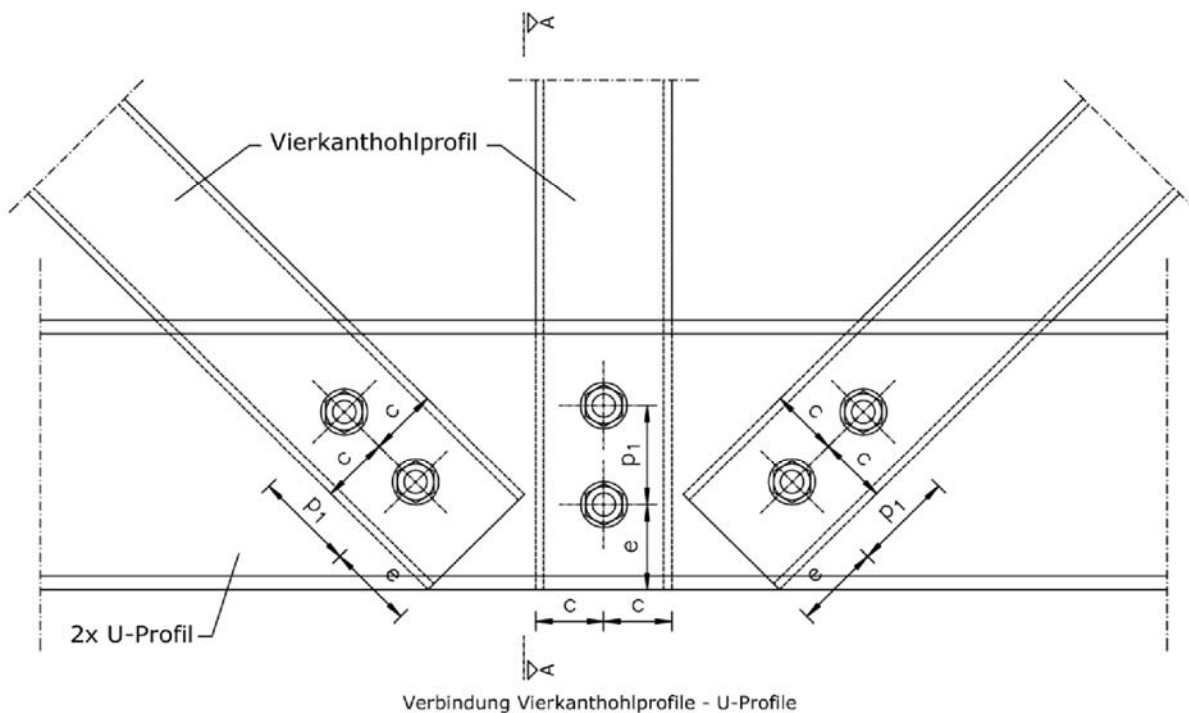
Anlage 2.3



Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen;
 Doppel-T-Profil, U-Profil, Winkelprofil, Vierkanthohlprofil und Flachprofil

