

Statische Berechnung

Bauvorhaben: Hamburg

Beschreibung: GFK Rohr nach EN 14364 / DIN 16869 / ISO 25780
GFK-Vortriebsrohr (CC), PN1

Auftraggeber: Planungsvorstatik

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Manuela Wendt
Amiblu Germany GmbH
Am Fuchsloch 19
04720 Döbeln

Tel.: +49 151 16304613
Mail: manuela.wendt@Amiblu.com

Statik-Nr.: xxx-21-01-25

Datum: 22.01.2021

1 Bemerkungen

HAFTUNGSAUSCHLUSS

Als Teil des technischen Service zur Fachplanung von Projekten der Amiblu Gruppe (im Weiteren „Amiblu“) werden regelmäßig statische Berechnungen zur Entscheidungsfindung für Amiblu/Flowtite/Hobas GFK Rohrsysteme und Produkte erstellt.

Mit der Nutzung dieser kostenlosen Serviceleistung zur Erstellung von technischen Nachweisen von Amiblu erkennen Sie die folgenden Bedingungen an:

1. Keine vertragliche Beziehung:

Mit der Verwendung der oben genannten Amiblu-Berechnungen kommt kein Vertragsverhältnis, insbesondere kein Beratungs- oder Informationsvertrag zwischen Ihnen und Amiblu zustande. Insoweit bestehen keine vertraglichen oder quasivertraglichen Ansprüche gegen Amiblu.

2. Anforderungen:

Sie erkennen an, dass die angegebenen Berechnungen nur für Amiblu/Flowtite/Hobas Produkte gelten.

3. Basis der statischen Berechnung:

Amiblu stützt sich bei der Berechnung auf Ihre angegebenen Projekt- und Einbaubedingungen und ergänzt die erforderlichen fehlenden Daten nach bestem Wissen und Gewissen auf Basis des aktuellen Wissensstandes und der Anforderungen der gültigen Normen- und Regelwerke.

Der Nachweis basiert auf dem Arbeitsblatt DWA-A161, Statische Berechnung von Vortriebsrohren für Amiblu Vortriebsrohre nach EN 14364 und ISO 25780.

4. Vorgaben zum Einbau:

In allen Fällen müssen die folgenden Einbaubedingungen für die Verlegung von Amiblu-Produkten eingehalten werden:

Die zulässige Vortriebskraft der GFK-Vortriebsrohre in den Datenblättern / Zeichnung wird nach ISO 25780 mit dem Sicherheitsfaktor $SF=3,5$ berechnet. Das gewählte Einbauverfahren kann im Nachweis nach DWA-A161 die zulässige Vortriebskraft der Rohre zusätzlich einschränken.

Die anzusetzende Vortriebskraft in der Bauausführung ist in Abstimmung mit der Bauüberwachung zu wählen. Die Vortriebskräfte nach DWA-A161 sind je Lastfall ausgewiesen.

Vortriebskraft und Lageabweichungen sind während des Vortriebs kontinuierlich zu dokumentieren.

Die Einhaltung der geltenden internationalen Normen und der Verlegeanleitung für Amiblu/Flowtite/Hobas Produkte werden für diese statische Berechnung als gegeben vorausgesetzt. Die Verlegeanleitungen für Amiblu/Flowtite/Hobas können auf unseren Homepages heruntergeladen werden.

<http://www.flowtite.com> oder <http://www.hobas.com> oder <http://www.amiblu.com>.

Die zur statischen Berechnung angesetzten Einbaubedingungen sollten durch Sie bzw. den Prüfenieur oder den Projektplaner mit den tatsächlichen Bedingungen vor Ort verglichen werden. Eventuelle Abweichungen können einen Einfluss auf die Rohrinstallation haben.

5. Haftungsausschluss:

Für die erbrachten Leistungen gelten, soweit anwendbar, die allgemeinen Verkaufsbedingungen von Amiblu.

Amiblu weist ausdrücklich darauf hin, dass die statischen Berechnungen theoretischer Natur sind. Die Ergebnisse der Berechnung können in der Praxis nur erzielt werden, wenn die Annahmen den realen Baustellenbedingungen Vor-Ort entsprechen.

Die statischen Berechnungen wurden gemäß der fachkundigen Meinung von Amiblu zuverlässig und sorgfältig durchgeführt. Amiblu übernimmt keine Gewähr für die Vollständigkeit und Richtigkeit der Berechnungsinhalte.

