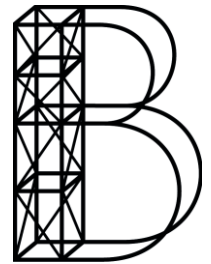


Anwenderstatik/ *user manual*



**Objekt/
subject** Traversensystem HOFFORK 350 MLT³
truss system HOFFORK 350 MLT³

**Kunde/
client** H.O.F. Alutec
Metallverarbeitungs GmbH & Co.KG
Brookstr. 8
49497 Mettingen

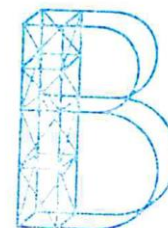
**Hersteller/
supplier** H.O.F. Alutec
Metallverarbeitungs GmbH & Co.KG
Brookstr. 8
49497 Mettingen

**Aufsteller/
structural engineer** Ingenieurbüro Brandt GmbH
Brookstraße 8
49497 Mettingen

Aufgestellt im März 23
created in march 2023



Ingenieurbüro Brandt GmbH
Moritz Dümmer
Brookstr. 8
49497 Mettingen
Tel. +49 578 334 889 3
md@statik.brandt.de



Der Nachweis umfasst
This structural report includes

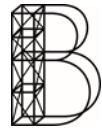
21 Seiten
21 pages

Auftrags-Nr.
job number

MLT³ V1

Bearbeiter
editor

M. Dümmer
G. Brsom



MLT³ V1

Inhaltsverzeichnis

1	Baubeschreibung/ <i>specifications</i>	- 3 -
2	Berechnungsgrundlagen/ <i>calculation basis</i>	- 5 -
3	Baustoffe/ <i>materials</i>	- 6 -
4	Belastungsannahmen/ <i>load assumptions</i>	- 6 -
5	Traversengeometrie/ <i>geometry of truss</i>	- 9 -
6	Verbinder/ <i>connectors</i>	- 10 -
7	Spannstifte/ <i>Pins</i>	- 13 -
8	Querschnittswerte/ <i>cross sections</i>	- 14 -
9	zulässige Belastbarkeiten einer Traversenstrecke aus mind. zwei Elementen/ <i>permissible internal forces for a truss beam consisting of at least two segments</i>	- 14 -

Anhang A: Belastungstabellen

Annex A: permissible loads

1 Baubeschreibung/ specifications

Gegenstand der vorliegenden statischen Berechnung ist eine vier-gurtige Fachwerktraverse aus Aluminiumrundrohren. Diese soll hauptsächlich als Lastaufnahmemittel für Licht, LED-Wände, Tontechnik oder ähnliche Anwendungen eingesetzt werden.

Die Traversen werden standardmäßig in Stücken von 1200 mm, 1600 mm, 2400 mm, 3000 mm und 3200 mm Länge hergestellt. Die einzelnen Traversenstücke können mithilfe von Gabelverbindern zu längeren Traversen verbunden werden. Die Gabelverbindung verfügt über eine Besonderheit, auf die im Kapitel 6 näher eingegangen wird.

Diese Containertraverse ist für den mobilen Einsatz konzipiert und kann nicht horizontal belastet werden. Die Lasten können sowohl an das Doppelschienensystem als auch an die unteren Gurtrohre angebracht werden. Für die Doppelschiene existiert eine separate statische Berechnung, die beachtet werden muss.

This structural report analyses a four-chord lattice structure (truss), made of aluminum tubes. It is mainly used as a load-bearing device for lighting, sound equipment or for comparable applications.

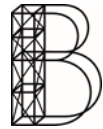
Standard pieces have a length of 1200mm 1600 mm, 2400 mm, 3000 mm, and 3200 mm. Several pieces of truss can be connected as one beam by fork connectors. These "Forks" include a special feature which is described in detail in chapter 6. This container truss is designed for mobile use. The truss can not handle horizontal loads. Loads can be applied at the central rail system, as well as at the node points of the lower belts. The central rail system has been calculated in a separate static report. Please take note.



MLT³ V1



MLT³ - Traverse mit Dolly zum Verfahren/ *truss with dolly for moving*



2 Berechnungsgrundlagen/ calculation basis

[1]

DIN EN 1999-1-1: 2014-03 + NA

Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken
Teil1-1: Allgemeine Bemessungsregeln;
Eurocode 9: Design of aluminium structures
Part1-1: General structural rules

[2]

DIN EN 1999-1-1/NA: 2010-12

Nationaler Anhang
National festgelegte Parameter
Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken
Teil1-1: Allgemeine Bemessungsregeln;
National Annex Germany
Nationally determined parameters
Eurocode 9: Design of aluminium structures
Part1-1: General structural rules

[3]

DIN EN 13814-1:2016-02

Sicherheit von Fahrgeschäften und Vergnügungseinrichtungen
Teil 1: Konstruktion, Bemessung und Herstellung
Safety of amusement rides and amusement devices
Part 1: Design and manufacture

[4]