Verbindungen
 Querkraft beanspruchte Anschlüsse

Anlage 2.4

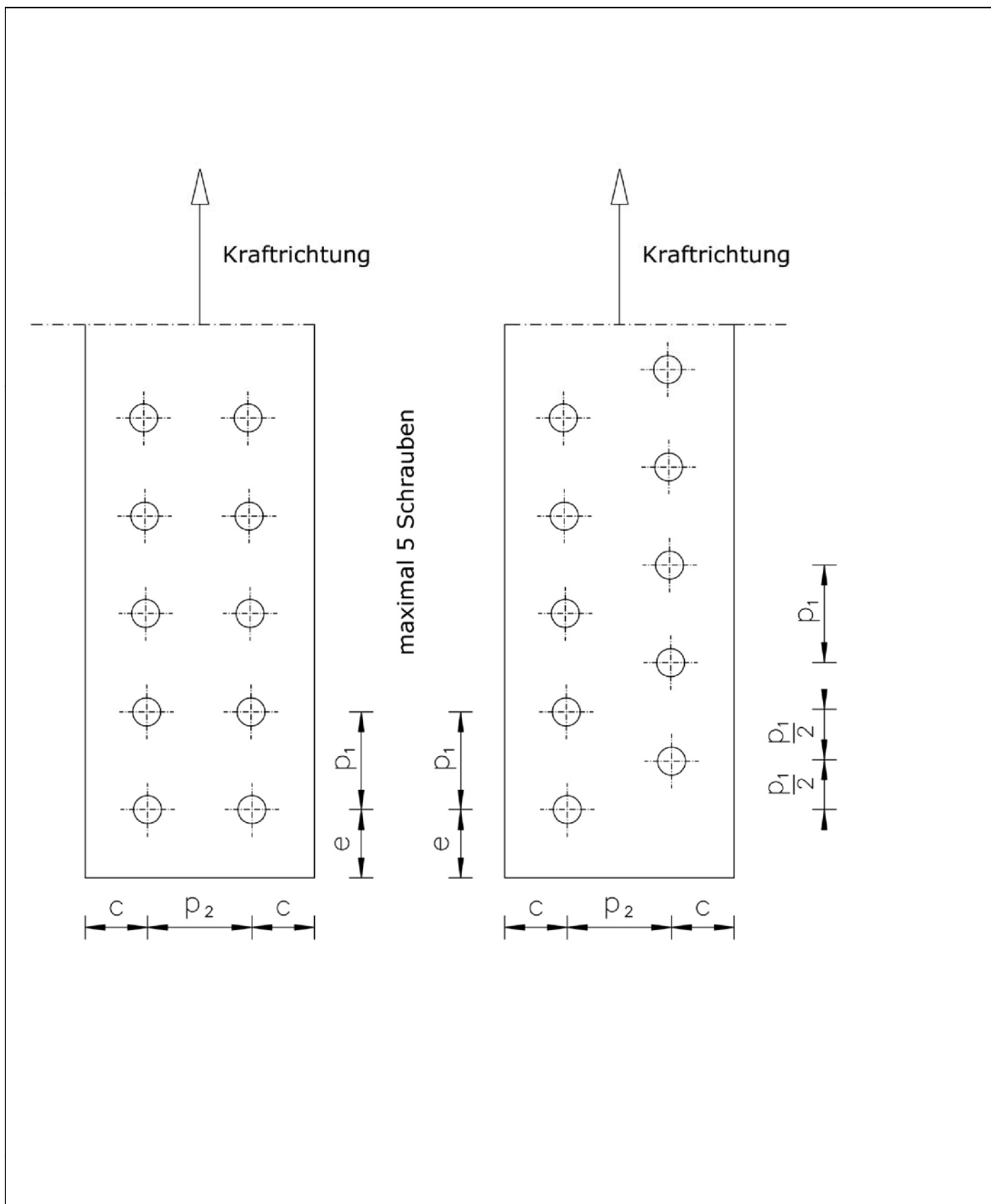


Schnitt A-A

Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen;
Doppel-T-Profil, U-Profil, Winkelprofil, Vierkanthohlprofil und Flachprofil