Die von Amiblu erstellten statischen Berechnungen sind eine Serviceleistung in der Projektierungs- oder Ausführungsphase und werden üblicherweise Bestandteil der Projektdokumentation. Amiblu übernimmt keine Haftung für die Anwendbarkeit der Berechnungsergebnisse im Fall von Abweichungen

von den zugrunde liegenden Annahmen.

Rev02 20.09.2019

2 Vortriebsrohr nach DWA-A 161, 2. Auflage: LF 1: OD 1499, PN1, hÜ = 6,00 m

Folgende Korrekturen des Arbeitsblatts DWA-A 161 berücksichtigt das Rechenmodul: DWA-A 161 04/2017, DWA-A 161 10/2017, TM 4-2019 der DB Netz AG, DWA-A 161 10/2020, DWA-A 127-10:2020-10

Angesetzte Vorpresskraft:	F _j	3.729	kN
Nach DWA-A 161 zulässige Vorpresskraft:	zul F _j	4.149	kN

Titel der Berechnung: LF 1: OD 1499, PN1, hÜ = 6,00 m

Annahmen:

- Vortrieb mit Gleitmittel (Annahme)
- ohne dauerhafte Ringraumverpressung
- kontrollierter Einbau
- Rohrlänge 3 m
- Verkehrsbelastung LM1
- kein Grundwasser vorhanden
- anstehender Boden G2, mitteldichte Lagerung
- Auflagerwinkel 180° (Regelfall)

Berechnungsart:	Nennsteifigkeit
Nachzuweisende Zustände:	Bau- und Betriebszustand
Einbauskeizze in Ausdruck:	Ja
Mindestschnittgrößen im Betriebszustand drucken:	Ja

2.1 Eingaben

2.1.1 Vortriebsverfahren

Verfahren:	Mikrotunnel, bemannte Verfahren
Vollständige dauerhafte Ringraumverpressung:	Nein
Einsatz von Stütz- oder Gleitmittel:	Ja
Stütz- oder Gleitmitteldruck:	p _{stm} 1,0 bar
Ringspalt:	Ringspalt ≤ 1,0 cm bezogen auf den Radius, nicht systematisch gestützt

2.1.2 Trasse und Vortriebskraft

Verlauf der Vortriebsstrecke:	Gerade
Berechnung der unplanmäßigen Abweichungen von der Sollachse (gerader Vortrieb):	Ohne Pilotvortrieb
Kombinationsbeiwert für Rohrabwinklungen:	ψ 0,80 [-]
Vorgabe der Vortriebskraft:	Nein
Freie Eingabe der Sicherheit für Längsrichtung:	Nein
Kontrollierter Einbau:	Nein

2.1.3 Druckübertragungsring (DÜR)

Art der Druckübertragung:	Ohne Druckübertragungsring
---------------------------	----------------------------

2.1.4 Bodenkennwerte

Bodenbeschaffenheit:	Lockergestein
Bodengruppe am Rohr:	G2
Anderer Bodengruppe oberhalb Rohrscheitel:	Nein
Auflagerwinkel (Lockergestein):	2α = 180° (Regelfall)

Manuelle Angabe des inneren Reibungswinkel des Bodens:
Manuelle Angabe der Wichte des Bodens:

Nein
Nein

2.1.5 Bodenverhalten

Manuelle Angabe des Verformungsmoduls des Bodens:
Anwendung von Silotheorie:
Manuelle Angabe von f_1 , K_1 , δ und c :
Lagerungsdichte am Rohr:
Berücksichtigung des Konzentrationsfaktors λ :

Nein
Nein
Nein
Mitteldicht
Nein

2.1.6 Lasten

Überdeckungshöhe:
Zusätzliche Flächenlast:
Teilsicherheitsbeiwert Wasseraußendruck:
Grundwasserstand über Sohle:
Innendruck (Bauzustand):
Innendruck (Betriebszustand):
Rohr ist während des Vortriebs mit Flüssigkeit gefüllt:
Rohr ist im Betrieb mit Flüssigkeit gefüllt:
Freie Eingabe Sicherheitsbeiwert für Verkehrslasten:
Verkehrslast:

Dicke des Fahrbahnbelags:
Anpassungsfaktor α_{Qi} LM1 (DIN EN 1991-2):
Abminderungsfaktor dynamische Last manuell eingeben:

h	6,0	m
P_0	0,00	kN/m ²
$\gamma_{F,W}$	1,35	[-]
h_{GW}	0,0	m
$P_{I,C}$	0,0	bar
$P_{I,O}$	0,0	bar
Nein		
Nein		
Nein		
Straße LM1 (3m Fahrbahnstreifen, DIN EN 1991-2)		
h_F	0,00	m
$\alpha_{Qi,LM1}$	1,00	[-]
Nein		

2.1.7 Berechnungsoptionen

Beulnachweis:
Verformungsnachweis:
Zulässige Verformung nach A161:
Ermüdungsnachweis:
Mindestschnittgrößen nach Norm:
Vergleichsspannung Mindestschnittgrößen:

Nach A 161
Nach A 161
Ja
Nach Regelwerk
Ja
Mit Bemessungswerten

2.1.8 Rohr mit definierter Nennsteifigkeit

Teilsicherheiten nach Norm:

Ja

Rohrauswahl aus Datenbank:
Auswahl der Eingaben:
Bezeichnung:
Außendurchmesser:
Wanddicke:
Lokale Vorverformung:

Nein
Da und s
CC VT_Rohr OD 1499, PN 1
 d_a 1.499 mm
 t 60,0 mm
 $\delta_{v,I}$ 0,0 %

Nennsteifigkeit:
Nenndruck:
Kriechverhältnis:
Abminderungsfaktor Temperatureinfluss:
Abminderungsfaktor Medienangriff:
Abminderungsfaktor dynamische Last:

SN	64.000	N/m ²
PN	1,0	bar
f_{Kriech}	2,50	[-]
$A_{1,Temp}$	1,00	[-]
$A_{2,Medium}$	1,00	[-]
$A_{3,dyn}$	1,00	[-]

Wichte des Rohrwerkstoffs:
Querkontraktionszahl:
Angabe der Grenzspannungen Ringzug:
Grenzdehnung Biegezug nach Norm:
Schwingbreite bei $2 \cdot 10^6$ Lastspielen ist bekannt:
Schwingbreite bei $1 \cdot 10^8$ Lastspielen ist bekannt:
Äußerer Rücksprung:
Innerer Rücksprung:
Rohrlänge:
Längsdruckfestigkeit, Kurzzeit:
Längsdruckfestigkeit, Langzeit:
Grenzdehnung für Längsdruck, Kurzzeit:

γ_R	21,00	kN/m ³
ν	0,30	[-]
Nein		
Ja		
Nein		
Nein		
$\Delta d_{a,min}$	9,8	mm
$\Delta d_{i,max}$	0,0	mm
L_R	3,00	m
$\sigma_{D,K}$	90,0	N/mm ²
$\sigma_{D,L}$	60,0	N/mm ²
ϵ_{AxK}	0,7	%

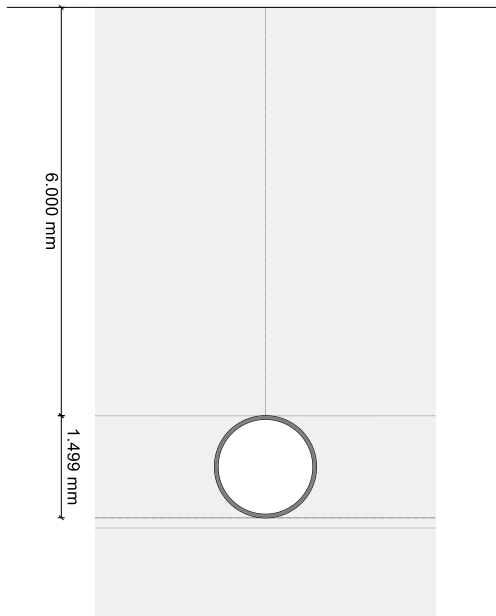
Grenzdehnung für Längsdruck, Langzeit:
 Manuelle Vorgabe $\Delta\sigma_{\text{L}}$:

ϵ_{AxL}
 Nein

0,7 %

2.1.8.1 Systemskizze

Straße LM1 (3m Fahrbahnstreifen, DIN EN 1991-2)



2.2 Ergebnisse

2.2.1 Teilsicherheitsbeiwerte (Einwirkungen)

Teilsicherheitsbeiwert für Verkehrslasten (quer zur Rohrachse):	YQ	1,35	[-]
Teilsicherheitsbeiwert für Innendruck (Druckrohre > 0,5 bar):	YF,Pi	1,50	[-]
Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen quer zur Rohrachse:	YF	1,35	[-]
Teilsicherheitsbeiwert Einwirkung längs der Rohrachse:	YF,ax	1,30	[-]

2.2.2 Zwischenergebnisse Rohr

2.2.2.1 Sicherheiten

Der Teilsicherheitsbeiwert quer zur Rohrachse wird gemäß DIN EN 1993-1-9 Tabelle 3.1 mit 1,15 (statt 1,1 bzw. 1,13 nach DWA-A 161 Tabelle 6) angesetzt.

