



Büro für Tragwerksplanung und Ingenieurbau
vom Felde + Keppler GmbH & Co. KG

Lütticher Straße 10-12
52064 Aachen
www.vom-felde.de

Telefon: 0241 / 70 96 96
Telefax: 0241 / 70 96 46
buero@vom-felde.de

Statische Berechnung Structural Report

F31

16230

für das System der Firma
for the system by

Global Truss
Furong Industrial Area
Shajing Town

Baoan District Shenzhen China

Aufgestellt:
compiled by:

A. Rempel

Aachen, 26.02.2016



Diese statische Berechnung umfasst die Seiten 1 - 13
This Structural Report includes pages

Diese statische Berechnung ist ausschließlich aufgestellt für die Firma Global Truss.
Eine Weitergabe an Dritte ist nur mit vorheriger Genehmigung des Aufstellers möglich.
This Structural Report is set up exclusively for the company Global Truss.
Forwarding to third parties only with the author's approval.



INHALTSVERZEICHNIS

Table of contents

1	VORBEMERKUNGEN / PRELIMINARY NOTES.....	1
1.1	Grundlagen / Basics.....	1
1.2	Verwendete Baustoffe / Materials.....	1
1.3	Allgemeine Beschreibung / General remarks.....	1
1.4	Geometrie und Belastung / Geometry and loadings.....	3
2	SYSTEM.....	4
3	QUERSCHNITTS - UND MATERIALEIGENSCHAFTEN / SECTION AND MATERIAL PROPERTIES.....	5
4	ZULÄSSIGE BELASTUNGEN EINZELBAUTEILE / ALLOWABLE LOADING SINGLE COMPONENTS.....	7
5	ZULÄSSIGE BELASTUNG EINFELDTRÄGER / ALLOWABLE LOADING SINGLE SPAN GIRDER.....	10
5.1	Gleichlast vertikal (UDL) / Uniformly distributed load (UDL).....	10
5.2	Einzellast in Feldmitte / Single-load in ½ point.....	12
	<u>ANHÄNGE / ANNEXES</u>	

Zeichnungen Systeme F31.....
Drawings F31

werden nachgereicht
will be provided later



1 VORBEMERKUNGEN

PRELIMINARY NOTES

1.1 Grundlagen

Basics

Die z.Zt. gültigen Vorschriften und Normen, insbesondere:

DIN EN 1991-1	Lastannahmen für Bauten (Eurocode 1) Actions on structures (Eurocode 1)
DIN EN 13814	Fliegende Bauten Fairground and amusement park machinery and structures
DIN EN 13782	Fliegende Bauten – Zelte Temporary Structures – Tents
DIN EN 1993-1	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten (Eurocode 3) Design of steel structures
DIN EN 1999-1	Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken (Eurocode 9) Design of aluminium structures

1.2 Verwendete Baustoffe

Materials

Rohre / Tubes	Aluminium EN AW-6082 T6
Bolzen / Bolts	Güte mind. 8.8 (grade min. 8.8)

1.3 Allgemeine Beschreibung

General Remarks

Diese statische Berechnung beinhaltet die Berechnung und die Nachweise des F31-Systems der Firma GLOBAL TRUSS. Die Berechnung ist Grundlage für eine Bauartprüfung durch einen TÜV auf Grundlage der EN 1999-1.

Es handelt sich um ein „Baukastensystem“ mit den folgenden möglichen Einzelelementlängen: 500mm, 1000mm, 1500mm, 2000mm, 2500mm und 3000mm.

Das System besteht aus Rundrohren 50 x 2mm, die über Kupplungen miteinander verbunden werden können. Die Kupplungen bestehen aus einer Hülse, einem Verbinder und Bolzen.

Die zulässigen Belastungen sind in Tabellen aufgeführt (siehe Kapitel 5).

Die Nachweise der Einzelbauteile erfolgen nach dem Sicherheitskonzept nach EN 1990 mit einem Teilsicherheitsbeiwert auf der Lastseite von $\gamma_F = 1,50$ für Nutzlasten.

