

## 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 4102-1<sup>1</sup>).

### 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.

<sup>1</sup> 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 Prüfsämter oder Prüfsingenieure für Standsicherheit mit besonderen Kenntnissen im Kunststoffbau zu beauftragen, z. B.:

- Prüfamt 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 Baubestimmungen<sup>2</sup> 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  $\gamma_F$ , des Beiwertes  $\psi$  und der Einflussfaktoren der Einwirkungsdauer  $A_1$ .

Alle maßgebenden Bemessungssituationen, Lastfälle und Lastfallkombinationen sind zu berücksichtigen. Die Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_F$  und die Beiwerte  $\psi$  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.

<sup>2</sup>

Siehe: [www.dibt.de](http://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 <sup>2</sup>	24000
Axialer Zugmodul $E_{tx}$	N/mm <sup>2</sup>	24000
Transversaler Zugmodul $E_{ty}$	N/mm <sup>2</sup>	7000
Axialer Druckmodul $E_{cx}$	N/mm <sup>2</sup>	24000
Transversaler Druckmodul $E_{cy}$	N/mm <sup>2</sup>	10000
Querkontraktion $\nu_{yx}$	-	0,23
Querkontraktion $\nu_{xy}$	-	0,07
Schubmodul $G_{xy}$ und $G_{yz}$	N/mm <sup>2</sup>	3000

Tabelle 3: Festigkeiten

Baustoffeigenschaften	Maßeinheit	Charakteristische Werte
Axiale Zugfestigkeit $f_{tx}$	N/mm <sup>2</sup>	240
Transversale Zugfestigkeit $f_{ty}$ für GFK-Profile - mit Harz "P2600" oder "P2607"	N/mm <sup>2</sup>	50
- mit Harz "P4506"		35
Axiale Druckfestigkeit $f_{cx}$	N/mm <sup>2</sup>	240
Transversale Druckfestigkeit $f_{cy}$	N/mm <sup>2</sup>	90
Axiale Schraubentragfähigkeit $f_{px}$ (Lochleibung)	N/mm <sup>2</sup>	200
Transversale Schraubentragfähigkeit $f_{py}$ (Lochleibung)	N/mm <sup>2</sup>	120

Baustoffeigenschaften	Maßeinheit	Charakteristische Werte
Axiale Biegezugfestigkeit $f_{fx}$	N/mm <sup>2</sup>	240
Transversale Biegezugfestigkeit $f_{fy}$	N/mm <sup>2</sup>	60
Interlaminare Scherfestigkeit $\tau_m$	N/mm <sup>2</sup>	20
Scherfestigkeit in Laminebene $f_{txy}$ (Durchknöpfen, Ausreißen der Schraube durch das Laminat)	N/mm <sup>2</sup>	50
Scherfestigkeit in Laminebene bei Torsionsbelastung von Vierkanthohlprofilen $f_{txy,torsion}$	N/mm <sup>2</sup>	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  $\gamma_M$ , 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 Materialsicherheitsbeiwert 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 $\epsilon_{tx}$	0,40
Transversaler Zug $\epsilon_{ty}$	0,15
Axialer Druck $\epsilon_{cx}$	0,40
Transversaler Druck $\epsilon_{cy}$	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

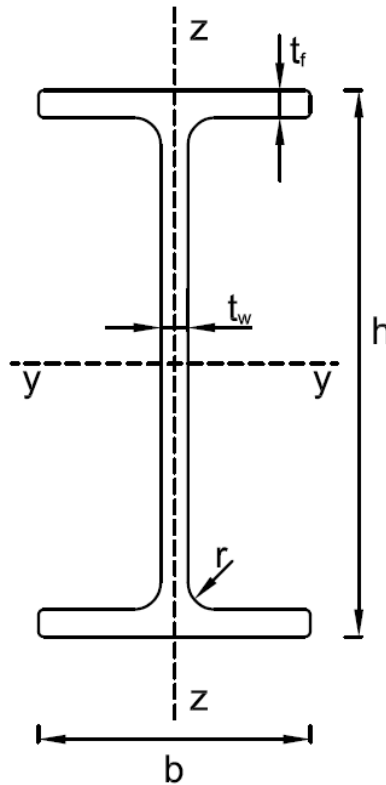


Bild 1: Doppel-T-Profil

Tabelle 1: Profiltabelle Doppel-T-Profil

I-Profil h x b	h mm	b mm	t <sub>f</sub> mm	t <sub>w</sub> mm	r mm	A mm <sup>2</sup>	A <sub>s,z</sub> mm <sup>2</sup>	A <sub>s,y</sub> mm <sup>2</sup>	g kg/m	I <sub>yy</sub> mm <sup>4</sup>	I <sub>zz</sub> mm <sup>4</sup>
Faktor	1	1	1	1	1	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>
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

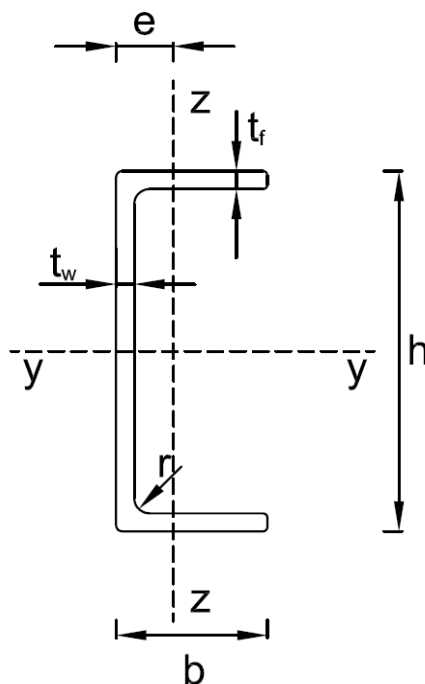


Bild 2: U-Profil

Tabelle 2: Profiltabelle U-Profil

U-Profil h x b x t	h mm	b mm	t <sub>f</sub> mm	t <sub>w</sub> mm	r mm	A mm <sup>2</sup>	A <sub>s,z</sub> mm <sup>2</sup>	A <sub>s,y</sub> mm <sup>2</sup>	g kg/m	I <sub>yy</sub> mm <sup>4</sup>	I <sub>zz</sub> mm <sup>4</sup>	e mm
Faktor	1	1	1	1	1	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	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