Teilsicherheitsbeiwert für Bauteilwiderstand längs der Rohrachse	Y _{M,ax}	1,54	1,54	[-]
Teilsicherheitsbeiwert für Bauteilwiderstand quer zur Rohrachse	Y _{M,rad}	1,48	1,48	[-]
Teilsicherheitsbeiwert für Bauteilwiderstand auf Stabilität	Y _{M,stab}	1,85	1,85	[-]
Teilsicherheitsbeiwert für Bauteilwiderstand auf Stabilität bei Berücksichtigung der Rohrverformungen	Y _{M,stab,red}	1,45	1,45	[-]

2.2.2.2 Überprüfung der Mindestwanddicke

Außendurchmesser:	d _a	1.499,0	mm
Mittlerer Radius:	r _m	719,50	mm
Wanddicke:	s	60,00	mm
Berechnete Mindestwanddicke bei vorgegebenen Radius r _m :	min. t	43,17	mm

Die Mindestwanddicke nach 9.3.1 Tabelle 19 / 20 wird eingehalten bzw. übertroffen.

2.2.3 Dehnungsnachweis (Mindestbemessung)

		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Ausnutzungsgrad (Mindestbemessung)	U _{min}	-55,0	48,2	-55,0	%
Ausnutzungsgrad (Mindestbemessung)	U _{min}	53,5	-60,3	53,5	%

(Bei Biegedruckbeanspruchungen sind die Ausnutzungsgrade durch ein negatives Vorzeichen gekennzeichnet)

Alle errechneten Dehnungen aufgrund Mindestbemessung sind kleiner als die zulässigen Werte.

2.2.4 Bauzustand

2.2.4.1 Belastungen Bauzustand

Vertikale Bodenspannung aus Verkehrslast in Scheitelhöhe:	p _T	6,41	kN/m ²
Vertikale Bodenspannung aus Verkehrslast in Kämpferhöhe (mit φ):	p _{TK}	2,93	kN/m ²
Horizontale Bodenspannung aus Verkehr:	p _{T,h}	0,73	kN/m ²
Systemsteifigkeit:	V _{RB}	0,1082	[-]
Das Rohr-Bodensystem verhält sich biegeweich:	Ja		

2.2.4.2 Verformungsnachweis Bauzustand

Relative vertikale Durchmesseränderung:	δ _v	0,88	%
Zulässige vertikale Durchmesseränderung:	zul δ _v	3,00	%
Ausnutzungsgrad Verformung:	U _{δv}	29,2	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

2.2.4.3 Beulnachweis Bauzustand

Teilsicherheitsbeiwert für Bauteilwiderstand auf Stabilität bei Berücksichtigung der Rohrverformungen:	$\gamma_{M,stab,red}$	1,45	[-]
Ausnutzungsgrad Stabilität:	$U_{Stab,rad}$	19,4	%

Der Nachweis der Stabilität ist erbracht.

2.2.4.4 Dehnungsnachweis Bauzustand

		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Ausnutzungsgrad	U	-33,2	28,5	-33,9	%
Ausnutzungsgrad	U	31,2	-36,1	31,8	%

(Bei Biegedruckbeanspruchungen sind die Ausnutzungsgrade durch ein negatives Vorzeichen gekennzeichnet)

Alle errechneten Dehnungen sind kleiner als die zulässigen Werte.