Bei Anwendungsfällen, die auf Grundlage anderer Normen berechnet werden, können die Teilsicherheitsbeiwerte auf der Lastseite angepasst werden (z.B. fliegende Bauten nach EN 13814, $\gamma_F = 1,35$ für Nutzlasten).

Bei Anwendung des British Standard (BS) und des ANSI müssen die in den Tabellen aufgeführten zulässigen Belastungen mit dem Faktor 0,85 multipliziert werden.



This structural report is a structural calculation concerning the System F31 produced by the company GLOBAL TRUSS. The structural report is the basis for the certification by TÜV based on EN 1999-1.

The truss system is part of a "modular construction system" with the different truss lengths 500mm, 1000mm, 1500mm, 2000mm, 2500mm and 3000mm.

The system consist of round tubes 50 x 2mm, which are connected with couplers consisting of female fittings, connectors and bolts.

The allowable loads are listed in tables (see chapter 5).

The verification of the single parts is done according the safety concept of EN 1990 with a partial safety factor on the loading side of 1.50 for payloads.

For applications which can be calculated on the basis of other codes, the partial safety factors can be adjusted (for example temporary structures acc. EN 13814, $\gamma_F = 1.35$ for payloads).

To use the resulting allowable loads with British Standard (BS) and ANSI, the allowable loads listed in tables have to be multiplied by 0.85.

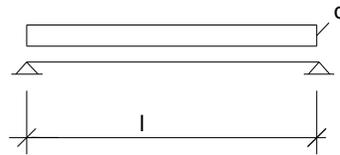


1.4 Geometrie und Belastung

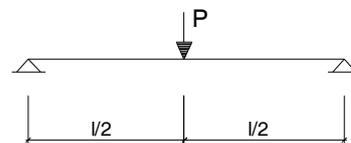
Geometry and Loadings

Als Belastung werden folgende Lastarten untersucht /
the following loadcases are taken into account

Gleichlast vertikal
uniformly distributed load (UDL)



Einzellast in Feldmitte
Single-load in 1/2 point



Es wird jeweils die maximal zulässige Belastung für beliebige Lage der Kupplungen sowie für
Strecken ohne Kupplung ermittelt.

The allowable load is calculated for couplers at any position and for spans without coupler.

Das Eigengewicht der Traverse wird mit 1,5 kg/m angesetzt (basierend auf dem Gewicht eines 1m-Stückes).
The selfweight of the truss is calculated with 1,5 kg/m (based on the weight of a 1m-piece).



2 SYSTEM

Zeichnungen Systeme F31
Drawings F31

werden nachgereicht
will be provided later

siehe Anhang
see annex



3 QUERSCHNITTS - UND MATERIALEIGENSCHAFTEN

SECTION- AND MATERIAL PROPERTIES

Querschnittswerte Rohre / properties Tubes						
	D	t	A	I	Wel	i
	[mm]	[mm]	[cm ²]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]
Gurtrohre / main chords	50,0	2	3,02	8,70	3,48	1,70

Materialeigenschaften Material properties

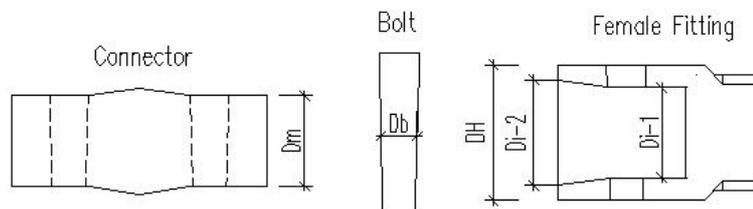
Rohre pipes	EN AW 6082 T6 (AlMgSi1)	
zulässige Spannungen nach EN-1999-1-1 / allowable stress acc. to EN-1999-1-1		
Teilsicherheitsbeiwerte Material / partial safety factors material		
YM1=	1,10	Beulklasse / BC= A
YM2=	1,25	
0,2%-Dehngrenze / 0,2%-Proof Strength		Zugfestigkeit / ultimate tensile strength
fo t≤5mm=	250 [N/mm ²]	fu t≤5mm= 290 [N/mm ²]
fo t>5mm=	260 [N/mm ²]	fu t>5mm= 310 [N/mm ²]
fo,haz=	125 [N/mm ²]	fu,haz= 185 [N/mm ²]
Festigkeit der Schweißnaht Strength of welding seams		fw= 190 [N/mm ²]
Faktor für die WEZ-Werte beim WIG-Schweißen: Factor for HAZ-values for TIG-welding:		0,8