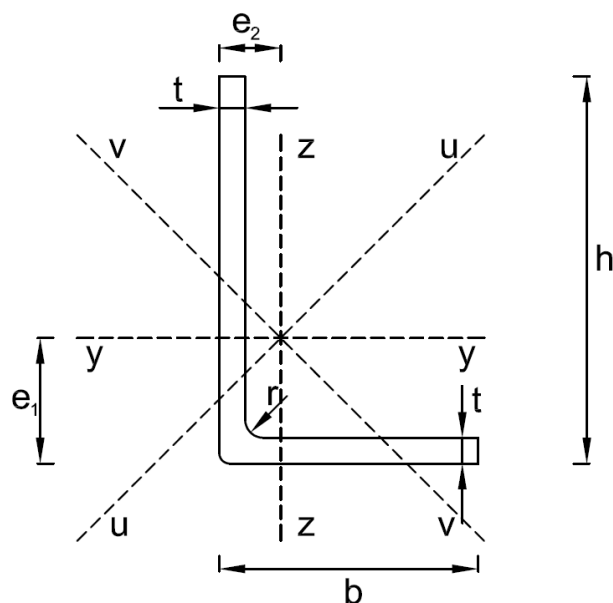


Bild 3: Winkelprofil

Tabelle 3: Profiltabelle Winkelprofil

L-Profil h x b x t	t mm	r mm	A mm <sup>2</sup>	A <sub>S,z</sub> mm <sup>2</sup>	A <sub>S,y</sub> mm <sup>2</sup>	g kg/m	I <sub>yy</sub> mm <sup>4</sup>	I <sub>zz</sub> mm <sup>4</sup>	I <sub>uu</sub> mm <sup>4</sup>	I <sub>vv</sub> mm <sup>4</sup>	e <sub>1</sub> mm	e <sub>2</sub> mm
Faktor	1	1	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	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

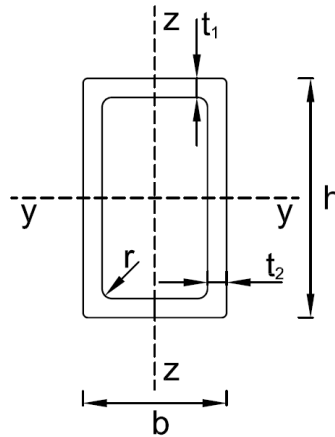


Bild 4: Vierkanthohlprofil

Tabelle 4: Profiltabelle Vierkanthohlprofile

□-Profil h x b x t	h mm	b mm	t <sub>1</sub> mm	t <sub>2</sub> mm	r mm	A mm <sup>2</sup>	A <sub>s,z</sub> mm <sup>2</sup>	A <sub>s,y</sub> mm <sup>2</sup>	g kg/m	I <sub>yy</sub> mm <sup>4</sup>	I <sub>zz</sub> mm <sup>4</sup>
Faktor	1	1	1	1	1	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>
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

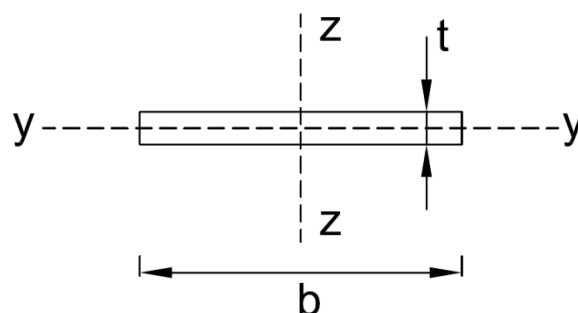


Bild 5: Flachprofil

Tabelle 5: Profiltabelle Flachprofile

Flachprofil b x t	b mm	t mm	A mm <sup>2</sup>	A <sub>S,z</sub> mm <sup>2</sup>	A <sub>S,y</sub> mm <sup>2</sup>	g kg/m	I <sub>yy</sub> mm <sup>4</sup>	I <sub>zz</sub> mm <sup>4</sup>
Faktor	1	1	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>
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