Verbindungen
Anschlüsse von Diagonalen

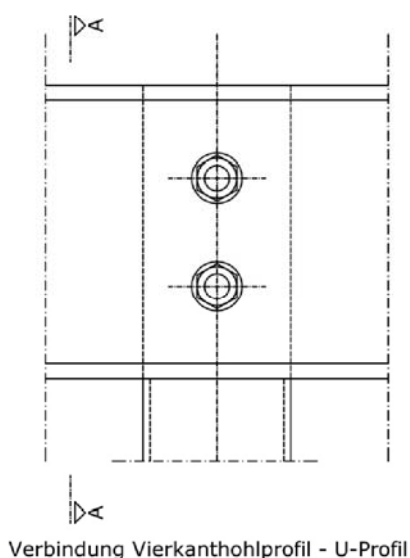
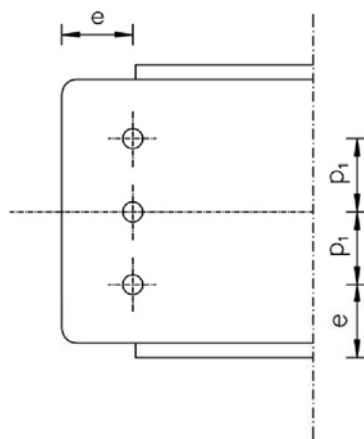
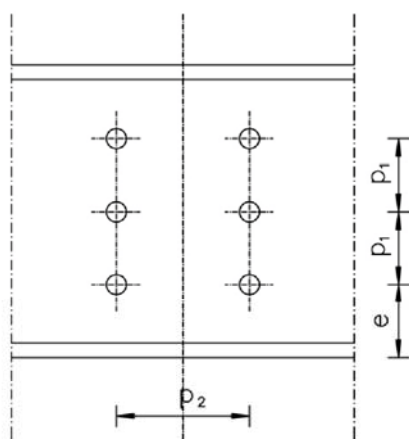
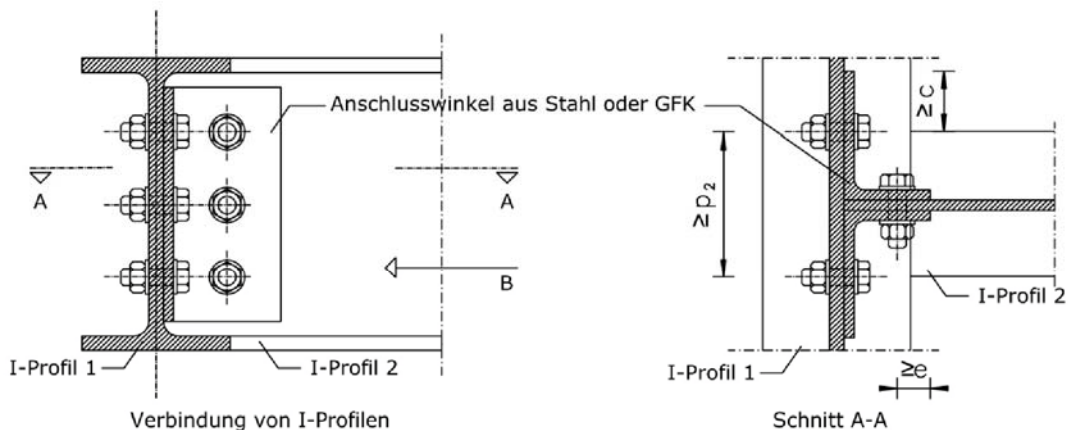
Anlage 2.5



Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen;
 Doppel-T-Profil, U-Profil, Winkelprofil, Vierkanthohlprofil und Flachprofil

Verbindungen
 Schraubenanordnung für große Lasteinleitungen

Anlage 2.6



Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen;
 Doppel-T-Profil, U-Profil, Winkelprofil, Vierkanthohlprofil und Flachprofil

Verbindungen
 Ausbildung von Stumpfstoßen

Anlage 2.7

**Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten
Kunststoffen, Tragfähigkeits- und Gebrauchs-
tauglichkeitsnachweis für Stabtragwerke**

**Anlage 3
Blatt 1 von 8**

1 Vorbemerkung

Die folgende Regelung zum Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis gilt nur für Stabtragwerke aus GFK-Profilen nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-10.9-299 der Firma Fiberline Composites A/S und gilt nur für vorwiegend ruhende Belastung. Grundlagen für die Nachweise sind in den Dissertationen von Trumpf [1] und Oppe [2] dargelegt.

2 Profilkennwerte

Die für die Bemessung notwendigen Profilkennwerte sind der Anlage 1 der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zu entnehmen.

3 Materialkennwerte, Sicherheitsbeiwerte und Einflussfaktoren

Für die Bemessung sind folgende Werte der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zu entnehmen (siehe Abschnitt 3.1):

- Baustoffeigenschaften wie Modulwerte, Querkontraktionen, Festigkeitskennwerte
- Einflussfaktoren A_1^f für die Berücksichtigung der Einwirkungsdauer beim Nachweis der Tragfähigkeit
- Einflussfaktoren A_1^E für die Berücksichtigung der Einwirkungsdauer beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit
- Einflussfaktoren A_2 für die Berücksichtigung des Medieneinflusses
- Einflussfaktoren A_3 für die Berücksichtigung der Umgebungstemperatur
- Materialsicherheitsbeiwert γ_{MR} für den Nachweis der Tragfähigkeit
- Materialsicherheitsbeiwert γ_{MC} für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F und die Beiwerte ψ für die Berechnung des Bemessungswertes der Einwirkung sind der Norm DIN 1055-100 zu entnehmen.

