IBA Terrassen Großräschen, Energiewerkstatt Baugrube Eisspeicher

Genehmigungsstatik Baugrubenverbau

Objekt	IBA Terrassen Großräschen, Energiewerkstatt Baugrubenverbau
Lage	Großräschen | Brandenburg
Bauherr	Stadt Großräschen Seestraße 16, 01983 Großräschen Frau Katharina Gnauck E-Mail kgnauck@grossraeschen.de
Auftragnehmer	G.U.B. Ingenieur AG Niederlassung Leipzig Gutenbergplatz 1c, 04103 Leipzig Telefon 0049 341 23102 0 Telefax 0049 341 23102 23 E-Mail info@gub-ing.de Internet www.gub-ing.de
Bearbeiter	Dipl.-Ing. (FH) Ines Meinicke, M. Sc.
Projekt-Nr.	LPB 24 0712
Datum	08.01.2025

In statischer Hinsicht geprüft
zugeh. Prüfbericht: H25002-01
Dipl.-Ing. Hans Hartmann,
Daniel-Vorländer-Straße 6, 06120 Halle (Saale)
Halle, den 04.02.2025
Der Bearbeiter: Der Prüfingenieur:

Digital signiert von Hans Hartmann
DN: cn=Hans Hartmann, o=Prüfingenieur für Standsicherheit, email=h.hartmann@sghg-ingenieure.de
Datum: 28.02.2025

Dipl.-Ing. J. Wagner
Projektingenieurin

Dipl.-Ing. (FH) I. Meinicke, M. Sc.
Projektbearbeiter

1. Allgemeines

1.1. Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines ... 2
1.1. Inhaltsverzeichnis ... 2
1.2. Beschreibung Gesamtbauwerk und Herstellung ... 3
1.2.1. Allgemeines ... 3
1.2.2. Konstruktion und Gestaltung ... 3
1.2.3. Baugrund ... 7
1.3. Techn. Vorschriften, Gutachten, Literaturhinweise, EDV-Programme ... 10
2. Baugrubenverbau ... 11
2.1. Berechnungsgrundlagen ... 11
2.2. Einwirkungen ... 13
2.3. Bemessung Trägerbohlwand ... 14
2.4. Bemessung Gurtung/Steifen obere Lage ... 20
2.4.1. Stabergebnisse für Gurtung ... 21
2.4.2. Stabergebnisse für Steifen ... 24
2.4.3. Knotenpunkt Gurtung/Gurtung (Eckknoten) ... 26
2.4.4. Knotenpunkt Gurtung/Steife ... 30
2.5. Bemessung Gurtung/Steifen untere Lage ... 34
2.5.1. Stabergebnisse für Gurtung ... 35
2.5.2. Stabergebnisse für Steifen ... 38
2.5.3. Knotenpunkt Gurtung/Gurtung (Eckknoten) ... 40
2.5.4. Knotenpunkt Gurtung/Steife ... 44
2.6. Auflagerkonsole für Gurtung ... 50
2.7. Ergebnisse ... 53

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

1.2. Beschreibung Gesamtbauwerk und Herstellung

1.2.1. Allgemeines

Die Stadt Großräschen beabsichtigt den Umbau der IBA-Terrassen in Großräschen. Für den Einbau eines Eisspeichers ist die Herstellung einer Baugrube erforderlich. Aufgrund der erforderlichen Baugrubentiefe und der Nähe zum geplanten Neubau Energiewerkstatt ist eine geböschte Baugrube nicht möglich. Daher wird für die Baugrube ein Verbau erforderlich.

Die G.U.B. Ingenieur AG, Niederlassung Leipzig, wurde im Zuge des Umbaus der IBA-Terrassen mit der Genehmigungsstatik für den Baugrubenverbau beauftragt.

Im Rahmen dieser Unterlage erfolgt die statische Berechnung und Bemessung des Baugrubenverbaus als Genehmigungsstatik.

1.2.2. Konstruktion und Gestaltung

Die zur Herstellung des Eisspeichers erforderliche Baugrube wird durch einen Verbau gesichert. Der Baugrubenverbau wird als zweifach ausgesteifte Trägerbohlwand hergestellt. An der Oberkante der Baugrube ist grundsätzlich ein mindestens 0,60 m breiter lastfreier Schutzstreifen vorzusehen.

Aus der Differenz zwischen der Unterkante Bodenaushub und dem vorhandenen Gelände ergibt sich eine Baugrubentiefe von:

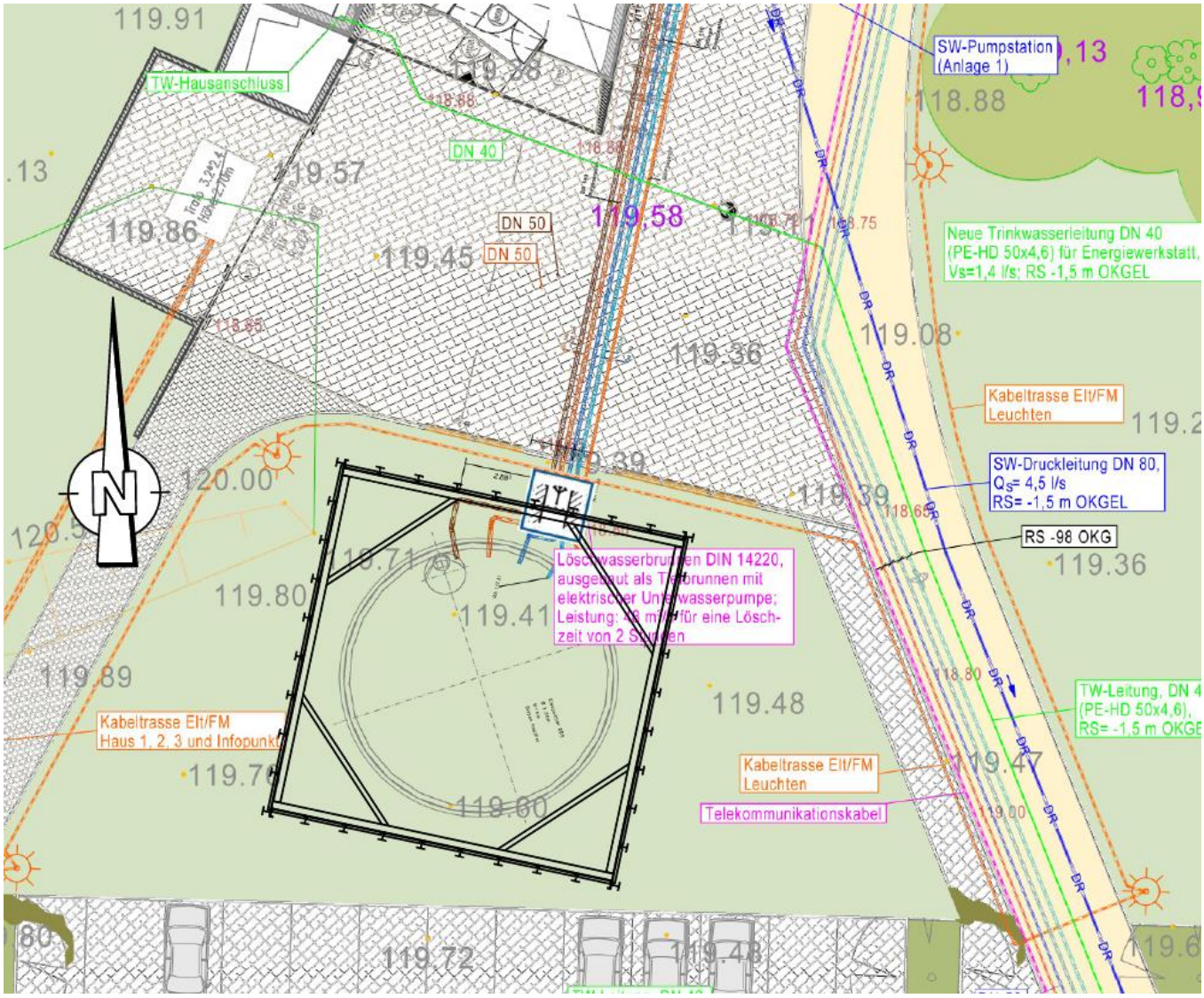
Bauzustand 1:	t = 1,25 m	Einbau Gurtung obere Lage
Bauzustand 2:	t = 3,80 m	Einbau Gurtung untere Lage
Bauzustand 3:	t = 6,80 m	Herstellung Eisspeicher
Bauzustand 4:	t = 2,00 m	Anschluss Leitungen mit Verbindung zum Leitungsgraben

Die Träger sind mit Hilfe von Vorbohrungen einzubringen. Dies ist in den Standsicherheitsnachweisen zu berücksichtigen.

Der Verbau ist nach Fertigstellung des Bauwerkes vollständig zurückzubauen.

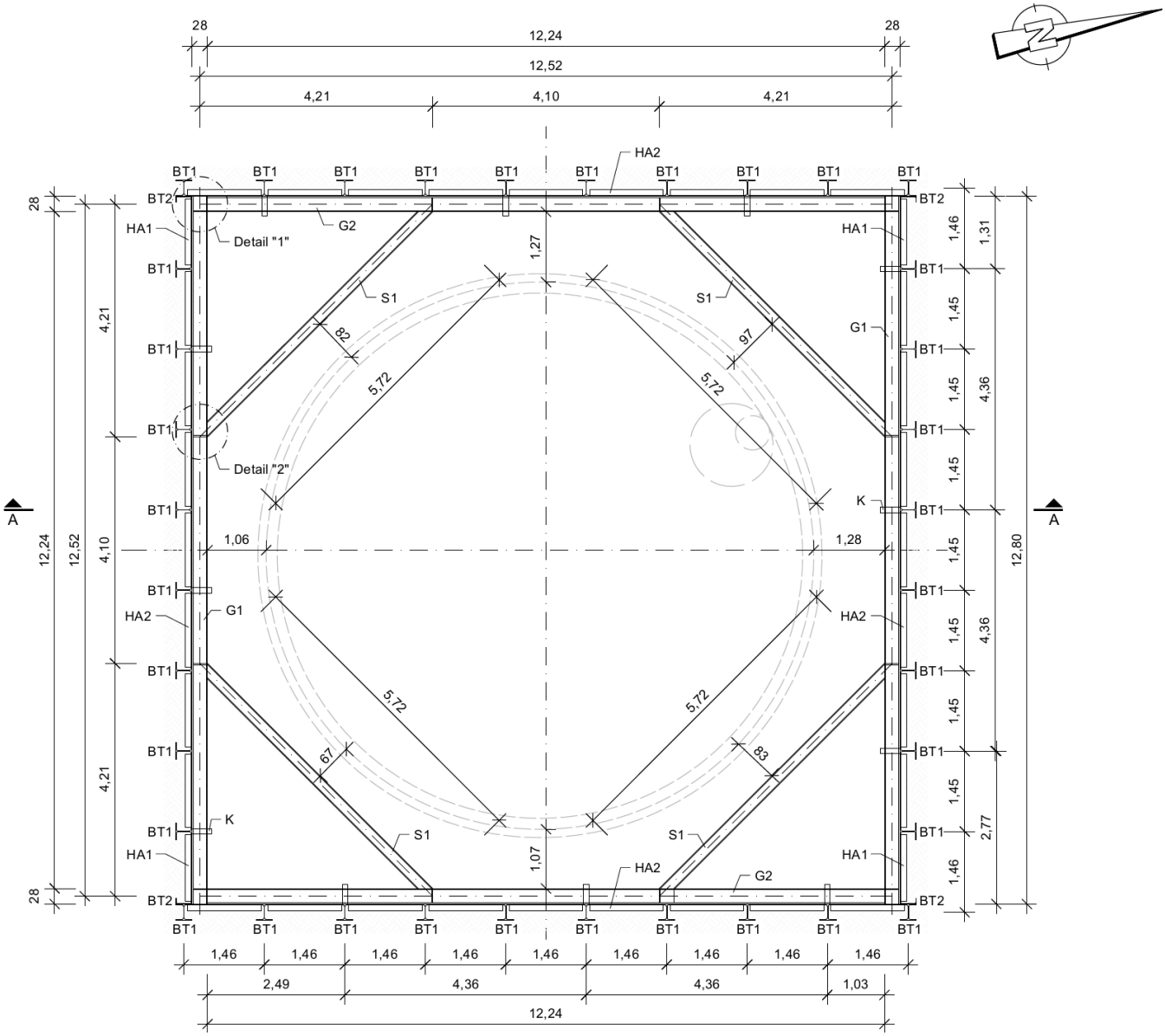
GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Auszug Übersichtslageplan Technische Außenanlagen, Bereich Eisspeicher (mit Darstellung Baugrubenverbau)



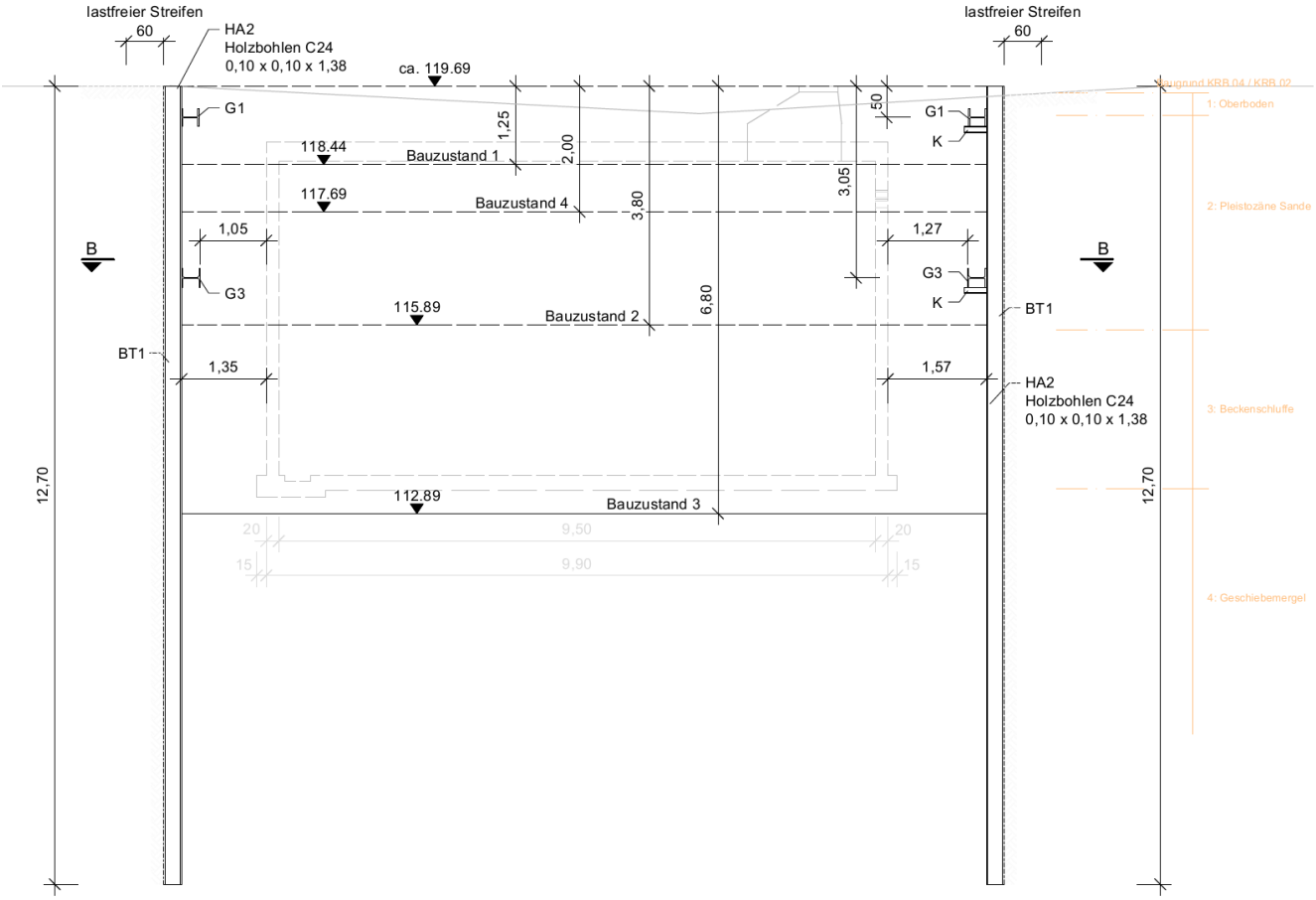
GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Grundriss Baugrube



GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Längsschnitt Baugrube



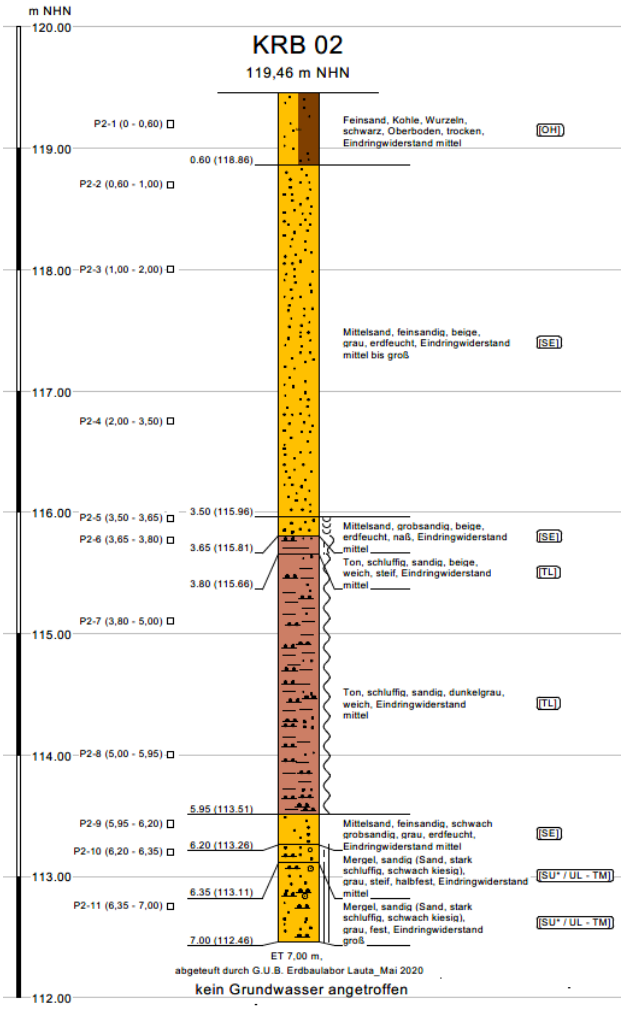
GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

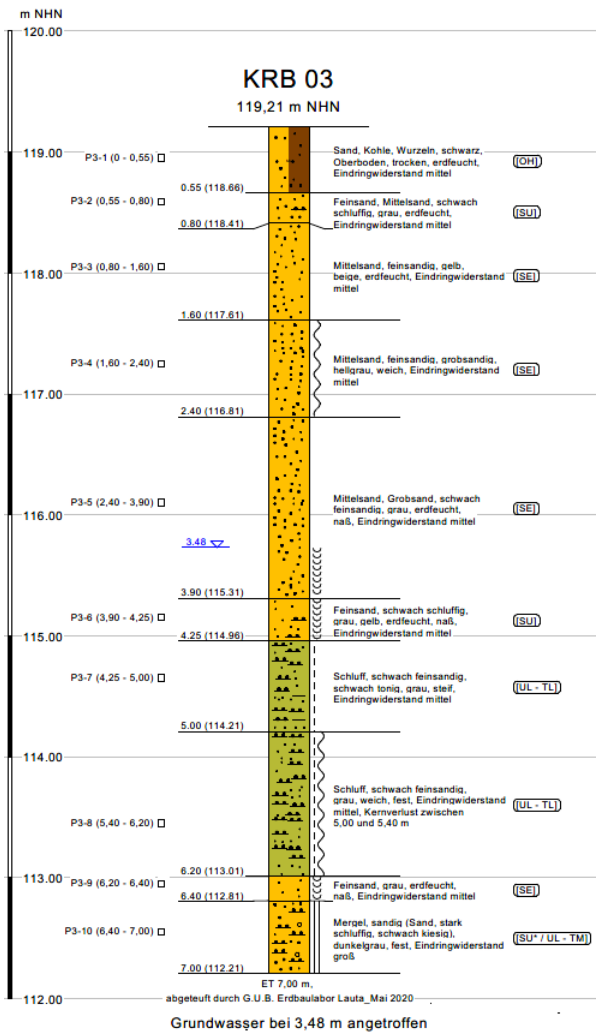
1.2.3. Baugrund

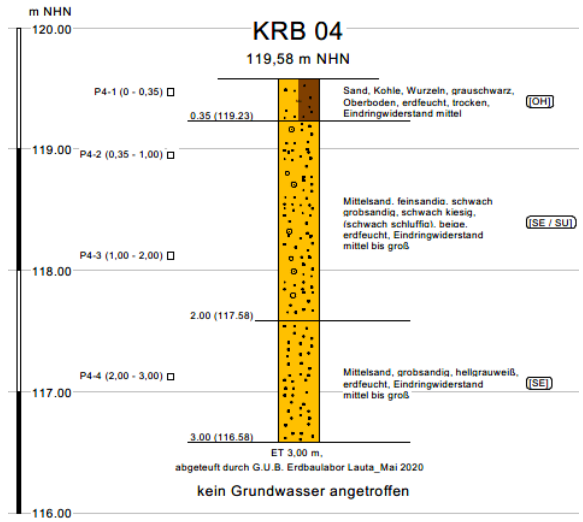
Es liegt ein Geotechnischer Bericht vom 30.06.2020 vor. Im Bereich des zu errichtenden Bauwerkes wurden Kleinrammbohrungen durchgeführt, die Aufschluss bis in 7 m Tiefe geben.

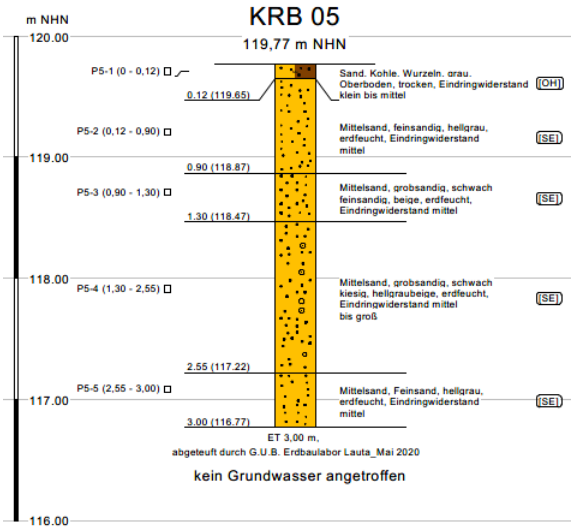
Auszug aus Lageplan Anlage 2 Baugrundgutachten

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann









Auszug Geotechnischer Bericht

Bei dem im Bauwerksbereich anstehenden Baugrund handelt es sich überwiegend um pleistozäne Sande und Beckenschluffe, welche auf Geschiebemergel aufliegen.

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Die Bodenkennwerte wurden im geotechnischen Untersuchungsbericht wie folgt charakterisiert:

Schicht	Natürliche Rohwichte (erdfeucht) γ in kN/m³	Wichte unter Auftrieb γ' in kN/m³	Wirksamer Reibungs-winkel ϕ' in °	Wirksame Kohäsion c' in kN/m²	Zusammen-drückungs-modul E_m [2] in MN/m²
Oberboden (Schicht 1)	16,5	9,5	30	-	-
pleistozäne Sande [1] (Schicht 2)	18,0	10,0	34	-	50 [3]
Beckenschluffe (Schicht 3)	20,0	10,0	16 [5]	10 [5]	15
Geschiebemergel (Schicht 4)	21,0	11,5	29	15	25 [4]

Auszug Geotechnischer Bericht

1) Werte gelten auch für mindestens gleichwertige Gründungspolster

2) Der angegebene Zusammendrückungsmodul gilt für die üblichen Abmessungen von Einzel- und Streifenfundamenten. Für Plattengründungen ist der Wert zu verdoppeln. Die Tiefenabhängigkeit ist jeweils mit t in m ab Geländeoberfläche wie folgt zu berücksichtigen:

3) $E_{mt} = E_m \cdot (1+0{,}25 \cdot t)$

4) $E_{mt} = E_m \cdot (1+0{,}2 \cdot t)$

5) Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Bruchfestigkeiten. Die Gleitfestigkeiten, die für Böschungsbruchberechnungen maßgebend sein können, sind erheblich geringer.