Bolzen / Bolt	min. grade 8.8
----------------------	----------------

Verbinder / Connector	EN AW 2011 (AlCuBiPb F37)		
0,2%-Dehngrenze / 0,2%-Proof Strength	Zugfestigkeit / ultimate tensile strength		
fo>	230 [N/mm ²]	fu>	310 [N/mm ²]

Hülse / Female fitting	EN AW 6082 T6		
zulässige Spannungen nach EN-1999-1-1 / allowable stress acc. to EN-1999-1-1			
Teilsicherheitsbeiwerte Material / partial safety factors material			
YM1=	1,10		
YM2=	1,25		
0,2%-Dehngrenze / 0,2%-Proof Strength	Zugfestigkeit / ultimate tensile strength		
fo=	250 [N/mm ²]	fu=	290 [N/mm ²]



Querschnitts- und Materialeigenschaften der Rohre / Section- and material properties of the tubes			
Material	E=	70000	[N/mm ²]
	fo=	250,00	[N/mm ²]
	fo/YM1=	227,27	[N/mm ²]
	fo,haz=	125,00	[N/mm ²]
	fu=	290,00	[N/mm ²]
	fu/YM2=	232,00	[N/mm ²]
	fu,haz=	185,00	[N/mm ²]
	fu,haz/YM2=	148,00	[N/mm ²]
Querschnitt cross section	D0=	50,00	[mm]
	A=	3,02	[cm ²]
	I=	8,70	[cm ⁴]
	i=	1,70	[cm]
Bestimmung der QS-Klasse Determination of section-class	β=	15,00	[-]
	ε=	1,00	[-]
	QS-Klasse=	3	
Beiwerte Biegeknicken Coefficients for buckling	BC=	A	[-]
	α=	0,20	[-]
	λ0=	0,10	[-]



4 ZULÄSSIGE BELASTUNGEN EINZELBAUTEILE

ALLOWABLE LOADING SINGLE COMPONENTS

Zulässiges Moment im Gurtrohr:

Allowable bending moment at main chord:

Lokale Biegung Gurtrohr ungestörter Querschnitt Local bending of chord				
	$\alpha=$	1,19	[-]	nach Tab. 6.4 acc. table 6.4
Nebenrechnung QS-Kl. 3 Auxiliary calculation for class 3	D=	50,0	[mm]	
	t=	2	[mm]	
	Wel=	3,48	[cm ³]	
	$W_{pl} = 4 \times R_n^2 \times t =$	4,61	[cm ³]	R = D / 2 - t / 2
	$\beta_3 =$	18		nach Kap. 6.1.4.4
	$\beta_2 =$	13		acc. Chapter 6.1.4.4
	$\alpha_{,3u} =$	1,19	[-]	
	$MoRd = \alpha \cdot Wel \cdot fo / yM1 =$	94,48	[kNcm]	nach Gl. 6.24 acc. equation 6.24

