



## Statische Berechnung Fc\ fVf~ W\_Y'9`V\ UZYb\_bchYb


**Auftrags-Nr.:** 10-22-117

**Bauvorhaben:** Neubau Energietransportleitung  
ETL 185 - FSRU

**Bauherr:** Gasunie Deutschland GmbH & Co. KG  
Pasteurallee 1  
D-30655 Hannover

**Tragwerksplanung:** BPM Ingenieurgesellschaft mbH  
Waisenhausstrasse 10, 09599 Freiberg  
Tel.: +49 3731 7832667  
E-Mail:

**Auftraggeber:** ARGE-GME GbR c/o Giftge Consult GmbH  
Är] @ä • dæ ^FG  
D-31135Hildesheim

BPM Ingenieurgesellschaft mbH KUGYb\Ui gghfUEY`%\$ 09599 Freiberg 	10-22-117 Neubau Energietransportleitung ETL 185 - FSRU	S.
		2 Pos.

Inhaltsverzeichnis

Position	Beschreibung	Seite
TB	Titelblatt	1
	Inhalt	2
R	Pa{↔b↔~^bfiaæãb↔´å\	3
.	Vorbemerkungen	4
T1	HEB 120	11
T2	HEB 220	12
T3	HEB 200 Obergurt	13
Z	Zusammenfassung	14
SB	Schlussblatt	15



BPM Ingenieurgesellschaft mbH KÜßlingstraße 10 09599 Freiberg	10-22-117 Neubau Energietransportleitung ETL 185 - FSRU	S. 4 Pos. .
--	---	----------------------

Pos. .

## Vorbemerkungen

### 1. Allgemeine Bemerkungen

Die vorliegende statische Berechnung weist nach, dass die bestehende Bestandbrücke die zusätzliche Last der neu zu verlegenden Rohrleitung sicher aufnehmen kann und die Standsicherheit für alle auftretende Lastfälle jederzeit gegeben ist. Dieser Nachweis wird auf Grund der geprüften Statik von KWE (Köln-Wesseling Eisenbau) vom 2. September 1976 geführt.

Die Lastannahmen sowie die Nachweise der Bauteile werden als richtig vorausgesetzt und nicht nochmal durch Vergleichsrechnungen nachgewiesen.

Es wird ebenfalls vorausgesetzt, dass alle Tragteile der Brückenkonstruktion keine Verschleißerscheinungen aufweisen, die die Tragfähigkeit der einzelnen Bauteile entscheidend beeinflusst. Sollten Bauteile bzw. Verbindungselemente (Schrauben, Schweißnähte u.ä.) starke Verschleißerscheinungen aufweisen, so ist vor Beginn der Bauarbeiten eine Begutachtung der betreffenden Bereiche zwingend notwendig.

### 2. Berechnungsgrundlagen

Der statischen Berechnung lagen folgende Unterlagen zugrunde:


- geprüfte Statik von KWE (Köln-Wesseling Eisenbau) vom 2. September 1976.
- Die bauaufsichtlich eingeführten technische Baubestimmungen in der aktuellen Fassung:
  - DIN EN 1990, einschließlich NA
  - DIN EN 1991, einschließlich NA
  - DIN EN 1992, einschließlich NA
  - DIN EN 1993, einschließlich NA
- allgemeine Literatur (Bautabellen etc.)

### 3. Bauaufgabe bzw. Baubeschreibung

Im Rahmen des Projektes des Neubaus einer Energietransportleitung ETL 185 -FSRU sind Querungen in Form von Rohrbrücken notwendig. Neben dem Neubau von Rohrbrücken ist auch in Einzelfällen zu prüfen, inwieweit vorhandene Rohrbrücken für die Verlegung der Energietransportleitung genutzt werden können. Die vorliegende Statik überprüft die mögliche Nutzung der Rohrbrücke über die Hamburger Straße (rote Linie)





BPM Ingenieurgesellschaft mbH KÜßlingstraße 10 09599 Freiberg		10-22-117 Neubau Energietransportleitung	S. 6
		ETL 185 - FSRU	Pos. .

