



LPH 3: Entwurfsplanung

Bauvorhaben: Hochwasserschutz an der Vicht
Hochwasserrückhaltebecken HRB Standort V 3.2 Rott
Neubau Auslassbauwerk
Heft XI der Antragsunterlagen

BERATENDE INGENIEURE VBI
PRÜFINGENIEURE FÜR
BAUTECHNIK VPI

Projekt Nr.: 020/2082/000

INGENIEURGRUPPE **BAUEN**

Bauherr: Wasserverband Eifel - Rur (WVER)
Unternehmensbereich (UB) Gewässer
Eisenbahnstraße 5
52353 Düren

AXEL BIBWURM
FRANK DEUCHLER
DR. RALF EGNER
ARNOLD HUMMEL
DR. HALIM KHBEIS
DR. DIETMAR H. MAIER
JOSEF SEILER
TIMO WINTER
BERATENDE INGENIEURE
PartG mbB

Auftraggeber: Planungsgemeinschaft Hochwasserschutz an der Vicht
c/o Hydro-Ingenieure GmbH
Stockkampstraße 10
40477 Düsseldorf

AMTSGERICHT MANNHEIM
PR 700485

UST-IDNR. DE143611588
SITZ DER GESELLSCHAFT:
FRITZ-ERLER-STR. 25
76133 KARLSRUHE

Entwurfsplaner: Wald + Corbe Consulting GmbH
Am Hecklehamm 18
76549 Hügelsheim

ZERTIFIZIERT NACH
DIN EN ISO 9001:2015

BANKVERBINDUNG
COMMERZBANK AG
BIC: COBADEFFXXX
IBAN:
DE57 6604 0018 0222 6009 00

**BESSELSTR. 16
68219 MANNHEIM**

TEL +49 (621) 419 49-0
FAX +49 (621) 419 49-75

MANNHEIM@
INGENIEURGRUPPE-BAUEN.DE

KARLSRUHE | **MANNHEIM**
BERLIN FREIBURG



Unterschriftenseite

Aufsteller: Ingenieurgruppe Bauen
Besselstraße 16
68219 Mannheim

Kontakte: Dipl.-Ing. Ingo Himmel
Tel.: 0621 / 41949-836
Fax: 0621 / 41949-75
ingo.himmel@ingenieurgruppe-bauen.de

Datum: 09.04.2021

Projektleiter:

Bearbeiter:

.....
Dipl.-Ing. Detlef Weyrauch-Feurich

.....
Dipl.-Ing. Ingo Himmel

Verantwortlicher Partner:

.....
Dipl.-Ing. (FH) Frank Deuchler

020/2082/000	Hochwasserschutz an der Vicht	Kapitel 0
LP3: Entwurfsplanung	HRB Standort V3.2 Rott - Unterschriftenseite	Seite 0.2



INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel	Bezeichnung	Seiten	
0	Deckblatt Unterschriftenblatt Inhaltsverzeichnis	0.2 0.11 bis 0.12	
1	Allgemeines		
1.1	Vorbemerkungen	1.1	
1.2	Mitgeltende Unterlagen	1.1	
1.2.1	Lastenheft	1.1	
1.2.2	Grundlegende Festlegungen der statischen Details und Hauptabmessungen des Tragwerks	1.1	
2	Auslassbauwerk HRB V3.2 Rott		
2.1	Vorbemerkungen	2.1	
2.2	Lastannahmen		
2.2.1	Vertikallasten		
2.2.1.1	Eigengewicht Tragkonstruktion L	2.2	
2.2.1.2	Eigengewicht Sohlbefestigung	2.2 bis 2.3	
2.2.1.3	Erdauflast Sohle und Außenwände	2.3	
2.2.1.4	Wasserauflast innerhalb Auslassbauwerk	2.4 bis 2.5	
2.2.1.5	Auftriebslast unter der Sohle	2.5	
2.2.1.6	Verkehrslasten OK Brückenplatten	2.6 bis 2.8	
2.2.2	Horizontallasten		
2.2.2.1	Wasserdruck Grundwasser	2.9 bis 2.10	
2.2.2.2	Wasserdruck innerhalb Auslassbauwerk	2.11 bis 2.13	
2.2.2.3	Erddruck Außenwände	2.14 bis 2.25	
2.2.2.4	Verkehrslasten OK Brückenplatte - Brems- und Anfahrlasten	2.25	
2.3	Konstruktionsvorgaben Beton- und Stahlbetonbauteile		
2.3.1	Mindestbewehrung nach DIN EN 1992-1-1		
2.3.1.1	Brückenplatten	2.26	
2.3.1.2	Außenwände	2.26 bis 2.27	
2.3.1.3	Trennpfeiler	2.27	
2.3.1.4	Trennwand UW	2.27	
2.3.1.5	Sohle	2.27	
2.3.1.6	Versprungwand Sohle OW/Tosbecken	2.27	
2.3.1.7	Staubalken (Stirnwand)	2.27	
2.3.1.8	Antriebskammer	2.27	

Stand: 09.04.2021

020/2082/000	Hochwasserschutz an der Vicht	Kapitel 0
LP3:Entwurfsplanung	HRB Standort V 3.2 Rott - Inhaltsverzeichnis	Seite 0.11



Kapitel	Bezeichnung	Seiten	
2.3.2	Rissbreitenbegrenzung	2.28	
2.3.2.1	Sohle	2.29 bis 2.30	
2.3.2.2	Versprungwand Sohle OW/Tosbecken	2.31 bis 2.32	
2.3.2.3	Außenwände	2.33 bis 2.46	
2.3.2.4	Brückenplatte Dammkronenweg	2.47 bis 2.50	
2.3.2.5	Brückenplatten Bermenwege	2.51 bis 2.52	
2.3.2.6	Stauwand	2.53	
2.3.2.7	Staubalken	2.54 bis 2.55	
2.3.2.8	Trennpfeiler OW	2.56 bis 2.57	
2.3.2.9	Trennpfeiler UW	2.58 bis 2.59	
2.3.2.10	Trennwand	2.60	
2.3.2.11	Antriebskammer	2.61 bis 2.63	
2.4	FEM-Berechnung Gesamtsystem		
2.4.1	System	2.64 bis 2.74	
2.4.2	Einwirkungen		
2.4.2.1	Vorbemerkungen	2.75 bis 2.76	
2.4.2.2	Grafische Ausgaben ausgewählter Lastfälle	2.76 bis 2.123	
2.4.3	Kombinationen der Einwirkungen	2.124 bis 2.155	
2.4.4	Bodenpressungen		
2.4.4.1	Vorbemerkungen	2.156	
2.4.4.2	Grafische Ausgaben	2.156 bis 2.158	
2.4.5	Grundbemessung		
2.4.5.1	Vorbemerkungen	2.159	
2.4.5.2	Grafische Ausgaben	2.159 bis 2.237	
2.5	Grundbaunachweise		
2.5.1	Nachweis der Sicherheit gegen Auftrieb (UPL)	2.238	
2.5.2	Nachweis der Sicherheit gegen Kippen (EQU)	2.238	
2.5.3	Nachweis der klaffenden Fuge	2.238	
2.5.4	Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten (GEO-2)	2.238	
Stand: 09.04.2021			
020/2082/000	Hochwasserschutz an der Vicht	Kapitel 0	
LP3:Entwurfsplanung	HRB Standort V 3.2 Rott - Inhaltsverzeichnis	Seite 0.12	

1 Allgemeines

1.1 Vorbemerkungen

Die vorliegende Entwurfsplanung behandelt das massive Auslassbauwerk HRB V3.2 Rott.

1.2 Mitgeltende Unterlagen

1.2.1 Lastenheft

Das Lastenheft enthält Angaben zu den zugrunde gelegten technischen Regelwerken. Aufgeführt sind die projektspezifischen Angaben zu den Planungsgrundlagen (Objektplanung, Geotechnik). Weiterhin sind darin die einzelnen Einwirkungen sowie die Einwirkungskombinationen angegeben. Damit werden die Grundlagen für die statischen Nachweise aufgeführt. Enthalten sind auch die Angaben zu den Baustoffen.

Anlage 1: Lastenheft

1.2.2 Grundlegende Festlegungen der statischen Details und Hauptabmessungen des Tragwerks

Das Auslassbauwerk soll monolithisch ohne Dehnfugen ausgeführt werden. Arbeitsfugen in aufgehenden Wänden werden mit Fugenbändern bzw. Fugenblechen ausgerüstet. Die Arbeitsfugen sind, entsprechend der Beanspruchung rau ggf. profiliert auszubilden.

Es ist geplant, die tiefliegende Bodenplatte (Tosbecken) und die hochliegenden Bodenplatten jeweils in einem Arbeitsgang auszuführen. Vertikale Betonierfugen in den Wänden sind im Abstand von ca. 10 m geplant, horizontale Arbeitsfugen ergeben sich aus dem Wandverlauf.

Anlage 2: Entwurfspläne

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V3.2 Rott	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 1.1



2 Auslassbauwerk HRB V3.2 Rott

2.1 Vorbemerkungen

Das massive Auslassbauwerk besitzt 2 Bauwerkszüge, einen Betriebs- und einen Ökodurchlass. Der Hochwasserschutzdamm ist terrassenartig angelegt, woraus drei Überfahrten resultieren. Die Hauptabmessungen des massiven Auslassbauwerkes betragen L/B/H = 83,96 m/ 25,10 m/ ≤22,02 m. Es wird auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte gegründet. Die Bodenplatte hat eine Längsneigung von ca. 2,0°. Die durchgehende Dicke der Bodenplatte beträgt $h = 1,40$ m. Im Bereich des Tosbeckens verspringt die Bodenplatte um 3,80 m nach unten. Die Dicke der Außenwände variiert. Im Bereich der Dammkrone und im Bereich zwischen Dammkrone und unterwasserseitigem Bermenweg sind sie maximal ca. 1,90 m dick und verjüngen sich nach oben hin auf eine Dicke von $h = 0,80$ m (Neigung Außenkante Wand 20:1). Im Bereich oberwasserseitig der Dammkrone und hinter der unterwasserseitigen Berme sind die Außenwände maximal ca. 1,40 m dick und verjüngen sich nach oben auf $h = 0,50$ m (Neigung Außenkante Wand 20:1). Der Mittelpfeiler hat auf der Oberwasserseite eine Dicke von $h = 3,10$ m und auf der Unterwasserseite verspringt die Dicke von zunächst $h = 2,30$ m auf $h = 1,00$ m. Im Anschluss an den Mittelpfeiler im Bereich der Dammkrone folgt im unterwasserseitigen Bereich eine 60 cm dicke Trennwand zwischen dem Betriebs- und Ökodurchlass. In den Wänden und den Mittelpfeilern sind Nischen für die Dammbalkenverschlüsse, für die Schütze und für die Abstiegsleitern geplant, die die Wände jeweils um 25 cm bis 40 cm schwächen. Auf der Einlaufseite ist eine 80 cm dicke Stauwand mit einem 2,00 m dicken, aufgesetzten Staubalken geplant. Auf der Oberseite des Staubalkens wird in den beiden Bauwerkszügen eine Fischbauchklappe angeordnet. Oberhalb des Mittelpfeilers und hinter dem Staubalken ist die Antriebskammer vorgesehen. Der Fußboden der Antriebskammer hat eine Dicke $h = 40$ cm, die Decke und das darin befindliche Zwischenpodest eine Dicke $h = 30$ cm. Seitlich der Dammkrone wird je ein Bermenweg angeordnet, der mit einer 6,00 m breiten und maximal 75 cm dicken Überfahrt über das Auslassbauwerk geführt wird und die Außenwände koppelt. Die Überfahrten besitzen auf beiden Seiten Aufkantungen (Kappen), die die 5,20 m breite Fahrbahn begrenzen. Im Eckbereich des Überbaus zur ansteigenden Wandoberkante werden Balken, H/B = 1,50 m/0,60 m angeordnet. Die Antriebskammer schließt von unten an die maximal 86 cm dicke Brückenplatte des Dammkronenweges an. Die insgesamt 6,00 m breite Überfahrt besitzt beidseitig Aufkantungen (Kappen). Die Fahrbahnbreite beträgt ebenfalls 5,20 m.

Am Ende der beiden Außenwände schließen zur Sicherung der seitlichen Dammböschungen Flügelwände aus Stahlbeton mit einer Dicke $h = 50$ cm an. Im Bereich der Dammkrone schließen an die Außenwände seitliche Flügelwände als Umläufigkeitsschutz an. An der Oberkante beträgt deren Dicke $h = 50$ cm, die sich bis auf 2,50 m am Wandfuß aufweitert.

Auf den Gesimskappen, auf den Außenwänden und auf den Flügelwänden sind Füllstabgeländer geplant.

Auf der Grundlage der Zusammenstellungen im Lastenheft (Bemessungssituationen im GZT, Lastenheft Abschnitt 3.6) werden für die maßgebenden Einwirkungskombinationen die Schnittgrößen ermittelt und die Querschnittsbemessung durchgeführt. Nachweise werden für alle maßgebenden Bauteile geführt.

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V3.2 Rott	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.1



2.2 Lastannahmen

2.2.1 Vertikallasten

2.2.1.1 Eigengewicht Tragkonstruktion

Das Eigengewicht der massiven Bauteile wird mit einer Wichte $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ für die Bemessung vom Programm ermittelt.

2.2.1.2 Eigengewicht Sohlbefestigung

Die Sohlbefestigung im Einlaufbereich erfolgt mit einem 1,00-1,80 m dicken, in Beton gesetzten, Steinsatz im Bereich des Betriebsauslass bzw. 50 cm dicken Steinschüttung im Bereich des Ökodurchlass. Das Eigengewicht wird im Mittel mit einer Wichte $\gamma_{\text{Sbf}} = 24 \text{ kN/m}^3$ angesetzt.

Im Tosbecken des Betriebsauslass wird eine Verschleißschicht aus Profilbeton mit einer Dicke von 30 cm aufgetragen, die an den Versprünge im Einlauf- bzw. Auslaufbereich angezogen wird. Die mittlere Wichte wird zu $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$ angesetzt. Die für die Energievernichtung geplanten 3 Strahlaufreißer bzw. 3 Prellböcke werden aufgrund der geringen Größe vernachlässigt.

Die Vertiefung im Ökodurchlass auslaufseitig („Tosbecken“) wird mit Sohlsubstrat und einer 50-60 cm deckenden Steinschüttung aufgefüllt. Für das Sohlsubstrat wird eine mittlere Wichte von $\gamma/\gamma' = 19/10 \text{ kN/m}^3$ angenommen. Die darin ebenfalls vorhandenen Übergänge aus Profilbeton werden wie im Betriebsauslass mit einer mittleren Wichte $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$ berücksichtigt. Im Anschluss zum aufgefüllten Tosbecken ist eine 60 cm dicke Steinschüttung analog zum Einlaufbereich geplant.

Betriebsauslass:

Der Steinsatz in Beton im Einlauf- und Auslaufbereich sowie der Profilbeton und die Verschleißschicht im Tosbecken werden als dicht angesehen, so dass in allen Bemessungssituationen darauf kein Auftrieb angesetzt wird.

Einlaufbereich:

$$\begin{aligned} g_{1,k} &\approx 24,0 \times 1,80 &= & 43,2 \text{ kN/m}^2 \\ g_{2,k} &\approx 24,0 \times 1,00 &= & 24,0 \text{ kN/m}^2 \\ g_{3,k} &\approx 24,0 \times 0,50 &= & 12,0 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Tosbecken:

$$\begin{aligned} g_{4,k} &\approx 24,0 \times 4,30 &= & 103,2 \text{ kN/m}^2 \\ g_{5,k} &\approx 24,0 \times 0,30 &= & 7,2 \text{ kN/m}^2 \\ g_{6,k} &\approx 24,0 \times 4,34 &= & 104,2 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Auslaufbereich:

$$g_{7,k} \approx 24,0 \times 0,60 = 14,4 \text{ kN/m}^2$$



Ökodurchlass:

Die Steinschüttung und das Sohlsubstrat sind im Einlauf- und Auslaufbereich sowie im Tosbecken i.d.R. in allen Bemessungssituationen unter Auftrieb. Für den Profilbeton und die Verschleißschicht im „Tosbecken“ gilt der Ansatz des Betriebsauslass.

Einlaufbereich (Steinschüttung und Sohlsubstrat unter Auftrieb):

$$g_{11,k} \approx 14,0 \times 0,50 = 7,0 \text{ kN/m}^2$$

Tosbecken (Profilbeton und Verschleißschicht):

$$g_{12,k} \approx 24,0 \times 3,50 = 84,0 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{13,k} \approx 24,0 \times 0,30 = 7,2 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{14,k} \approx 24,0 \times 3,40 = 81,6 \text{ kN/m}^2$$

Auslaufbereich (Steinschüttung und Sohlsubstrat unter Auftrieb):

$$g_{15,k} \approx 14,0 \times 0,60 = 8,4 \text{ kN/m}^2$$

Tosbecken (Sohlsubstrat unter Auftrieb):

$$g_{21,k} \approx 10,0 \times 3,50 = 35,0 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{22,k} \approx 10,0 \times 3,40 = 34,0 \text{ kN/m}^2$$

Einlaufbereich (Steinschüttung und Sohlsubstrat ohne Auftrieb):

$$g_{31,k} \approx 24,0 \times 0,50 = 12,0 \text{ kN/m}^2$$

Tosbecken (Sohlsubstrat erdfeucht):

$$g_{41,k} \approx 19,0 \times 3,50 = 66,5 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{42,k} \approx 19,0 \times 3,40 = 64,6 \text{ kN/m}^2$$

Auslaufbereich (Steinschüttung und Sohlsubstrat unter Auftrieb):

$$g_{51,k} \approx 24,0 \times 0,60 = 14,4 \text{ kN/m}^2$$

2.2.1.3 Erdauflast Sohle und Außenwände

Die Längswände sind auf ihrer Außenseite mit einer Schräge von 20:1 gegen die Lotrechte geplant. Für die horizontale Einwirkung aus dem anstehenden Dammmaterial wird der Erdruchedruck berücksichtigt (siehe nachfolgenden Abschnitt 2.2.2.3). Aufgrund der Schräge der Längswände wirkt das Eigengewicht des über der Schräge anstehenden Bodenmaterials auf diese ein.

In allen Bemessungssituationen sind die horizontalen Einwirkungen aus Erd- und Wasserdruck auf der Außenseite der Längswände größer als auf der Innenseite. Für die Bemessung der Außenwände wirkt die o.g. Erdauflast günstig auf die Beanspruchungen ein, da sie eine Erhöhung der Drucknormalkraft und wegen des exzentrischen Lastangriffs eine Reduzierung des Kragmoments, das sich aus den horizontalen Einwirkungen ergibt, erzeugt.

Die Ermittlung der Erdauflast erfolgt zusammen mit der Ermittlung des horizontalen Erddruckes (siehe Abschnitt 2.2.2.3). Durch die Definition der FE-Knoten auf der Innenseite der Außenwände erfolgt die Eingabe der Erdauflast ebenfalls auf der Innenseite der Wände. Das sich aus der Definition der FE-Knoten auf der Innenseite der Außenwände ergebende Versatzmoment sowie das Versatzmoment aus der exzentrisch wirkenden Erdauflast wird auf der sicheren Seite liegend nicht berücksichtigt.

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V3.2 Rott	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.3



2.2.1.4 Wasserauflast innerhalb Auslassbauwerk

BS-P-1, BS-P-2, BS-P-3

Betriebsfall HRB - Bemessungswasserstand Z_V :

Oberwasser: $Z_V = +320,55$ mNN

Unterwasser: OK Trennwand im Betriebsauslass

(Höhe im Bereich des Tosbeckens: max. ca. 6,20 m, im Auslaufbereich: $\leq 2,35$ m)

Im Ökodurchlass wird der Wasserdruck entsprechend der OK der Trennwand an deren unterwasserseitigen Ende angesetzt.

Wasserauflast Sohle:

Betriebsauslass:

Der Steinsatz in Beton im Einlauf- und Auslaufbereich sowie der Profilbeton und die Verschleißschicht im Tosbecken werden als dicht angesehen, so dass in allen Bemessungssituationen darauf kein Auftrieb angesetzt wird.

Flügel Einlaufbereich:

$$q_{FW,1,k} = 10 \times (320,55 - 306,70) = 138,50 \text{ kN/m}^2$$

Einlaufbereich oberwasserseitig Schütze:

$$q_{KW,1,k} \approx 10 \times (320,55 - 308,50) = 120,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,2,k} \approx 10 \times (320,55 - 307,60) = 129,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,3,k} = 10 \times (320,55 - 306,50) = 140,50 \text{ kN/m}^2$$

Tosbecken:

$$q_{KW,4,k} \approx 10 \times (308,50 - 306,50) = 20,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,5,k} \approx 10 \times (308,24 - 302,34) = 59,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,6,k} \approx 10 \times (308,10 - 302,25) = 58,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,7,k} \approx 10 \times (307,93 - 302,10) = 58,30 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,8,k} \approx 10 \times (307,76 - 305,96) = 18,00 \text{ kN/m}^2$$

Auslaufbereich:

$$q_{KW,9,k} \approx 10 \times (307,35 - 305,60) = 17,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{FW,2,k} = 10 \times (307,35 - 305,00) = 23,50 \text{ kN/m}^2 \text{ (Flügelwand)}$$

Ökodurchlass:

Die Steinschüttung und das Sohlsubstrat sind im Einlauf- und Auslaufbereich sowie im Tosbecken i.d.R. in allen Bemessungssituationen unter Auftrieb. Für den Profilbeton und die Verschleißschicht im „Tosbecken“ gilt der Ansatz des Betriebsauslass.

$$q_{KW,11,k} \approx 10 \times (320,55 - 306,70) = 138,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,12,k} \approx 10 \times (320,55 - 306,00) = 145,50 \text{ kN/m}^2$$

Tosbecken:

$$q_{KW,13,k} \approx 10 \times (307,35 - 306,00) = 13,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,14,k} \approx 10 \times (307,35 - 302,34) = 50,10 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,15,k} \approx 10 \times (307,35 - 302,07) = 52,80 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,16,k} \approx 10 \times (307,35 - 305,36) = 19,90 \text{ kN/m}^2$$

Auslaufbereich:

$$q_{KW,17,k} \approx 10 \times (307,35 - 305,00) = 23,50 \text{ kN/m}^2 = q_{FW,3,k} \text{ (auch im Bereich der Flügelwand)}$$



Wasserauflast andere Bauteile:

Trennpfeiler:	$q_{KW,21,k} = 10 \times (320,55 - 310,50) \times 1,55 = 155,8 \text{ kN/m}$
Staubalken von oben:	$q_{KW,31,k} = 10 \times (320,55 - 318,05) = 25,0 \text{ kN/m}^2$
Staubalken von unten:	$q_{KW,32,k} = -10 \times (320,55 - 316,05) = -45,0 \text{ kN/m}^2$
Berme Überfahrt von oben:	$q_{KW,41,k} = 10 \times (320,55 - 315,64) = 49,1 \text{ kN/m}^2$
	$q_{KW,42,k} = 10 \times (320,55 - 315,77) = 47,8 \text{ kN/m}^2$
Berme Überfahrt von unten:	$q_{KW,43,k} = -10 \times (320,55 - 315,02) = -55,3 \text{ kN/m}^2$

BS-P-4, BS-T-1, BS-A-1

Normalfall:

Auf der sicheren Seite liegend wird kein Wasserdruck berücksichtigt.

2.2.1.5 Auftriebslast unter der Sohle

BS-P-1, BS-P-2, BS-P-3

Betriebsfall HRB - Bemessungswasserstand Z_V :

Potential Oberwasser: $Z_{V,OW} = +320,55 \text{ mNN}$

Potential Unterwasser: Potential in Höhe OK Trennwand: $Z_{V,UW} = +307,35 \text{ mNN}$
(Höhe im Bereich des Tosbeckens: max. ca. 7,15 m,
im Auslaufbereich: max. ca. 3,75 m)

oberwasserseitig **Dichtsicht:**

Bauwerksrand	$q_{GW,1,k} = 10 \times (320,55 - 305,30) = 152,5 \text{ kN/m}^2$
Anschluss Tosbecken	$q_{GW,2,k} = 10 \times (320,55 - 304,60) = 159,5 \text{ kN/m}^2$

unterwasserseitig **Dichtsicht:**

Bereich Tosbecken	$q_{GW,11,k} = 10 \times (307,35 - 300,83) = 65,2 \text{ kN/m}^2$
	$q_{GW,12,k} = 10 \times (307,35 - 300,21) = 71,4 \text{ kN/m}^2$
Auslaufbereich	$q_{GW,13,k} = 10 \times (307,35 - 303,95) = 34,0 \text{ kN/m}^2$
	$q_{GW,14,k} = 10 \times (307,35 - 303,60) = 37,5 \text{ kN/m}^2$

BS-P-4, BS-T-1, BS-A-1

Normalfall:

Auf der sicheren Seite liegend wird kein Wasserdruck berücksichtigt.



2.2.1.6 Verkehrslasten OK Brückenplatten

BS-P-1

Als Verkehrslast auf OK Brückenplatte werden verschiedene Laststellungen für ein Schwerlastfahrzeug entsprechend DIN EN 1991-2, LM 1 (Doppelachsfahrzeug, Tandemsystem TS) und zusätzlich die gleichmäßig verteilte Verkehrslast (UDL) entsprechend Fahrstreifen Nr. 1 berücksichtigt (siehe auch Lastenheft Abschnitt 3.1 und 3.6.1).

Gleichmäßig verteilte Verkehrslast (UDL-System) auf dem Fahrstreifen Nr. 1 (Breite Fahrstreifen 3,00 m - Der Fahrstreifen wird außermittig an Innenkante Kappe im Bereich der dünneren Plattendicke angeordnet.):

$$q_{UDL,k} = 6,30 \text{ kN/m}^2$$

Gleichmäßig verteilte Verkehrslast auf der restlichen Fläche:

$$q_{Restfl.,k} = 2,50 \text{ kN/m}^2$$

Doppelachse (Tandemsystem TS):

$$\text{Achslast: } Q_{LM1,k} = 180,0 \text{ kN}$$

$$\text{Radlast: } Q_{LM1,Rad,k} = 180/2 = 90,0 \text{ kN}$$

Die Radlasten werden bis zur Schwerlinie der Brückenplatte unter einem Winkel von 45° verteilt. Es wird die dünnste Plattendicke $h = 55 \text{ cm}$ im Bereich der Überfahrten der Bermenwege berücksichtigt:

$$b_m \approx 0,40 + 2 \times 0,55/2 = 0,95 \text{ m}$$

$$A = 0,95 \times 0,95 = 0,90 \text{ m}^2$$

$$q_{TS,k} = 90,0/0,90 = 99,7 \text{ kN/m}^2$$

Für die Ermittlung der Querkraftbeanspruchung aus den Achslasten des Schwerlastfahrzeugs (TS) wird der Abstand a_v der ersten Achse zur jeweiligen Auflagervorderkante so gewählt, dass keine Abminderung der Einzellasten erfolgt. Der Abstand ergibt sich unter Berücksichtigung der Radaufstandsfläche $A = 0,40 \times 0,40 \text{ [m}^2\text{]}$ und der minimalen statischen Nutzhöhe $d_{min} \approx 45 \text{ cm}$ zu:

$$a_v = 2 \times 0,45 + 0,40/2 = 1,10 \text{ m}$$

Durch die Ausbreitung der Last auf eine Fläche von $0,95 \text{ m} \times 0,95 \text{ m}$ ergibt sich in der FE-Berechnung folgender Abstand zur Auflagervorderkante:

$$a = 1,10 - 0,95/2 = 0,625 \text{ m}$$

Der Fahrstreifen wird direkt an der Innenkante der Kappe angeordnet (siehe oben). Die Achse der Radaufstandsfläche hat nach DIN 1991-2, Bild 4.2a (siehe Lastenheft, Abschnitt 3.1) einen Abstand $a = 50 \text{ cm}$ zum Rand des Fahrstreifens. Die seitliche Lastausbreitung bedarf deshalb keiner weiteren Einschränkung.



BS-P-2

Als Verkehrslast auf OK Brückenplatte werden verschiedene Laststellungen für ein Schwerlastfahrzeug SLW 30 entsprechend DIN 1072 berücksichtigt (siehe auch Lastenheft Abschnitt 3.1 und 3.6.2).

Gleichmäßig verteilte Verkehrslast:

Gleichmäßig verteilte Verkehrslast auf der Hauptspur (Breite Fahrstreifen 3,00 m - Der Fahrstreifen wird außermittig an Innenkante Kappe im Bereich der dünneren Plattendicke angeordnet.):

Dammkronenweg: $q_{\text{SWL30,k}} = 7,00 \text{ kN/m}^2$

Bermenwege: $q_{\text{SWL30,k}} = 6,50 \text{ kN/m}^2$

Gleichmäßig verteilte Verkehrslast auf der restlichen Fläche:

$$q_{\text{Restfl.,k}} = 3,00 \text{ kN/m}^2$$

Achs- und Radlasten:

Dammkronenweg:

Achslast: $Q_{\text{SLW30,k}} = 140,0 \text{ kN}$

Radlast: $Q_{\text{SLW30,Rad,k}} = 140/2 = 70,0 \text{ kN}$

Die Radlasten werden bis zur Schwerlinie der Brückenplatte unter einem Winkel von 45° verteilt:

$$b_{m1} \approx 0,40 + 2 \times 0,70/2 = 1,10 \text{ m}$$

$$b_{m2} \approx 0,20 + 2 \times 0,70/2 = 0,90 \text{ m}$$

$$A = 1,10 \times 0,90 = 0,99 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{SLW30,k}} = 70,0/0,99 = 70,7 \text{ kN/m}^2$$

Bermenwege:

Achslast: $Q_{\text{SLW30,k}} = 130,0 \text{ kN}$

Radlast: $Q_{\text{SLW30,Rad,k}} = 130/2 = 65,0 \text{ kN}$

Die Radlasten werden bis zur Schwerlinie der Brückenplatte unter einem Winkel von 45° verteilt:

$$b_{m1} \approx 0,40 + 2 \times 0,55/2 = 0,95 \text{ m}$$

$$b_{m2} \approx 0,20 + 2 \times 0,55/2 = 0,75 \text{ m}$$

$$A = 0,95 \times 0,75 = 0,71 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{SLW30,k}} = 65,0/0,71 = 91,2 \text{ kN/m}^2$$

Für die Ermittlung der Querkraftbeanspruchung aus den Achslasten des Schwerlastfahrzeugs SLW 30 wird der Abstand a_v der ersten Achse zur jeweiligen Auflagervorderkante so gewählt, dass keine Abminderung der Einzellasten erfolgt. Der Abstand ergibt sich unter Berücksichtigung der Radaufstandsfläche $A = 0,40 \times 0,20 \text{ [m}^2\text{]}$ zu:

Dammkronenweg:

Minimale statische Nutzhöhe $d_{\text{min}} \approx 60 \text{ cm}$

$$a_v = 2 \times 0,60 + 0,20/2 = 1,30 \text{ m}$$

Durch die Ausbreitung der Last auf eine Fläche von $1,10 \text{ m} \times 0,90 \text{ m}$ ergibt sich in der FE-Berechnung folgender Abstand zur Auflagervorderkante:

$$a = 1,30 - 0,90/2 = 0,85 \text{ m}$$



Bermenwege:

Minimale statische Nutzhöhe $d_{\min} \approx 45 \text{ cm}$

$$a_v = 2 \times 0,45 + 0,20/2 = 1,00 \text{ m}$$

Durch die Ausbreitung der Last auf eine Fläche von $0,95 \text{ m} \times 0,75 \text{ m}$ ergibt sich in der FE-Berechnung folgender Abstand zur Auflagervorderkante:

$$a = 1,00 - 0,75/2 = 0,625 \text{ m}$$

BS-P-3, BS-P-4

Als Verkehrslast auf OK Brückenplatte wird eine gleichmäßig verteilte Flächenlast auf den Brückenfeldern berücksichtigt.

Gleichmäßig verteilte Verkehrslast auf dem Fahrstreifen: $q_{1,k} = 6,3 \text{ kN/m}^2$

Gleichmäßig verteilte Verkehrslast auf der restlichen Fläche: $q_{2,k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$

Im Bereich des Dammkronenwegs wird hinter den Außenwänden folgende Ersatzflächenlast für einen SLW 30 angesetzt:

$$q_{eq} = 16,7 \text{ kN/m}^2$$

Außerhalb des Fahrstreifens wird hinter den Außenwänden folgende großflächige Gleichlast angesetzt:

$$q_k = 10,0 \text{ kN/m}^2$$



2.2.2 Horizontallasten

2.2.2.1 Wasserdruck Grundwasser

Der Wasserdruck aus Grundwasser auf die Außenwände wird bis zur seitlichen Flügelwand (Sporn), die in den Dichtkörper des Erddammes einbindet, konstant wirkend angesetzt. Unterwasserseitig des Dichtkörpers steht das Grundwasser in Höhe des Unterwasserstandes an.

Der Wasserdruck wirkt senkrecht zur Wandoberfläche. Die äußere Wandneigung beträgt $\alpha = \arctan(1/20) = 2,86^\circ$. Aus der Neigung der Außenseite der Wand ergibt sich eine Horizontal- und eine Vertikalkomponente:

Faktor für den Horizontalanteil: $f_H = \cos(2,86^\circ) = 0,9988 \approx 1,00$

Faktor für den Vertikalanteil: $f_V = \sin(2,86^\circ) = 0,0499 \approx 0,05$

Aus der Definition der FE-Konten der Wandelemente auf der Innenseite und des Lastangriffes auf der Außenseite ergeben sich Versatzmomente. In allen Bemessungssituationen sind die horizontalen Einwirkungen aus Erd- und Wasserdruck auf der Außenseite der Längswände größer als auf der Innenseite. Wegen des exzentrischen Lastangriffes ergibt sich eine Reduzierung des Kragmoments, das sich aus den horizontalen Einwirkungen ergibt. Auf der sicheren Seite liegend wird deswegen das Versatzmoment nicht berücksichtigt.

Der Wasserdruck auf die Flügelwände gleicht sich aus und wird deshalb nicht berücksichtigt.

BS-P-1, BS-P-2, BS-P-3

Betriebsfall HRB - Bemessungswasserstand Z_V :

Oberwasser: $Z_V = +320,55 \text{ mNN}$

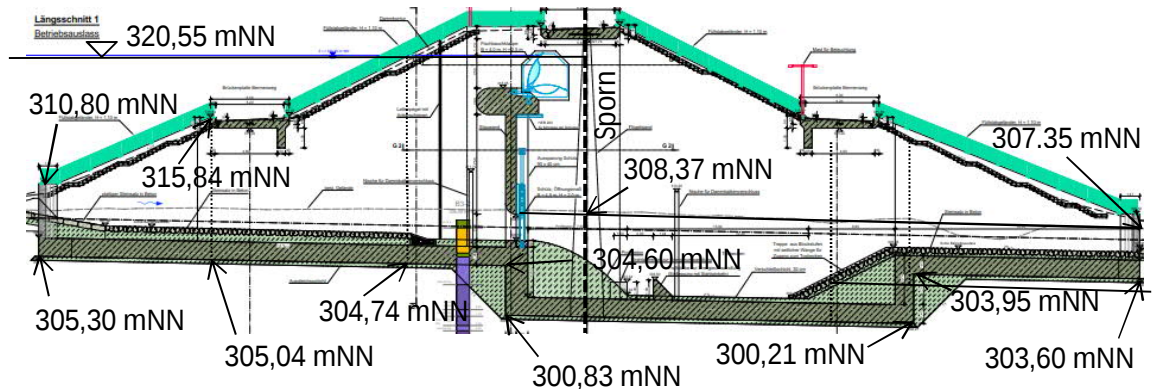
Unterwasser: OK Trennwand im Betriebsauslass

(Höhe im Bereich des Tosbeckens: max. ca. 6,20 m, im Auslaufbereich: $\leq 2,35 \text{ m}$)

Außenwände:

OW:	$q_{GW,1,hk}$	$= 10 \times (320,55 - 310,80)$	$= 97,50 \text{ kN/m}^2$	(OK Wand Einlauf)
	$q_{GW,1,Ak}$	$= 97,50 \times 0,50$	$= 48,75 \text{ kN/m}$	(Auflast OK Wand Einlauf)
	$q_{GW,1,vk}$	$= 0,05 \times 97,50$	$= 4,88 \text{ kN/m}^2$	(OK Wand Einlauf)
	$q_{GW,2,hk}$	$= 10 \times (320,55 - 305,30)$	$= 152,50 \text{ kN/m}^2$	(UK Bod.pl. Einlauf)
	$q_{GW,2,vk}$	$= 0,05 \times (152,50 - 14,00)$	$= 6,93 \text{ kN/m}^2$	(OK Bod.pl. Einlauf)
	$q_{GW,3h,k}$	$= 10 \times (320,55 - 315,84)$	$= 47,10 \text{ kN/m}^2$	(OK Überfahrt Berme OW)
	$q_{GW,3v,k}$	$= 0,05 \times 47,10$	$= 2,36 \text{ kN/m}^2$	(OK Überfahrt Berme OW)
	$q_{GW,3A,k}$	$= 47,10 \times 0,50$	$= 23,55 \text{ kN/m}^2$	(Auflast Überfahrt Berme OW)
	$q_{GW,4h,k}$	$= 10 \times (320,55 - 305,04)$	$= 155,10 \text{ kN/m}^2$	(Überfahrt Berme OW unten)
	$q_{GW,4v,k}$	$= 0,05 \times (155,10 - 14,00)$	$= 7,06 \text{ kN/m}^2$	(Überfahrt Berme OW unten)
	$q_{GW,5h,k}$	$= 10 \times (320,55 - 315,97)$	$= 45,80 \text{ kN/m}^2$	(OK Überfahrt Berme OW)
	$q_{GW,5v,k}$	$= 0,05 \times 45,80$	$= 2,29 \text{ kN/m}^2$	(OK Überfahrt Berme OW)
	$q_{GW,5A,k}$	$= 45,80 \times 0,50$	$= 22,90 \text{ kN/m}^2$	(Auflast Überfahrt Berme OW)
	$q_{GW,6h,k}$	$= 10 \times (320,55 - 304,92)$	$= 156,30 \text{ kN/m}^2$	(Überfahrt Berme OW unten)
	$q_{GW,6v,k}$	$= 0,05 \times (156,30 - 14,00)$	$= 7,12 \text{ kN/m}^2$	(Überfahrt Berme OW unten)
	$q_{GW,7h,k}$	$= 10 \times (320,55 - 304,74)$	$= 158,10 \text{ kN/m}^2$	(Wand +320,55 mNN unten)
	$q_{GW,7v,k}$	$= 0,05 \times (158,10 - 14,00)$	$= 7,21 \text{ kN/m}^2$	(Wand +320,55 mNN unten)
	$q_{GW,8h,k}$	$= 10 \times (320,55 - 300,60)$	$= 159,50 \text{ kN/m}^2$	(Beginn Tosbecken oben)
	$q_{GW,8v,k}$	$= 0,05 \times (159,50 - 14,00)$	$= 7,28 \text{ kN/m}^2$	(Beginn Tosbecken oben)

UW:	$q_{GW,9h,k} = 10 \times (320,55 - 300,83)$	=	197,20 kN/m ² (Beginn Tosbecken unten)
	$q_{GW,9v,k} = 0,05 \times (197,20 - 14,0)$	=	9,16 kN/m ² (Beginn Tosbecken unten)
	$q_{GW,10h,k} = 10 \times (320,55 - 300,71)$	=	198,40 kN/m ² (Sporn OW)
	$q_{GW,10v,k} = 0,05 \times (198,40 - 14,00)$	=	9,22 kN/m ² (Sporn OW)
	$q_{GW,11h,k} = 10 \times (307,35 - 300,71)$	=	66,40 kN/m ² (Sporn UW)
	$q_{GW,11v,k} = 0,05 \times (66,40 - 14,00)$	=	2,62 kN/m ² (Sporn UW)
	$q_{GW,12h,k} = 10 \times (307,35 - 300,21)$	=	71,40 kN/m ² (Ende Tosbecken unten)
	$q_{GW,12v,k} = 0,05 \times (71,40 - 14,00)$	=	2,87 kN/m ² (Ende Tosbecken unten)
	$q_{GW,14h,k} = 10 \times (307,35 - 303,95)$	=	34,00 kN/m ² (Ende Tosbecken oben)
	$q_{GW,14v,k} = 0,05 \times (34,00 - 14,00)$	=	1,00 kN/m ² (Ende Tosbecken oben)
	$q_{GW,14h,k} = 10 \times (307,35 - 303,60)$	=	37,50 kN/m ² (Auslaufbereich)
	$q_{GW,14v,k} = 0,05 \times (37,5 - 14,00)$	=	1,18 kN/m ² (Auslaufbereich)



In der FE-Berechnung wird die Bodenplatte bis zur Unterkante generiert.
Der Vertikalanteil wirkt nur auf den geneigten Bereich.

BS-P-4, BS-T-1, BS-A-1

Normalfall:

Auf der sicheren Seite liegend wird kein Wasserdruck berücksichtigt.



2.2.2.2 Wasserdruck innerhalb Auslassbauwerk

BS-P-1, BS-P-2, BS-P-3

Betriebsfall HRB - Bemessungswasserstand Z_V :

Oberwasser: $Z_V = +320,55$ mNN

Unterwasser: OK Trennwand im Betriebsauslass

(Höhe im Bereich des Tosbeckens: max. ca. 6,20 m, im Auslaufbereich: $\leq 2,35$ m)

Im Ökodurchlass wird der Wasserdruck entsprechend der OK der Trennwand an der unterwasserseitigen Ende angesetzt.

Wasserlast auf der Oberfläche der Außenwände:

Betriebsauslass:

Der Steinsatz in Beton im Einlauf- und Auslaufbereich sowie der Profilbeton und die Verschleißschicht im Tosbecken werden als dicht angesehen, so dass in allen Bemessungssituationen darauf kein Auftrieb angesetzt und somit der horizontale Wasserdruck nur oberhalb angesetzt wird.

Einlaufbereich oberwasserseitig Schütze:

$q_{KW,1,k}$	$\approx 10 \times (320,55 - 310,80)$	$= 97,50 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,2,k}$	$\approx 10 \times (320,55 - 308,50)$	$= 120,50 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,3,k}$	$\approx 10 \times (320,55 - 308,20)$	$= 123,50 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,4,k}$	$\approx 10 \times (320,55 - 312,40)$	$= 81,50 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,5,k}$	$\approx 10 \times (320,55 - 307,60)$	$= 129,50 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,6,k}$	$\approx 10 \times (320,55 - 315,41)$	$= 51,40 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,7,k}$	$\approx 10 \times (320,55 - 307,46)$	$= 130,90 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,8,k}$	$\approx 10 \times (320,55 - 315,84)$	$= 47,10 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,9,k}$	$\approx 10 \times (320,55 - 307,40)$	$= 131,50 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,10,k}$	$\approx 10 \times (320,55 - 315,97)$	$= 45,80 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,11,k}$	$\approx 10 \times (320,55 - 307,30)$	$= 132,50 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,12,k}$	$\approx 10 \times (320,55 - 307,10)$	$= 134,50 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,13,k}$	$\approx 10 \times (320,55 - 307,05)$	$= 135,00 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,14,k}$	$\approx 10 \times (320,55 - 306,65)$	$= 139,00 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,15,k}$	$= 10 \times (320,55 - 306,50)$	$= 140,50 \text{ kN/m}^2$

Tosbecken:

$q_{KW,21,k}$	$\approx 10 \times (308,50 - 306,50)$	$= 20,00 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,22,k}$	$\approx 10 \times (308,24 - 302,34)$	$= 59,00 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,23,k}$	$\approx 10 \times (308,10 - 302,25)$	$= 58,50 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,24,k}$	$\approx 10 \times (307,93 - 302,10)$	$= 58,30 \text{ kN/m}^2$
$q_{KW,25,k}$	$\approx 10 \times (307,76 - 305,96)$	$= 18,00 \text{ kN/m}^2$

Auslaufbereich:

$q_{KW,31,k}$	$\approx 10 \times (307,35 - 305,60)$	$= 17,50 \text{ kN/m}^2$
---------------	---------------------------------------	--------------------------

Ökodurchlass:

Die Steinschüttung und das Sohlsubstrat sind im Einlauf- und Auslaufbereich sowie im Tosbecken i.d.R. in allen Bemessungssituationen unter Auftrieb. Dort wird auch der horizontale Wasserdruck angesetzt. Für den Profilbeton und die Verschleißschicht im „Tosbecken“ gilt der Ansatz des Betriebsauslass.