Lokale Biegung Gurtrohr an der Kupplung (vollständig in WEZ) Local bending of chord at the coupler (completely in HAZ)				
örtliche Schweißnaht nach Kap. 6.2.9.3 (1) local welding seam acc. Chapter 6.2.9.3 (1)				
	D=	50	[mm]	
	red-Faktor=	0,8	[-]	(WIG πG)
	$\rho_{o,haz} =$	0,64	[-]	$f_{u,haz} / f_u$
	$t_{u,eff} =$	1,02	[mm]	red-Faktor $\cdot \rho_{u,haz} \cdot t$
	$W_{net} = \pi \times R^2 \times t_{u,eff} =$	1,85	[cm ³]	mit R = D / 2 - t / 2
	$MuRd = W_{net} \cdot f_u / yM2 =$	42,85	[kNcm]	nach Gl. 6.24 acc. equation 6.24

maßgebend für das Gurtrohr mit Kupplung:
relevant for main chord tubes with coupler:

MRd_G = 42,85 kN

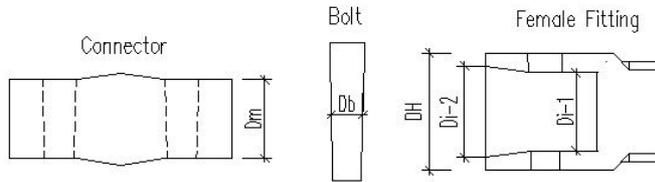
maßgebend für das Gurtrohr ohne Kupplung:
relevant for main chord tubes without coupler:

MRd_G = 94,48 kN



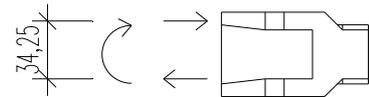
Zulässiges Moment an der Kupplung:

Allowable moment at coupler:



Bolzen / Bolt		
Material / material min grade 8.8	$f_{y,bk} =$	64,00 [kN/cm ²]
	$f_{u,bk} =$	80,00 [kN/cm ²]
Geometrie / geometry	$D_b =$	1,08 [cm]
	$A_b =$	0,91 [cm ²]
zul Normalkraft aus Abscheren n. EN 1999-1-1 allow able loading due to shearing acc. to EN 1999-1-1		
	$N_{Rd} = 0,60 \times A_b \times f_{u,bk} / 1,25 =$	34,85 [kN]

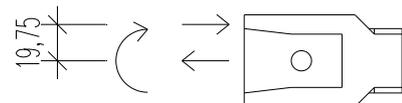
Hebelarm: $(D_H - D_{i-1}) / 4 + D_{i-1} = (50-29) / 4 + 29 = 34,25$ mm
lever arm



$$M_{Rd,Bolt} = 34,85 \cdot 3,425 = 119,36 \text{ kNcm}$$

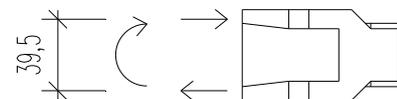
Hülse / Female Fitting		
Geometrie / geometry	$D_H =$	50 [mm]
	$D_{i-1} =$	29 [mm]
	$D_{i-2} =$	35 [mm]
	$D_{i-m} =$	32 [mm]
Lochleibung in Hülse Bearing stress in female fitting	$f_u / Y_{M2} =$	232 [N/mm ²]
	$d_o =$	13 [mm]
	$t = (D_H - D_{i-m}) / 2 =$	9 [mm]
	$e_1 >$	23 [mm]
	$\alpha_b =$	0,59
	$e_2 >$	20 [mm]
	$k_1 =$	2,5
	$N_{Rd} = k_1 \times \alpha_b \times f_u \times d \times t / Y_{M2} =$	40,02 [kN]

Hebelarm: $(D_H - D_{i-1}) / 4 + D_{i-1} / 2 = (50-29) / 4 + 29 / 2 = 19,75$ mm
lever arm



bzw. resp.

