

Allgemeine Bauartgenehmigung

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: 08.05.2018 Geschäftszeichen: I 71-1.10.39-791/1

Nummer:
Z-10.39-791

Geltungsdauer
vom: **8. Mai 2018**
bis: **8. Mai 2023**

Antragsteller:
Fiberline Composites A/S
Barmstedt Allé 5
5500 MIDDELFART
DÄNEMARK

Gegenstand dieses Bescheides:

**Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901;
Doppel-T-Profile, U-Profile, Winkelprofile, Vierkanthohlprofile, Flachprofile und Handlaufprofile**

Der oben genannte Regelungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich genehmigt.
Dieser Bescheid umfasst acht Seiten und drei Anlagen.
Der Gegenstand ist erstmals am 22. Dezember 2011 allgemein bauaufsichtlich zugelassen worden.

DIBt

I ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

- 1 Mit der allgemeinen Bauartgenehmigung ist die Anwendbarkeit des Regelungsgegenstandes im Sinne der Landesbauordnungen nachgewiesen.
- 2 Dieser Bescheid ersetzt nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen.
- 3 Dieser Bescheid wird unbeschadet der Rechte Dritter, insbesondere privater Schutzrechte, erteilt.
- 4 Dem Anwender des Regelungsgegenstandes sind, unbeschadet weitergehender Regelungen in den "Besonderen Bestimmungen", Kopien dieses Bescheides zur Verfügung zu stellen. Zudem ist der Anwender des Regelungsgegenstandes darauf hinzuweisen, dass dieser Bescheid an der Anwendungsstelle vorliegen muss. Auf Anforderung sind den beteiligten Behörden ebenfalls Kopien zur Verfügung zu stellen.
- 5 Dieser Bescheid darf nur vollständig vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung des Deutschen Instituts für Bautechnik. Texte und Zeichnungen von Werbeschriften dürfen diesem Bescheid nicht widersprechen, Übersetzungen müssen den Hinweis "Vom Deutschen Institut für Bautechnik nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung" enthalten.
- 6 Dieser Bescheid wird widerruflich erteilt. Die Bestimmungen können nachträglich ergänzt und geändert werden, insbesondere, wenn neue technische Erkenntnisse dies erfordern.
- 7 Dieser Bescheid bezieht sich auf die von dem Antragsteller im Genehmigungsverfahren zum Regelungsgegenstand gemachten Angaben und vorgelegten Dokumente. Eine Änderung dieser Genehmigungsgrundlagen wird von diesem Bescheid nicht erfasst und ist dem Deutschen Institut für Bautechnik unverzüglich offenzulegen.
- 8 Die von diesem Bescheid umfasste allgemeine Bauartgenehmigung gilt zugleich als allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für die Bauart.

II BESONDERE BESTIMMUNGEN

1 Regelungsgegenstand und Anwendungsbereich

Die allgemeine Bauartgenehmigung erstreckt sich auf pultrudierte tragende Konstruktionsprofile aus glasfaserverstärkten ungesättigten Polyesterharzen (GFK-Profile) nach europäischer technischer Bewertung ETA-16/0901 vom 2.06.2017 und deren Verbindungen. Folgende Querschnittsprofile bzw. Profiltypen kommen zur Anwendung:

- Doppel-T-Profil (I-Profil)
- U-Profil
- Winkelprofil (L-Profil)
- Vierkanthohlprofil (□-Profil)
- Flachprofil
- Handlaufprofil

Die GFK-Profile dürfen als tragende Bauteile unter folgenden Bedingungen eingesetzt werden:

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

Die GFK-Profile sind normalentflammbar (Baustoffklasse B2 nach DIN 4102-1¹).

2 Bestimmungen für Planung, Bemessung und Ausführung

2.1 Planung

Die Bauprodukte und die Bauart müssen den Besonderen Bestimmungen und den Anlagen der allgemeinen Bauartgenehmigung sowie den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Angaben entsprechen. Es dürfen nur die in Anlage 1 genannten GFK-Profile unter Beachtung der in Abschnitt 1 genannten Bedingungen verwendet werden.

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

Für die Anschlüsse der GFK-Profile und Verbindungen untereinander dürfen nur geregelte oder bauaufsichtlich zugelassene Schrauben M 8 bis M 20 aus Stahl mit metrischem Gewinde und Unterlegscheiben aus Stahl verwendet werden. Schrauben M 8 dürfen nur für konstruktive Verbindungen zur Anwendung kommen; d.h. sie dürfen beim Tragfähigkeitsnachweis der Verbindungselemente nicht herangezogen werden.

Bei Schrauben und Unterlegscheiben, die nicht aus nichtrostendem Stahl bestehen, ist der Korrosionsschutz durch Verzinkung und ggf. Beschichtung dem erforderlichen Korrosionsschutz der zu verbindenden GFK-Profile anzupassen.

¹ DIN 4102-1:1998-05

Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen

2.2 Bemessung

2.2.1 Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit

2.2.1.1 Nachweisführung

Die Nachweise für den Grenzzustand der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit sind 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

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 Prüfamt oder einen Prüfsingenieur für Standsicherheit prüfen zu lassen, sofern eine derartige Prüfung durch Landesbauordnungen nicht zwingend vorgeschrieben ist. Mit der Prüfung sind Prüfsamter oder Prüfsingenieure für Standsicherheit mit besonderen Kenntnissen im Kunststoffbau zu beauftragen, z. B.:

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

2.2.1.2 Bemessungswerte der Einwirkungen, E_d

Die charakteristischen Werte der Einwirkungen sind den bauaufsichtlich eingeführten Technischen Baubestimmungen² 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 .

Alle maßgebenden Bemessungssituationen, Lastfälle und Lastfallkombinationen sind zu berücksichtigen. Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F und die Beiwerte ψ sind den eingeführten Technischen Baubestimmungen 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.

²

Siehe: www.dibt.de unter der Rubrik >Geschäftsfelder< und dort unter >Bauregellisten/Technische Baubestimmungen<

Tabelle 1: Einflussfaktoren der Einwirkungsdauer

| 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 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| kurz, bis eine Woche | 1,20 | 1,20 | 1,45 |
| mittel, bis drei Monate | 1,25 | 1,25 | 1,60 |
| lang bis ständig | 1,40 | 1,40 | 1,90 |

Die Zuordnung der einzelnen Einwirkungen zur Lasteinwirkungsdauer ist der Anlage 3, Abschnitt 4.2 bis 4.6 zu entnehmen.

2.2.1.3 Bemessungswerte der Bauteilwiderstände, R_d bzw. C_d

Die für die Ermittlung der Bemessungswerte anzusetzenden charakteristischen Werte der Baustoffeigenschaften der Profile gemäß ETA-16/0901 sind in den Tabellen 2 und 3 wiedergegeben.

Tabelle 2: 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 |

Tabelle 3: Festigkeiten

| Baustoffeigenschaften | Maßeinheit | Charakteristische Werte |
|--|-------------------|-------------------------|
| Axiale Zugfestigkeit f_{tx} | N/mm ² | 240 |
| Transversale Zugfestigkeit f_{ty} für GFK-Profile - mit Harz "P2600" oder "P2607" | N/mm ² | 50 |
| - mit 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 |

| Baustoffeigenschaften | Maßeinheit | Charakteristische Werte |
|---|-------------------|-------------------------|
| 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_{txy} (Durchknöpfen, Ausreißen der Schraube durch das Laminat) | N/mm ² | 50 |
| Scherfestigkeit in Laminebene bei Torsionsbelastung von Vierkanthohlprofilen $f_{txy,torsion}$ | N/mm ² | 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

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

anzusetzen, mit folgender Ausnahme:

Für den Bemessungswert der Scherfestigkeit in Laminebene f_{txy} ist beim Tragfähigkeitsnachweis der Verbindungselemente (s. Anlage 3, Abschnitt 5.5) ein Material-sicherheitsbeiwert von

$$\gamma_{MR} = 1,60$$

anzusetzen.

Der Materialsicherheitsbeiwert ist beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit mit

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

anzusetzen.

Der Einflussfaktor für Medieneinfluss ist mit

$$A_2 = 1,1$$

anzusetzen. Er gilt für alle Medien mit geringem Einfluss, entsprechend Medienliste 40-2.1.1 der vom DIBt herausgegebenen "Medienlisten 40", Ausgabe September 2017.