Für Mantelreibung und Spitzendruck von Bohlträgern liegen im Geotechnischen Bericht keine Aussagen vor. In Abstimmung mit dem Aufsteller des Geotechnischen Berichtes kann für den Geschiebemergel von einem Spitzenwiderstand der Drucksondierungen von durchschnittlich q_c = 3 bis 4 MN/m² ausgegangen werden. Daraus abgeleitet ist für den Geschiebemergel **c_u = 45 kN/m²** anzusetzen.

Im Zuge der Baugrunderkundung für das Bauvorhaben wurde nur in einer Bohrung Wasser bei 3,50 m unter GOK angetroffen. Hierbei handelt es sich gemäß Geotechnischem Bericht um Schichtenwasser. Das Grundwasser kommuniziert mit dem Seewasserstand (in Flutung) und lag zum Zeitpunkt der Geotechnischen Untersuchungen bei etwa 99,3 m NHN. Mit Abschluss der Flutung ist die geplante Höhe des Grundwasserstandes bei etwa 101,5 m NHN zu erwarten. Weiträumig stationäre Grundwasserstände werden bis etwa 2025 erwartet.

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

1.3. Techn. Vorschriften, Gutachten, Literaturhinweise, EDV-Programme

Technische Vorschriften

Die statische Berechnung ist auf der Grundlage folgender Vorschriften, Normen und Richtlinien erstellt:

DIN EN 1990 + NA	Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung
DIN EN 1991 + NA	Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung
DIN EN 1992 + NA	Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken; Deutsche Fassung
DIN EN 1993 + NA	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten; Deutsche Fassung
DIN EN 1997 + NA	Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
DIN 1054	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau -Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
DIN 1054/A1	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
DIN 4085	Baugrund – Berechnung des Erddruckes
DIN 4124	Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau
EAB	Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“

Literaturhinweise

[1] „Bautabellen für Ingenieure“, Schneider, 24. Aufl., Ausgabe 2020

Zusammenstellung der EDV-Programme

Die Berechnung der einzelnen Bauelemente erfolgte unter weitestgehender Nutzung von PC-Programmen.

⇒ GGU Software RETAIN

⇒ pcae Software, 4H-FRAP

⇒ mb AEC Baustatik, Modul S753.de und Modul S710.de

Zur Minimierung des Umfanges der vorliegenden Berechnung wurde nur der zur statischen Einschätzung notwendige Teil der Ergebnisse ausgedruckt.

Gutachten

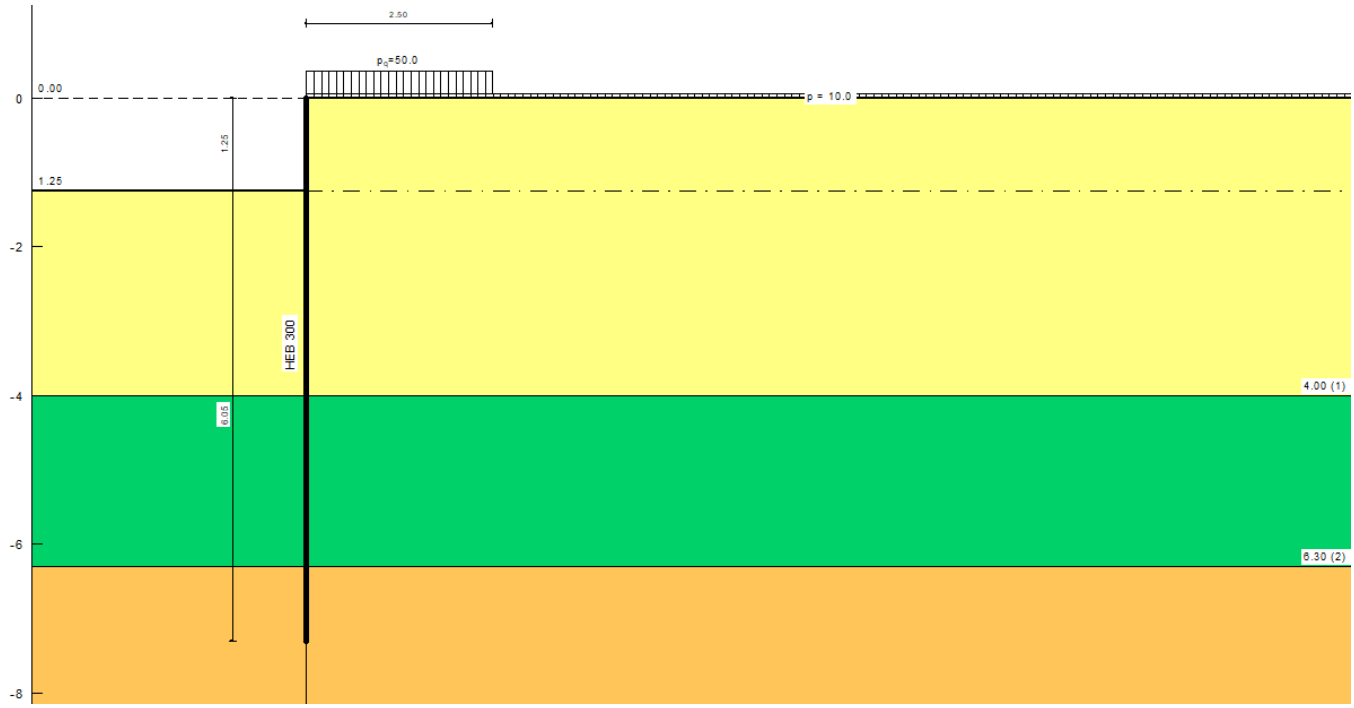
[2] G.U.B. Ingenieur AG: Geotechnischer Bericht zu den Baugrundverhältnissen für den Bau des Besucherstollens am Großräschener See (CBV_190969 - Stand: 03.06.2020)

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

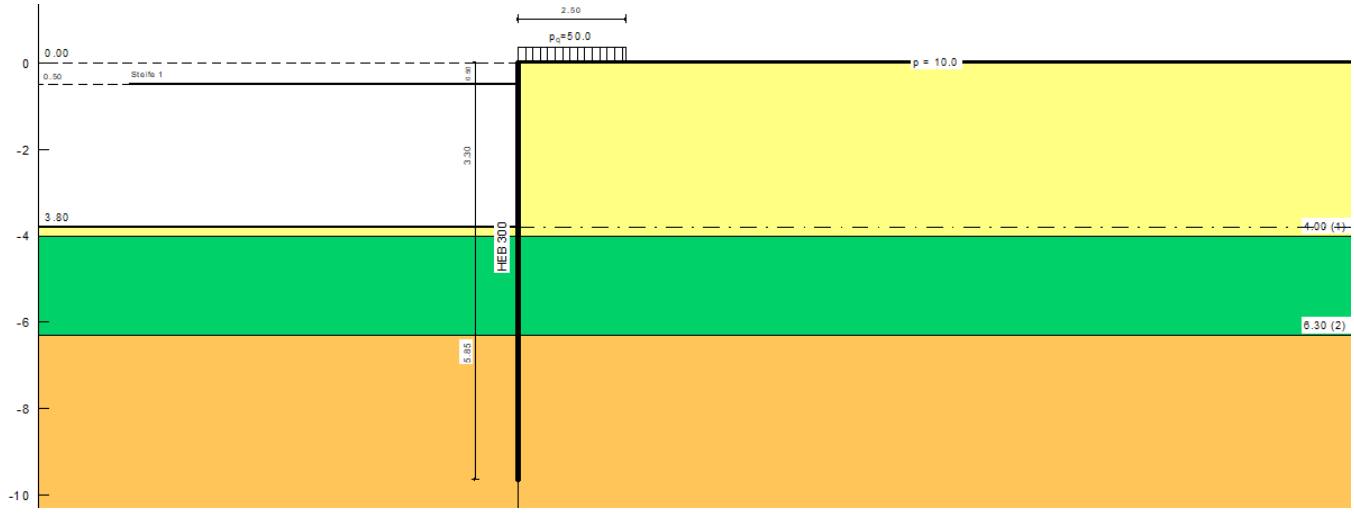
2. Baugrubenverbau

2.1. Berechnungsgrundlagen

Bauzustand 1 – Einbau Gurtung obere Lage

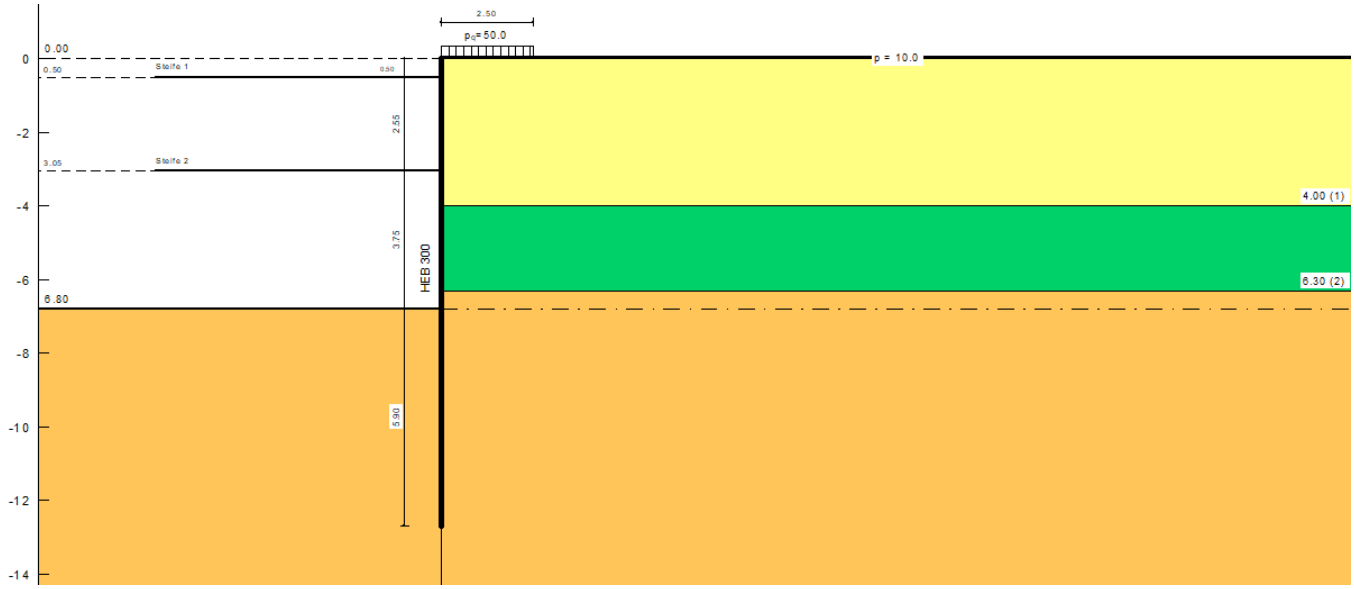


Bauzustand 2 – Einbau Gurtung untere Lage

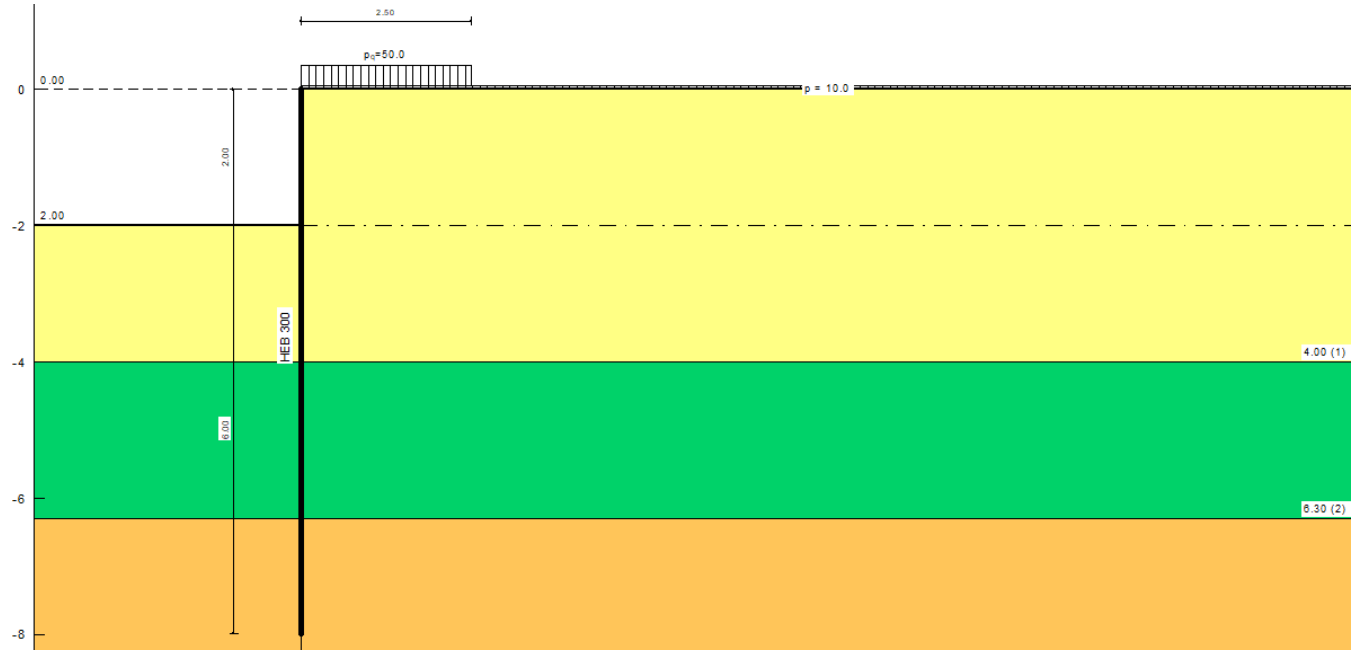


GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Bauzustand 3 – Herstellung Eisspeicher

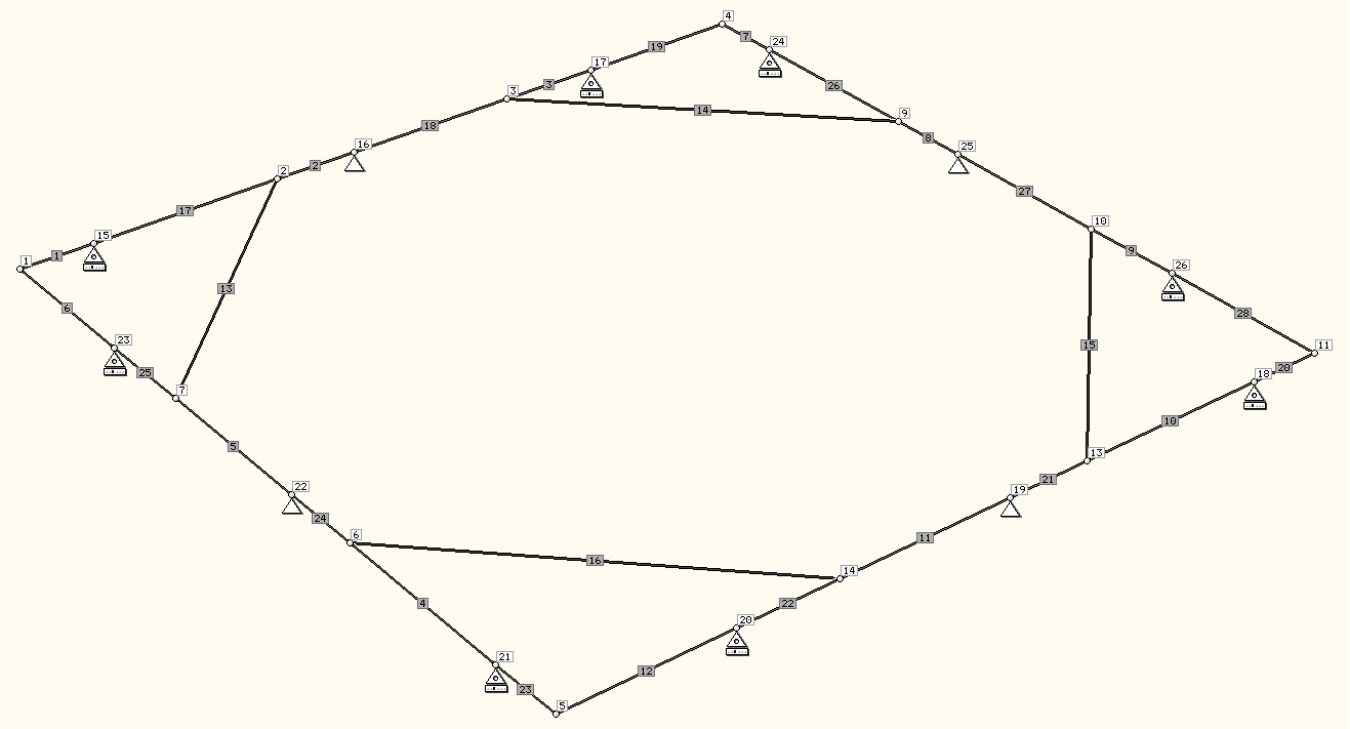


Bauzustand 4 – Verbindung mit Leitungsgraben / Herstellung Anschlussleitungen



GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Bemessungssystem für Gurtung/Steifen



2.2. Einwirkungen

Das Eigengewicht der Bauteile wird jeweils programmintern angesetzt.

Erddruckberechnung gemäß DIN 4084

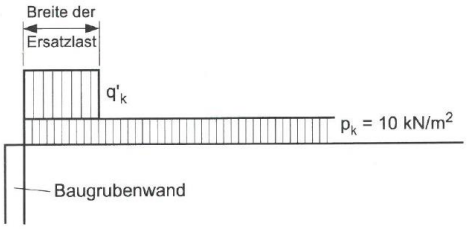
Bodenkennwerte (pleist. Sande): $g = 18$ kN/m³

				(Bogenmaß)
Hilfswerte für Erdruhedruck allg.	$\bar{k}_{0gh} = 0{,}44081$		$\delta = 0$	0,00
	$\tan a_1 = 0{,}66393$		$\alpha = 0$	0,00
	$f = 1{,}00$		$\varphi = 34$	0,59
			$\beta = 0$	0,00
Beiwerte nach DIN 4084 BB2	$k_{agh} = 0{,}28$	$k_{0ph} = 0{,}44$		
	$k_{0gh} = 0{,}44$			
	$k_{pgh} = 3{,}54$			

	z =	aktiver Erddruck		Erdruhedruck		passiver Erddruck		Diff. 0-a
		e_{agh}	E_{agh}	e_{0gh}	E_{0gh}	e_{pgh}	E_{pgh}	$\Delta = e_{0gh} - e_{agh}$
Trägerbohlwand oben	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Baugrubensohle BZ 1	1,25	**6,36**	3,98	9,92	6,20	79,59	49,74	3,56
Baugrubensohle BZ 4	2,00	**10,18**	10,18	15,87	15,87	127,34	127,34	5,69
Baugrubensohle BZ 2	3,80	**19,34**	36,74	30,15	57,29	241,94	459,69	10,81
Baugrubensohle BZ 3	6,80	**34,60**	117,65	53,95	183,45	432,94	1472,01	19,35
Last auf Hinterfüllung	**p =**	e_{agh}	E_{agh}	e_{0gh}	E_{0gh}			
infolge p = 50 kN/m²	50,0 kN/m²	**14,14**	14,14	6,23	6,23			
infolge p = 10 kN/m²	10,0 kN/m²	**2,83**	2,83	1,25	1,25			
Allgemein	5,0 kN/m²	**1,41**	1,41	0,62	0,62			

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Im Abstand von mind. 0,60 m zur Verbauwand wird ein Baugerät mit einem Gesamtgewicht von 50t berücksichtigt. Gemäß EAB ist dafür eine großflächige Gleichlast **p_k = 10 kN/m²** in Verbindung mit einer zusätzlichen Streifenlast q'_k anzusetzen.



Gesamtlast (Gesamtgewicht) des Gerätes	Zusätzliche Streifenlast q'_k		Breite der Streifenlast q'_k
	kein Abstand	Abstand 0,60 m	
100 kN (10 t)	50 kN/m²	20 kN/m²	1,50 m
300 kN (30 t)	110 kN/m²	40 kN/m²	2,00 m
500 kN (50 t)	140 kN/m²	50 kN/m²	2,50 m
700 kN (70 t)	150 kN/m²	60 kN/m²	3,00 m

2.3. Bemessung Trägerbohlwand

Wegen der Auflockerung des Bodens durch das Vorbohren wird der Einspanngrad zur Bemessung der Trägerbohlwand auf 85% herabgesetzt.

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Norm: EC 7
Trägerbohlwand
HEB 300
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 ° (+EB 6)
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2017 ger. GF
Räumliche Wirkung passiver Erddruck
nach: Weißenbach
Bohlträgerbreite = 0.300 m
Bohlträgerabstand = 1.45 m
Erf. Profillänge = 7.30 m
Erf. Einbindetiefe = 6.05 m
Verlängerung (Σ V) = 3.61 m
BS: DIN EN 1997-1: BS-T
γ_G = 1.20
γ_Q = 1.30
γ_{Ep} = 1.30
Anpassungsfaktor E_p = 0.80
mob. Ep erfüllt / μ = 0.36
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 0.98
Steuerparameter zweiseitige Lasten = 0.50

Bemessung:
Nachweis Bohlträger
Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)
Bemessungssituation: max M,gq
M_{Ed} = 52.5 kN·m
V_{Ed} = 0.4 kN (50 % abgemindert)
N_{Ed} = 2.9 kN (Druck)
Profil: HEB 300 / Stahlgüte: S 235
b = 300.0 mm / h = 300.0 mm
t_f = 19.0 mm / t_w = 11.0 mm
A = 149.0 cm² / r = 27.0 mm
W_{pl} = 1869.0 cm³ / I = 25166.0 cm^4

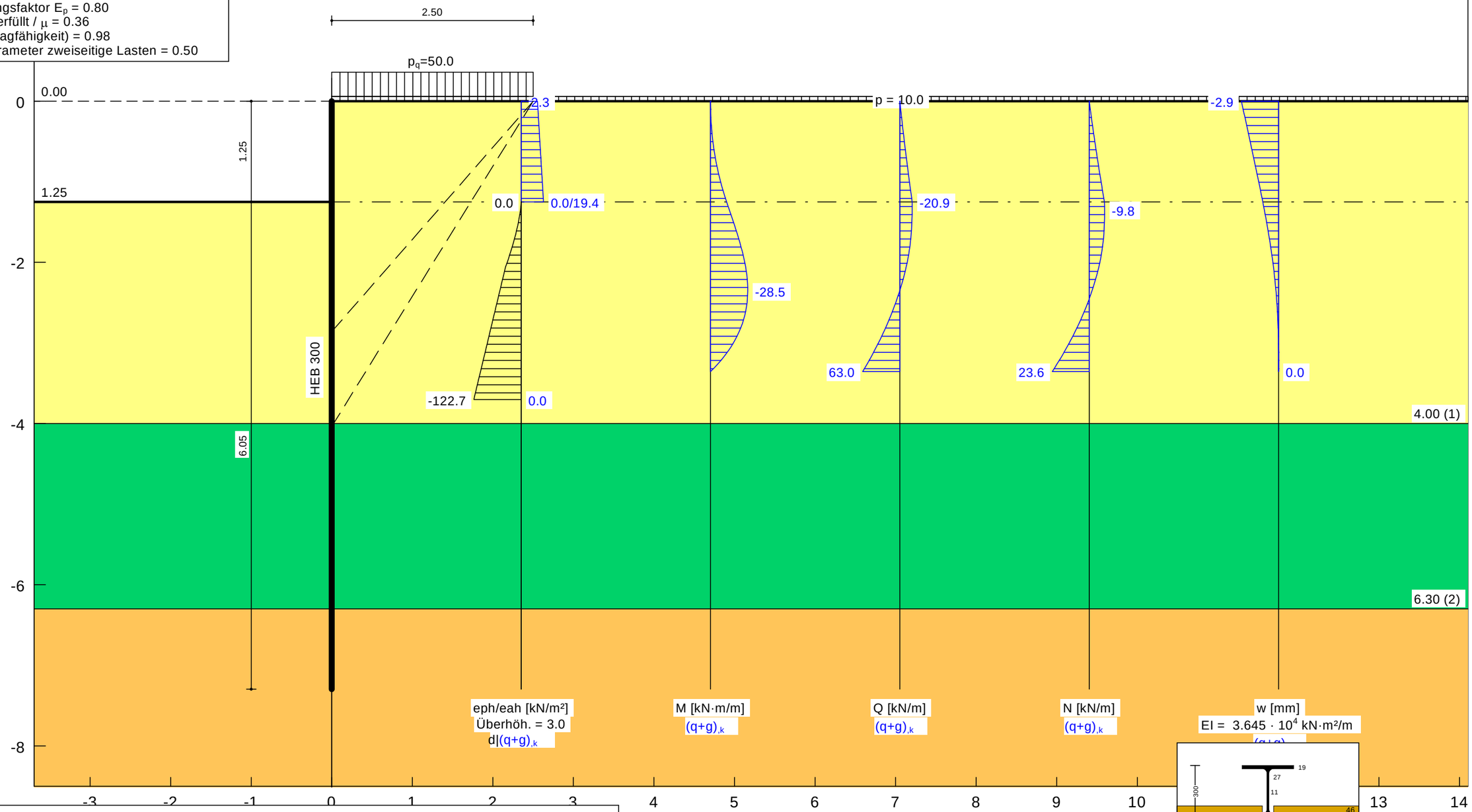
γ_{M0} = 1.00 / γ_{M1} = 1.10
ε = 1.000
c / t = 18.9 (St.) / 6.2 (Fl.)
Klasse: 1 (St.: 1 Fl.: 1)
f_y = 235.0 N/mm²
$M_{pl,Rd}$ = 439.2 kN·m
$V_{pl,Rd}$ = 642.4 kN (μ = 0.001)
$N_{pl,Rd}$ = 3501.5 kN (μ = 0.001)
Querkraft-Interaktion
keine Abm.
Normalkraft-Interaktion
keine Abm.