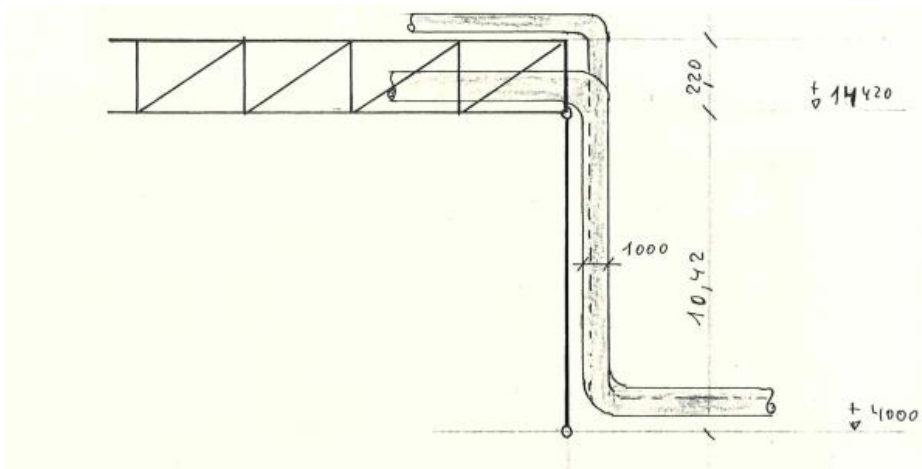


Abb. 2: Auszug stat. Berechnung von KWE -S.33

Der nachfolgende Bildausschnitt zeigt, dass der geplante Laufsteg sowie die geplante untergehängte Blechwanne nicht ausgeführt wurden. Desweiterem ist der geplante bzw. in der Lastannahme angenommene Rohrquerschnitt (1x DN 1000 + 1x DN 600) nicht umgesetzt wurden. Es wurde stattdessen eine DN 800 Leitung in der Brücke installiert. Die daraus resultierenden Minderlasten können direkt als Reserve für die zusätzliche Brückenbelastung berücksichtigt werden. Die Lastannahme Eigengewicht wurde als richtig angenommen und nicht erneut berechnet.



Lastannahme IST:	DN 800 (Rohr Ø813 x 12,5)	Eigenlast = 2,24 kN/m	(0,25 t/m)
	Querschnittsfläche A = 0,50 m²	Füllung = 1000 kg/m³ * A	
		Füllung = 4,93 kN/m	(0,50 t/m)
Lastannahme NEU:	DN 600 (Rohr Ø610 x 12,5)	Eigenlast = 1,84 kN/m	(0,18 t/m)
	Querschnittsfläche A = 0,28 m²	Füllung = 1000 kg/m³ * A (für Druckprobe)	
		Füllung = 2,77 kN/m	(0,28 t/m)

BPM Ingenieurgesellschaft mbH KÜßlingstraße 10 09599 Freiberg	10-22-117 Neubau Energietransportleitung ETL 185 - FSRU	S. 7 Pos. .
--	---	----------------------

Daraus ergibt sich folgende Veränderungen der tatsächlichen Vertikallasten:

Statisch nachgewiesen:	Rohrgewicht g 0,375 t/m	= 3,75 kN/m
	Rohrfüllung p 1.125 t/m	= 11,25 kN/m
	Eigengewicht Brücke 0,55 t/m	= 5,50 kN/m
	Laufsteg p 0,1 t/m	= 1,00 kN/m
	Laufsteg g 0,05 t/m	= 0,50 kN/m
	Blechwanne 0,15 t/m	<u>= 1,50 kN/m</u>
	Gesamt	= 23,50 kN/m

Statisch erforderlich	Rohrgewicht g (1x DN800)	1 x 2,24 kN/m	= 2,24 kN/m
	Rohrfüllung p (1x DN800)	1 x 4,93 kN/m	= 4,93 kN/m
	Rohrgewicht g (1x DN600)	1 x 1,84 kN/m	= 1,84 kN/m
	Rohrfüllung p (1x DN600)	1 x 2,77 kN/m	= 2,77 kN/m
	Eigengewicht Brücke 0,55 t/m		= 5,50 kN/m
	Zusätzliche Installationen (Rohrlager etc.)		<u>= 1,00 kN/m</u>
	Gesamt		= 18,28 kN/m

Die korrigierten vertikalen Lasten inkl. der zusätzlichen Ausbaulast einer zusätzlichen Rohrleitung DN 600 sind ca. 22% geringer als die für die Berechnung der Brückenkonstruktion angenommen Lasten.