Der Einflussfaktor für Temperatureinfluss beträgt:

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

T_D : Auslegungstemperatur in °C

HDT \geq 80 °C, Wärmeformbeständigkeit

Beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit gelten folgende Bemessungswerte der Grenzdehnungen bzw. Grenzstauchungen:

Tabelle 4: Grenzdehnung bzw. Grenzstauchung (Bemessungswerte)

| Baustoffeigenschaften | Bemessungswerte der 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 |

2.2.2 Brandverhalten

Die GFK-Profile sind normalentflammbar (Baustoffklasse B2 nach DIN 4102-1).

2.3 Ausführung

2.3.1 Bestimmungen für den Hersteller und 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 Verbindungs- bzw. 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.

2.3.2 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 den Herstellerangaben zu versiegeln.

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

Um das Anziehmoment 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.

3 Bestimmungen für Nutzung, Unterhaltung und Wartung

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 glasfaser-verstärkte 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.

Renée Kamanzi-Fechner
Referatsleiterin

Beglaubigt

Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaser-
 verstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901

Anlage 1.1

Doppel-T-Profil, Profilkennwerte

Geometrie, Querschnittsabmessungen und Eigengewicht

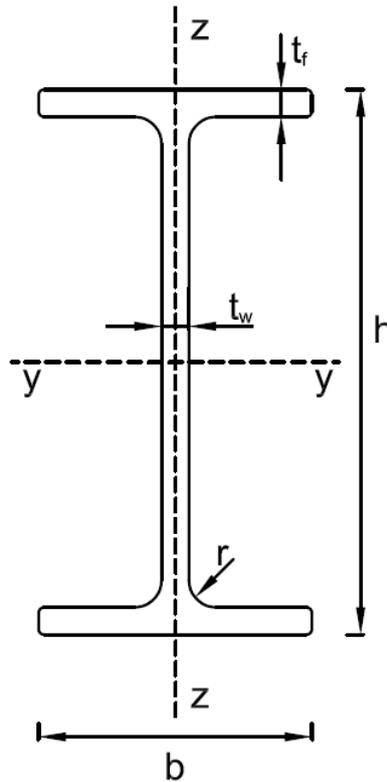


Bild 1: Doppel-T-Profil

Tabelle 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 |

Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaser-
 verstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901

Anlage 1.2

U-Profil, Profilkennwerte

Geometrie, Querschnittsabmessungen und Eigengewicht

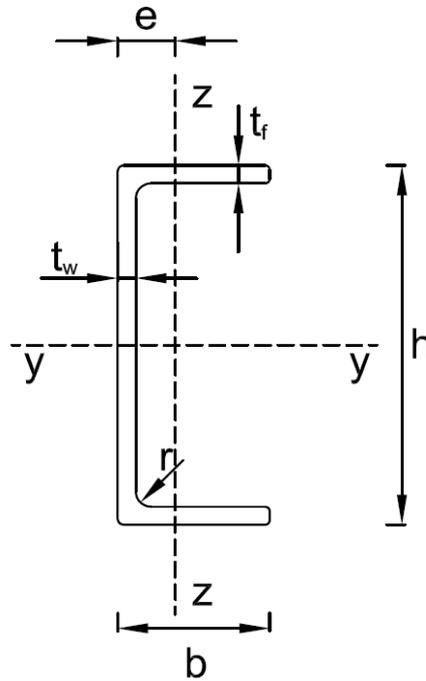


Bild 2: U-Profil

Tabelle 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 |
| 70 x 30 x 5 | 70 | 30 | 5 | 5 | 2 | 0,60 | 0,35 | 0,30 | 1,08 | 0,40 | 0,04 | 8,72 |
| 85 x 31 x 5 | 85 | 31 | 5 | 5 | 2 | 0,68 | 0,42 | 0,31 | 1,23 | 0,66 | 0,05 | 8,22 |
| 100 x 30 x 6 | 100 | 30 | 6 | 6 | 4 | 0,89 | 0,46 | 0,36 | 1,61 | 1,15 | 0,06 | 7,80 |
| 100 x 50 x 6 | 100 | 50 | 6 | 6 | 5 | 1,14 | 0,58 | 0,46 | 2,04 | 1,68 | 0,26 | 14,6 |
| 114 x 41 x 6 | 114 | 41 | 6 | 6 | 6 | 1,11 | 0,57 | 0,45 | 2,00 | 1,98 | 0,15 | 10,7 |
| 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 |
| 150 x 40 x 6 | 150 | 40 | 6 | 6 | 8 | 1,33 | 0,90 | 0,48 | 2,39 | 3,90 | 0,15 | 9,10 |
| 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 |

Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaser-
 verstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901

Anlage 1.3

Winkelprofil, Profilkennwerte

Geometrie, Querschnittsabmessungen und Eigengewicht

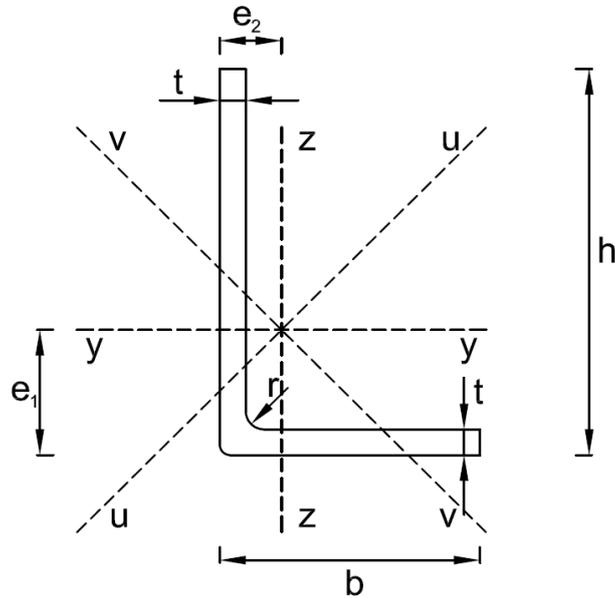


Bild 3: Winkelprofil

Tabelle 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 |
| 50 x 50 x 6 | 6 | 7 | 0,57 | 0,27 | 0,27 | 1,03 | 0,13 | 0,13 | 0,21 | 0,057 | 14,6 | 14,6 |
| 50 x 50 x 8 | 8 | 7 | 0,75 | 0,36 | 0,36 | 1,34 | 0,17 | 0,17 | 0,26 | 0,071 | 15,3 | 15,3 |
| 75 x 75 x 6 | 6 | 7 | 0,87 | 0,40 | 0,40 | 1,57 | 0,47 | 0,47 | 0,74 | 0,203 | 20,8 | 20,8 |
| 75 x 75 x 8 | 8 | 7 | 1,15 | 0,54 | 0,54 | 2,06 | 0,60 | 0,60 | 0,95 | 0,256 | 21,6 | 21,6 |
| 80 x 80 x 8 | 8 | 7 | 1,23 | 0,58 | 0,58 | 2,21 | 0,74 | 0,74 | 1,16 | 0,313 | 22,8 | 22,8 |
| 100 x 100 x 8 | 8 | 7 | 1,55 | 0,72 | 0,72 | 2,78 | 1,49 | 1,49 | 2,34 | 0,626 | 27,8 | 27,8 |
| 100 x 100 x 10 | 10 | 7 | 1,91 | 0,90 | 0,90 | 3,44 | 1,80 | 1,80 | 2,85 | 0,757 | 28,6 | 28,6 |
| 100 x 100 x 12 | 12 | 7 | 2,27 | 1,08 | 1,08 | 4,08 | 2,10 | 2,10 | 3,32 | 0,883 | 29,3 | 29,3 |
| 150 x 100 x 8 | 8 | 7 | 1,95 | 1,08 | 0,72 | 3,50 | 4,57 | 1,67 | 5,27 | 0,971 | 47,8 | 22,9 |
| 150 x 100 x 10 | 10 | 7 | 2,41 | 1,35 | 0,90 | 4,34 | 5,59 | 2,03 | 6,44 | 1,180 | 48,6 | 23,7 |
| 150 x 100 x 12 | 12 | 7 | 2,87 | 1,62 | 1,08 | 5,16 | 6,57 | 2,37 | 7,56 | 1,380 | 49,4 | 24,5 |
| 150 x 150 x 8 | 8 | 7 | 2,35 | 1,08 | 1,08 | 4,22 | 5,21 | 5,21 | 8,24 | 2,170 | 40,3 | 40,3 |
| 150 x 150 x 10 | 10 | 7 | 2,91 | 1,35 | 1,35 | 5,24 | 6,38 | 6,38 | 10,1 | 2,650 | 41,1 | 41,1 |
| 150 x 150 x 12 | 12 | 7 | 3,47 | 1,62 | 1,62 | 6,24 | 7,51 | 7,51 | 11,9 | 3,110 | 41,9 | 41,9 |

Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaser-
 verstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901

Anlage 1.4

Vierkanthohlprofil, Profilkennwerte

Geometrie, Querschnittsabmessungen und Eigengewicht

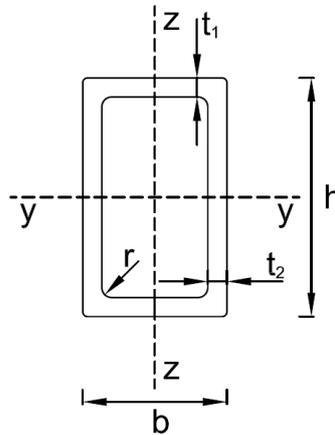


Bild 4: Vierkanthohlprofil

Tabelle 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 |
| 75 x 75 x 6 | 75 | 75 | 6 | 6 | 4 | 1,67 | 0,81 | 0,81 | 3,00 | 1,33 | 1,33 |
| 75 x 75 x 8 | 75 | 75 | 8 | 8 | 4 | 2,15 | 1,19 | 1,19 | 3,87 | 1,63 | 1,63 |
| 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 |
| 114 x 114 x 6 | 114 | 114 | 6 | 6 | 4 | 2,60 | 1,23 | 1,23 | 4,68 | 5,08 | 5,08 |
| 114 x 114 x 8 | 114 | 114 | 8 | 8 | 4 | 3,40 | 1,66 | 1,66 | 6,12 | 6,41 | 6,41 |
| 114 x 114 x 10 | 114 | 114 | 10 | 10 | 4 | 4,17 | 2,00 | 2,00 | 7,51 | 7,59 | 7,59 |
| 120 x 60 x 5 | 120 | 60 | 5 | 5 | 4 | 1,70 | 1,10 | 0,50 | 3,06 | 3,09 | 1,01 |
| 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 7 | 132 | 132 | 7 | 7 | 8 | 3,54 | 1,83 | 1,83 | 6,37 | 9,26 | 9,26 |
| 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 |
| 140 x 60 x 6 x 5 | 140 | 60 | 6 | 5 | 6 | 2,00 | 1,40 | 0,70 | 3,65 | 5,08 | 1,20 |
| 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 |

Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaser-
 verstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901

Anlage 1.5

Flachprofil, Profilkennwerte

Geometrie, Querschnittsabmessungen und Eigengewicht

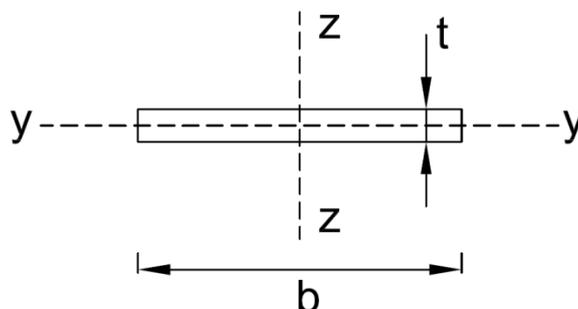


Bild 5: Flachprofil

Tabelle 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 |
| 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 |
| 500 x 10 | 500 | 10 | 5,0 | 3,32 | 3,32 | 9,00 | 0,0417 | 104,180 |

Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaser-
 verstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901

Anlage 1.6

Handlaufprofil, Profilkennwerte

Geometrie, Querschnittsabmessungen und Eigengewicht

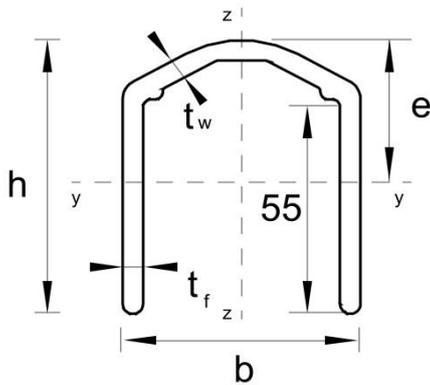


Bild 6.1: Handlaufprofil 70 x 60 x 5

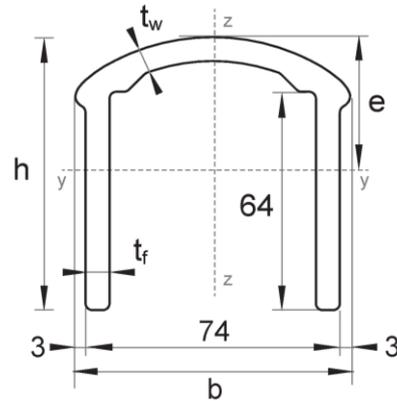


Bild 6.2: Handlaufprofil 80 x 80 x 7

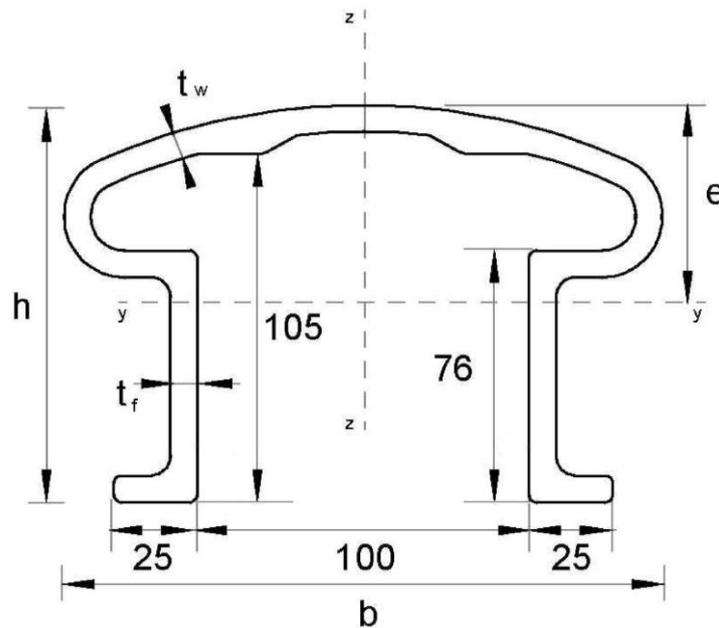


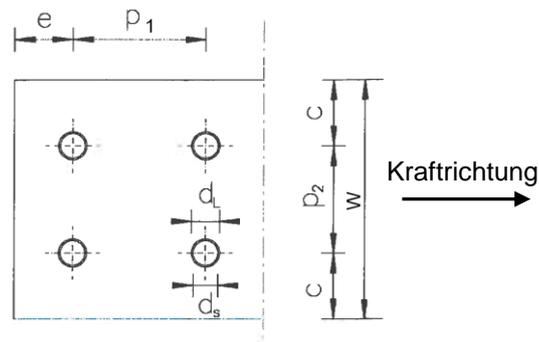
Bild 6.3: Handlaufprofil 120 x 180 x 8

Tabelle 6: Profiltabelle Handlaufprofil

| Handlaufprofil h x b x t | h mm | b mm | t _f mm | t _w 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 | 10 ³ | 10 ³ | 10 ³ | 1 | 10 ⁶ | 10 ⁶ | 1 |
| 70 x 60 x 5 | 70 | 60 | 5 | 5 | 0,86 | 0,58 | 0,30 | 1,55 | 0,38 | 0,50 | 29,39 |
| 80 x 80 x 7 | 80 | 80 | 7 | 7 | 1,49 | 0,64 | 1,28 | 2,67 | 0,87 | 1,31 | 31,9 |
| 120 x 180 x 8 | 120 | 180 | 8 | 8 | 3,77 | 1,81 | 2,53 | 6,78 | 5,55 | 12,80 | 47,6 |