Hebelarm: $(D_H - D_{i-1}) / 2 + D_{i-1} = (50-29) / 2 + 29 = 39,5$ mm
lever arm

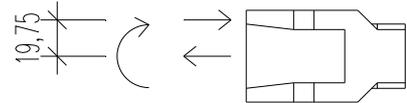


$$M_{RdG} = 2 \cdot 40,02 \cdot 1,975 = 40,02 \cdot 3,95 = 158,79 \text{ kNcm}$$



Verbinder / Connector	
Material / material	EN AW 2011 (AlCuBiPb F37)
Geometrie / geometry	Dm= 29 [mm]
<u>Lochleibung in Verbinder</u>	f _u / Y _{M2} = 248,00 [N/mm ²]
Bearing stress in connector	d _o = 11 [mm]
	t= 29 [mm]
	e ₁ = 17,1 [mm]
	α _b = 0,52 [-]
	e ₂ = 14,5 [mm]
	k ₁ = 1,99 [-]
	NRd = k ₁ x α _b x f _u x d x t / Y _{M2} = 81,62 [kN]
Nachweis Restquerschnitt auf Zug	
Remaining section under tension	NRd = 0,9 x A _{,net} x f _u / Y _{M2} = 76,23 [kN]

Hebelarm: $(D_H - D_{i-1}) / 4 + D_{i-1} / 2 = (50-29) / 4 + 29 / 2 = 19,75$ mm
lever arm



$$M_{RdG} = 76,23 \cdot 1,975 = \mathbf{150,55 \text{ kNcm}}$$

Das zulässige Moment an der Kupplung ist nicht maßgebend gegenüber dem zulässigen Moment der Gurtrohre ($M_{RdG} = 42,85 \text{ kNcm} < 119,36 \text{ kNcm}$).

The allowable moment of the coupler is not relevant compared to the allowable moment of the tube.



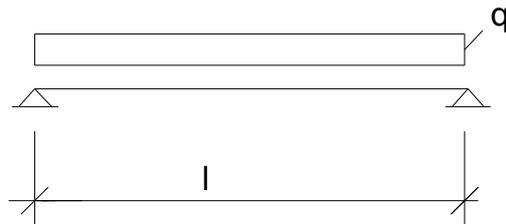
5 ZULÄSSIGE BELASTUNG EINFELDTRÄGER

ALLOWABLE LOADING SINGLE SPAN GIRDER

5.1 Gleichlast vertikal (UDL)

uniformly distributed load (UDL)

System:



Zulässige Belastung:
permissible load

$$\begin{aligned} \max M &= 1,5 \cdot q \cdot L^2 / 8 + 1,35 \cdot g \cdot L^2 / 8 \leq \text{zul. } M_{Rd} \\ \Rightarrow q &\leq (\text{zul. } M_{Rd} - 1,35 \cdot g \cdot L^2 / 8) / (1,5 \cdot L^2 / 8) \end{aligned}$$

zulässiges Moment für beliebige Lage der Kupplung:
permissible moment for coupler at any position:
zul. $M_{Rd} = 42,85 \text{ kNm}$

zulässiges Moment ohne Kupplung:
permissible Moment without coupler:
zul. $M_{Rd} = 94,48 \text{ kNm}$

Durchbiegung:
deflection

$$u = q \cdot L^4 / (76,8 \cdot E \cdot I) + g \cdot L^4 / (76,8 \cdot E \cdot I)$$

Grenzbelastung für Verformung $< L/100$:
permissible load for deflection $< L/100$

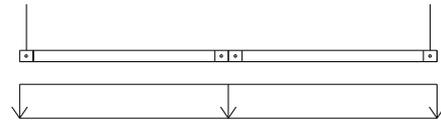
$$\begin{aligned} \max u &= q \cdot L^4 / (76,8 \cdot E \cdot I) + g \cdot L^4 / (76,8 \cdot E \cdot I) \leq L / 100 \\ \Rightarrow q &\leq (L / 100 - g \cdot L^4 / (76,8 \cdot E \cdot I)) / (L^4 / (76,8 \cdot E \cdot I)) \end{aligned}$$

Belastungstabellen:
Loading tables:

siehe nächste Seite
see next page

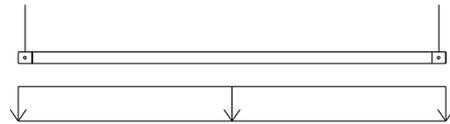


Zulässige Belastung für beliebige Lage der Kupplung:
permissible load for coupler at any position:



Spannweite Span [m]	max. zulässige Gleichstreckenlast max. allowable uniformly distributed load [kg/m]	Verformung bei max. Last deflection at max. load [cm]	Grenzbelastung für Verformung < L/100 allowable load for deflection < l/100 [kg/m]
0,5	912	0,1	912
1,0	227	0,5	227
1,5	100	1,1	100
2,0	55	1,9	55
2,5	35	3,0	28
3,0	24	4,4	15
3,5	17	5,9	9
4,0	12	7,4	5
4,5	9	9,2	3
5,0	7	11,4	2
5,5	6	14,7	1
6,0	4	15,2	0

Zulässige Last ohne Kupplung:
permissible load without coupler:



Spannweite Span [m]	max. zulässige Gleichstreckenlast max. allowable uniformly distributed load [kg/m]	Verformung bei max. Last deflection at max. load [cm]	Grenzbelastung für Verformung < L/100 allowable load for deflection < l/100 [kg/m]
0,5	2014	0,3	2014
1,0	502	1,1	466
1,5	222	2,4	137
2,0	124	4,3	56
2,5	79	6,7	28
3,0	54	9,6	15

= Durchbiegung $\geq L/100$
deflection $\geq L/100$

Die Tabellenwerte gelten nur für das System eines Einfeldträgers.
The values of the table are only valid for single-span girder.

Lasten mittig auf den Kupplungen sind nicht zulässig.
Loads at the middle of the couplers are not allowed.

In den angegebenen Werten der Tabelle sind Teilsicherheitsbeiwerte auf der Lastseite nach EN 1990 mit einem $\gamma_F = 1,50$ für Nutzlasten und $\gamma_G = 1,35$ für das Eigengewicht der Traversen berücksichtigt.
The specified values include partial safety coefficients on the loadings side acc. EN 1990 of $\gamma_F = 1.50$ for payloads and $\gamma_G = 1.35$ for selfweight of the truss.

Bei Anwendungsfällen, die auf Grundlage anderer Normen berechnet werden, können die Teilsicherheitsbeiwerte auf der Lastseite angepasst werden (z.B. fliegende Bauten nach EN 13814, $\gamma_F = 1,35$ für Nutzlasten).

For applications which can be calculated on the basis of other codes, the partial safety factors can be adjusted (for example temporary structures acc. EN 13814, $\gamma_F = 1.35$ for payloads).

Bei Anwendung des British Standard (BS) und des ANSI müssen die in den Tabellen aufgeführten zulässigen Belastungen mit dem Faktor 0,85 multipliziert werden.

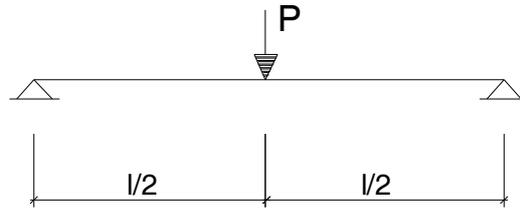
To use the resulting allowable loads with British Standard (BS) and ANSI, allowable loads listed in tables have to be multiplied by 0.85.



5.2 Einzellast in Feldmitte:

Single-load in 1/2 point

System



Zulässige Belastung:
permissible load

$$\begin{aligned} \max M &= 1,5 \times P \times L / 4 + 1,35 \times g \times L^2 / 8 \leq \text{zul. } M_{Rd} = 142,2 \text{ kN/cm}^2 \\ \Rightarrow P &\leq (142,2 \text{ kN/cm}^2 - 1,35 \times g \times L^2 / 8) / (1,5 \times L / 4) \end{aligned}$$

zulässiges Moment für beliebige Lage der Kupplung:
permissible moment for coupler at any position:

$$\text{zul. } M_{Rd} = 42,85 \text{ kNm}$$

zulässiges Moment ohne Kupplung:
permissible Moment without coupler:

$$\text{zul. } M_{Rd} = 94,48 \text{ kNm}$$

Durchbiegung:
deflection

$$\max u = P \times L^3 / (48 \times E \times I) + g \times L^4 / (76,8 \times E \times I)$$