4 Einwirkungen

4.1 Allgemeines

Beim Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit sind die Lasteinwirkungsdauer bei den einwirkenden Lasten und der Medieneinfluss und die Umgebungstemperatur bei den Bauteilwiderständen zu berücksichtigen. Die Definition der Lasteinwirkungsdauer ist dem Abschnitt 3.1.2 der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zu entnehmen.

Bei allen Lasteinleitungen ist eine ausreichende Lastverteilung zur Vermeidung von Spannungsspitzen vorzusehen. Die maximale Druckspannung unter örtlicher Lasteinleitung darf maximal 25 N/mm^2 betragen; für die Nachweise der Schraubenverbindungen gilt Abschnitt 5.5 der Anlage 3.

Die Lasteinleitung in Profillängsachse (x-Achse) sollte in der Schwerelinie bzw. im Schwerpunkt des Profils erfolgen. Ist dies konstruktiv nicht einzuhalten, muss die resultierende Biegebelastung aus der exzentrischen Lasteinleitung berücksichtigt werden.

Die Lasteinleitung quer zur Längsachse (y- oder z-Achse) muss im Schubmittelpunkt erfolgen.

Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen, Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis für Stabtragwerke

Anlage 3 Blatt 2 von 8

4.2 Eigenlasten

Die Lasten sind entsprechend der Norm DIN 1055-3 anzusetzen.

Das Eigengewicht der GFK-Profile kann den Anlagen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung entnommen werden; alternativ darf das Eigengewicht auch über die Dichte $\rho = 1,9 \text{ kg/dm}^3$ errechnet werden.

Dauer der Lasteinwirkung: ständig

4.3 Windlasten

Die Lasten sind entsprechend der Norm DIN 1055-4 anzusetzen.

Dauer der Lasteinwirkung: sehr kurz

4.4 Schnee- und Eislasten

Die Lasten sind entsprechend der Norm DIN 1055-5 anzusetzen.

Dauer der Lasteinwirkung: mittel

Die Lasteinwirkungsdauer "mittel" gilt auch für Schneelasten als außergewöhnliche Einwirkung im norddeutschen Tiefland.

4.5 Temperatureinwirkungen

Betriebstemperaturen T_D sind vom Betreiber verbindlich anzugeben. Als maßgebende Temperatur ist die Betriebstemperatur mit mindestens 30 °C anzusetzen.

Dauer der Einwirkung: ständig

Die Lastfälle "Sonneneinstrahlung" und "Temperaturgefälle im Profilquerschnitt" sind entsprechend den örtlichen Gegebenheiten ggf. zusätzlich nachzuweisen.

Ist ein Nachweis erforderlich, muss mindestens eine Temperaturdifferenz von 20 K angesetzt werden. Das Temperaturgefälle kann linear über den Profilquerschnitt angenommen werden.

Dauer der Einwirkung: kurz

4.6 Nutzlasten

Entsprechend der Norm DIN 1055-3:2006-03 mit Ausnahme der dort aufgeführten Lasten in den Abschnitten 6.3, 6.4, 7.3 und 8.

Falls keine genaueren, durch die zuständige Bauordnungsbehörde festgelegten Werte, vorliegen, sind folgende Lasteinwirkungsdauern anzunehmen:

- Lasten des Abschnitts 6.1: ständig
- Lasten des Abschnitts 6.2: kurz
- Lasten des Abschnitts 7.1: mittel
- Lasten des Abschnitts 7.2: ständig

5 Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit

5.1 Allgemeines

Es sind die Kennwerte gemäß der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung, Abschnitt 3.1 anzusetzen.

Die mit dem linear-elastischen Werkstoffgesetz durchzuführende Ermittlung der Schnittkräfte muss nach Theorie II. – Ordnung erfolgen, wenn $N_d / N_{ki} \geq 0,10$ ist.