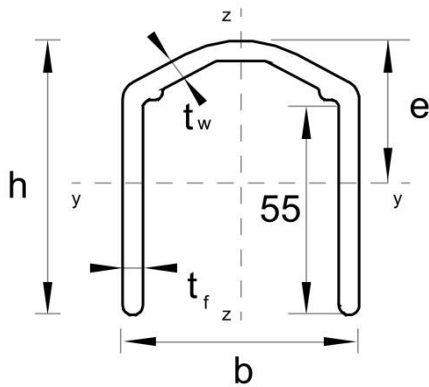


Bild 6.1: Handlaufprofil 70 x 60 x 5

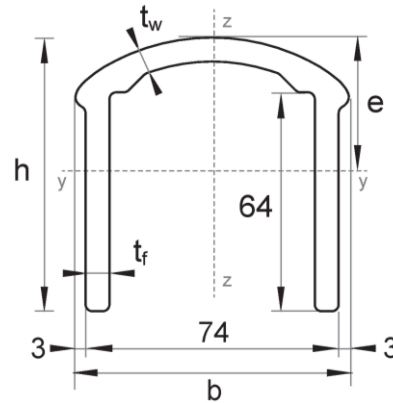


Bild 6.2: Handlaufprofil 80 x 80 x 7

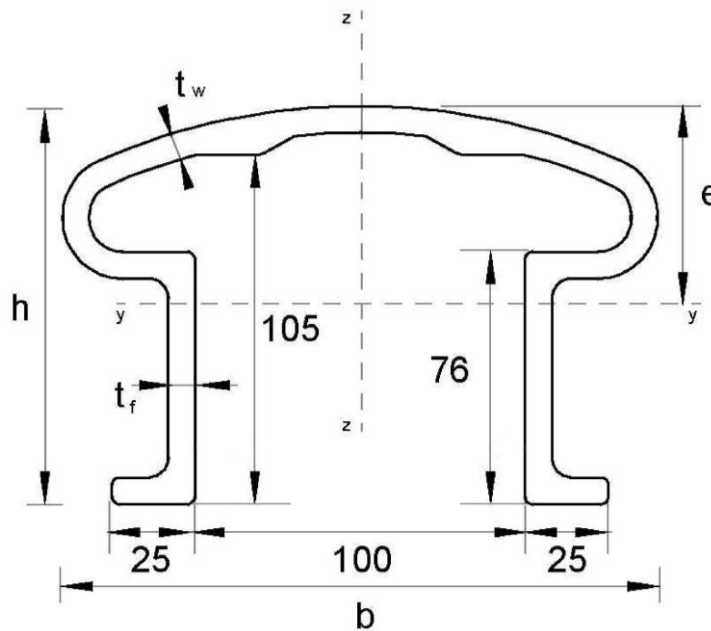


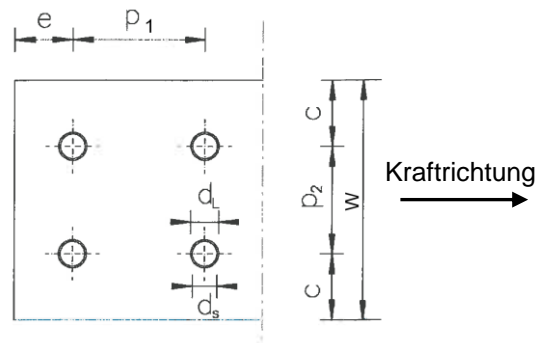
Bild 6.3: Handlaufprofil 120 x 180 x 8

Tabelle 6: Profiltabelle Handlaufprofil

Handlaufprofil h x b x t	h mm	b mm	t <sub>f</sub> mm	t <sub>w</sub> mm	A mm <sup>2</sup>	A <sub>s,z</sub> mm <sup>2</sup>	A <sub>s,y</sub> mm <sup>2</sup>	g kg/m	I <sub>yy</sub> mm <sup>4</sup>	I <sub>zz</sub> mm <sup>4</sup>	e mm
Faktor	1	1	1	1	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	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 <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>
Kraft in Pultrusionsrichtung	2,5 d <sub>S</sub>	2,0 d <sub>S</sub>	4,0 d <sub>S</sub>	4,0 d <sub>S</sub>
Kraft senkrecht zur Pultrusionsrichtung	2,5 d <sub>S</sub>	2,5 d <sub>S</sub>	4,0 d <sub>S</sub>	4,0 d <sub>S</sub>



d<sub>S</sub>: Schraubendurchmesser  
 d<sub>L</sub>: Lochdurchmesser

**Maximale Anziehungsmomente M<sub>A</sub> und Vorspannkkräfte F<sub>V</sub>**

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

Zwischen Schrauben- und Lochdurchmesser ist folgendes Lochspiel einzuhalten:

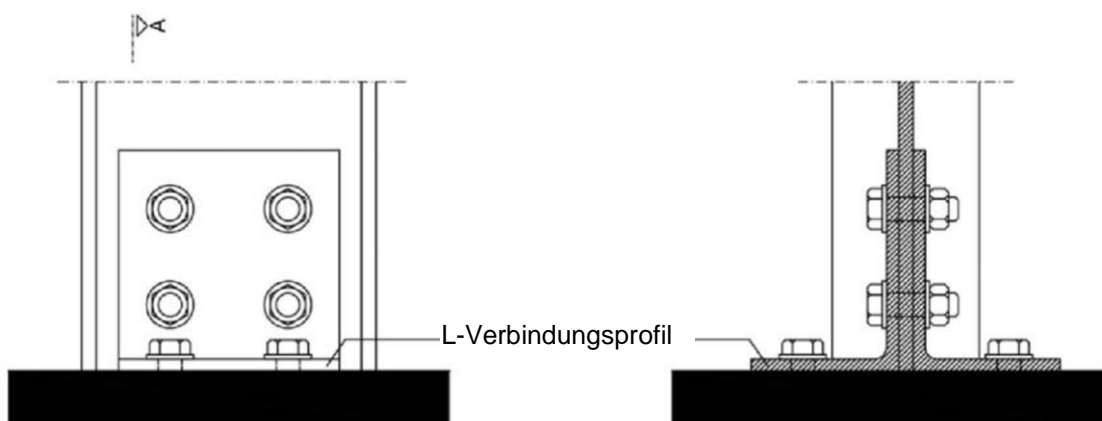
- Schraube M 8 bis M 16: d<sub>L</sub> - d<sub>S</sub> ≤ 1,0 mm
- Schraube M 20: d<sub>L</sub> - d<sub>S</sub> ≤ 2,0 mm

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

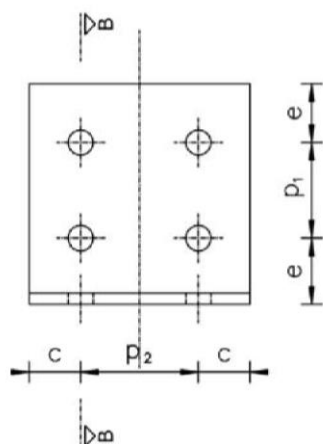
Verbindungen  
 Abstände der Bohrungen bei unterschiedlichen Lastrichtungen  
 Maximale Anzugsmomente