Minimale Rand- und Lochabstände

| Mindestabstände | e | c | p ₁ | p ₂ |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Kraft in Pultrusionsrichtung | 2,5 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 Anziehungsmomente M_A und Vorspannkräfte F_V

| Scheibe / Schraube d _S [mm] | M 8 8 | M 10 10 | M 12 12 | M 16 16 | M 20 20 |
|--|---|------------|------------|------------|------------|
| Außendurchmesser der Unterlegscheibe | Es sind Stahlscheiben ¹⁾ mit extra großem Durchmesser von mindestens 3,4 · d_S anzuwenden. | | | | |
| M _A [Nm] | 16,8 | 33,2 | 59,0 | 141,2 | 275,3 |
| F _V [kN] | 11,1 | 17,48 | 26,24 | 47,07 | 73,42 |
| Außendurchmesser der Unterlegscheibe | Für Schraubverbindungen die nur einer Lagesicherung dienen, sind Stahlscheiben ²⁾ mit Durchmesser von mindestens 3,0 · d_S anzuwenden. | | | | |
| M _A [Nm] | 5,73 | 11,6 | 20,9 | 50,7 | 98,6 |
| F _V [kN] | 3,78 | 6,09 | 9,28 | 16,91 | 26,30 |
| ¹⁾ z.B. Scheiben der Norm DIN EN ISO 7094 | | | | | |
| ²⁾ z.B. Scheiben der Norm DIN EN ISO 7093 | | | | | |

Zwischen Schrauben- und Lochdurchmesser ist folgendes Lochspiel einzuhalten:

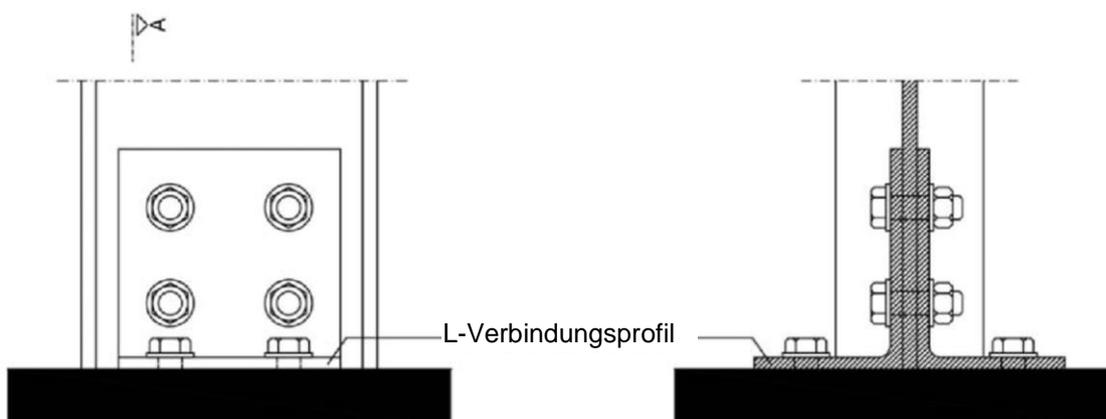
- Schraube M 8 bis M 16: d_L - d_S ≤ 1,0 mm
- Schraube M 20: d_L - d_S ≤ 2,0 mm

elektronische Kopie der abz des dibt: z-10.39-791

Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901; Doppel-T-Profile, U-Profile, Winkelprofile, Vierkanthohlprofile, Flachprofile und

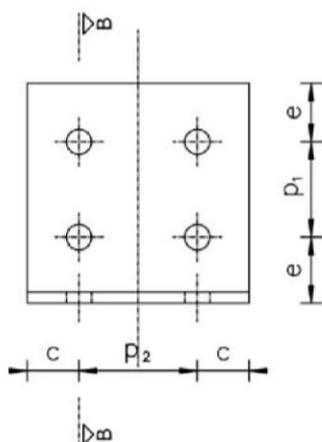
Verbindungen
 Abstände der Bohrungen bei unterschiedlichen Lastrichtungen
 Maximale Anzugsmomente

Anlage 2.1

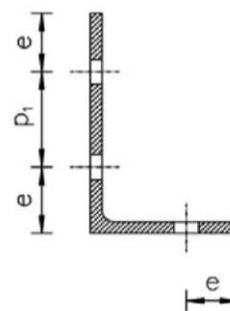


Verbindung I-Profil

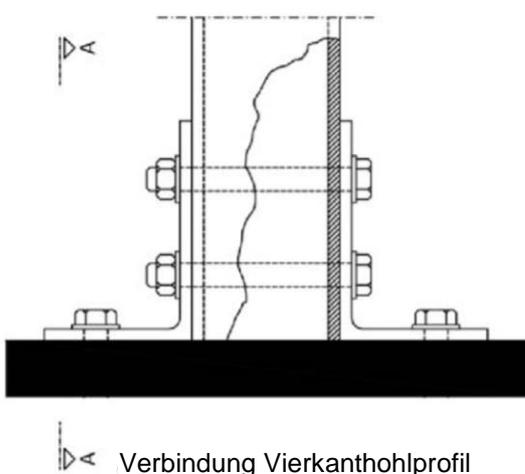
Schnitt A-A



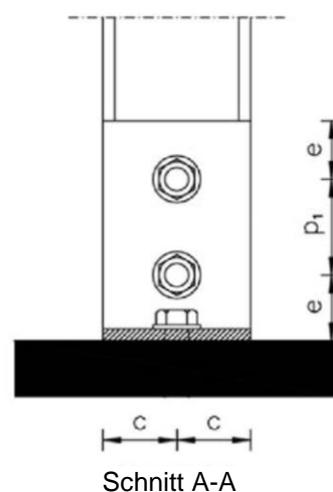
L-Verbindungsprofil



Schnitt B-B



Verbindung Vierkanthohlprofil



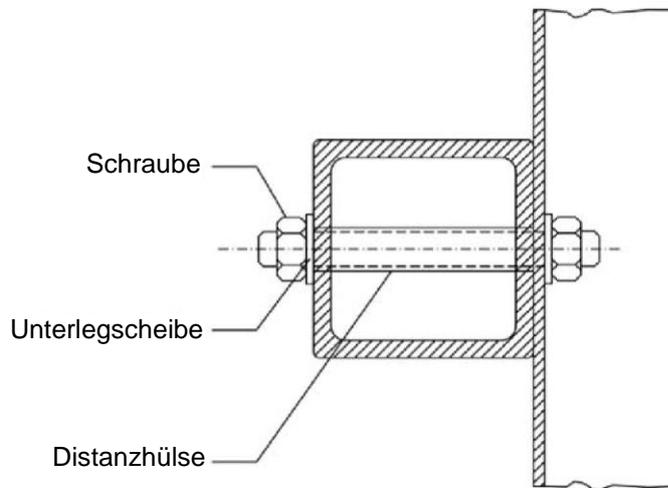
Schnitt A-A

elektronische Kopie der Abz des dibt: z-10.39-791

Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901;
 Doppel-T-Profile, U-Profile, Winkelprofile, Vierkanthohlprofile, Flachprofile und

Verbindungen
 Schraubenverbindungen bei Anschlüssen

Anlage 2.2



Lastverteilungsplatte

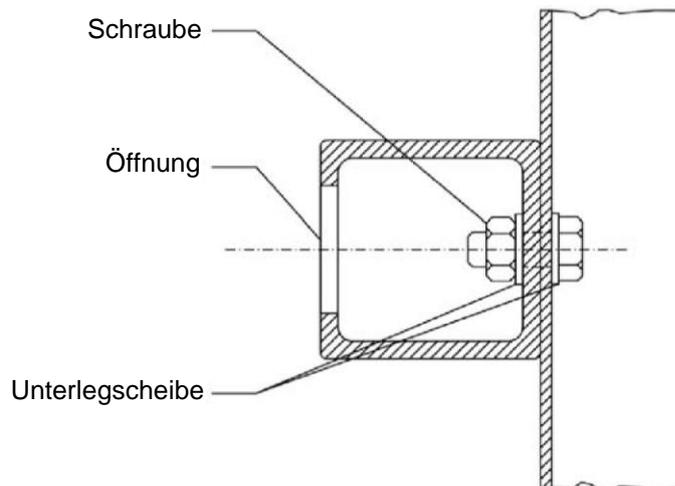
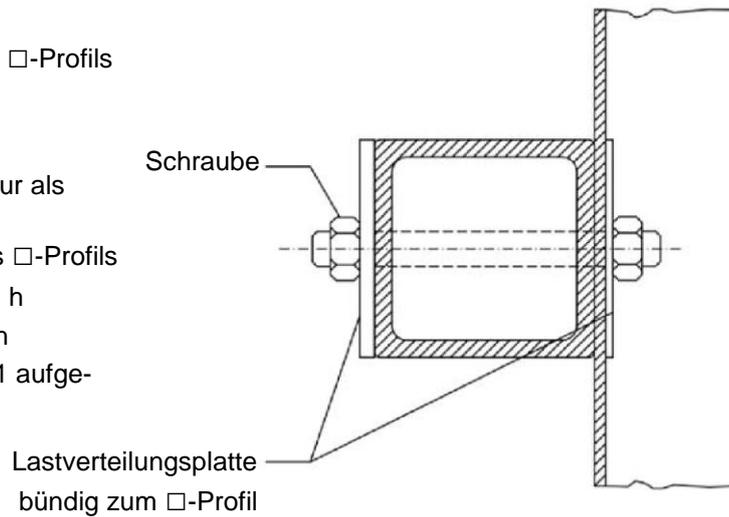
quadratisch $b \times b$ bzw. $h \times h$ des \square -Profils