Die heutigen Nachweisverfahren ermitteln die Einwirkungen auf Tragwerke auf Grundlage der DIN 1990. Damit wird zwischen verschiedenen Lastfaktoren hinsichtlich der Art der Einwirkung unterschieden. Die mittels dieser Lastfaktoren ermittelte Einwirkung ist für den Nachweis der Stahlkonstruktion bestimmend. Auch in diesem Falle sind die vertikalen Einwirkungen der geplanten zusätzlichen Ausbaulast geringer als die für die Berechnung angenommen Lasten.

#### Design-Lasten

$$\text{Zulässige Last lt. Statik: } V_d = 1,35 \cdot (3,75 + 5,50 + 0,50 + 1,50) + 1,5 \cdot (11,25 + 1,00) = 33,56 \text{ kN}$$

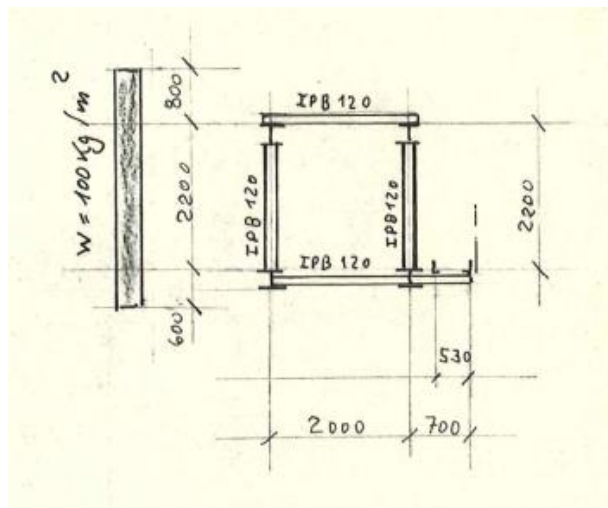
$$\text{Geplante Last: } V_d = 1,35 \cdot (2,24 + 1,84 + 5,50 + 1,00) + 1,5 \cdot (4,93 + 2,77) = 25,83 \text{ kN}$$

Die Brückenkonstruktion ist somit hinsichtlich der vertikalen Fachwerkkonstruktion standsicher.

BPM Ingenieurgesellschaft mbH KUGYb\Ui gghfUEY' %\$ 09599 Freiberg 	10-22-117 Neubau Energietransportleitung ETL 185 - FSRU	S.
		8
		Pos.
		.

## Windbelastung

Die Bemessung der Stützrahmenkonstruktion und der Windverbände in der Brückenkonstruktion wurde auf Grundlage des nachfolgenden Bildes geführt. Bei der Windbelastung wurde eine Bezugshöhe von 3,60m angesetzt. Diese Bezugshöhe beinhaltet neben der Brückenkonstruktion (2200 mm) eine Unterhangwanne (600mm) und die damals geplante zusätzliche Leitung DN 600 (800 mm).



Windeinflusshöhe bei Installation einer Gasleitung DN 600 oberseitig auf IPB 120:

$$\begin{aligned}
H &= 2,20 \text{ m} + h_{\text{Unterfurt}} + h_{\text{IPB120}} + h_{\text{DN600}} \\
H &= 2,20 \text{ m} + 0,24 \text{ m} + 0,12 \text{ m} + 0,65 \text{ m} \\
H &= 3,21 \text{ m}
\end{aligned}$$

Die geplante Windeinflusshöhe ist durch den Wegfall der Wannenkonstruktion mit 3,21m geringer als die in der Statik nachgewiesene Windeinflusshöhe von 3,60 m. Die angesetzte Windlast von 100 kg/m² bzw. 1 kN/m² wird als richtig vorausgesetzt.