Anlage 2.1

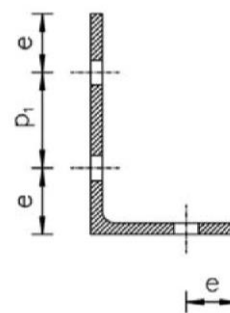


Verbindung I-Profil

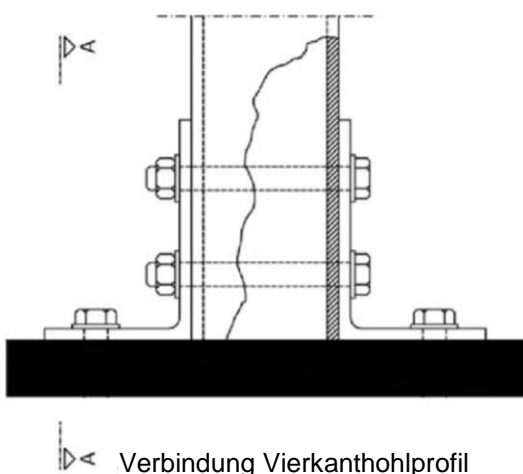
Schnitt A-A



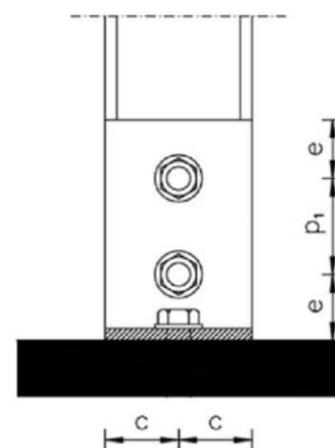
L-Verbindungsprofil



Schnitt B-B



Verbindung Vierkanthohlprofil



Schnitt A-A

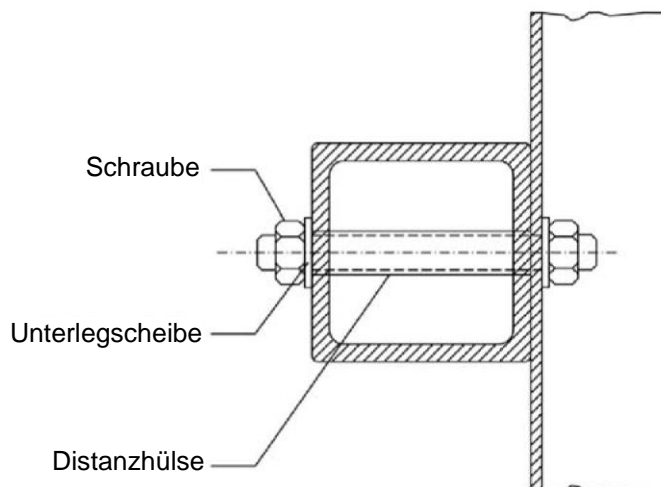
elektronische Kopie der Abz des dibt: z-10.39-791

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**

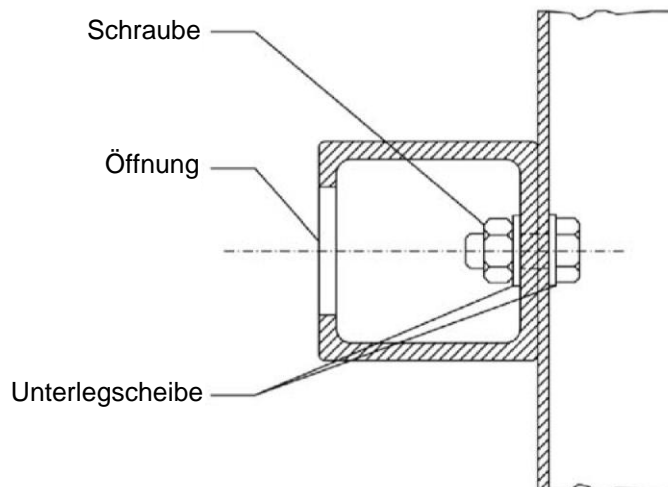
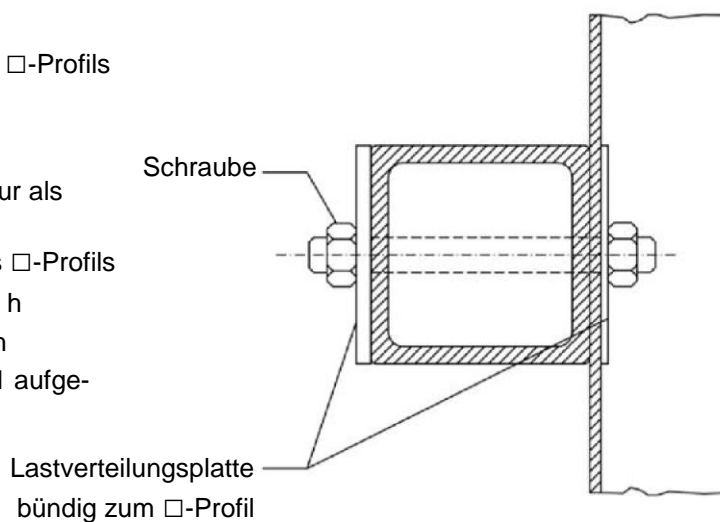
quadratisch  $b \times b$  bzw.  $h \times h$  des  $\square$ -Profils

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:

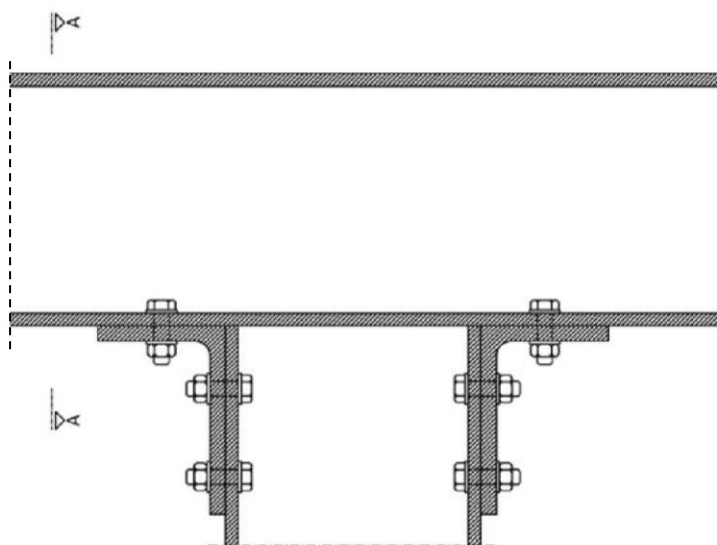
- Breite:  $\geq 0,5 b$  bzw.  $\geq 0,5 h$  des  $\square$ -Profils
- Stahlplatte:  $t \geq 0,08 \times b$  bzw.  $h$
- GFK-Platte:  $t \geq 0,1 \times b$  bzw.  $h$
- $M_A \leq 0,3 \times M_A$  der in Anlage 2.1 aufgeführten Werte für  $3,0 \cdot d_s$



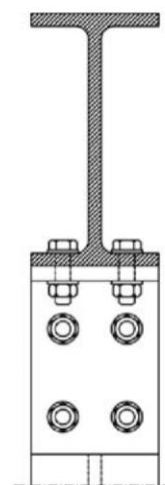
Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901;  
 Doppel-T-Profile, U-Profile, Winkelprofile, Vierkanthohlprofile, Flachprofile und