DIN EN 1991-1-1: 2002 +AC 2009

Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke
Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und
Nutzlasten im Hochbau
Eurocode 1: Actions on structures –
Part 1-1: General actions –
Densities, self-weight, imposed loads for buildings;
German version EN 1991-1-1:2002 + AC:2009

[5]

DIN EN 1990: 2002 +A1 2005 + A1:2005/AC:2010

Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung
Eurocode: Basis of structural design.
German version EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010

[6]

DIN EN 1990/NA:2010-12

Nationaler Anhang
Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung
National Annex –
Nationally determined parameters –
Eurocode: Basis of structural design

3 Baustoffe/ materials

Gurtrohre, Diagonalrohre/ tubes, bracings	EN AW-6082 T6
konische Bolzen/ trusspins	42CrMoS4
Gabel/ Fork connectors	S 235

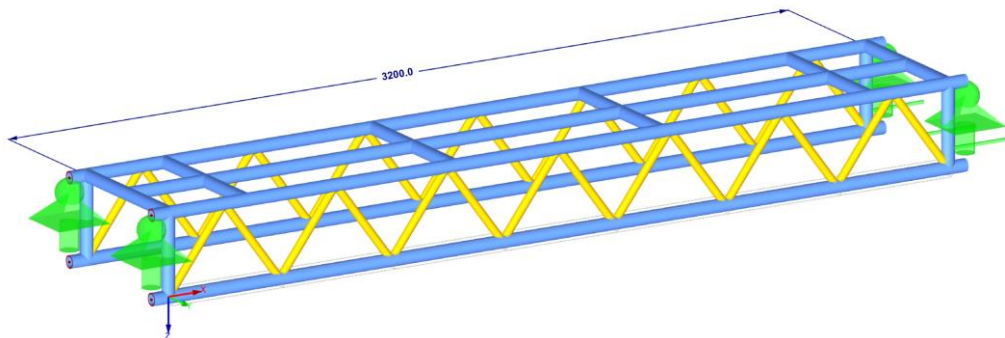
4 Belastungsannahmen/ load assumptions

Lage des Trägers:
waagrecht, Diagonalbild in den Seiten

position of truss:
horizontal, diagonals in the sides

Auflagersituation:
Beide Obergurte an den Enden der Träger dienen als Auflager - niemals ein Gurt allein.

position of supports:
both top main tubes serve as supports - never only one main tube.



Skizze – Auflagersituation (schematisch)

1. Eigengewicht/ *dead weight:*

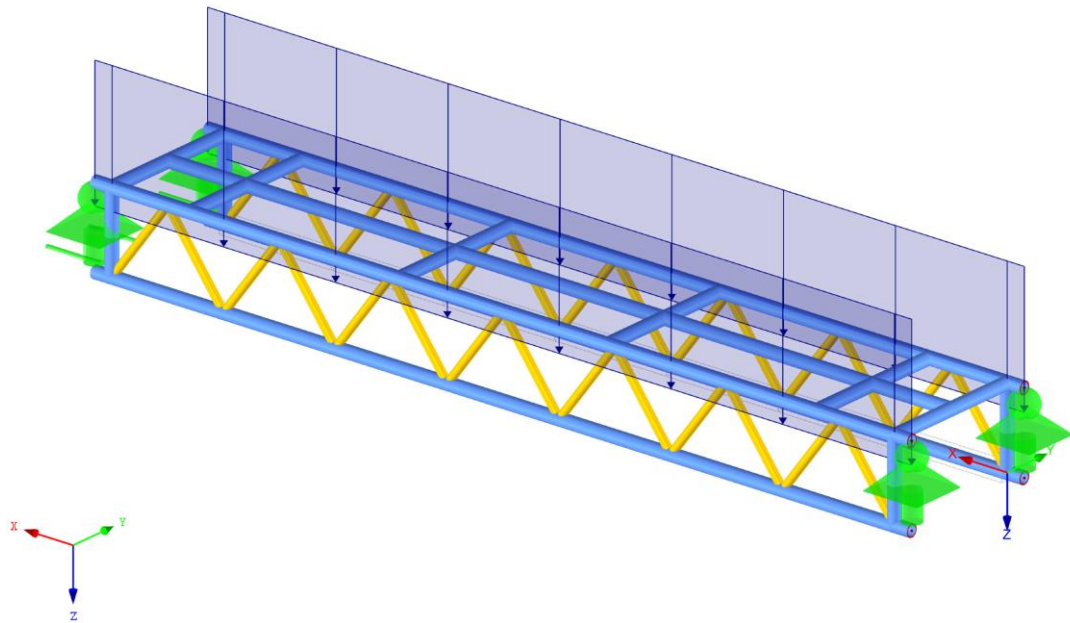
ca. **18,75 kg/m** (je nach Elementlänge)