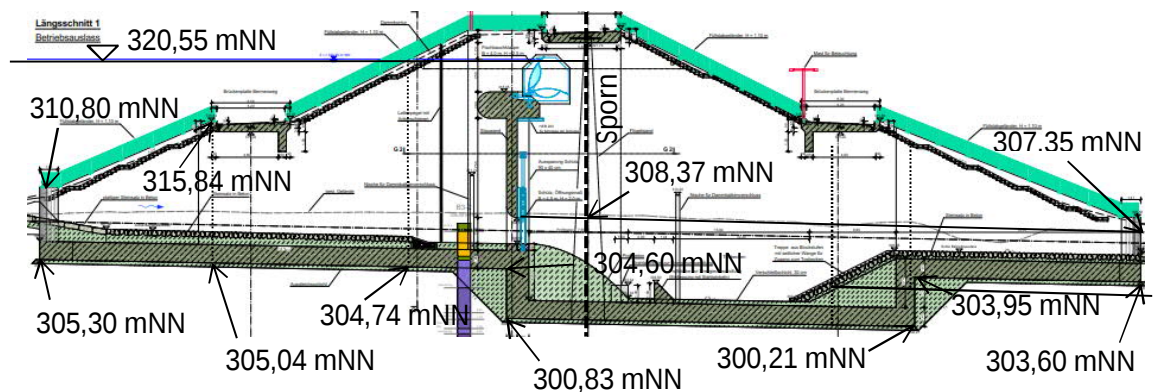
$$\begin{aligned}
 q_{KW,41,k} &\approx 10 \times (320,55 - 310,80) = 97,50 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{KW,42,k} &\approx 10 \times (320,55 - 306,67) = 138,80 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{KW,43,k} &\approx 10 \times (320,55 - 315,41) = 51,40 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{KW,44,k} &\approx 10 \times (320,55 - 306,46) = 140,90 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{KW,45,k} &\approx 10 \times (320,55 - 315,84) = 47,10 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{KW,46,k} &\approx 10 \times (320,55 - 306,44) = 141,10 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{KW,47,k} &\approx 10 \times (320,55 - 315,97) = 45,80 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{KW,48,k} &\approx 10 \times (320,55 - 306,32) = 142,30 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{KW,49,k} &\approx 10 \times (320,55 - 306,14) = 144,10 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{KW,50,k} &\approx 10 \times (320,55 - 306,00) = 145,50 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Tosbecken:

$$\begin{aligned}
 q_{KW,51,k} &\approx 10 \times (307,35 - 306,00) = 13,50 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{KW,52,k} &\approx 10 \times (307,35 - 302,34) = 50,10 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{KW,53,k} &\approx 10 \times (307,35 - 302,07) = 52,80 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{KW,54,k} &\approx 10 \times (307,35 - 305,36) = 19,90 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Auslaufbereich:

$$q_{KW,61,k} \approx 10 \times (307,35 - 305,00) = 23,50 \text{ kN/m}^2$$





Wasserlast auf den Stirnseiten des Trennpfeilers, auf die Stauwand und den Staubalken:

Die Wasserlast oberwasserseitig der Stauwand wird vereinfacht nur auf die Stauwand angesetzt. Die über die Rundung des Trennpfeilers auftretenden, quer zur Achse des Auslassbauwerks auftretenden Komponenten gleichen sich gegenseitig aus. Die Differenzlasten der vertikalen Komponenten im Bereich der Rundung des Staubalkens werden vernachlässigt.

$$\begin{aligned}\text{Stauwand oberwassers.:} \quad q_{KW,71,k} &= (320,55 - 318,05) \times 10,0 &= 25,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{KW,72,k} &= (320,55 - 308,50) \times 10,0 &= 120,50 \text{ kN/m}^2 \\ q_{KW,73,k} &= (320,55 - 306,00) \times 10,0 &= 145,50 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Schütz:

Es wird angenommen, dass beim BHW das Schütz des Betriebsauslasses bis auf UK +308,50 mNN gefahren werden. Das Schütz des Ökodurchlasses ist geschlossen. Der Oberwasserstand wirkt auf die Schütze ein. Die Wasserlast wird auf die Außenwand und den Mittelpfeiler übertragen. Durch die Definition der Knoten auf der Innenseite der Außenwand und auf die Außenseite des Mittelpfeilers können die Lasten dort eingegeben werden, wo sie auftreten. Versatzmomente treten somit nicht auf:

$$\begin{aligned}\text{Schütz ÖKO-Durchlass:} \quad q_{KW,74,k} &= 120,50 \times 4,50/2 &= 271,13 \text{ kN/m} \\ q_{KW,75,k} &= 145,50 \times 4,50/2 &= 327,38 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Trennpfeiler unterwassers.:

Die Wasserlast auf den Trennpfeiler unterwasserseitig wird nach links und rechts verteilt:

$$\begin{aligned}\text{Betriebsauslass:} \quad q_{KW,81,k} &= (308,20 - 302,02) 10,0 \times 1,15 &= 71,07 \text{ kN/m} \\ \text{ÖKO-Durchlass:} \quad q_{KW,82,k} &= (307,35 - 302,02) 10,0 \times 1,15 &= 61,30 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Fischbauchklappen:

Der im Bemessungshochwasserfall auf die Fischbauchklappen einwirkende Wasserdruck wird über den Staubalken abgetragen:

$$\begin{aligned}\text{aus Fischbauchklappe:} \quad q_{KW,91,k} &= (320,55 - 318,05)^2 \times 10,0/2 &= 31,25 \text{ kN/m} \\ m_{KW,91,k} &= 31,25 \times (2,50/2 + 0,60) &= 57,81 \text{ kNm/m}\end{aligned}$$

BS-P-4, BS-T-1, BS-A-1

Normalfall:

Auf der sicheren Seite liegend wird kein Wasserdruck berücksichtigt.



2.2.2.3 Erddruck Außenwände

Die Rechenwerte der Bodenkenngößen ergeben sich aus dem Bodenmaterial des neuen Damms. Es sind drei Dammbaustoffe vorgesehen. Die geotechnischen Kenngößen des Stützkörpers und der Sohldrainage unterscheiden sich lediglich in der Wichte. Auf der sicheren Seite liegend wird über die gesamte Bauwerkshöhe mit der höheren Wichte gerechnet. Da der zum Stützkörper abweichende Erddruck im Bereich des Dichtungskörpers nur einen untergeordneten Einfluss auf die Bemessung des Bauwerkes hat, wird über die gesamte Wandfläche der Erddruck für das Dammmaterial des Stützkörpers angesetzt.

Es wird mit Erdruhedruck gerechnet.

Bodenmaterial neuer Damm (Stützkörper):

Wichte	γ	=	20 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb	γ'	=	10 kN/m ³
Innerer Reibungswinkel	φ'	=	30,0°
Kohäsion	c'	=	0 kN/m ²



Erdruchedruck

Der Erdruchedruckbeiwert ist abhängig von der Wandneigung α und der Böschungsneigung β . Er wird nach DIN 4085, Abschnitt 6.4 in Verbindung mit dem Aufsatz „Neue DIN 4085 - Berechnung des Erddrucks“ der Bautechnik 94 (2017), Heft 7, Seiten 459 bis 467 von Achim Hettler berechnet.

Im allgemeinen Fall ($\alpha = \beta = \delta_0 = 0$) gilt:

$$K_{0gh} = 1 - \sin 30,0^\circ = 0,50 \text{ (nach JAKY)}$$

Bereich Außenwände:

Wandneigung: $\alpha = \arctan(1/20) = 2,86^\circ$

Geländeneigung: $\beta = 0^\circ$

Im Falle einer geneigten Wand und eines waagerechten Geländes gilt gemäß o. g. Artikel, Abschnitt 4.2:

Vertikalspannungen $\sigma_v = \gamma \cdot z$

Horizontalspannungen $\sigma_H = K_0 \cdot \gamma \cdot z$ mit K_0 nach JAKY

$$\Rightarrow K_{0gh} = 1 - \sin 30,0^\circ = 0,50$$

Vertikalanteil: Auflast aus dem Erdkeil über der Wand

Bereich Flügelwände:

Wandneigung: $\alpha = 0,00^\circ$

Geländeneigung: $\beta_1 \approx \arctan(5,04/13,10) = 21,04^\circ$ (Einlaufseite)

$\beta_2 \approx \arctan(7,34/19,89) = 20,26^\circ$ (Auslaufseite)

(Die Geländeneigung unterscheidet sich im Einlauf- und Auslaufbereich geringfügig. Auf der sicheren Seite liegend wird für beide Bereiche mit der größeren Geländeneigung gerechnet.)

Neigungswinkel Erddruck: $\delta_0 = \beta - \alpha = 21,04^\circ$

$$K_{0gh} = K_1 \cdot f \cdot \frac{1 + \tan \alpha_1 \cdot \tan \beta}{1 + \tan \alpha_1 \cdot \tan \delta_0}$$

$$K_1 = \frac{\sin \varphi - \sin^2 \varphi}{\sin \varphi - \sin^2 \beta} \times \cos^2 \beta$$

$$\tan \alpha_1 = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{K_1} + \tan^2 \beta}}$$

$$f = 1 - |\tan \alpha \times \tan \beta|$$

Aus Nebenrechnung:

$K_1 = 0,587$

$\tan \alpha_1 = 0,735$

$f = 1,000$

$K_{0gh} = 0,587$

Zusätzlich zum Horizontalanteil des Erddruckes (Berücksichtigung des Erdruchedruckes) wird die Erdauflast auf die geneigte Wandfläche berücksichtigt.



Aktiver Erddruck

Der aktive Erddruckbeiwert ist abhängig von der Wandneigung α und der Böschungsneigung β . Er wird nach DIN 4085, Abschnitt 6.3 berechnet:

Bereich Außenwände:

$$\begin{aligned}\text{Wandneigung:} \quad \alpha &= \arctan(1/20) = 2,86^\circ \\ \text{Geländeneigung:} \quad \beta &= 0^\circ \\ \text{Neigungswinkel Erddruck:} \quad \delta_a &= 0,5 \times \varphi = 0,5 \times 30^\circ = 15,0^\circ\end{aligned}$$

$$K_{agh} = \left[\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos \alpha \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}} \right)} \right]^2 = \left[\frac{\cos(30^\circ - 2,86^\circ)}{\cos 2,86^\circ \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(30^\circ + 15^\circ) \cdot \sin(30^\circ)}{\cos(2,86^\circ) \cdot \cos(2,86^\circ + 15^\circ)}} \right)} \right]^2$$

$$K_{agh} = 0,31$$

$$K_{agv} = K_{agh} \cdot \tan(\delta_a + \alpha) = 0,31 \cdot \tan(15^\circ + 2,86^\circ) = 0,10$$

Bereich Flügelwände:

$$\begin{aligned}\text{Wandneigung:} \quad \alpha &= 0,00^\circ \\ \text{Geländeneigung:} \quad \beta &= \arctan(5,04/13,10) = 21,04^\circ \\ \text{Neigungswinkel Erddruck:} \quad \delta_a &= 0,5 \times \varphi = 0,5 \times 30^\circ = 15,0^\circ\end{aligned}$$

Mit den oben aufgeführten Formeln ergeben sich die Erddruckbeiwerte zu:

$$K_{agh} = 0,412$$

$$K_{agv} = 0,110$$

BS-P-1, BS-P-2, BS-P-3

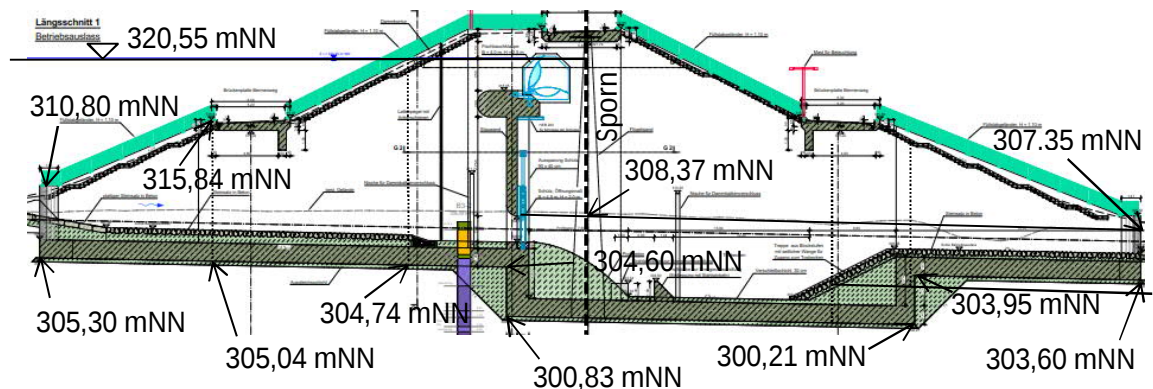
Betriebsfall HRB - Bemessungswasserstand Z_v :

Oberwasser: $Z_v = +320,55$ mNN

Unterwasser: OK Trennwand im Betriebsauslass

(Höhe im Bereich des Tosbeckens: max. ca. 6,20 m, im Auslaufbereich: $\leq 2,35$ m)

Im Ökodurchlass wird der Wasserdruck entsprechend der OK der Trennwand an der unterwasserseitigen Ende angesetzt.



In der FE-Berechnung wird die Bodenplatte bis zur Unterkante generiert.
Der Vertikalanteil wirkt nur auf den geneigten Bereich.

Erdruchedruck aus Bodeneigengewicht:

Flügelwände Einlaufbereich:

$$q_{E0,1,k} = 0,59 \times 10 \times (310,80 - 305,30) = 32,28 \text{ kN/m}^2$$

Einlaufbereich:

$$q_{E0,2,k} = 0,50 \times 10 \times (310,80 - 305,30) = 27,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,3,k} = 0,50 \times 10 \times (315,41 - 305,06) = 51,75 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) OW:

$$q_{E0,4,k} = 0,50 \times 10 \times (315,84 - 305,04) = 54,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,5,k} = 0,50 \times 10 \times (315,97 - 304,92) = 55,25 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) OW bis Dammkrone:

$$q_{E0,6,k} = 0,50 \times 10 \times (320,55 - 304,74) = 79,05 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,7,k} = 0,50 \times 20 \times (322,75 - 320,55) = 22,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,8,k} = 0,50 \times [20 \times (322,75 - 320,55) + 10 \times (320,55 - 304,66)] = 101,45 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone bis Versprung Bodenplatte in das Tosbecken:

$$q_{E0,9,k} = 0,50 \times [20 \times (322,75 - 320,55) + 10 \times (320,55 - 304,60)] = 101,75 \text{ kN/m}^2$$



Bereich Dammkrone ab Versprung in das Tosbecken bis Flügelwand:

$$\begin{aligned} q_{E0,10,k} &= 0,50 \times 20 \times (322,75 - 320,55) &= 22,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,11,k} &= 0,50 \times [20 \times (322,75 - 320,55) + 10 \times (320,55 - 300,83)] &= 120,60 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,12,k} &= 0,50 \times [20 \times (322,75 - 320,55) + 10 \times (320,55 - 300,71)] &= 121,20 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Bereich Dammkrone ab Flügelwand:

$$\begin{aligned} q_{E0,13,k} &= 0,50 \times 20 \times (322,85 - 307,35) &= 155,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,14,k} &= 0,50 \times [20 \times (322,85 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 300,71)] &= 188,20 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,15,k} &= 0,50 \times [20 \times (322,85 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 300,66)] &= 188,45 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Bereich Dammkrone bis Berme (Überfahrt) UW:

$$\begin{aligned} q_{E0,16,k} &= 0,50 \times 20 \times (322,85 - 307,35) &= 155,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,17,k} &= 0,50 \times [20 \times (322,85 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 300,66)] &= 188,45 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,18,k} &= 0,50 \times 20 \times (315,97 - 307,35) &= 86,20 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,19,k} &= 0,50 \times [20 \times (315,97 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 300,38)] &= 121,05 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Bereich Berme (Überfahrt) UW:

$$\begin{aligned} q_{E0,20,k} &= 0,50 \times 20 \times (315,84 - 307,35) &= 84,90 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,21,k} &= 0,50 \times [20 \times (315,84 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 300,26)] &= 120,35 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Auslaufbereich bis Versprung Bodenplatte (Tosbecken):

$$\begin{aligned} q_{E0,22,k} &= 0,50 \times 20 \times (315,35 - 307,35) &= 80,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,23,k} &= 0,50 \times [20 \times (315,35 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 300,24)] &= 115,55 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Auslaufbereich ab Versprung Bodenplatte (Tosbecken):

$$\begin{aligned} q_{E0,24,k} &= 0,50 \times 20 \times (315,35 - 307,35) &= 80,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,25,k} &= 0,50 \times [20 \times (315,35 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 303,98)] &= 96,85 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,26,k} &= 0,50 \times 20 \times (308,50 - 307,35) &= 11,50 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,27,k} &= 0,50 \times [20 \times (308,50 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 303,63)] &= 30,10 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Flügelwände Auslaufbereich:

$$\begin{aligned} q_{E0,28,k} &= 0,59 \times 20 \times (308,50 - 307,35) &= 6,75 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,29,k} &= 0,59 \times [20 \times (308,50 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 303,60)] &= 53,11 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Verfüllung Tosbecken ÖKO-Durchlass:

$$\begin{aligned} q_{E0,31,k} &= 0,50 \times 10 \times (306,44 - 305,94) &= 2,50 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,32,k} &= 0,50 \times 10 \times (306,42 - 305,42) &= 5,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,33,k} &= 0,50 \times 10 \times (306,39 - 304,89) &= 7,50 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,34,k} &= 0,50 \times 10 \times (306,37 - 304,07) &= 11,50 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,35,k} &= 0,50 \times 10 \times (306,35 - 303,25) &= 15,50 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,36,k} &= 0,50 \times 10 \times (306,33 - 302,34) &= 19,95 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,37,k} &= 0,50 \times 10 \times (306,09 - 302,07) &= 20,09 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,38,k} &= 0,50 \times 10 \times (305,96 - 305,36) &= 3,00 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$



Erdauflast:

Flügelwände Einlaufbereich:

Auflast auf Fundamentplatte:

$$q_{1,k} = 10 \times (310,80 - 306,70) = 41,0 \text{ kN/m}^2$$

Einlaufbereich:

$$q_{2,k} = 10 \times (310,80 - 306,70) \times \tan 2,86^\circ = 2,05 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{3,k} = 10 \times (315,41 - 306,46) \times \tan 2,86^\circ = 4,48 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) OW:

$$q_{4,k} = 10 \times (315,84 - 306,44) \times \tan 2,86^\circ = 4,70 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{5,k} = 10 \times (315,97 - 306,32) \times \tan 2,86^\circ = 4,83 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) OW bis Dammkrone:

$$q_{6,k} = 10 \times (320,55 - 306,14) \times \tan 2,86^\circ = 7,21 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{7,k} = 20 \times (322,75 - 320,55) \times \tan 2,86^\circ = 2,20 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{8,k} = [20 \times (322,75 - 320,55) + 10 \times (320,55 - 306,06)] \times \tan 2,86^\circ = 9,45 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone bis Versprung Bodenplatte in das Tosbecken:

$$q_{9,k} = [20 \times (322,75 - 320,55) + 10 \times (320,55 - 306,00)] \times \tan 2,86^\circ = 9,48 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone ab Versprung in das Tosbecken bis Flügelwand:

$$q_{10,k} = 20 \times (322,75 - 320,55) \times \tan 2,86^\circ = 2,20 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{11,k} = [20 \times (322,75 - 320,55) + 10 \times (320,55 - 302,23)] \times \tan 2,86^\circ = 11,36 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{12,k} = [20 \times (322,75 - 320,55) + 10 \times (320,55 - 302,11)] \times \tan 2,86^\circ = 11,42 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone ab Flügelwand:

$$q_{13,k} = 20 \times (322,85 - 307,35) \times \tan 2,86^\circ = 15,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{14,k} = [20 \times (322,85 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 302,11)] \times \tan 2,86^\circ = 18,12 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{15,k} = [20 \times (322,85 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 302,06)] \times \tan 2,86^\circ = 18,15 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone bis Berme (Überfahrt) UW:

$$q_{16,k} = 20 \times (322,85 - 307,35) \times \tan 2,86^\circ = 15,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{17,k} = [20 \times (322,85 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 302,06)] \times \tan 2,86^\circ = 18,15 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{18,k} = 20 \times (315,97 - 307,35) \times \tan 2,86^\circ = 8,62 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{19,k} = [20 \times (315,97 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 301,78)] \times \tan 2,86^\circ = 11,41 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) UW:

$$q_{20,k} = 20 \times (315,84 - 307,35) \times \tan 2,86^\circ = 8,49 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{21,k} = [20 \times (315,84 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 301,66)] \times \tan 2,86^\circ = 11,34 \text{ kN/m}^2$$

Auslaufbereich bis Versprung Bodenplatte (Tosbecken):

$$q_{22,k} = 20 \times (315,35 - 307,35) \times \tan 2,86^\circ = 8,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{23,k} = [20 \times (315,35 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 301,64)] \times \tan 2,86^\circ = 10,86 \text{ kN/m}^2$$



Auslaufbereich ab Versprung Bodenplatte (Tosbecken):

$$\begin{aligned} q_{24,k} &= 20 \times (315,35 - 307,35) \times \tan 2,86^\circ &= & 8,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{25,k} &= [20 \times (315,35 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 305,38)] \times \tan 2,86^\circ &= & 8,99 \text{ kN/m}^2 \\ q_{26,k} &= 20 \times (308,50 - 307,35) \times \tan 2,86^\circ &= & 1,15 \text{ kN/m}^2 \\ q_{27,k} &= [20 \times (308,50 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 305,03)] \times \tan 2,86^\circ &= & 2,31 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Flügelwände Auslaufbereich:

$$q_{28,k} = [20 \times (308,50 - 307,35) + 10 \times (307,35 - 305,00)] = 46,50 \text{ kN/m}^2$$

Erdruchdruck aus Verkehrslasten auf der Fahrspur

$$q_{E0,41,k} = 0,50 \times 16,7 \text{ (Ersatzflächenlast SLW 30)} = 8,33 \text{ kN/m}^2$$

Erdruchdruck aus unbegrenzter Flächenverkehrslast $q = 10 \text{ kN/m}^2$

$$\begin{aligned} q_{E0,51,k} &= 0,50 \times 10,0 &= & 5,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,52,k} &= 0,59 \times 10,0 &= & 5,90 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$



BS-P-4

Normalfall:

Auf der sicheren Seite liegend wird kein Wasserdruck berücksichtigt.

Erdruchedruck aus Bodeneigengewicht:

Flügelwände Einlaufbereich:

$$q_{E0,1,k} = 0,59 \times 20 \times (310,80 - 305,30) = 64,56 \text{ kN/m}^2$$

Einlaufbereich:

$$q_{E0,2,k} = 0,50 \times 20 \times (310,80 - 305,30) = 55,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,3,k} = 0,50 \times 20 \times (315,41 - 305,06) = 103,50 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) OW:

$$q_{E0,4,k} = 0,50 \times 20 \times (315,84 - 305,04) = 108,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,5,k} = 0,50 \times 20 \times (315,97 - 304,92) = 110,50 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) OW bis Dammkrone:

$$q_{E0,6,k} = 0,50 \times 20 \times (320,55 - 304,74) = 158,10 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,7,k} = 0,50 \times 20 \times (322,75 - 304,66) = 180,90 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone bis Versprung Bodenplatte in das Tosbecken:

$$q_{E0,8,k} = 0,50 \times 20 \times (322,75 - 304,60) = 181,50 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone ab Versprung in das Tosbecken bis Flügelwand:

$$q_{E0,9,k} = 0,50 \times 20 \times (322,75 - 320,55) = 22,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,10,k} = 0,50 \times 20 \times (322,75 - 300,83) = 219,20 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,11,k} = 0,50 \times 20 \times (322,75 - 300,71) = 220,40 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone ab Flügelwand:

$$q_{E0,12,k} = 0,50 \times 20 \times (322,85 - 307,35) = 155,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,13,k} = 0,50 \times 20 \times (322,85 - 300,71) = 220,40 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,14,k} = 0,50 \times 20 \times (322,85 - 300,66) = 221,90 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone bis Berme (Überfahrt) UW:

$$q_{E0,15,k} = 0,50 \times 20 \times (322,85 - 307,35) = 155,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,16,k} = 0,50 \times 20 \times (322,85 - 300,66) = 221,90 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,17,k} = 0,50 \times 20 \times (315,97 - 307,35) = 86,20 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,18,k} = 0,50 \times 20 \times (315,97 - 300,38) = 155,90 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) UW:

$$q_{E0,19,k} = 0,50 \times 20 \times (315,84 - 307,35) = 84,90 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,20,k} = 0,50 \times 20 \times (315,84 - 300,26) = 155,80 \text{ kN/m}^2$$

Auslaufbereich bis Versprung Bodenplatte (Tosbecken):

$$q_{E0,21,k} = 0,50 \times 20 \times (315,35 - 307,35) = 80,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,22,k} = 0,50 \times 20 \times (315,35 - 300,24) = 151,10 \text{ kN/m}^2$$

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V3.2 Rott	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.21



Auslaufbereich ab Versprung Bodenplatte (Tosbecken):

$$\begin{aligned} q_{E0,23,k} &= 0,50 \times 20 \times (315,35 - 307,35) &= 80,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,24,k} &= 0,50 \times 20 \times (315,35 - 303,98) &= 113,70 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,25,k} &= 0,50 \times 20 \times (308,50 - 307,35) &= 11,50 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,26,k} &= 0,50 \times 20 \times (308,50 - 303,63) &= 48,70 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Flügelwände Auslaufbereich:

$$q_{E0,27,k} = 0,59 \times 20 \times (308,50 - 303,60) = 57,51 \text{ kN/m}^2$$

Verfüllung Tosbecken ÖKO-Durchlass:

$$\begin{aligned} q_{E0,31,k} &= 0,50 \times 20 \times (306,44 - 305,94) &= 5,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,32,k} &= 0,50 \times 20 \times (306,42 - 305,42) &= 10,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,33,k} &= 0,50 \times 20 \times (306,39 - 304,89) &= 15,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,34,k} &= 0,50 \times 20 \times (306,37 - 304,07) &= 23,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,35,k} &= 0,50 \times 20 \times (306,35 - 303,25) &= 31,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,36,k} &= 0,50 \times 20 \times (306,33 - 302,34) &= 39,90 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,37,k} &= 0,50 \times 20 \times (306,09 - 302,07) &= 40,18 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,38,k} &= 0,50 \times 20 \times (305,96 - 305,36) &= 6,00 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Erdauflast:

Flügelwände Einlaufbereich:

Auflast auf Fundamentplatte:

$$q_{1,k} = 20 \times (310,80 - 306,70) = 82,0 \text{ kN/m}^2$$

Einlaufbereich:

$$\begin{aligned} q_{2,k} &= 20 \times (310,80 - 306,70) \times \tan 2,86^\circ &= 4,10 \text{ kN/m}^2 \\ q_{3,k} &= 20 \times (315,41 - 306,46) \times \tan 2,86^\circ &= 8,95 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Bereich Berme (Überfahrt) OW:

$$\begin{aligned} q_{4,k} &= 20 \times (315,84 - 306,44) \times \tan 2,86^\circ &= 9,40 \text{ kN/m}^2 \\ q_{5,k} &= 20 \times (315,97 - 306,32) \times \tan 2,86^\circ &= 9,65 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Bereich Berme (Überfahrt) OW bis Dammkrone:

$$\begin{aligned} q_{6,k} &= 20 \times (320,55 - 306,14) \times \tan 2,86^\circ &= 14,41 \text{ kN/m}^2 \\ q_{7,k} &= 20 \times (322,75 - 320,55) \times \tan 2,86^\circ &= 2,20 \text{ kN/m}^2 \\ q_{8,k} &= 20 \times (322,75 - 306,06) \times \tan 2,86^\circ &= 16,69 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Bereich Dammkrone bis Versprung Bodenplatte in das Tosbecken:

$$q_{9,k} = 20 \times (322,75 - 306,00) \times \tan 2,86^\circ = 16,75 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone ab Versprung in das Tosbecken bis Flügelwand:

$$\begin{aligned} q_{10,k} &= 20 \times (322,75 - 320,55) \times \tan 2,86^\circ &= 2,20 \text{ kN/m}^2 \\ q_{11,k} &= 20 \times (322,75 - 302,23) \times \tan 2,86^\circ &= 20,52 \text{ kN/m}^2 \\ q_{12,k} &= 20 \times (322,75 - 302,11) \times \tan 2,86^\circ &= 20,64 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$



Bereich Dammkrone ab Flügelwand:

$$\begin{aligned} q_{13,k} &= 20 \times (322,85 - 307,35) \times \tan 2,86^\circ &= 15,50 \text{ kN/m}^2 \\ q_{14,k} &= 20 \times (322,85 - 302,11) \times \tan 2,86^\circ &= 20,74 \text{ kN/m}^2 \\ q_{15,k} &= 20 \times (322,85 - 302,06) \times \tan 2,86^\circ &= 20,79 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Bereich Dammkrone bis Berme (Überfahrt) UW:

$$\begin{aligned} q_{16,k} &= 20 \times (322,85 - 307,35) \times \tan 2,86^\circ &= 15,50 \text{ kN/m}^2 \\ q_{17,k} &= 20 \times (322,85 - 302,06) \times \tan 2,86^\circ &= 20,79 \text{ kN/m}^2 \\ q_{18,k} &= 20 \times (315,97 - 307,35) \times \tan 2,86^\circ &= 8,62 \text{ kN/m}^2 \\ q_{19,k} &= 20 \times (315,97 - 301,78) \times \tan 2,86^\circ &= 14,19 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Bereich Berme (Überfahrt) UW:

$$\begin{aligned} q_{20,k} &= 20 \times (315,84 - 307,35) \times \tan 2,86^\circ &= 8,49 \text{ kN/m}^2 \\ q_{21,k} &= 20 \times (315,84 - 301,66) \times \tan 2,86^\circ &= 14,18 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Auslaufbereich bis Versprung Bodenplatte (Tosbecken):

$$\begin{aligned} q_{22,k} &= 20 \times (315,35 - 307,35) \times \tan 2,86^\circ &= 8,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{23,k} &= 20 \times (315,35 - 301,64) \times \tan 2,86^\circ &= 13,71 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Auslaufbereich ab Versprung Bodenplatte (Tosbecken):

$$\begin{aligned} q_{24,k} &= 20 \times (315,35 - 307,35) \times \tan 2,86^\circ &= 8,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{25,k} &= 20 \times (315,35 - 305,38) \times \tan 2,86^\circ &= 9,97 \text{ kN/m}^2 \\ q_{26,k} &= 20 \times (308,50 - 307,35) \times \tan 2,86^\circ &= 1,15 \text{ kN/m}^2 \\ q_{27,k} &= 20 \times (308,50 - 305,03) \times \tan 2,86^\circ &= 3,47 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Flügelwände Auslaufbereich:

$$q_{28,k} = 20 \times (308,50 - 305,00) = 70,00 \text{ kN/m}^2$$

Erdruchdruck aus Verkehrslasten auf der Fahrspur

$$q_{E0,41,k} = 0,50 \times 16,7 \text{ (Ersatzflächenlast SLW 30)} = 8,33 \text{ kN/m}^2$$

Erdruchdruck aus unbegrenzter Flächenverkehrslast $q = 10 \text{ kN/m}^2$

$$\begin{aligned} q_{E0,51,k} &= 0,50 \times 10,0 &= 5,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{E0,52,k} &= 0,59 \times 10,0 &= 5,90 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

BS-T-1

Der Verdichtungserddruck wird entsprechend DIN 4085, Abschnitt 6.6.1, Tabelle 3 und Bild 19 angesetzt, Auszug aus DIN 4085, Abschnitt 6.6.1:

Tabelle 3 — Angaben zum Ansatz des Verdichtungserddrucks nach Bild 19

Nachgiebigkeit der Wand	Breite des zu verfüllenden Raums B	
	B ≤ 1,00 m	B ≥ 2,50 m
nachgiebig	$e_{vh} = 25 \text{ kN/m}^2$ $z_a = 2,00 \text{ m}$	
unnachgiebig	$e_{vh} = 40 \text{ kN/m}^2$	$e_{vh} = 25 \text{ kN/m}^2$
für Zwischenwerte von B darf geradlinig interpoliert werden		

$$z_p = \frac{e_{vh}}{\gamma \cdot K_{pgh}(\delta_p = 0)}$$

(82)

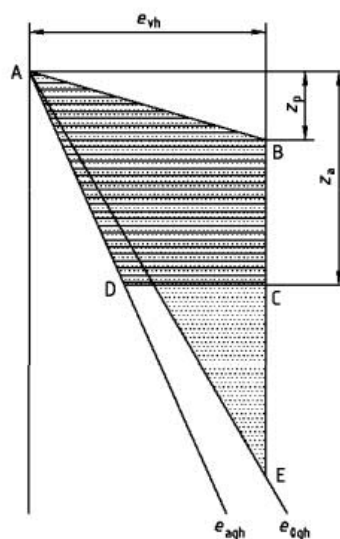


Bild 19 — Ansatz des Verdichtungserddrucks

Die Herstellung des Damms kann nur bei niedrigen Wasserständen erfolgen. Es wird vom Normalabfluss ausgegangen und kein Wasserdruck angesetzt.

Die Breite des zu verfüllenden Arbeitsraums ist $B \geq 2,50 \text{ m}$. Aus Tabelle 3 ergibt sich die maximale Erddruckordinate unter Berücksichtigung des Verdichtungserddrucks bei einer unnachgiebigen Wand zu:

$$e_{vh} = 25 \text{ kN/m}^2$$

Die Tiefe z_p , ab der die volle Ordinate des Verdichtungserddrucks anzusetzen ist, ergibt sich mit K_{pgh} ($\varphi' = 30,0^\circ$; $\delta_p = 0^\circ$) = 3,00 zu:

$$z_p = 25,0 / [20 \times 3,00] = 0,42 \text{ m}$$

Für den Ansatz des Verdichtungserddrucks wird die Fläche ABE nach Bild 19 angesetzt.

Die Erddruckordinaten aus Bodeneigengewicht ergeben sich entsprechend dem vorangegangenen Abschnitt „BS-P-4“. Es werden nachfolgend die Differenzwerte der Erddruckordinaten zum Verdichtungserddruck und die Tiefe z_E des Punktes E ermittelt.



Erdruhedruck aus Bodeneigengewicht:

$$z_p = 0,42 \text{ m:}$$

$$q_{E0,1,k} = 0,50 \times 20 \times 0,42 = 4,20 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta q_{E0v,1,k} = 25,00 - 4,20 = 20,80 \text{ kN/m}^2$$

Ermittlung der Tiefe z_E für den Punkt E:

$$q_{E0,z,k} = 0,50 \times 20 \times z_E = 25,00 \text{ kN/m}^2$$

$$z_E = 25,00 / [20 \times 0,50] = 2,50 \text{ m}$$

BS-A-1

Im Erdbebenfall wird entsprechend Lastenheft, Abschnitt 3.3 eine Erhöhung des Erddruckbeiwerts nach DIN 4149 um $\Delta k = 0,10$ angesetzt (kein Wasserdruckansatz). Es wird der aktive Erddruck angesetzt. Für die Außenwände mit Böschungsneigung $\beta = 0^\circ$ ergibt sich ein Gesamterddruckbeiwert von:

$$K_{agh,Erdbeben} = K_{agh} + \Delta k = 0,31 + 0,10 = 0,41$$

Zum Vergleich der Erdruhedruckbeiwert aus der ständigen Bemessungssituation BS-P-4:

$$K_{ogh} = 0,50 > K_{agh,Erdbeben}$$

Der Erdruhedruckbeiwert ist höher als der Erddruckbeiwert für die Bemessungssituation Erdbeben. Somit ist auch der resultierende Erddruck in der ständigen Bemessungssituation BS-P-4 größer als in der Bemessungssituation Erdbeben. Aus diesem Grund ist ein Nachweis der Bemessungssituation Erdbeben BS-A-1 entbehrlich.

2.2.2.4 Verkehrslasten OK Brückenplatte - Brems- und Anfahrlasten

BS-P-1

Gemäß Lastenheft Abschnitt 3.1 wird eine Last aus Bremsen und Anfahren in Höhe von

$$H_{Bk} = 216,0 \text{ kN}$$

berücksichtigt.

Die Bremslast wird auf die Doppelachsen des Tandemsystems gleichmäßig verteilt. Die sich ergebenden Radlasten werden wie die vertikal wirkenden Radlasten bis zur Schwerlinie der Brückenplatte unter einem Winkel von 45° ausgebreitet:

$$b_m \approx 0,40 + 2 \times 0,55/2 = 0,95 \text{ m}$$

$$A = 0,95 \times 0,95 = 0,90 \text{ m}^2$$

$$q_{HB,k} = 216 / (4 \times 0,90) = 59,8 \text{ kN/m}^2$$

$$m_{HB,k} \leq 59,8 \times 0,90 = 53,9 \text{ kNm/m}^2 \quad (\text{aus Definition der FE-Knoten unten})$$

Es werden 4 Laststellungen untersucht. Bemessungsrelevant ist, wenn die Horizontallast an den Außenrändern auftritt. Aus diesem Grund werden 2 Laststellungen an den Rändern definiert, wobei das Vorzeichen der Brems- und Anfahrlast variiert wird.



2.3 Konstruktionsvorgaben Beton- und Stahlbetonbauteile

2.3.1 Mindestbewehrung nach DIN EN 1992-1-1

Nach DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 9.3.1.1(1) mit Querverweis auf Abschnitt 9.2.1.1(1) ist eine Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens erforderlich:

$$A_{sl} \geq f_{ctm} \times W_c / (f_{yk} \times z)$$

2.3.1.1 Brückenplatten

Dammkronenweg:

$$h \leq 86 \text{ cm: } A_{sl} \leq 3,2 \times 100 \times 86^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 76) = 11,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Bermenwege:

$$h \leq 75 \text{ cm: } A_{sl} \leq 3,2 \times 100 \times 75^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 65) = 10,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

2.3.1.2 Außenwände

Gemäß DIN EN 1992-1-1/NA, Abschnitt 9.2.1.1 darf bei erddruckbelasteten Wänden aus Stahlbeton auf die Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens verzichtet werden, wenn das duktile Bauteilverhalten durch Umlagerung des Erddrucks sichergestellt werden kann.

Außenwände Bereich Dammkrone ($h_o = 80 \text{ cm}$)

$$h_u \leq 190 \text{ cm: } A_{sl} \leq 3,2 \times 100 \times 190^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 180) = 23,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Außenwände Bereich Stauwand ($h_o = 80 \text{ cm}$)

$$h_u \leq 170 \text{ cm: } A_{sl} \leq 3,2 \times 100 \times 170^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 160) = 21,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Außenwände Zwischenbereich Stauwand-Berme OW ($h_o = 50 \text{ cm}$)

$$h_u \leq 140 \text{ cm: } A_{sl} \leq 3,2 \times 100 \times 140^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 130) = 17,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Außenwände Bereich Berme OW ($h_o = 50 \text{ cm}$)

$$h_u \leq 105 \text{ cm: } A_{sl} \leq 3,2 \times 100 \times 105^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 95) = 13,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Außenwände Einlauf OW ($h_o = 50 \text{ cm}$)

$$h_u \leq 71 \text{ cm: } A_{sl} = 3,2 \times 100 \times 71^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 61) = 9,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Außenwände Zwischenbereich Stauwand-Berme UW ($h_o = 80 \text{ cm}$)

$$h_u \leq 190 \text{ cm: } A_{sl} \leq 3,2 \times 100 \times 190^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 180) = 23,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Außenwände Bereich Berme UW ($h_o = 80 \text{ cm}$)

$$h_u \leq 150 \text{ cm: } A_{sl} \leq 3,2 \times 100 \times 150^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 140) = 19,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Außenwände Bereich Berme UW-Ende Tosbecken ($h_o = 50 \text{ cm}$)

$$h_u \leq 102 \text{ cm: } A_{sl} \leq 3,2 \times 100 \times 102^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 92) = 13,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Außenwände Auslauf UW ($h_o = 50 \text{ cm}$)

$$h_u \leq 67 \text{ cm: } A_{sl} = 3,2 \times 100 \times 67^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 57) = 9,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V3.2 Rott	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.26



Flügelwände ($h_o = 50$ cm)

$$h_u \leq 50 \text{ cm: } A_{sl} = 3,2 \times 100 \times 50^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 40) = 7,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

2.3.1.3 Trennpfeiler

Trennpfeiler Bereich OW

Eine große Querbeanspruchung des Trennpfeilers ist beim vorliegenden Auslassbauwerk im Oberwasserbereich nicht vorhanden, so dass für die Vertikalbewehrung auf die „Duktilitätsbewehrung“ verzichtet werden kann. Für die Horizontalbewehrung wird der Nachweis der Rissbreitenbeschränkung maßgebend (siehe Kapitel 3.4.5).

Trennpfeiler Bereich UW

$$h \leq 100 \text{ cm: } A_{sl} = 3,2 \times 100 \times 100^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 90) = 13,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

2.3.1.4 Trennwand UW

$$h = 60 \text{ cm: } A_{sl} = 3,2 \times 100 \times 60^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 50) = 8,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

2.3.1.5 Sohle

$$h = 140 \text{ cm: } A_{sl} = 3,2 \times 100 \times 140^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 130) = 17,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

2.3.1.6 Versprungwand Sohle OW/Tosbecken

$$h = 170 \text{ cm: } A_{sl} = 3,2 \times 100 \times 170^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 160) = 21,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

2.3.1.7 Staubalken (Stirnwand)

$$h = 80 \text{ cm: } A_{sl} = 3,2 \times 100 \times 80^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 70) = 10,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

2.3.1.8 Antriebskammer

Außenwände

$$h = 50 \text{ cm: } A_{sl} = 3,2 \times 100 \times 50^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 40) = 7,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Sohle

$$h = 40 \text{ cm: } A_{sl} = 3,2 \times 100 \times 40^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 30) = 6,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

2.3.2 Rissbreitenbegrenzung

Die Mindestbewehrung für die Sohle, die Außenwände, den Trennpfeiler, die Trennwand, die Brückenplatten und den Staubalken wird für die Zwangskräfte aus dem Abfließen der Hydratationswärme („Früher Zwang“) entsprechend DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 7.3.2 und unter Berücksichtigung der Änderung des zugehörigen deutschen Nationalen Anhangs DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12 bemessen. Die rechnerische Rissbreite wird mit Ausnahme der Oberseite der Brückenplatten und der Antriebskammer mit $w_k = 0,25$ mm berücksichtigt. Für die Oberseiten der Überfahrten und der Antriebskammer wird $w_k = 0,20$ mm angesetzt.

Im Aufsatz „Erläuterungen zur Änderung des deutschen Nationalen Anhangs zu Eurocode 2 (DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12)“ von Fingerloos/Hegger in Beton- und Stahlbetonbau 111 (2016), Heft 1 werden im Abschnitt 3.2 Hinweise zum Ansatz der Betonzugfestigkeit bei frühem Zwang gegeben.

Die im Aufsatz angegebenen rechnerischen Anhaltswerte für die frühe Betonzugfestigkeit nach 3, 5 bzw. 7 Tagen gelten für „übliche“ Betone mit mittlerer Festigkeitsentwicklung und hängen von der Dicke der Bauteile ab. Bei dickeren Bauteilen dauert das Abfließen der Hydratationswärme länger (vereinfacht: Bauteildicke $h \leq 0,30$ m etwa 3 Tage und $h > 0,80$ m etwa 7 Tage und länger).

In Anlehnung an die Hinweise im Aufsatz zum Nationalen Anhang der DIN EN 1992-2 Betonbrücken wird in der Ausschreibung bei sommerlichen Bedingungen eine langsame Festigkeitsentwicklung und bei winterlichen Bedingungen eine mittlere Festigkeitsentwicklung vorgeschrieben, da es sich hier ebenfalls um ein Ingenieurbauwerk handelt.

Es wird nachfolgend die Mindestbewehrung für 2 Grenzwerte der effektiven Zugfestigkeit $f_{ct,eff}$ des Betons ermittelt.

Bei Bauteildicken $h \leq 80$ cm wird der Nachweis mit Gleichung (7.1) geführt, bei Bauteildicken $h > 80$ cm mit Gleichung (NA.7.5.1) wie für dicke Bauteile.