Stahlplatte: $t \geq 0,12 \times b$ bzw. h

GFK-Platte: $t \geq 0,2 \times b$ bzw. h

Für Schraubverbindungen, die nur als **Lagesicherung** dienen, gilt:

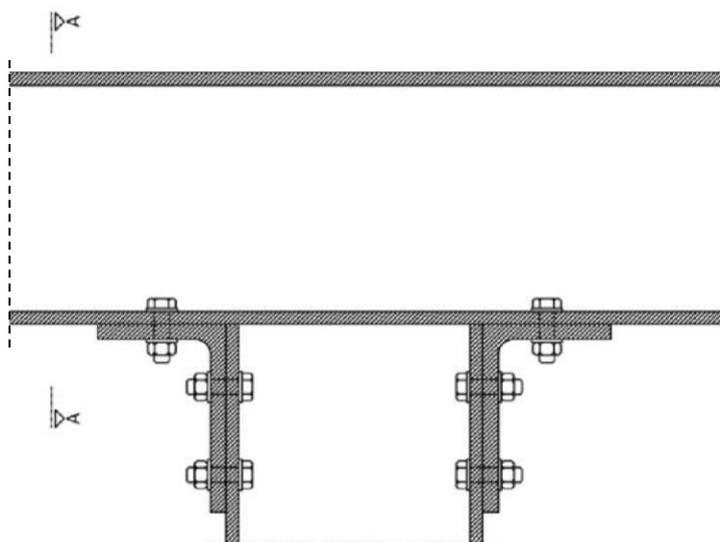
- Breite: $\geq 0,5 b$ bzw. $\geq 0,5 h$ des \square -Profils
- Stahlplatte: $t \geq 0,08 \times b$ bzw. h
- GFK-Platte: $t \geq 0,1 \times b$ bzw. h
- $M_A \leq 0,3 \times M_A$ der in Anlage 2.1 aufgeführten Werte für $3,0 \cdot d_s$



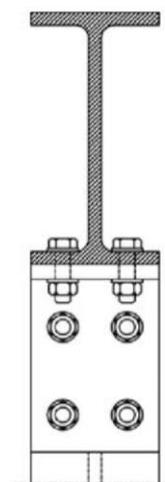
Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901;
 Doppel-T-Profile, U-Profile, Winkelprofile, Vierkanthohlprofile, Flachprofile und

Verbindungen
 Querkraft beanspruchte Anschlüsse von Hohlprofilen

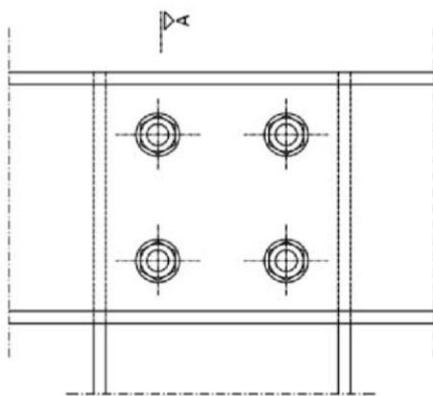
Anlage 2.3



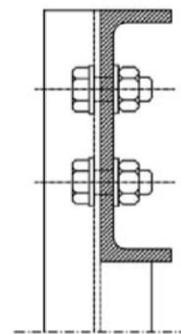
Verbindung von I-Profilen



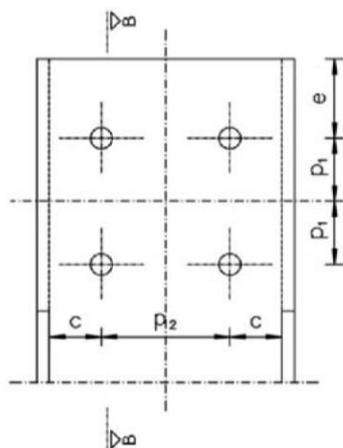
Schnitt A-A



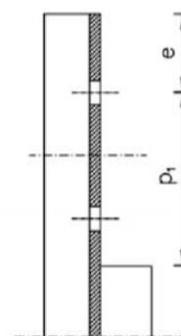
Verbindung von U-/I-Profilen



Schnitt A-A



Verbindung zweier I-Profile

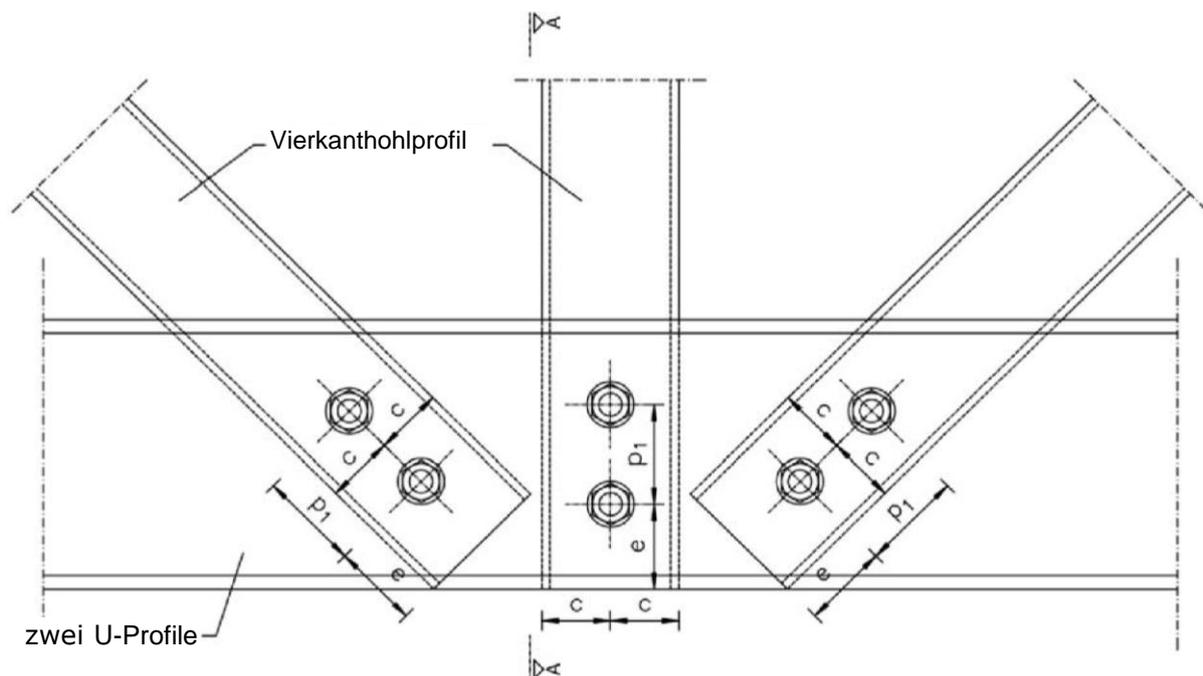


Schnitt B-B

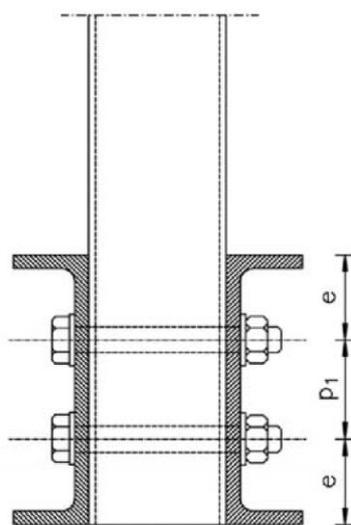
Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901;
 Doppel-T-Profile, U-Profile, Winkelprofile, Vierkanthohlprofile, Flachprofile und