Nachweis M_{Rd}
$M_{pl,Rd}$ = 439.2 kN·m
μ = M_{Ed} / $M_{pl,Rd}$ = 0.120
Knicklänge = 5.160 m
N_{cr} = 19590.0 kN
N_{Ed} / N_{cr} = 0.000 <= 0.04
-> Kein Knicknachweis
max μ = 0.120
Nachweis der Holz-Ausfachung:
max eah_d = 24.4 kN/m²
$\sigma_{r,d}$ = 1.85 kN/cm²
optimale Ausfachungsdicke = 4.6 cm

IBA Terrassen Großräschen
Energiewerkstatt
Baugrube Eisspeicher

Nachsweis der Standsicherheit
des Trägerbohlverbaus
Bemessung für Bauzustand 1
Baugrund gem. KRB 04 und KRB 02

Büro Leipzig
Gutenbergplatz 1c
04103 Leipzig
Tel.: 0341 / 23102-0



Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	c(p)$_k$ [kN/m²]	c(a)$_k$ [kN/m²]	δ/φ passiv	δ/φ aktiv	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	Bezeichnung
	18.0	10.0	34.0	0.0	0.0	-0.667	0.667	0.00	0.00	pleistozäne Sande (2)
	20.0	10.0	16.0	0.0	10.0	-0.667	0.667	0.00	0.00	Beckenschluffe (3)
	21.0	11.5	29.0	0.0	15.0	-0.667	0.667	0.00	45.00	Geschiebemergel (4)

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Norm: EC 7
Trägerbohlwand
HEB 300
Erddruckumlagerung: EAB 2012 Bild EB 69-2.b
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 ° (+EB 6)
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2017 ger. GF
Räumliche Wirkung passiver Erddruck
nach: Weißenbach
Bohlträgerbreite = 0.300 m
Bohlträgerabstand = 1.45 m
Einspanngrad = 0.850
Erf. Profillänge = 9.65 m
Erf. Einbindetiefe = 5.85 m
Verlängerung (Σ V) = 2.70 m
BS: DIN EN 1997-1: BS-T
γ_G = 1.20
γ_Q = 1.30
γ_{Ep} = 1.30
Anpassungsfaktor E_p = 0.80
mob. Ep erfüllt / μ = 0.06
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 0.99
Steuerparameter zweiseitige Lasten = 0.50

Bemessung:
Nachweis Bohlträger
Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)
Bemessungssituation: max M,gq
M_{Ed} = 67.3 kN·m
V_{Ed} = 0.1 kN
N_{Ed} = 54.1 kN (Druck)
Profil: HEB 300 / Stahlgüte: S 235
b = 300.0 mm / h = 300.0 mm
t_f = 19.0 mm / t_w = 11.0 mm
A = 149.0 cm² / r = 27.0 mm
W_{pl} = 1869.0 cm³ / I = 25166.0 cm^4

γ_{M0} = 1.00 / γ_{M1} = 1.10
ε = 1.000
c / t = 18.9 (St.) / 6.2 (Fl.)
Klasse: 1 (St.: 1 Fl.: 1)
f_y = 235.0 N/mm²
$M_{pl,Rd}$ = 439.2 kN·m
$V_{pl,Rd}$ = 642.4 kN (μ = 0.000)
$N_{pl,Rd}$ = 3501.5 kN (μ = 0.015)
Querkraft-Interaktion
keine Abm.
Normalkraft-Interaktion
keine Abm.

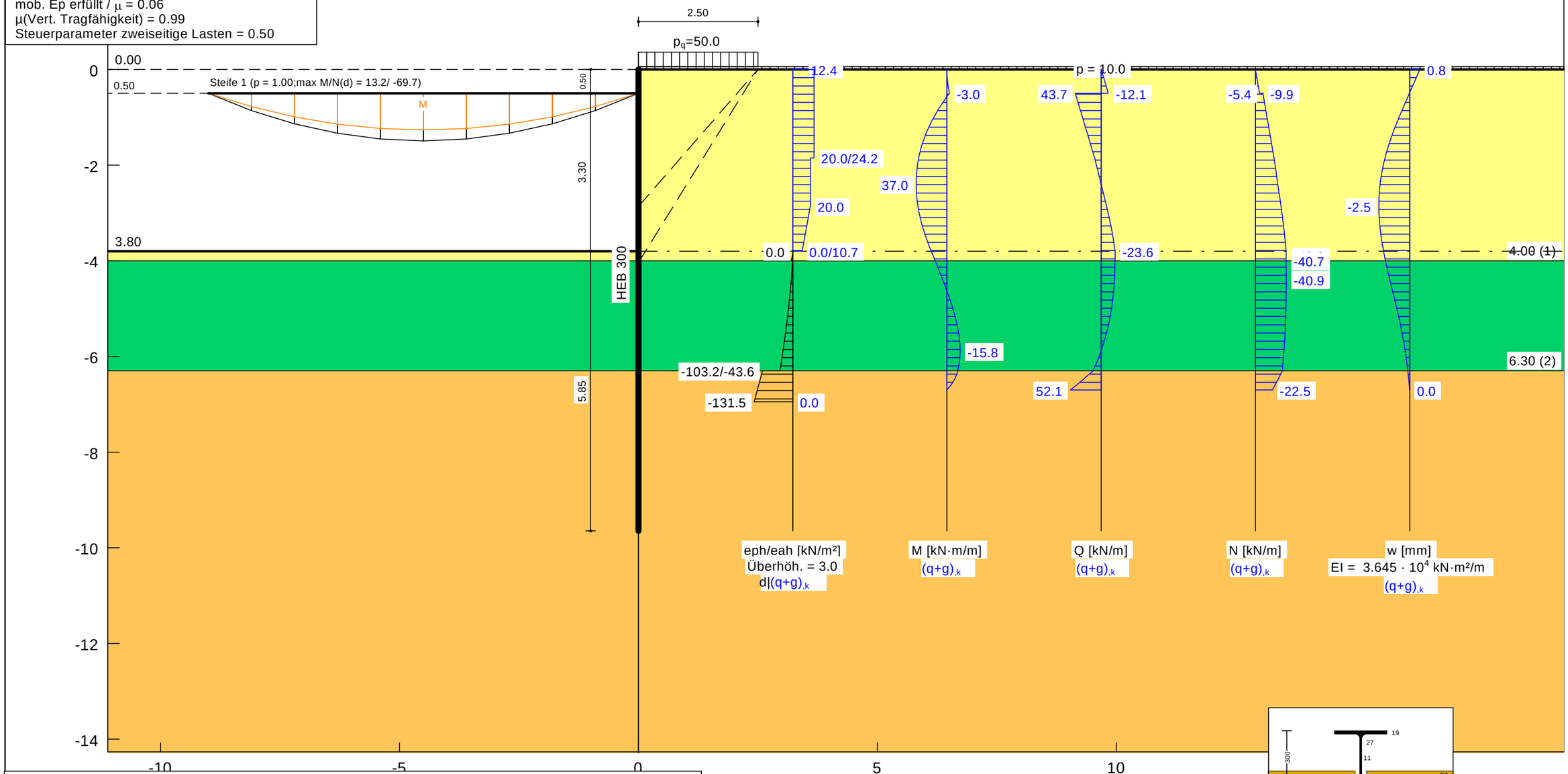
Nachweis M_{Rd}
$M_{pl,Rd}$ = 439.2 kN·m
μ = M_{Ed} / $M_{pl,Rd}$ = 0.153
Knicklänge = 4.800 m
N_{cr} = 22638.7 kN
N_{Ed} / N_{cr} = 0.002 <= 0.04
-> Kein Knicknachweis
max μ = 0.153
Nachweis der Holz-Ausfachung:
max eah_d = 30.2 kN/m²
$\sigma_{r,d}$ = 1.85 kN/cm²
optimale Ausfachungsdicke = 5.1 cm

IBA Terrassen Großräschen
Energiewerkstatt
Baugrube Eisspeicher

Nachsweis der Standsicherheit des Trägerbohlverbaus

Bemessung für Bauzustand 2
Baugrund gem. KRB 04 und KRB 02

Büro Leipzig
Gutenbergplatz 1c
04103 Leipzig
Tel.: 0341 / 23102-0



Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	c(p)$_k$ [kN/m²]	c(a)$_k$ [kN/m²]	δ/φ passiv	δ/φ aktiv	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	Bezeichnung
	18.0	10.0	34.0	0.0	0.0	-0.667	0.667	0.00	0.00	pleistozäne Sande (2)
	20.0	10.0	16.0	0.0	10.0	-0.667	0.667	0.00	0.00	Beckenschluffe (3)
	21.0	11.5	29.0	0.0	15.0	-0.667	0.667	0.00	45.00	Geschiebemergel (4)

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Norm: EC 7
Trägerbohlwand
HEB 300
Erddruckumlagerung: EAB 2012 Bild EB 69-3.b
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 ° (+EB 6)
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2017 ger. GF
Räumliche Wirkung passiver Erddruck
nach: Weißenbach
Bohlträgerbreite = 0.300 m
Bohlträgerabstand = 1.45 m
Einspanngrad = 0.850
Erf. Profillänge = 12.70 m
Erf. Einbindetiefe = 5.90 m
Verlängerung (Σ V) = 4.22 m
BS: DIN EN 1997-1: BS-T
γ_G = 1.20
γ_Q = 1.30
γ_{Ep} = 1.30
Anpassungsfaktor E_p = 0.80
mob. Ep erfüllt / μ = 0.03
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 1.00
Steuerparameter zweiseitige Lasten = 0.50

Bemessung:
Nachweis Bohlträger
Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)
Bemessungssituation: max M,gq
M_{Ed} = 58.6 kN·m
V_{Ed} = 118.8 kN
N_{Ed} = 96.4 kN (Druck)
Profil: HEB 300 / Stahlgüte: S 235
b = 300.0 mm / h = 300.0 mm
t_f = 19.0 mm / t_w = 11.0 mm
A = 149.0 cm² / r = 27.0 mm
W_{pl} = 1869.0 cm³ / I = 25166.0 cm^4

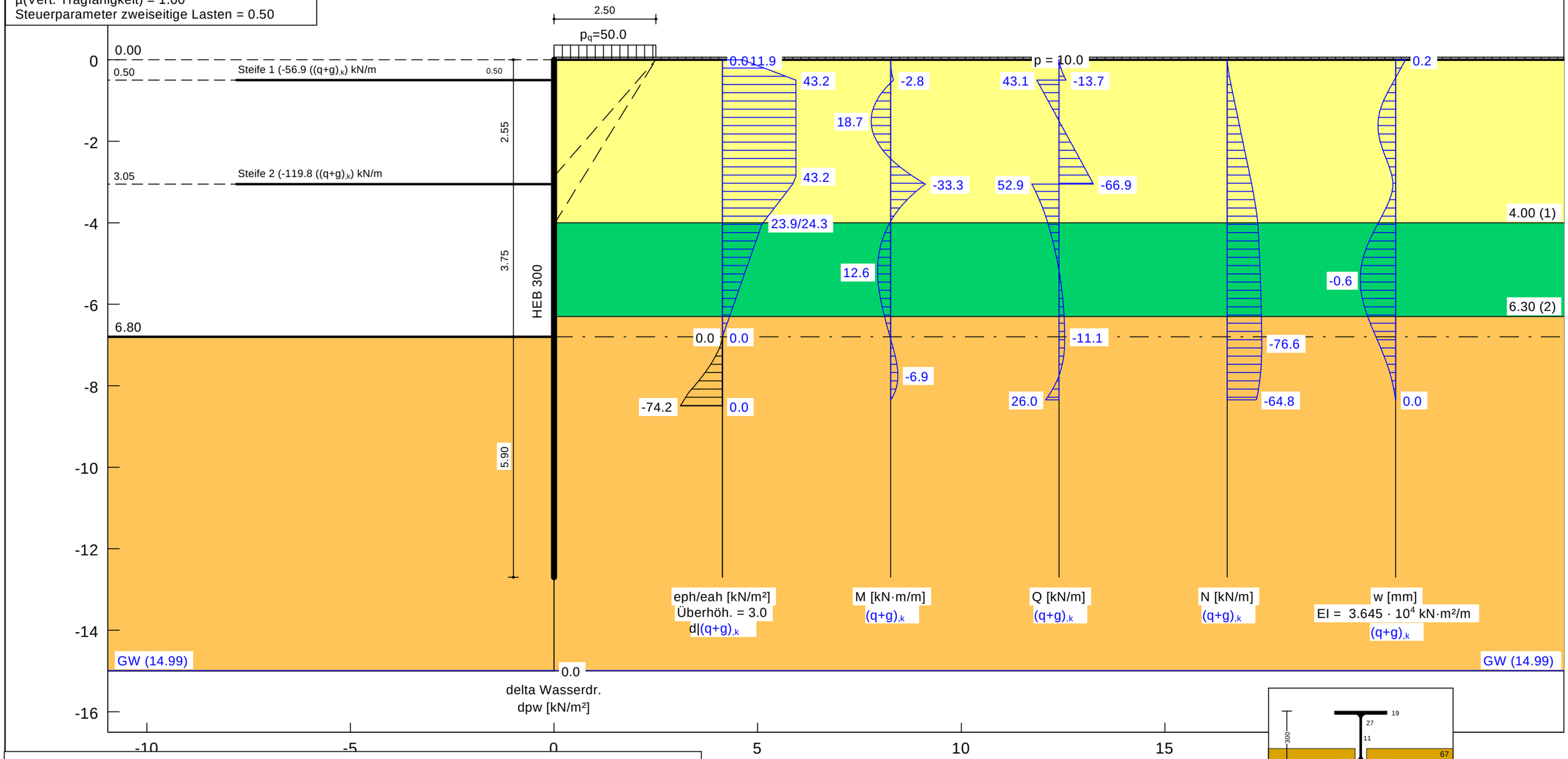
γ_{M0} = 1.00 / γ_{M1} = 1.10
ε = 1.000
c / t = 18.9 (St.) / 6.2 (Fl.)
Klasse: 1 (St.: 1 Fl.: 1)
f_y = 235.0 N/mm²
$M_{pl,Rd}$ = 439.2 kN·m
$V_{pl,Rd}$ = 642.4 kN (μ = 0.185)
$N_{pl,Rd}$ = 3501.5 kN (μ = 0.028)
Querkraft-Interaktion
keine Abm.
Normalkraft-Interaktion
keine Abm.

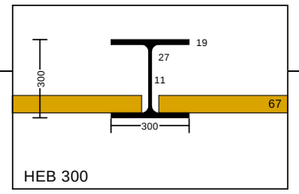
Nachweis M_{Rd}
$M_{pl,Rd}$ = 439.2 kN·m
μ = M_{Ed} / $M_{pl,Rd}$ = 0.133
Knicklänge = 4.050 m
N_{cr} = 31799.7 kN
N_{Ed} / N_{cr} = 0.003 <= 0.04
-> Kein Knicknachweis
max μ = 0.185
Nachweis der Holz-Ausfachung:
max eah_d = 53.0 kN/m²
$\sigma_{r,d}$ = 1.85 kN/cm²
optimale Ausfachungsdicke = 6.7 cm

IBA Terrassen Großräschen
Energiewerkstatt
Baugrube Eisspeicher

Nachsweis der Standsicherheit
des Trägerbohlverbaus
Bemessung für Bauzustand 3
Baugrund gem. KRB 04 und KRB 02

Büro Leipzig
Gutenbergplatz 1c
04103 Leipzig
Tel.: 0341 / 23102-0





Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	c(p)$_k$ [kN/m²]	c(a)$_k$ [kN/m²]	δ/φ passiv	δ/φ aktiv	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	Bezeichnung
	18.0	10.0	34.0	0.0	0.0	-0.667	0.667	0.00	0.00	pleistozäne Sande (2)
	20.0	10.0	16.0	0.0	10.0	-0.667	0.667	0.00	0.00	Beckenschluffe (3)
	21.0	11.5	29.0	0.0	15.0	-0.667	0.667	0.00	45.00	Geschiebemergel (4)

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Norm: EC 7
Trägerbohlwand
HEB 300
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 ° (+EB 6)
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2017 ger. GF
Räumliche Wirkung passiver Erddruck
nach: Weißenbach
Bohlträgerbreite = 0.300 m
Bohlträgerabstand = 1.45 m
Erf. Profillänge = 8.00 m
Erf. Einbindetiefe = 6.00 m
Verlängerung (Σ V) = 2.56 m
BS: DIN EN 1997-1: BS-T
γ_G = 1.20
γ_Q = 1.30
γ_{Ep} = 1.30
Anpassungsfaktor E_p = 0.80
mob. Ep erfüllt / μ = 0.33
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 0.99
Steuerparameter zweiseitige Lasten = 0.50

Bemessung:
Nachweis Bohlträger
Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)
Bemessungssituation: max M,gq
M_{Ed} = 127.4 kN·m
V_{Ed} = 0.1 kN (50 % abgemindert)
N_{Ed} = 4.7 kN (Druck)
Profil: HEB 300 / Stahlgüte: S 235
b = 300.0 mm / h = 300.0 mm
t_f = 19.0 mm / t_w = 11.0 mm
A = 149.0 cm² / r = 27.0 mm
W_{pl} = 1869.0 cm³ / I = 25166.0 cm^4

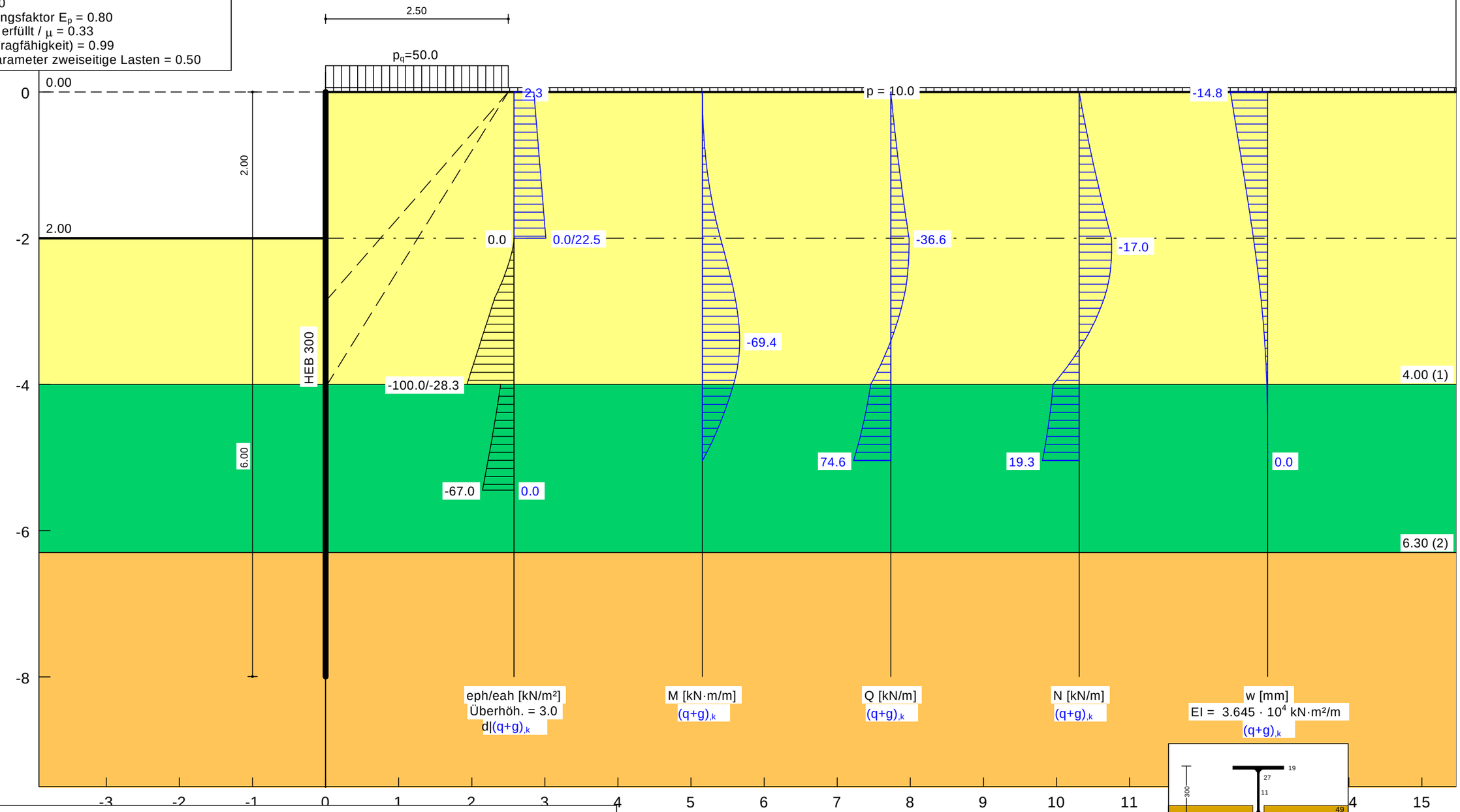
γ_{M0} = 1.00 / γ_{M1} = 1.10
ε = 1.000
c / t = 18.9 (St.) / 6.2 (Fl.)
Klasse: 1 (St.: 1 Fl.: 1)
f_y = 235.0 N/mm²
$M_{pl,Rd}$ = 439.2 kN·m
$V_{pl,Rd}$ = 642.4 kN (μ = 0.000)
$N_{pl,Rd}$ = 3501.5 kN (μ = 0.001)
Querkraft-Interaktion
keine Abm.
Normalkraft-Interaktion
keine Abm.