Bauteile $h \leq 80$ cm: DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 7.3.2, Gl. (7.1):

$$a_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s \quad \text{mit} \quad d_s^* = d_s \cdot f_{ct,0} / f_{ct,eff}$$

Bauteile $h > 80$ cm: DIN EN 1992-1-1_NA, Abschnitt 7.3.2, Gl. (NA.7.5.1):

$$a_s = f_{ct,eff} \cdot A_{c,eff} / \sigma_s \geq k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / f_{yk} \quad \text{mit} \quad A_{c,eff} = h_{c,ef} \cdot b$$

$h_{c,ef}$ nach Bild NA.7.1d)

$$\text{mit} \quad d_s^* = d_s \cdot f_{ct,0} / f_{ct,eff}$$

Eingangsparameter:

Beton: C35/45	f_{ctm}	=	3,20 N/mm ²
alle Bauteile	$f_{ct,eff} = 0,75 \times 3,2$	=	2,40 N/mm ² (oberer Grenzwert)
	$f_{ct,eff} = 0,50 \times 3,2$	=	1,60 N/mm ² (unterer Grenzwert)
Beiwert k_c :	k_c	=	1,0 (zentrischer Zwang)



2.3.2.1 Sohle

$$\begin{aligned}
 h &= 1,40 \text{ m} > 0,80 \text{ m} \Rightarrow k = 0,500 \\
 d_1 &\approx (140 - 130) &= 10 \text{ cm} \\
 h/d_1 &= 140/10 &= 14 \\
 h_{c,ef} &= [2,5 + (5 - 2,5) \times (14 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 34 \text{ cm} \\
 \text{Rissbreite: } w_k &= 0,25 \text{ mm} \\
 \text{Stabdurchmesser } d_s &: \quad \varnothing 20 \text{ mm}, \varnothing 25 \text{ mm}, \varnothing 28 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 20 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 193 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 25 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 25 \cdot 2,90 / 2,40 = 30,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 173 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 28 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 28 \cdot 2,90 / 2,40 = 33,8 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 163 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, oberer Grenzw.):

$\varnothing 20 \text{ mm}$:	$a_s = 2,40 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4 / 193$	$= 42,3 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$> 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	$= 16,8 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (193 \times 2)$	$= 43,5 \text{ cm}^2/\text{m}$
$\varnothing 25 \text{ mm}$:	$a_s = 2,40 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4 / 173$	$= 47,2 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$> 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	$= 16,8 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (173 \times 2)$	$= 48,6 \text{ cm}^2/\text{m}$
$\varnothing 28 \text{ mm}$:	$a_s = 2,40 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4 / 163$	$= 50,1 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$> 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	$= 16,8 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (163 \times 2)$	$= 51,5 \text{ cm}^2/\text{m}$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 20 mm:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 157 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 25 mm:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 1,60 = 45,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 141 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 28 mm:

$$d_s^* = 28 \cdot 2,90 / 1,60 = 50,8$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 133 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, unterer Gr.w.):

$\varnothing$ 20 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4 / 157$	= 34,6 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 11,2 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (157 \times 2)$	= 35,7 cm ² /m
$\varnothing$ 25 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4 / 141$	= 38,6 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 11,2 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (141 \times 2)$	= 39,7 cm ² /m
$\varnothing$ 28 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4 / 133$	= 40,9 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 11,2 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (133 \times 2)$	= 42,1 cm ² /m



2.3.2.2 Versprungwand Sohle OW/Tosbecken

$$\begin{aligned}
 h &= 1,70 \text{ m} > 0,80 \text{ m} \Rightarrow k = 0,500 \\
 d_1 &\approx (170 - 160) &= 10 \text{ cm} \\
 h/d_1 &= 170/10 &= 17 \\
 h_{c,ef} &= [2,5 + (5 - 2,5) \times (17 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 37 \text{ cm} \\
 \text{Rissbreite: } w_k &= 0,25 \text{ mm} \\
 \text{Stabdurchmesser } d_s: &\quad \quad \quad \varnothing 20 \text{ mm, } \varnothing 25 \text{ mm, } \varnothing 28 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 20 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 193 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 25 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 25 \cdot 2,90 / 2,40 = 30,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 173 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 28 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 28 \cdot 2,90 / 2,40 = 33,8 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 163 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, oberer Grenzw.):

$\varnothing 20 \text{ mm}$:	$a_s = 2,40 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4 / 193$	$= 46,0 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$> 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	$= 20,4 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (193 \times 2)$	$= 52,8 \text{ cm}^2/\text{m}$
$\varnothing 25 \text{ mm}$:	$a_s = 2,40 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4 / 173$	$= 51,3 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$> 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	$= 20,4 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (173 \times 2)$	$= 59,0 \text{ cm}^2/\text{m}$
$\varnothing 28 \text{ mm}$:	$a_s = 2,40 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4 / 163$	$= 54,5 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$> 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	$= 20,4 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (163 \times 2)$	$= 62,6 \text{ cm}^2/\text{m}$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 20$ mm:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 157 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 25$ mm:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 1,60 = 45,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 141 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 28$ mm:

$$d_s^* = 28 \cdot 2,90 / 1,60 = 50,8$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 133 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, unterer Gr.w.):

$\varnothing 20$ mm:	$a_s = 1,60 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4 / 157$	= 37,7 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 13,6 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (157 \times 2)$	= 43,3 cm ² /m
$\varnothing 25$ mm:	$a_s = 1,60 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4 / 141$	= 42,0 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 13,6 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (141 \times 2)$	= 48,2 cm ² /m
$\varnothing 28$ mm:	$a_s = 1,60 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4 / 133$	= 44,5 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 13,6 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (133 \times 2)$	= 51,1 cm ² /m



2.3.2.3 Außenwände

Außenwände Bereich Dammkrone

Im Anschnitt zur Bodenplatte

$$\begin{aligned}
 h &\leq 1,90 \text{ m} > 0,80 \text{ m} \Rightarrow k = 0,500 \\
 d_1 &\approx (190 - 180) &= 10 \text{ cm} \\
 h/d_1 &= 190/10 &= 19,0 \\
 h_{c,ef} &= [2,5 + (5 - 2,5) \times (19,0 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 39,0 \text{ cm} \\
 \text{Rissbreite: } w_k &= 0,25 \text{ mm} \\
 \text{Stabdurchmesser } d_s &: \quad \varnothing 20 \text{ mm, } \varnothing 25 \text{ mm, } \varnothing 28 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 20 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 193 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 25 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 25 \cdot 2,90 / 2,40 = 30,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 173 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 28 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 28 \cdot 2,90 / 2,40 = 33,8 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 163 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, oberer Grenzw.):

$$\begin{aligned}
 \varnothing 20 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,39 \times 1,00 \times 10^4 / 193 &= 48,5 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,90 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 22,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,90 \times 1,00 \times 10^4 / (193 \times 2) &= 59,1 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \varnothing 25 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,39 \times 1,00 \times 10^4 / 173 &= 54,1 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,90 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 22,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,90 \times 1,00 \times 10^4 / (173 \times 2) &= 65,9 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \varnothing 28 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,39 \times 1,00 \times 10^4 / 163 &= 57,4 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,90 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 22,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,90 \times 1,00 \times 10^4 / (163 \times 2) &= 69,9 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 20 mm:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 157 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 25 mm:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 1,60 = 45,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 141 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 28 mm:

$$d_s^* = 28 \cdot 2,90 / 1,60 = 50,8$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 133 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, unterer Gr.w.):

$\varnothing$ 20 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,39 \times 1,00 \times 10^4 / 157$	= 39,7 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,90 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 15,2 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,90 \times 1,00 \times 10^4 / (157 \times 2)$	= 48,4 cm ² /m
$\varnothing$ 25 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,39 \times 1,00 \times 10^4 / 141$	= 44,3 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,90 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 15,2 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,90 \times 1,00 \times 10^4 / (141 \times 2)$	= 53,9 cm ² /m
$\varnothing$ 28 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,39 \times 1,00 \times 10^4 / 133$	= 46,9 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,90 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 15,2 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,90 \times 1,00 \times 10^4 / (133 \times 2)$	= 57,1 cm ² /m



Außenwände Bereich Stauwand

Im Anschnitt zur Bodenplatte

$$\begin{aligned} h &\leq 1,70 \text{ m} > 0,80 \text{ m} \Rightarrow k = 0,500 \\ d_1 &\approx (170 - 160) &= 10 \text{ cm} \\ h/d_1 &= 170/10 &= 17,0 \\ h_{c,ef} &= [2,5 + (5 - 2,5) \times (17,0 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 37,0 \text{ cm} \\ \text{Rissbreite:} &w_k &= 0,25 \text{ mm} \\ \text{Stabdurchmesser } d_s: &\emptyset 20 \text{ mm, } \emptyset 25 \text{ mm, } \emptyset 28 \text{ mm} \end{aligned}$$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned} d_s^* &= 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2 \\ \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 193 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 25 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned} d_s^* &= 25 \cdot 2,90 / 2,40 = 30,2 \\ \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 173 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 28 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned} d_s^* &= 28 \cdot 2,90 / 2,40 = 33,8 \\ \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 163 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, oberer Grenzw.):

$$\begin{aligned} \emptyset 20 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4 / 193 &= 46,0 \text{ cm}^2/\text{m} \\ &> 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 20,4 \text{ cm}^2/\text{m} \\ &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (193 \times 2) &= 52,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \emptyset 25 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4 / 173 &= 51,3 \text{ cm}^2/\text{m} \\ &> 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 20,4 \text{ cm}^2/\text{m} \\ &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (173 \times 2) &= 59,0 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \emptyset 28 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4 / 163 &= 54,5 \text{ cm}^2/\text{m} \\ &> 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 20,4 \text{ cm}^2/\text{m} \\ &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (163 \times 2) &= 62,6 \text{ cm}^2/\text{m} \end{aligned}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 20$ mm:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 157 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 25$ mm:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 1,60 = 45,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 141 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 28$ mm:

$$d_s^* = 28 \cdot 2,90 / 1,60 = 50,8$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 133 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, unterer Gr.w.):

$\varnothing 20$ mm:	$a_s = 1,60 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4 / 157$	= 37,7 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 13,6 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (157 \times 2)$	= 43,3 cm ² /m
$\varnothing 25$ mm:	$a_s = 1,60 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4 / 141$	= 42,0 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 13,6 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (141 \times 2)$	= 48,2 cm ² /m
$\varnothing 28$ mm:	$a_s = 1,60 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4 / 133$	= 44,5 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 13,6 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (133 \times 2)$	= 51,1 cm ² /m



Außenwände Bereich Berme UW

Im Anschnitt zur Bodenplatte

$$\begin{aligned}
 h &\leq 1,50 \text{ m} > 0,80 \text{ m} \Rightarrow k = 0,500 \\
 d_1 &\approx (150 - 140) &= 10 \text{ cm} \\
 h/d_1 &= 150/10 &= 15,0 \\
 h_{c,ef} &= [2,5 + (5 - 2,5) \times (15,0 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 35,0 \text{ cm} \\
 \text{Rissbreite:} &w_k &= 0,25 \text{ mm} \\
 \text{Stabdurchmesser } d_s: &\emptyset 20 \text{ mm, } \emptyset 25 \text{ mm, } \emptyset 28 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 193 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 25 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 25 \cdot 2,90 / 2,40 = 30,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 173 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 28 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 28 \cdot 2,90 / 2,40 = 33,8 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 163 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, oberer Grenzw.):

$\emptyset 20 \text{ mm}$:	$a_s = 2,40 \times 0,35 \times 1,00 \times 10^4 / 193$	$= 43,5 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$> 0,50 \times 2,40 \times 1,50 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	$= 18,0 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,50 \times 1,00 \times 10^4 / (193 \times 2)$	$= 46,6 \text{ cm}^2/\text{m}$
$\emptyset 25 \text{ mm}$:	$a_s = 2,40 \times 0,35 \times 1,00 \times 10^4 / 173$	$= 48,6 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$> 0,50 \times 2,40 \times 1,50 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	$= 18,0 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,50 \times 1,00 \times 10^4 / (173 \times 2)$	$= 52,0 \text{ cm}^2/\text{m}$
$\emptyset 28 \text{ mm}$:	$a_s = 2,40 \times 0,35 \times 1,00 \times 10^4 / 163$	$= 51,5 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$> 0,50 \times 2,40 \times 1,50 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	$= 18,0 \text{ cm}^2/\text{m}$
	$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,50 \times 1,00 \times 10^4 / (163 \times 2)$	$= 55,2 \text{ cm}^2/\text{m}$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 20 mm:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 157 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 25 mm:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 1,60 = 45,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 141 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 28 mm:

$$d_s^* = 28 \cdot 2,90 / 1,60 = 50,8$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 133 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, unterer Gr.w.):

$\varnothing$ 20 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,35 \times 1,00 \times 10^4 / 157$	= 35,7 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,50 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 12,0 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,50 \times 1,00 \times 10^4 / (157 \times 2)$	= 38,2 cm ² /m
$\varnothing$ 25 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,35 \times 1,00 \times 10^4 / 141$	= 39,7 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,50 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 12,0 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,50 \times 1,00 \times 10^4 / (141 \times 2)$	= 42,6 cm ² /m
$\varnothing$ 28 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,35 \times 1,00 \times 10^4 / 133$	= 42,1 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,50 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 12,0 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,50 \times 1,00 \times 10^4 / (133 \times 2)$	= 45,1 cm ² /m



Wandkopf zu den zuvor genannten Bereichen

$h = 0,80 \text{ m}$:

$$k = 0,80 - (0,8 - 0,5) \times (800 - 300) / (800 - 300) = 0,500$$

Rissbreite: $w_k = 0,25 \text{ mm}$

Stabdurchmesser d_s : $\emptyset 16 \text{ mm}, \emptyset 20 \text{ mm}$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 16 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 16 \cdot 2,90 / 2,40 = 19,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{19,3}} = 216 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 193 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 2,40 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (216 \times 2) = 22,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 2,40 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (193 \times 2) = 24,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 16 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 16 \cdot 2,90 / 1,60 = 29,0$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{29,0}} = 176 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 157 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 1,60 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (176 \times 2) = 18,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 1,60 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (157 \times 2) = 20,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Außenwände Zwischenbereich Stauwand-Berme OW

Im Anschnitt zur Bodenplatte

$$\begin{aligned}
 h &= 1,40 \text{ m} > 0,80 \text{ m} \Rightarrow k = 0,500 \\
 d_1 &\approx (140 - 130) &= 10 \text{ cm} \\
 h/d_1 &= 140/10 &= 14,0 \\
 h_{c,ef} &= [2,5 + (5 - 2,5) \times (14,0 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 34,0 \text{ cm} \\
 \text{Rissbreite:} &w_k &= 0,25 \text{ mm} \\
 \text{Stabdurchmesser } d_s: &\emptyset 20 \text{ mm, } \emptyset 25 \text{ mm, } \emptyset 28 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 193 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 25 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 25 \cdot 2,90 / 2,40 = 30,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 173 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 28 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 28 \cdot 2,90 / 2,40 = 33,8 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 163 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, oberer Grenzw.):

$$\begin{aligned}
 \emptyset 20 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4 / 193 &= 42,3 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 16,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (193 \times 2) &= 43,5 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \emptyset 25 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4 / 173 &= 47,2 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 16,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (173 \times 2) &= 48,6 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \emptyset 28 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4 / 163 &= 50,1 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 16,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (163 \times 2) &= 51,5 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 20 mm:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 157 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 25 mm:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 1,60 = 45,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 141 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 28 mm:

$$d_s^* = 28 \cdot 2,90 / 1,60 = 50,8$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 133 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, unterer Gr.w.):

$\varnothing$ 20 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4 / 157$	= 34,6 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 11,2 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (157 \times 2)$	= 35,7 cm ² /m
$\varnothing$ 25 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4 / 141$	= 38,6 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 11,2 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (141 \times 2)$	= 39,7 cm ² /m
$\varnothing$ 28 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4 / 133$	= 40,9 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 11,2 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (133 \times 2)$	= 42,1 cm ² /m



Außenwände Bereich Berme OW/Außenwände Bereich Berme UW-Ende Tosbecken

Im Anschnitt zur Bodenplatte

$$\begin{aligned} h &\leq 1,05 \text{ m} > 0,80 \text{ m} \Rightarrow k = 0,500 \\ d_1 &\approx (105 - 95) &= 10 \text{ cm} \\ h/d_1 &= 105/10 &= 10,5 \\ h_{c,ef} &= [2,5 + (5 - 2,5) \times (10,5 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 30,5 \text{ cm} \\ \text{Rissbreite:} &w_k &= 0,25 \text{ mm} \\ \text{Stabdurchmesser } d_s: &&\emptyset 20 \text{ mm, } \emptyset 25 \text{ mm, } \emptyset 28 \text{ mm} \end{aligned}$$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned} d_s^* &= 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2 \\ \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 193 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 25 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned} d_s^* &= 25 \cdot 2,90 / 2,40 = 30,2 \\ \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 173 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 28 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned} d_s^* &= 28 \cdot 2,90 / 2,40 = 33,8 \\ \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 163 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, oberer Grenzw.):

$$\begin{aligned} \emptyset 20 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,305 \times 1,00 \times 10^4 / 193 &= 37,9 \text{ cm}^2/\text{m} \\ &> 0,50 \times 2,40 \times 1,05 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 12,6 \text{ cm}^2/\text{m} \\ &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,05 \times 1,00 \times 10^4 / (193 \times 2) &= 32,6 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \emptyset 25 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,305 \times 1,00 \times 10^4 / 173 &= 42,3 \text{ cm}^2/\text{m} \\ &> 0,50 \times 2,40 \times 1,05 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 12,6 \text{ cm}^2/\text{m} \\ &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,05 \times 1,00 \times 10^4 / (173 \times 2) &= 36,4 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \emptyset 28 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,305 \times 1,00 \times 10^4 / 163 &= 44,9 \text{ cm}^2/\text{m} \\ &> 0,50 \times 2,40 \times 1,05 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 12,6 \text{ cm}^2/\text{m} \\ &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,05 \times 1,00 \times 10^4 / (163 \times 2) &= 38,7 \text{ cm}^2/\text{m} \end{aligned}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 20 mm:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 157 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 25 mm:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 1,60 = 45,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 141 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 28 mm:

$$d_s^* = 28 \cdot 2,90 / 1,60 = 50,8$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 133 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, unterer Gr.w.):

$\varnothing$ 20 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,305 \times 1,00 \times 10^4 / 157$	= 31,1 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,05 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 8,4 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,05 \times 1,00 \times 10^4 / (157 \times 2)$	= 26,8 cm ² /m
$\varnothing$ 25 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,305 \times 1,00 \times 10^4 / 141$	= 34,6 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,05 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 8,4 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,05 \times 1,00 \times 10^4 / (141 \times 2)$	= 29,8 cm ² /m
$\varnothing$ 28 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,305 \times 1,00 \times 10^4 / 133$	= 36,7 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,05 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	= 8,4 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,05 \times 1,00 \times 10^4 / (133 \times 2)$	= 31,6 cm ² /m



Außenwände Einlauf OW / Außenwände Auslauf UW

Im Anschnitt zur Bodenplatte

$h \leq 0,71 \text{ m}$:

$$k = 0,80 - (0,8 - 0,5) \times (710 - 300) / (800 - 300) = 0,554$$

Rissbreite: $w_k = 0,25 \text{ mm}$

Stabdurchmesser d_s : $\emptyset 16 \text{ mm}, \emptyset 20 \text{ mm}$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 16 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 16 \cdot 2,90 / 2,40 = 19,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{19,3}} = 216 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 193 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,554 \times 2,40 \times 0,71 \times 1,00 \times 10^4 / (216 \times 2) = 21,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,554 \times 2,40 \times 0,71 \times 1,00 \times 10^4 / (193 \times 2) = 24,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 16 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 16 \cdot 2,90 / 1,60 = 29,0$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{29,0}} = 176 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 157 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,554 \times 1,60 \times 0,71 \times 1,00 \times 10^4 / (176 \times 2) = 17,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,554 \times 1,60 \times 0,71 \times 1,00 \times 10^4 / (157 \times 2) = 20,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Wandkopf zu den zuvor genannten Bereichen

$h = 0,50 \text{ m}$:

$$k = 0,80 - (0,8 - 0,5) \times (500 - 300) / (800 - 300) = 0,680$$

Rissbreite: $w_k = 0,25 \text{ mm}$

Stabdurchmesser d_s : $\emptyset 14 \text{ mm}, \emptyset 16 \text{ mm}$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 14 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 14 \cdot 2,90 / 2,40 = 16,9$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{16,9}} = 231 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 16 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 16 \cdot 2,90 / 2,40 = 19,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{19,3}} = 216 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\emptyset 14 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (231 \times 2) = 17,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (216 \times 2) = 18,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 14 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 14 \cdot 2,90 / 1,60 = 25,4$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{25,4}} = 188 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 16 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 16 \cdot 2,90 / 1,60 = 29,0$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{29,0}} = 176 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\emptyset 14 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (188 \times 2) = 14,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (176 \times 2) = 15,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Außenwände-Flügelwände

$h = 0,50 \text{ m}$:

$$k = 0,80 - (0,8 - 0,5) \times (500 - 300) / (800 - 300) = 0,680$$

Rissbreite: $w_k = 0,25 \text{ mm}$

Stabdurchmesser d_s : $\emptyset 14 \text{ mm}, \emptyset 16 \text{ mm}$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 14 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 14 \cdot 2,90 / 2,40 = 16,9$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{16,9}} = 231 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 16 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 16 \cdot 2,90 / 2,40 = 19,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{19,3}} = 216 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\emptyset 14 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (231 \times 2) = 17,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (216 \times 2) = 18,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 14 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 14 \cdot 2,90 / 1,60 = 25,4$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{25,4}} = 188 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 16 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 16 \cdot 2,90 / 1,60 = 29,0$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{29,0}} = 176 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\emptyset 14 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (188 \times 2) = 14,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (176 \times 2) = 15,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$



2.3.2.4 Brückenplatte Dammkronenweg

Oberseite

$$\begin{aligned} h &\leq 0,86 \text{ m} > 0,80 \text{ m} \Rightarrow k = 0,500 \\ d_1 &\approx (86 - 76) &= 10 \text{ cm} \\ h/d_1 &= 86/10 &= 8,6 \\ h_{c,ef} &= [2,5 + (5 - 2,5) \times (8,6 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 28,6 \text{ cm} \\ \text{Rissbreite:} &w_k &= 0,20 \text{ mm} \\ \text{Stabdurchmesser } d_s: &&\emptyset 20 \text{ mm}, \emptyset 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned} d_s^* &= 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2 \\ \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{24,2}} = 173 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 25 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned} d_s^* &= 25 \cdot 2,90 / 2,40 = 30,2 \\ \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{30,2}} = 154 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, oberer Grenzw.):

$$\begin{aligned} \emptyset 20 \text{ mm:} \quad a_s &= 2,40 \times 0,286 \times 1,00 \times 10^4 / 173 &= 39,7 \text{ cm}^2/\text{m} \\ &> 0,50 \times 2,40 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 10,3 \text{ cm}^2/\text{m} \\ &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (173 \times 2) &= 29,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \emptyset 25 \text{ mm:} \quad a_s &= 2,40 \times 0,286 \times 1,00 \times 10^4 / 154 &= 44,6 \text{ cm}^2/\text{m} \\ &> 0,50 \times 2,40 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 10,3 \text{ cm}^2/\text{m} \\ &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (154 \times 2) &= 33,5 \text{ cm}^2/\text{m} \end{aligned}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 20$ mm:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{36,3}} = 141 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 25$ mm:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 1,60 = 45,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{45,3}} = 126 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, unterer Grenzw.):

$\varnothing 20$ mm:	$a_s = 1,60 \times 0,286 \times 1,00 \times 10^4 / 141$	=	32,5 cm ² /m
	$> 0,50 \times 1,60 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	=	6,9 cm ² /m
	$< 1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (141 \times 2)$	=	24,4 cm ² /m
$\varnothing 25$ mm:	$a_s = 1,60 \times 0,286 \times 1,00 \times 10^4 / 126$	=	36,3 cm ² /m
	$> 0,50 \times 1,60 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	=	6,9 cm ² /m
	$< 1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (126 \times 2)$	=	27,3 cm ² /m



Unterseite

$$h \leq 0,86 \text{ m} > 0,80 \text{ m} \Rightarrow k = 0,500$$

$$d_1 \approx (86 - 76) = 10 \text{ cm}$$

$$h/d_1 = 86/10 = 8,6$$

$$h_{c,ef} = [2,5 + (5 - 2,5) \times (8,6 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 28,6 \text{ cm}$$

$$\text{Rissbreite: } w_k = 0,25 \text{ mm}$$

$$\text{Stabdurchmesser } d_s: \quad \varnothing 20 \text{ mm, } \varnothing 25 \text{ mm}$$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 20 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 193 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 25 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 2,40 = 30,2$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 173 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, oberer Grenzw.):

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 2,40 \times 0,286 \times 1,00 \times 10^4 / 193 = 35,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$> 0,50 \times 2,40 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) = 10,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (193 \times 2) = 26,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 25 \text{ mm: } a_s = 2,40 \times 0,286 \times 1,00 \times 10^4 / 173 = 39,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$> 0,50 \times 2,40 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) = 10,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (173 \times 2) = 29,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 20 mm:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 157 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 25 mm:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 1,60 = 45,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 141 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, unterer Grenzw.):

$\varnothing$ 20 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,286 \times 1,00 \times 10^4 / 157$	=	29,2 cm ² /m
	$> 0,50 \times 1,60 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	=	6,9 cm ² /m
	$< 1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (157 \times 2)$	=	27,2 cm ² /m
$\varnothing$ 25 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,286 \times 1,00 \times 10^4 / 141$	=	32,5 cm ² /m
	$> 0,50 \times 1,60 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	=	6,9 cm ² /m
	$< 1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (141 \times 2)$	=	24,4 cm ² /m



2.3.2.5 Brückenplatten Bermenwege

Oberseite

$h \leq 0,75 \text{ m}$:

$$k = 0,80 - (0,8 - 0,5) \times (750 - 300) / (800 - 300) = 0,530$$

Rissbreite: $w_k = 0,20 \text{ mm}$

Stabdurchmesser d_s : $\emptyset 20 \text{ mm}, \emptyset 25 \text{ mm}$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{24,2}} = 173 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 25 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 2,40 = 30,2$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{30,2}} = 154 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 2,40 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (173 \times 2) = 27,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 25 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 2,40 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (154 \times 2) = 31,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{36,3}} = 141 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 25 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 1,60 = 45,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{45,3}} = 126 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 1,60 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (141 \times 2) = 22,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 25 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 1,60 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (126 \times 2) = 25,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterseite $h \leq 0,75 \text{ m:}$

$$k = 0,80 - (0,8 - 0,5) \times (750 - 300) / (800 - 300) = 0,530$$

Rissbreite: $w_k = 0,25 \text{ mm}$ Stabdurchmesser d_s : $\emptyset 20 \text{ mm}, \emptyset 25 \text{ mm}$ Oberer Grenzwert:Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 193 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 25 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 2,40 = 30,2$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 173 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 2,40 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (193 \times 2) = 24,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 25 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 2,40 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (173 \times 2) = 27,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 157 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 25 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 1,60 = 45,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 141 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 1,60 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (157 \times 2) = 20,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 25 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 1,60 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (141 \times 2) = 22,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$



2.3.2.6 Stauwand

$h = 0,80 \text{ m}$:

$$k = 0,80 - (0,8 - 0,5) \times (800 - 300) / (800 - 300) = 0,500$$

Rissbreite: $w_k = 0,25 \text{ mm}$

Stabdurchmesser d_s : $\emptyset 16 \text{ mm}, \emptyset 20 \text{ mm}$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 16 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 16 \cdot 2,90 / 2,40 = 19,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{19,3}} = 216 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 193 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 2,40 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (216 \times 2) = 22,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 2,40 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (193 \times 2) = 24,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 16 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 16 \cdot 2,90 / 1,60 = 29,0$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{29,0}} = 176 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 157 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 1,60 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (176 \times 2) = 18,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 1,60 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (157 \times 2) = 20,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$



2.3.2.7 Staubalken

$$\begin{aligned}
 h &= 2,00 \text{ m} > 0,80 \text{ m} \Rightarrow k = 0,500 \\
 d_1 &\approx (200 - 190) &= 10 \text{ cm} \\
 h/d_1 &= 200/10 &= 20,0 \\
 h_{c,ef} &= [2,5 + (5 - 2,5) \times (20,0 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 40,0 \text{ cm} \\
 \text{Rissbreite: } w_k &= 0,25 \text{ mm} \\
 \text{Stabdurchmesser } d_s: &\varnothing 20 \text{ mm, } \varnothing 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 20 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 193 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 25 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 25 \cdot 2,90 / 2,40 = 30,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 173 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 28 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 28 \cdot 2,90 / 2,40 = 33,8 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 163 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (oberer Grenzw.):

Die Bewehrung wird auf dem Umfang des gesamten Querschnitts verteilt.

$$\text{Umfang: } L_{\text{Umf}} = \pi \times 1,00 + 2,05 + 0,60 + 1,30 + 0,566 + 1,00 + (3,75 - 0,80) = 11,61 \text{ m}$$

$$\text{Querschnitt Wirkungsbereich: } A_{c,eff} = 11,61 \times 0,40 = 4,64 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Querschnitt gesamt: } A_{ct} &= \pi \times 1,00^2/2 + 3,75 \times 2,00 - 1,70 \times 0,60 - 0,40^2/2 \\
 &= 7,97 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varnothing 20 \text{ mm: } A_s &= 2,40 \times 4,64 \times 10^4 / 193 &= 577,4 \text{ cm}^2 \\
 a_s &= 577,4 / 11,61 &= 49,7 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 7,97 \times 10^4 / 500 &= 191,3 \text{ cm}^2 \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 7,97 \times 10^4 / 193 &= 495,5 \text{ cm}^2 \\
 \varnothing 25 \text{ mm: } A_s &= 2,40 \times 4,64 \times 1,00 \times 10^4 / 173 &= 643,7 \text{ cm}^2 \\
 a_s &= 643,7 / 11,61 &= 55,4 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 7,97 \times 10^4 / 500 &= 191,3 \text{ cm}^2 \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 7,97 \times 10^4 / 173 &= 552,8 \text{ cm}^2 \\
 \varnothing 28 \text{ mm: } A_s &= 2,40 \times 4,64 \times 1,00 \times 10^4 / 163 &= 683,2 \text{ cm}^2 \\
 a_s &= 683,2 / 11,61 &= 58,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 7,97 \times 10^4 / 500 &= 191,3 \text{ cm}^2 \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 7,97 \times 10^4 / 163 &= 586,7 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 20$ mm:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 157 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 25$ mm:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 1,60 = 45,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 141 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 28$ mm:

$$d_s^* = 28 \cdot 2,90 / 1,60 = 50,8$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 133 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (unterer Grenzw.):

Die Bewehrung wird auf dem Umfang des gesamten Querschnitts verteilt.

$$\text{Umfang: } L_{\text{Umf}} = \pi \times 1,00 + 2,05 + 0,60 + 1,30 + 0,566 + 1,00 + (3,75 - 0,80) = 11,61 \text{ m}$$

$$\text{Querschnitt Wirkungsbereich: } A_{c,\text{eff}} = 11,61 \times 0,40 = 4,64 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Querschnitt gesamt: } A_{\text{ct}} &= \pi \times 1,00^2 / 2 + 3,75 \times 2,00 - 1,70 \times 0,60 - 0,40^2 / 2 \\ &= 7,97 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$\varnothing 20$ mm:	$A_s = 1,60 \times 4,64 \times 10^4 / 157$	= 472,9 cm ²
	$a_s = 472,9 / 11,61$	= 40,7 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 7,97 \times 10^4 / 500$	= 127,5 cm ²
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 7,97 \times 10^4 / 157$	= 406,1 cm ²
$\varnothing 25$ mm:	$A_s = 1,60 \times 4,64 \times 1,00 \times 10^4 / 141$	= 526,5 cm ²
	$a_s = 526,5 / 11,61$	= 45,4 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 7,97 \times 10^4 / 500$	= 127,5 cm ²
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 7,97 \times 10^4 / 141$	= 452,2 cm ²
$\varnothing 28$ mm:	$A_s = 1,60 \times 4,64 \times 1,00 \times 10^4 / 133$	= 558,2 cm ²
	$a_s = 558,2 / 11,61$	= 48,1 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 7,97 \times 10^4 / 500$	= 127,5 cm ²
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 7,97 \times 10^4 / 133$	= 479,4 cm ²



2.3.2.8 Trennpfeiler OW

$$\begin{aligned}
 h &= 3,10 \text{ m} > 0,80 \text{ m} \Rightarrow k = 0,500 \\
 d_1 &\approx (310 - 300) &= 10 \text{ cm} \\
 h/d_1 &= 310/10 &= 31,0 \\
 h_{c,ef} &= [2,5 + (5 - 2,5) \times (31,0 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 51,0 \text{ cm} > 50,0 \text{ cm} \\
 \text{Rissbreite: } w_k &= 0,25 \text{ mm} \\
 \text{Stabdurchmesser } d_s: &\quad \quad \quad \varnothing 25 \text{ mm, } \varnothing 28 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 25 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 25 \cdot 2,90 / 2,40 = 30,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 173 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 28 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 28 \cdot 2,90 / 2,40 = 33,8 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 163 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, oberer Grenzw.):

$$\begin{aligned}
 \varnothing 25 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / 173 &= 69,4 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 3,10 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 37,2 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 3,10 \times 1,00 \times 10^4 / (173 \times 2) &= 107,5 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \varnothing 28 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / 163 &= 73,6 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 3,10 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 37,2 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 3,10 \times 1,00 \times 10^4 / (163 \times 2) &= 114,1 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 25$ mm:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 1,60 = 45,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 141 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 28$ mm:

$$d_s^* = 28 \cdot 2,90 / 1,60 = 50,8$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 133 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, unterer Gr.w.):

$\varnothing 25$ mm:	$a_s = 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / 141$	=	56,7 cm ² /m
	$> 0,50 \times 1,60 \times 3,10 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	=	24,8 cm ² /m
	$< 1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 3,10 \times 1,00 \times 10^4 / (141 \times 2)$	=	87,9 cm ² /m
$\varnothing 28$ mm:	$a_s = 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / 133$	=	60,2 cm ² /m
	$> 0,50 \times 1,60 \times 3,10 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2)$	=	24,8 cm ² /m
	$< 1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 3,10 \times 1,00 \times 10^4 / (133 \times 2)$	=	93,2 cm ² /m



2.3.2.9 Trennpfeiler UW

Bereich unter Antriebsraum

$h = 0,50 \text{ m}$:

$$k = 0,80 - (0,8 - 0,5) \times (500 - 300) / (800 - 300) = 0,680$$

Rissbreite: $w_k = 0,25 \text{ mm}$

Stabdurchmesser d_s : $\emptyset 14 \text{ mm}, \emptyset 16 \text{ mm}$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 14 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 14 \cdot 2,90 / 2,40 = 16,9$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{16,9}} = 231 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 16 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 16 \cdot 2,90 / 2,40 = 19,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{19,3}} = 216 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\emptyset 14 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (231 \times 2) = 17,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (216 \times 2) = 18,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 14 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 14 \cdot 2,90 / 1,60 = 25,4$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{25,4}} = 188 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 16 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 16 \cdot 2,90 / 1,60 = 29,0$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{29,0}} = 176 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\emptyset 14 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (188 \times 2) = 14,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (176 \times 2) = 15,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Bereich hinter Antriebsraum / Übergang zur Trennwand

$$\begin{aligned}
 h &= 1,00 \text{ m} > 0,80 \text{ m} \Rightarrow k = 0,500 \\
 d_1 &\approx (100 - 90) &= 10 \text{ cm} \\
 h/d_1 &= 100/10 &= 10,0 \\
 h_{c,ef} &= [2,5 + (5 - 2,5) \times (10,0 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 30,0 \text{ cm} \\
 \text{Rissbreite: } w_k &= 0,25 \text{ mm} \\
 \text{Stabdurchmesser } d_s &: \varnothing 20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 20 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 193 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, oberer Grenzw.):

$$\begin{aligned}
 \varnothing 20 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,30 \times 1,00 \times 10^4 / 193 &= 37,3 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,00 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 12,0 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,00 \times 1,00 \times 10^4 / (193 \times 2) &= 31,1 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 20 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 157 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Mindestbewehrung für den Wirkungsbereich der Bewehrung (halben Querschnitt, unterer Gr.w.):

$$\begin{aligned}
 \varnothing 20 \text{ mm: } a_s &= 1,60 \times 0,30 \times 1,00 \times 10^4 / 157 &= 30,6 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 1,60 \times 1,00 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 8,0 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,00 \times 1,00 \times 10^4 / (157 \times 2) &= 25,5 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$



2.3.2.10 Trennwand

Wände

$h = 0,60 \text{ m}$:

$$k = 0,80 - (0,8 - 0,5) \times (600 - 300) / (800 - 300) = 0,620$$

Rissbreite: $w_k = 0,25 \text{ mm}$

Stabdurchmesser d_s : $\emptyset 16 \text{ mm}, \emptyset 20 \text{ mm}$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 16 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 16 \cdot 2,90 / 2,40 = 19,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{19,3}} = 216 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 193 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,620 \times 2,40 \times 0,60 \times 1,00 \times 10^4 / (216 \times 2) = 20,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,620 \times 2,40 \times 0,60 \times 1,00 \times 10^4 / (193 \times 2) = 23,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 16 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 16 \cdot 2,90 / 1,60 = 29,0$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{29,0}} = 176 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 157 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,620 \times 1,60 \times 0,60 \times 1,00 \times 10^4 / (176 \times 2) = 16,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,620 \times 1,60 \times 0,60 \times 1,00 \times 10^4 / (157 \times 2) = 19,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$



2.3.2.11 Antriebskammer

Wände

$h = 0,50 \text{ m}$:

$k = 0,80 - (0,8 - 0,5) \times (500 - 300) / (800 - 300)$

$= 0,680$

Rissbreite: $w_k = 0,20 \text{ mm}$

Stabdurchmesser d_s : $\emptyset 14 \text{ mm}, \emptyset 16 \text{ mm}, \emptyset 20 \text{ mm}, \emptyset 25 \text{ mm}$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 14 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 14 \cdot 2,90 / 2,40 = 16,9$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{16,9}} = 206 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 16 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 16 \cdot 2,90 / 2,40 = 19,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{19,3}} = 193 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 2,40 = 24,2$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{24,2}} = 173 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 25 \text{ mm}$:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 2,40 = 30,2$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{30,2}} = 154 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\emptyset 14 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (206 \times 2) = 19,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (193 \times 2) = 21,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (173 \times 2) = 23,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 25 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (154 \times 2) = 26,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 14 mm:

$$d_s^* = 14 \cdot 2,90 / 1,60 = 25,4$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{25,4}} = 168 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 16 mm:

$$d_s^* = 16 \cdot 2,90 / 1,60 = 29,0$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{29,0}} = 158 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 20 mm:

$$d_s^* = 20 \cdot 2,90 / 1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{36,3}} = 141 \text{ N / mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing$ 25 mm:

$$d_s^* = 25 \cdot 2,90 / 1,60 = 45,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{45,3}} = 126 \text{ N / mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\varnothing 14 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (168 \times 2) = 16,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (158 \times 2) = 17,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (141 \times 2) = 19,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 25 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (126 \times 2) = 21,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Platte Fußboden

$h = 0,40 \text{ m}$:

$k = 0,80 - (0,8 - 0,5) \times (400 - 300)/(800 - 300)$

$= 0,740$

Rissbreite: $w_k = 0,20 \text{ mm}$

Stabdurchmesser d_s : $\emptyset 14 \text{ mm}, \emptyset 16 \text{ mm}, \emptyset 20 \text{ mm}, \emptyset 25 \text{ mm}$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannungen siehe Berechnung Wände Antriebskammer.

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$\emptyset 14 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,740 \times 2,40 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (206 \times 2) = 17,2 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\emptyset 16 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,740 \times 2,40 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (193 \times 2) = 18,4 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\emptyset 20 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,740 \times 2,40 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (173 \times 2) = 20,5 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\emptyset 25 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,740 \times 2,40 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (154 \times 2) = 23,1 \text{ cm}^2/\text{m}$

Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannungen siehe Berechnung Wände Antriebskammer.

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$\emptyset 14 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,740 \times 1,60 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (168 \times 2) = 14,1 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\emptyset 16 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,740 \times 1,60 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (158 \times 2) = 15,0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\emptyset 20 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,740 \times 1,60 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (141 \times 2) = 16,8 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\emptyset 25 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,740 \times 1,60 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (126 \times 2) = 18,8 \text{ cm}^2/\text{m}$

2.4 FEM-Berechnung Gesamtsystem

2.4.1 System

Das zweizügige Auslassbauwerk wird als Gesamtsystem mit der FE-Methode abgebildet. Die Außenwände und die Trennpfeiler sind durch Nischen geschwächt. Die Bodenplatte besitzt eine Dicke von 1,40 m. Die Außenwände und der Trennpfeiler werden durch den Staubalken und die Deckenplatten gekoppelt.

Das Bauwerk wird auf der Bodenplatte elastisch gebettet gelagert, wobei neben der vertikalen Bettung auch eine horizontale Bettung generiert wird, die die Reibung zwischen Bodenplatte und Baugrube simuliert, um die resultierenden horizontalen Auflagerkräfte ableiten zu können. Der Bettungswert für die vertikale Bettung wird entsprechend Lastenheft, Abschnitt 2.4 mit dem Wert $k_{s,Talschotter} = 10,0 \text{ MN/m}^3$ angesetzt. Für die horizontale Bettung wird der Wert der vertikalen Bettung mit dem Reibbeiwert multipliziert, der sich aus dem Tangens des Reibungswinkels der an UK Bodenplatte vorhandenen Bodenschicht ergibt:

$$k_{s,Talschotter} = 10 \text{ MN/m}^3 \quad \Rightarrow \quad k_{sh,Talschotter} = 10 \times \tan 30^\circ \approx 5,0 \text{ MN/m}^3$$

Zur Erfassung der gesamten gebetteten Bodenfläche wird die Generierung der Bodenplatte bis zur Außenkante der Wände vorgenommen. Die Außenwände werden bis zur Unterkante der Bodenplatte abgebildet. Im Programm werden die Knoten der FE-Elemente auf der Unterkante der Bodenplatte bzw. auf der Innenseite der Wände definiert. Durch die Definition der Lage der Elemente in Bezug auf die Knoten (z.B. „INNEN“ bei den Außenwänden) und der angegebenen Dicke wird der genaue Verlauf der Systemlinie und damit die jeweiligen Versätze vom Programm automatisch erfasst. Der Trennpfeiler im Oberwasser mit einer Breite von 3,10 m wird mit zwei Schalen generiert, die jeweils eine Dicke von 1,55 m haben. Der oberwasserseitige Halbkreis wird ebenfalls mit einer Schale abgebildet, für die eine reduzierte Dicke $h = 2 \times 1,55 / 3 \approx 1,00 \text{ m}$ angesetzt wird. Die Definition der Knoten erfolgt auf der Außenseite des Mittelpfeilers, um damit die Anschnittslinien für die Bemessung der Bodenplatte erfassen zu können.

Bei der Einteilung der jeweiligen Flächen werden die Anschnittskanten generiert, um die genaue Lage der Bemessungsschnitte zu erhalten.

Es entstehen Überlappungen am Übergang der Wand- bzw. Trennpfeiler- zu dem Bodenplattenbereich. Damit das Gewicht der Bauteile im Überlappungsbereich nicht doppelt angesetzt wird, wird für die aufgehenden Wände und Trennpfeiler bis zu den o. g. Anschnittskanten ein modifiziertes Betonmaterial mit einer Wichte von $0,000 \text{ kN/m}^3$ definiert.