Verbindungen  
 Querkraft beanspruchte Anschlüsse von Hohlprofilen

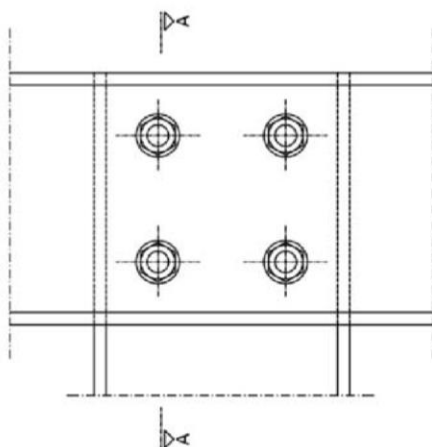
Anlage 2.3



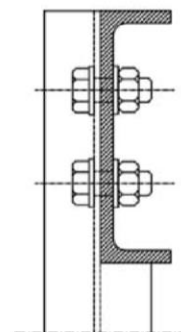
Verbindung von I-Profilen



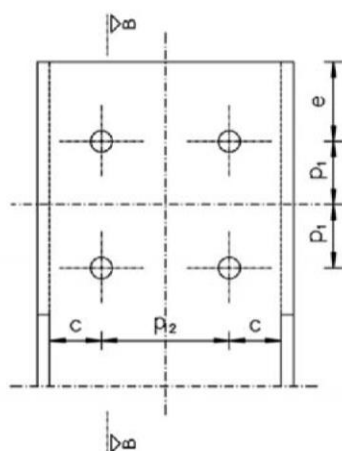
Schnitt A-A



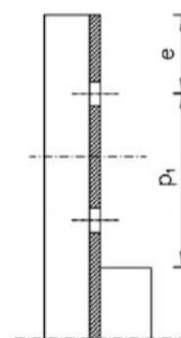
Verbindung von U-/I-Profilen



Schnitt A-A



Verbindung zweier I-Profile

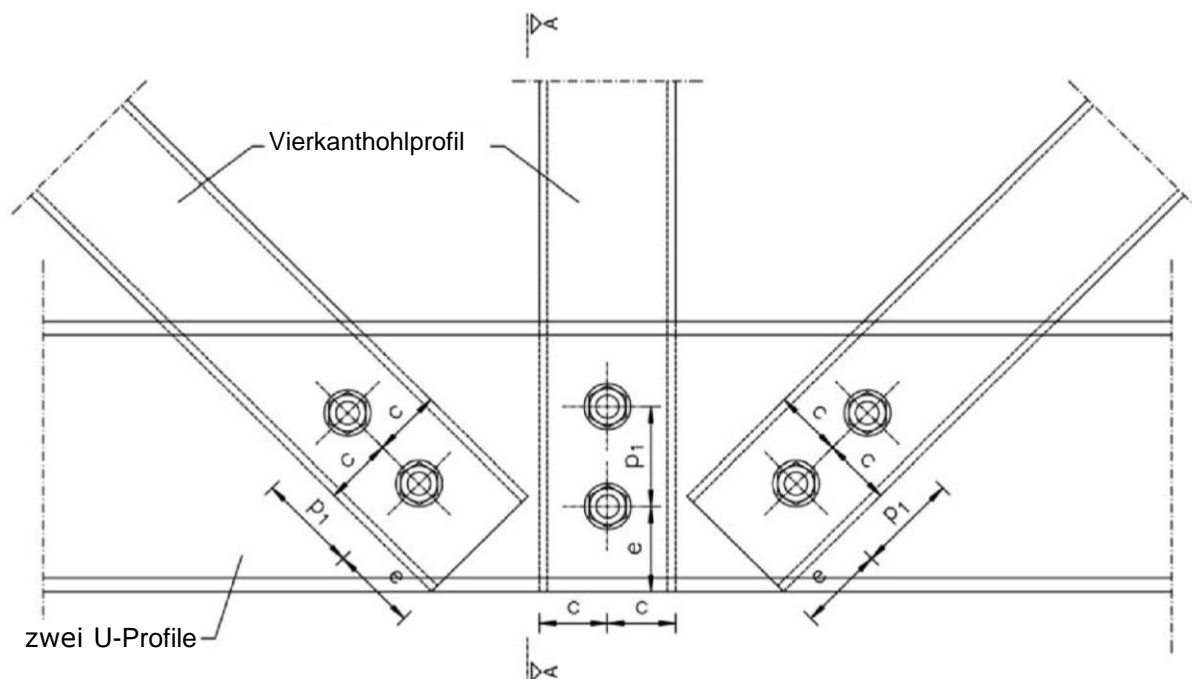


Schnitt B-B

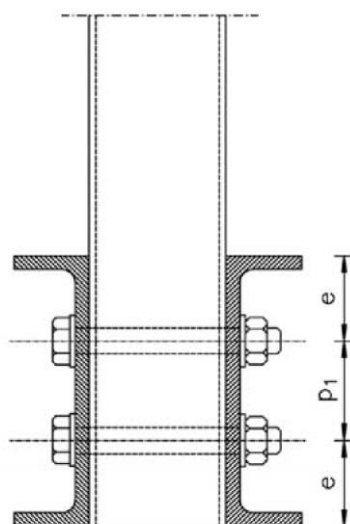
Tragende Konstruktionsprofile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen nach ETA-16/0901;  
 Doppel-T-Profile, U-Profile, Winkelprofile, Vierkanthohlprofile, Flachprofile und