N_d : Bemessungswert der Drucknormalkraft aus den $\gamma_F \cdot A_1^E$ -fachen Lasten

N_{ki} : charakteristischer Wert der ideal-elastischen Knicklast

**Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten
Kunststoffen, Tragfähigkeits- und Gebrauchs-
tauglichkeitsnachweis für Stabtragwerke**

**Anlage 3
Blatt 3 von 8**

Dafür gilt:

$$E_{tx} = E_{cx} = 24000 \text{ N/mm}^2 \text{ und } \nu_{yx} = 0,23.$$

Bei den Nachweisen ist eine Schiefstellung von $\varphi_0 = 1/200$ und eine Vorkrümmung von $w_0 \geq L/200$ ab $\varepsilon_0 = 0$ (keine Randspannung) anzusetzen. Alternativ können die Imperfektionen auch über gleichwertige Ersatzlasten in Anlehnung an die Norm DIN 18800 berücksichtigt werden.

Exzentrische Lasteinleitungen und Imperfektionen sind so anzusetzen, dass die Tragfähigkeit gemindert wird (d. h. der planmäßigen Exzentrizität nicht entgegenwirken).

Zusätzlich sind Bemessungswerte der ideal-elastischen Knicklast (kleinster Eigenwert) und der Grenzlast einer geometrisch - nichtlinearen Berechnung am Gesamtsystem des Stabtragwerkes zu ermitteln und den $\gamma_F \cdot A_1^E$ -fachen Werten der vorhandenen Einwirkungen gegenüberzustellen. Die Grenzlast der geometrisch - nichtlinearen Berechnung unter Berücksichtigung der Vorverformungen ergibt sich aus dem Erreichen des Spannungsgrenzwertes f_x oder der Durchschlagslast für einen Stab des Stabtragwerkes.

Die charakteristischen Einwirkungen E_k sind durch Multiplikation mit den Einflussfaktoren A_1 und den Teilsicherheitsbeiwerten γ_F unter Berücksichtigung des Beiwertes ψ zu erhöhen; es gelten die Kombinationsregeln der Norm DIN 1055-100.

5.2 Grenzzustände der Tragfähigkeit

5.2.1 Allgemeines

Für die Einflussfaktoren A_1 , A_2 und A_3 sind die Werte der Zulassung anzusetzen.

Die charakteristischen Widerstände R_k sind durch Division mit den Einflussfaktoren A_2 und A_3 und dem Material Sicherheitsbeiwert γ_{MR} zu verringern.

Grundsätzlich ist nachzuweisen:

$$A_1^f \cdot E_k \cdot \gamma_F \leq \frac{R_k}{\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3}$$

Für Festigkeitsnachweise und Nachweise nach Theorie II.-Ordnung gelten für "ständig" wirkende Lasten:

$$A_1^f \cdot A_2 \cdot A_3 \geq 1,75$$

Bei Nichteinhaltung der Bedingung ist der Faktor A_1^f entsprechend zu erhöhen.

Für Stabilitätsnachweise und für den Nachweis lineares Beulen gilt für "ständig" wirkende Lasten:

$$\sqrt{A_1^E} \cdot A_2 \cdot A_3 \geq 1,35$$

Bei Nichteinhaltung der Bedingung ist der Faktor A_1^E entsprechend zu erhöhen.

5.2.2 Festigkeitsnachweise

Für den Nachweis einer Beanspruchung unter Belastung aus Normalkräften, Biegung infolge Querkraft, exzentrischer Normalkrafteinleitung und/oder Moment sind die Normalspannungen σ_x und die Schubspannungen τ zu bestimmen. Die Ausnutzungsgrade der Einwirkungen sind quadratisch zu überlagern.

**Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten
Kunststoffen, Tragfähigkeits- und Gebrauchs-
tauglichkeitsnachweis für Stabtragwerke**

**Anlage 3
Blatt 4 von 8**

Folgende Bedingung ist einzuhalten:

$$\left(\frac{\frac{\sigma_{xd}}{f_x}}{\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3} \right)^2 + \left(\frac{\frac{\tau_{xyd}}{f_{\tau xy}}}{\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3} \right)^2 \leq 1$$

Bei dem doppel-T-Profil, dem U-Profil, dem Vierkanthohlprofil und dem Flachprofil darf vereinfacht für den Schubquerschnitt die Stegfläche angesetzt werden.

Treten bei Vierkanthohlprofilen Torsionsbelastungen auf, so muss folgende Bedingung erfüllt werden:

$$\left(\frac{\frac{\sigma_{xd}}{f_x}}{\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3} \right)^2 + \left(\frac{\frac{\tau_{xyd}}{f_{\tau xy}}}{\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3} \right)^2 + \left(\frac{\frac{\tau_{d,torsion}}{f_{\tau xy,torsion}}}{\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3} \right)^2 \leq 1$$

Die Anschlüsse der Profile, die Schraubenverbindungen untereinander und die Lasteinleitungen in den Profilen sind nachzuweisen.