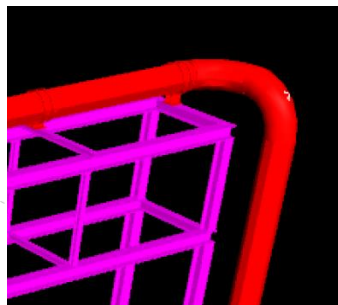
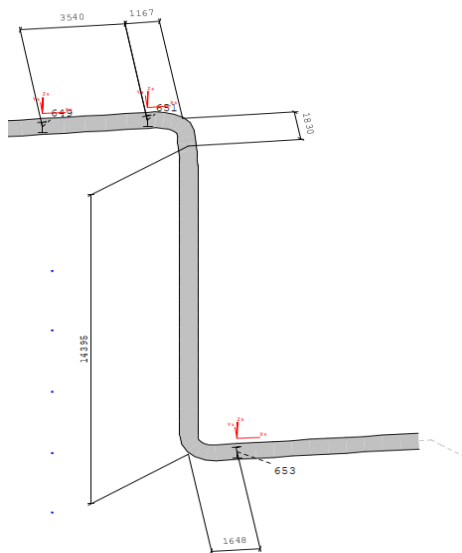
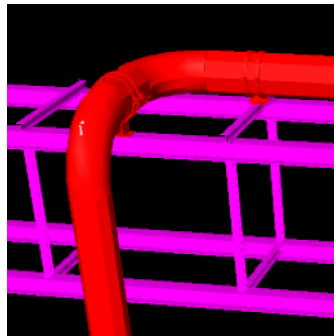
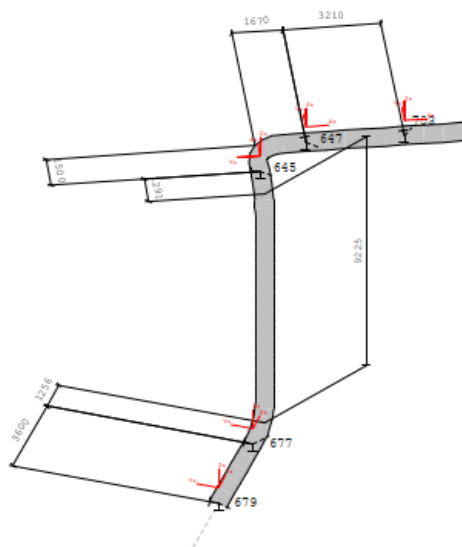



## Nachweis Auflagerträger

In der nachfolgenden Statischen Berechnung werden auch die Auflagerträger für die neu zu verlegende Gasleitung DN600 nachgewiesen.

Der obere Querträger (HEB 120) der Bestandrohrbrücke ist als Auflagerbalken für die neu zu installierende Rohrleitung DN 600 statisch nachzuweisen. Die charakteristischen Lagerkräfte wurden auf Grundlage der Statik von EPC vom 01.06.2022 übernommen. Im Zulauf wird das Lager 645 (siehe Abb.) direkt auf den Obergurt des Fachwerkträgers (HEB 200) der Brücke Achse 5-4 installiert.

Das letzte Lager (651) auf der Brückenkonstruktion befindet sich direkt auf dem Querträger des Stützrahmens auf einem HEB 220. In der Statik werden alle drei Lagertypen statisch nachgewiesen.