about 18,75 kg/m depending on the length of element

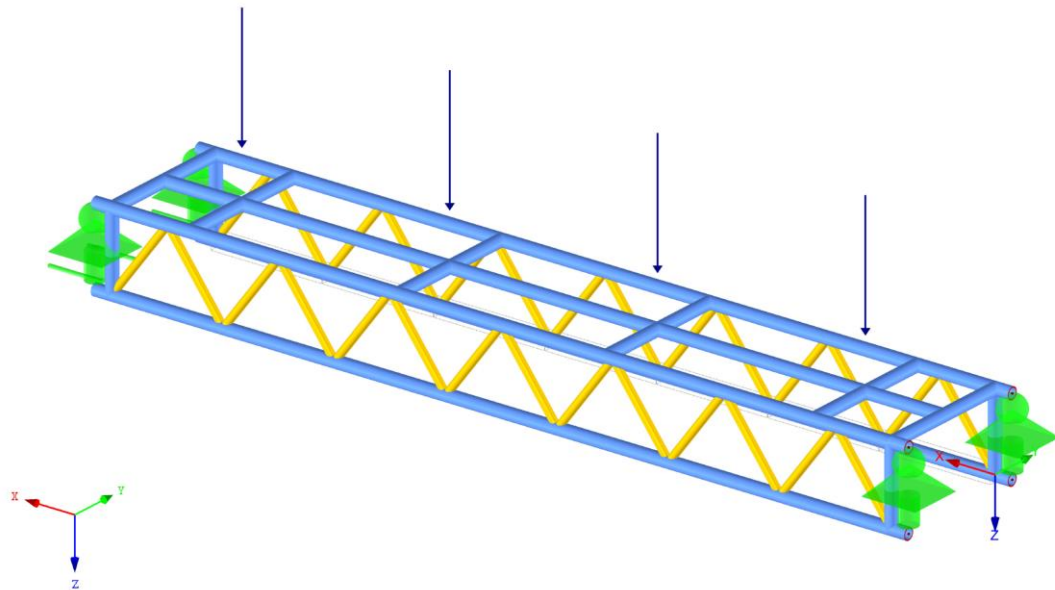
Für die Anwender ist darauf zu achten, dass große Stützweiten auch mit angemessenen Segmentlängen zu überspannen sind und nicht viele kurze Segmente hintereinander eingesetzt werden.

The user has to take care of reasonable segment lengths, not to combine many short segments to a very long beam.

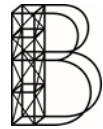
Betrachtung unterschiedlicher Lastfälle/ *different load types*:



LF1: Gleichstreckenlast/ *uniformly divided load (UDL)*



LF2: Einzellast in den vorgesehenen Hängepunkten, *Point loads in the designated load-points*



1. Windlasten/ *wind loads*:

Es wurden keine Windlasten berücksichtigt, da unbekannt ist, welche Windangriffsflächen die angehängten Lasten bieten. Unter Windeinfluss sind die zulässigen Lasten zu reduzieren.

The working surface exposed to wind of the attached equipment is unknown. Therefore this calculation is made without wind loads. With exposure to wind the permissible loads have to be reduced.

2. Dynamische Lasten/ *dynamic loads*:

Alle Berechnungen beziehen sich auf statische Lastfälle, ohne jeden dynamischen Einfluss.

All calculations are made for static loads without dynamic influences.

Berücksichtigung von DIN EN 1990/NA und DIN EN 13814 /

Für fliegende Bauten ist es in der DIN EN 13814, im Vergleich zur DIN EN 1991, erlaubt kleinere Sicherheitsbeiwerte für die Einwirkungsseite zur Berechnung heranzuziehen. Um eine möglichst wirtschaftliche Dimensionierung vorzunehmen, sind in Tabelle 3 und 4 charakteristische Werte unter Anwendung der DIN EN 13814 und in Tabelle 1 und 2 charakteristische Werte unter Anwendung der DIN EN 1990/NA angegeben.

Im Zweifel sollten immer die Werte aus den Tabellen 3 und 4 entnommen werden.

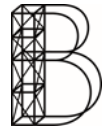
consideration of DIN EN 1990/NA and DIN EN 13814

*For temporary structures, it is allowed to use different safety coefficients. **For an economic design tab. 1 and 2 can be used, but for temporary structures only.** In all other cases and in doubt, use tab. 3 and 4.*

Betrachtung der Stabilität/ *Consideration of the stability*

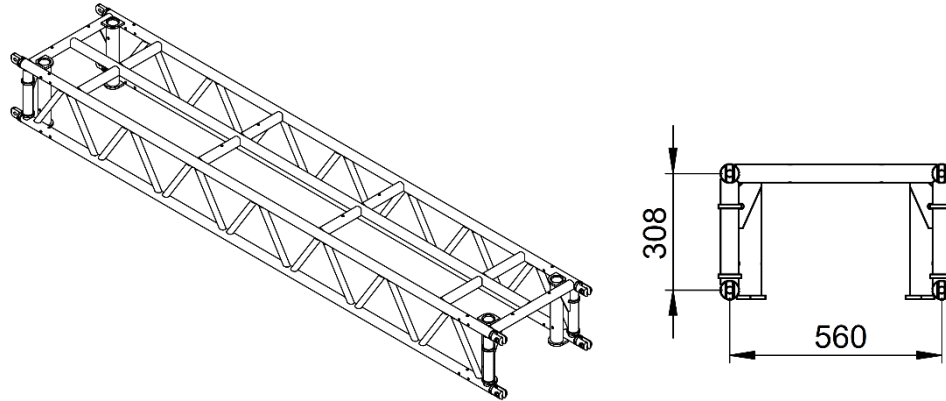
Eine Betrachtung der Stabilität ist ohne Kenntnis des Gesamtsystems nur teilweise möglich. In manchen Fällen wird eine gesonderte Betrachtung der Stabilität notwendig.