5.2.3 Stabilitätsnachweise

5.2.3.1 Plattenbeulen

Bei gedungenen und offenen Profilen kann es zum örtlichen Versagen der Gurte sowie auch der Stege kommen. Bei den zugelassenen Vierkanthohlprofilen kann dieses Versagen ausgeschlossen werden.

Ein Nachweis ist nur dann zu führen, wenn die Schlankheit des Stabes

$$\lambda = l_k / i < 30 \quad \begin{array}{l} l_k = \text{Knicklänge} \\ i = \text{Trägheitradius.} \end{array}$$

ist.

Für die Berechnung der kritischen Beulspannung σ_{cr} gilt:

$$\sigma_{cr} = k_\sigma \cdot \sigma_e$$

- Bezugsspannung σ_e :

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 \sqrt{0,8 \cdot E_{cx} \cdot E_{ty}} \cdot t^2}{12 (1 - \nu_{xy} \cdot \nu_{yx}) \cdot b^2}$$

Hierin sind:

- E_{cx} : E-Modul Biegung Steg oder Gurt in Achsrichtung
- E_{ty} : E-Modul Zug Steg oder Gurt in Querrichtung
- t : Dicke der Platte
- b : Breite des Profils bzw. Breite des Steges oder Gurtes
- ν_{xy}, ν_{yx} : Querkontraktion

Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen, Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis für Stabtragwerke

**Anlage 3
 Blatt 5 von 8**

- Beulwerte k_σ für zweiseitig gestützte druckbeanspruchte Querschnittsteile:

Spannungsverteilung (Druck positiv), σ_1 = maximale Druckspannung						
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi \geq -3$
Beulwert k_σ	4,0	$8,2 / (1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$	23,9	$5,98 \cdot (1 - \psi)^2$

- Beulwerte k_σ für einseitig gestützte druckbeanspruchte Querschnittsteile

Spannungsverteilung (Druck positiv), σ_1 = maximale Druckspannung				
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	0	-1	$1 \geq \psi \geq -3$
Beulwert k_σ	0,43	0,57	0,85	$0,57 - 0,21 \cdot \psi + 0,07 \cdot \psi^2$

$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1
Beulwert k_σ	0,43	$0,578 / (0,34 + \psi)$	1,7	$1,7 - 5 \cdot \psi + 17,1 \cdot \psi^2$	23,8

Wenn entsprechend Abschnitt 5.1 eine Berechnung nach Theorie II.-Ordnung erforderlich ist, sind auch hier die Spannungen σ_{xd} nach Theorie II.-Ordnung zu verwenden. Diese dürfen, da es sich um einen elastischen Stabilitätsnachweis handelt, aus den $\gamma_F \cdot \sqrt{A_1^E}$ -fachen Lasten ermittelt werden.

Es gilt:

$$\frac{\sigma_{xd}}{\sigma_{cr}} \leq 1$$

$$\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3$$

Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen, Tragfähigkeits- und Gebrauch- tauglichkeitsnachweis für Stabtragwerke

Anlage 3 Blatt 6 von 8

5.2.3.2 Biegeknicken

Bei planmäßig zentrisch gedrückten Stäben ist für die $\gamma_F \cdot A_1^E$ -fachen Lasten zusätzlich folgender Nachweis zu führen, wobei N_{Rk} der charakteristische Wert der ideal-elastischen Knicklast N_{ki} ist.

$$\frac{N_d}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3}} \leq 1,0$$

5.2.3.3 Biegedrillknicken

Die baulichen Anlagen sind so zu gestalten, dass ein Biegedrillknicken der GFK-Profile ausgeschlossen wird. Dies kann z. B. durch eine Lagerung des Druckgurtes gegen seitliches Ausweichen bzw. eine Verdrehbehinderung erreicht werden.