Ansichten 3D-Modell:

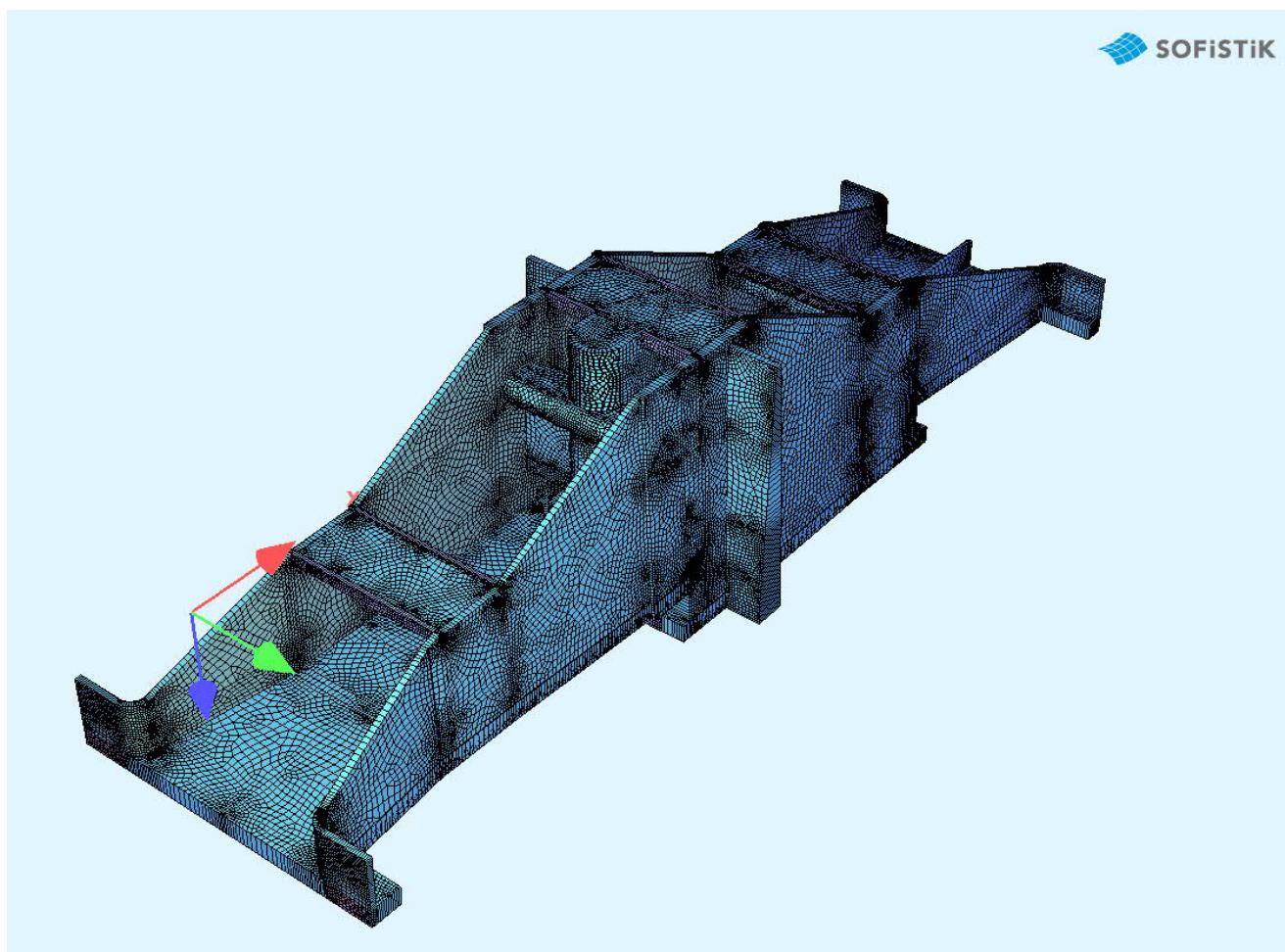


Bild 1: Isometrie von Oberwasser

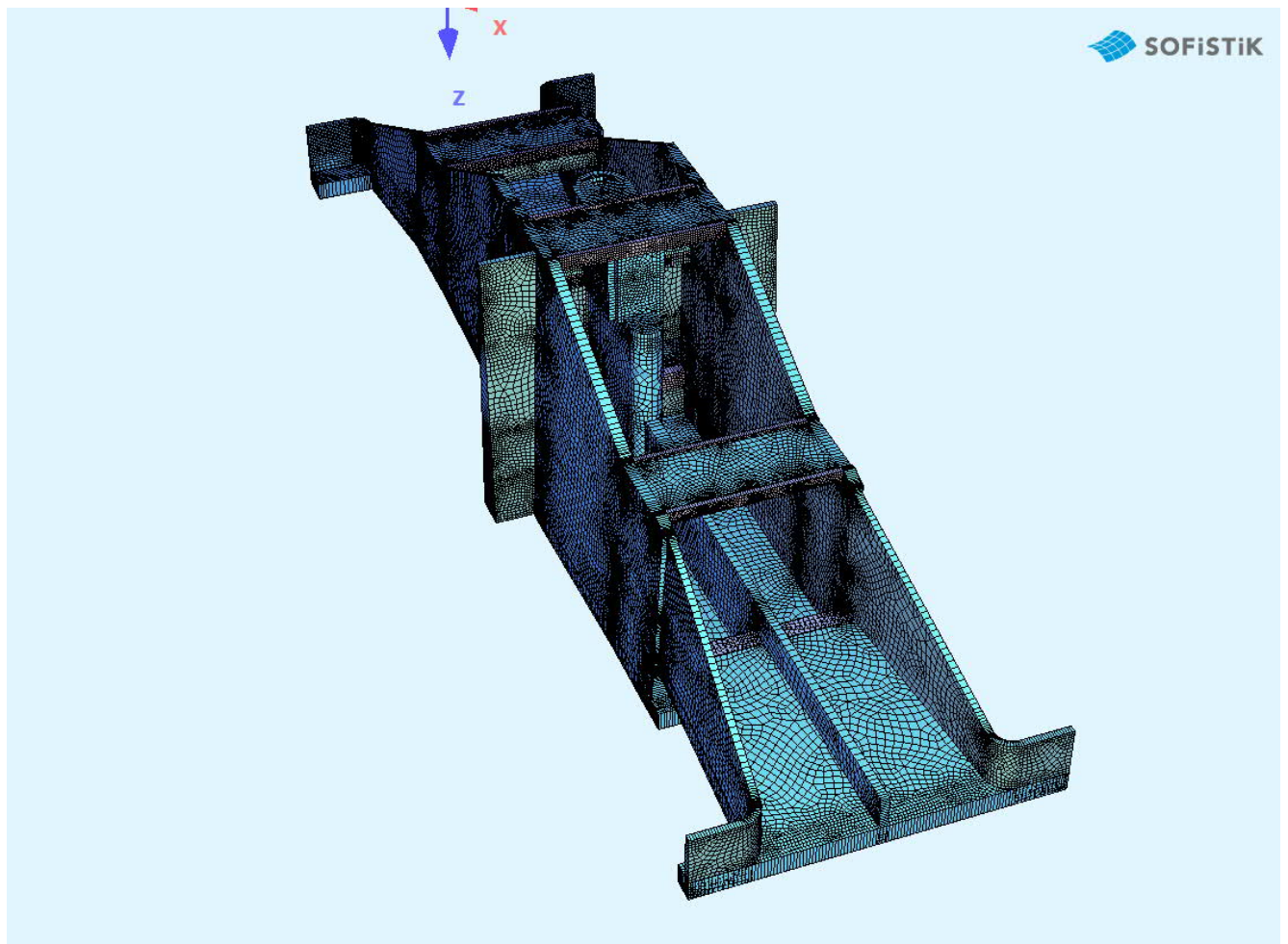


Bild 2: Isometrie von Unterwasser

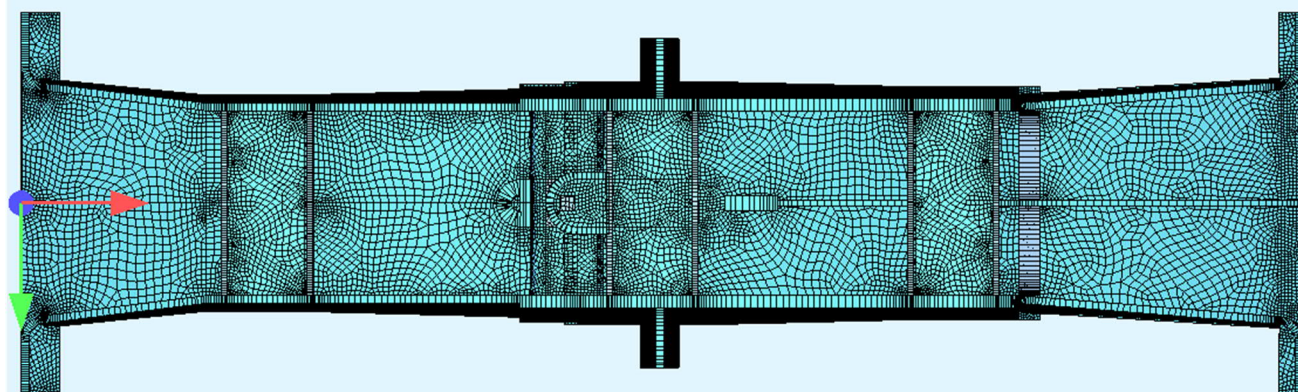


Bild 3: Draufsicht

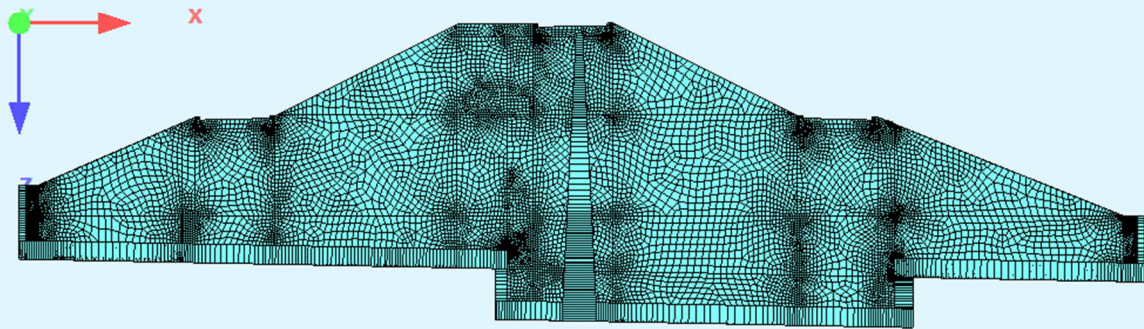


Bild 4: Seitenansicht

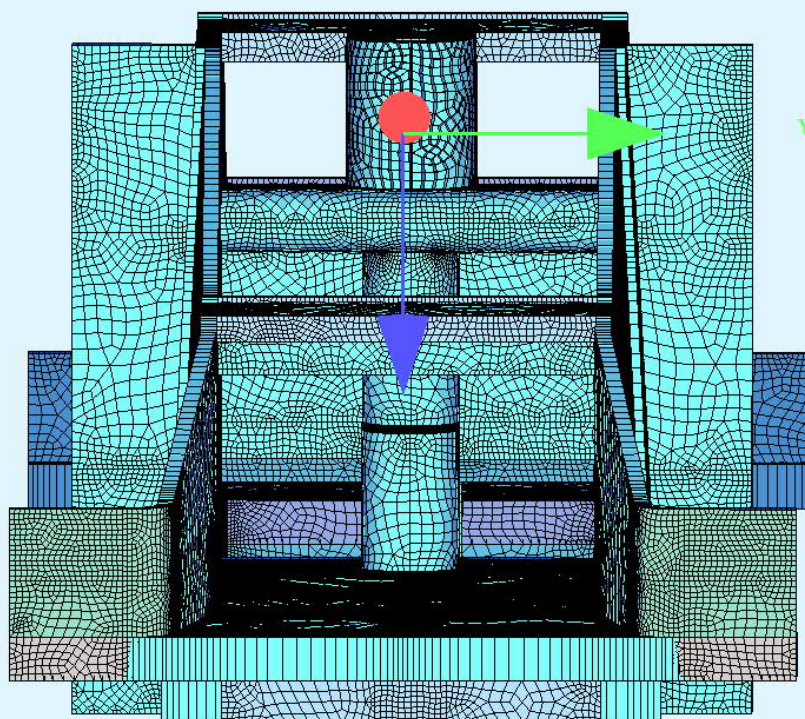


Bild 5: Vorderansicht

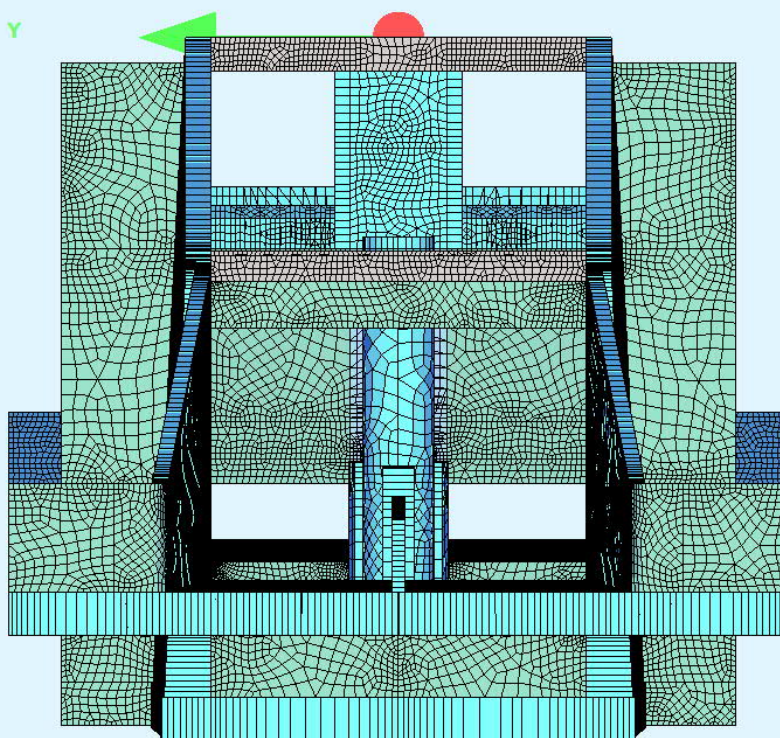


Bild 6: Rückansicht

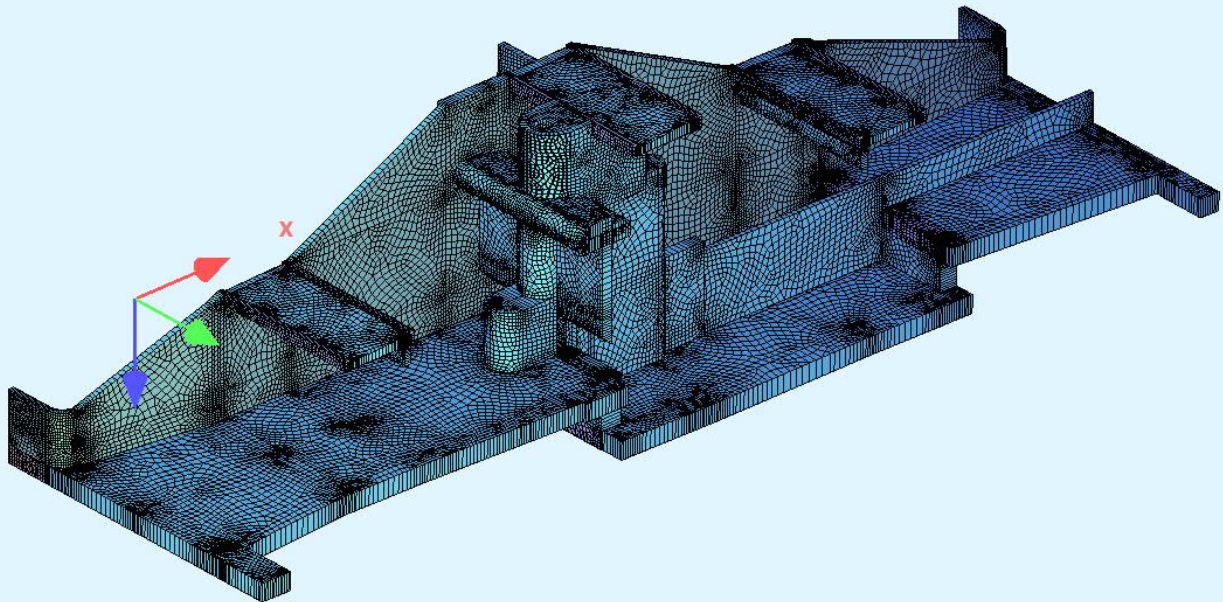


Bild 7: Isometrie von Oberwasser - eine Außenwand ausgeblendet

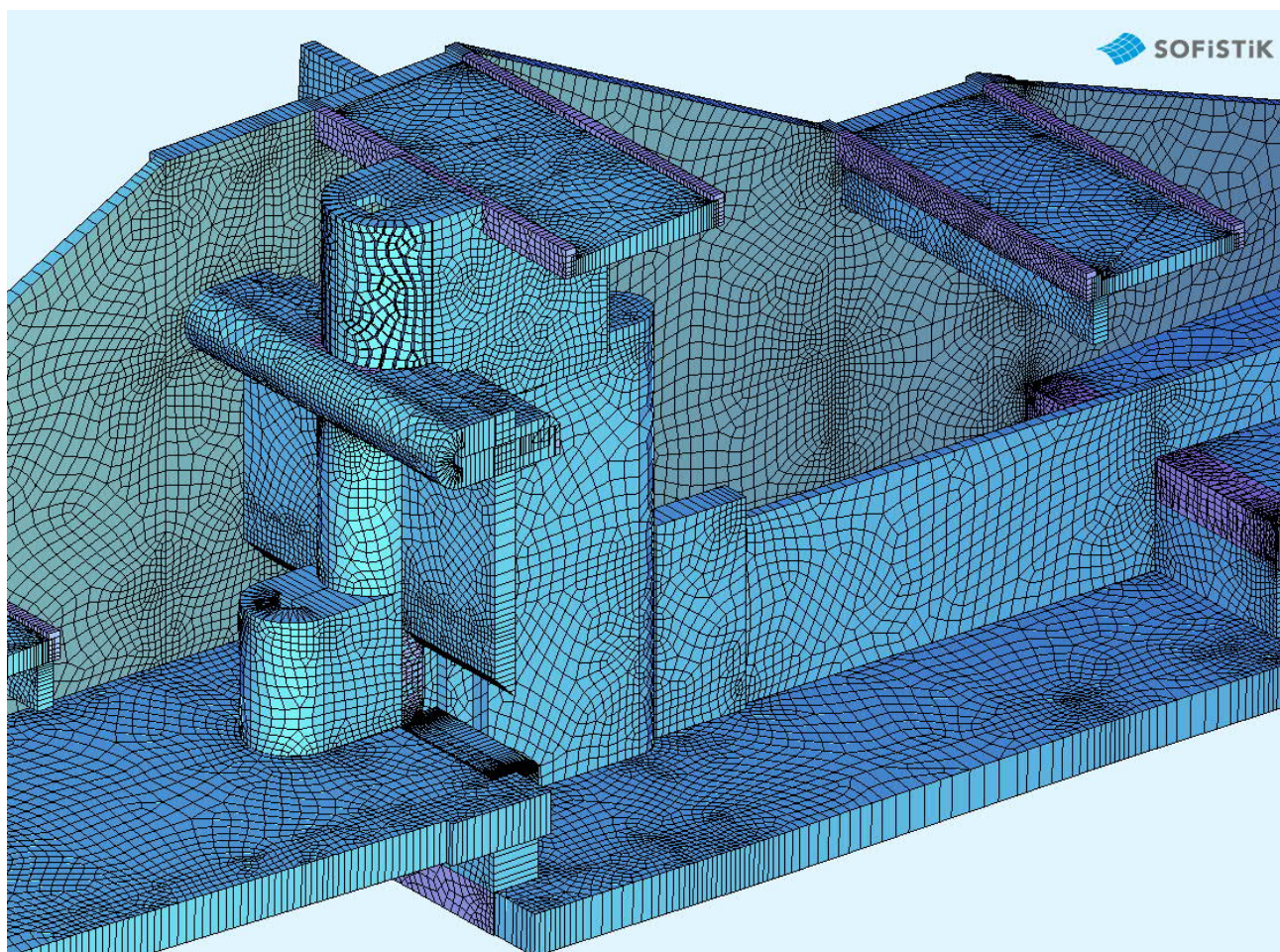


Bild 8: Isometrie von Oberwasser - Ausschnitt - eine Außenwand ausgeblendet

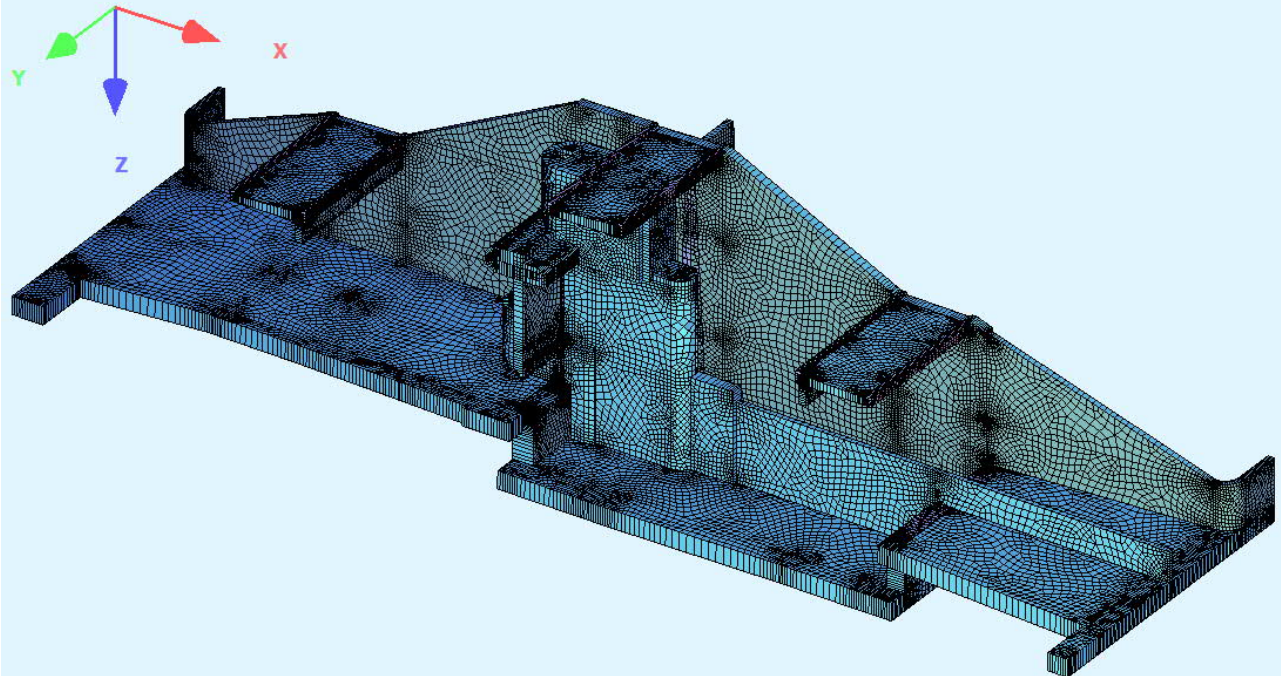


Bild 9: Isometrie von Unterwasser - eine Außenwand ausgeblendet

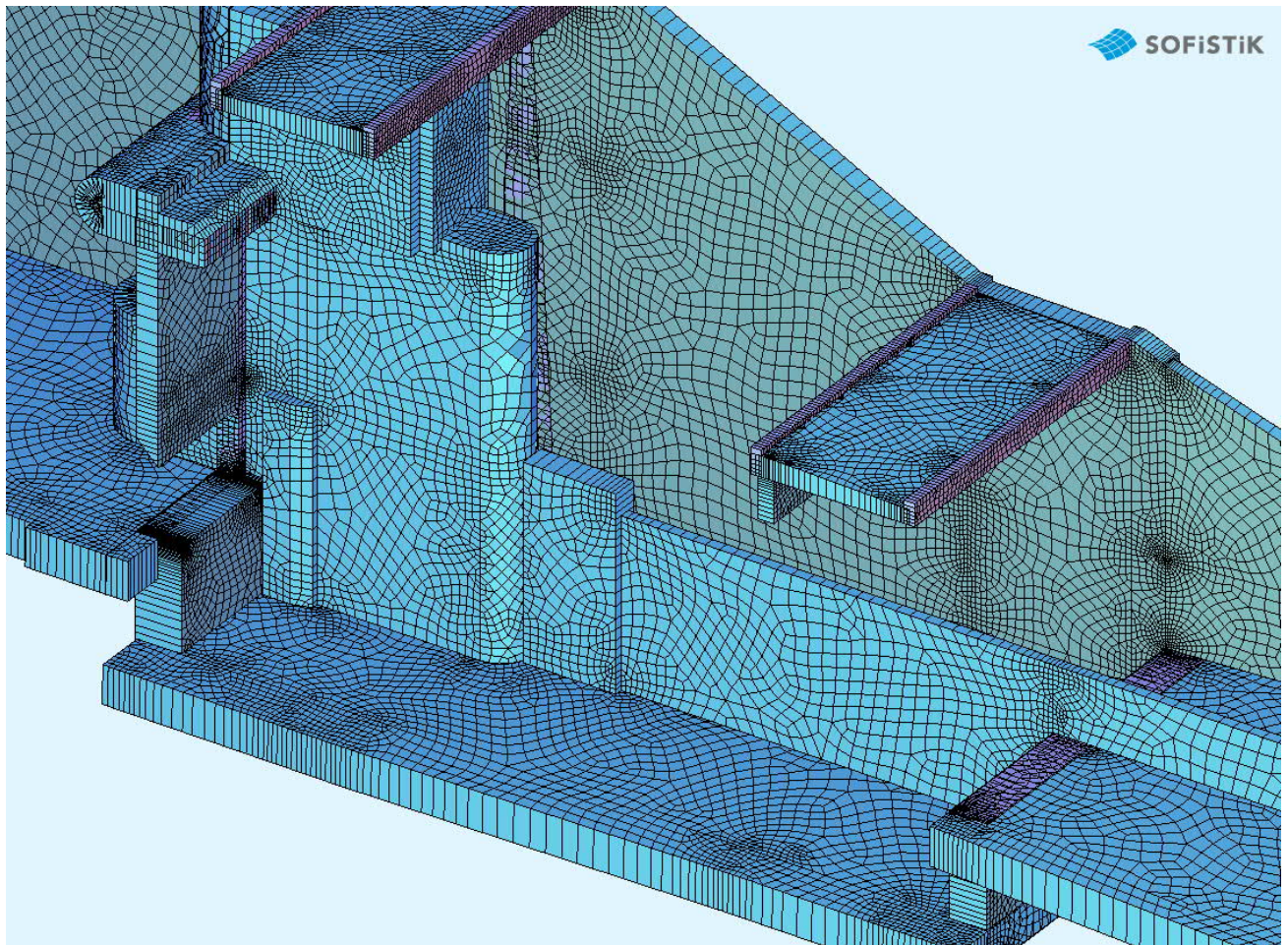


Bild 10: Isometrie von Unterwasser - Ausschnitt - eine Außenwand ausgeblendet



2.4.2 Einwirkungen

2.4.2.1 Vorbemerkungen

Es wird für jede Einwirkung ein eigener Lastfall definiert.

Bei den Lastfällen für die Einwirkung aus Wasser wird zwischen den Einwirkungen des Wassers innerhalb des Auslassbauwerkes sowie dem Grundwasser unterschieden, deren Wasserstände unmittelbar voneinander abhängig sind.

Zu den verschiedenen Grundwasserständen (aus Z_v und ohne Wasserdruckansatz) gibt es die jeweils zugehörigen Erddruckansätze, die ebenfalls in getrennten Lastfällen erfasst werden.

Die Verkehrslasteinwirkung unterteilt sich in die flächige Verkehrslast (UDL) und das Tandem-System. Die flächige Verkehrslast wird separat für jede Überfahrt in 3 Lastfällen erfasst. Es werden für die Überfahrten im Bereich der oberwasserseitigen und unterwasserseitigen Bermen je 5 Lastfälle mit unterschiedlichen Laststellungen für das Tandem-System generiert, die jedoch nicht gleichzeitig auftreten. Die Laststellungen 1 und 5 erzeugen die maximale Auflagerkraft für die Außenwände, die Laststellungen 2 und 4 die maximale Querkraftbeanspruchung und die Laststellung 3 die maximale Momentenbeanspruchung im Feld. Für die Überfahrt im Bereich der Dammkrone sind 11 Lastfälle mit unterschiedlichen Laststellungen für das Tandemsystem erforderlich. Für die Laststellungen aus dem SLW 30 gilt dies entsprechend.

Nachfolgend werden die einzelnen Lastfälle aufgelistet:

- LF 101: Eigengewicht Konstruktion
- LF 102: Eigengewicht Sohlaufasten
- LF 201: GW Wände BHW = Z_v (+320,55 mNN im OW)
- LF 211: GW Sohle BHW = Z_v (+320,55 mNN im OW)
- LF 221: Innendruck Wände BHW = Z_v (+320,55 mNN im OW)
- LF 231: Wasserauflast Sohle BHW = Z_v (+320,55 mNN im OW)
- LF 301: Erddruck E_{0g} bei BHW = Z_v (+320,55 mNN im OW)
- LF 302: Erddruck E_{0g} im Normalfall (kein Wasserdruckansatz)
- LF 311: Verdichtungserddruck E_{0gv} im Normalfall (kein Wasserdruckansatz)
- LF 321: Erddruck E_{0q} - großflächige Gleichlast $q = 10,0 \text{ kN/m}^2$ links
- LF 322: Erddruck E_{0q} - großflächige Gleichlast $q = 10,0 \text{ kN/m}^2$ rechts
- LF 331: Erddruck E_{0q} - SLW 30 mit großflächiger Gleichlast $q = 10,0 \text{ kN/m}^2$ daneben links
- LF 332: Erddruck E_{0q} - SLW 30 mit großflächiger Gleichlast $q = 10,0 \text{ kN/m}^2$ daneben rechts
- LF 401: Flächenverkehrslast LM 1-UDL - Überfahrt Bermenweg OW
- LF 402: Flächenverkehrslast LM 1-UDL - Überfahrt Dammkronenweg
- LF 403: Flächenverkehrslast LM 1-UDL - Überfahrt Bermenweg UW
- LF 411: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 1
- LF 412: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 2
- LF 413: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 3
- LF 414: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 4
- LF 415: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 5

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V3.2 Rott	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.75



- LF 421: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 1
- LF 422: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 2
- LF 423: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 3
- LF 424: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 4
- LF 425: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 5
- LF 426: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 6
- LF 427: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 7
- LF 428: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 8
- LF 429: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 9
- LF 430: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 10
- LF 431: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 11

- LF 441: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 1
- LF 442: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 2
- LF 443: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 3
- LF 444: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 4
- LF 445: Verkehrslast LM 1-TS - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 5

- LF 451: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 1
- LF 452: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 2
- LF 453: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 3
- LF 454: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 4
- LF 455: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 5

- LF 461: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 1
- LF 462: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 2
- LF 463: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 3
- LF 464: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 4
- LF 465: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 5
- LF 466: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 6
- LF 467: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Dammkronenweg - Laststellung 7

- LF 471: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 1
- LF 472: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 2
- LF 473: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 3
- LF 474: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 4
- LF 475: Verkehrslast SLW 30 - Überfahrt Bermenweg OW - Laststellung 5

- LF 481: Verkehrslast LM 1 Bremslast - Laststellung 1.1 (vom Erdreich weg)
- LF 482: Verkehrslast LM 1 Bremslast - Laststellung 1.2 (zum Erdreich hin)
- LF 483: Verkehrslast LM 1 Bremslast - Laststellung 5.1 (vom Erdreich weg)
- LF 484: Verkehrslast LM 1 Bremslast - Laststellung 5.2 (zum Erdreich hin)

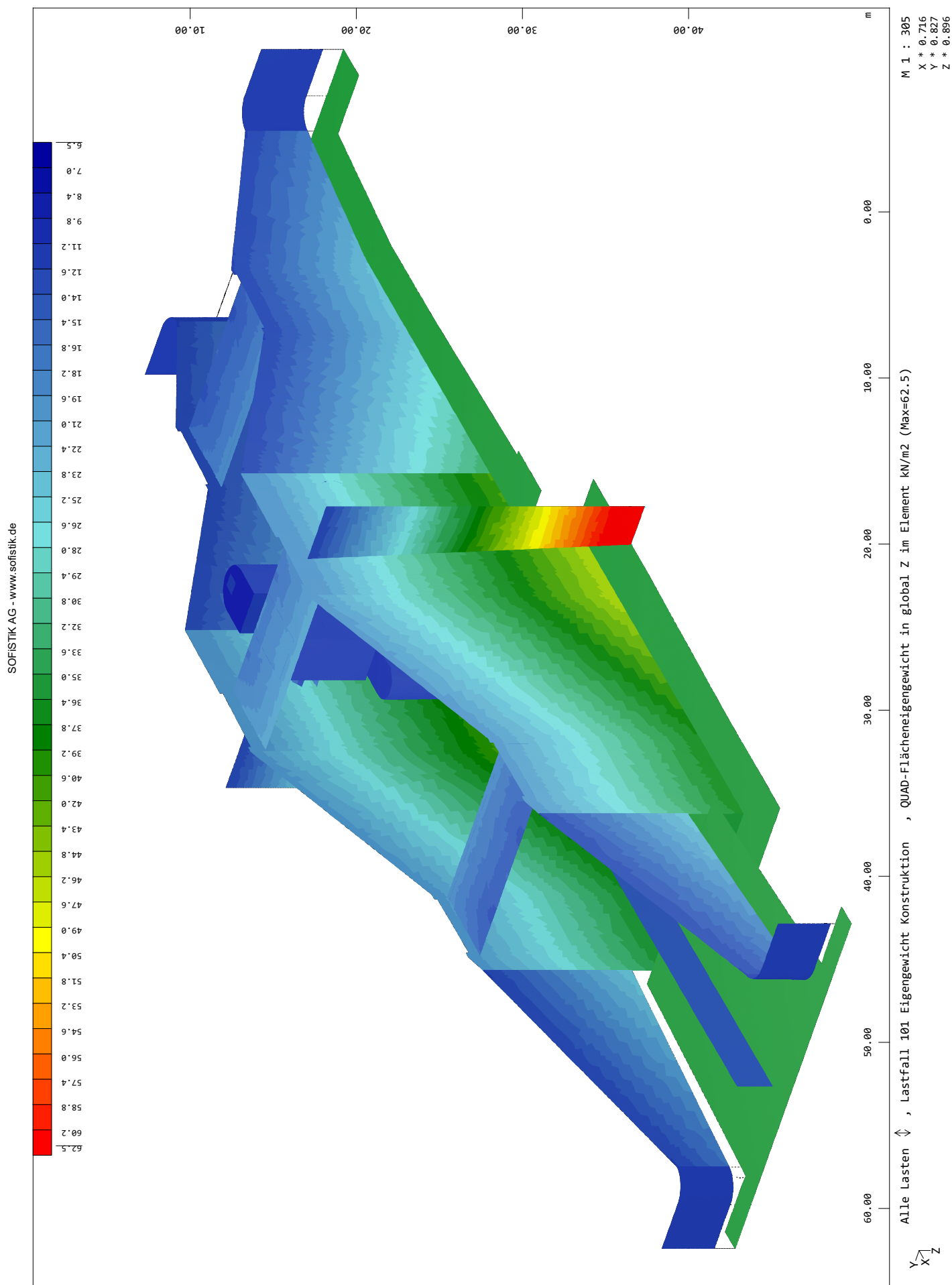
- LF 501: Verkehrslast Antriebshaus

2.4.2.2 Grafische Ausgaben ausgewählter Lastfälle

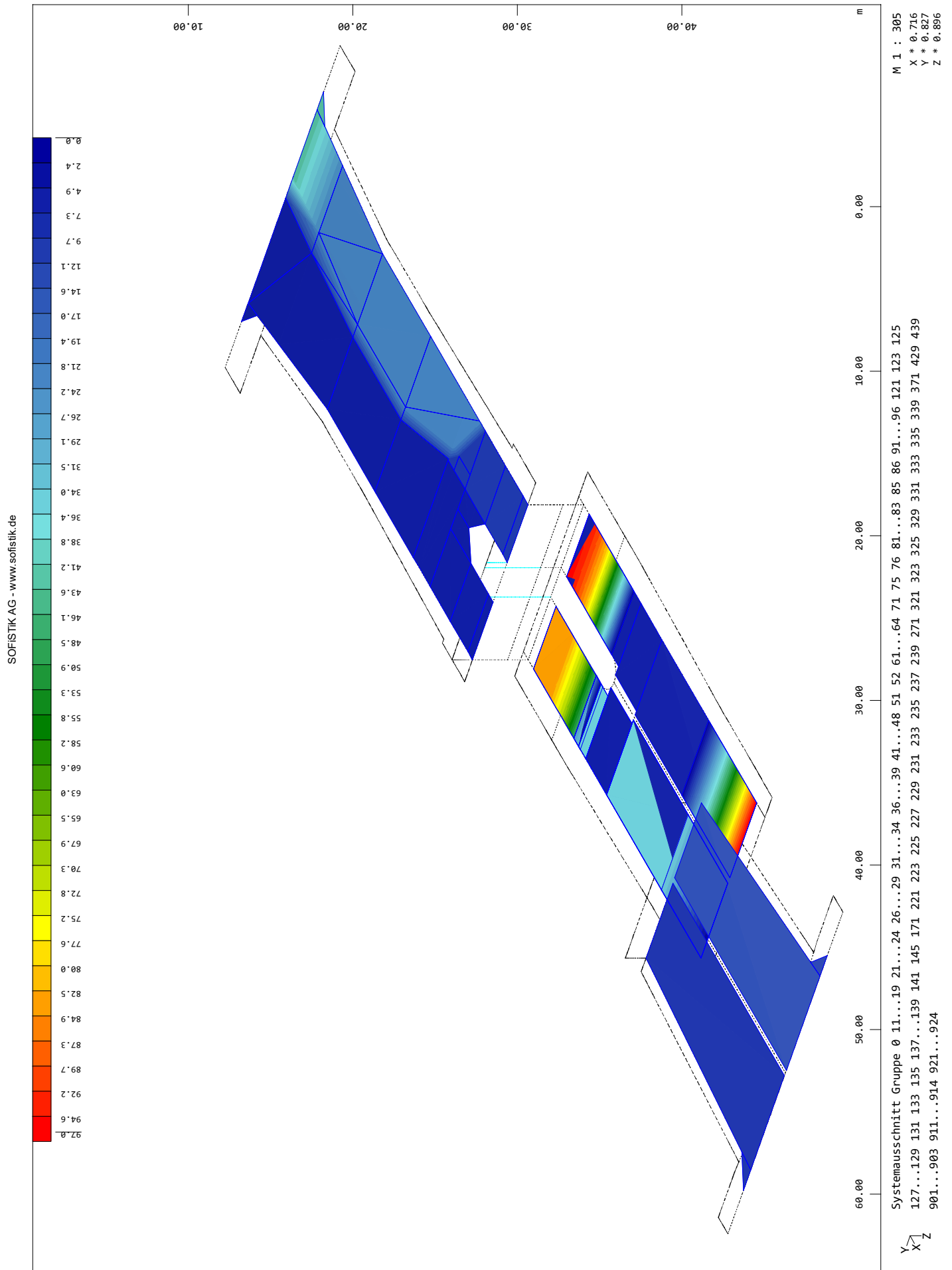
Es werden exemplarisch die Lastbilder der Lastfälle LF 101, LF 102, LF 201, LF 211, LF 221, LF 231, LF 301, LF 302, LF 311, LF 321, LF 322, LF 331, LF 332, LF 401, LF 411, LF 413, LF 421, LF 425, LF 443, LF 445, LF 453, LF 455, LF 464, LF 467, LF 471, LF 473, LF 481, LF 484 und LF 501 ausgegeben, siehe nachfolgende Seiten

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V3.2 Rott	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.76