Without knowledge of the complete structural construction a consideration of stability is only partially possible. In some cases, an analysis by a structural engineer becomes necessary.



MLT³ V1

5 Traversengeometrie/ geometry of truss



Systemskizze

Alle Maße beziehen sich auf die Achsenmaße der Bauteile <i>All measurements refer to the axis of the components</i>	
Höhe/ <i>height</i>	$a = 308 \text{ mm}$
Breite/ <i>width</i>	$b = 560 \text{ mm}$
Abstand der Diagonalen/ <i>distance between diagonals</i>	$d = \text{max. } 450 \text{ mm}$
Winkel der Diagonalen/ <i>angle of diagonals</i>	$\alpha = \text{min. } 55$
Exzentrizität/ <i>eccentricity</i>	$e_{\text{max}} = 48 + 60 \text{ mm}$
Der Diagonalwinkel darf für andere Streckenlängen nicht kleiner gewählt werden. <i>It's not allowed to choose smaller angles for other truss lengths.</i>	

6 Verbinder/ connectors

Fall 1a:

Gewinde ganz eingedreht +00 mm

case 1a:

threads screwed on completely +00 mm



Fall 1b:

Gewinde maximal zulässig ausgedreht +60 mm

Die Tragfähigkeit ist reduziert. Je nach Anwendung und Bauform ergibt sich eine Abminderung der Tragfähigkeit (ähnlich wie bei Spacern). Beispiele vergl. Datenblätter

Case 1b:

threads screwed on loosely at the maximum extension of +60 mm

The load capacity is reduced. Depending on use case and build shapes there is a reduction in load capacity (similar to spacers). Examples are shown in the data sheets at the end.



Fall 2a:

Gewinde ganz eingedreht +00 mm, bei Belastungen in y -Richtung, vermindert.

Case 2a:

*threads screwed on completely +00 mm
Load capacity is reduced for horizontal loads in y-direction.*



Fall 2b:

Gewinde maximal zulässig ausgedreht +60mm

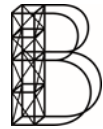
Die Tragfähigkeit ist reduziert. Je nach Anwendung und Bauform ergibt sich eine Abminderung der Tragfähigkeit (ähnlich wie bei Spacern). Beispiele vergl. Datenblätter

Case 2b:

threads screwed on loosely at the maximum extension of +60 mm

The load capacity is reduced. Depending on use case and build shapes there is a reduction in load capacity (similar to spacers). Examples are shown in the data sheets at the end.





MLT³ V1

Für die Verbinder gelten zwei gesonderte Nachweise:
Two separate analyses apply for the connectors:

Nachweis der Interaktion Moment und Querkraft des Gewindes M30 1,5 mit Nenndurchmesser 26 mm
Analysis of the interaction between torque and shear force onto the thread M30 1,5 with nominal diameter of 26 mm

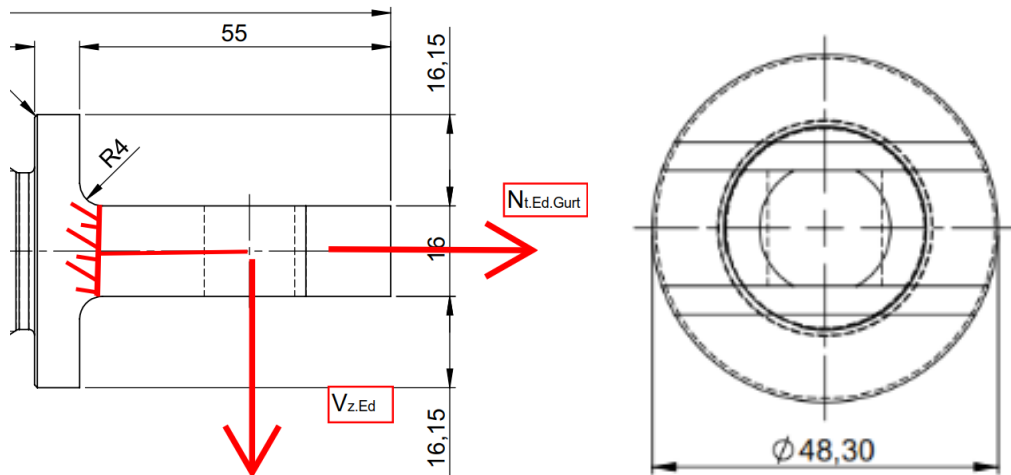
$e = 48 \text{ mm}$ (mindest Abstand Krafteinleitung Hülse)
 $A_e = 0 - 60 \text{ mm}$ größte Ausschraubabstand
 $V_{z.Ed}$ (Bemessungswert der Querkraft)
 $N_{t.Ed.Gurt}$ Bemessungswert der Normalkraft im Gurthrohr
 $A_{Netto} = 531 \text{ mm}^2$ (Nettofläche des Gewindestabs)
 $W_{pl} = 2929.3 \text{ mm}^3$ plastisches Widerstandsmoment
 $M_{Ed.Q.Gurt}$ (Moment im Verbinder verursacht durch die Querkraft)
 $f_y 225 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \text{Streckgrenze Stahl mit der Güte S 235}$