5.3 Nachweis der Grenzdehnung bzw. Grenzstauchung

Der Nachweis der Grenzdehnung bzw. der Grenzstauchung ist im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu führen mit

- den Teilsicherheitsbeiwerten der betrachteten Einwirkungen $\gamma_F = 1,0$,
- dem Materialsicherheitsbeiwert $\gamma_{MC} = 1,0$ und
- $A_1^E = A_2 = A_3 = 1,0$.

Für den Dehnungsnachweis gilt:

$$\frac{\sigma_d}{E_m} \leq \varepsilon_{\text{grenz}}$$

Hier ist:

E_m = Mittelwert des zugehörigen E-Moduls.

Für die Ermittlung des Mittelwertes ist der in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung aufgeführte charakteristische Wert mit 1,1 zu multiplizieren.

Die in Abschnitt 3.1.3 der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung aufgeführten Grenzwerte der Dehnung bzw. Stauchung dürfen nicht überschritten werden.

5.4 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit, Verformung

Der Nachweis der Verformung ist im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu führen mit

- den Teilsicherheitsbeiwerten der betrachteten Einwirkungen $\gamma_F = 1,0$,
- dem Materialsicherheitsbeiwert $\gamma_{MC} = 1,0$ und
- den Einflussfaktoren A_1^E , A_2 und A_3 entsprechend den Werten der Zulassung.

Vereinfacht können die linear-elastisch ermittelten Verformungen mit dem Einflussfaktor A_1^E (zur Erfassung des Kriechens) multipliziert werden.

Für den Verformungsnachweis gilt:

$$A_1^E \cdot E_k \cdot \gamma_F \leq \frac{C_k}{\gamma_{MC} \cdot A_2 \cdot A_3}$$

Die Verformungen des Tragwerkes müssen so begrenzt werden, dass sie das optische Erscheinungsbild und die ordnungsgemäße Funktion der baulichen Anlage nicht beeinträchtigen.

Es wird empfohlen, dass die Durchbiegung f bei einer Stützweite L den Wert $L/300$ nicht überschreitet. Ggf. sollte die Anforderung der Durchbiegung im Bauvertrag geregelt werden.

**Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten
 Kunststoffen, Tragfähigkeits- und Gebrauchs-
 tauglichkeitsnachweis für Stabtragwerke**

**Anlage 3
 Blatt 7 von 8**

Als maximale Durchbiegung ist einzuhalten:

$$\max f = L/200$$

5.5 Tragfähigkeitsnachweis der Verbindungselemente

5.5.1 Allgemeines

Für die Einflussfaktoren A_1^f , A_2 und A_3 sind die Werte der Zulassung anzusetzen.

Es dürfen maximal zwei Schrauben nebeneinander und nicht mehr als 5 in einer Reihe angeordnet werden. Wenn möglich, sind bei einer zweireihigen Schraubenverbindung, die Schrauben versetzt anzuordnen.

Für die Rand- und Lochabstände der Schrauben und für das Lochspiel sind die Angaben in den Anlagen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung einzuhalten. In allen Fällen sind Unterlegscheiben zu verwenden, die in Größe und Dicke mindestens der Norm DIN 440 entsprechen.

5.5.2 Beanspruchung in Laminatenebene

Für die Nachweise der Tragfähigkeit sind die $\gamma_F \cdot A_1^f$ -fachen Schraubenkräfte $P_{S,d}$ zu ermitteln, mit denen folgende Nachweise zu führen sind:

$$\frac{P_{S,d}}{f_p \cdot d_s \cdot t \cdot (d_L / d_s)^2} \leq 1 \quad \text{Lochleibungsdruck}$$

$$\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3$$

$$\frac{P_{S,d}}{f_{\tau xy} \cdot 2 \cdot e \cdot t} \leq 1 \quad \text{Schubversagen}$$

$$\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3$$

$$\frac{P_{S,d}}{f_t \cdot A_{Rest} / k_{tc}} \leq 1 \quad \text{Zugversagen im Restquerschnitt}$$

$$\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3$$

- f_p : Bolzentragfähigkeit
- $f_{\tau xy}$: Scherfestigkeit in der Laminatenebene
- f_c : Zugfestigkeit für die betrachtete Richtung
- e : mittlerer Randabstand des Lochdurchmessers
- t : Laminatdicke
- k_{tc} : Spannungsbeiwert
- A_{Rest} : Anschlussquerschnitt unter Abzug der Lochquerschnitte in der betrachteten Belastungsebene

Es darf vereinfachend mit dem Wert $k_{tc} = 2,25$ gerechnet werden.