Nachweis M_{Rd}
$M_{pl,Rd}$ = 439.2 kN·m
μ = M_{Ed} / $M_{pl,Rd}$ = 0.290
Knicklänge = 7.610 m
N_{cr} = 9006.7 kN
N_{Ed} / N_{cr} = 0.001 <= 0.04
-> Kein Knicknachweis
max μ = 0.290
Nachweis der Holz-Ausfachung:
max eah_d = 28.2 kN/m²
$\sigma_{r,d}$ = 1.85 kN/cm²
optimale Ausfachungsdicke = 4.9 cm

IBA Terrassen Großräschen
Energiewerkstatt
Baugrube Eisspeicher

Nachsweis der Standsicherheit
des Trägerbohlverbaus
Bemessung für Bauzustand 4
Baugrund gem. KRB 04 und KRB 02

Büro Leipzig
Gutenbergplatz 1c
04103 Leipzig
Tel.: 0341 / 23102-0

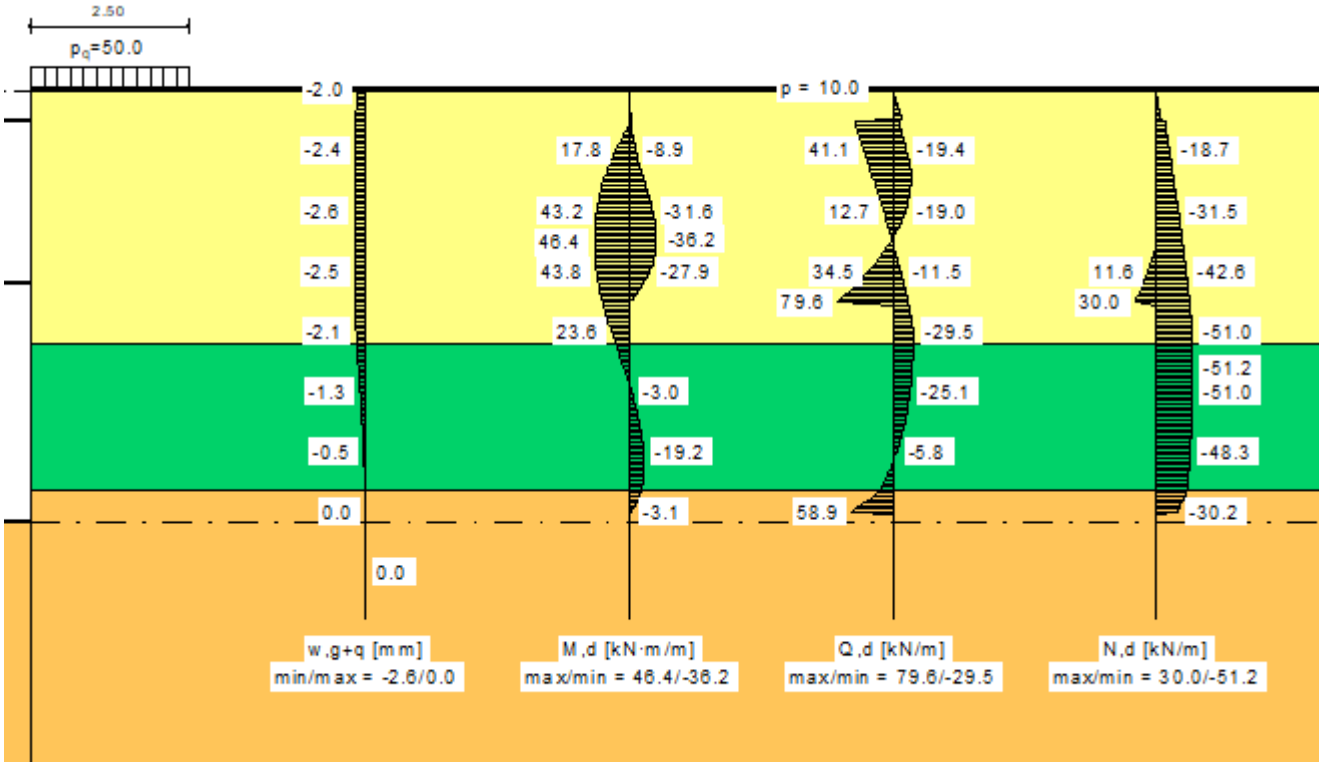


Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	c(p)$_k$ [kN/m²]	c(a)$_k$ [kN/m²]	δ/φ passiv	δ/φ aktiv	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	Bezeichnung
	18.0	10.0	34.0	0.0	0.0	-0.667	0.667	0.00	0.00	pleistozäne Sande (2)
	20.0	10.0	16.0	0.0	10.0	-0.667	0.667	0.00	0.00	Beckenschluffe (3)
	21.0	11.5	29.0	0.0	15.0	-0.667	0.667	0.00	45.00	Geschiebemergel (4)

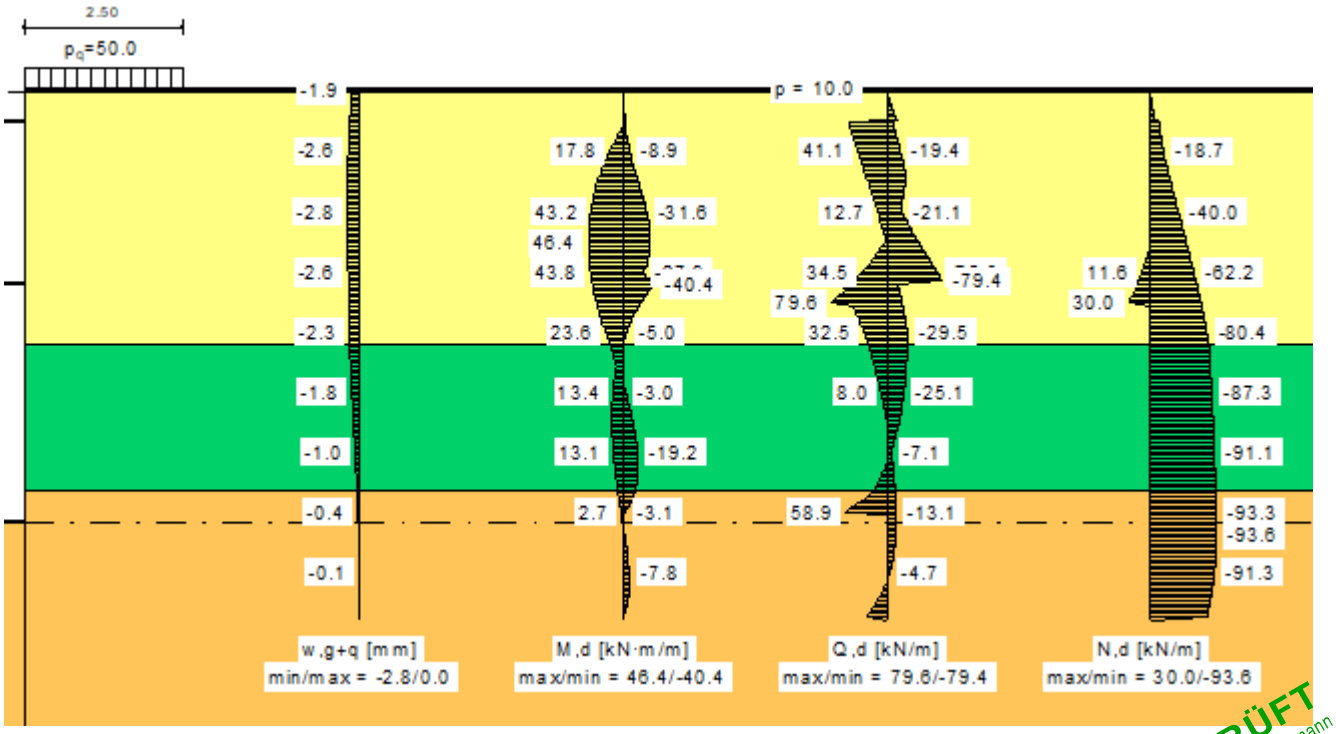
GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Überlagerung der Bauzustände

Bauzustand 1 + 2

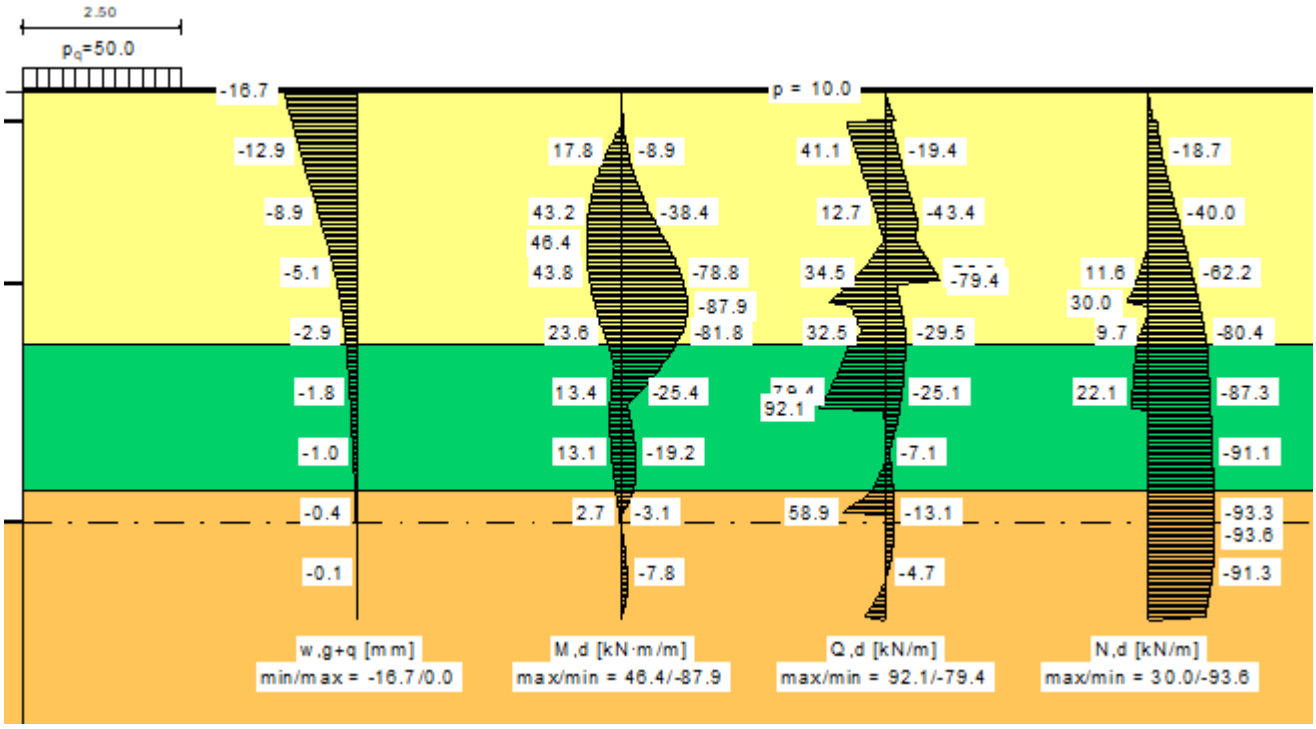


Bauzustand 1 + 2 + 3



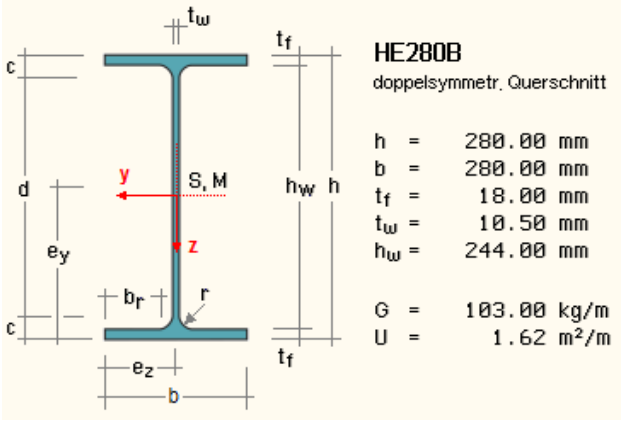
GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Bauzustand 1 + 2 + 3 + 4

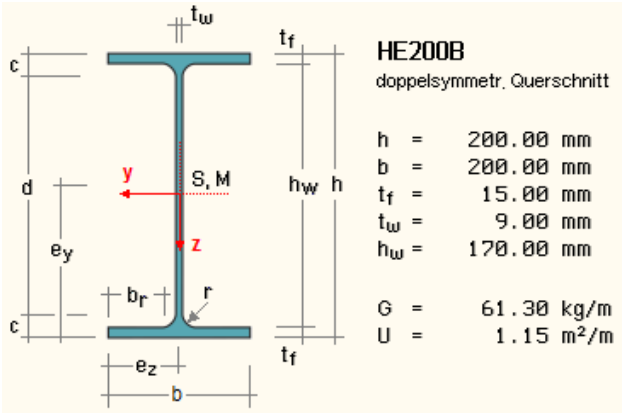


2.4. Bemessung Gurtung/Steifen obere Lage

Gurtung, S 235



Steifen, S 235

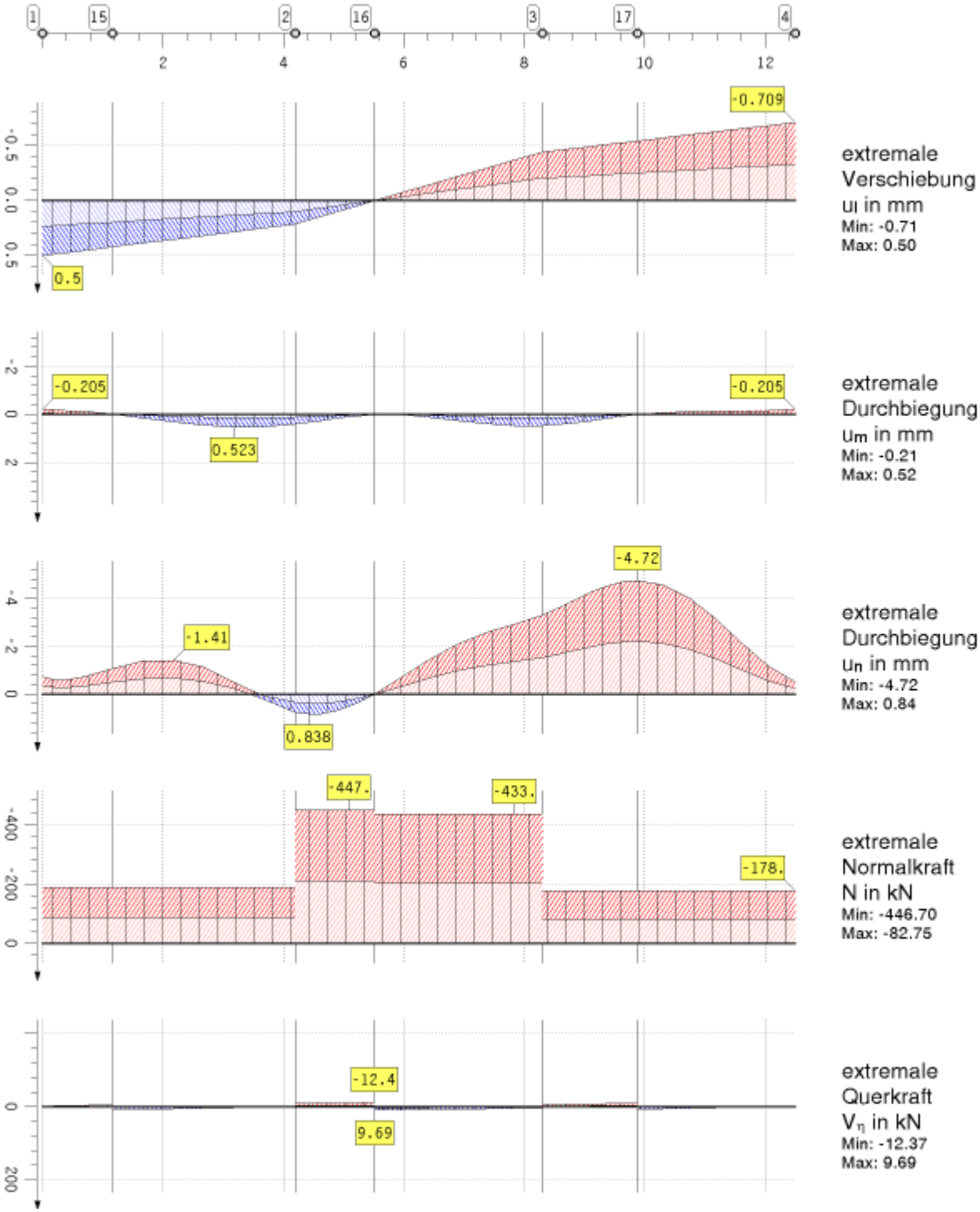


<u>Einwirkungen aus Trägerbohlwand</u>

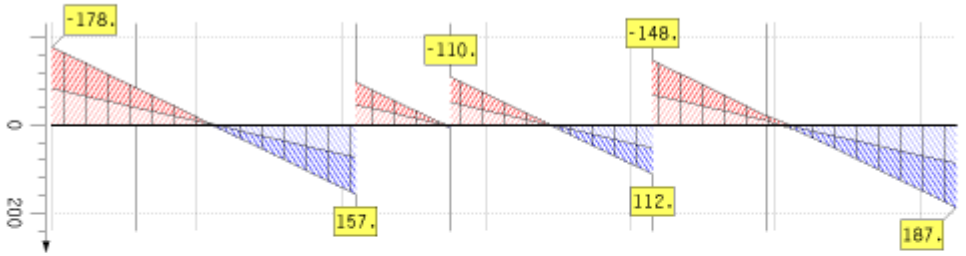
	(d)	g(k)	q(k)	g(k)+q(k)
Steifenlast in kN/m	70,198	37,131	19,724	56,855

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

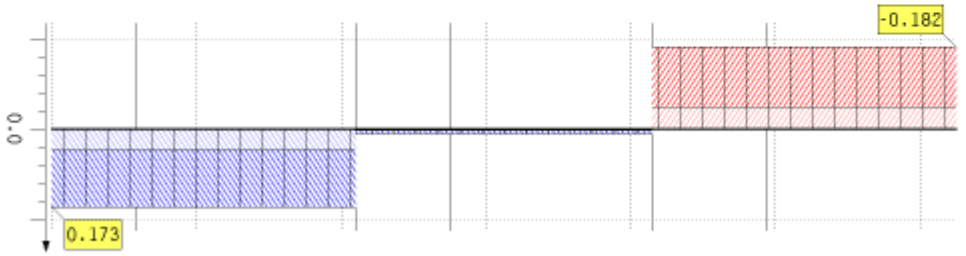
2.4.1. Stabergebnisse für Gurtung



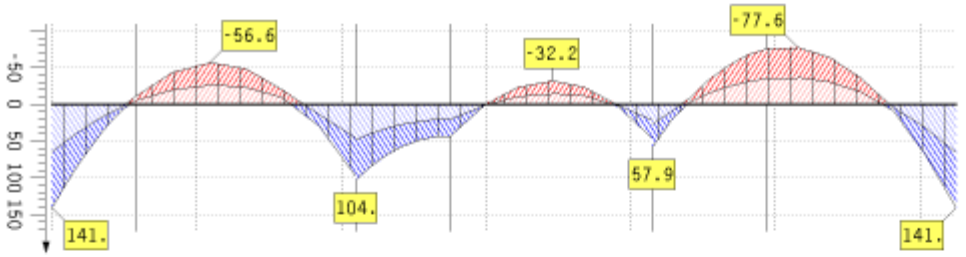
GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann



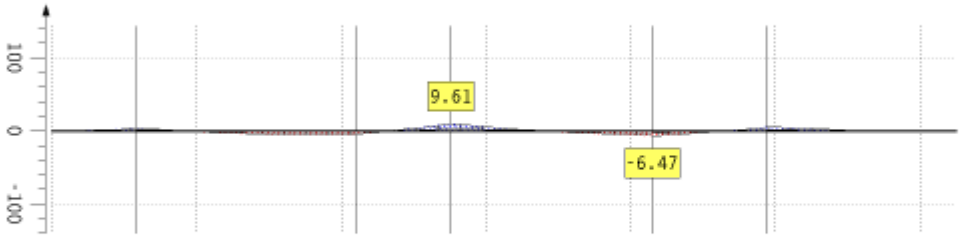
extremale Querkraft V_ξ in kN
Min: -177.64
Max: 187.24



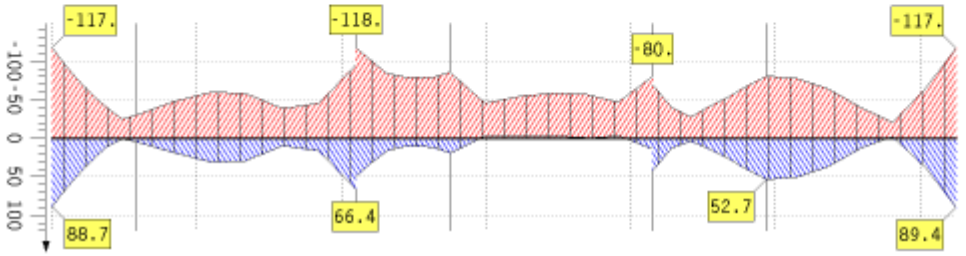
extremales Torsionsmoment T in kNm
Min: -0.18
Max: 0.17



extremales Biegemoment M_η in kNm
Min: -77.58
Max: 141.24

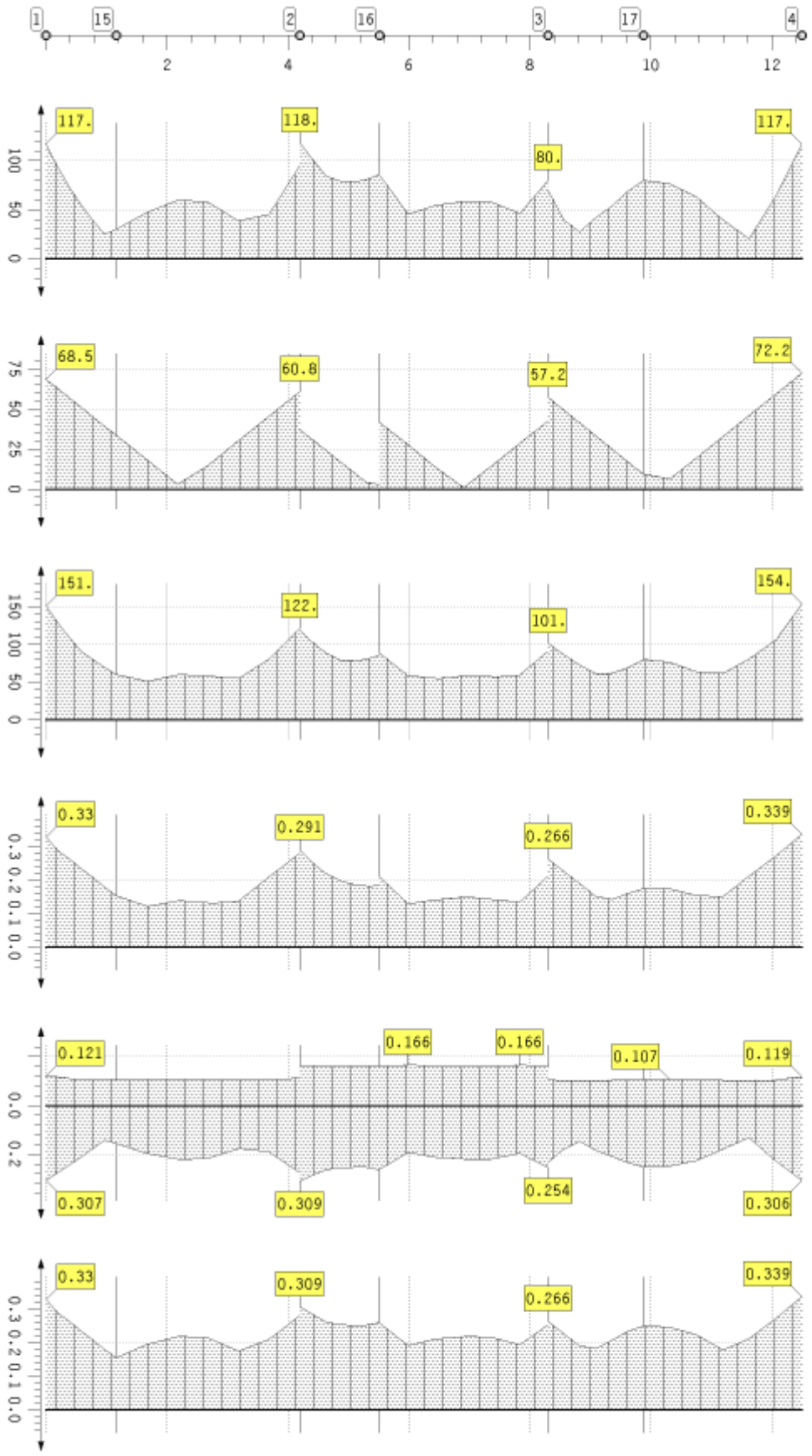


extremales Biegemoment M_ξ in kNm
Min: -6.47
Max: 9.61



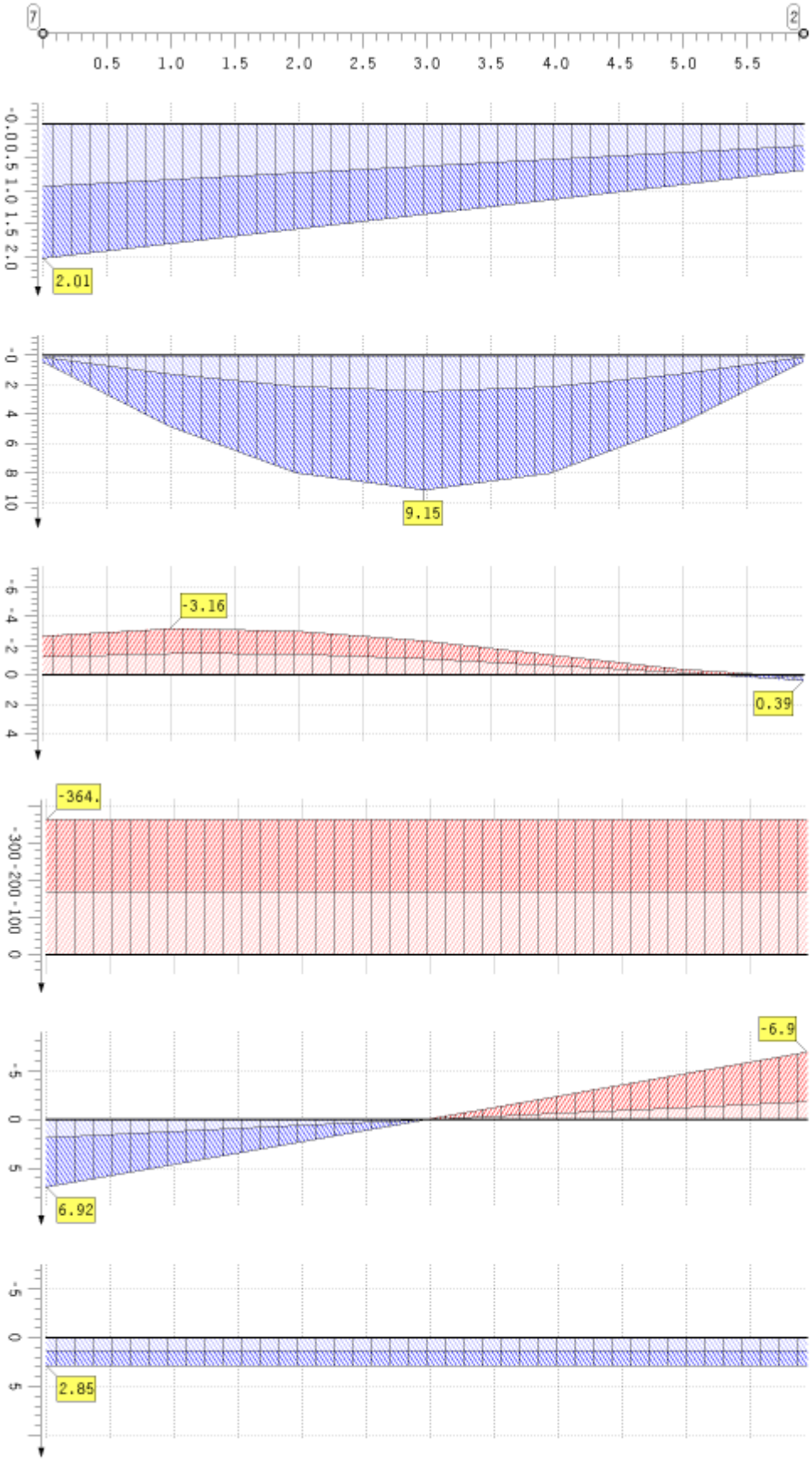
Randspannungen in MN/m^2
Min: -118.28
Max: 89.42