Verbindungen  
 Querkraft beanspruchte Anschlüsse

Anlage 2.4



Verbindung Vierkanthohlprofile - U-Profile



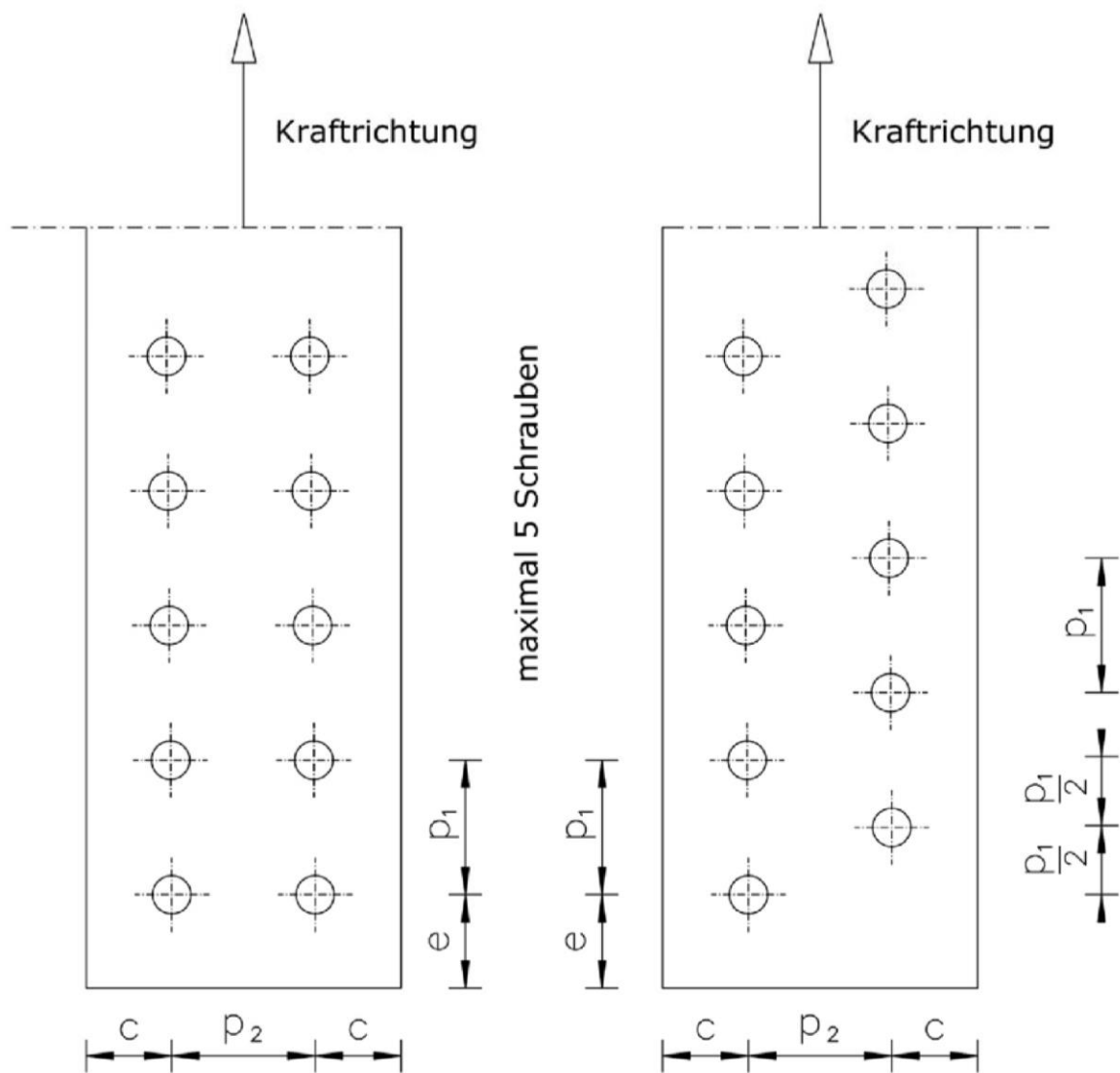
Schnitt A-A

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

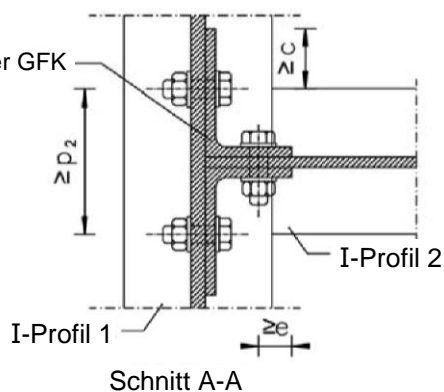
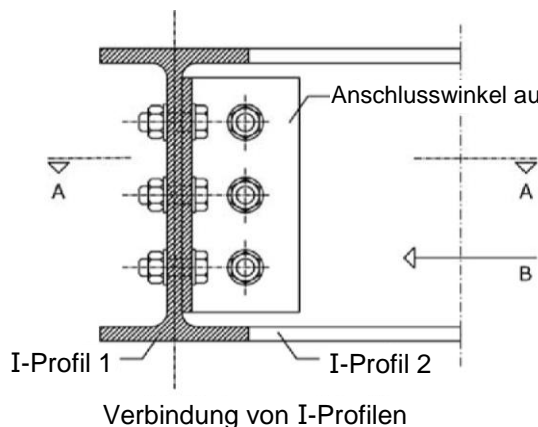


elektronische Kopie der abZ des dibt: z-10.39-791

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

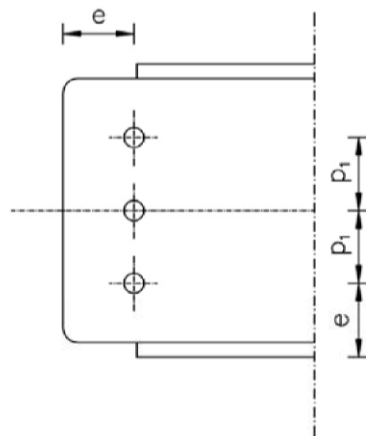
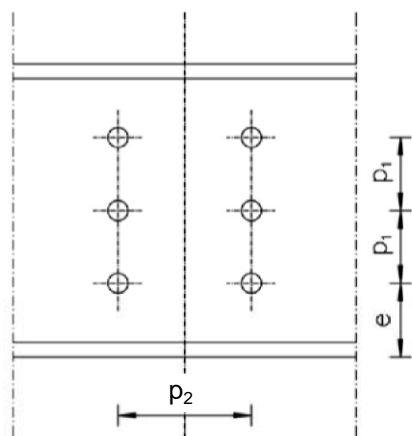
Verbindungen  
 Schraubenanordnung für große Lasteinleitungen

Anlage 2.6



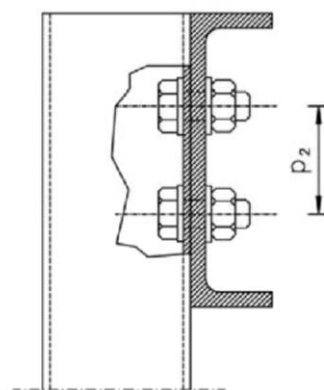
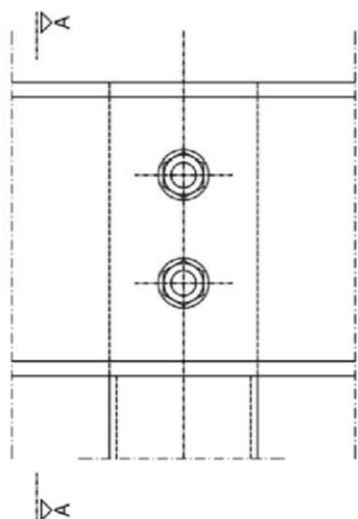
Verbindung von I-Profilen