<div>BPM Ingenieurgesellschaft mbH KÜßlingstraße 10 09599 Freiberg</div> <div></div>	<div>10-22-117 Neubau Energietransportleitung ETL 185 - FSRU</div>	<div>S. 10</div> <div>Pos.</div>
---	--	----------------------------------

Extremwerte Lagerkräfte HEB 120 (charakteristisch)

Lager 647 (Statik EPC vom 01.06.2022 S. 9)

$X = 3,231 \text{ kN}$     $Y = 25,909 \text{ kN}$     $Z = -10,670 \text{ kN}$

Extremwerte Lagerkräfte HEB 220 (charakteristisch)


Lager 651 (Statik EPC vom 01.06.2022 S. 7)

$X = -11,467 \text{ kN}$     $Y = -15,335 \text{ kN}$     $Z = -38,974 \text{ kN}$

Extremwerte Lagerkräfte Obergurt HEB 240 (charakteristisch)

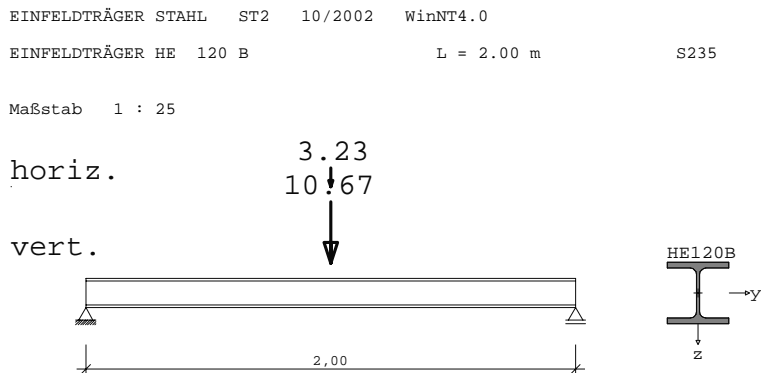
Lager 645 (Statik EPC vom 23.05.2022 S. 10)


$X = -10,698 \text{ kN}$     $Y = 72,770 \text{ kN}$     $Z = -35,917 \text{ kN}$

BPM Ingenieurgesellschaft mbH KUGYb\Ui gghfUEY`%\$ 09599 Freiberg		10-22-117 Neubau Energietransportleitung ETL 185 - FSRU	S. 11
			Pos. T1

Pos. T1

HEB 120



BPM Ingenieurgesellschaft mbH KUGYb\Ui gghfUEY`%\$ 09599 Freiberg 	10-22-117 Neubau Energietransportleitung ETL 185 - FSRU	S.
		12
		Pos.
		T2

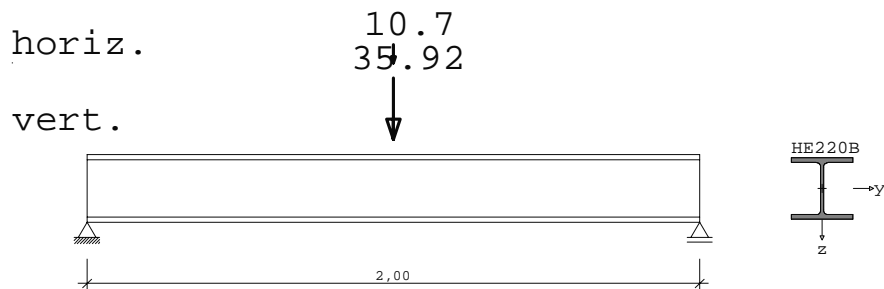
Pos. T2

HEB 220

EINFELDTRÄGER STAHL ST2 10/2002 WinNT4.0

EINFELDTRÄGER HE 220 B L = 2.00 m S235

Maßstab 1 : 20



(Die Lasten werden nicht an ihren Lastangriffspunkten dargestellt.)

Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M = 1.10$  Eigengewicht  $g = 0.715$  kN/m

EINWIRKUNGEN			GammaF	Art		
Nr. Bezeichnung						
1 Wohnräume			1.50	veränderlich		
EINZELLASTEN	Ric	zp	G (kN)	Q (kN)	Abst (m)	von Gruppen
Nr.						EwG Zus Alt
1	in z	0	0.00	35.92	1.00	links 1
2	in y	0	0.00	10.70	1.00	links 1

zp = 0 : Schubmittelpunkt , zp = 1 : Oberseite , zp = 2 : Unterseite

AUFLAGERKRÄFTE (GammaF-fach)							* = Maximum
Lager	V (kN)	Hx (kN)	Hy (kN)	Psi0	aus Lasten	G	Q
links	27.90*	0.00	0.00	1.0	g		1
	0.72	0.00	8.02*	1.0			2
rechts	27.90*	0.00	0.00	1.0	g		1
	0.72	0.00	8.02*	1.0			2