Verbindungen
 Querkraft beanspruchte Anschlüsse

Anlage 2.4



Verbindung Vierkanthohlprofile - U-Profile



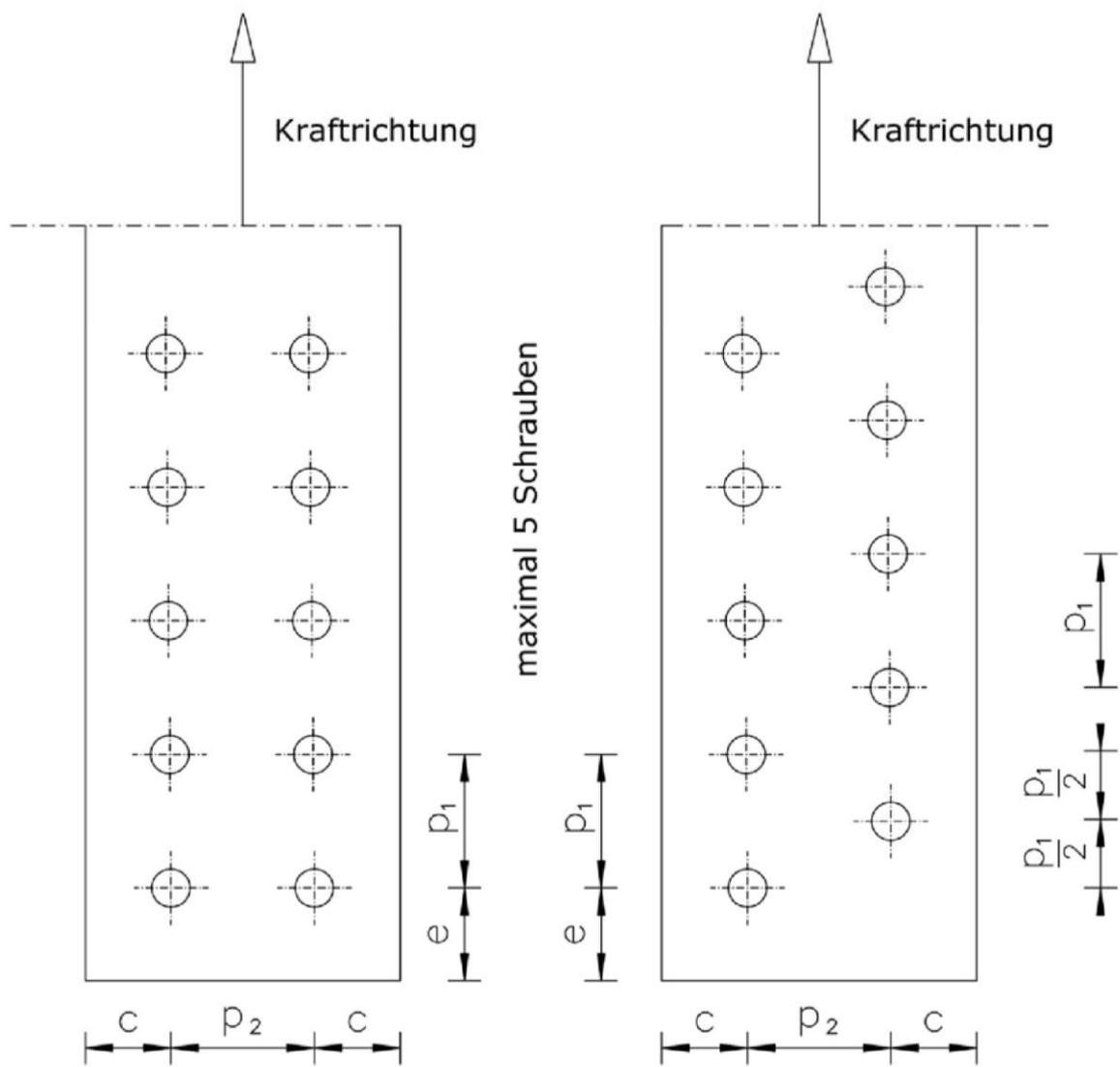
Schnitt A-A

elektronische Kopie der Abz des DIBt: Z-10.39-791

Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901;
 Doppel-T-Profile, U-Profile, Winkelprofile, Vierkanthohlprofile, Flachprofile und

Verbindungen
 Anschlüsse von Diagonalen

Anlage 2.5

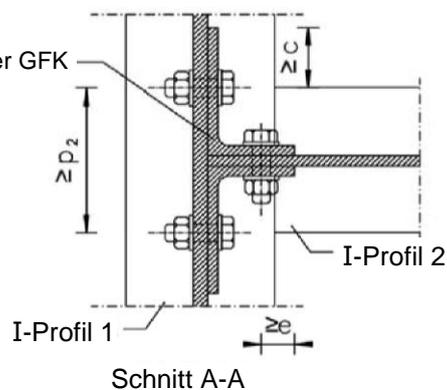
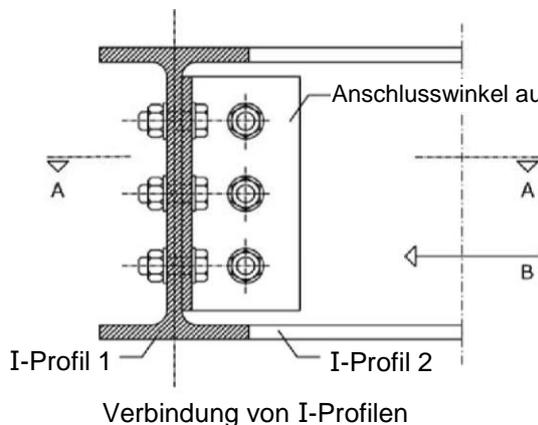


elektronische Kopie der abZ des dibt: z-10.39-791

Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901; Doppel-T-Profile, U-Profile, Winkelprofile, Vierkanthohlprofile, Flachprofile und

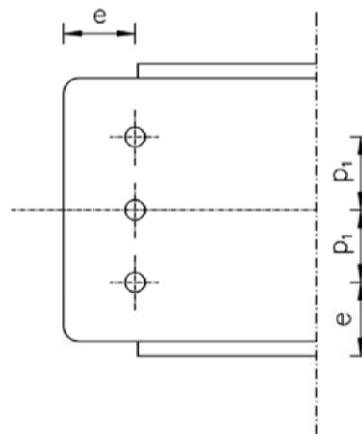
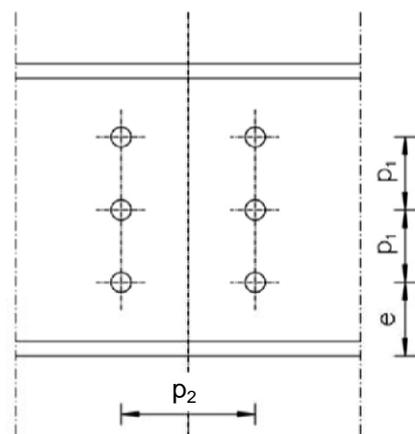
Verbindungen
 Schraubenanordnung für große Lasteinleitungen

Anlage 2.6



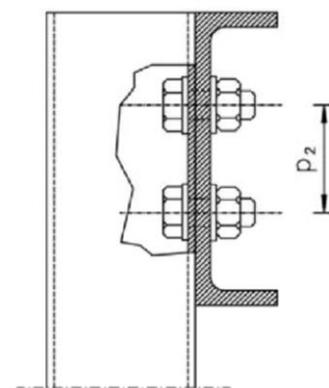
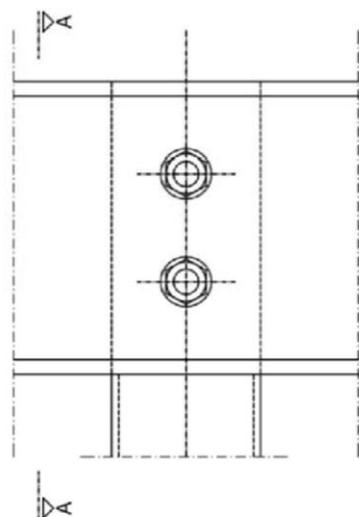
Verbindung von I-Profilen