Schnitt A-A



Schraubenbild an I-Profil 1  
 Ansicht B

Ausbildung Anschluss I-Profil 2



Verbindung Vierkanthohlprofil – U-Profil

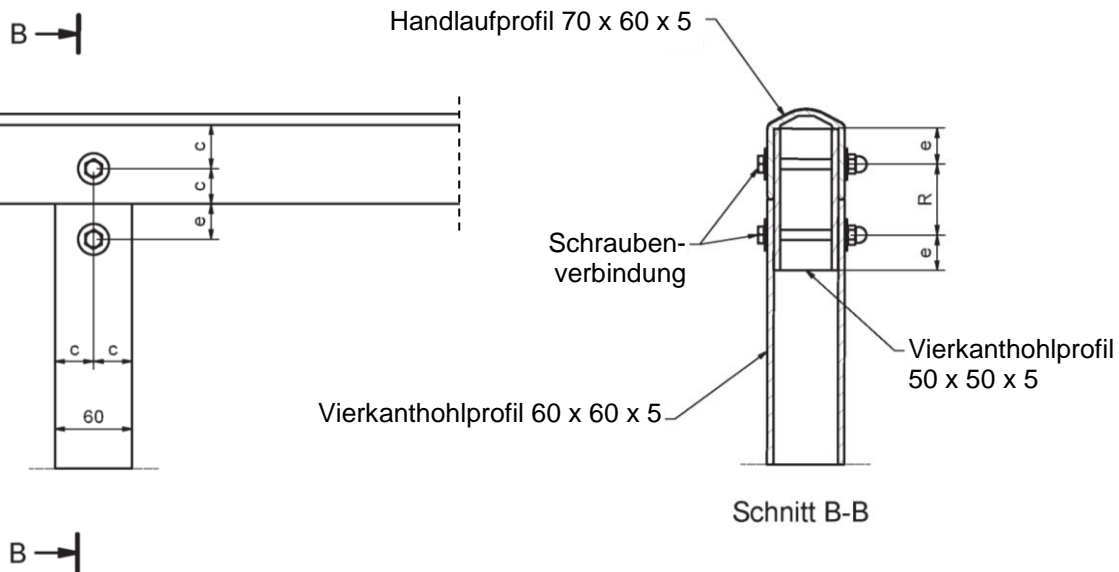
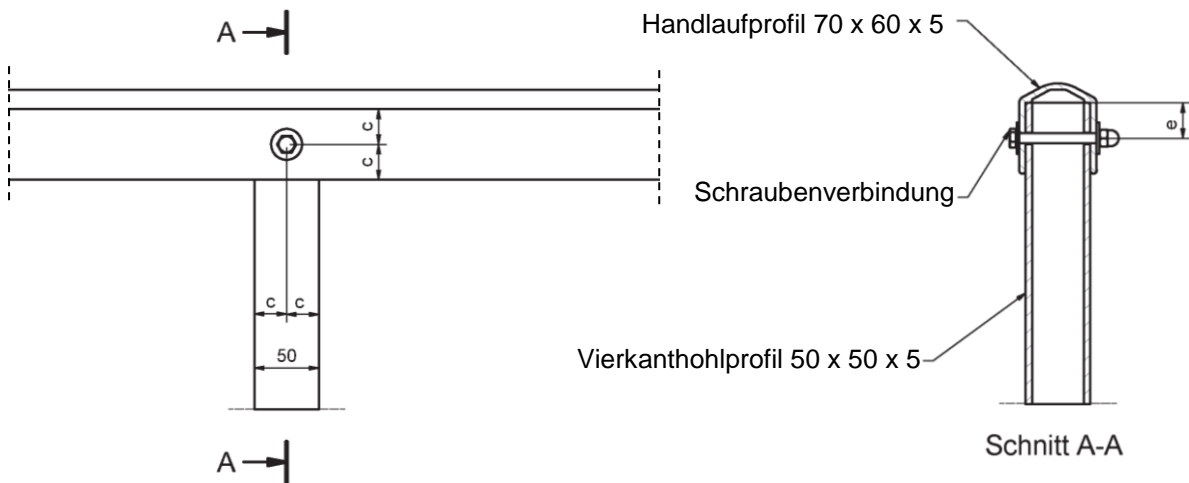
Schnitt A-A

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**



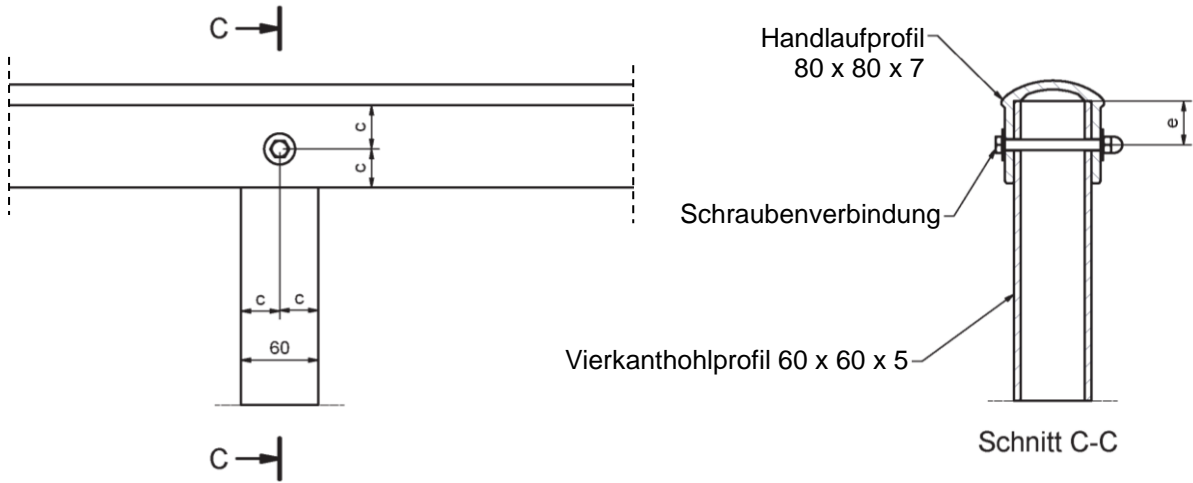
elektronische Kopie der abZ des dibt: z-10.39-791