$e = 48 \text{ mm}$ (minimum distance of load introduction to sleeve)
 $A_e = 0 - 60 \text{ mm}$ maximum unthreaded position
 $V_{z.Ed}$ (design values for shear force)
 $N_{t.Ed.Gurt}$ design values for normal force
 $A_{Netto} = 531 \text{ mm}^2$ (net surface of threaded bar)
 $W_{pl} = 2929.3 \text{ mm}^3$ plastic resistance moment
 $M_{Ed.Q.Gurt}$ (torque in connector caused by the shear force)
 $f_y 225 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \text{yield strength S 235}$

$$M_{Ed.Q.Gurt} = \frac{V_{z.Ed}}{4} * (e + A_e) \quad (1)$$

$$\eta = \frac{\frac{N_{t.Ed.Gurt}}{A_{Netto}} + \frac{M_{Ed.Q.Gurt}}{W_{pl}}}{f_y} \leq 1 \quad (2)$$

Zweiter Nachweis der Interaktion Moment und Querkraft bei liegendem Verbinder
Additional analysis of the interaction between torque and shear force for connectors in horizontal position



Ausschnitt - liegender Verbinder/ detail – connector in horizontal position

$V_{z.Ed}$ (Bemessungswert der Querkraft)

$N_{t.Ed.Gurt}$ Bemessungswert der Normalkraft im Gurthrohr

$a = 26.55\text{mm}$ (Hebelarm)

$W_{pl} = 2929.3\text{ mm}^3$ plastisches Widerstandsmoment

$A_{Fork} = 531\text{ mm}^2$ (Nettofläche der Gabel)

$M_{Ed.Q.Gurt}$ (Moment im Verbinder verursacht durch die Querkraft)

$f_y 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ = Streckgrenze Stahl mit der Güte S 235

$A_{Fork} = 531\text{ mm}^2$ (net surface of fork connector)

$N_{t.Ed.Gurt}$ design values for normal force

$a = 26.55\text{mm}$ (level arm)

$V_{z.Ed}$ (design values for shear force)

$W_{pl} = 2929.3\text{ mm}^3$ plastic section modul

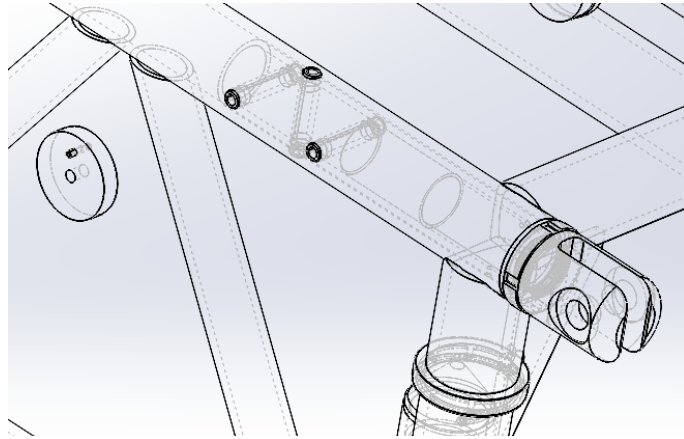
$M_{Ed.Q.Gurt}$ (torque in connector caused by the shear force)

$f_y 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ = yield strength S 235

$$M_{Ed.Q.Gurt.2} = \frac{V_{z.Ed}}{4} * a \quad (3)$$

$$\eta = \frac{\frac{N_{t.Ed.Gurt}}{A_{Fork}} + \frac{M_{Ed.Q.Gurt}}{W_{pl}}}{f_y} \leq 1 \quad (4)$$

7 Spannstifte/ Pins



Darstellung der Spannstifte 3x 10mm

Nennmaß		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	13	14
d_1	Vor dem max.	1,3	1,8	2,4	2,9	3,5	4,0	4,6	5,1	5,6	6,7	8,8	10,8	12,8	13,8	14,8
	Einbau min.	1,2	1,7	2,3	2,8	3,3	3,8	4,4	4,9	5,4	6,4	8,5	10,5	12,5	13,5	14,5
d_2	Vor dem Einbau ^a	0,8	1,1	1,5	1,8	2,1	2,3	2,8	2,9	3,4	4,0	5,5	6,5	7,5	8,5	8,5
a	max.	0,35	0,45	0,55	0,6	0,7	0,8	0,85	1,0	1,1	1,4	2,0	2,4	2,4	2,4	2,4
	min.	0,15	0,25	0,35	0,4	0,5	0,6	0,65	0,8	0,9	1,2	1,6	2,0	2,0	2,0	2,0
s		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,75	0,8	1,0	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	2,5	3,0
Mindest-Abscherkraft, zweischnittig^b kN		0,7	1,58	2,82	4,38	6,32	9,06	11,24	15,36	17,54	26,04	42,76	70,16	104,1	115,1	144,7