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

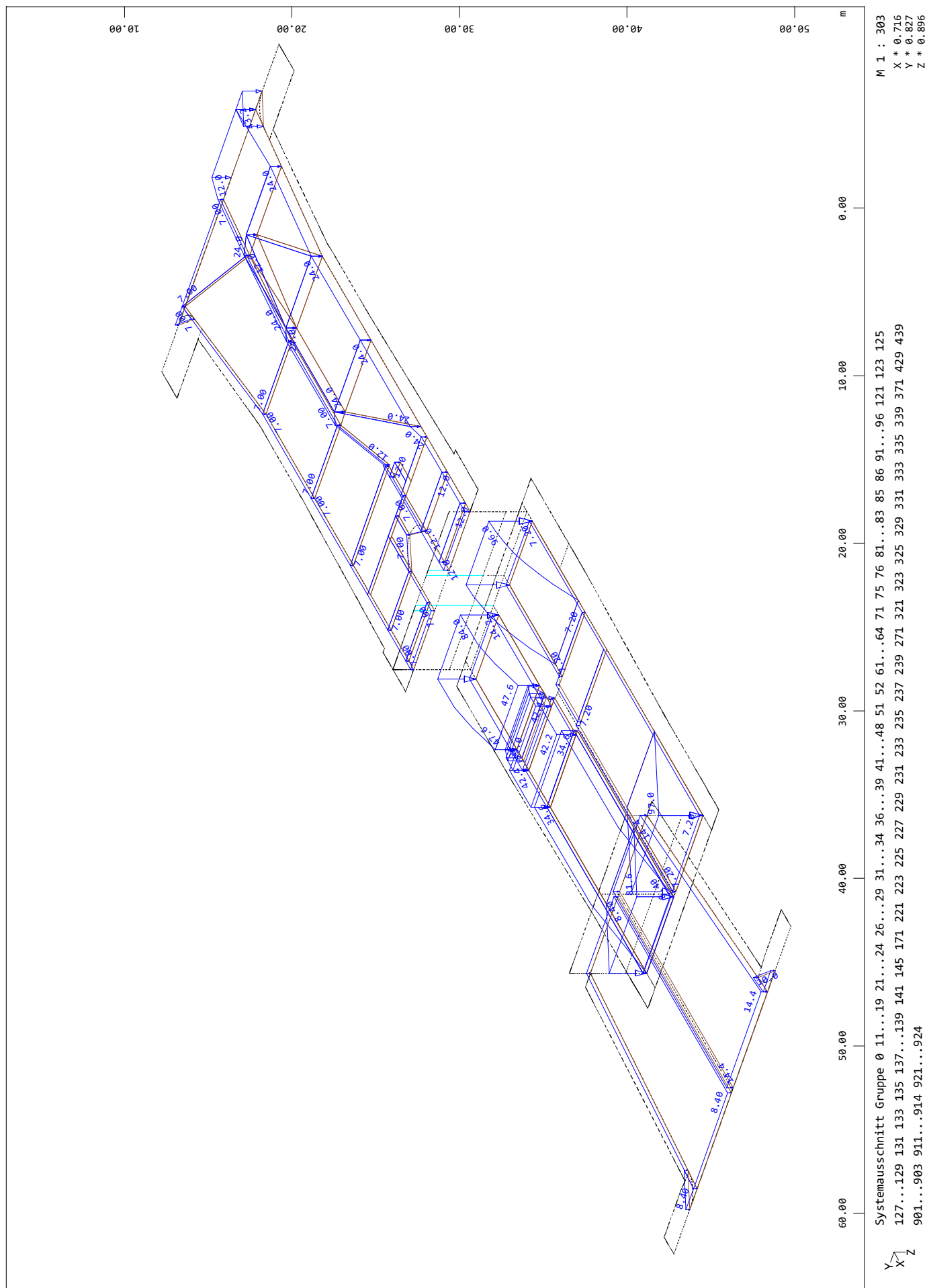


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

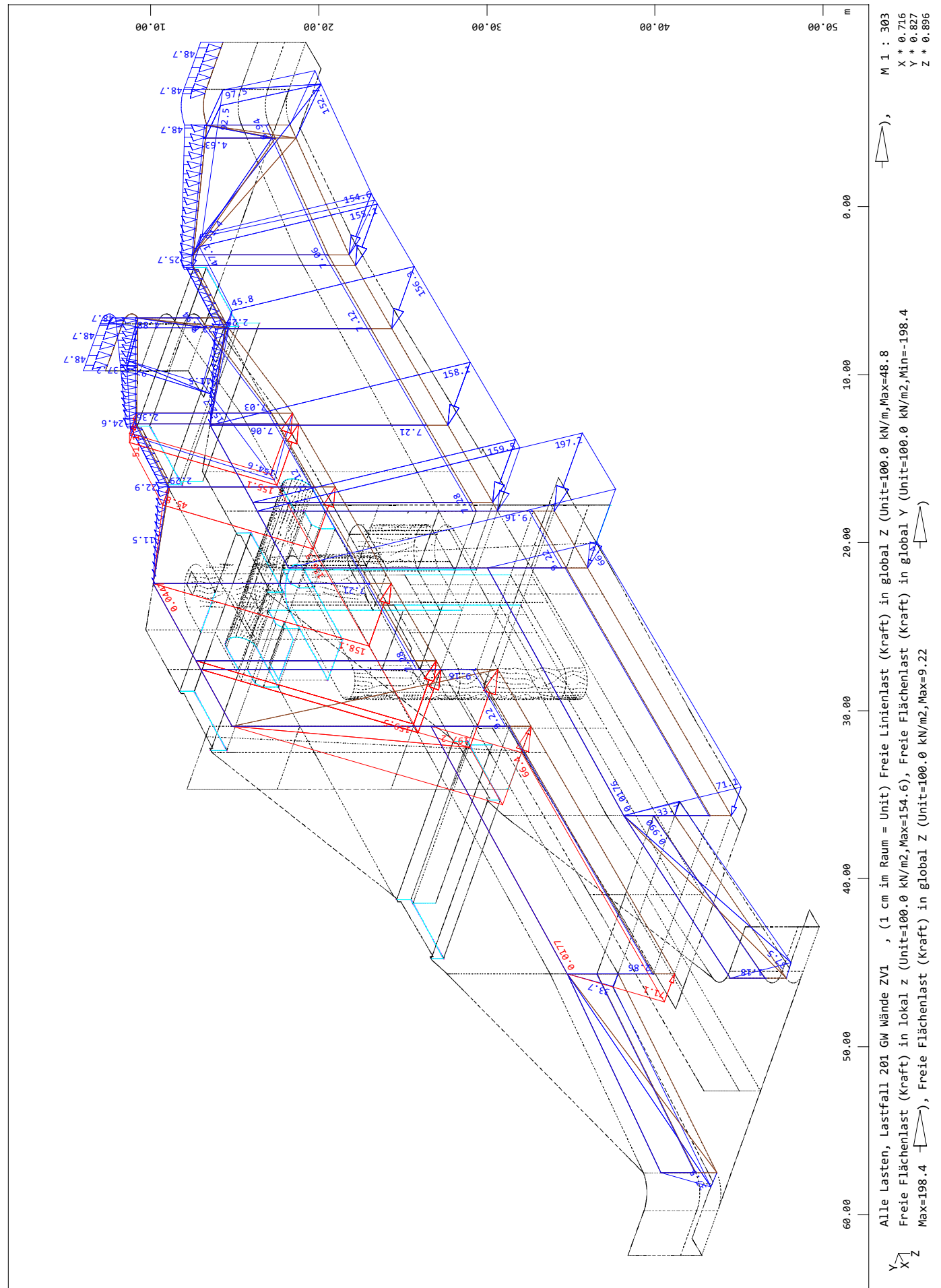


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

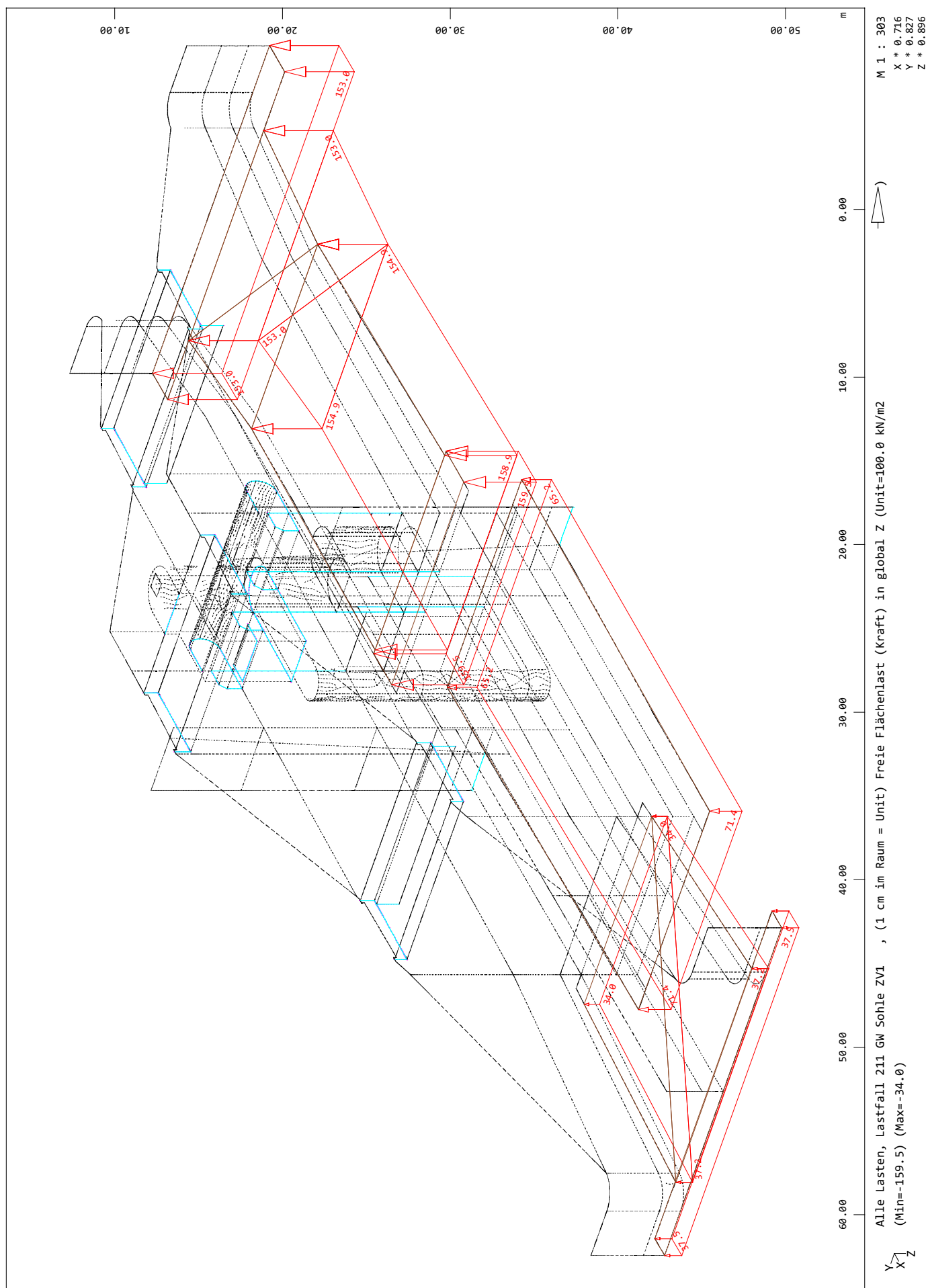


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle



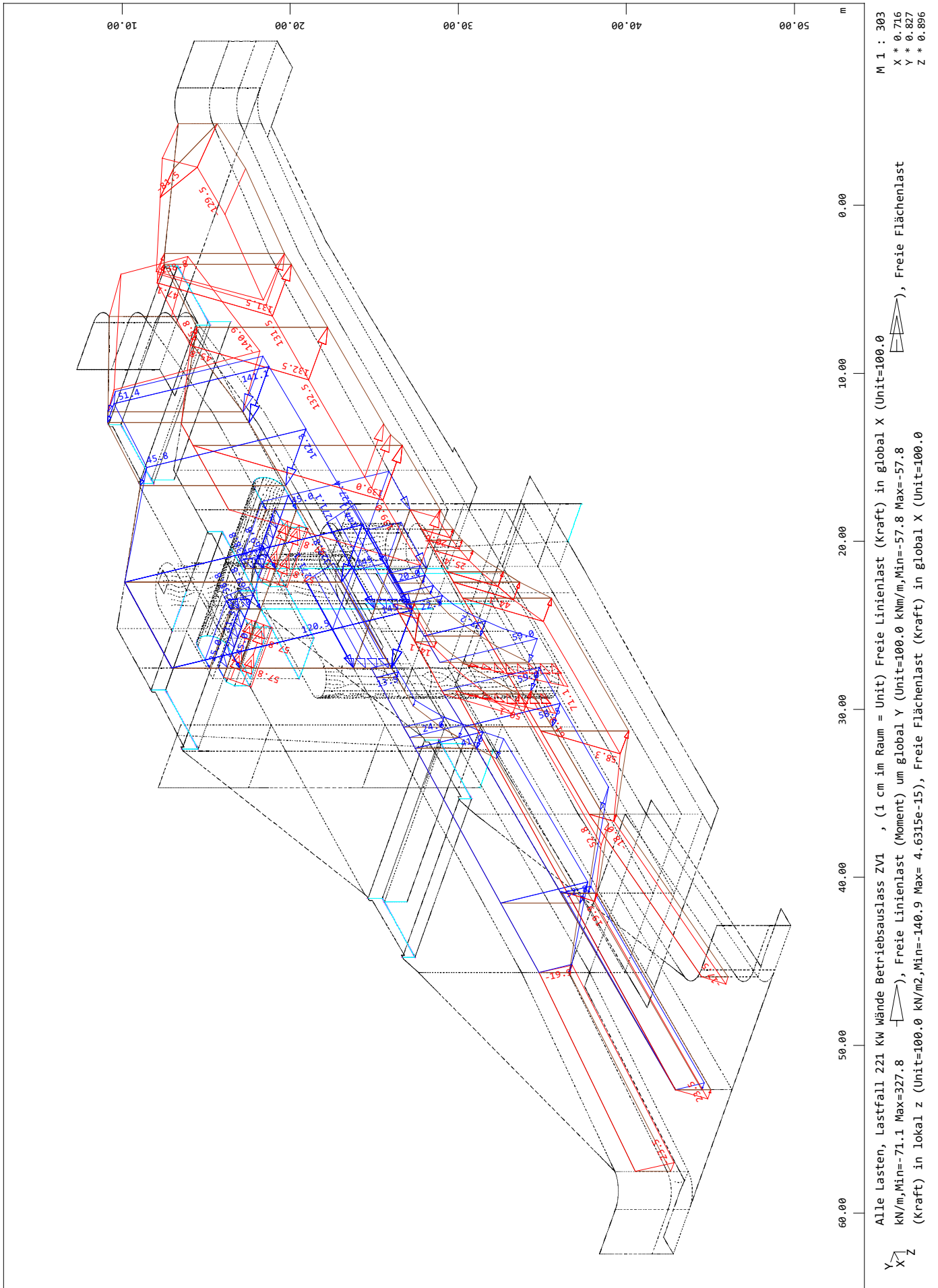
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

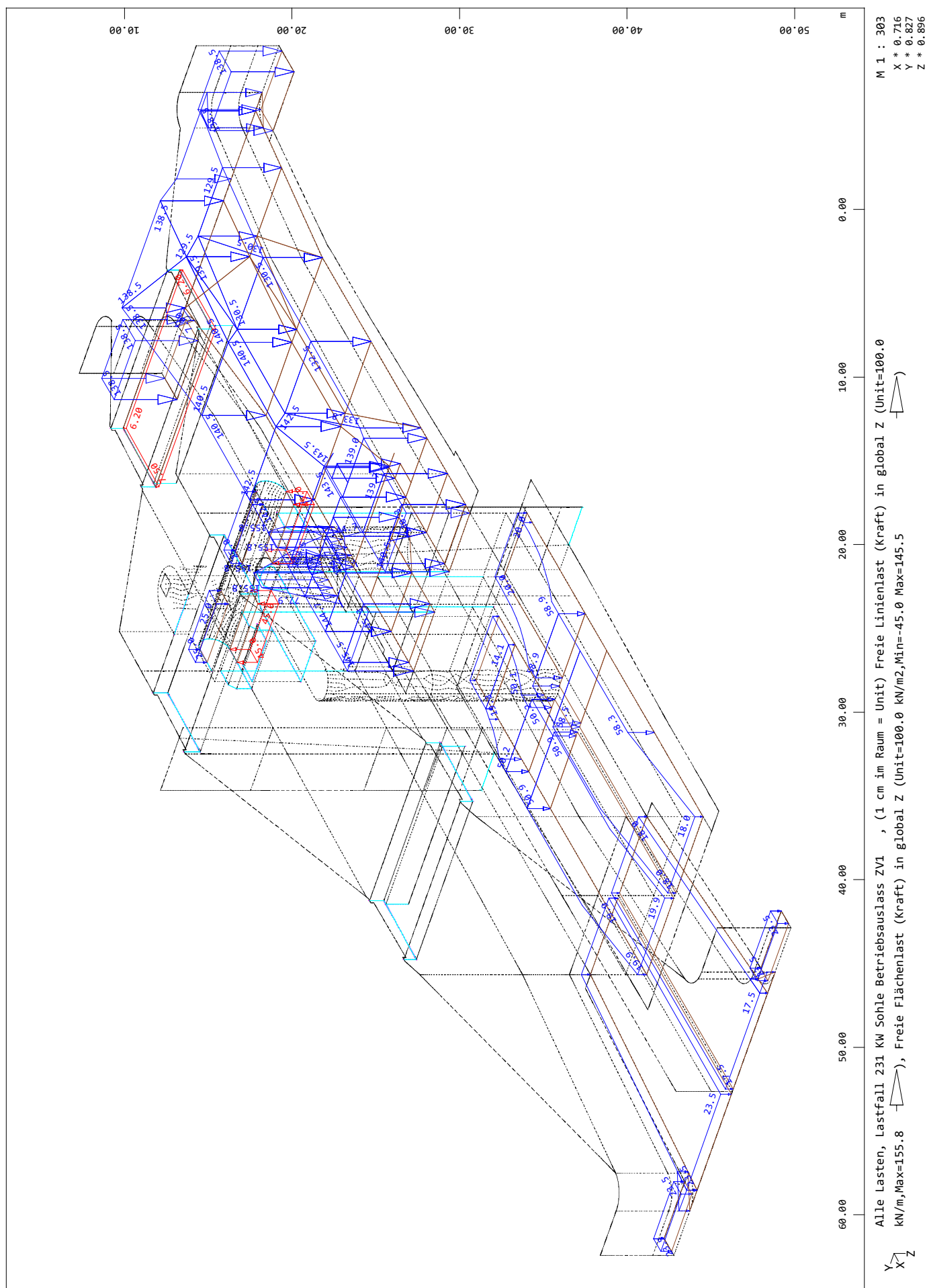


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

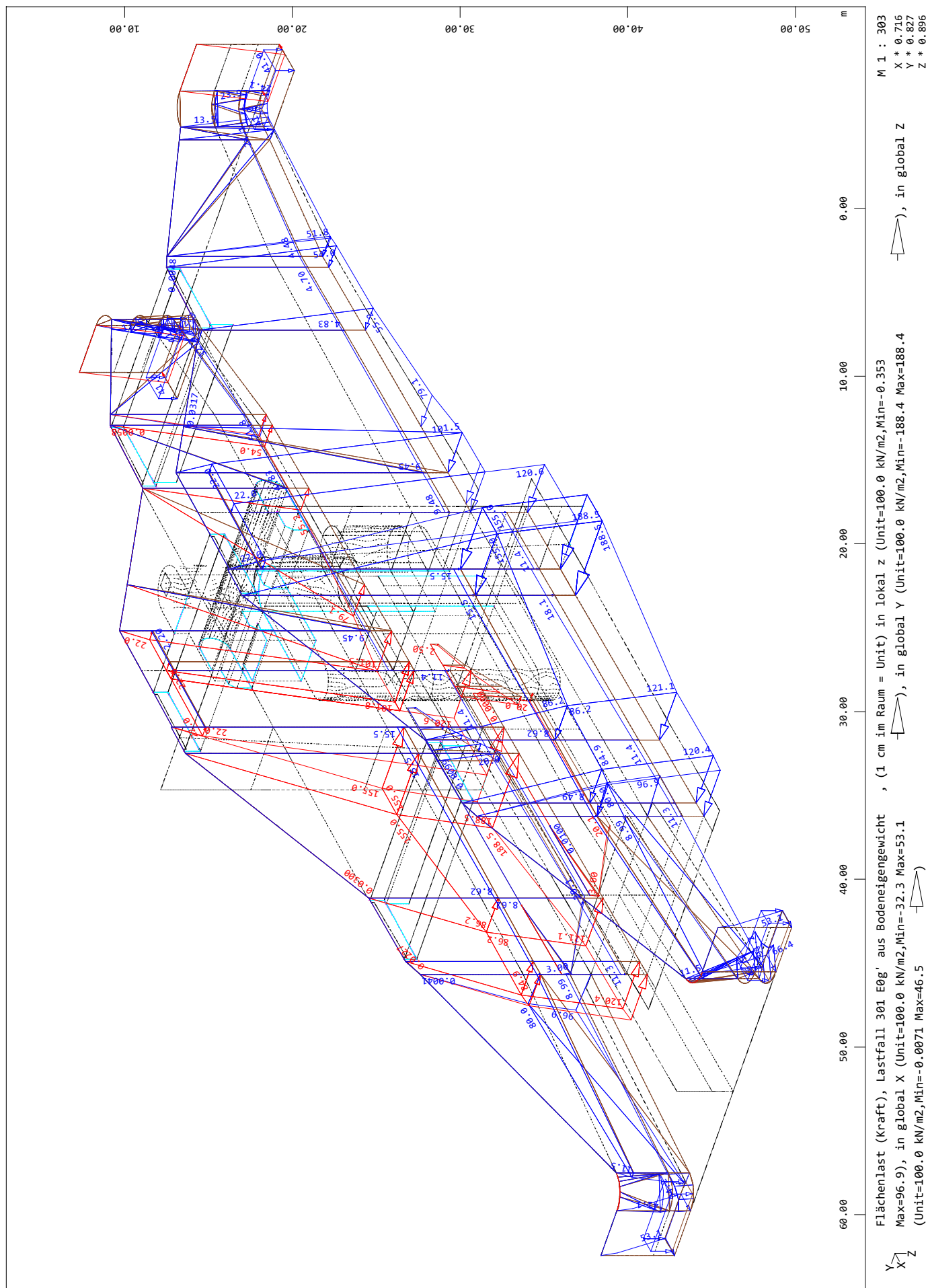


SOFISTIK AG - www.sofistik.de



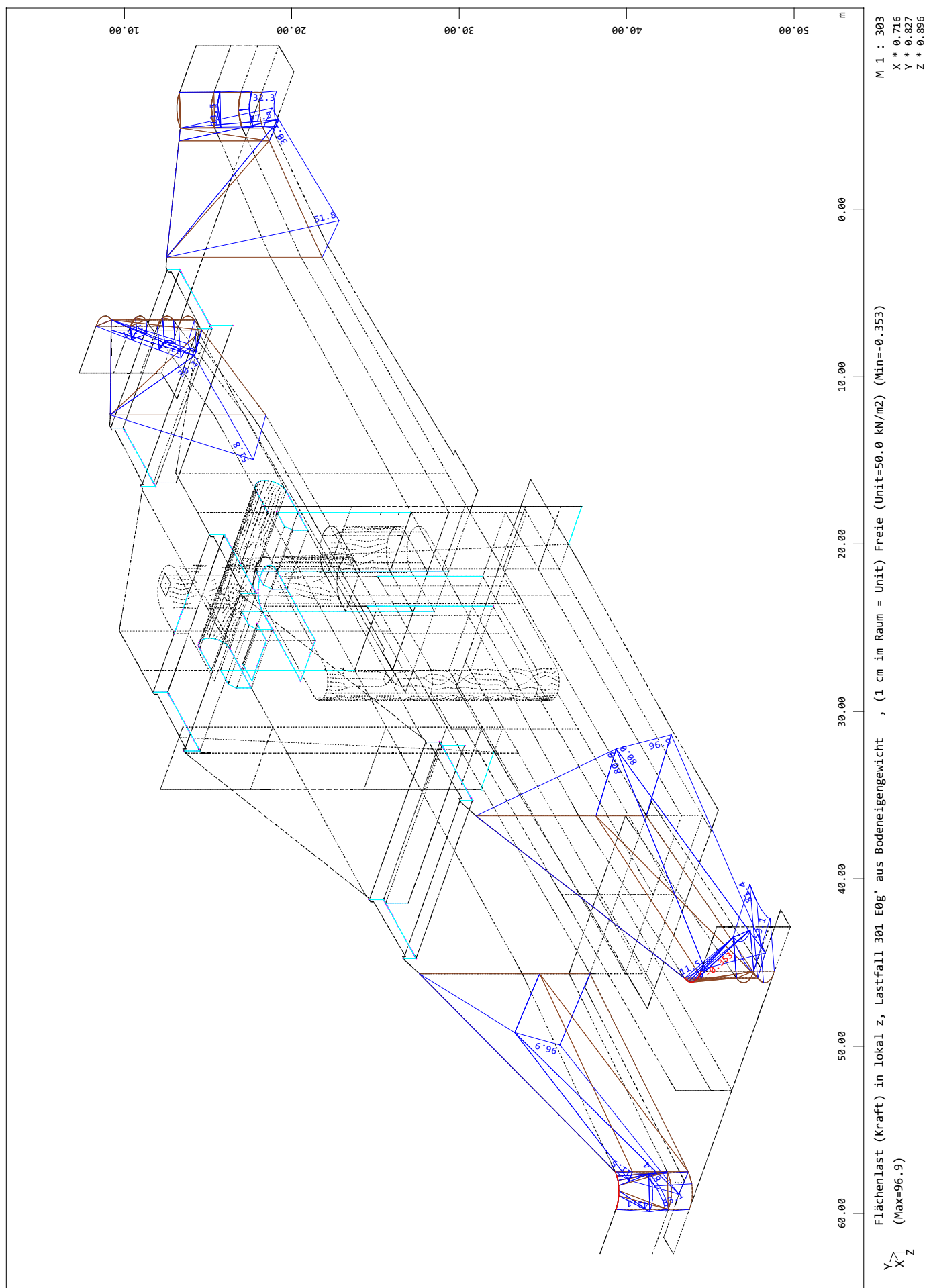
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

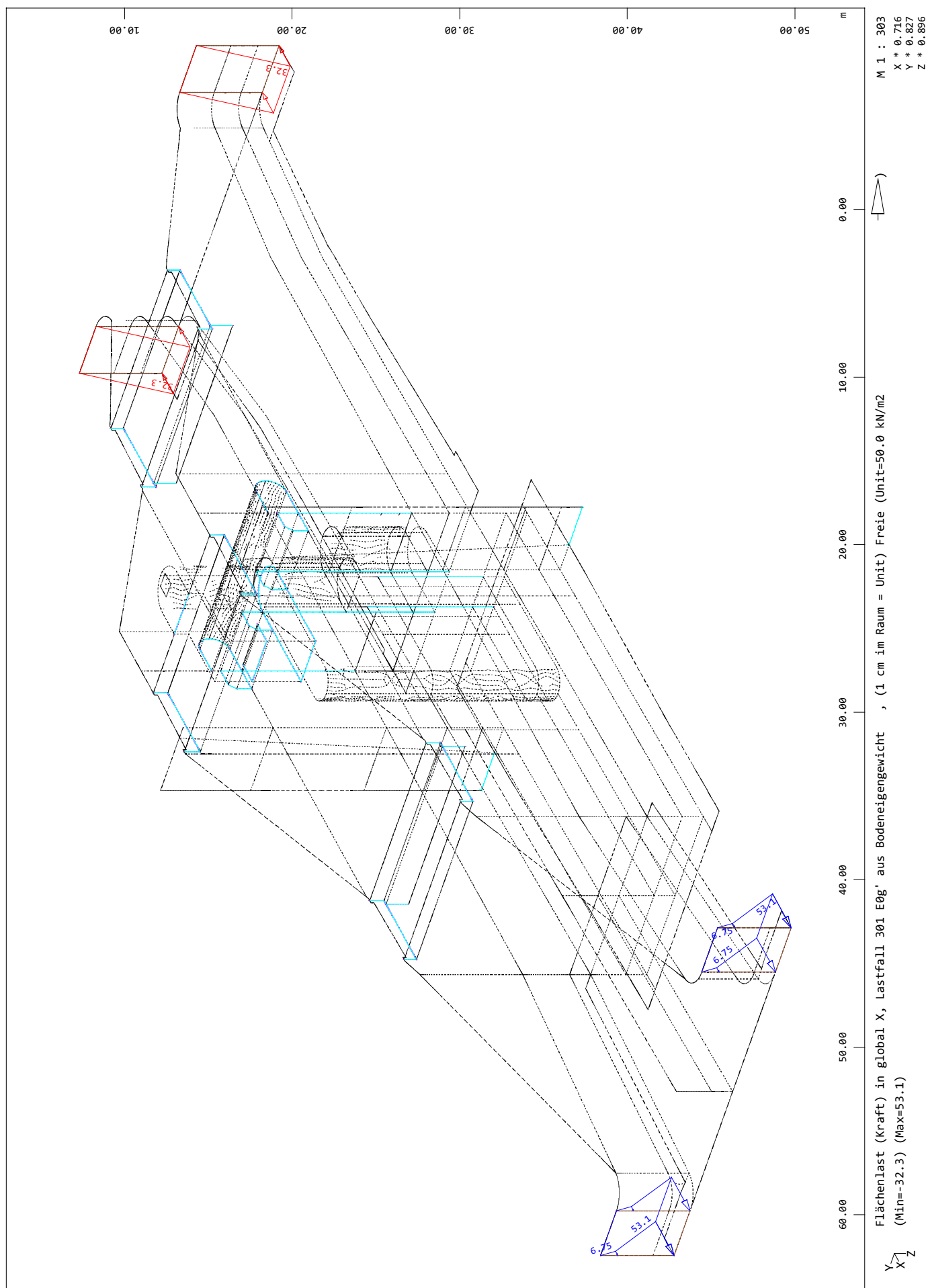


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

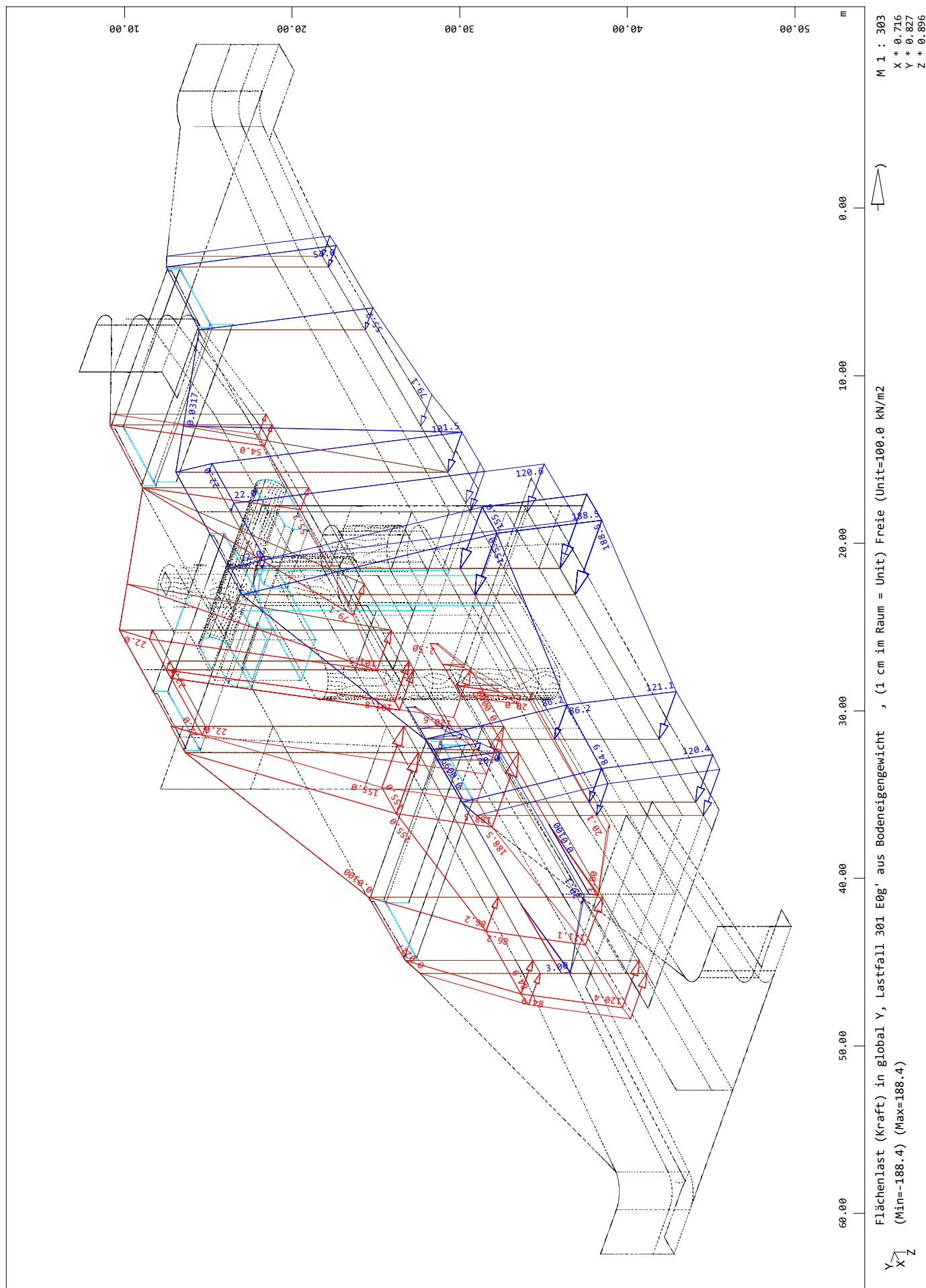


SOFISTIK AG - www.sofistik.de



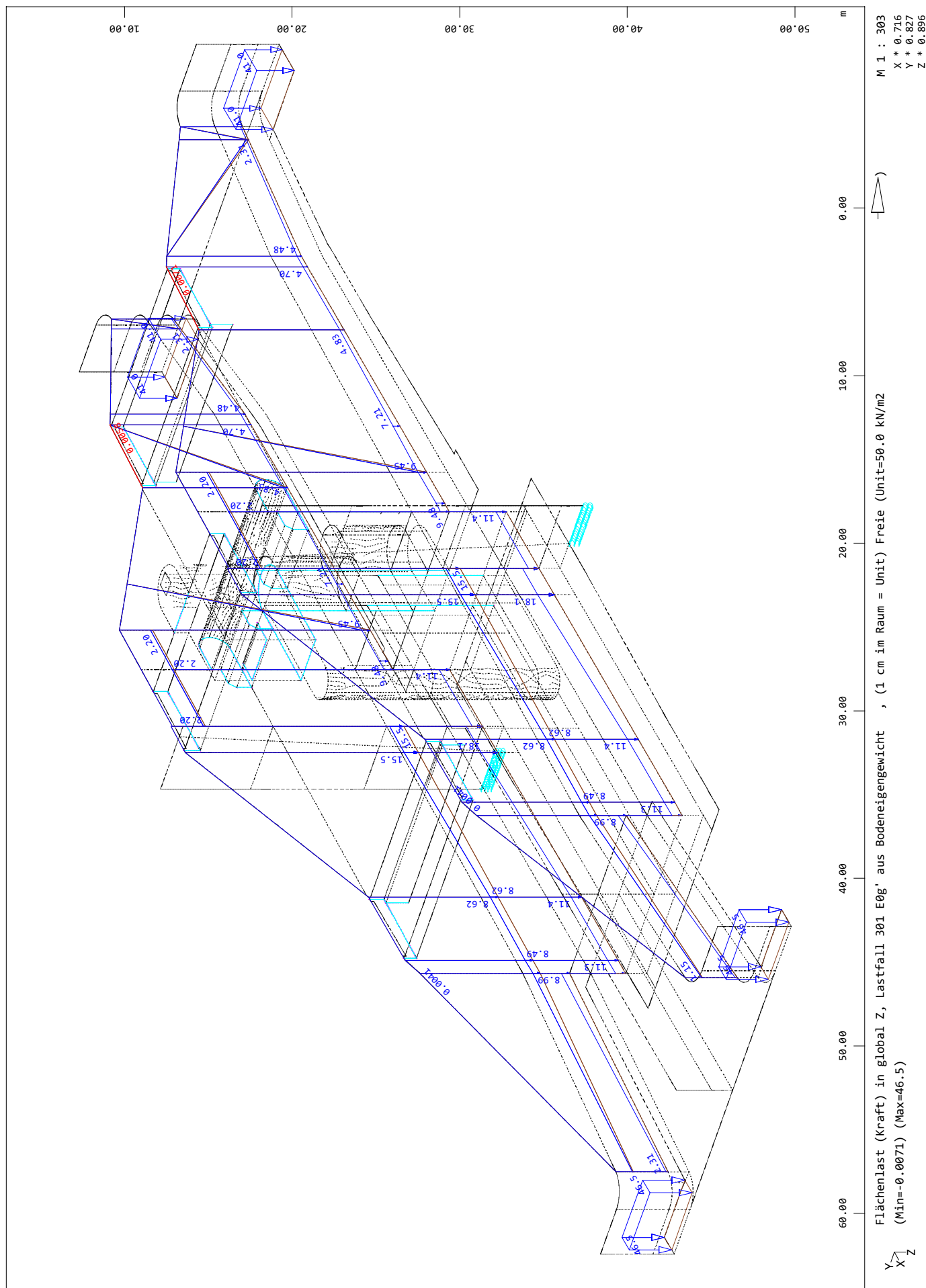
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



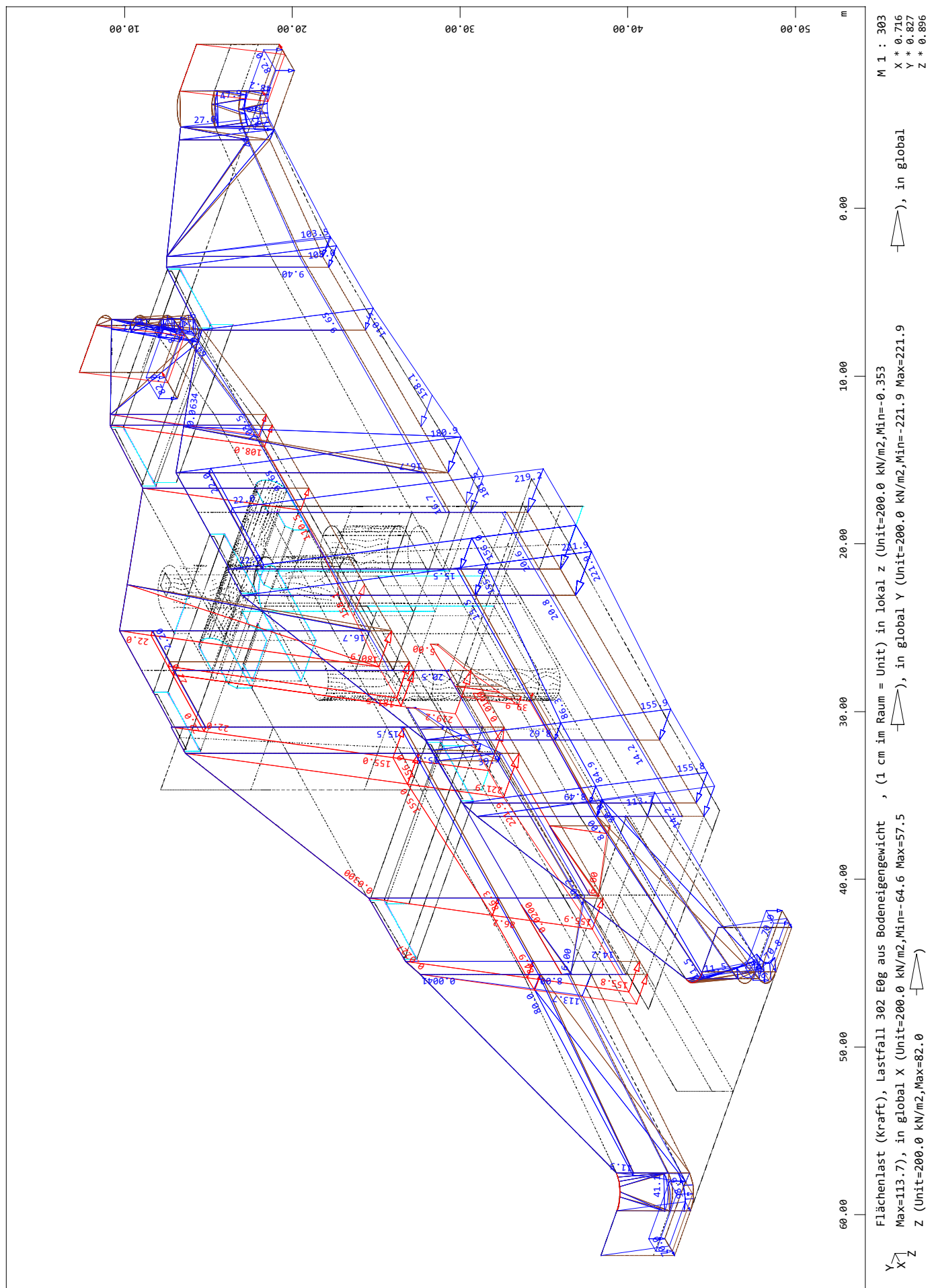
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



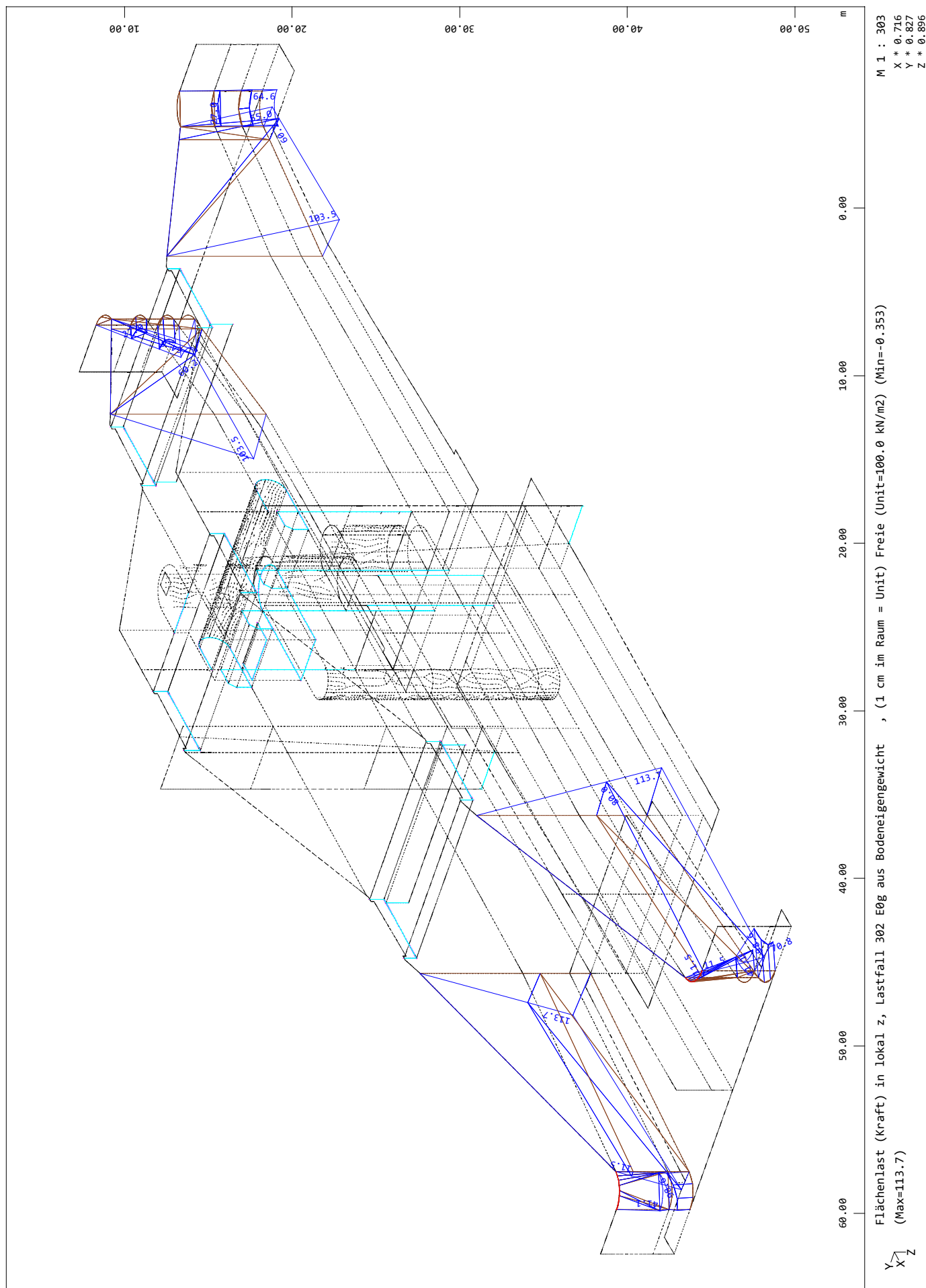
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