Schnitt A-A



Schraubenbild an I-Profil 1
 Ansicht B

Ausbildung Anschluss I-Profil 2



Verbindung Vierkanthohlprofil – U-Profil

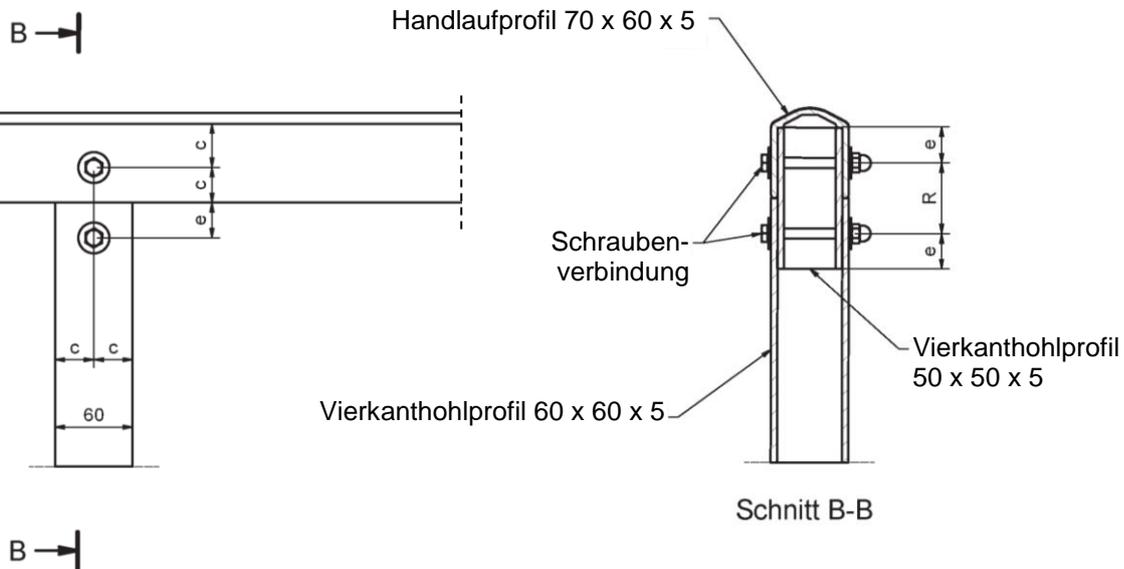
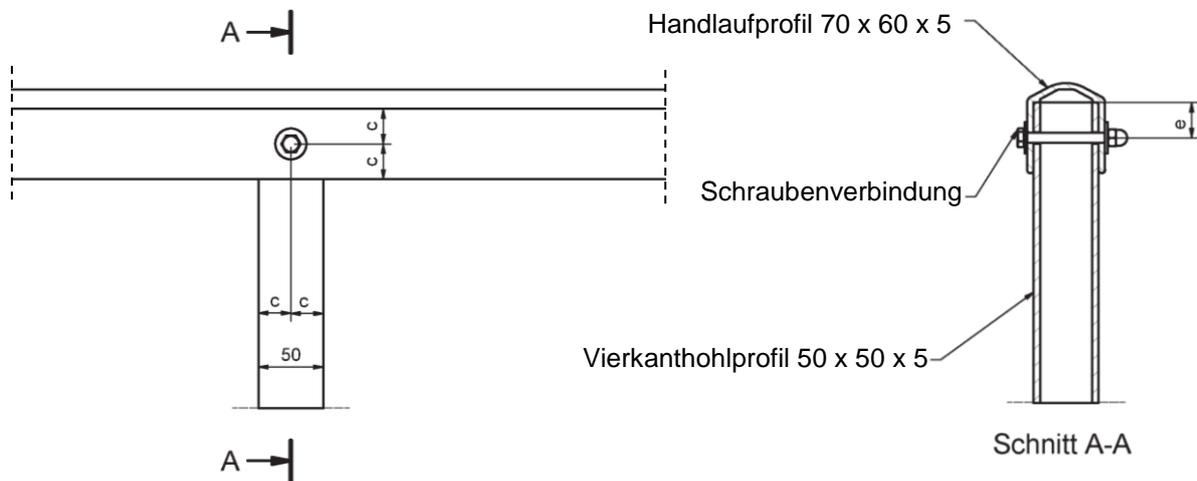
Schnitt A-A

Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901; Doppel-T-Profile, U-Profile, Winkelprofile, Vierkanthohlprofile, Flachprofile und

Verbindungen
 Ausbildung von Stumpfstoßen

Anlage 2.7

Handlaufprofil 70 x 60 x 5



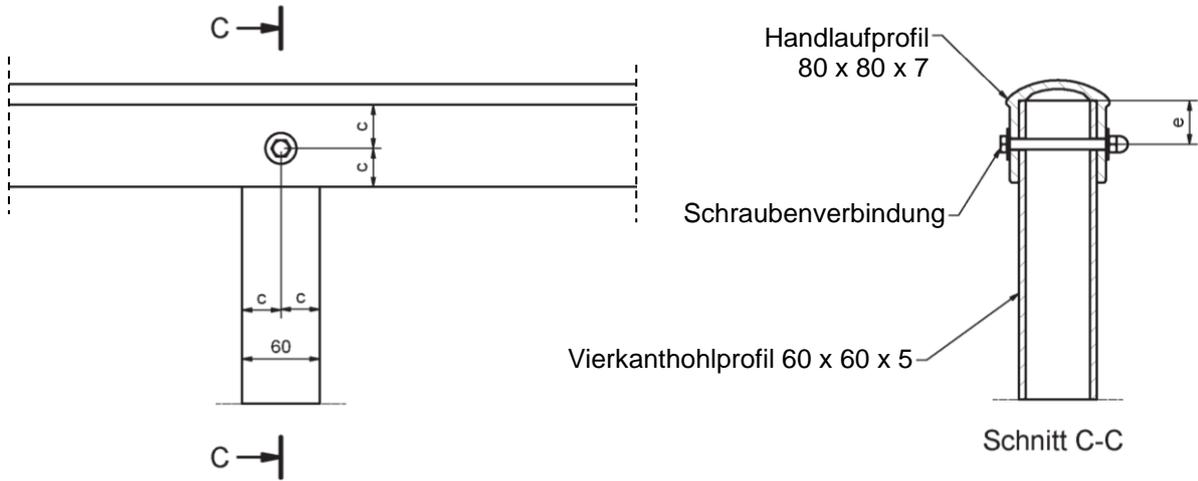
elektronische Kopie der abZ des dibt: z-10.39-791

Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901;
 Doppel-T-Profile, U-Profile, Winkelprofile, Vierkanthohlprofile, Flachprofile und

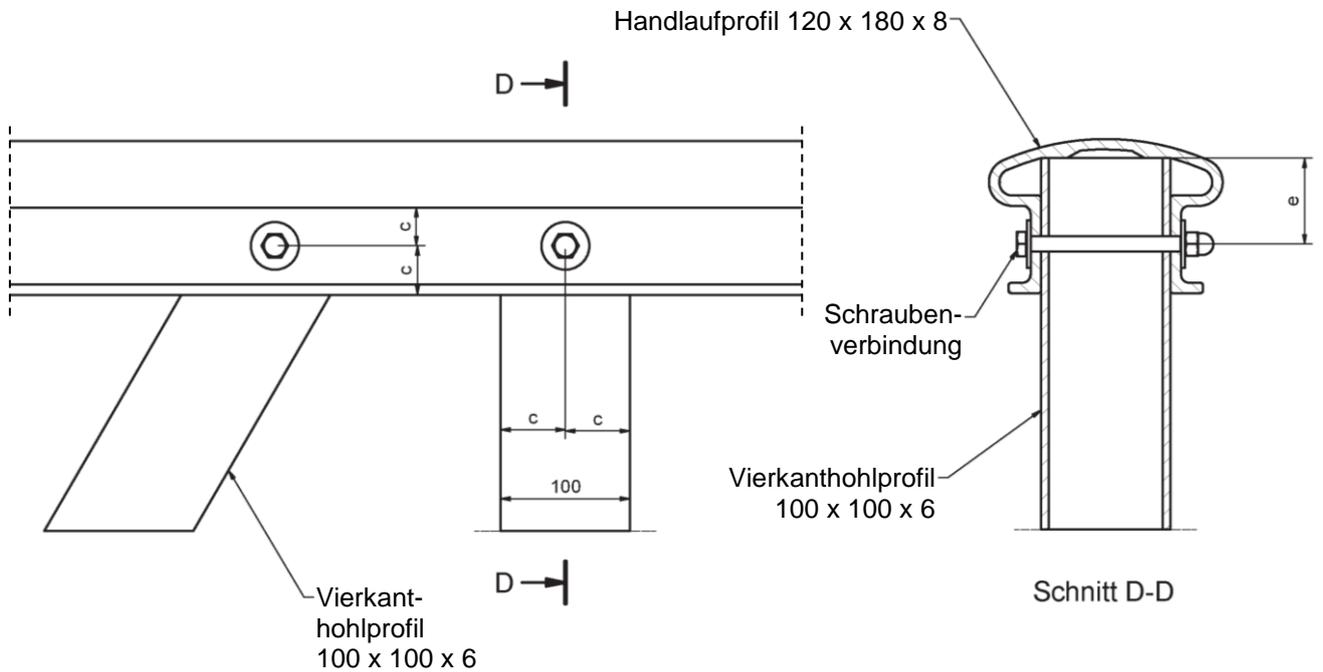
Verbindungen
 Handlaufprofil 70 x 60 x 5