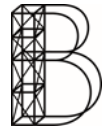
Tabelle 1 DIN EN ISO 8752:1998-03 Spannstifte

$$N_{\text{abscheren}} = 70,16 \text{ kN je Spannstift}$$

$$N_{\text{max}} = 77,00 \text{ kN je Gurtrohr vergl. Kapitel 9}$$

$$\eta = \frac{N_{\text{max}}}{3 \times N_{\text{abscheren}}} = 0,37 \quad 37\%$$

Nachweis erfüllt



8 Querschnittswerte/ cross sections

	d [mm]	t [mm]	A [mm ²]	W_y [mm ³]	$I_{y,\text{liegend}}$ [mm ⁴]	I_T [mm ⁴]	QKL
Gurtrohre / <i>main tubes</i>	48,3	4,5	619,2	6213,5	$150,1 * 10^3$	–	1
Allen anderen Querschnitten <i>all other cross sec- tions</i>	30	3	254,5	1565	$23,47 * 10^3$	–	1
Gesamtquer- schnitt <i>cross section total</i>	–	–	2476,8	$333,1 * 10^3$	$59,34 * 10^6$	$675 * 10^4$	–

9 zulässige Belastbarkeiten einer Traversenstrecke aus mind. zwei Elementen/ permissible internal forces for a truss beam consisting of at least two segments

Es handelt sich hier um ein Rechteck-Traverse. Sie kann nur in „Haupttrichtung“ belastet werden und ist nicht pauschal für den Einsatz im Freien geeignet. Hierfür ist eine detaillierte Betrachtung erforderlich.

In this case, we analyze a rectangular truss. The truss is only designed for influence in “main direction”. The truss is for in House /Indoor use only.

Maximale zulässige Beanspruchbarkeit durch eine **Normalkraft in den Gurtrohren** (Bemessungswert) ohne Betrachtung der Stabilität

Permissible normal force in the main tube (single tube)

$$N_{Rd} = 77 \text{ kN (Obergurt)}$$

$$N_{Rd} = 77 \text{ kN (Zug Untergurt)}$$

$$N_{Rd} = -45 \text{ kN (Druck Untergurt)}$$

Maximale zulässige Beanspruchbarkeit durch eine **Normalkraft auf die Gesamttraverse** (Bemessungswert) ohne Betrachtung der Stabilität.

Permissible normal force in the main tube (whole truss)

$$N_{Rd} = 4 * 45 = 180 \text{ kN}$$

Maximale zulässige Beanspruchbarkeit durch eine **Querkraft auf die Gesamttraverse** (Bemessungswert)

Permissible shear force on truss

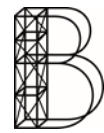
$$V_{Rd} = 31,8 * \sin(55) * 2 = 52,1 \text{ kN}$$

Maximale zulässige Beanspruchbarkeit durch ein **Moment auf die Gesamttraverse** (Bemessungswert)

Permissible torque forces on truss

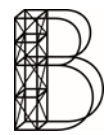
$$M_{y,Rd} = 2 * 0,308 \text{ m} * 77 \text{ kN} = 46,2 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Rd,neg} = 2 * 0,308 \text{ m} * -50 \text{ kN} = -30,8 \text{ kNm}$$



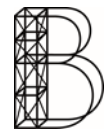
span	uniformly distributed load (UDL)	distributed load total from the deflection	single load in the every single provided crossing points	single load in the every single provided crossing points from the deflection	deflection
m	kg/m	kg/m	kg	kg	mm
4	1080		370		13
5	720		370		20
6	550		370		29
7	402		370		38
8	305		370		50
9	238		178		58
10	191		158		68
11		140		128	73,33
12		104		104	80
13		77,8		64	86,66
14		58,5		51	93,33
15		44		41	100

Tab.1: Zulässige Belastungen mit Durchbiegungsbeschränkung auf $L/150$
unter Berücksichtigung **der DIN EN 1990/NA - Grundlagen der Tragwerksplanung**
Permissible loads limited by deflection of $l/150$
based on DIN EN 1990 - Basis of structural design



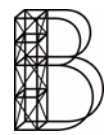
span	uniformly distributed load (UDL)	single load in the every single provided crossing points	deflection
m	kg/m	kg	mm
4	1080	370	13
5	720	370	20
6	550	370	29
7	402	352	38
8	305	244	50
9	238	178	58
10	191	158	68
11	157	108	91
12	130	97	106
13	109	88	123
14	93	81	140
15	79	74	156