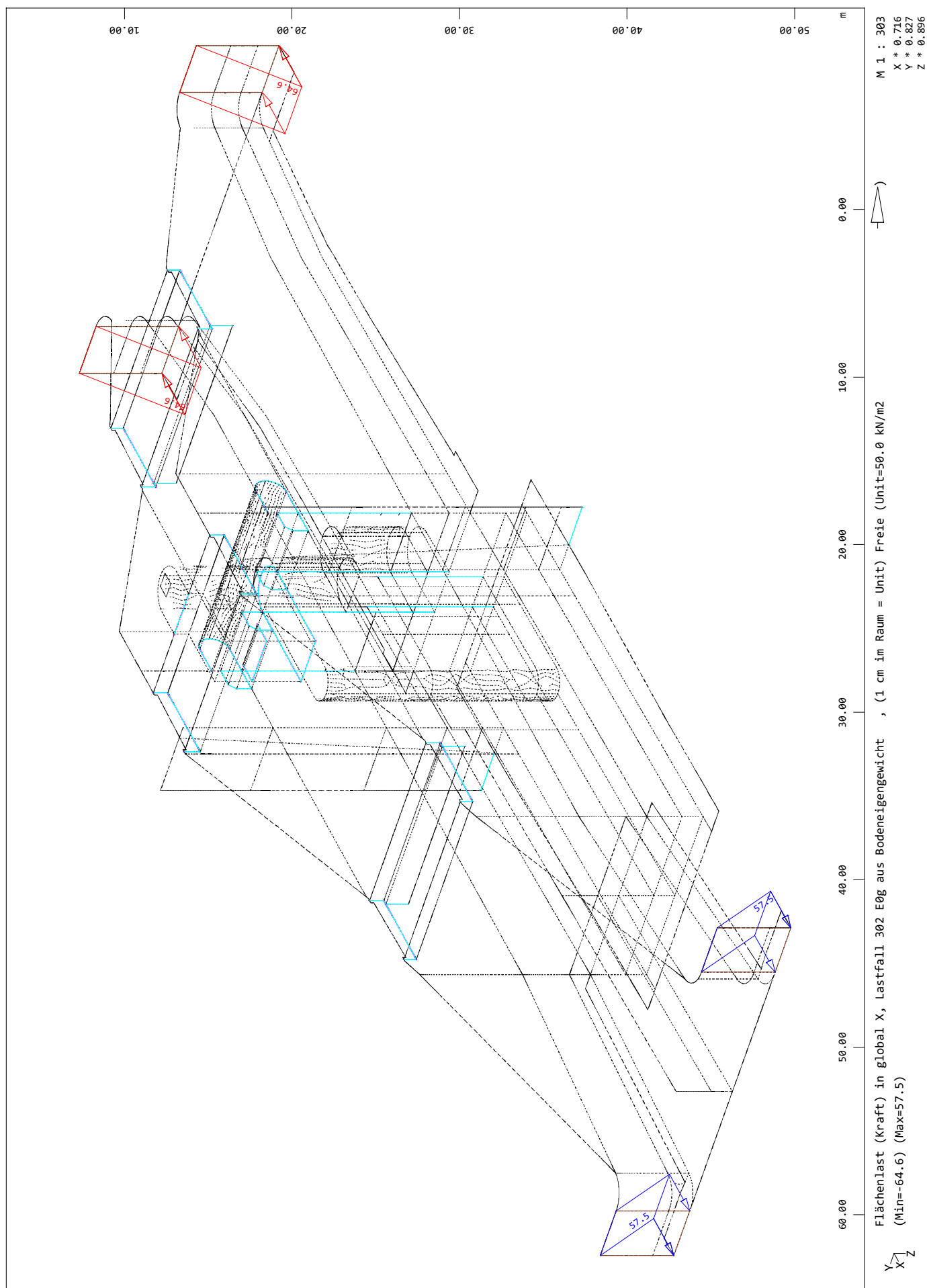


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

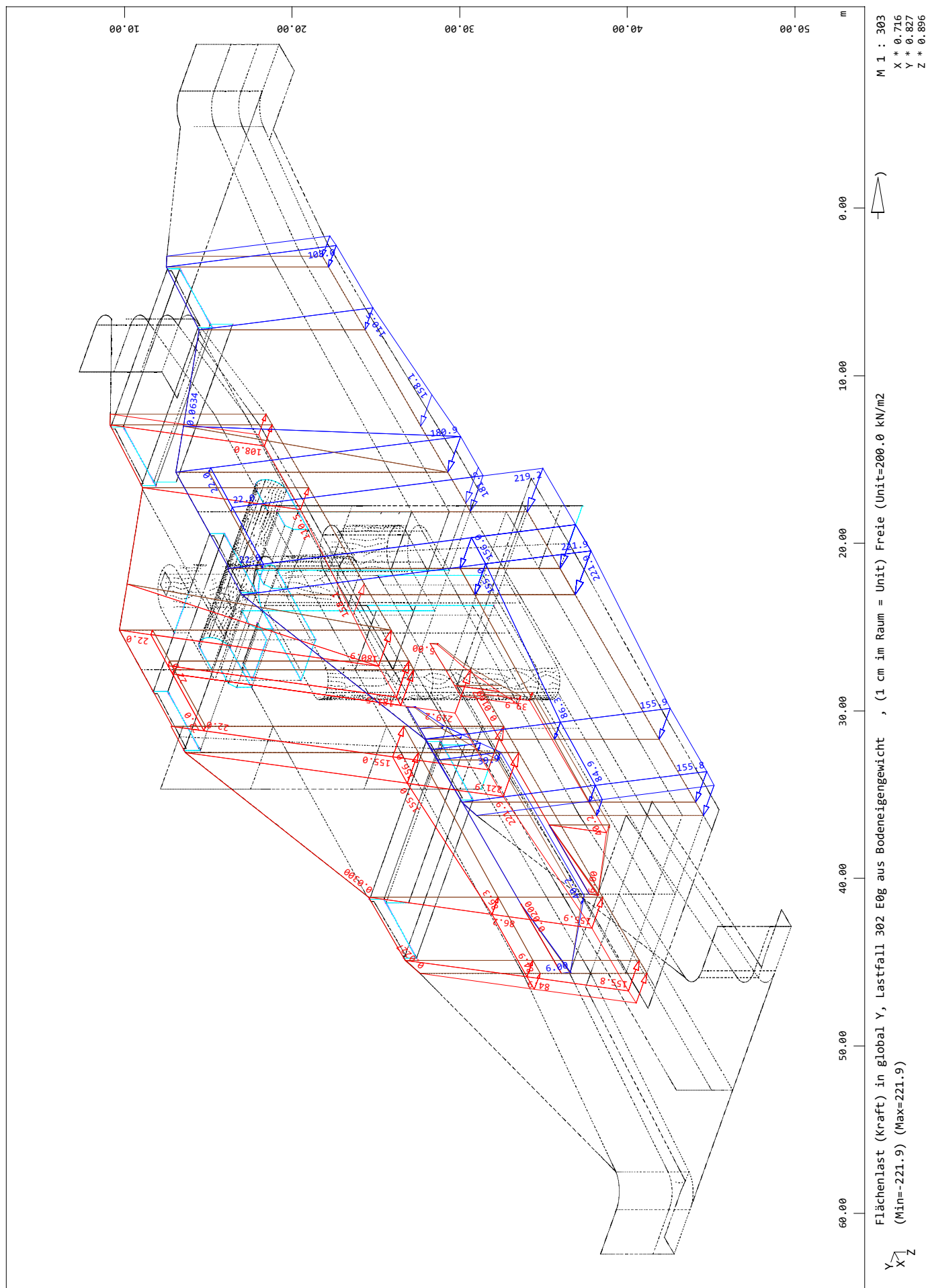


SOFISTIK AG - www.sofistik.de



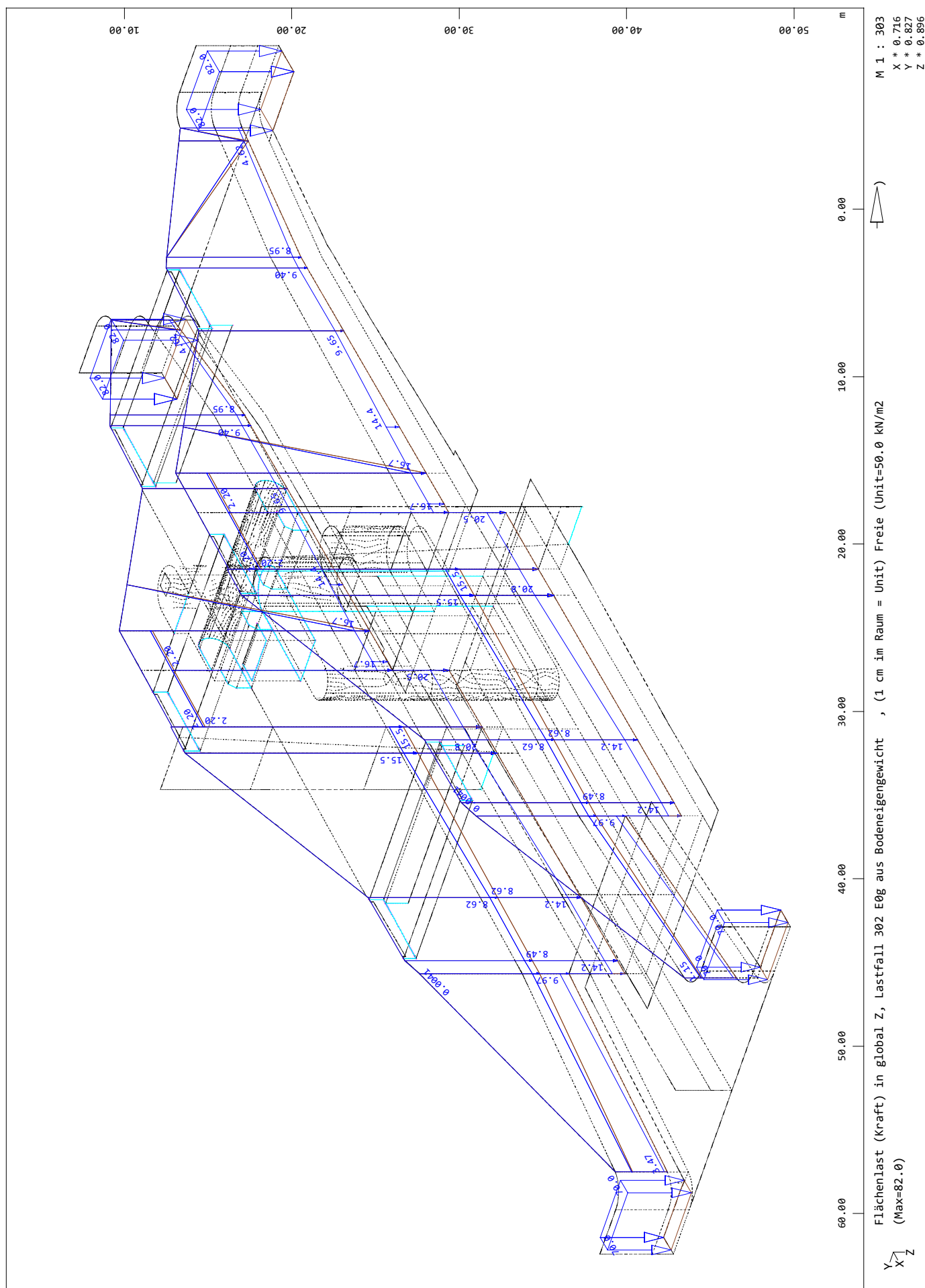
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



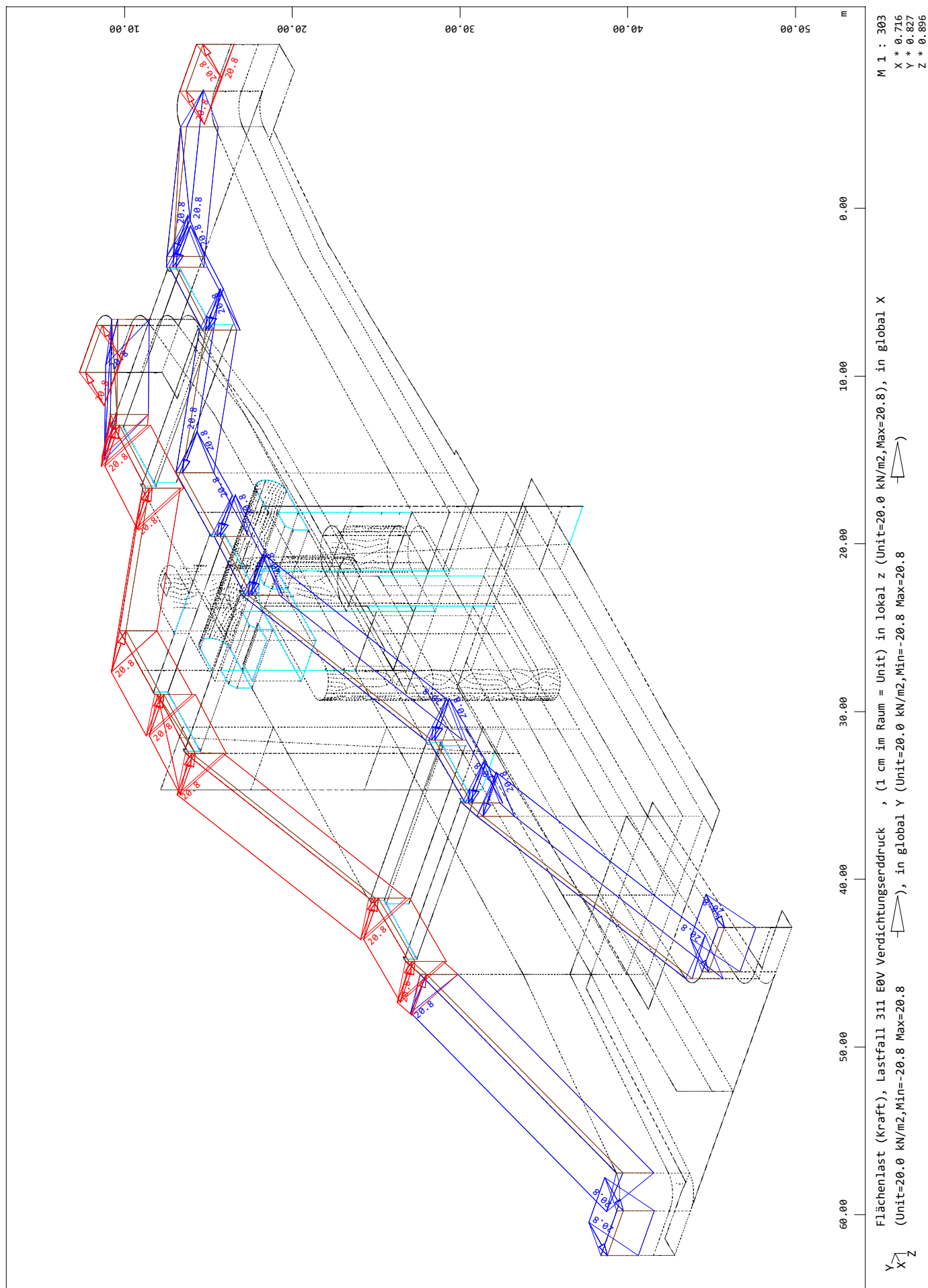
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



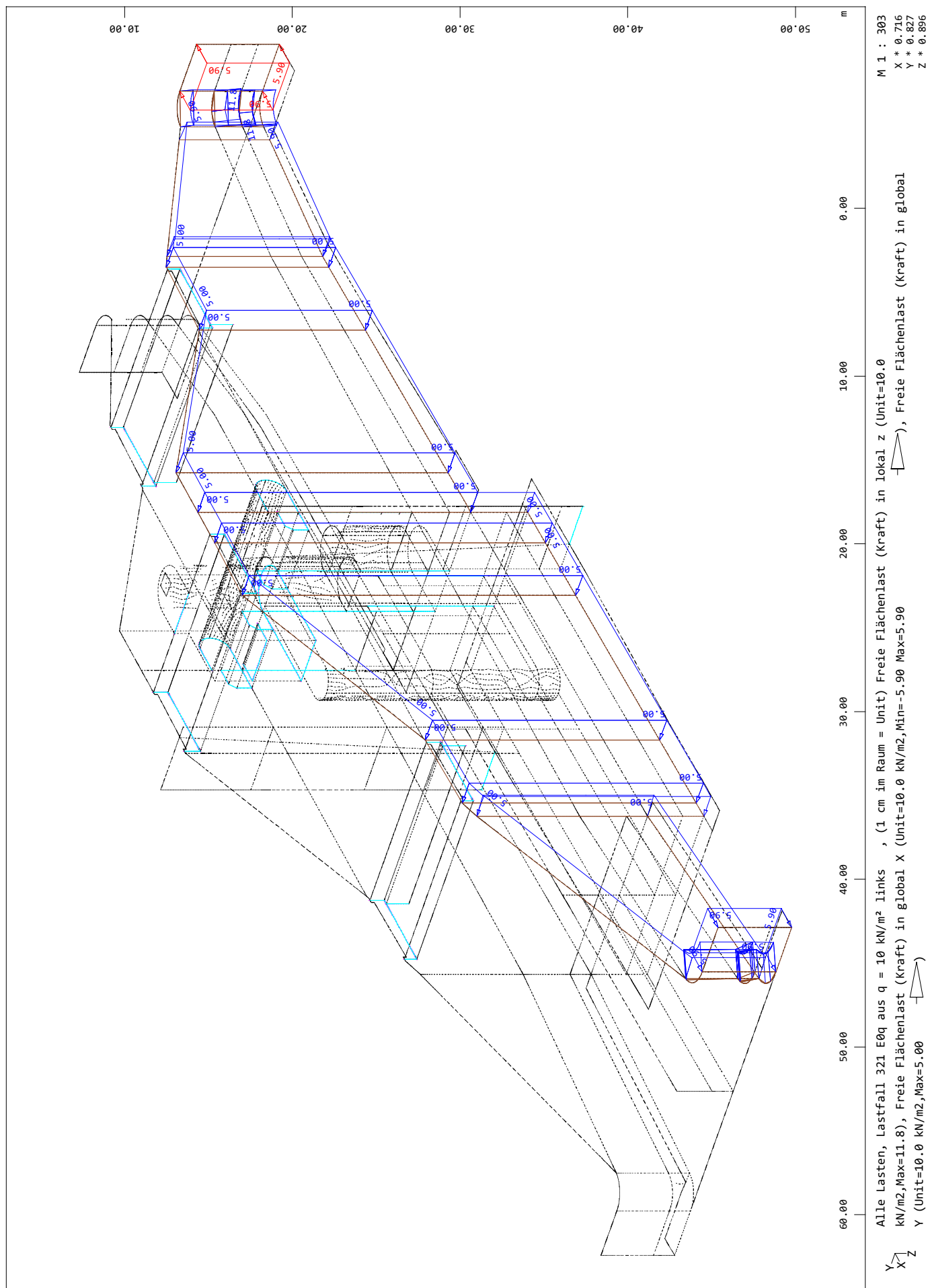
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



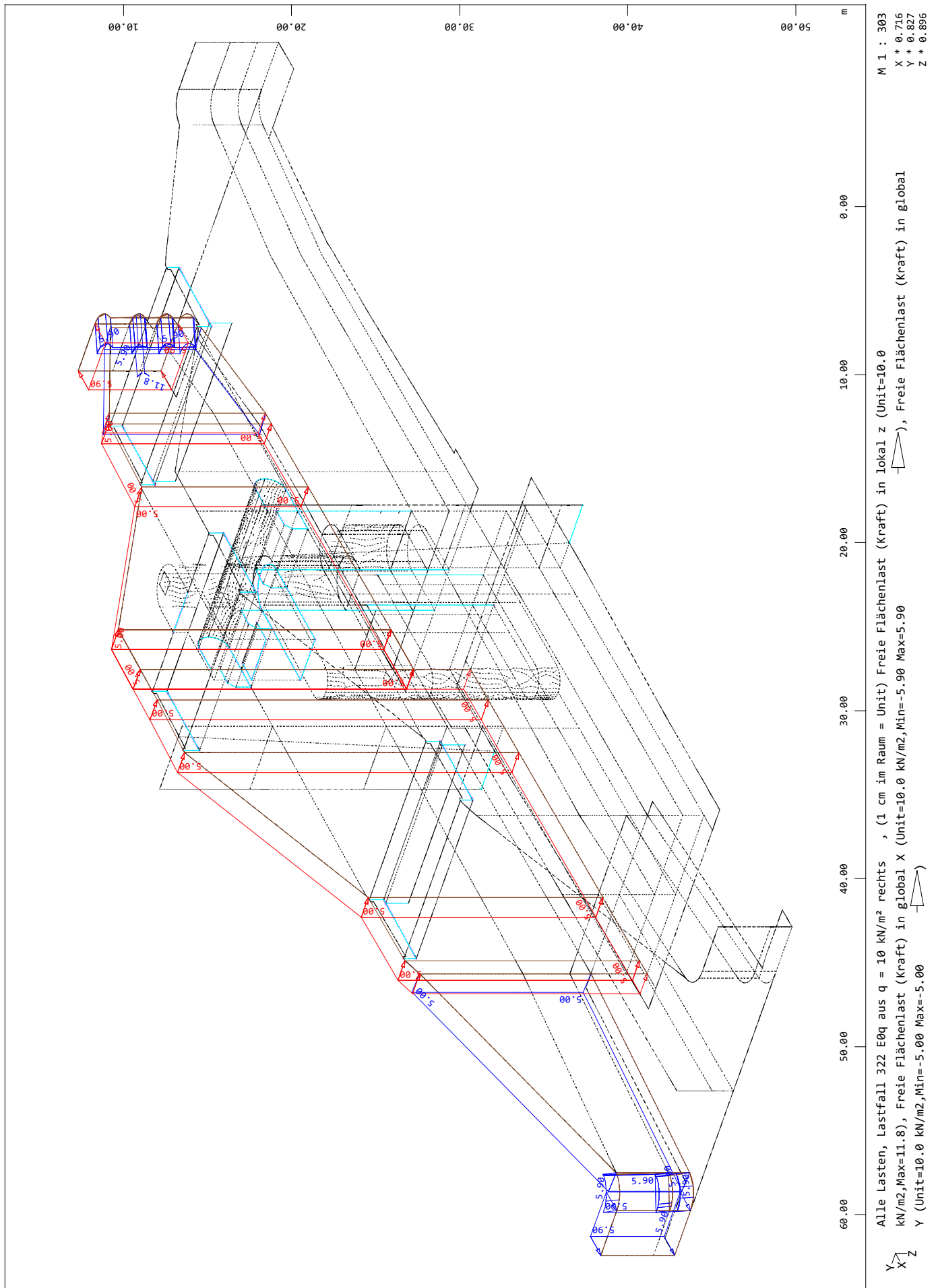
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



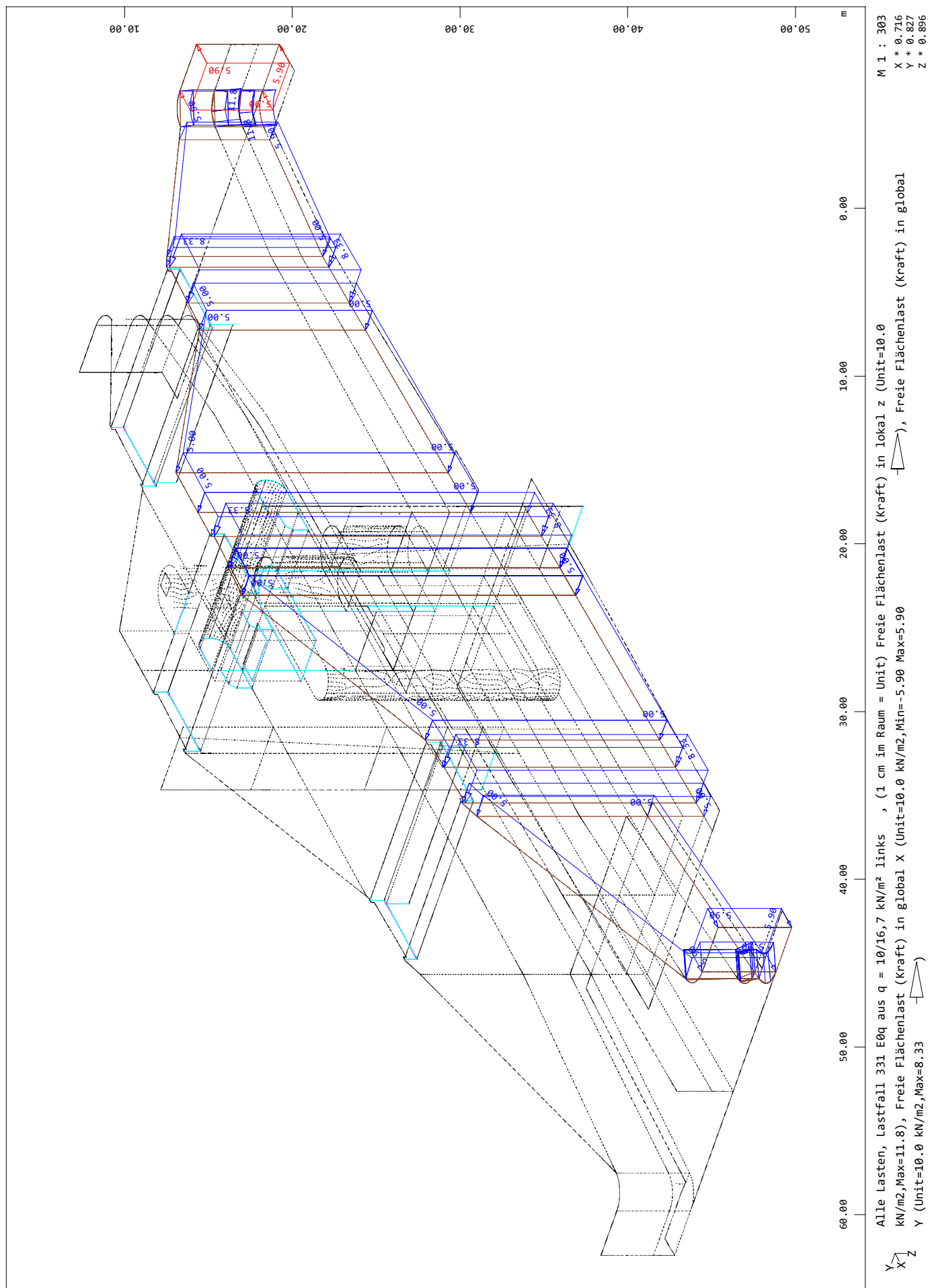
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



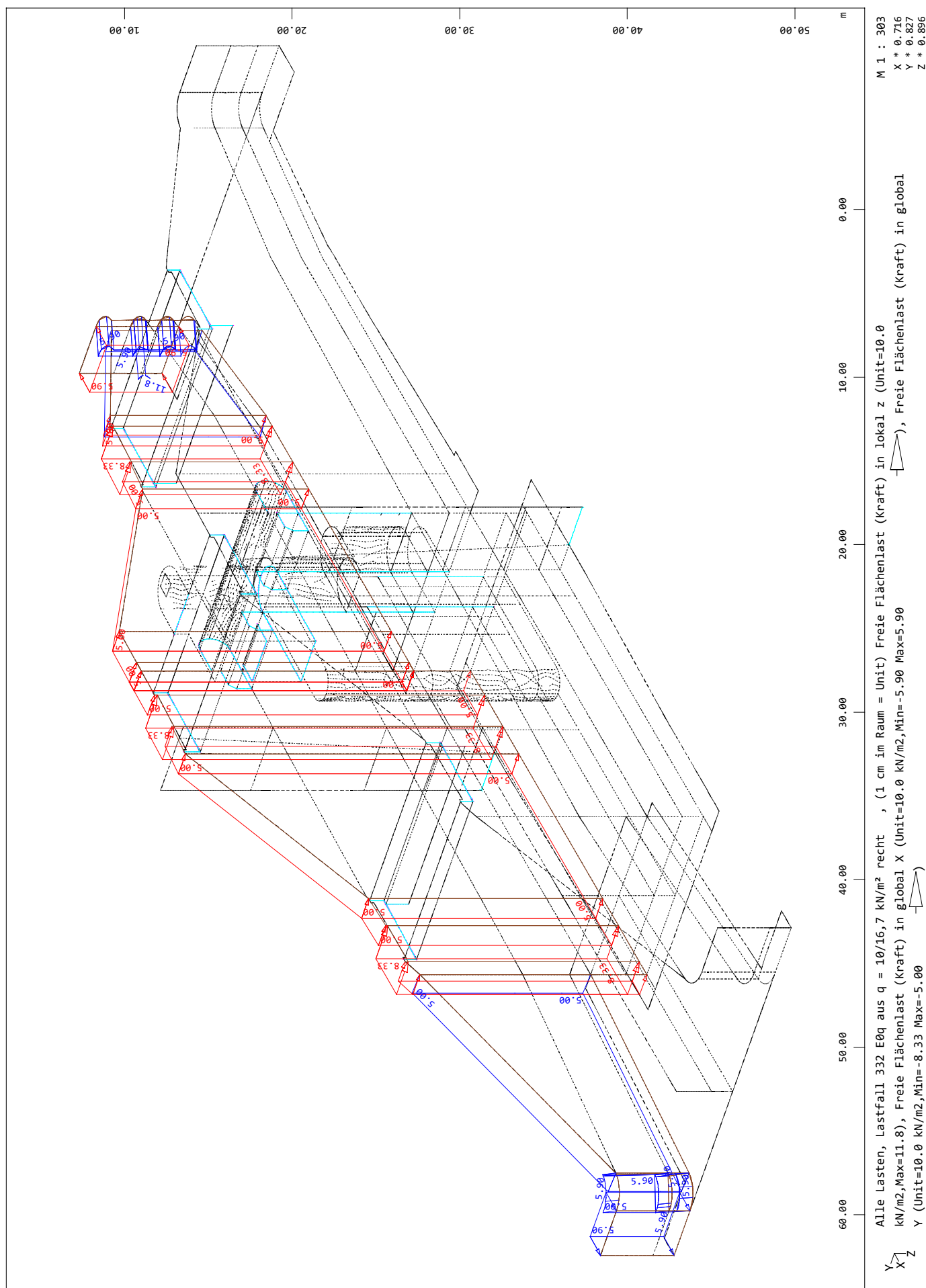
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

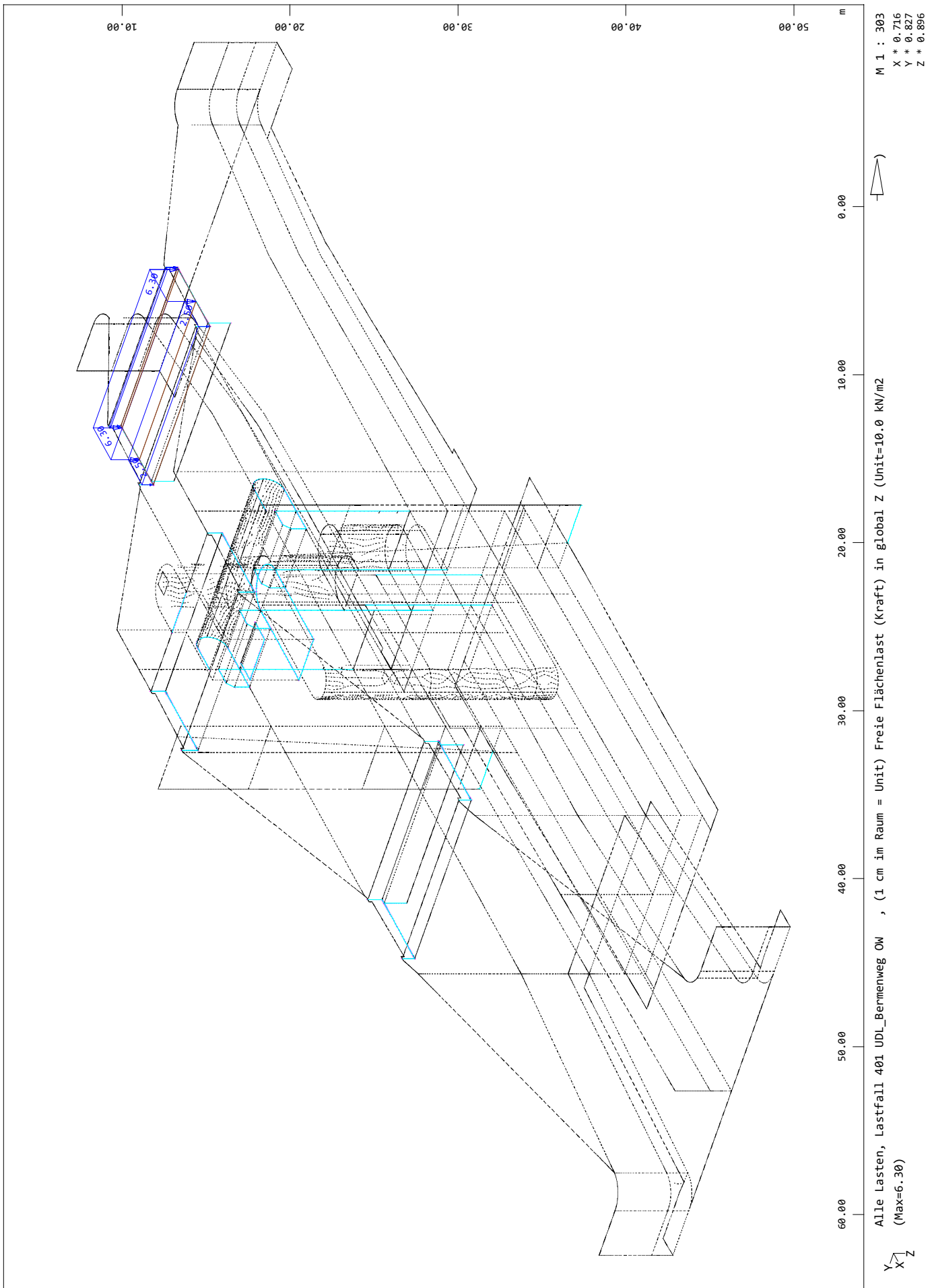


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

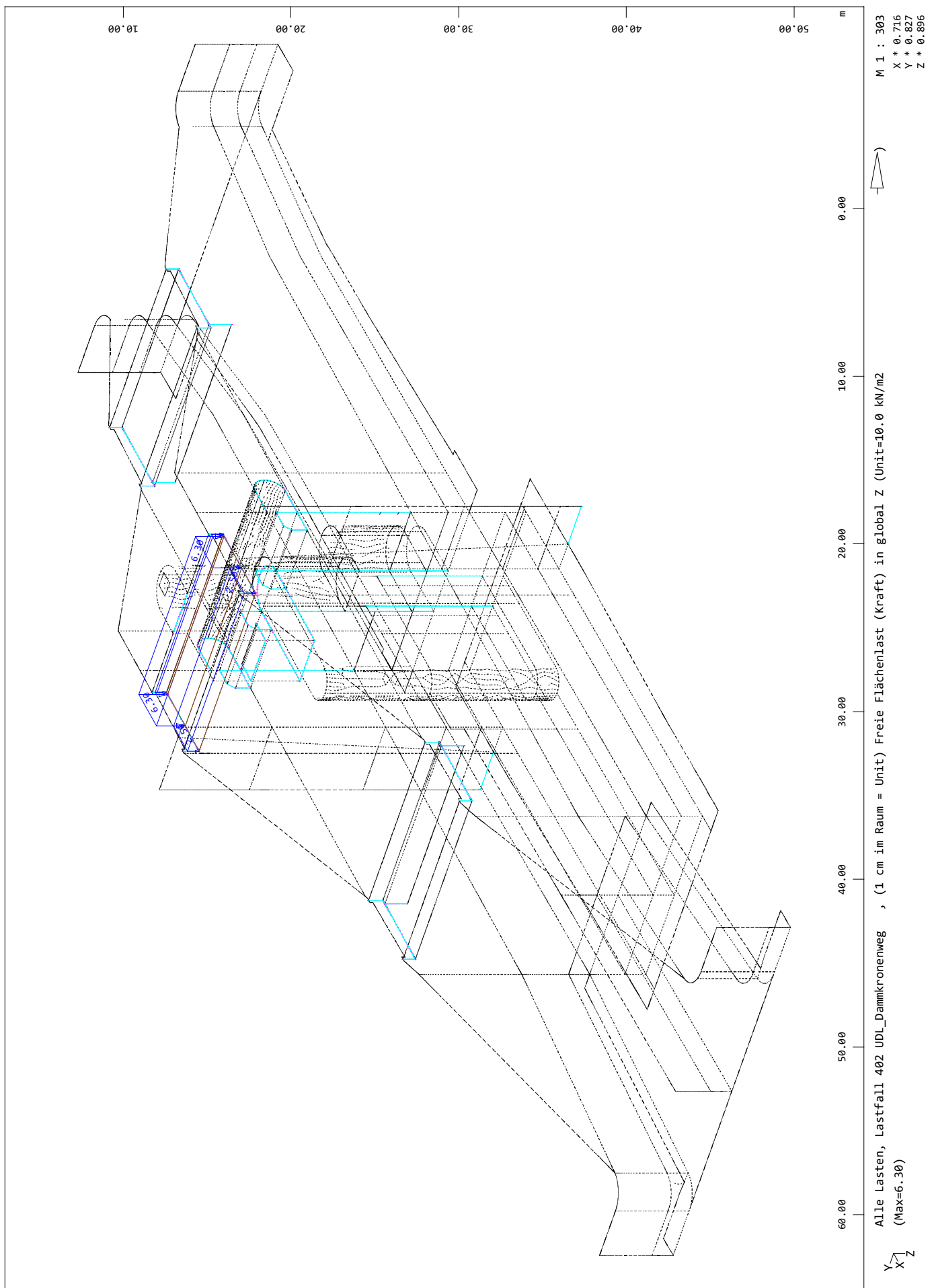


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

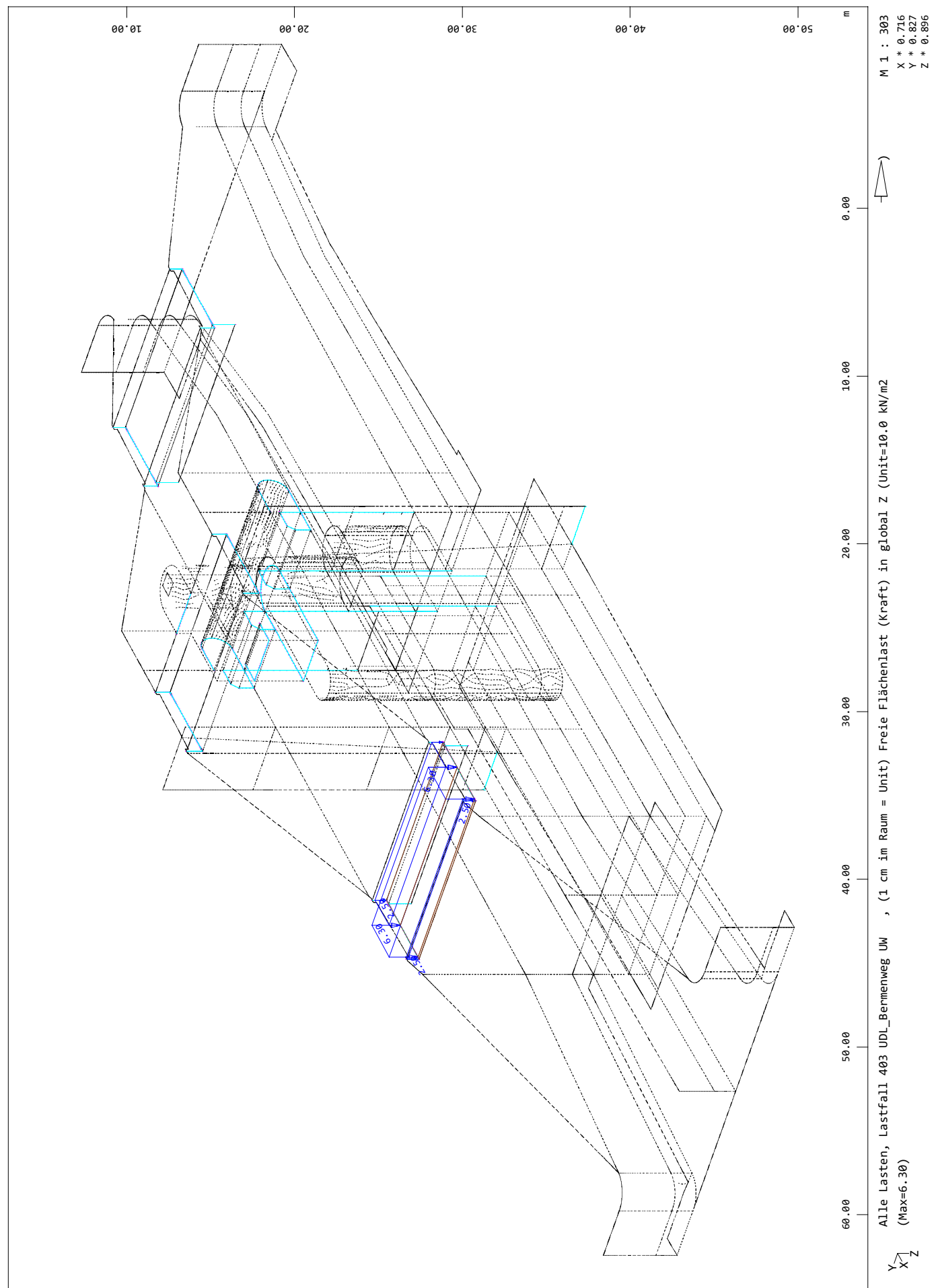


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

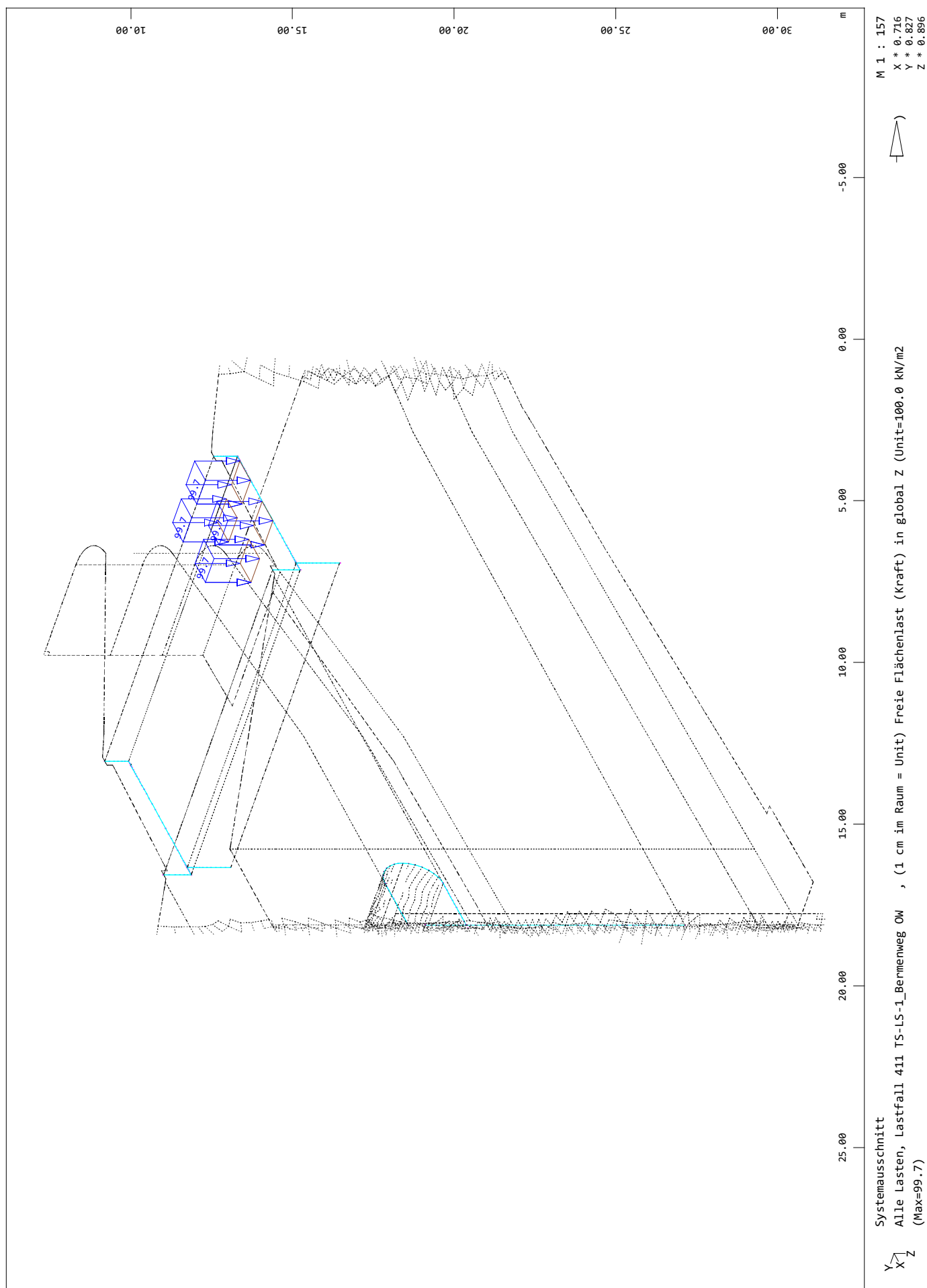


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle



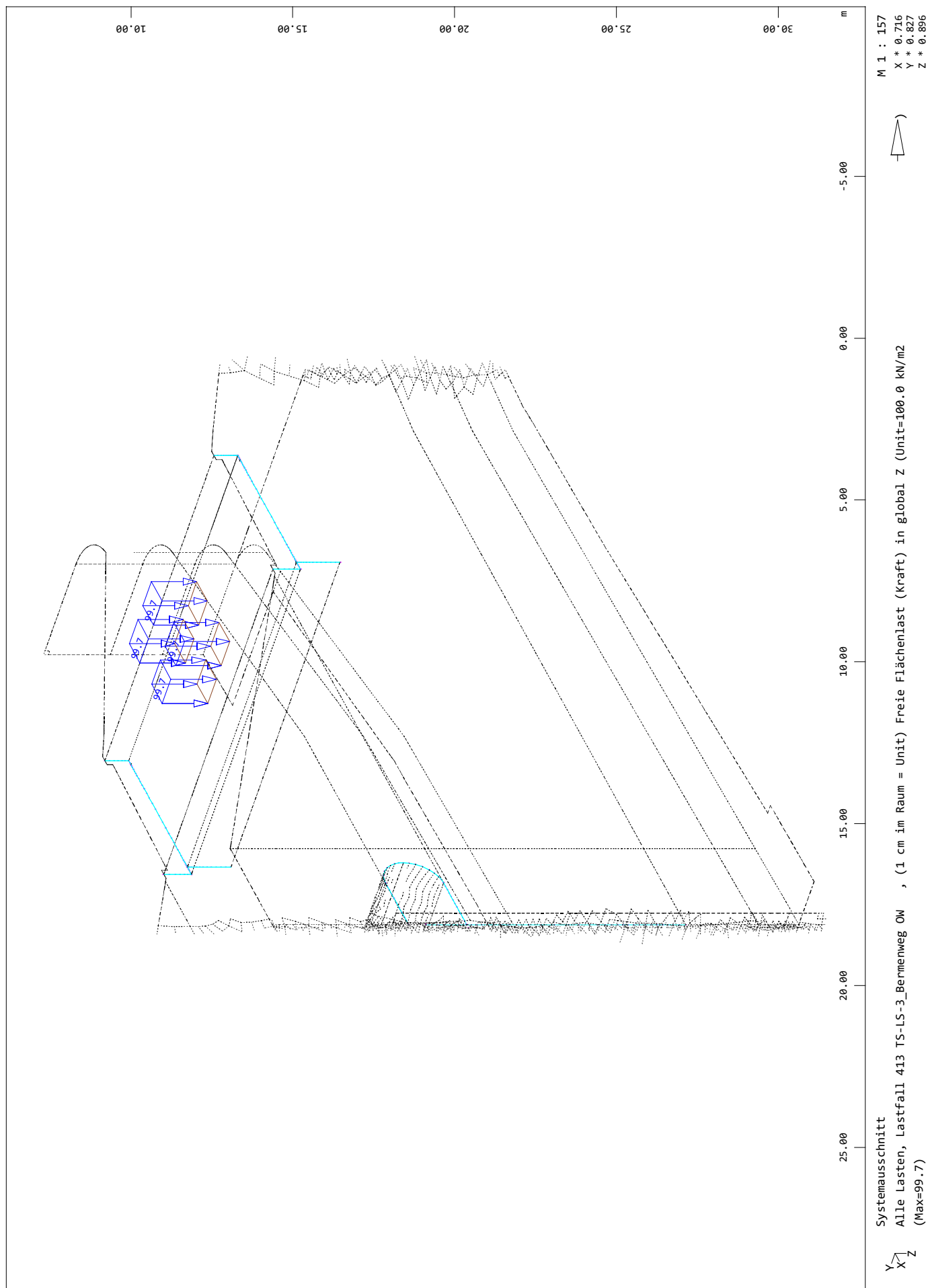
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