GRUNDKOMBINATION aus Lasten: \*\*) mit Psi0 = 1.0


AUFLAGERKRÄFTE Grundkomb. (ohne GammaF)					* = Maximum	
Lager	Ew	V (kN)	Hx (kN)	Hy (kN)	aus Lasten	**)
links	G	0.72	0.00	0.00		
	Q	17.96*	0.00	0.00	1	
		0.00	0.00	5.35*	2	
rechts	G	0.72	0.00	0.00		
	Q	17.96*	0.00	0.00	1	
		0.00	0.00	5.35*	2	

SPANNUNGEN Grundkomb. nach Th.1.0. , x0= 1.00 m					GammaF-fach
vorh.SigmaX / fyd	=	68.36 / 218.2	=	0.31	< 1
vorh.Tau / TauRd	=	14.49 / 126.0	=	0.12	< 1
vorh.SigmaV / fyd	=	68.36 / 218.2	=	0.31	< 1

NACHWEIS BIEGEKNICKEN DIN 18800 T2					
Grundkomb.	Nd =	0.00 kN	Myd =	27.42 Mzd =	8.02 kNm
			Vzd =	26.94 Vyd =	8.02 kN
Gleichung 29 : Eta	=	0.27	< 1		

NACHWEIS BIEGEDRILLKNICKEN DIN 18800 T2 (Ersatzstab nach BTII)					
Grundkomb.	Nd =	0.00 kN	Myd =	27.42 Mzd =	8.02 kNm
	Nkiz =	0.00 kN	Mkiy=	2418.35	kNm
Gleichung 30 : Eta	=	0.24	< 1		

DURCHBIEGUNGEN für 1-fache Lasten , x0= 1.00 m					zul f = L / 300
vorh.fRes / zul f	=	0.05 / 0.67	=	0.07	< 1

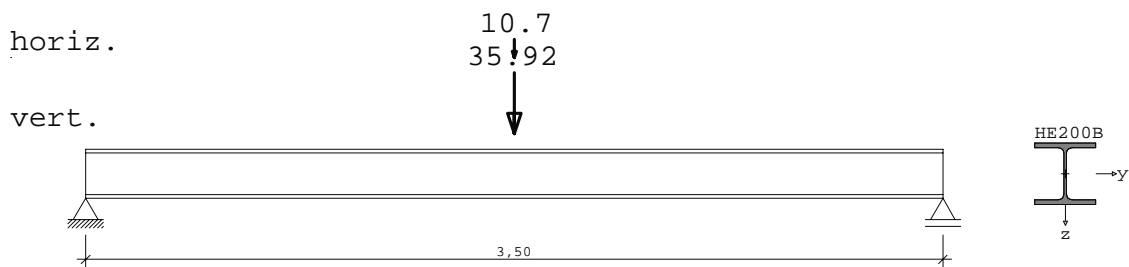
BPM Ingenieurgesellschaft mbH KUGYb\Ui gghfUEY' %\$ 09599 Freiberg		10-22-117 Neubau Energietransportleitung ETL 185 - FSRU	S. 13
			Pos. T3

## Pos. T3 HEB 200 Obergurt

EINFELDTRÄGER STAHL ST2 10/2002 WinNT4.0

EINFELDTRÄGER HE 200 B L = 3.50 m S235

Maßstab 1 : 25



(Die Lasten werden nicht an ihren Lastangriffspunkten dargestellt.)

Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M1} = 1.10$  Eigengewicht  $g = 0.613 \text{ kN/m}$

EINWIRKUNGEN						
Nr.	Bezeichnung	$\gamma_{MF}$	Art			
1	Wohnräume	1.50	veränderlich			

EINZELLASTEN	Ric	zp	G	Q	Abst	von	Gruppen
Nr.			(kN)	(kN)	(m)		EwG Zus Alt
1	in z	0	0.00	35.92	1.75	links	1
2	in y	0	0.00	10.70	1.75	links	1

zp = 0 : Schubmittelpunkt, zp = 1 : Oberseite, zp = 2 : Unterseite

AUFLAGERKRÄFTE ( $\gamma_{MF}$ -fach)							* = Maximum
Lager	V	Hx	Hy	aus	Lasten	**)	
	(kN)	(kN)	(kN)	Psi0	G	Q	
links	28.39*	0.00	0.00	1.0	g	1	
	1.07	0.00	8.02*	1.0		2	
rechts	28.39*	0.00	0.00	1.0	g	1	
	1.07	0.00	8.02*	1.0		2	

GRUNDKOMBINATION aus Lasten: \*\*) mit  $\Psi_{i0} = 1.0$

G: g	Q: 1 2	
AUFLAGERKRÄFTE Grundkomb.	(ohne GammaF)	* = Maximum

SPANNUNGEN Grundkomb.	nach Th.1.0., x0= 1.75 m	$\gamma_{MF}$ -fach
vorh. $\sigma_x$ / $f_{yd}$	= 155.13 / 218.2 = 0.71 < 1	
vorh. $\tau$ / $\tau_{Rd}$	= 16.87 / 126.0 = 0.13 < 1	
vorh. $\sigma_v$ / $f_{yd}$	= 155.13 / 218.2 = 0.71 < 1	

NACHWEIS BIEGEKNICKEN DIN 18800 T2					
Grundkomb.	Nd =	0.00 kN	Myd =	48.41 kNm	Mzd = 14.04 kNm
			Vzd =	26.94 kN	Vyd = 8.02 kN
Gleichung 29 : Eta	=	0.60 < 1			

NACHWEIS BIEGEDRILLKNICKEN DIN 18800 T2 (Ersatzstab nach BTII)					
Grundkomb.	Nd =	0.00 kN	Myd =	48.41 kNm	Mzd = 14.04 kNm
	Nkiz =	0.00 kN	Mkiy =	692.18 kNm	
Gleichung 30 : Eta	=	0.56 < 1			

DURCHBIEGUNGEN für 1-fache Lasten, x0= 1.75 m	zul f = L / 300
vorh. fRes / zul f	= 0.36 / 1.17 = 0.31 < 1

BPM Ingenieurgesellschaft mbH KÜßlingstraße 10 09599 Freiberg	10-22-117 Neubau Energietransportleitung ETL 185 - FSRU	S. 14 Pos. Z
--	---	-----------------------

## Pos. Z Zusammenfassung

Österreichische Bundesbahnen AG (ÖBB) - Wesseling Eisenbau) vom 2. September 1976.

Die in der Anlage 1 dargestellten Bauteile sind als Ersatzteile für die in der Anlage 2 dargestellten Bauteile vorgesehen.

8. JY'6 f~ W\_Y'k f'X'Z f'X'Y'ni g} m`JW Y' @UghXYf' [ Yd`UbhYb`8 B\* \$\$\$`@Y]h b[`  
 im Regelbetrieb als standsicher eingestuft.

**Wichtiger Hinweis!** Österreichische Bundesbahnen AG (ÖBB) - Wesseling Eisenbau) vom 2. September 1976.

Auf Grundlage des Einbinde- und Auflagerkonzeptes von EPC wurde die

Die geplante Einbindung mit den entsprechenden ermittelten

BPM Ingenieurgesellschaft mbH KÜßlingstraße 10 09599 Freiberg	10-22-117 Neubau Energietransportleitung ETL 185 - FSRU	S. 15 Pos. SB
--	---	------------------------

Pos. SB

Schlussblatt

## Schlussblatt

Diese Statische Berechnung wurde am 08.06.2022 aufgestellt

gesehen:

bearbeitet:





Dipl.-Ing. Thomas Grambow  
 Tragwerksplaner TP-0850-2013

Dipl.-Ing. Thomas Grambow