Anlage 2.8

Handlaufprofil 80 x 80 x 7



Handlaufprofil 120 x 180 x 8



elektronische Kopie der Abz des dibt: z-10.39-791

Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901;
 Doppel-T-Profile, U-Profile, Winkelprofile, Vierkanthohlprofile, Flachprofile und

Verbindungen
 Handlaufprofil 80 x 80 x 7 und Handlaufprofil 120 x 180 x 8

Anlage 2.9

**Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaser-
verstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901,
Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis
für Stabtragwerke**

**Anlage 3
Blatt 1 von 9**

1 Vorbemerkung

Die folgende Regelung zum Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis gilt nur für Stabtragwerke aus GFK-Profilen nach der allgemeinen Bauartgenehmigung Nr. Z-10.39-791 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 Bauartgenehmigung zu entnehmen.

3 Materialkennwerte, Sicherheitsbeiwerte und Einflussfaktoren

Für die Bemessung sind folgende Werte der allgemeinen Bauartgenehmigung zu entnehmen (siehe Abschnitt 2.2.1):

- Baustoffeigenschaften wie Modulwerte, Querkontraktionen, Festigkeitskennwerte
- Einflussfaktoren A_1^f für die Berücksichtigung der Einwirkungsdauer beim Nachweis der Tragfähigkeit (Festigkeitsnachweise)
- Einflussfaktoren A_1^E für die Berücksichtigung der Einwirkungsdauer beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit und beim Nachweis der Tragfähigkeit (Stabilitätsnachweise)
- 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 den bauaufsichtlich eingeführten Technischen Baubestimmungen 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 2.2.1.2 der allgemeinen Bauartgenehmigung zu entnehmen.

Bei allen Lasteinleitungen ist eine ausreichende Lastverteilung zur Vermeidung von Spannungsspitzen vorzusehen. Die maximale Druckspannung unter örtlicher Lasteinleitung darf maximal 25 N/mm² 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.

**Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaser-
verstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901,
Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis
für Stabtragwerke**

**Anlage 3
Blatt 2 von 9**

4.2 Eigenlasten

Die Lasten sind entsprechend den eingeführten Technischen Baubestimmungen anzusetzen.

Das Eigengewicht der GFK-Profile kann den Anlagen 1.1 bis 1.6 der allgemeinen Bauartgenehmigung 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 den eingeführten Technischen Baubestimmungen anzusetzen.

Dauer der Lasteinwirkung: sehr kurz

4.4 Schnee- und Eislasten

Die Lasten sind entsprechend den eingeführten Technischen Baubestimmungen anzusetzen.

Dauer der Lasteinwirkung: mittel

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

4.5 Temperatureinwirkungen

Betriebstemperaturen (Auslegungstemperatur 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 EN 1991-1-1:2010-12 unter Berücksichtigung der zugehörigen DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12 mit Ausnahme der dort aufgeführten Lasten in den Abschnitten 6.3.2 und 6.3.3.

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

- Lasten des Abschnitts 6.3.1 (siehe Nationalen Anhang): ständig
- Lasten des Abschnitts 6.3.4 (siehe Nationalen Anhang): kurz
- Lasten des Abschnitts 6.4 (1) und 6.4 (2) (siehe Nationalen Anhang): mittel
- Lasten des Abschnitts 6.4 (NA.3) bis 6.4 (NA.6) (siehe Nationalen Anhang): ständig

**Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaser-
verstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901,
Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis
für Stabtragwerke**

**Anlage 3
Blatt 3 von 9**

5 Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit

5.1 Allgemeines

Es sind die Kennwerte gemäß der allgemeinen Bauartgenehmigung, Abschnitt 2.2.1 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

Dafür gilt:

$E_{tx} = E_{cx} = 24000 \text{ N/mm}^2$ 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 EN 1993 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 EN 1990.

5.2 Grenzzustände der Tragfähigkeit

5.2.1 Allgemeines

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

**Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaser-
 verstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901,
 Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis
 für Stabtragwerke**

**Anlage 3
 Blatt 4 von 9**

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 wie folgt zu überlagern.

Folgende Bedingung ist einzuhalten:

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

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:

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

Die Anschlüsse der Profile, die Schraubenverbindungen untereinander und die Last-einleitungen 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 :

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

**Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaser-
 verstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901,
 Tragfähigkeits- und Gebrauchtauglichkeitsnachweis
 für Stabtragwerke**

**Anlage 3
 Blatt 5 von 9**

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

- 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 |

**Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaser-
verstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901,
Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis
für Stabtragwerke**

**Anlage 3
Blatt 6 von 9**

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:

$$\frac{\frac{\sigma_{xd}}{\sigma_{cr}}}{\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3} \leq 1$$

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.

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

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 darf der in der allgemeinen Bauartgenehmigung aufgeführte charakteristische Wert mit 1,1 multipliziert werden.

Die in Abschnitt 2.2.1.3, Tabelle 4 der allgemeinen Bauartgenehmigung aufgeführten Bemessungsgrenzwerte 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 Bauartgenehmigung.

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

**Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaser-
verstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901,
Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis
für Stabtragwerke**

**Anlage 3
Blatt 7 von 9**

Für den Verformungsnachweis gilt:

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

Die Verformungen des Tragwerkes sind nachzuweisen. Sie 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 $L/200$ nicht überschreitet. Ggf. sollte die Anforderung der Durchbiegung im Bauvertrag geregelt werden.

5.5 Tragfähigkeitsnachweis der Verbindungselemente

5.5.1 Allgemeines

Für die Einflussfaktoren A_1^f , A_2 und A_3 sind die Werte der Bauartgenehmigung 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 Bauartgenehmigung einzuhalten. In allen Fällen sind Unterscheiben zu verwenden, die in Größe und Dicke mindestens der Norm DIN 440 entsprechen.

5.5.2 Beanspruchung in Laminebene

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:

$$\frac{P_{S,d}}{f_p \cdot d_S \cdot t \cdot (d_S / d_L)^2} \leq 1 \quad \text{Lochleibungsdruck}$$
$$\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3$$

$$\frac{P_{S,d}}{f_{t,xy} \cdot 2 \cdot e \cdot t} \leq 1 \quad \text{Schubversagen}$$
$$\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3$$

$$\frac{P_{S,d}}{f_t \cdot A_{Rest} / k_{tc}} \leq 1 \quad \text{Zugversagen im Restquerschnitt}$$
$$\gamma_{MR} \cdot A_2 \cdot A_3$$

f_p : Bolzentragfähigkeit

$f_{t,xy}$: Scherfestigkeit in der Laminebene

f_t : 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

**Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaser-
 verstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901,
 Tragfähigkeits- und Gebrauchtauglichkeitsnachweis
 für Stabtragwerke**

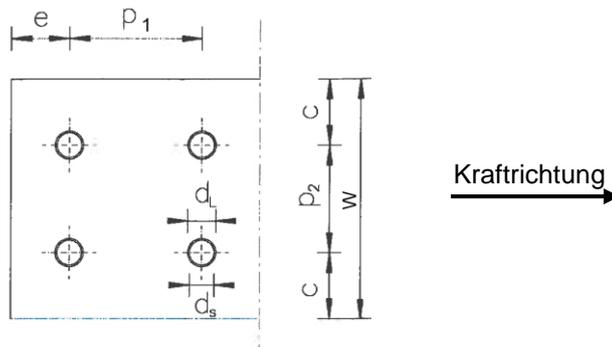
**Anlage 3
 Blatt 8 von 9**

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

Bei genauer Nachweisführung sind die Werte der nachfolgenden Tabelle anzusetzen.

| w / d_s e / w | 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.



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 2.9 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.

**Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaser-
verstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901,
Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis
für Stabtragwerke**

**Anlage 3
Blatt 9 von 9**

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

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