2.2.5 Nachweis der Zulässigkeit der Vortriebskraft

Mittlere Zugfestigkeit des Rohrwerkstoffs in Ringrichtung:	f_{tm}	n. def.	N/mm ²
Beiwert für zulässige Druckspannung:	$\alpha_{D,T}$	1,000	[-]
Höchste in der Rohrfuge wirkende, zulässige Druckspannung:	σ_{cal}	58,44	N/mm ²

2.2.5.1 Verformung des Rohres

Rechnerische Druckspannung im Rohrwerkstoff:	σ_{max}	58,44	N/mm ²
Verhältnis Rohrlänge zu Außendurchmesser:	L_R/d_a	2,00	[-]
Verformungsbeiwert des Rohres:	α_b	0,725	[-]
Beiwert:	α_φ	0,000	[-]
Verformungsfaktor des Rohres:	K_{ab}	0,500	[-]
Verformungsanteil des Vortriebsrohres:	Δs_R	6,8	mm

Ergebnis

Maß der Fugenklaffung:	$z_k/d_{a,min}$	0,78	[-]
Spannungsverhältnis durch Ausmitte der Vorpresskräfte:	σ_{max} / σ_0	2,44	[-]
Maßgebende Druckübertragungsfläche:	A_R	225.396,204	mm ²
Nach DWA-A 161 zulässige Vorpresskraft:	zul F_j	4.149	kN
Teilsicherheitsbeiwert Einwirkung längs der Rohrachse:	$\gamma_{F,ax}$	1,30	[-]
Angesetzte Vorpresskraft:	F_j	3.729	kN
Ausnutzung zulässige Vortriebskraft:	U_{Fj}	89,9	%

Die angesetzte Vortriebskraft ist zulässig.

2.2.5.2 Nachweis Axialbeulen (Kunststoff oder GFK-Rohr)

Kritische Beanspruchung durch axiale Belastung:	krit $\sigma_{L,d}$	209,80	N/mm ²
Im Rohr wirkende axiale Spannung, Bemessungswert:	$\sigma_{x,d}$	-43,64	N/mm ²
Ausnutzungsgrad Axialbeulen:	$U_{Stab,ax}$	20,8	%

Der Nachweis gegen axiales Beulen ist erbracht.

2.2.5.3 Interaktion - Vergleichsspannungsnachweis

Vergleichsspannung:	$\sigma_{VGE,d}$	58,44	N/mm ²
Maximal zulässige Längsdruckspannung:	$\sigma_{LD,d}$	58,4	N/mm ²
Ausnutzungsgrad Vergleichsspannung:	$U_{\sigma VGE}$	100,0	%

Die Vergleichsspannung ist kleiner als der zulässige Wert.

2.2.6 Betriebszustand

2.2.6.1 Belastungen Betriebszustand

Vertikale Bodenspannung aus Verkehrslast in Scheitelhöhe:	p_T	6,41	kN/m ²
---	-------	------	-------------------

Vertikale Bodenspannung aus Verkehrslast in Kämpferhöhe (mit ϕ):	p_{TK}	2,93	kN/m ²
Horizontale Bodenspannung aus Verkehr:	$p_{T,h}$	0,98	kN/m ²
Systemsteifigkeit:	V_{RB}	0,0466	[-]
Das Rohr-Bodensystem verhält sich biegeweich:	Ja		

2.2.6.2 Verformungsnachweis Betriebszustand

Relative vertikale Durchmesseränderung:	δ_V	1,16	%
Zulässige vertikale Durchmesseränderung:	zul δ_V	3,00	%
Ausnutzungsgrad Verformung:	U_{δ_V}	38,7	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

2.2.6.3 Beulnachweis Betriebszustand

Teilsicherheitsbeiwert für Bauteilwiderstand auf Stabilität bei Berücksichtigung der Rohrverformungen:	$\gamma_{M,stab,red}$	1,45	[-]
Ausnutzungsgrad Stabilität:	$U_{Stab,rad}$	13,5	%

Der Nachweis der Stabilität ist erbracht.

2.2.6.4 Dehnungsnachweis Betriebszustand

		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Ausnutzungsgrad	U	-86,9	75,4	-89,1	%
Ausnutzungsgrad	U	84,6	-96,9	86,6	%

(Bei Biegedruckbeanspruchungen sind die Ausnutzungsgrade durch ein negatives Vorzeichen gekennzeichnet)

Alle errechneten Dehnungen sind kleiner als die zulässigen Werte.

2.2.6.5 Nachweis gegen Ermüden unter nicht vorwiegend ruhender Belastung

Bei Straßenverkehrslasten ist ein Nachweis gegen Ermüden unter nicht vorwiegend ruhender Belastung nur bei Überdeckungshöhen < 1,5 m erforderlich.

Der Nachweis gegen Ermüden unter nicht vorwiegend ruhender Belastung soll in diesem Fall nicht geführt werden.

Alle notwendigen Nachweise sind erbracht.