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann



GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

2.4.2. Stabergebnisse für Steifen



extremale Verschiebung u_l in mm
Min: 0.32
Max: 2.01

extremale Durchbiegung u_m in mm
Min: 0.12
Max: 9.15

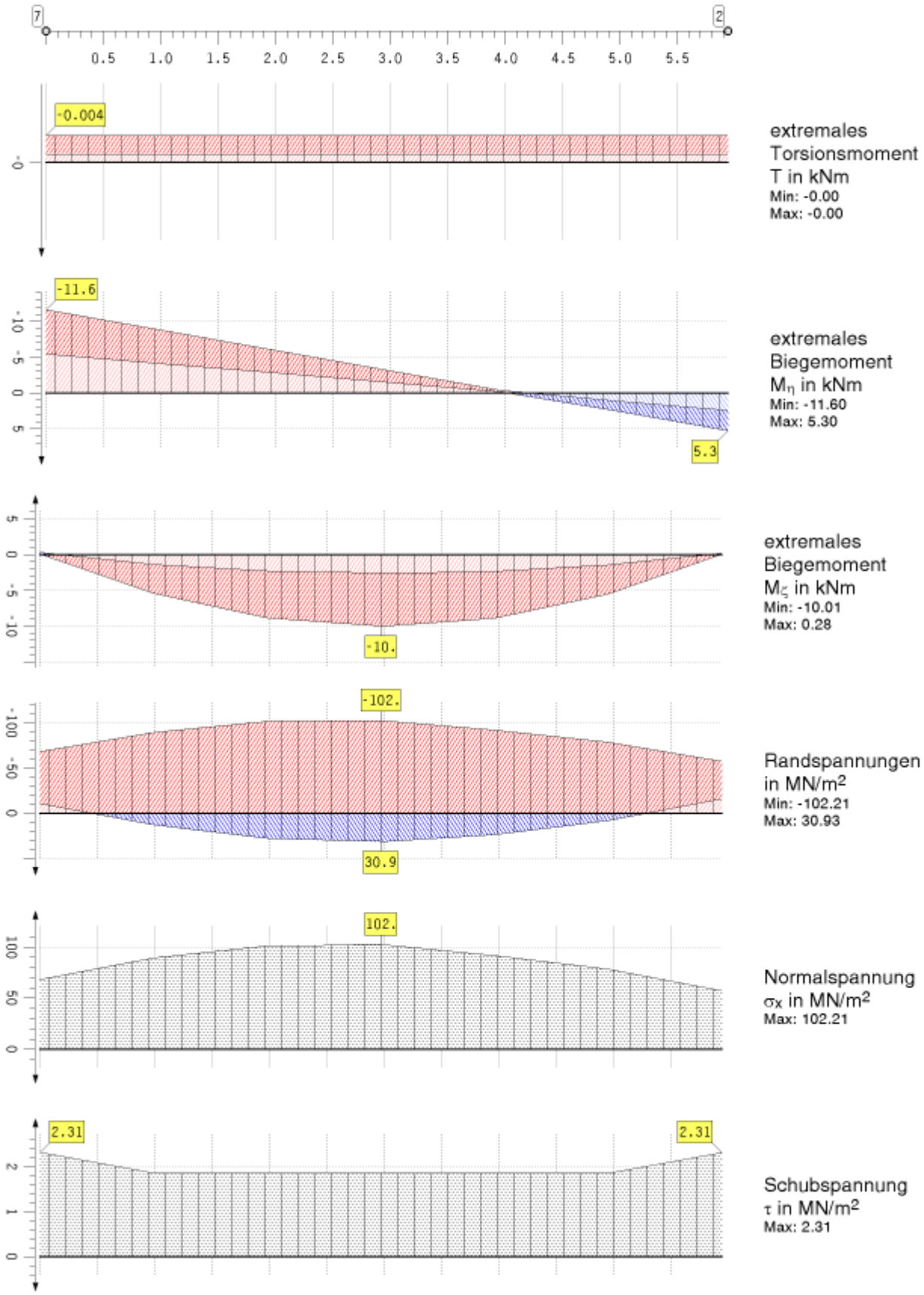
extremale Durchbiegung u_n in mm
Min: -3.16
Max: 0.39

extremale Normalkraft N in kN
Min: -364.07
Max: -169.59

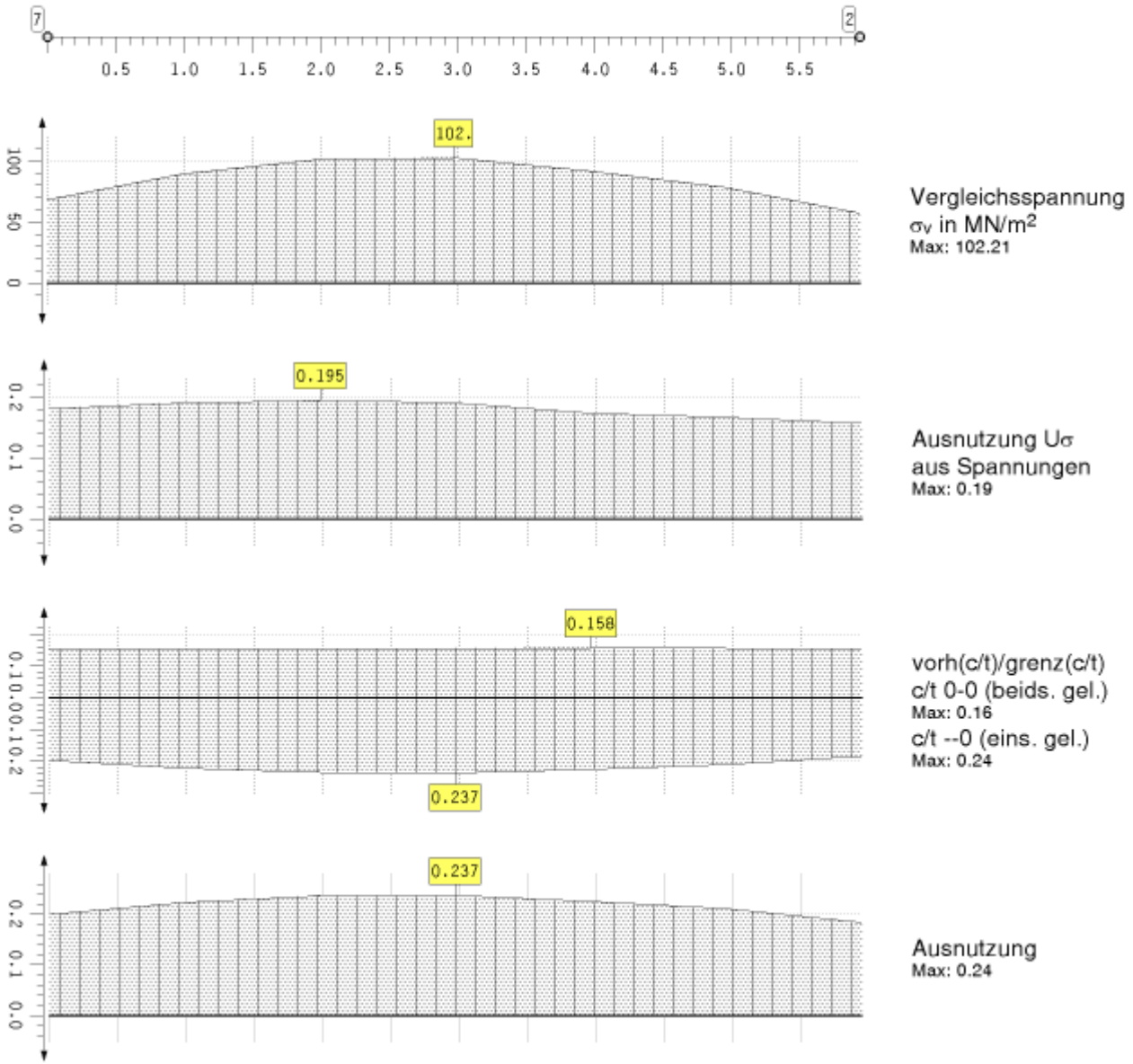
extremale Querkraft V_η in kN
Min: -6.90
Max: 6.92

extremale Querkraft V_ζ in kN
Min: 1.33
Max: 2.85

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann



GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann



Knicken wird nicht maßgebend

2.4.3. Knotenpunkt Gurtung/Gurtung (Eckknoten)

extremale Schnittgrößen (im Hauptachsensystem)
Stabzug 1: Gurtung 1
Nachweis 1 [EC 3 Tragfähigkeit (Th. I. Ord.)]: Extremierung 1: Standardkombination

Knoten -	s m	Typ	N kN	Vη kN	Vζ kN	T kNm	Mη kNm	Mζ kNm
1	0.00	Min	-187.2	-1.66	-177.64	0.05	65.8	-0.2
		Max	-87.2	-0.63	-82.75	0.17	141.2	-0.0

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

System

Biegesteife Riegel-Stiel-Verbindung

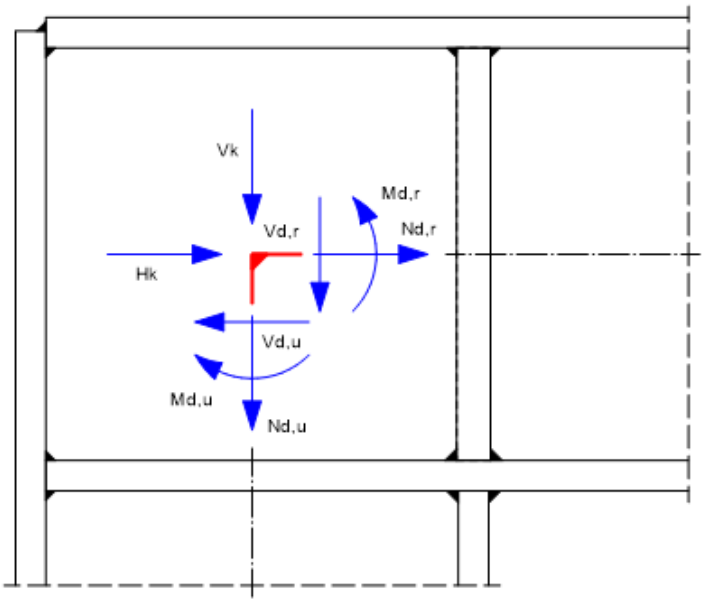
Knotentyp:	Eck-Rahmenknoten
Ausführungsform:	Riegel wird auf dem Stiel aufgelegt
Verbindung:	Der Flansch wirkt als Zuglasche geschweißt

Riegel, Stiel

Profil	h [mm]	b [mm]	t_w [mm]	t_f [mm]	r [mm]
HEB 280	280	280	10.5	18.0	24.0

Belastungen

Schnittgrößen gelten für den ideellen Knotenpunkt.



Last		N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]	V_k [kN]	H_k [kN]
1	*Ed.1*					
	rechts	-187.20	-141.2	177.64		
	unten	-177.64	-141.2	-187.2		

Bemessung (GZT)

gemäß DIN EN 1993-1-1 und DIN EN 1993-1-8

Profilstahl S 235

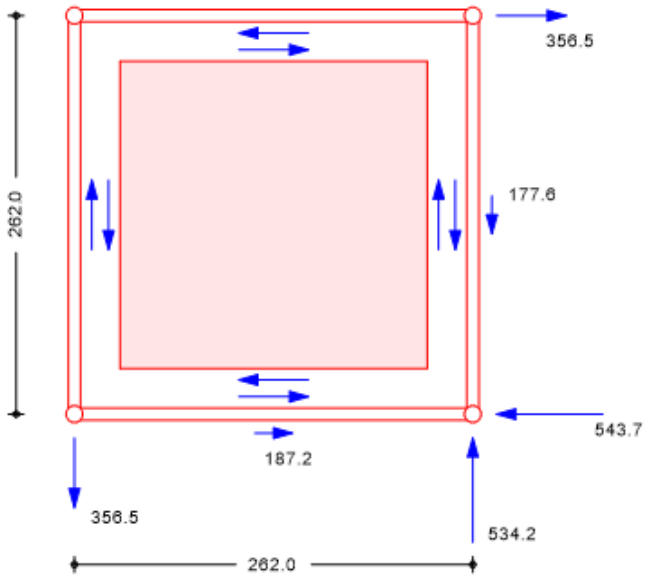
Streckgrenze	f_y	=	235.00	N/mm²
Grenznormalspannung	σ_{Rd}	=	235.00	N/mm²
Grenzschubspannung	τ_{Rd}	=	135.68	N/mm²
Grenzschweißnahtspannung	$\sigma_{w,Rd}$	=	207.85	N/mm²

Eckfeld

Nachweis wird gemäß Fachwerkanalogie durchgeführt.

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Berechnungsmodell: Bemessungslast 1



Anschnittmomente	im Riegel	- 141.2 + 177.6 * 0.131	=	-117.9	kNm
	im Stiel	- 141.2 + 187.2 * 0.131	=	-116.7	kNm
maßg. Schubkräfte	Bemessungslast 1				
	oben, unten	$T_o = T_u$	=	356.51	kN
	oben, unten	$T_l = T_r$	=	356.51	kN
Schubfluss	im Riegelsteg	τ_R	=	1360.7	N/mm
Schubspannung	im Riegelsteg	129.59 / 135.68	=	0.96	≤ 1

maßg. Rippenkräfte

Stab	F_o [kN]	F_u [kN]	F_l [kN]	F_r [kN]	BL
Riegel	0.00	-534.2			1

Rippen des Riegels

Rippe	t [mm]	h [mm]	b [mm]	c [mm]	a_{fo} [mm]	a_{fu} [mm]	$a_{w,w}$ [mm]
1,2	20	130	242	26	4	5	4

Kräfte je Rippe

Rippe	F_1 [kN]	F_2 [kN]	F_3 [kN]	e_1 [mm]	e_2 [mm]
1,2	205.37	66.19	0.00	78.0	242.0

Spannungen

Rippe	$\sigma_{vd,1}$ [N/mm²]	$\sigma_{vd,2}$ [N/mm²]	$\sigma_{vd,3}$ [N/mm²]	$\sigma_{vwd,1}$ [N/mm²]	$\sigma_{vwd,2}$ [N/mm²]	$\sigma_{vwd,3}$ [N/mm²]
1,2	113.08	93.61	55.12	207.47	135.11	79.56

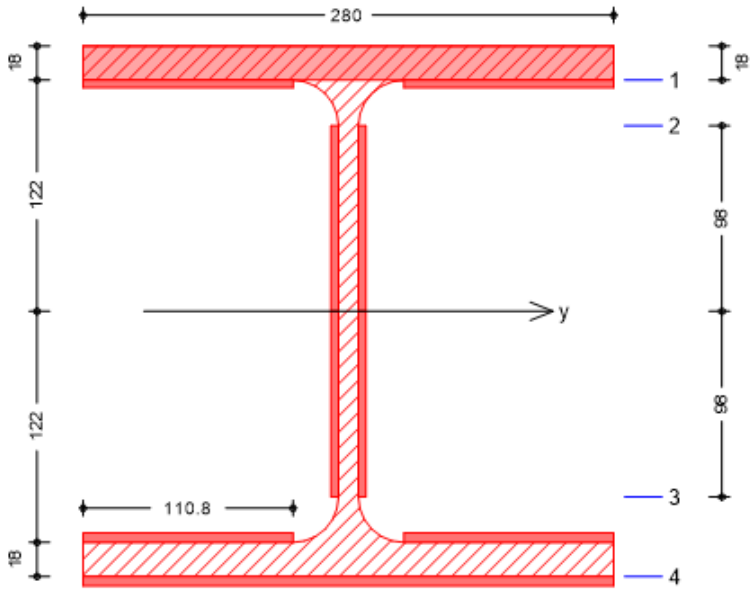
Spannungsnachweis	Rippe 1,2	113.08 / 235	=	0.48	≤ 1
	Flanschnähte oben	79.56 / 207.85	=	0.38	≤ 1
	Flanschnähte unten	207.47 / 207.85	=	1.00	≤ 1
	Stegnähte	135.11 / 207.85	=	0.65	≤ 1

Anschluss des Stiels

Stelle	Nahtart	a [mm]
Flansch links	Kehlnaht	4
Flansch rechts	Doppelkehlnaht	5
Steg	Doppelkehlnaht	4

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Schweißnahtbild



Flächenwerte	Fläche	A	=	100.0	cm²
	Flächenmoment 1.Grades	S_y	=	437.2	cm³
	Flächenmoment 2.Grades	I_y	=	14862.2	cm⁴
	Fläche der Stegnähte	$A_{w,w}$	=	15.7	cm²

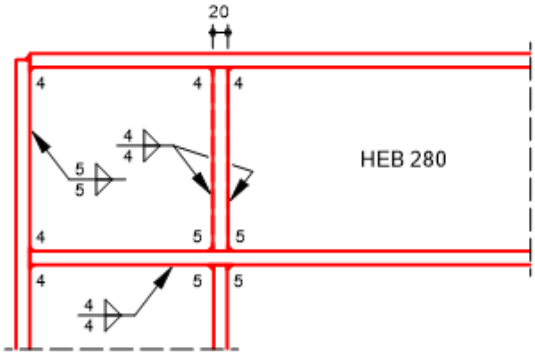
Anmerkung: Für diese Ausführungsform wird der Flanschquerschnitt bei der Berechnung von Flächenwerten berücksichtigt.

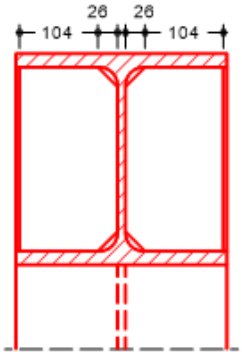
Schnittgrößen	Abstand des Schnittes	a	=	140	mm
	Normalkraft	N_{Ed}	=	-177.6	kN
	Biegemoment	M_{Ed}	=	-115.0	kNm
	Querkraft	V_{Ed}	=	-187.2	kN
	Normalspannungen	$\sigma_{wd,1}$	=	56.4	N/mm²
		$\sigma_{wd,2}$	=	33.7	N/mm²
		$\sigma_{wd,3}$	=	-152.1	N/mm²
		$\sigma_{wd,4}$	=	-191.9	N/mm²
	Schubspannungen	$\tau_{wd,2,3}$	=	119.4	N/mm²
	Vergleichswerte	$\sigma_{vwd,1}$	=	56.4	N/mm²
		$\sigma_{vwd,2}$	=	124.1	N/mm²
		$\sigma_{vwd,3}$	=	193.4	N/mm²
		$\sigma_{vwd,4}$	=	191.9	N/mm²
Spannungsnachweis	Flansch	73.5 / 235	=	0.31	≤ 1
	Flanschnähte	191.9 / 207.85	=	0.92	≤ 1
	Stegnähte	193.35 / 207.85	=	0.93	≤ 1
Flansch als Lasche	zu übertragende Kraft	F	=	350.08	kN

Stegnähte	Nahtart	a [mm]	l [mm]	A [cm²]
	Doppelkehlnaht	5	196.00	19.60

Spannungsnachweis	Stegnähte	178.61 / 207.85	=	0.86	≤ 1

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann





Stückliste

Riegel HEB 280 bxh = 280 x 280 mm
Stiel HEB 280 bxh = 280 x 280 mm
Rippe Riegel 2xbxhxt = 130 x 242 x 20 mm, c=26 mm

2.4.4. Knotenpunkt Gurtung/Steife

extremale Schnittgrößen (im Hauptachsensystem)
Stabzug 1: Gurtung 1
Nachweis 1 [EC 3 Tragfähigkeit (Th. I. Ord.)]: Extremierung 1: Standardkombination

Knoten -	s m	Typ	N kN	Vη kN	Vζ kN	T kNm	Mη kNm	Mζ kNm
2	4.20	Min	-187.2	-1.69	73.20	0.05	45.7	-4.4
		Max	-87.2	-0.67	157.15	0.17	98.2	-1.3
2	4.20	Min	-446.7	-8.60	-98.28	0.00	48.2	-4.2
		Max	-208.1	-2.49	-45.78	0.01	103.5	-1.2

extremale Schnittgrößen (im Hauptachsensystem)
Stab 13:
Nachweis 1 [EC 3 Tragfähigkeit (Th. I. Ord.)]: Extremierung 1: Standardkombination

Knoten -	s m	Typ	N kN	Vη kN	Vζ kN	T kNm	Mη kNm	Mζ kNm
2	5.94	Min	-364.1	-6.90	1.33	-0.00	2.5	0.1
		Max	-169.6	-1.82	2.85	-0.00	5.3	0.2

Umrechnung der Schnittgrößen aus Stab 13 wegen Stabanschluss unter Winkel von 45°:

-364,1 kN * sin 45° + 2,85 kN * cos 45° = -255,442 kN

-364,1 kN * sin 45° - 2,85 kN * cos 45° = -259,473 kN

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

System

Biegesteife Riegel-Stiel-Verbindung

Knotentyp: T-Rahmenknoten

Verbindung: Riegel ist seitlich an den Stiel angeschlossen geschweißt

Riegel

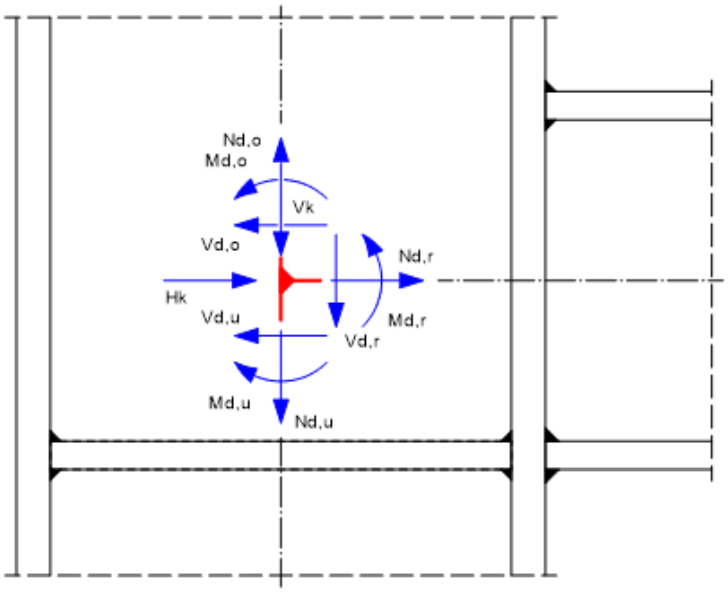
Profil	h [mm]	b [mm]	t_w [mm]	t_f [mm]	r [mm]
HEB 200	200	200	9.0	15.0	18.0

Stiel

Profil	h [mm]	b [mm]	t_w [mm]	t_f [mm]	r [mm]
HEB 280	280	280	10.5	18.0	24.0

Belastungen

Schnittgrößen gelten für den ideellen Knotenpunkt.