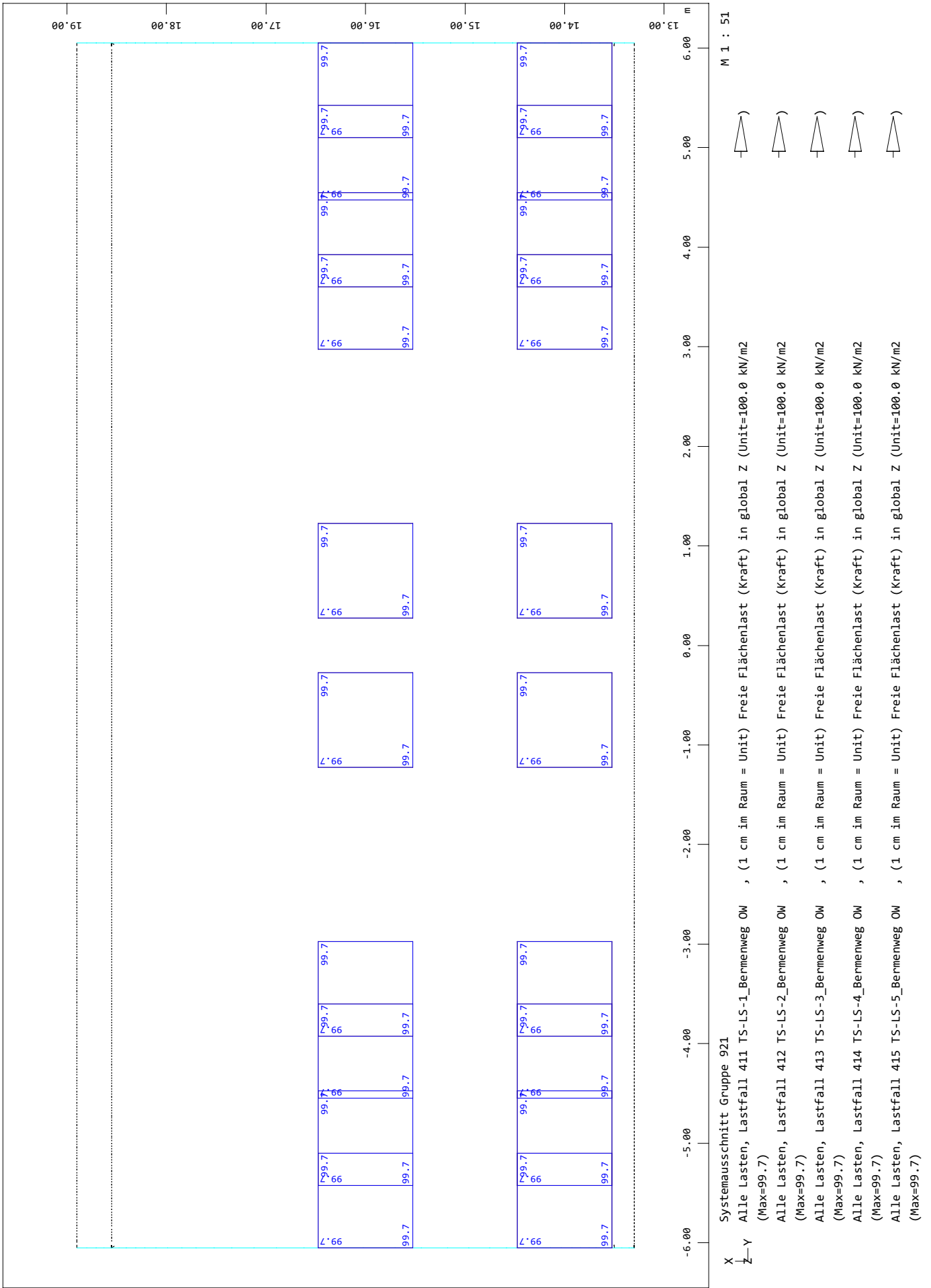
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



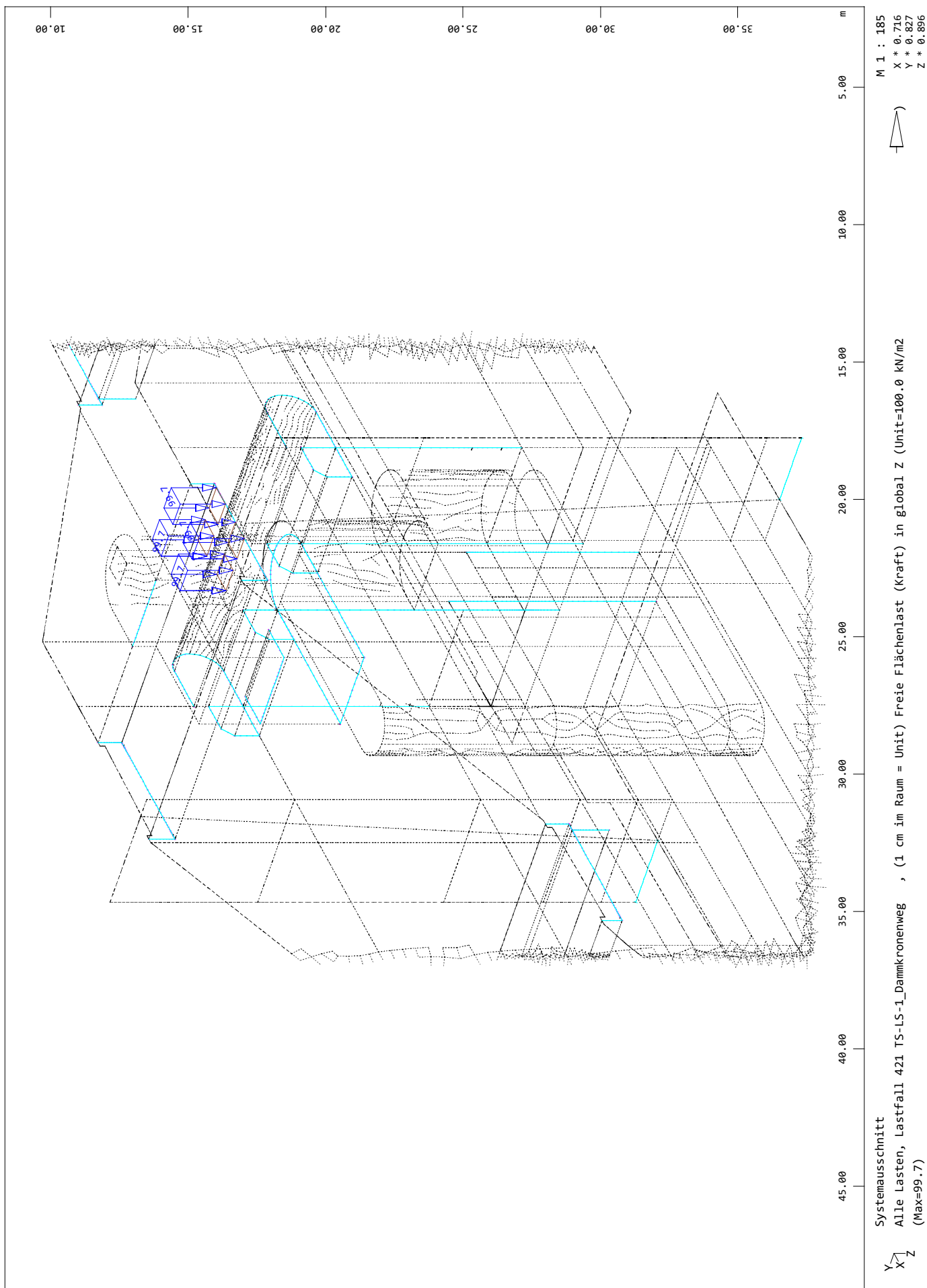
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



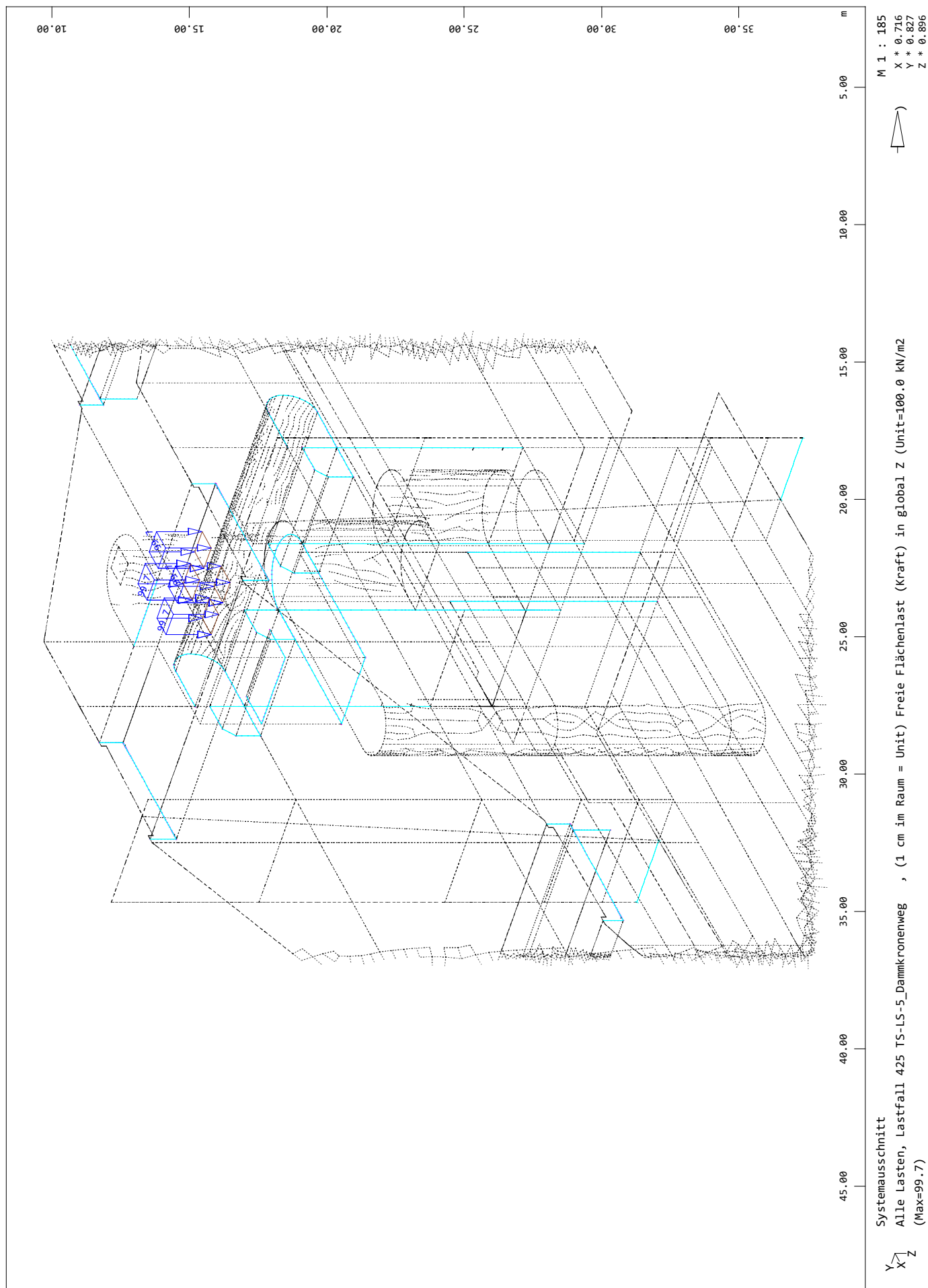
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



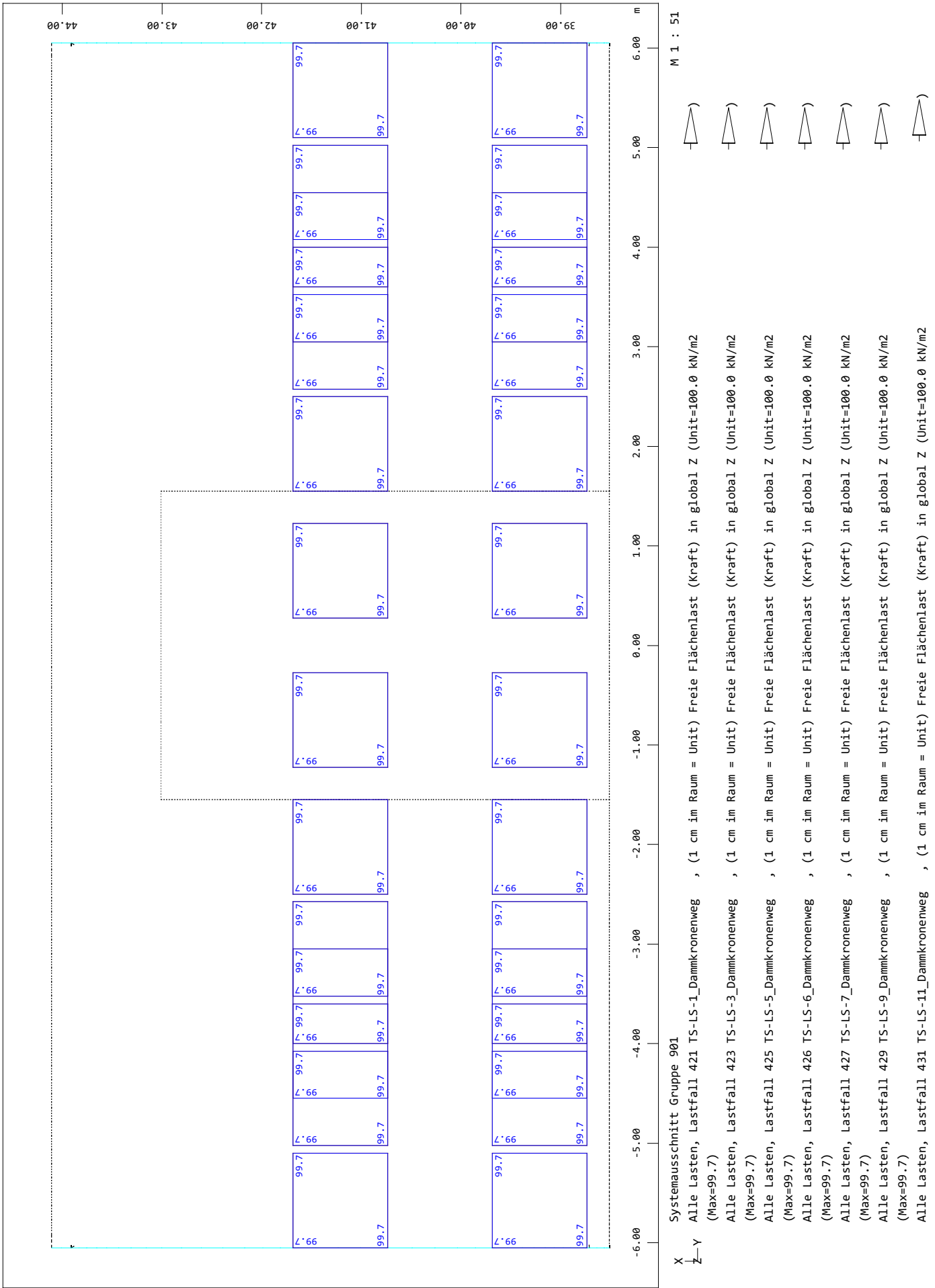
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



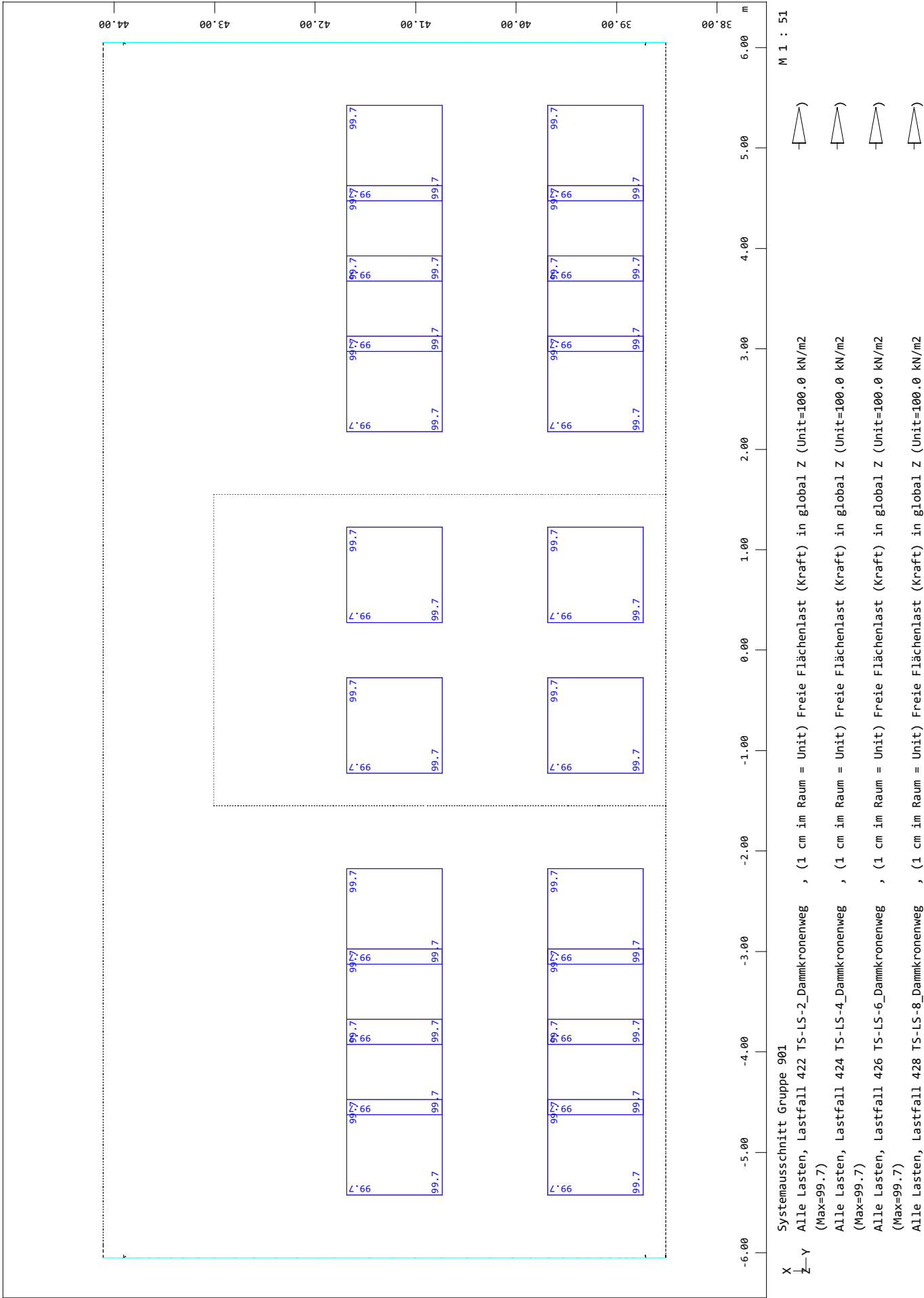
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



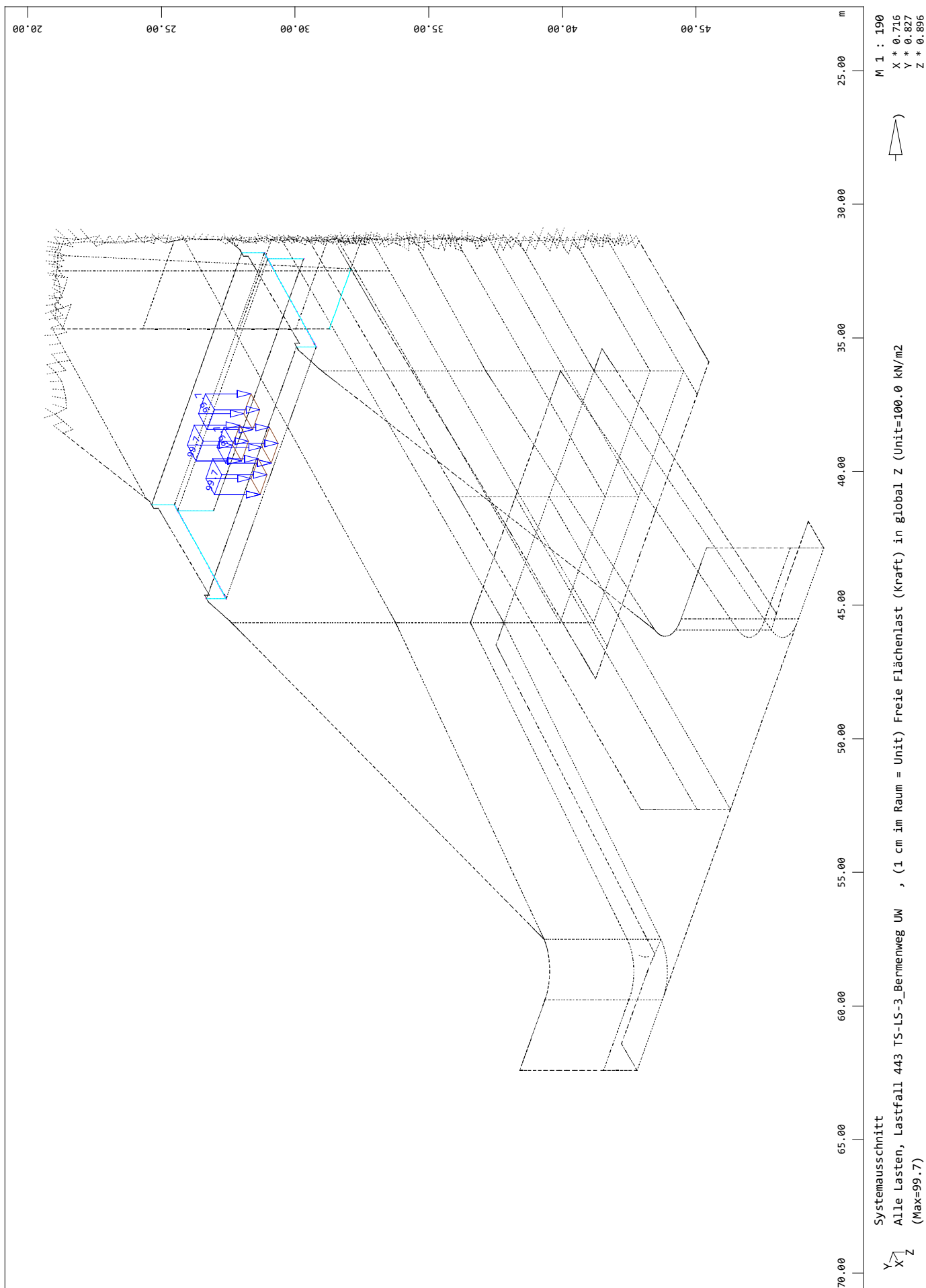
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



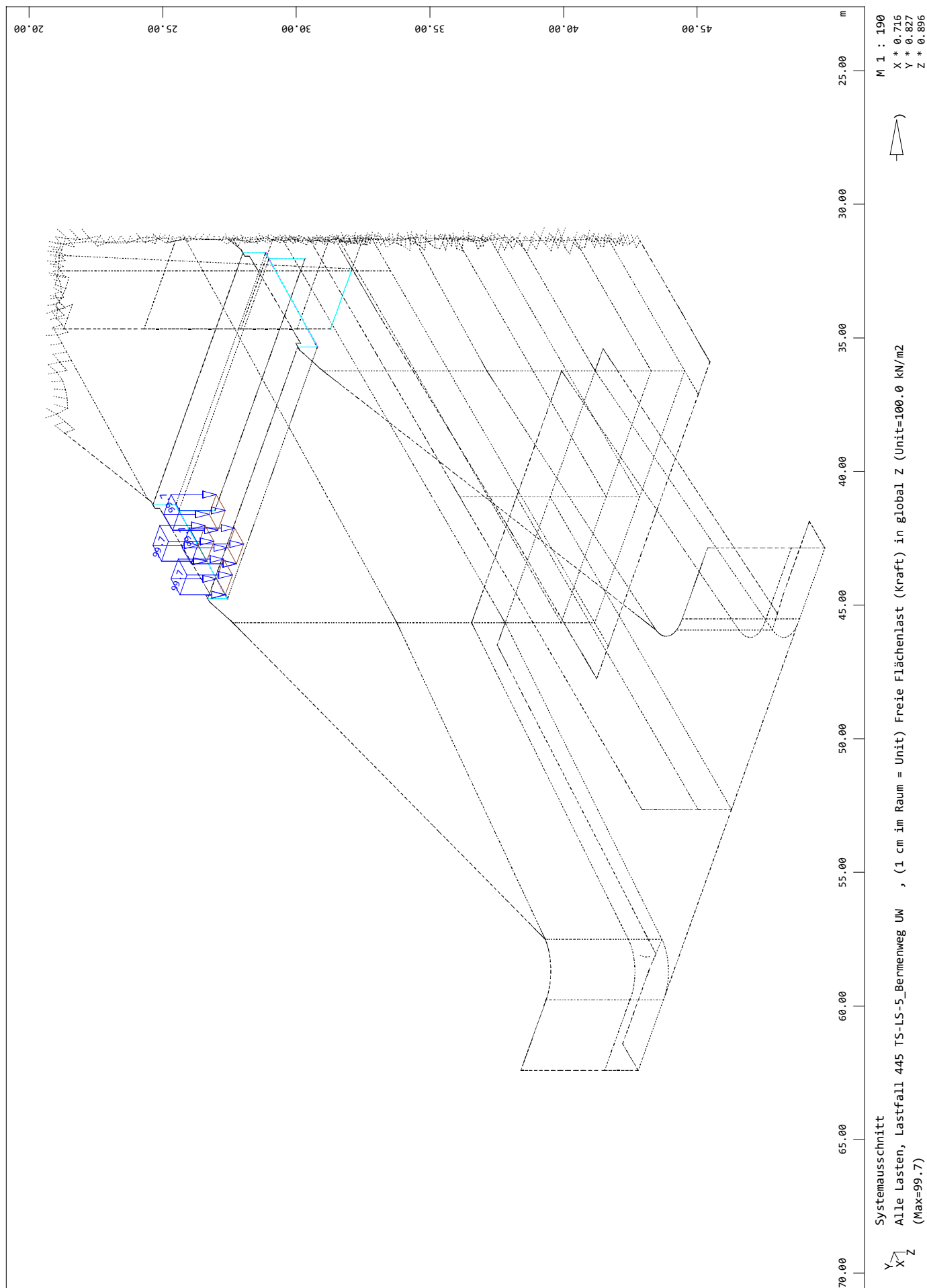
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



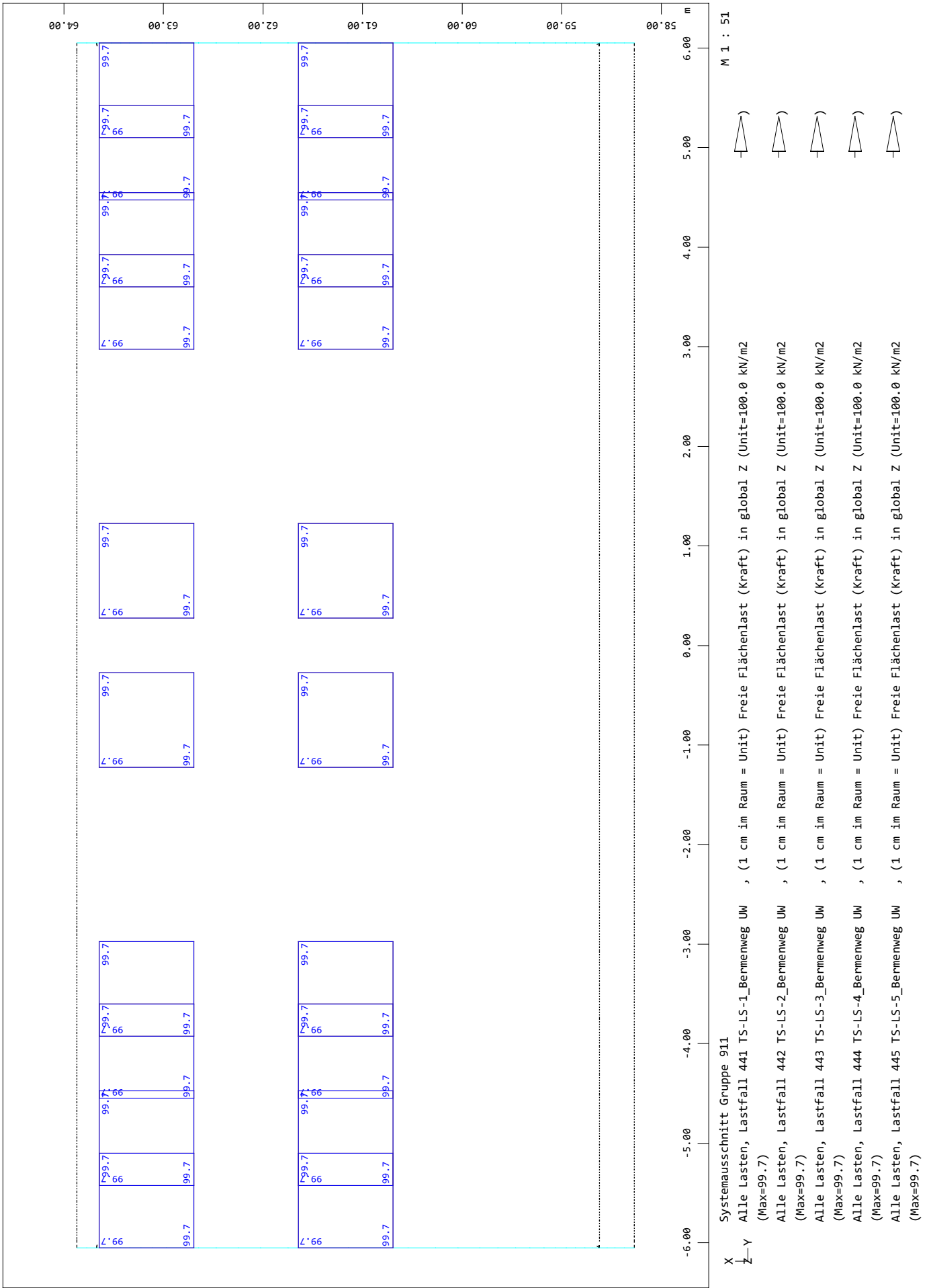
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



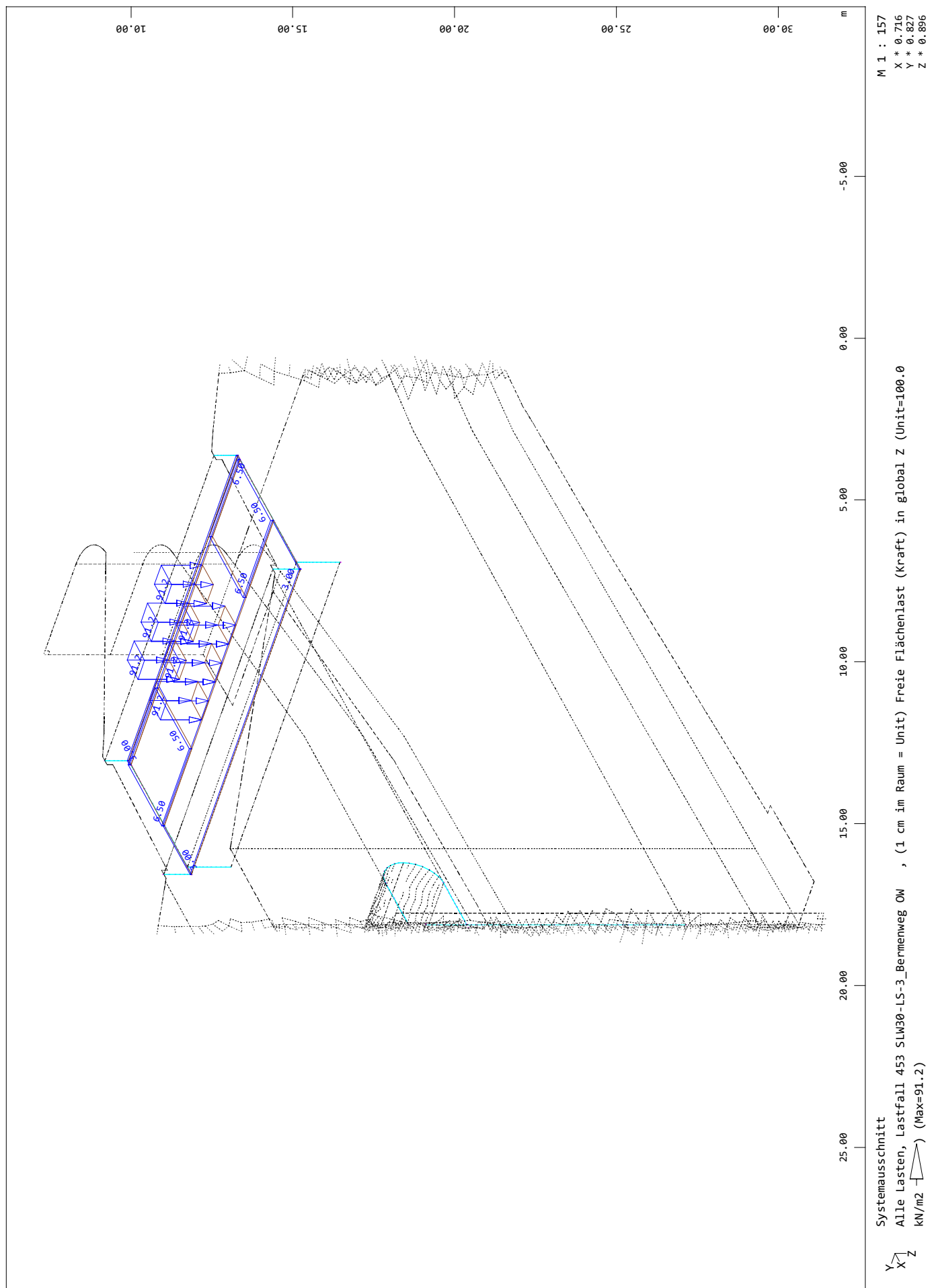
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



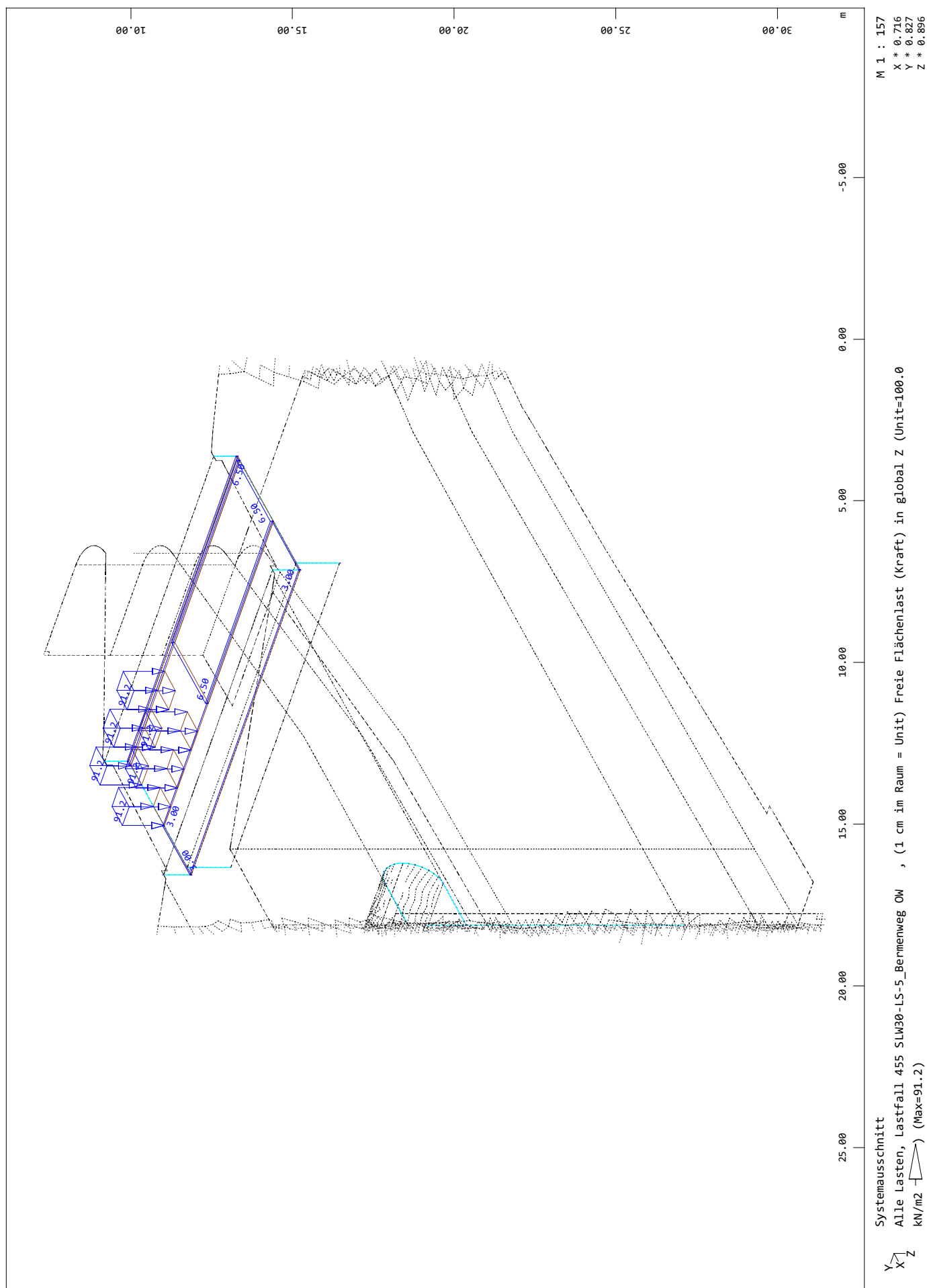
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



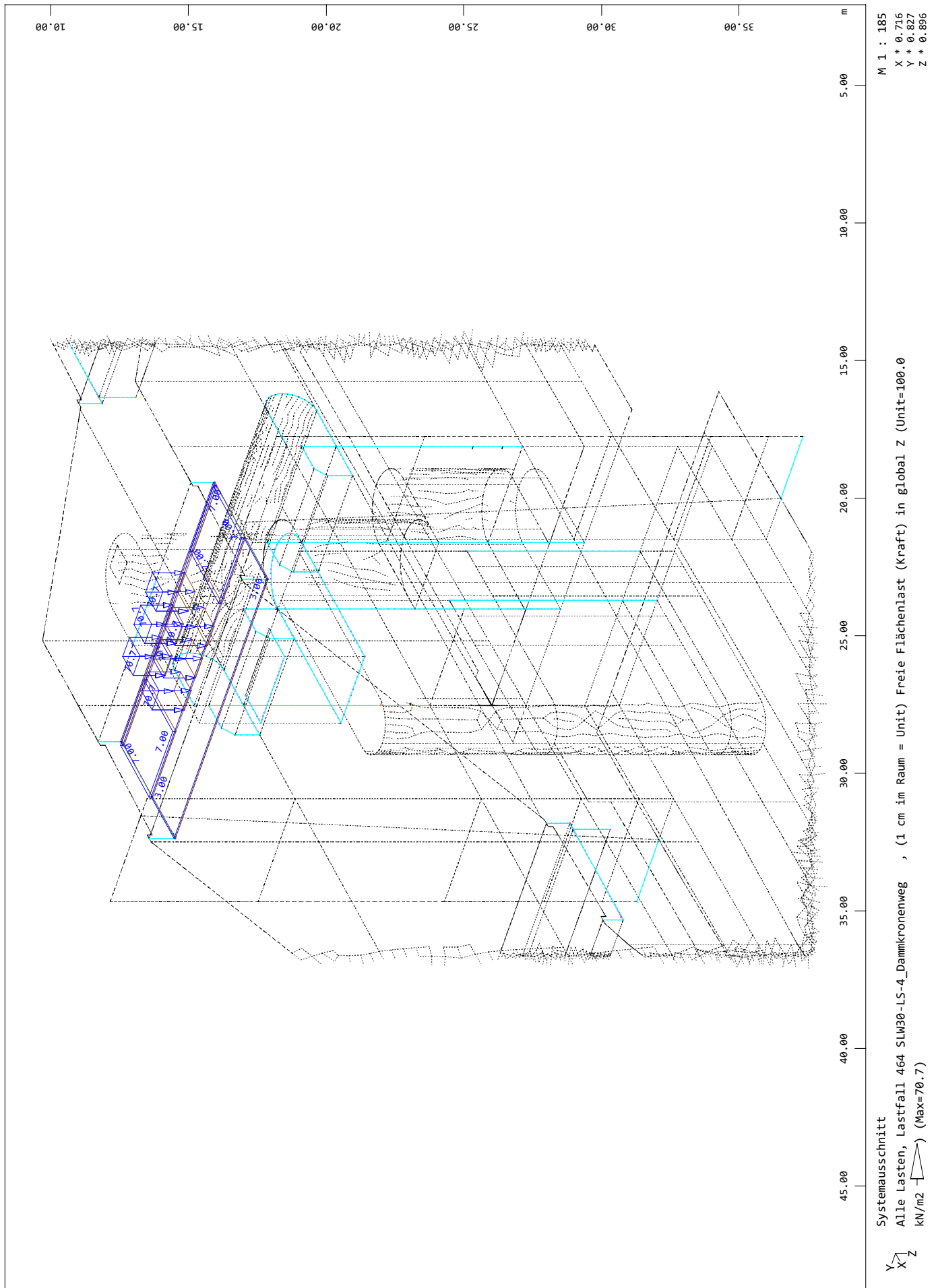
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