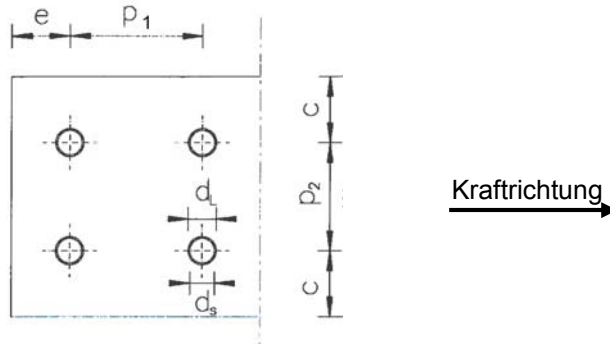
Bei genauer Nachweisführung sind die Werte der nachfolgenden Tabelle anzusetzen.

e/w \ w/d_s	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	8,0	10
0,500	1,31	1,36	1,42	1,47	1,53	1,58	1,64	1,70	1,76	1,99	2,23
0,750	1,29	1,34	1,39	1,44	1,49	1,54	1,60	1,66	1,71	1,94	2,18
0,875	1,28	1,33	1,38	1,43	1,48	1,53	1,59	1,64	1,70	1,93	2,16
1,000	1,28	1,32	1,37	1,42	1,47	1,53	1,58	1,64	1,69	1,92	2,15

Für Zwischenwerte ist der höhere k_{tc} Wert maßgebend.

**Pultrudierte Profile aus glasfaserverstärkten
Kunststoffen, Tragfähigkeits- und Gebrauchs-
tauglichkeitsnachweis für Stabtragwerke**

**Anlage 3
Blatt 8 von 8**



d_s = Schraubendurchmesser, d_L = Lochdurchmesser

Sind planmäßige Vorspannungen bei den Profilverbindungen gewünscht, so können die in der Tabelle der Anlage 2.1 angegebenen Anziehmomente M_A ohne besondere Nachweise angesetzt werden, wenn die Verbindungen den Darstellungen der Anlagen 2.2 bis 2.7 entsprechen.

Die Anziehmomente der Schrauben können in guter Näherung mit

$$M_A = \mu \cdot F_V \cdot d_s$$

ermittelt werden.

Der integrale Reibwinkel μ ist mit $0,15 \leq \mu \leq 0,20$ anzusetzen. Die in Anlage 2.1 angegebenen Anziehmomente sind mit $\mu = 0,18$ errechnet.

Die maximalen Anziehmomente sind durch die einzuhaltende Druckspannung senkrecht zur Profilfläche

$$f_{cy} / (\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3)$$

zu begrenzen.

5.5.3 Beanspruchung senkrecht zur Laminebene

Für den Nachweis des Durchstanzens ist die $\gamma_F \cdot A_1^f$ -fache Durchstanzkraft $P_{S,d\perp}$ zu ermitteln, mit der folgender Nachweis zu führen ist:

$$\frac{P_{S,d\perp}}{\frac{f_{\perp II} \cdot \pi \cdot d_u \cdot t}{\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3}} \leq 1$$

$f_{\perp II}$: Schubfestigkeit senkrecht zur Pultrusionsrichtung

$$\text{Es gilt: } f_{\perp II} = 1,25 \cdot f_{\tau xy}$$

$f_{\tau xy}$: Scherfestigkeit in Laminebene

d_u : Außendurchmesser der Unterlegscheibe

t : Laminatdicke

6 Literatur

- [1] Trumpf, H. Stabilitätsverhalten ebener Tragwerke aus pultrudierten faserverstärkten Polymerprofilen
Schriftenreihe des Lehrstuhls für Stahlbau und Leichtmetallbau der RWTH Aachen, Heft 59 – 2006, SHAKER VERLAG ISBN 3-8322-5403-X
- [2] Oppe, M. Zur Bemessung geschraubter Verbindungen von pultrudierten faserverstärkten Polymerprofilen
Schriftenreihe des Lehrstuhls für Stahlbau und Leichtmetallbau der RWTH Aachen, Heft 66 – 2009, SHAKER VERLAG ISBN 978-3-8322-8247-9