Last		N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]	V_k [kN]	H_k [kN]
1	*Ed.1*					
	rechts	-255.44	5.30	-259.5		
	oben	-446.67	-103.5	98.29		
	unten	-187.20	-98.20	-157.2		

Bemessung (GZT)

gemäß DIN EN 1993-1-1 und DIN EN 1993-1-8

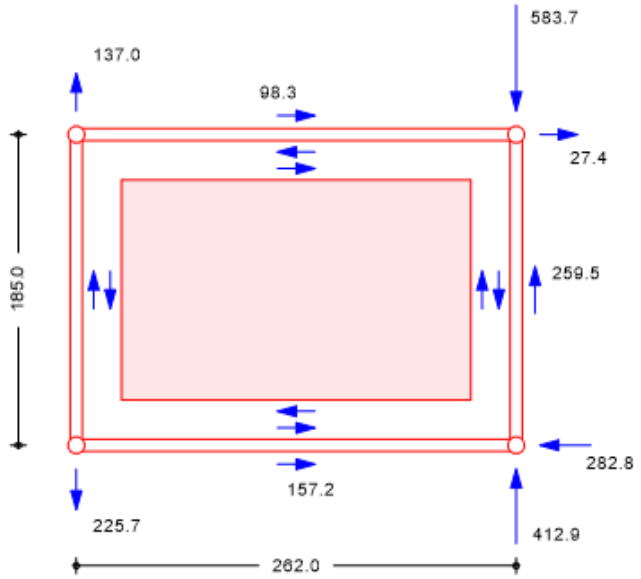
Profilstahl S 235

Streckgrenze	f_y	=	235.00	N/mm²
Grenznormalspannung	σ_{Rd}	=	235.00	N/mm²
Grenzschubspannung	τ_{Rd}	=	135.68	N/mm²
Grenzschweißnahtspannung	$\sigma_{w,Rd}$	=	207.85	N/mm²

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Eckfeld — Nachweis wird gemäß Fachwerkanalogie durchgeführt.

Berechnungsmodell: Bemessungslast 1



Anschnittmomente	im Riegel	5.3 - 259.5 * 0.131	=	-28.69	kNm
	im Stiel ob	- 103.5 + 98.3 * 0.092	=	-94.41	kNm
	im Stiel un	- 98.2 + 157.2 * 0.092	=	-83.66	kNm
maßg. Schubkräfte	Bemessungslast 1				
	oben, unten	$T_o = T_u$	=	125.66	kN
	oben, unten	$T_l = T_r$	=	88.73	kN
Schubfluss	im Stielsteg	τ_S	=	479.61	N/mm
Schubspannung	im Stielsteg	45.68 / 135.68	=	0.34 ≤	1

maßg. Rippenkräfte

Stab	Rippen-lage	F_o [kN]	F_u [kN]	F_l [kN]	F_r [kN]	BL
Stiel*	oben			0.00	27.37	1
Stiel	unten			0.00	-282.8	1

Stiel*: Die Rippen sind nicht erforderlich

Rippen des Stiels unten

Rippe	t [mm]	h [mm]	b [mm]	c [mm]	a_{fl} [mm]	a_{fr} [mm]	$a_{w,w}$ [mm]
1,2	15	110	242	26	4	4	4

Kräfte je Rippe

Rippe	F_1 [kN]	F_2 [kN]	F_3 [kN]	e_1 [mm]	e_2 [mm]
1,2	103.06	28.96	0.00	68.0	242.0

Spannungen

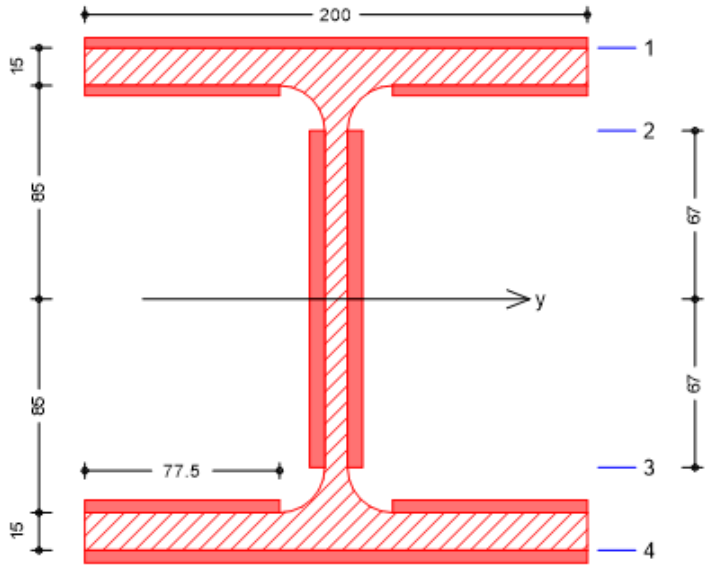
Rippe	$\sigma_{vd,1}$ [N/mm²]	$\sigma_{vd,2}$ [N/mm²]	$\sigma_{vd,3}$ [N/mm²]	$\sigma_{vwd,1}$ [N/mm²]	$\sigma_{vwd,2}$ [N/mm²]	$\sigma_{vwd,3}$ [N/mm²]
1,2	90.97	62.63	39.81	159.31	67.80	43.09

Spannungsnachweis	Rippe 1,2	90.97 / 235	=	0.39	≤	1
	Flanschnähte links	43.09 / 207.85	=	0.21	≤	1
	Flanschnähte rechts	159.31 / 207.85	=	0.77	≤	1
	Stegnähte	67.8 / 207.85	=	0.33	≤	1

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Anschluss des Riegels	Stelle	Nahtart	a [mm]
	Flansch oben	Doppelkehlnaht	4
	Flansch unten	Doppelkehlnaht	5
	Steg	Doppelkehlnaht	6

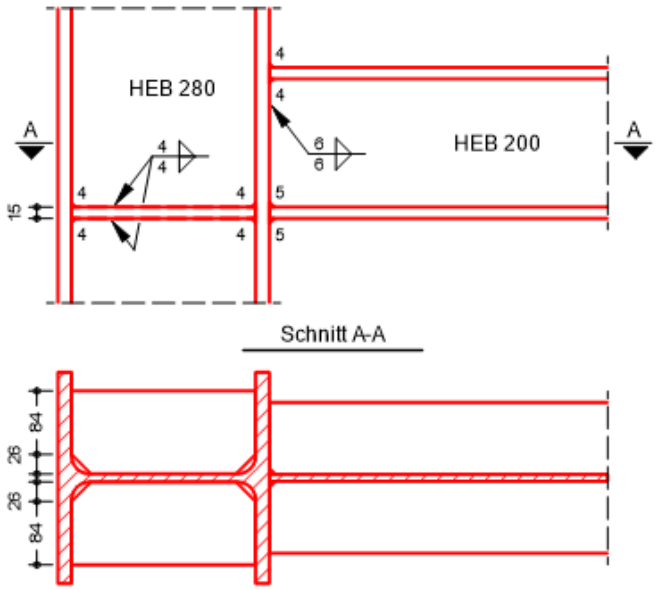
Schweißnahtbild



Flächenwerte	Fläche	A	=	48.0	cm²
	Flächenmoment 1.Grades	S_y	=	-33.2	cm³
	Flächenmoment 2.Grades	I_y	=	3048.5	cm⁴
	Fläche der Stegnähte	$A_{w,w}$	=	16.1	cm²
Schnittgrößen	Abstand des Schnittes	a	=	140	mm
	Normalkraft	N_{Ed}	=	-255.4	kN
	Biegemoment	M_{Ed}	=	-31.0	kNm
	Querkraft	V_{Ed}	=	-259.5	kN
	Normalspannungen	$\sigma_{wd,1}$	=	50.2	N/mm²
		$\sigma_{wd,2}$	=	18.3	N/mm²
		$\sigma_{wd,3}$	=	-111.3	N/mm²
		$\sigma_{wd,4}$	=	-143.2	N/mm²
	Schubspannungen	$\tau_{wd,2,3}$	=	161.4	N/mm²
	Vergleichswerte	$\sigma_{vwd,1}$	=	50.2	N/mm²
		$\sigma_{vwd,2}$	=	162.4	N/mm²
		$\sigma_{vwd,3}$	=	196.0	N/mm²
		$\sigma_{vwd,4}$	=	143.2	N/mm²

Spannungsnachweis	Flanschnähte	143.22 / 207.85	=	0.69	≤	1
	Stegnähte	196.03 / 207.85	=	0.94	≤	1

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

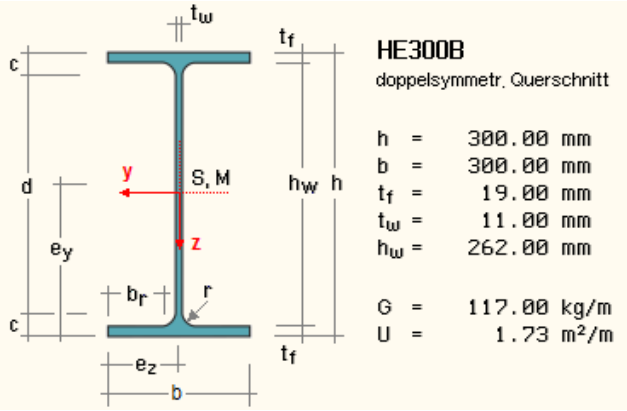


Stückliste

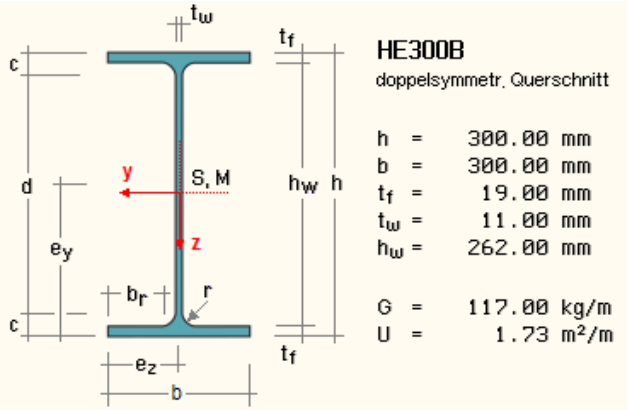
Riegel HEB 200 bxh = 200 x 200 mm
Stiel HEB 280 bxh = 280 x 280 mm
Rippe Stiel 2xbxhxt = 110 x 242 x 15 mm, c=26 mm

2.5. Bemessung Gurtung/Steifen untere Lage

Gurtung, S 235



Steifen, S 235

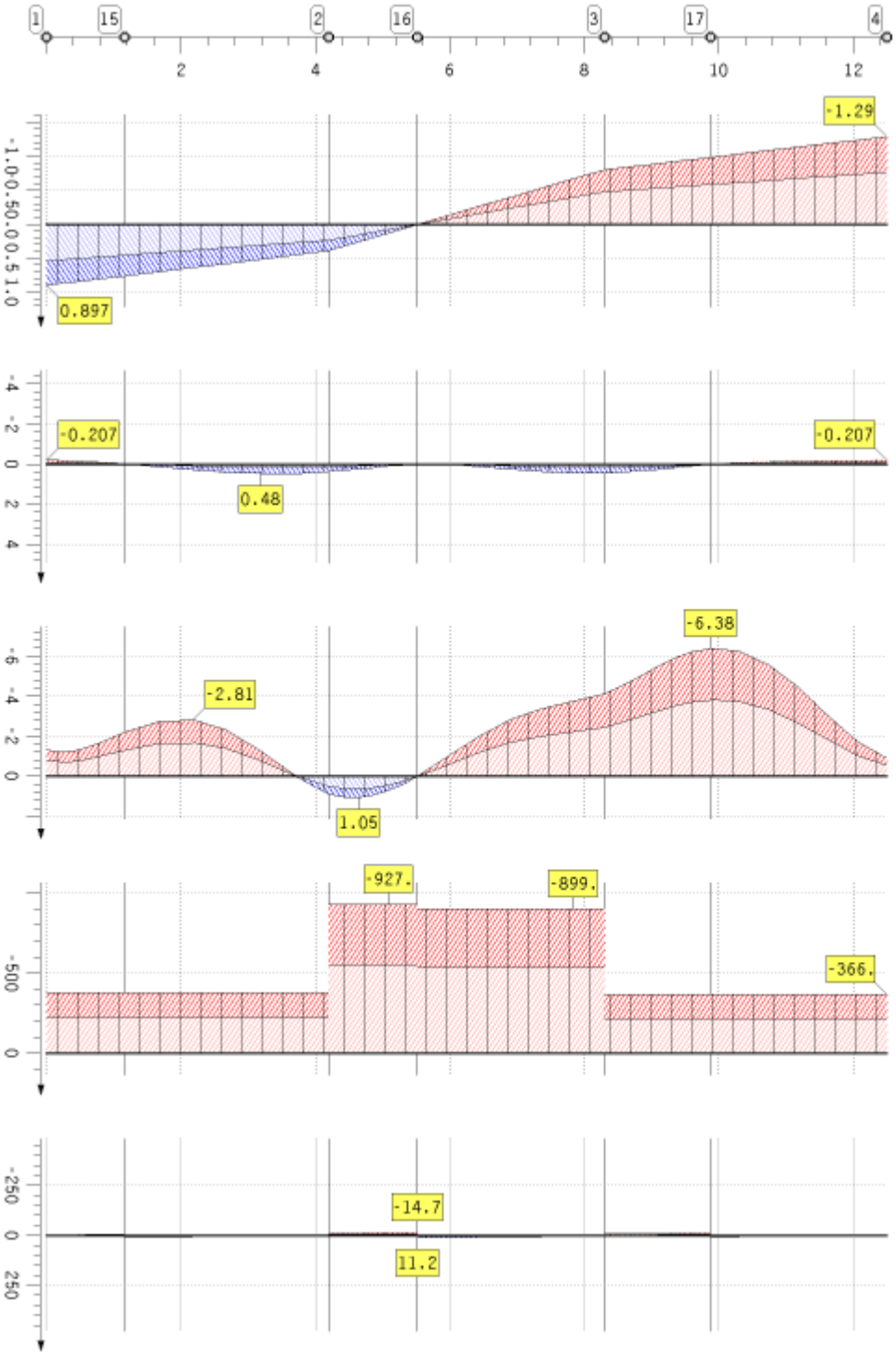


Einwirkungen aus Trägerbohlwand

	(d)	g(k)	q(k)	g(k)+q(k)
Steifenlast in kN/m	145,898	98,331	21,462	119,793

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

2.5.1. Stabergebnisse für Gurtung



extremale Verschiebung u_l in mm
Min: -1.29
Max: 0.90

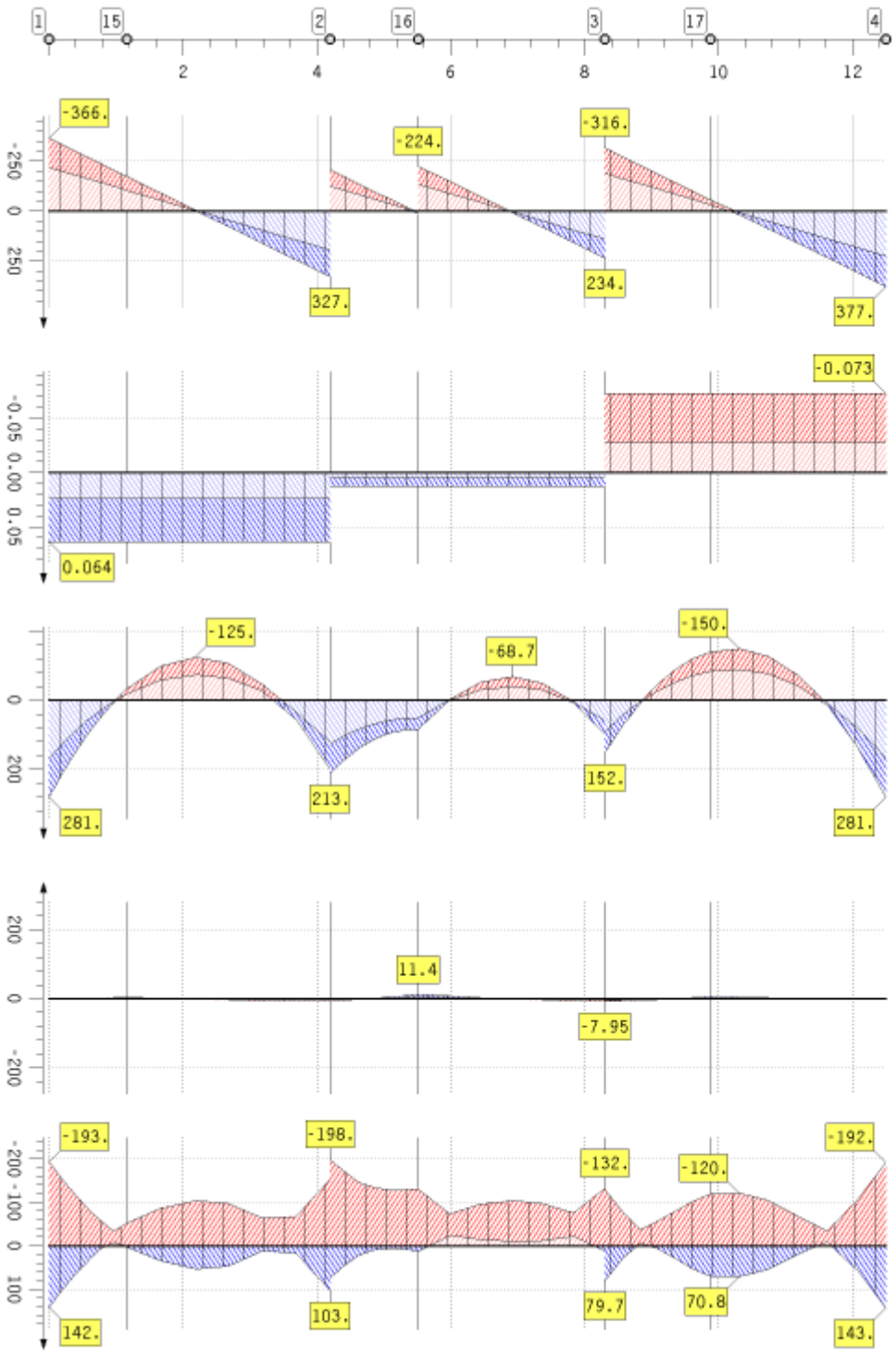
extremale Durchbiegung u_m in mm
Min: -0.21
Max: 0.48

extremale Durchbiegung u_n in mm
Min: -6.38
Max: 1.05

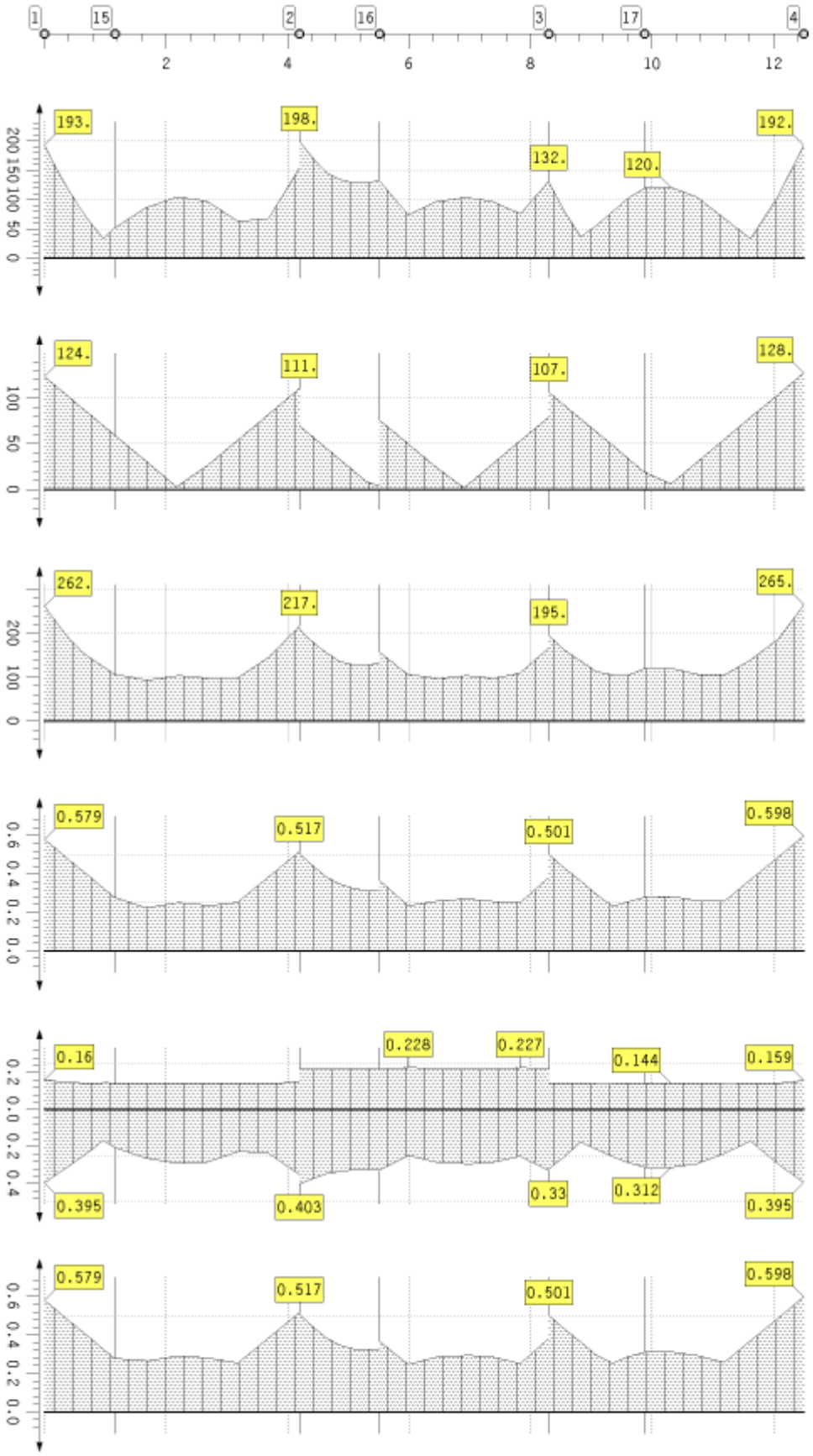
extremale Normalkraft N in kN
Min: -926.80
Max: -218.05