Tab. 2: Zulässige Belastungen ohne Durchbiegungsbeschränkung unter Berücksichtigung **der 1990/NA - Grundlagen der Tragwerksplanung**
Permissible loads without deflection limits
based on DIN EN 1990/NA - Basis of structural design



span	uniformly distributed load (UDL)	distributed load total from the deflection	single load in the every single provided crossing points	single load in the every single provided crossing points from the deflection	deflection
m	kg/m	kg/m	kg	kg	mm
4	1200		420		14
5	800		420		22
6	612		420		31,2
7	447		391		42,1
8	339		271		49
9	265		198		58
10		193		160	66,66
11		140		128	73,33
12		104		104	80
13		77,8		64	86,66
14		58,5		51	93,33
15		44		41	100

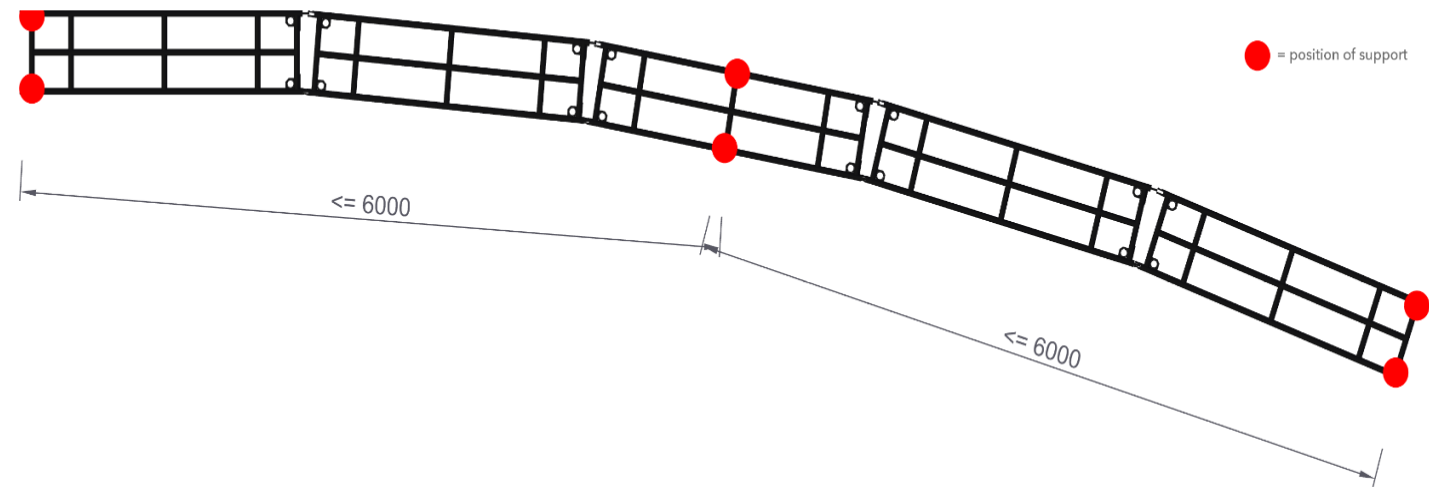
Tab.3: Zulässige Belastungen mit Durchbiegungsbeschränkung auf **L/150**
unter Berücksichtigung der **DIN EN 13814 - Fliegende Bauten**
Permissible loads limited by deflection of $l / 150$
based on DIN EN 13814 – fairground/ temporary structures



span	uniformly distributed load (UDL)	single load in the every single provided crossing points	deflection
m	kg/m	kg	mm
4	1200	420	14
5	800	420	22
6	612	420	31,2
7	447	391	42,1
8	339	271	49
9	265	198	58
10	212	176	83,7
11	174	120	100,1
12	145	108	117,7
13	121	98	136,2
14	103	90	155,6
15	88	82	176

**Tab. 4: Zulässige Belastungen ohne Durchbiegungsbeschränkung
unter Berücksichtigung der DIN EN 13814 - Fliegende Bauten**
*Permissible loads without deflection limits
based on DIN EN 13814 – fairground/ temporary structures*

curving - HORIZONTAL	turning out the forks	reduction of static analysis by
2°	10 mm	-10%
4°	20 mm	-10%
6°	30 mm	-20%
8°	40 mm	-30%
10°	50 mm	-30%
12°	60 mm	-40%