Grenzbelastung für Verformung $< L/100$:
permissible load for deflection $< L/100$

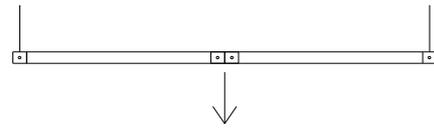
$$\begin{aligned} \max u &= P \times L^3 / (48 \times E \times I) + g \times L^4 / (76,8 \times E \times I) \leq L / 100 \\ \Rightarrow P &\leq (L / 100 - g \times L^4 / (76,8 \times E \times I)) / (L^3 / (48 \times E \times I)) \end{aligned}$$

Belastungstabellen:
Loading tables:

siehe nächste Seite
see next page

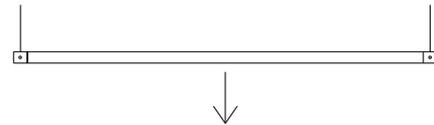


Zulässige Belastung für beliebige Lage der Kupplung:
permissible load for coupler at any position:



Spannweite Span [m]	max. zulässige mittige Einzellast max. allowable single load in 1/2-point [kg]	Verformung bei max. Last deflection at max. load [cm]	Grenzbelastung für Verformung < L/100 allowable load for deflection < l/100 [kg]
0,5	228	0,1	228
1,0	113	0,4	113
1,5	75	0,9	75
2,0	55	1,6	55
2,5	44	2,5	44
3,0	36	3,6	29
3,5	30	4,9	20
4,0	25	6,3	14
4,5	22	8,2	10
5,0	19	10,1	7
5,5	17	12,6	4
6,0	14	14,5	2

Zulässige Last ohne Kupplung:
permissible load without coupler:



Spannweite Span [m]	max. zulässige mittige Einzellast max. allowable single load in 1/2-point [kg]	Verformung bei max. Last deflection at max. load [cm]	Grenzbelastung für Verformung < L/100 allowable load for deflection < l/100 [kg]
0,5	503	0,2	503
1,0	251	0,9	251
1,5	166	1,9	128
2,0	124	3,4	71
2,5	99	5,4	44
3,0	81	7,7	29

= Durchbiegung $\geq L/100$
deflection $\geq L/100$

Die Tabellenwerte gelten nur für das System eines Einfeldträgers.
The values of the table are only valid for single-span girder.

Lasten mittig auf den Kupplungen sind nicht zulässig.
Loads at the middle of the couplers are not allowed.

In den angegebenen Werten der Tabelle sind Teilsicherheitsbeiwerte auf der Lastseite nach EN 1990 mit einem $\gamma_F = 1,50$ für Nutzlasten und $\gamma_G = 1,35$ für das Eigengewicht der Traversen berücksichtigt.
The specified values include partial safety coefficients on the loadings side acc. EN 1990 of $\gamma_F = 1.50$ for payloads and $\gamma_G = 1.35$ for selfweight of the truss.

Bei Anwendungsfällen, die auf Grundlage anderer Normen berechnet werden, können die Teilsicherheitsbeiwerte auf der Lastseite angepasst werden (z.B. fliegende Bauten nach EN 13814, $\gamma_F = 1,35$ für Nutzlasten).

For applications which can be calculated on the basis of other codes, the partial safety factors can be adjusted (for example temporary structures acc. EN 13814, $\gamma_F = 1.35$ for payloads).

Bei Anwendung des British Standard (BS) und des ANSI müssen die in den Tabellen aufgeführten zulässigen Belastungen mit dem Faktor 0,85 multipliziert werden.

To use the resulting allowable loads with British Standard (BS) and ANSI, allowable loads listed in tables have to be multiplied by 0.85.