extremale Querkraft V_η in kN
Min: -14.73
Max: 11.17

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

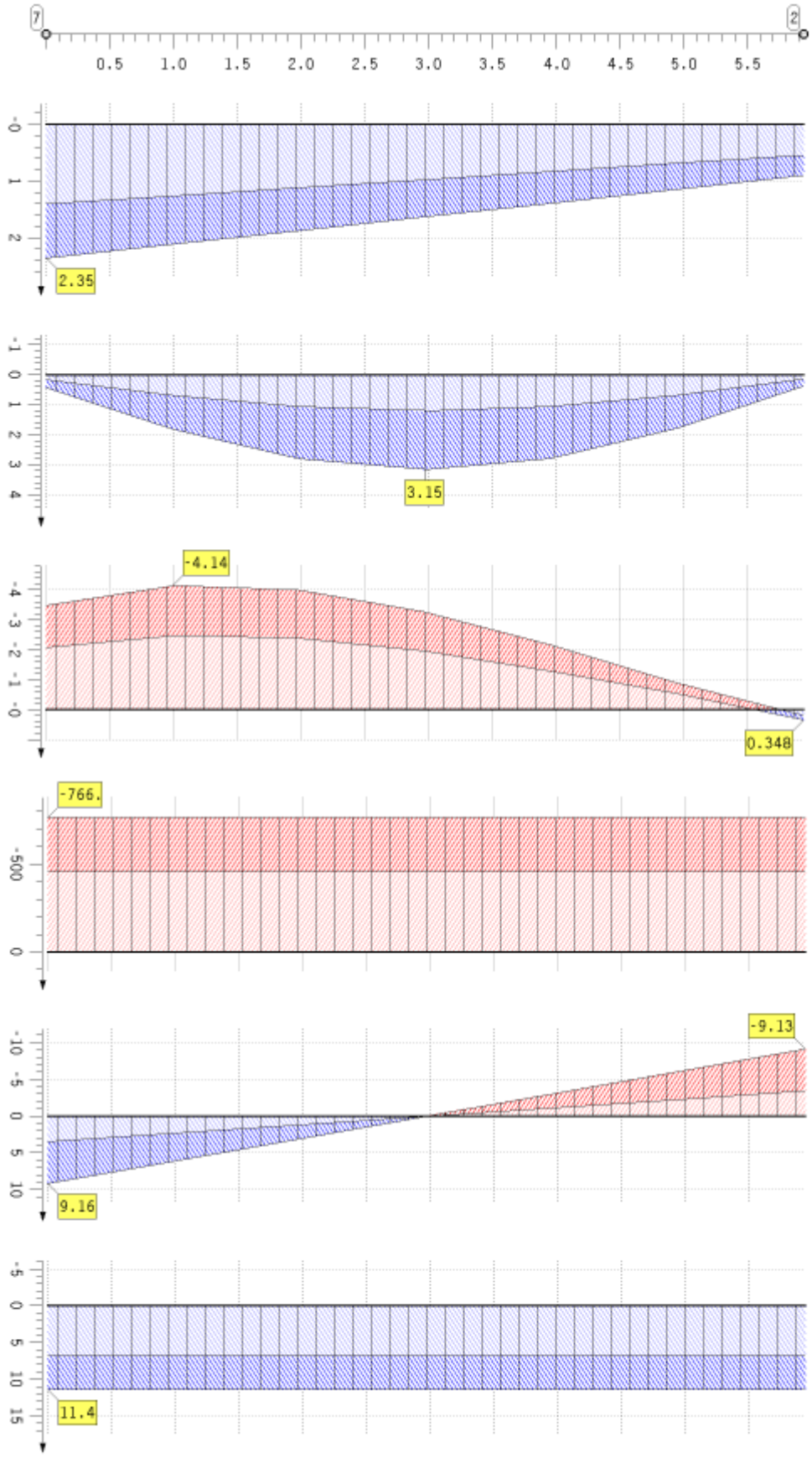


GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann



GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

2.5.2. Stabergebnisse für Steifen



extremale Verschiebung u_l in mm
Min: 0.54
Max: 2.35

extremale Durchbiegung u_m in mm
Min: 0.14
Max: 3.15

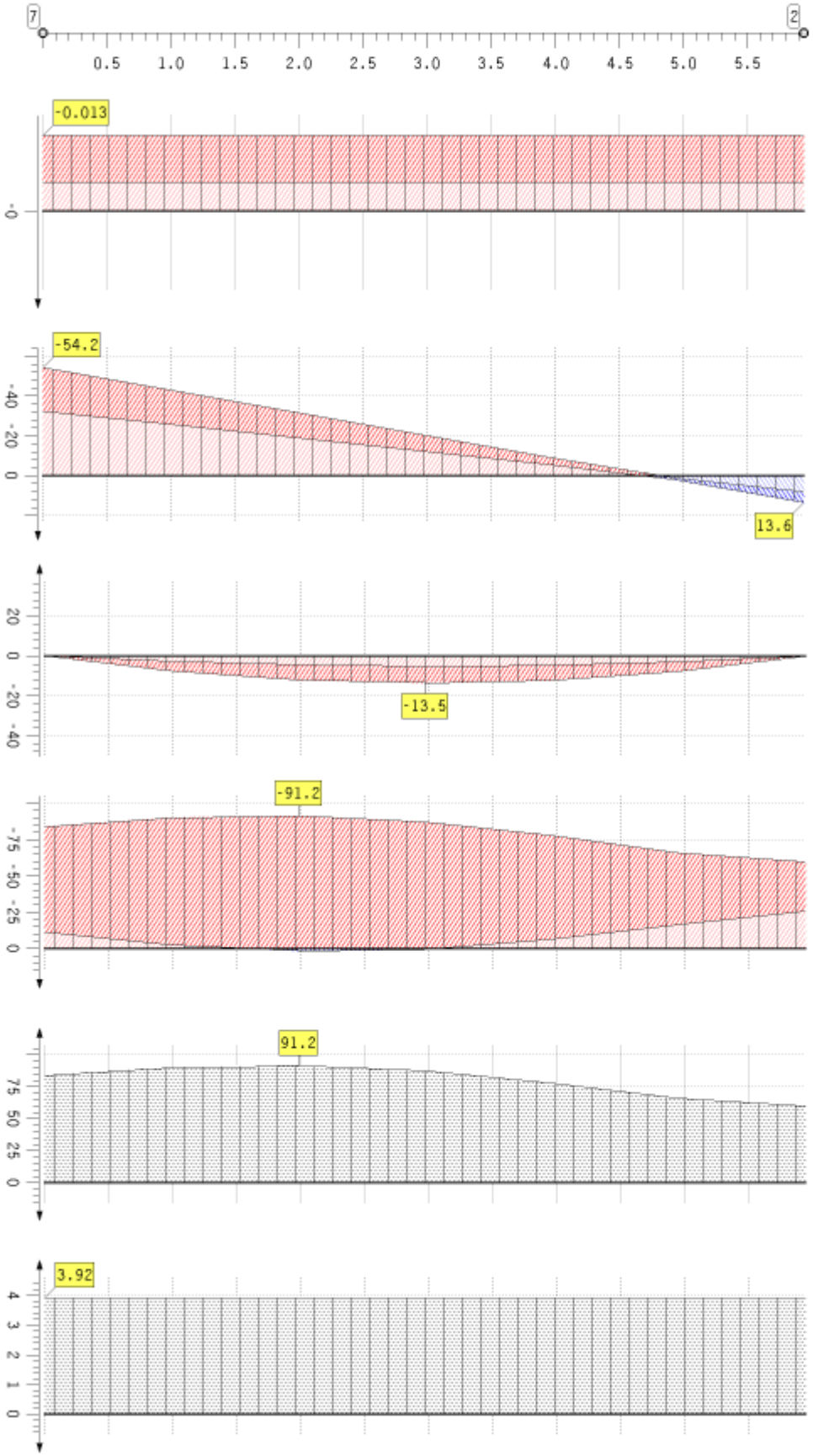
extremale Durchbiegung u_n in mm
Min: -4.14
Max: 0.35

extremale Normalkraft N in kN
Min: -765.92
Max: -456.61

extremale Querkraft V_η in kN
Min: -9.13
Max: 9.16

extremale Querkraft V_ζ in kN
Min: 6.81
Max: 11.42

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann



extremales Torsionsmoment T in kNm
Min: -0.01
Max: -0.00

extremales Biegemoment M_η in kNm
Min: -54.24
Max: 13.56

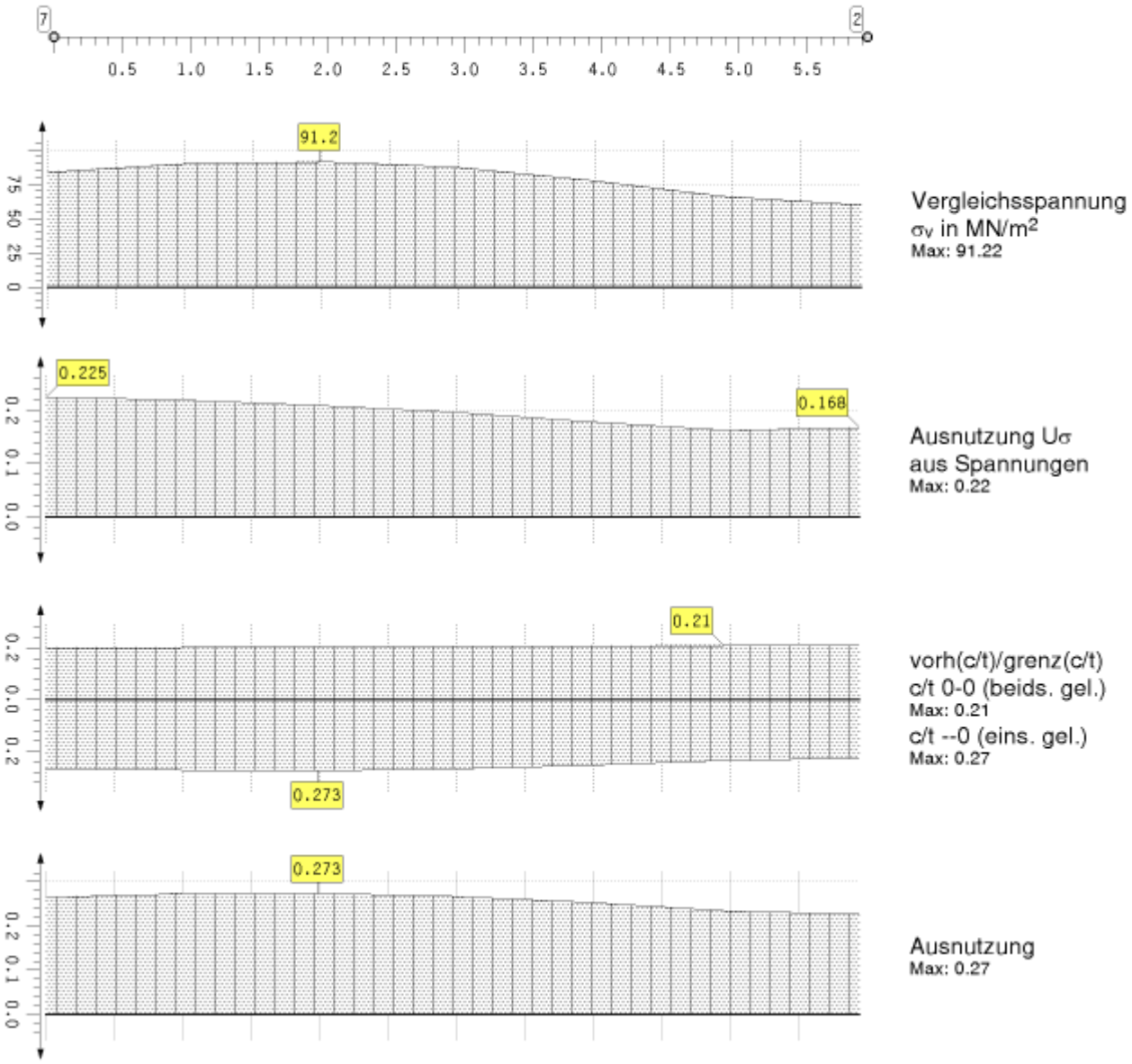
extremales Biegemoment M_ξ in kNm
Min: -13.48
Max: 0.13

Randspannungen in MN/m²
Min: -91.22
Max: 1.56

Normalspannung σ_x in MN/m²
Max: 91.22

Schubspannung τ in MN/m²
Max: 3.92

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann



Knicken wird nicht maßgebend

2.5.3. Knotenpunkt Gurtung/Gurtung (Eckknoten)

extremale Schnittgrößen (im Hauptachsensystem)
Stabzug 1: Gurtung 1
Nachweis 1 [EC 3 Tragfähigkeit (Th. I. Ord.)]: Extremierung 1: Standardkombination

Knoten –	s m	Typ	N kN	Vη kN	Vζ kN	T kNm	Mη kNm	Mζ kNm
1	0.00	Min	-377.1	-1.66	-365.77	0.02	167.4	-0.1
		Max	-224.8	-0.62	-218.05	0.06	280.8	-0.0
	0.58	Min	-377.1	-3.43	-270.10	0.02	57.4	0.5
		Max	-224.8	-1.28	-161.02	0.06	96.3	1.4

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

System

Biegesteife Riegel-Stiel-Verbindung

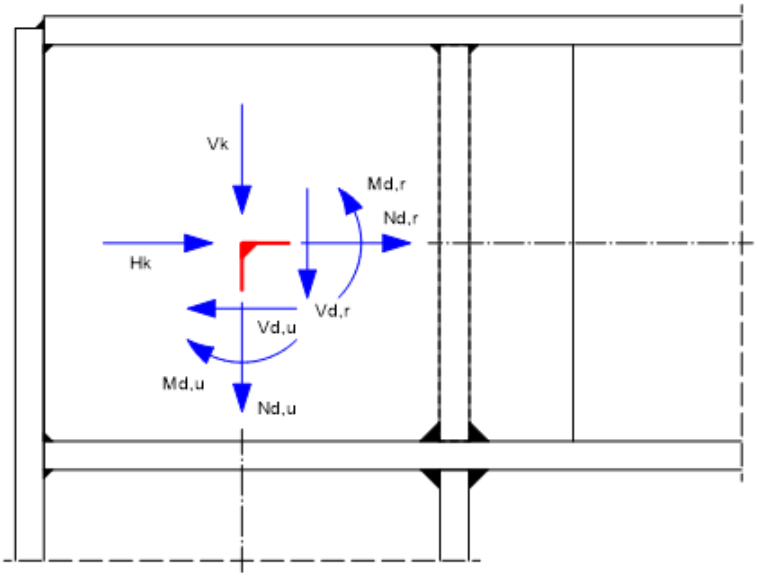
Knotentyp:	Eck-Rahmenknoten
	Riegel wird auf dem Stiel aufgelegt
Ausführungsform:	Der Flansch wirkt als Zuglasche
Verbindung:	geschweißt

Riegel, Stiel

Profil	h [mm]	b [mm]	t_w [mm]	t_f [mm]	r [mm]
HEB 300	300	300	11.0	19.0	27.0

Belastungen

Schnittgrößen gelten für den ideellen Knotenpunkt.



Last		N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]	V_k [kN]	H_k [kN]
1	*Ed.1*					
	rechts	-377.10	-280.8	365.77		
	unten	-365.77	-280.8	-377.1		

Bemessung (GZT)

gemäß DIN EN 1993-1-1 und DIN EN 1993-1-8

Profilstahl S 235

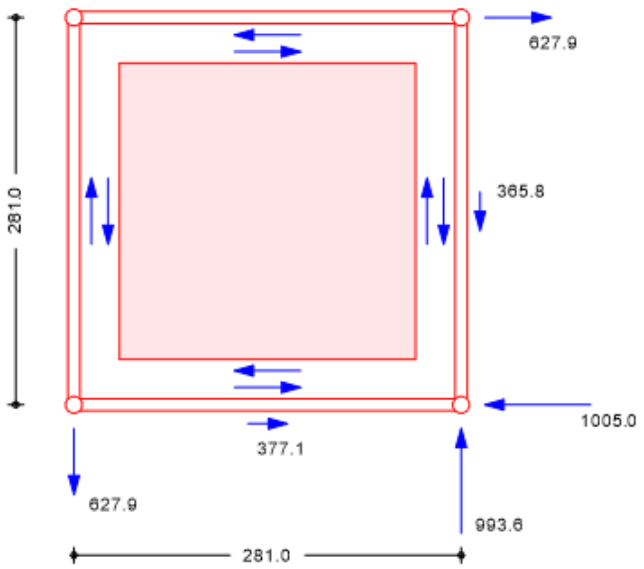
Streckgrenze	f_y	=	235.00	N/mm²
Grenznormalspannung	σ_{Rd}	=	235.00	N/mm²
Grenzschubspannung	τ_{Rd}	=	135.68	N/mm²
Grenzschweißnahtspannung	$\sigma_{w,Rd}$	=	207.85	N/mm²

Eckfeld

Nachweis wird gemäß Fachwerkanalogie durchgeführt.

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Berechnungsmodell: Bemessungslast 1



Anschnittmomente	im Riegel	- 280.8 + 365.8 * 0.141	=	-229.4	kNm
	im Stiel	- 280.8 + 377.1 * 0.141	=	-227.8	kNm
maßg. Schubkräfte	Bemessungslast 1				
	oben, unten	$T_o = T_u$	=	627.85	kN
	oben, unten	$T_l = T_r$	=	627.85	kN
Schubfluss	im Riegelsteg	τ_R	=	2234.4	N/mm
Schubspannung	**im Riegelsteg**	**203.12 / 135.68**	**=**	**1.50**	**> 1**

Stegblechverstärkung erforderlich!

Zusatzblech

Art	t [mm]	b [mm]	l [mm]	$a_{w,f}$ [mm]	$a_{w,w}$ [mm]	a_l [mm]
beidseitig	30	260	350	5	5	5

Spannungsnachweis	Stegblech	31.47 / 135.68	=	0.23	≤ 1
	Schweißnähte	188.82 / 207.85	=	0.91	≤ 1

maßg. Rippenkräfte

Stab	F_o [kN]	F_u [kN]	F_l [kN]	F_r [kN]	BL
Riegel	0.00	-993.6			1

Rippen des Riegels

Rippe	t [mm]	h [mm]	b [mm]	c [mm]	a_{fo} [mm]	a_{fu} [mm]	$a_{w,w}$ [mm]
1,2	20	110	260	12	4	9	5

Kräfte je Rippe

Rippe	F_1 [kN]	F_2 [kN]	F_3 [kN]	e_1 [mm]	e_2 [mm]
1,2	334.62	78.51	0.00	61.0	260.0

Spannungen

Rippe	$\sigma_{vd,1}$ [N/mm²]	$\sigma_{vd,2}$ [N/mm²]	$\sigma_{vd,3}$ [N/mm²]	$\sigma_{vwd,1}$ [N/mm²]	$\sigma_{vwd,2}$ [N/mm²]	$\sigma_{vwd,3}$ [N/mm²]
1,2	184.28	122.79	69.38	194.85	141.79	100.14

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

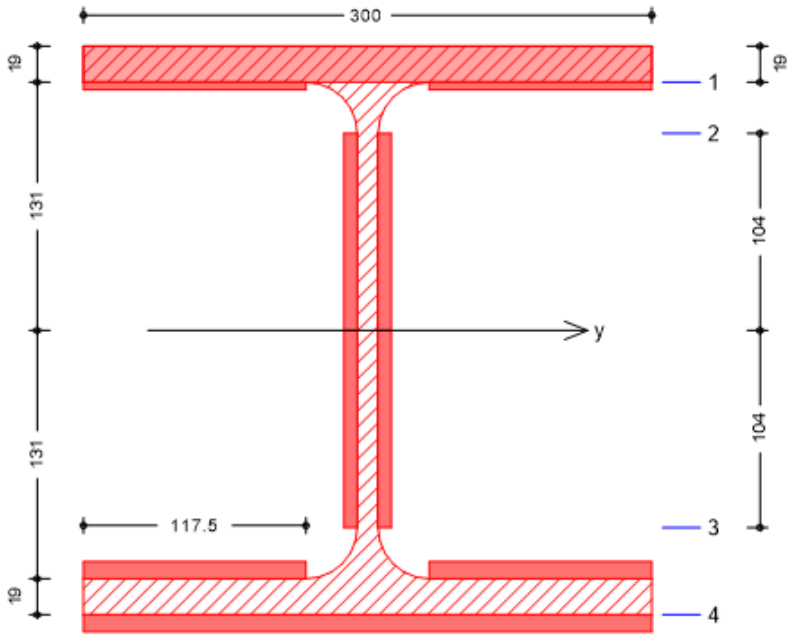
Spannungsnachweis

Rippe 1,2	184.28 / 235	=	0.78	≤	1
Flanschnähte oben	100.14 / 207.85	=	0.48	≤	1
Flanschnähte unten	194.85 / 207.85	=	0.94	≤	1
Stegnähte	141.79 / 207.85	=	0.68	≤	1

Anschluss des Stiels

Stelle	Nahtart	a [mm]
Flansch links	Kehlnaht	4
Flansch rechts	Doppelkehlnaht	9
Steg	Doppelkehlnaht	7

Schweißnahtbild



Flächenwerte

Fläche	A	=	143.7	cm²
Flächenmoment 1.Grades	S_y	=	241.9	cm³
Flächenmoment 2.Grades	I_y	=	23619.5	cm⁴
Fläche der Stegnähte	$A_{w,w}$	=	29.1	cm²

Anmerkung: Für diese Ausführungsform wird der Flanschquerschnitt bei der Berechnung von Flächenwerten berücksichtigt.

Schnittgrößen

Abstand des Schnittes	a	=	150	mm
Normalkraft	N_{Ed}	=	-365.8	kN
Biegemoment	M_{Ed}	=	-224.2	kNm
Querkraft	V_{Ed}	=	-377.1	kN
Normalspannungen	$\sigma_{wd,1}$	=	87.9	N/mm²
	$\sigma_{wd,2}$	=	61.1	N/mm²
	$\sigma_{wd,3}$	=	-145.4	N/mm²
	$\sigma_{wd,4}$	=	-191.1	N/mm²
Schubspannungen	$\tau_{wd,2,3}$	=	129.5	N/mm²

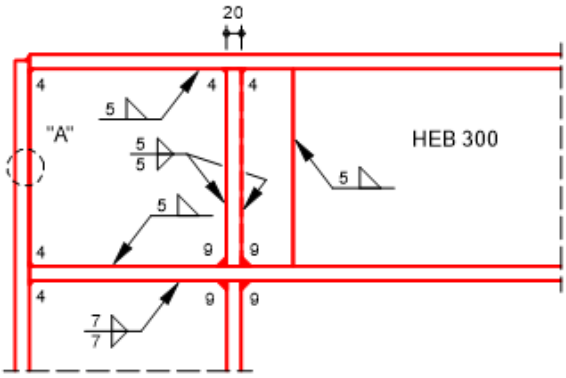
GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

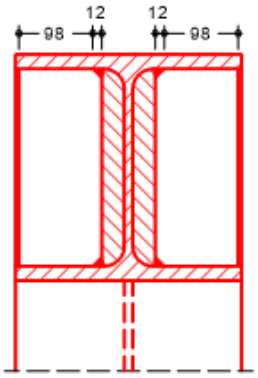
	Vergleichswerte	$\sigma_{vwd,1}$	=	87.9		N/mm²
		$\sigma_{vwd,2}$	=	143.2		N/mm²
		$\sigma_{vwd,3}$	=	194.7		N/mm²
		$\sigma_{vwd,4}$	=	191.1		N/mm²
Spannungsnachweis	Flansch	106.71 / 235	=	0.45	≤	1
	Flanschnähte	191.06 / 207.85	=	0.92	≤	1
	Stegnähte	194.71 / 207.85	=	0.94	≤	1
Flansch als Lasche	zu übertragende Kraft	F	=	615.10		kN

Stegnähte

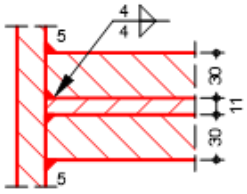
Nahtart	a [mm]	l [mm]	A [cm²]
Doppelkehlnaht	4	208.00	16.64

	zu übertragende Schubkraft	T_s	=	95.30		kN
	Anmerkung: Stegverstärkung wird bei der Ermittlung der Schubkraft T_s berücksichtigt.					
Spannungsnachweis	Stegnähte	57.27 / 207.85	=	0.28	≤	1





Detail ")A"
(gedreht)



Zusatzblech: Blechstärke am Wurzelpunkt beachten.