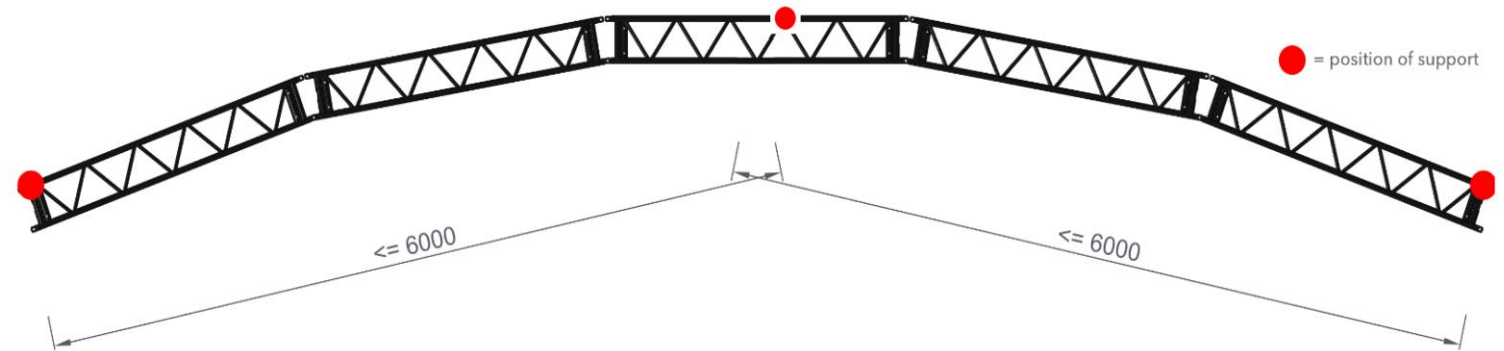


Tab.5 (Grundriss): Zulässige Belastungen bei Zweifeldträger und der dargestellten Bauform **HIER: HORIZONTAL** unter Berücksichtigung der **DIN EN 13814 Fliegende Bauten**

*permissible loads for a two-span beam shaped as shown below: **here: horizontally***

in consideration of DIN EN 13814 fairground/ temporary structures

curving - VERTIKAL 1	turning out the forks	reduction of static analysis by
2°	10 mm	-20%
4°	20 mm	-20%
6°	30 mm	-20%
8°	40 mm	-30%
10°	50 mm	-30%
12°	60 mm	-30%

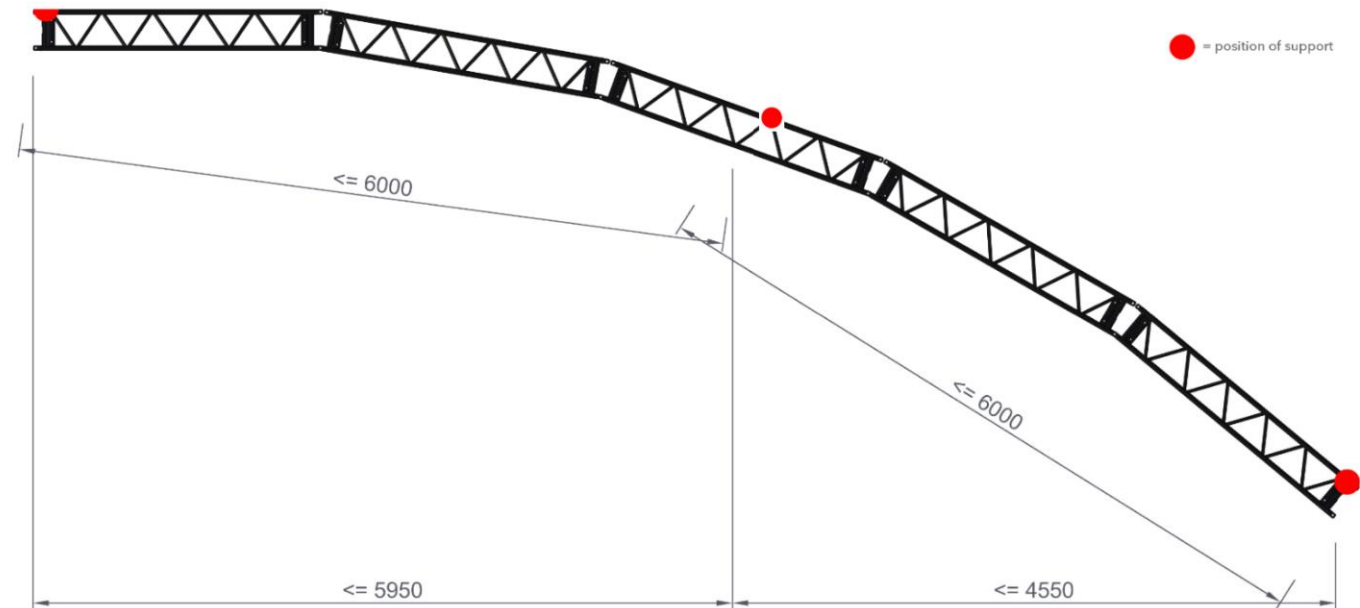


Tab.6 (Seitenansicht): Zulässige Belastungen bei Zweifeldträger und der Dargestellten Bauform **HIER: VERTIKAL 1** unter Berücksichtigung der **DIN EN 13814 Fliegende Bauten**

permissible loads for a two-span beam shaped as shown below: here: vertical option 1

in consideration of DIN EN 13814 fairground/ temporary structures

curving - VERTIKAL 2	turning out the forks	reduction of static analysis by
2°	10 mm	-20%
4°	20 mm	-20%
6°	30 mm	-20%
8°	40 mm	-30%
10°	50 mm	-30%
12°	60 mm	-30%



Tab.7 (Seitenansicht): Zulässige Belastungen bei Zweifeldträger und der Dargestellten Bauform **HIER: VERTIKAL 2**
unter Berücksichtigung der **DIN EN 13814 Fliegende Bauten**

permissible loads for a two-span beam shaped as shown below: here: vertical option 2

in consideration of DIN EN 13814 fairground/ temporary structures