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

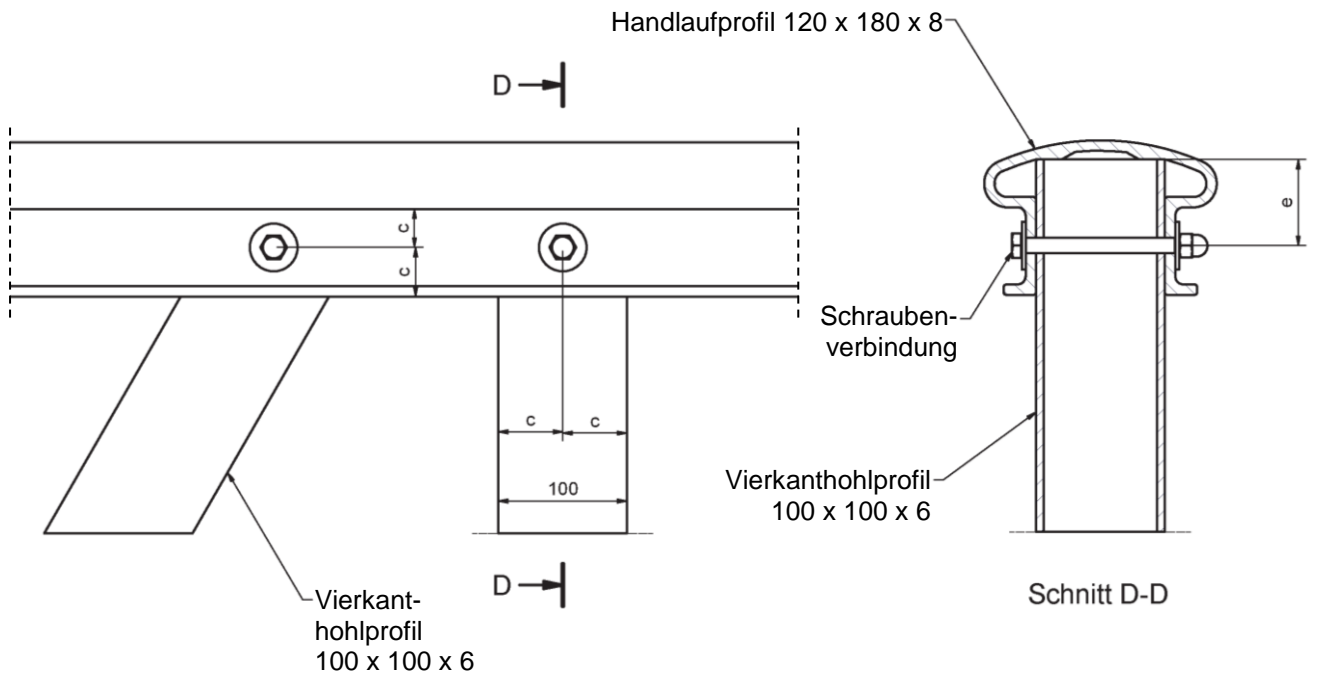
Verbindungen  
 Handlaufprofil 70 x 60 x 5

Anlage 2.8

**Handlaufprofil 80 x 80 x 7**



**Handlaufprofil 120 x 180 x 8**



elektronische Kopie der abt 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  $\gamma_{MR}$  für den Nachweis der Tragfähigkeit
- Materialsicherheitsbeiwert  $\gamma_{MC}$  für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Die Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_F$  und die Beiwerte  $\psi$  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/mm<sup>2</sup> 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  $30 \text{ °C}$  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  $20 \text{ K}$  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  $\gamma_F$  unter Berücksichtigung des Beiwertes  $\psi$  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  $\gamma_{MR}$  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  $\sigma_x$  und die Schubspannungen  $\tau$  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  $\sigma_{cr}$  gilt:

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

- Bezugsspannung  $\sigma_e$ :

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

**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
- $\nu_{xy}, \nu_{yx}$  : Querkontraktion

- Beulwerte  $k_{\sigma}$  für zweiseitig gestützte druckbeanspruchte Querschnittsteile:

Spannungsverteilung (Druck positiv), $\sigma_1 =$ maximale Druckspannung						
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi \geq -3$
Beulwert $k_{\sigma}$	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  $k_{\sigma}$  für einseitig gestützte druckbeanspruchte Querschnittsteile

Spannungsverteilung (Druck positiv), $\sigma_1 =$ maximale Druckspannung					
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	0	-1	$1 \geq \psi \geq -3$	
Beulwert $k_{\sigma}$	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 $k_{\sigma}$	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  $\sigma_{xd}$  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 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:

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

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

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

$f_p$  : Bolzentragfähigkeit

$f_{\tau xy}$  : Scherfestigkeit in der Laminatenebene

$f_t$  : 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**

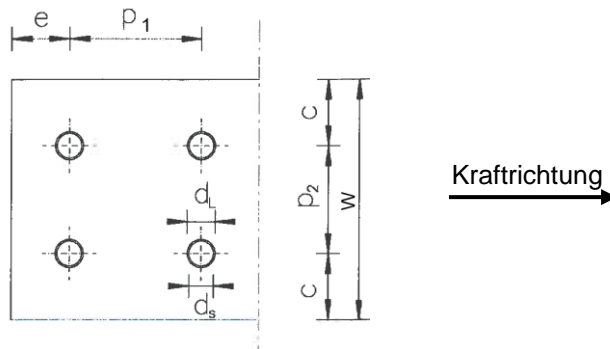
**Anlage 3  
 Blatt 8 von 9**

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
<b>0,500</b>	1,31	1,36	1,42	1,47	1,53	1,58	1,64	1,70	1,76	1,99	2,23
<b>0,750</b>	1,29	1,34	1,39	1,44	1,49	1,54	1,60	1,66	1,71	1,94	2,18
<b>0,875</b>	1,28	1,33	1,38	1,43	1,48	1,53	1,59	1,64	1,70	1,93	2,16
<b>1,000</b>	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  $\mu$  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