Stückliste

Riegel HEB 300 bxh = 300 x 300 mm
Stiel HEB 300 bxh = 300 x 300 mm
Zusatzblech 2xbxlxt = 350 x 260 x 30 mm
Rippe Riegel 2xbxhxt = 110 x 260 x 20 mm, c=12 mm

2.5.4. Knotenpunkt Gurtung/Steife

extremale Schnittgrößen (im Hauptachsensystem)
Stabzug 1: Gurtung 1
Nachweis 1 [EC 3 Tragfähigkeit (Th. I. Ord.)]: Extremierung 1: Standardkombination

Knoten -	s m	Typ	N kN	V_η kN	V_ζ kN	T kNm	M_η kNm	M_ζ kNm
2	4.20	Min	-377.1	-1.58	194.93	0.02	118.8	-5.4
		Max	-224.8	-0.59	326.98	0.06	199.3	-2.0
2	4.20	Min	-926.8	-10.71	-206.53	0.00	126.9	-5.3
		Max	-552.5	-4.06	-123.13	0.01	212.9	-2.0

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

extremale Schnittgrößen (im Hauptachsensystem)

Stab 13:

Nachweis 1 [EC 3 Tragfähigkeit (Th. I. Ord.)]: Extremierung 1: Standardkombination

Knoten -	s m	Typ	N kN	Vη kN	Vζ kN	T kNm	Mη kNm	Mζ kNm
2	5.94	Min	-765.9	-9.13	6.81	-0.01	8.1	0.0
		Max	-456.6	-3.47	11.42	-0.00	13.6	0.1

Umrechnung der Schnittgrößen aus Stab 13 wegen Stabanschluss unter Winkel von 45°:

-765,9 kN * sin 45° + 11,42 kN * cos 45° = -549,648 kN

-765,9 kN * sin 45° - 11,42 kN * cos 45° = -533,498 kN

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

System

Biegesteife Riegel-Stiel-Verbindung

Knotentyp: T-Rahmenknoten

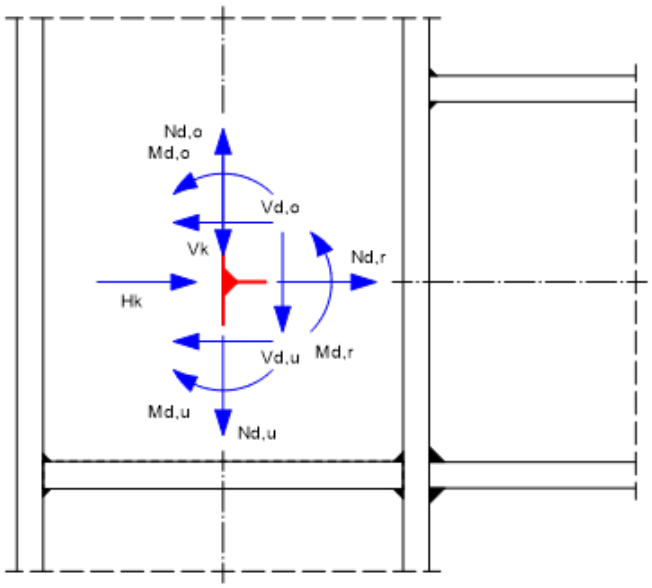
Verbindung: Riegel ist seitlich an den Stiel angeschlossen geschweißt

Riegel, Stiel

Profil	h [mm]	b [mm]	t_w [mm]	t_f [mm]	r [mm]
HEB 300	300	300	11.0	19.0	27.0

Belastungen

Schnittgrößen gelten für den ideellen Knotenpunkt.



Last		N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]	V_k [kN]	H_k [kN]
1	*Ed.1*					
	rechts	-533.50	13.60	-549.6		
	oben	-926.75	-212.9	206.52		
	unten	-377.10	-199.3	-327.0		

Bemessung (GZT)

gemäß DIN EN 1993-1-1 und DIN EN 1993-1-8

Profilstahl S 235

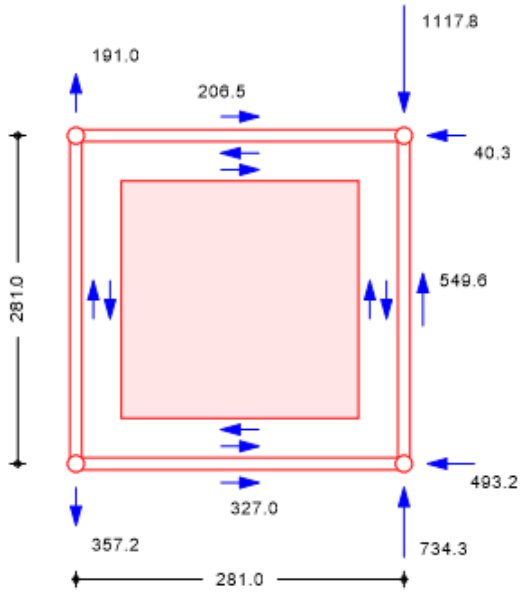
Streckgrenze	f_y	=	235.00	N/mm²
Grenznormalspannung	σ_{Rd}	=	235.00	N/mm²
Grenzschubspannung	τ_{Rd}	=	135.68	N/mm²
Grenzschweißnahtspannung	$\sigma_{w,Rd}$	=	207.85	N/mm²

Eckfeld

Nachweis wird gemäß Fachwerkanalogie durchgeführt.

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Berechnungsmodell: Bemessungslast 1



Anschnittmomente	im Riegel	13.6 - 549.6 * 0.141	=	-63.63	kNm
	im Stiel ob	- 212.9 + 206.5 * 0.141	=	-183.9	kNm
	im Stiel un	- 199.3 + 327.0 * 0.141	=	-153.4	kNm
maßg. Schubkräfte	Bemessungslast 1				
	oben, unten	$T_o = T_u$	=	166.19	kN
	oben, unten	$T_l = T_r$	=	166.19	kN
Schubfluss	im Stielsteg	τ_S	=	591.44	N/mm
Schubspannung	im Stielsteg	53.77 / 135.68	=	0.40 ≤	1

maßg. Rippenkräfte

Stab	Rippen-lage	F_o [kN]	F_u [kN]	F_l [kN]	F_r [kN]	BL
Stiel*	oben			0.00	-40.32	1
Stiel	unten			0.00	-493.2	1

Stiel*: Die Rippen sind nicht erforderlich

Rippen des Stiels unten

Rippe	t [mm]	h [mm]	b [mm]	c [mm]	a_{fl} [mm]	a_{fr} [mm]	$a_{w,w}$ [mm]
1,2	20	140	260	29	4	5	4

Kräfte je Rippe

Rippe	F_1 [kN]	F_2 [kN]	F_3 [kN]	e_1 [mm]	e_2 [mm]
1,2	188.12	61.14	0.00	84.5	260.0

Spannungen

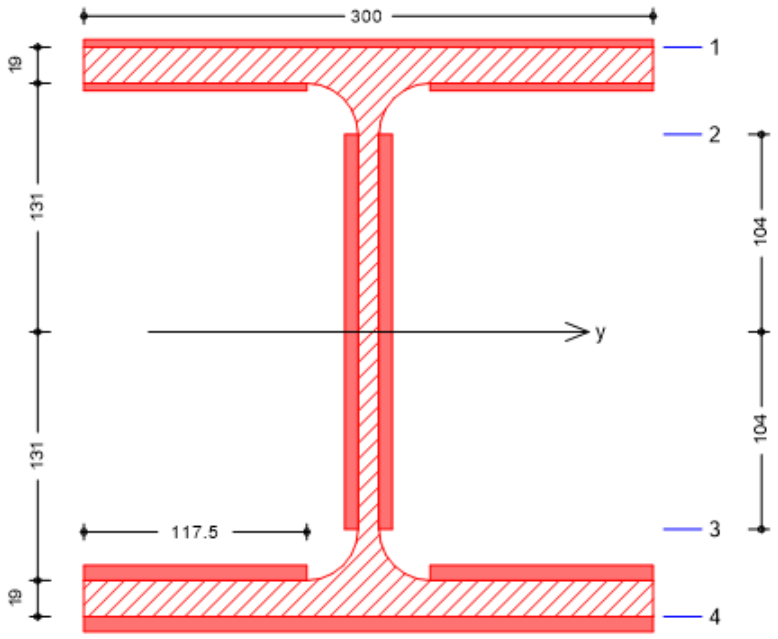
Rippe	$\sigma_{vd,1}$ [N/mm²]	$\sigma_{vd,2}$ [N/mm²]	$\sigma_{vd,3}$ [N/mm²]	$\sigma_{vwd,1}$ [N/mm²]	$\sigma_{vwd,2}$ [N/mm²]	$\sigma_{vwd,3}$ [N/mm²]
1,2	97.24	80.65	47.70	178.20	116.41	68.85

Spannungsnachweis	Rippe 1,2	97.24 / 235	=	0.41 ≤	1
	Flanschnähte links	68.85 / 207.85	=	0.33 ≤	1
	Flanschnähte rechts	178.2 / 207.85	=	0.86 ≤	1
	Stegnähte	116.41 / 207.85	=	0.56 ≤	1

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Anschluss des Riegels	Stelle	Nahtart	a [mm]
	Flansch oben	Doppelkehlnaht	4
	Flansch unten	Doppelkehlnaht	8
	Steg	Doppelkehlnaht	7

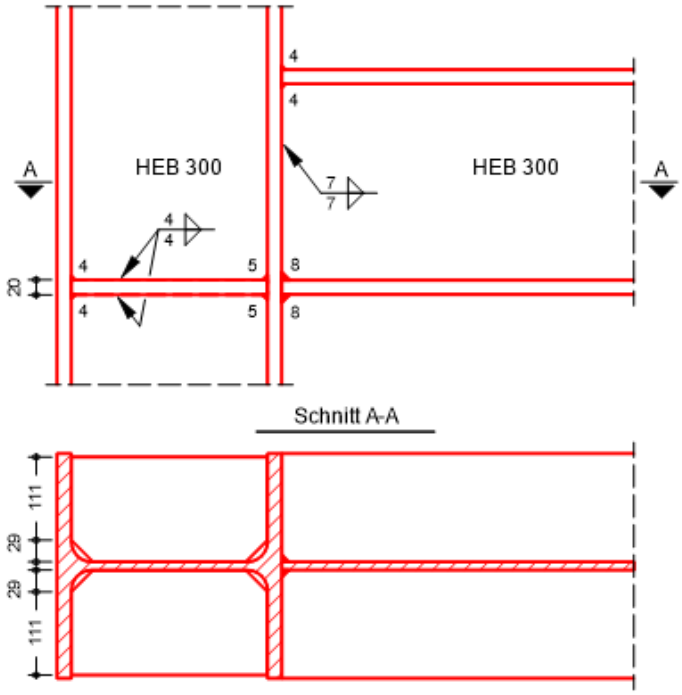
Schweißnahtbild



Flächenwerte	Fläche	A	=	93.3	cm²
	Flächenmoment 1.Grades	S_y	=	-303.1	cm³
	Flächenmoment 2.Grades	I_y	=	13989.3	cm⁴
	Fläche der Stegnähte	$A_{w,w}$	=	29.1	cm²
Schnittgrößen	Abstand des Schnittes	a	=	150	mm
	Normalkraft	N_{Ed}	=	-533.5	kN
	Biegemoment	M_{Ed}	=	-68.8	kNm
	Querkraft	V_{Ed}	=	-549.6	kN
	Normalspannungen	$\sigma_{wd,1}$	=	15.1	N/mm²
		$\sigma_{wd,2}$	=	-3.1	N/mm²
		$\sigma_{wd,3}$	=	-85.5	N/mm²
		$\sigma_{wd,4}$	=	-103.7	N/mm²
	Schubspannungen	$\tau_{wd,2,3}$	=	188.8	N/mm²
	Vergleichswerte	$\sigma_{vwd,1}$	=	15.1	N/mm²
		$\sigma_{vwd,2}$	=	188.8	N/mm²
		$\sigma_{vwd,3}$	=	207.2	N/mm²
		$\sigma_{vwd,4}$	=	103.7	N/mm²

Spannungsnachweis	Flanschnähte	103.72 / 207.85	=	0.50	≤	1
	Stegnähte	207.21 / 207.85	=	1.00	≤	1

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann



Stückliste

Riegel HEB 300 bxh = 300 x 300 mm
Stiel HEB 300 bxh = 300 x 300 mm
Rippe Stiel 2xbxhxt = 140 x 260 x 20 mm, c=29 mm

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

2.6. Auflagerkonsole für Gurtung

Lagerreaktionen aus Bemessung Gurtung/Steifen

Obere Lage

extremale Lagerreaktionen der Knoten (γF-fach)

Nachweis 3 [Schnittgrößenermittlung (Th. I. Ord.)]: Extremierung 2: Ständige Lasten

Knonr	Typ	APr kN	APs kN	APt kN	AMr kNm	AMs kNm	AMt kNm
15	Min	-0.00	0.00	-4.19	0.00	0.00	-0.00
	Max	-0.00	0.00	-4.19	0.00	0.00	-0.00
16	Min	-6.35	-54.33	-6.93	0.00	0.00	0.00
	Max	-6.35	-54.33	-6.93	0.00	0.00	0.00
17	Min	0.00	-0.00	-5.09	0.00	0.00	-0.00
	Max	0.00	-0.00	-5.09	0.00	0.00	-0.00
18	Min	-0.00	-0.00	-4.19	0.00	0.00	-0.00
	Max	-0.00	-0.00	-4.19	0.00	0.00	-0.00
19	Min	6.35	54.33	-6.93	0.00	0.00	-0.00
	Max	6.35	54.33	-6.93	0.00	0.00	-0.00
20	Min	-0.00	-0.00	-5.09	0.00	-0.00	0.00
	Max	-0.00	-0.00	-5.09	0.00	-0.00	0.00
21	Min	-0.00	0.00	-4.19	0.00	0.00	-0.00
	Max	-0.00	0.00	-4.19	0.00	0.00	-0.00
22	Min	-54.33	6.35	-6.93	0.00	0.00	-0.00
	Max	-54.33	6.35	-6.93	0.00	0.00	-0.00
23	Min	0.00	-0.00	-5.09	0.00	0.00	0.00
	Max	0.00	-0.00	-5.09	0.00	0.00	0.00
24	Min	-0.00	-0.00	-4.19	0.00	0.00	-0.00
	Max	-0.00	-0.00	-4.19	0.00	0.00	-0.00
25	Min	54.33	-6.35	-6.93	0.00	0.00	0.00
	Max	54.33	-6.35	-6.93	0.00	0.00	0.00
26	Min	0.00	0.00	-5.09	0.00	0.00	0.00
	Max	0.00	0.00	-5.09	0.00	0.00	0.00
Minimum		**-54.33**	**-54.33**	**-6.93**	**0.00**	**-0.00**	**-0.00**
Maximum		**54.33**	**54.33**	**-4.19**	**0.00**	**0.00**	**0.00**

Nachweis 3 [Schnittgrößenermittlung (Th. I. Ord.)]: Extremierung 3: Veränderliche Lasten

Knonr	Typ	APr kN	APs kN	APt kN	AMr kNm	AMs kNm	AMt kNm
15	Min	-0.00	-0.00	-4.21	0.00	0.00	-0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	Min	-3.37	-28.86	-8.47	0.00	-0.00	0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	Min	0.00	-0.00	-5.76	0.00	0.00	0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	Min	0.00	0.00	-4.21	0.00	-0.00	-0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	Min	0.00	0.00	-8.47	0.00	0.00	-0.00
	Max	3.37	28.86	0.00	0.00	0.00	0.00
20	Min	0.00	0.00	-5.76	0.00	0.00	0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	Min	-0.00	-0.00	-4.21	0.00	0.00	-0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	Min	-28.86	0.00	-8.47	0.00	0.00	-0.00
	Max	0.00	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00
23	Min	0.00	-0.00	-5.76	0.00	0.00	0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	Min	-0.00	-0.00	-4.21	0.00	0.00	-0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	Min	0.00	-3.37	-8.47	0.00	0.00	0.00
	Max	28.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	Min	0.00	0.00	-5.76	0.00	0.00	0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Minimum		**-28.86**	**-28.86**	**-8.47**	**0.00**	**-0.00**	**-0.00**
Maximum		**28.86**	**28.86**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**

GEPRÜFT Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Untere Lage

extremale Lagerreaktionen der Knoten (γ_F-fach)

Nachweis 3 [Schnittgrößenermittlung (Th. I. Ord.)]: Extremierung 2: Ständige Lasten

Knonr	Typ	AP_r kN	AP_s kN	AP_t kN	AM_r kNm	AM_s kNm	AM_t kNm
15	Min	-0.00	-0.00	-4.84	0.00	0.00	0.00
	Max	-0.00	-0.00	-4.84	0.00	0.00	0.00
16	Min	-16.41	-140.50	-9.78	0.00	0.00	-0.00
	Max	-16.41	-140.50	-9.78	0.00	0.00	-0.00
17	Min	0.00	-0.00	-6.63	0.00	0.00	0.00
	Max	0.00	-0.00	-6.63	0.00	0.00	0.00
18	Min	0.00	0.00	-4.84	0.00	-0.00	0.00
	Max	0.00	0.00	-4.84	0.00	-0.00	0.00
19	Min	16.41	140.50	-9.78	0.00	0.00	0.00
	Max	16.41	140.50	-9.78	0.00	0.00	0.00
20	Min	0.00	0.00	-6.63	0.00	-0.00	-0.00
	Max	0.00	0.00	-6.63	0.00	-0.00	-0.00
21	Min	-0.00	-0.00	-4.84	0.00	0.00	0.00
	Max	-0.00	-0.00	-4.84	0.00	0.00	0.00
22	Min	-140.50	16.41	-9.78	0.00	0.00	0.00
	Max	-140.50	16.41	-9.78	0.00	0.00	0.00
23	Min	0.00	-0.00	-6.63	0.00	0.00	-0.00
	Max	0.00	-0.00	-6.63	0.00	0.00	-0.00
24	Min	-0.00	-0.00	-4.84	0.00	0.00	0.00
	Max	-0.00	-0.00	-4.84	0.00	0.00	0.00
25	Min	140.50	-16.41	-9.78	0.00	0.00	0.00
	Max	140.50	-16.41	-9.78	0.00	0.00	0.00
26	Min	-0.00	0.00	-6.63	-0.00	0.00	-0.00
	Max	-0.00	0.00	-6.63	-0.00	0.00	-0.00
Minimum		**-140.50**	**-140.50**	**-9.78**	**-0.00**	**-0.00**	**-0.00**
Maximum		**140.50**	**140.50**	**-4.84**	**0.00**	**0.00**	**0.00**

Nachweis 3 [Schnittgrößenermittlung (Th. I. Ord.)]: Extremierung 3: Veränderliche Lasten

Knonr	Typ	AP_r kN	AP_s kN	AP_t kN	AM_r kNm	AM_s kNm	AM_t kNm
15	Min	0.00	-0.00	-4.23	0.00	0.00	0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	Min	-3.58	-30.67	-8.46	0.00	0.00	-0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	Min	0.00	0.00	-5.75	0.00	0.00	0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	Min	0.00	0.00	-4.23	0.00	-0.00	0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	Min	0.00	0.00	-8.46	0.00	0.00	0.00
	Max	3.58	30.67	0.00	0.00	0.00	0.00
20	Min	0.00	0.00	-5.75	0.00	0.00	-0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	Min	-0.00	0.00	-4.23	0.00	0.00	0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	Min	-30.67	0.00	-8.46	0.00	0.00	0.00
	Max	0.00	3.58	0.00	0.00	0.00	0.00
23	Min	-0.00	-0.00	-5.75	0.00	0.00	-0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	Min	0.00	-0.00	-4.23	0.00	0.00	0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	Min	0.00	-3.58	-8.46	0.00	0.00	-0.00
	Max	30.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	Min	0.00	-0.00	-5.75	-0.00	0.00	-0.00
	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Minimum		**-30.67**	**-30.67**	**-8.46**	**-0.00**	**-0.00**	**-0.00**
Maximum		**30.67**	**30.67**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

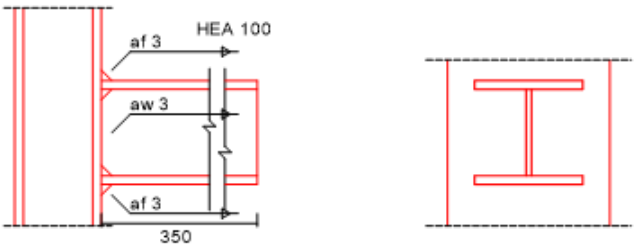
Einwirkungen aus Eigengewicht

max. Eigengewicht aus Aussteifung pro Auflager G_d = 9,78 kN (aus unterer Lage)

max. Verkehrslast aus Aussteifung pro Auflager Q_d = 8,46 kN (aus unterer Lage)

Momente bei Auflagerbreite HEB 300 = 0,30 m $M_{g,d}$ = 9,78*(0,3 / 2) = 1,467 kNm

$M_{q,d}$ = 8,46*(0,3 / 2) = 1,269 kNm



Mat./Querschnitt

Bauteil	Material	Profil [-]
Profil	*S 235*	**HEA 100**

Konsolenlänge l_k = 350.00 mm

Verbindungsmittel

Verbindung	Schweißnaht	n	l_w [mm]	a_w [mm]
Steg	Kehlnaht	2	56.0	3.0
Flansch, außen	Kehlnaht	2	100.0	3.0
Flansch, innen	Kehlnaht	4	44.5	3.0

Belastungen

Belastungen auf das System

Auflagerlasten

Komm.	F_z [kN]	M_y [kNm]
Einw. *Gk*	9.78	1.47
Einw. *Qk.N*	8.46	1.27

Kombinationen

Kombinationsbildung nach DIN EN 1990
Darstellung der maßgebenden Kombinationen

	Ek	Σ (γ*ψ*EW)	
ständig/vorüberg.	2	1.35*Gk	+1.50*Qk.N

Bem.-schnittgrößen

Bemessungsschnittgrößen

EK	Hebelarm [mm]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]
2	0.00	25.89	3.88

Mat./Querschnitt
Material

Material- und Querschnittswerte nach DIN EN 1993-1-1:2010-12

Material	f_y [N/mm²]	f_u [N/mm²]	E [N/mm²]
S 235	235.0	360.0	210000

Profile

Bauteil	$b_{fo/u}$ [mm]	$t_{fo/u}$ [mm]	r [mm]	h_w [mm]	t_w [mm]
Profil	100.00	8.00	12.00	80.00	5.00

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann

Nachweise (GZT) Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 1993-1-1

Spannungen
E-E

EK	σ_{d3} [N/mm²]	τ_{d2} [N/mm²]	σ_{vd1} [N/mm²]	σ_{Rd} [N/mm²]	η_1
2	53.35	61.58	106.66	235.00	0.45

Schweißnaht
vereinfacht

EK	Bauteil	$\tau_{\parallel,d}$ [N/mm²]	$\sigma_{w,d}$ [N/mm²]	$\sigma_{wv,d}$ [N/mm²]	$f_{vw,d}$ [N/mm²]	η
2	Flansch	-	87.00	87.00	207.85	0.42
	Steg	77.06	50.75	92.27	207.85	0.44

Zusammenfassung Zusammenfassung der Nachweise

Nachweise (GZT) Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Nachweis		η [-]
Spannungen E-E	OK	0.45
Schweißnaht, Steg	OK	0.44

2.7. Ergebnisse

Gewähltes Bohlträgerprofil	HEB 300	S235
Statisch erforderliche Einbindetiefe	5,90 m	
Statisch erforderliche Gesamtlänge	12,70 m	gewählt: 12,70 m
Gurtung		
- obere Lage	HEB 280	S235
- untere Lage	HEB 300	S235
Steifen		
- obere Lage	HEB 200	S235
- untere Lage	HEB 300	S235
Statisch erforderliche Dicke der Holzausfachung	6,9 cm	gewählt: 10 cm

GEPRÜFT
Dipl.-Ing. Hans Hartmann