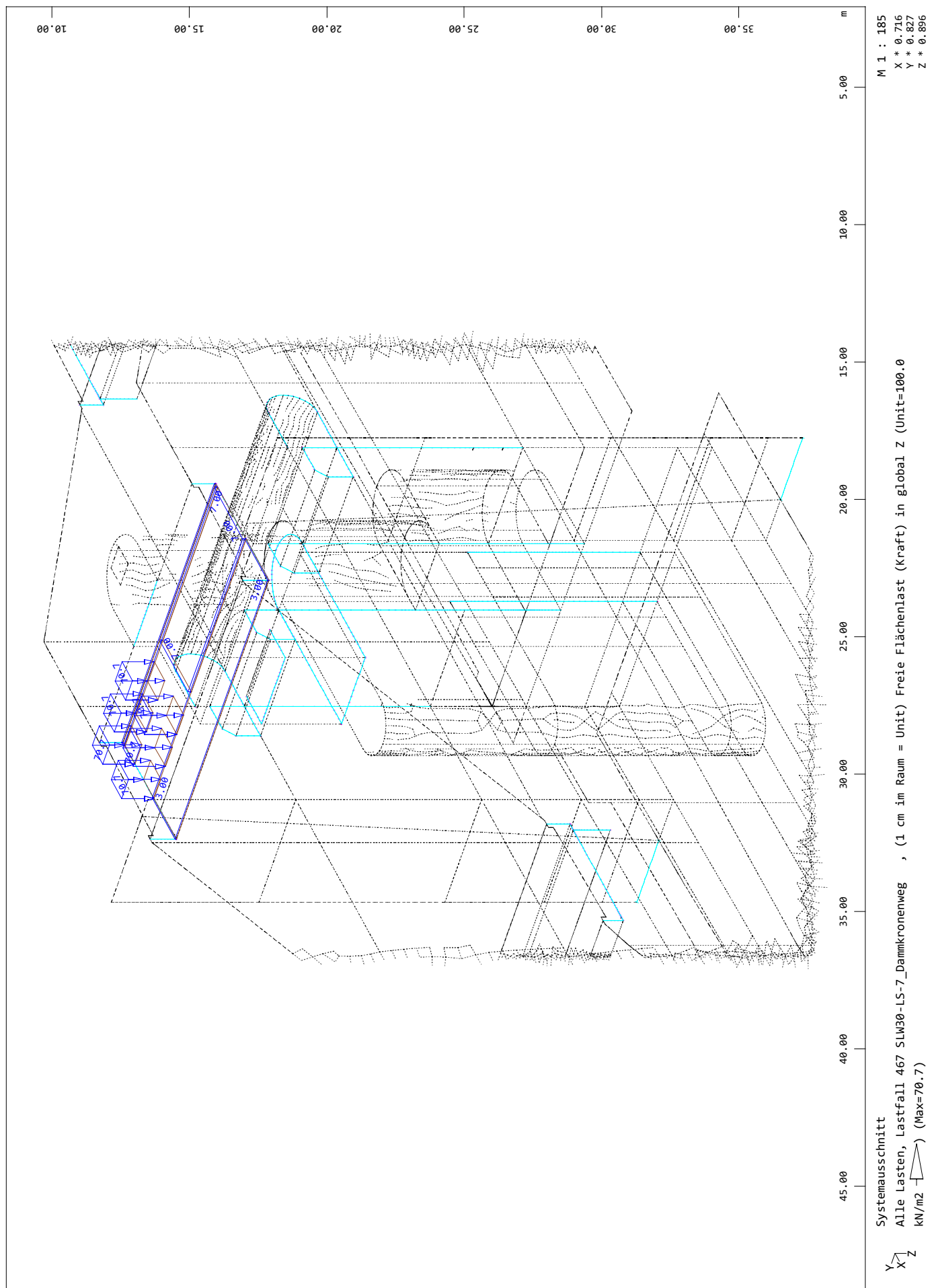
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



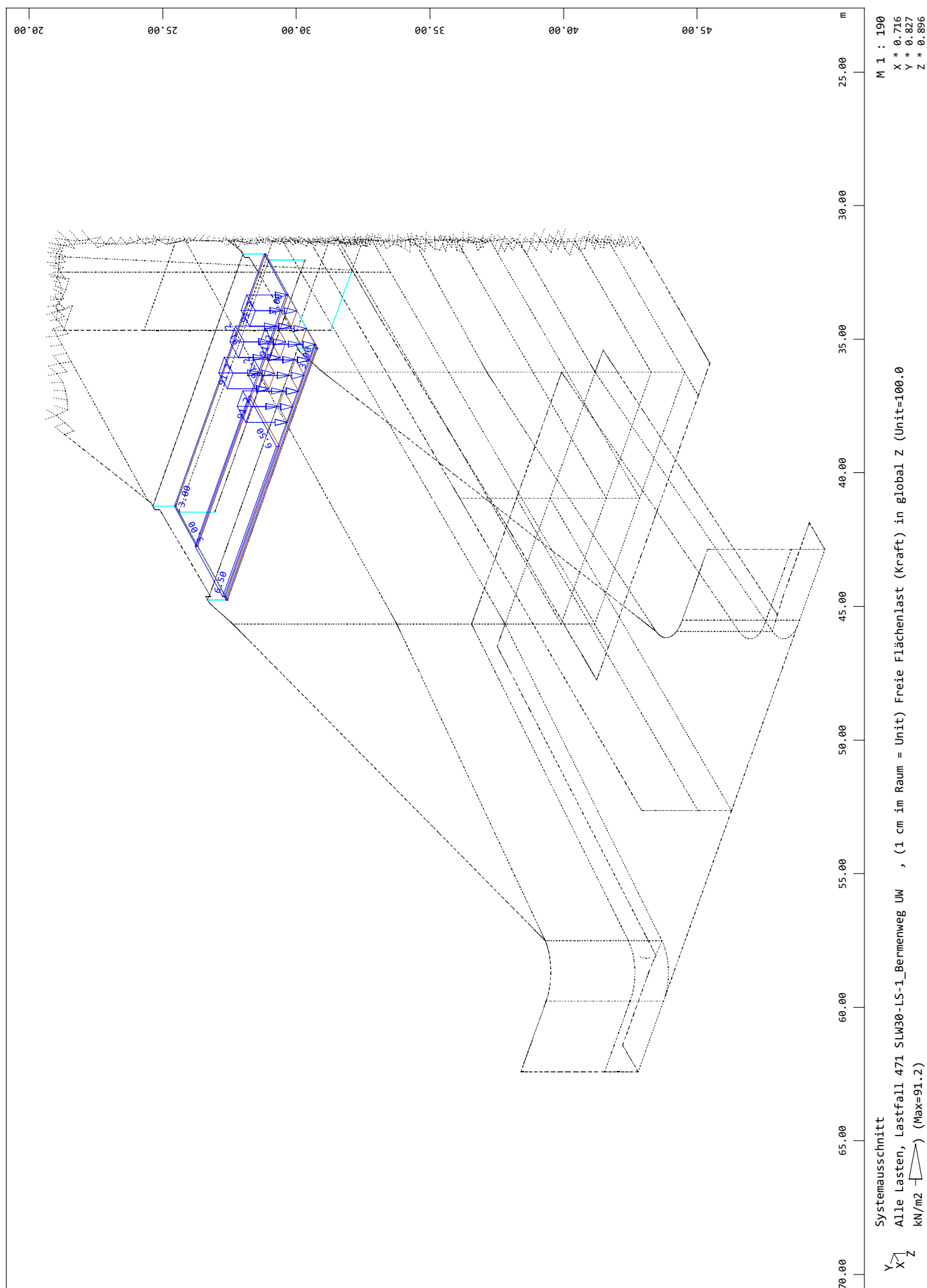
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



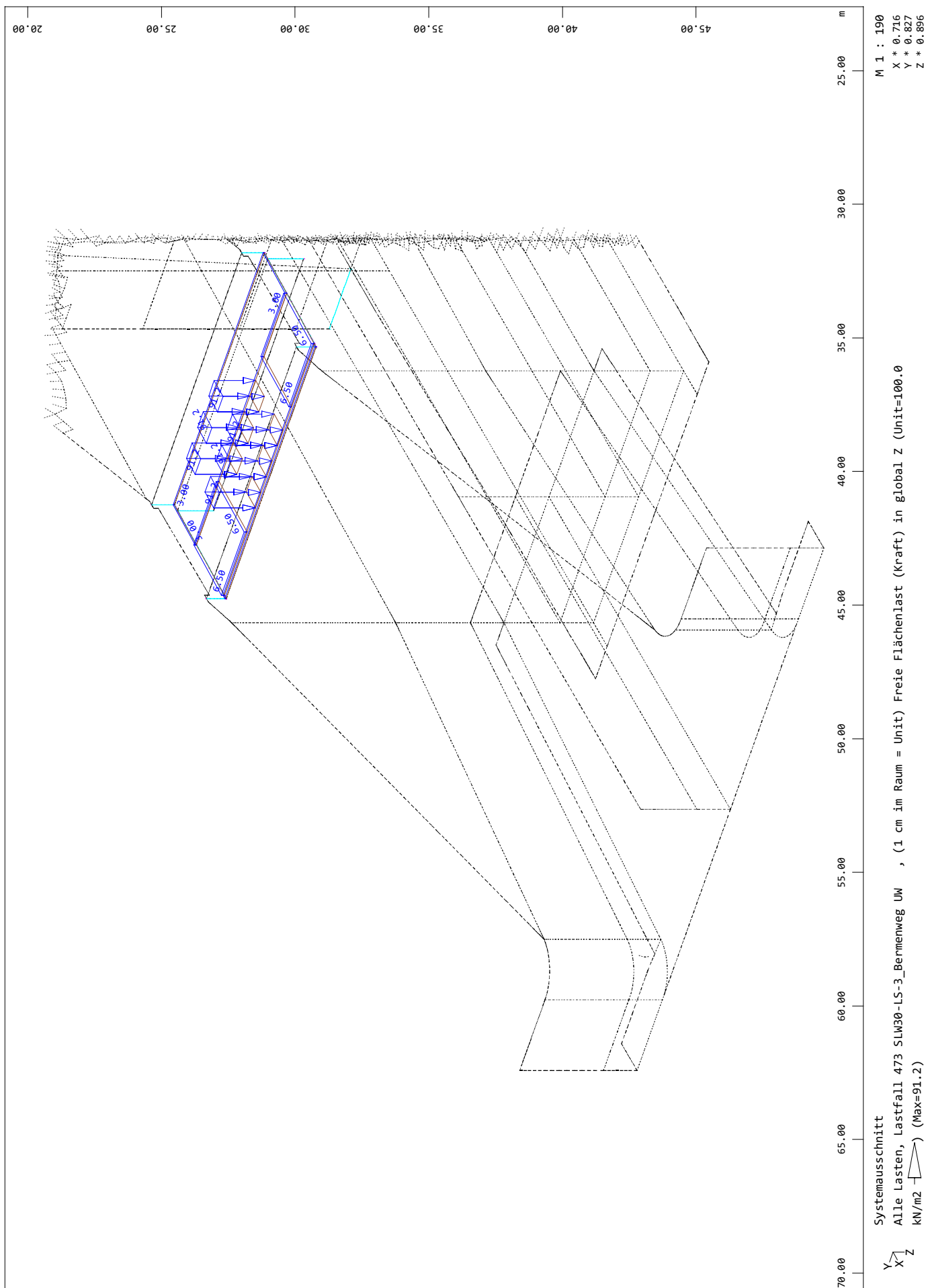
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



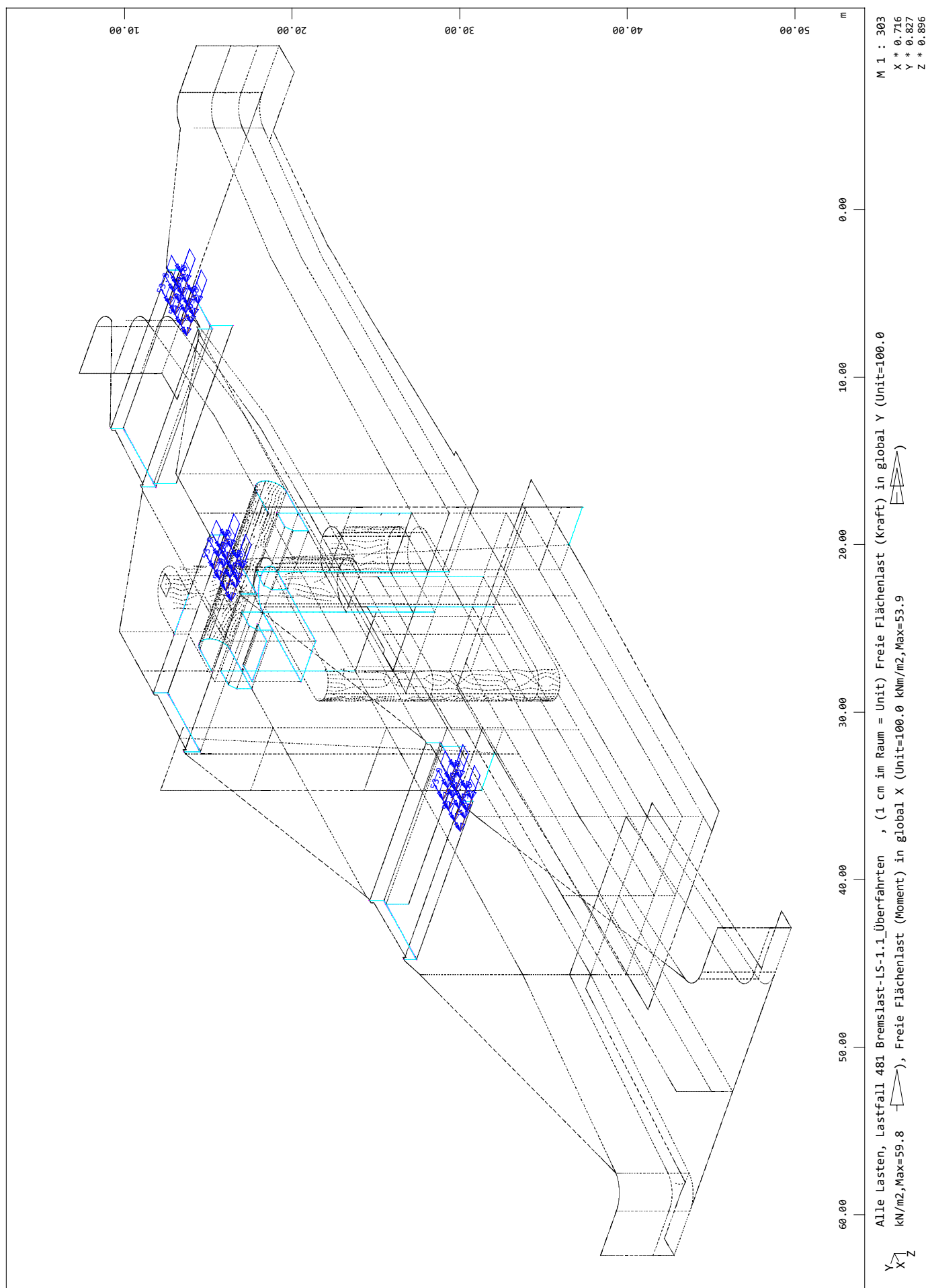
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



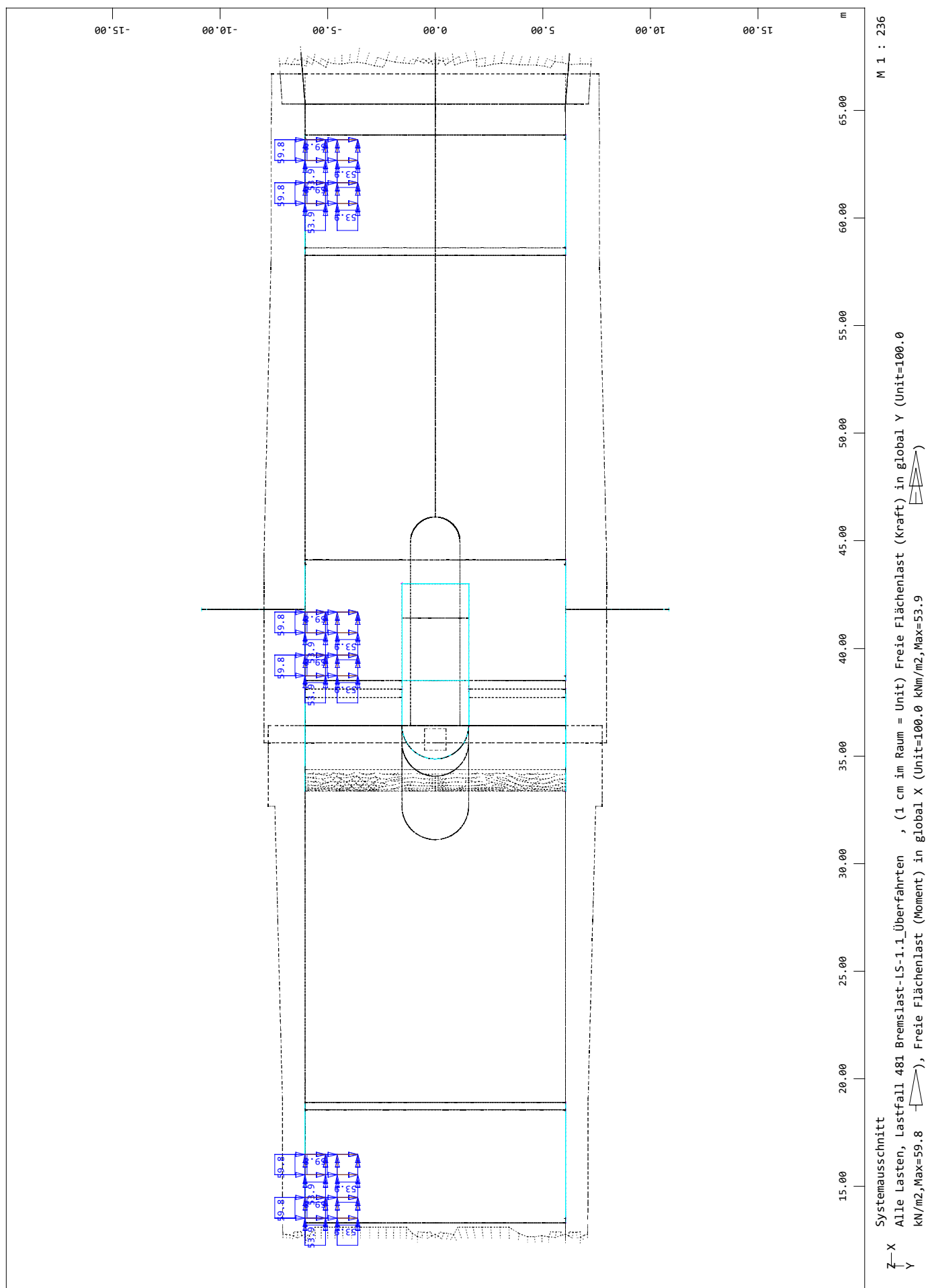
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



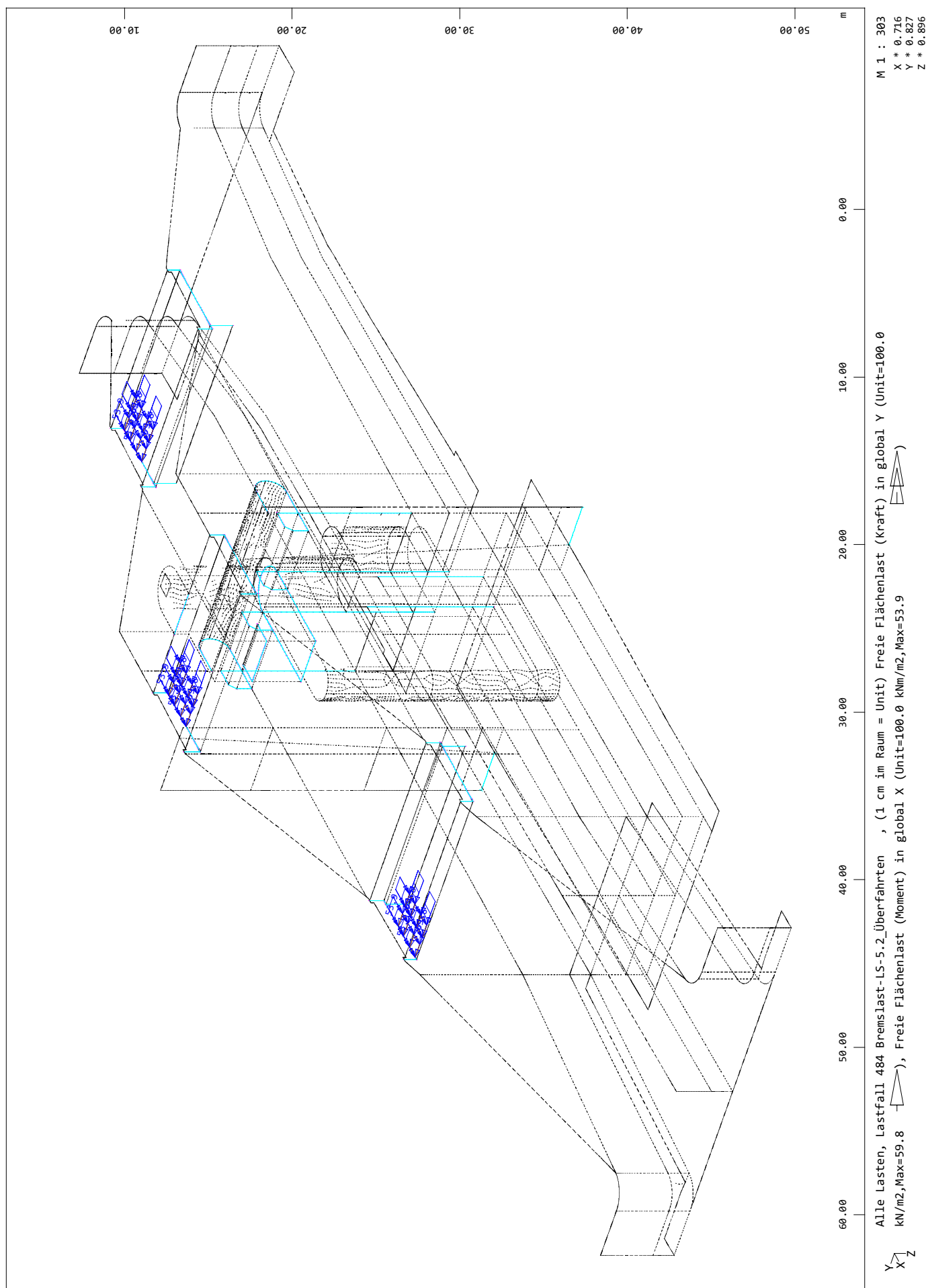
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



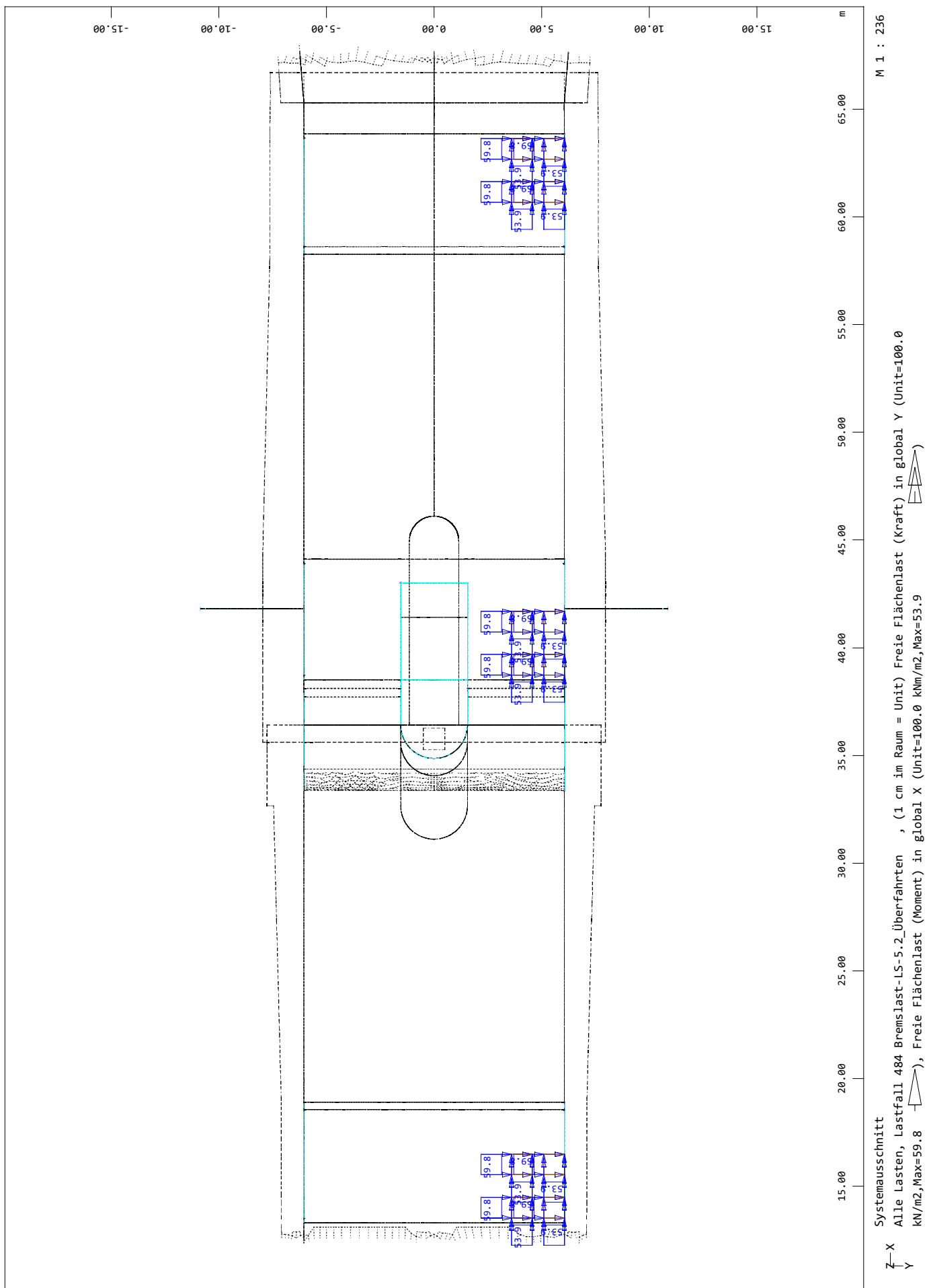
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



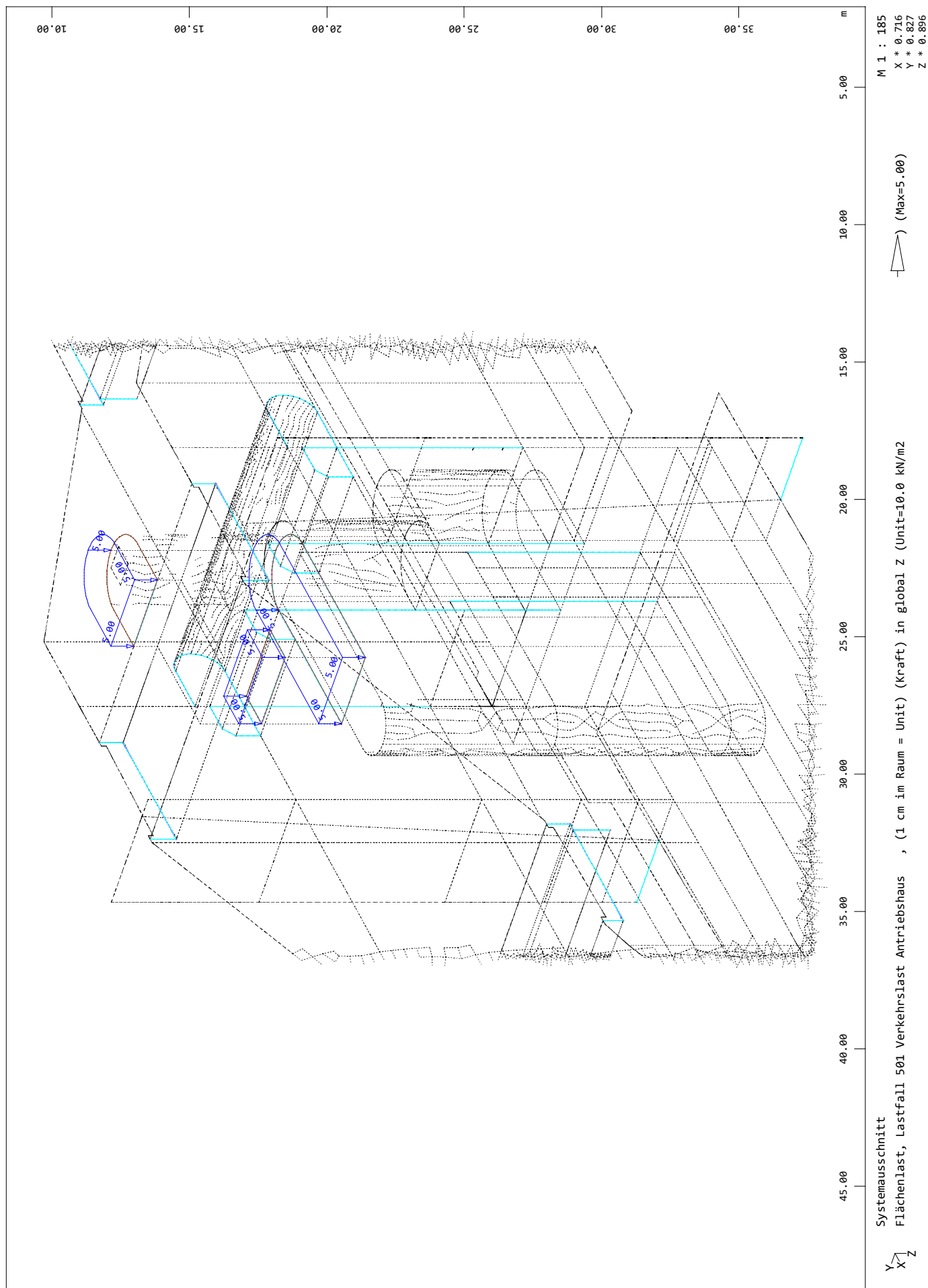
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



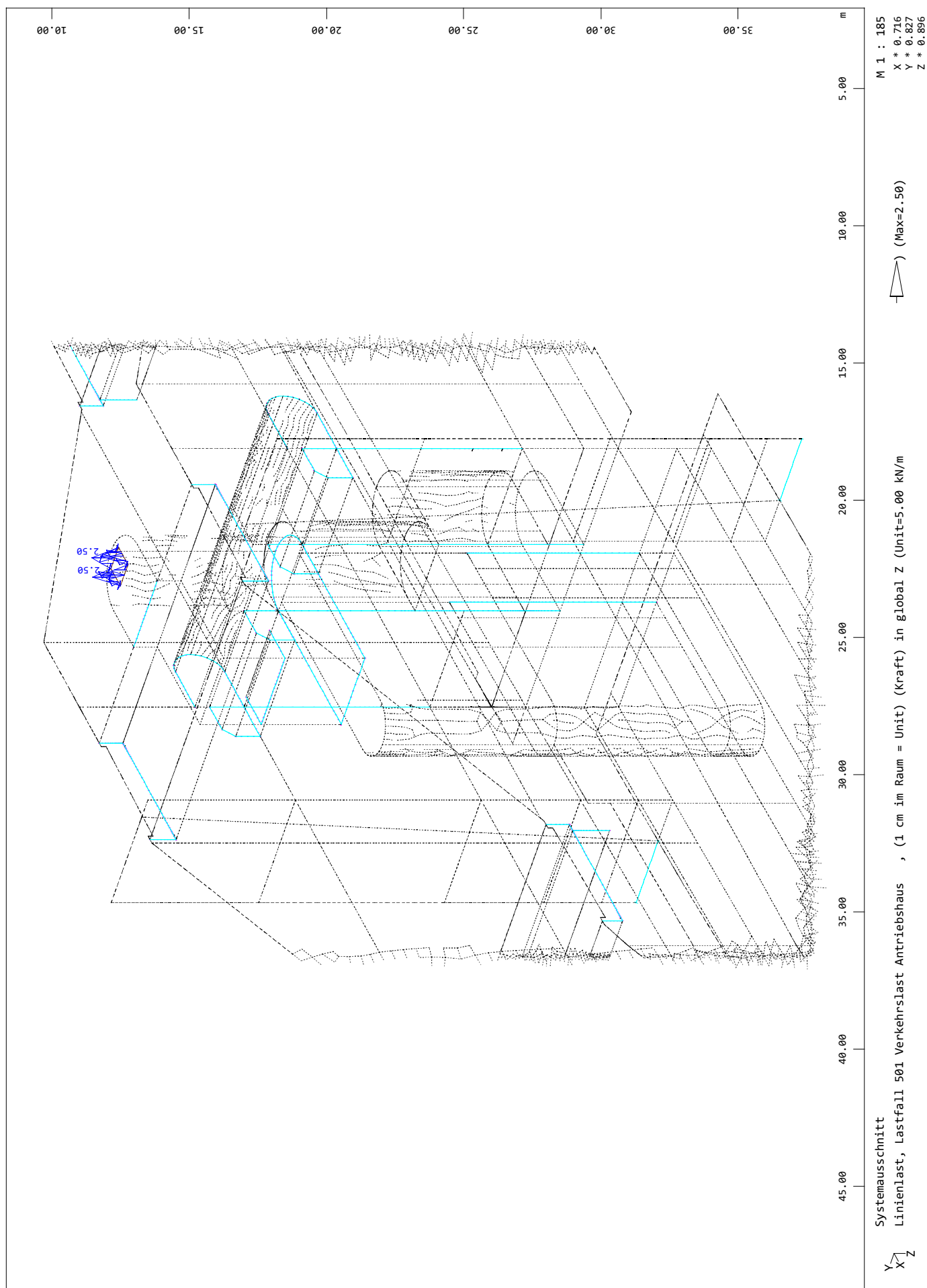
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Lastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de





2.4.3 Kombinationen der Einwirkungen

Es werden die im Lastenheft definierten ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen als Kombinationen gebildet.

Für die ständige Bemessungssituation BS-P-1 werden 11 „Unterkombinationen“ generiert, da die Verkehrslasteinwirkung des Tandem-Systems im Bereich der Dammkronen-Überfahrt in 11 verschiedenen Lastfällen (LF 421 bis LF 431) definiert ist, die als nicht gleichzeitig auftretend angesehen werden. Im Bereich der Bermen-Überfahrten sind nur je 5 Lastfälle (LF 411 bis LF 415, LF 441 bis LF 445) definiert, die entsprechend den zuvor genannten Lastfällen im Bereich der Dammkronen-Überfahrt zugeordnet werden. Zudem werden 4 „Unterkombinationen“ mit den Horizontallasten aus Bremsen und Anfahren gebildet. Dabei werden die Kombinationsbeiwerte nach DIN EN 1990, Tab. A2.1 gewählt. Es werden die Horizontallasten mit den häufigen Werten der Vertikallasten kombiniert (TS: $\psi_1 = 0,75$ und UDL: $\psi_1 = 0,4$).

In der ständigen Bemessungssituation BS-P-2 werden 7 „Unterkombinationen“ generiert, da die Verkehrslasteinwirkung des SLW 30 im Bereich der Dammkronen-Überfahrt in 7 verschiedenen Lastfällen (LF 451 bis LF 457) definiert ist, die als nicht gleichzeitig auftretend angesehen werden. Im Bereich der Bermen-Überfahrten sind nur je 5 Lastfälle (LF 461 bis LF 465, LF 471 bis LF 475) definiert, die entsprechend den zuvor genannten Lastfällen im Bereich der Dammkronen-Überfahrt zugeordnet werden.

Bei den Bemessungssituationen BS-P-3 und BS-P-4 werden je 2 „Unterkombinationen“ gebildet, die den Ansatz des Bemessungsfahrzeuges einmal links und das andere Mal rechts vom Bauwerk berücksichtigen.

Für die Kombinationen werden die einzelnen Lastfälle mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten aus der Tabelle im Abschnitt 3.5 des Lastenhefts für die Bemessung der Stahlbetonbauteile (Designschnittgrößen) kombiniert.

Die Lasten aus den verschiedenen Wassereinwirkungen werden als geometrisch nicht begrenzt angesehen (siehe Tabelle auf den folgenden Seiten).

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V3.2 Rott	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.124



LF	BS-P-1.1 (LF 2101)	BS-P-1.2 (LF 2102)	BS-P-1.3 (LF 2103)	BS-P-1.4 (LF 2104)	BS-P-1.5 (LF 2105)	BS-P-1.6 (LF 2106)	BS-P-1.7 (LF 2107)	BS-P-1.8 (LF 2108)	BS-P-1.9 (LF 2109)	BS-P-1.10 (LF 2110)	BS-P-1.11 (LF 2111)
101	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
102	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
201	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
211	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
221	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
231	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
301	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
302	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
311	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
321	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
322	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
331	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
332	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
401	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
402	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
403	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
411	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
412	-	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
413	-	-	-	-	-	1,50	-	-	-	-	-
414	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,50	-
415	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,50
421	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
422	-	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
423	-	-	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-
424	-	-	-	1,50	-	-	-	-	-	-	-
425	-	-	-	-	1,50	-	-	-	-	-	-
426	-	-	-	-	-	1,50	-	-	-	-	-
427	-	-	-	-	-	-	1,50	-	-	-	-
428	-	-	-	-	-	-	-	1,50	-	-	-
429	-	-	-	-	-	-	-	-	1,50	-	-
430	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,50	-
431	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,50
441	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
442	-	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
443	-	-	-	-	-	1,50	-	-	-	-	-
444	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,50	-
445	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,50
481	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
482	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
484	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
501	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50



LF	BS-P-1.16 (LF 2116)	BS-P-1.17 (LF 2117)	BS-P-1.18 (LF 2118)	BS-P-1.19 (LF 2119)
101	1,35	1,35	1,35	1,35
102	1,35	1,35	1,35	1,35
103	-	-	-	-
201	1,50	1,50	1,50	1,50
211	1,50	1,50	1,50	1,50
221	1,50	1,50	1,50	1,50
231	1,50	1,50	1,50	1,50
301	1,35	1,35	1,35	1,35
302	-	-	-	-
311	-	-	-	-
321	1,50	1,50	1,50	1,50
322	1,50	1,50	1,50	1,50
331	-	-	-	-
332	-	-	-	-
401	0,60	0,60	0,60	0,60
402	0,60	0,60	0,60	0,60
403	0,60	0,60	0,60	0,60
411	1,125	1,125	-	-
412	-	-	-	-
413	-	-	-	-
414	-	-	-	-
415	-	-	1,125	1,125
421	1,125	1,125	-	-
422	-	-	-	-
423	-	-	-	-
424	-	-	-	-
425	-	-	-	-
426	-	-	-	-
427	-	-	-	-
428	-	-	-	-
429	-	-	-	-
430	-	-	-	-
431	-	-	1,125	1,125
441	1,125	1,125	-	-
442	-	-	-	-
443	-	-	-	-
444	-	-	-	-
445	-	-	1,125	1,125
481	1,50	-	-	-
482	-	1,50	-	-
483	-	-	1,50	-
484	-	-	-	1,50
501	1,50	1,50	1,50	1,50



LF	BS-P-2.1 (LF 2201)	BS-P-2.2 (LF 2202)	BS-P-2.3 (LF 2203)	BS-P-2.4 (LF 2204)	BS-P-2.5 (LF 2205)	BS-P-2.6 (LF 2206)	BS-P-2.7 (LF 2207)	BS-P-3.1 (LF 2301)	BS-P-3.2 (LF 2302)	BS-P-4.1 (LF 2401)	BS-P-4.2 (LF 2402)	BS-T-1 (LF 2001)
101	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,20
102	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	-	-	-
103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	1,35	-
201	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	-	-	-
211	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	-	-	-
221	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	-	-	-
231	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	-	-	-
301	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	-	-	-
302	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	1,35	1,20
311	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,20
321	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	-	1,50	-	1,50	-
322	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	-	1,50	-	-
331	-	-	-	-	-	-	-	1,50	-	1,50	-	-
332	-	-	-	-	-	-	-	-	1,50	-	1,50	-
401	-	-	-	-	-	-	-	1,50	1,50	1,50	1,50	-
402	-	-	-	-	-	-	-	1,50	1,50	1,50	1,50	-
403	-	-	-	-	-	-	-	1,50	1,50	1,50	1,50	-
451	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
452	-	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
453	-	-	-	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-
454	-	-	-	-	-	1,50	-	-	-	-	-	-
455	-	-	-	-	-	-	1,50	-	-	-	-	-
461	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
462	-	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
463	-	-	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
464	-	-	-	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-
465	-	-	-	-	1,50	-	-	-	-	-	-	-
466	-	-	-	-	-	1,50	-	-	-	-	-	-
467	-	-	-	-	-	-	1,50	-	-	-	-	-
471	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
472	-	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
473	-	-	-	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-
474	-	-	-	-	-	1,50	-	-	-	-	-	-
475	-	-	-	-	-	-	1,50	-	-	-	-	-
501	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	-



Die einzelnen Bemessungssituationen werden miteinander kombiniert, um die ungünstigsten Beanspruchungen für jeden Knoten und jedes Element zu erhalten. Hierbei werden alle Bemessungssituationen als eine Alternativlastfallgruppe „ständig“ aufgefasst, bei der immer die jeweils ungünstigste Bemessungssituation erfasst wird. Die maximalen bzw. minimalen und ihre zugehörigen Schnittgrößen werden in den Lastfällen LF 3201 ff. abgespeichert und können zur Bemessung herangezogen werden.

Im GZG werden die in den vorstehenden Tabellen definierten ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen auch als charakteristische Kombinationen mit einem einheitlichen Teilsicherheitsbeiwert $\gamma = 1,0$ (Ausnahme Bremslasten) für die jeweilige Einwirkung gebildet.

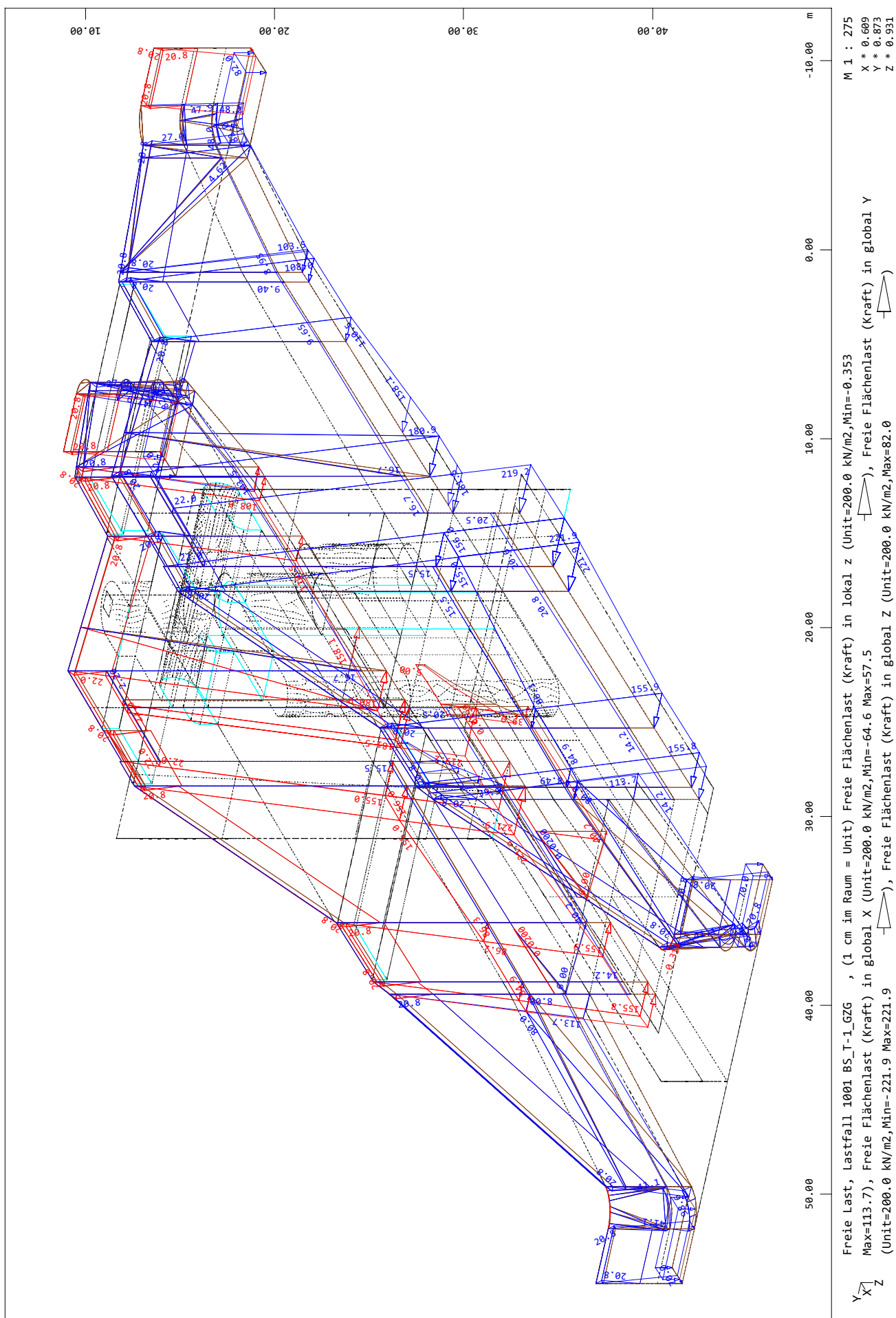
Es werden die programmtechnisch implementierten Überlagerungsformeln für Standardfälle genutzt. Hierbei werden jedoch alle Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte zu 1,0 gesetzt.

Grafische Ausgabe der charakteristischen Kombinationslastfälle siehe nachfolgende Seiten

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V3.2 Rott	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.128

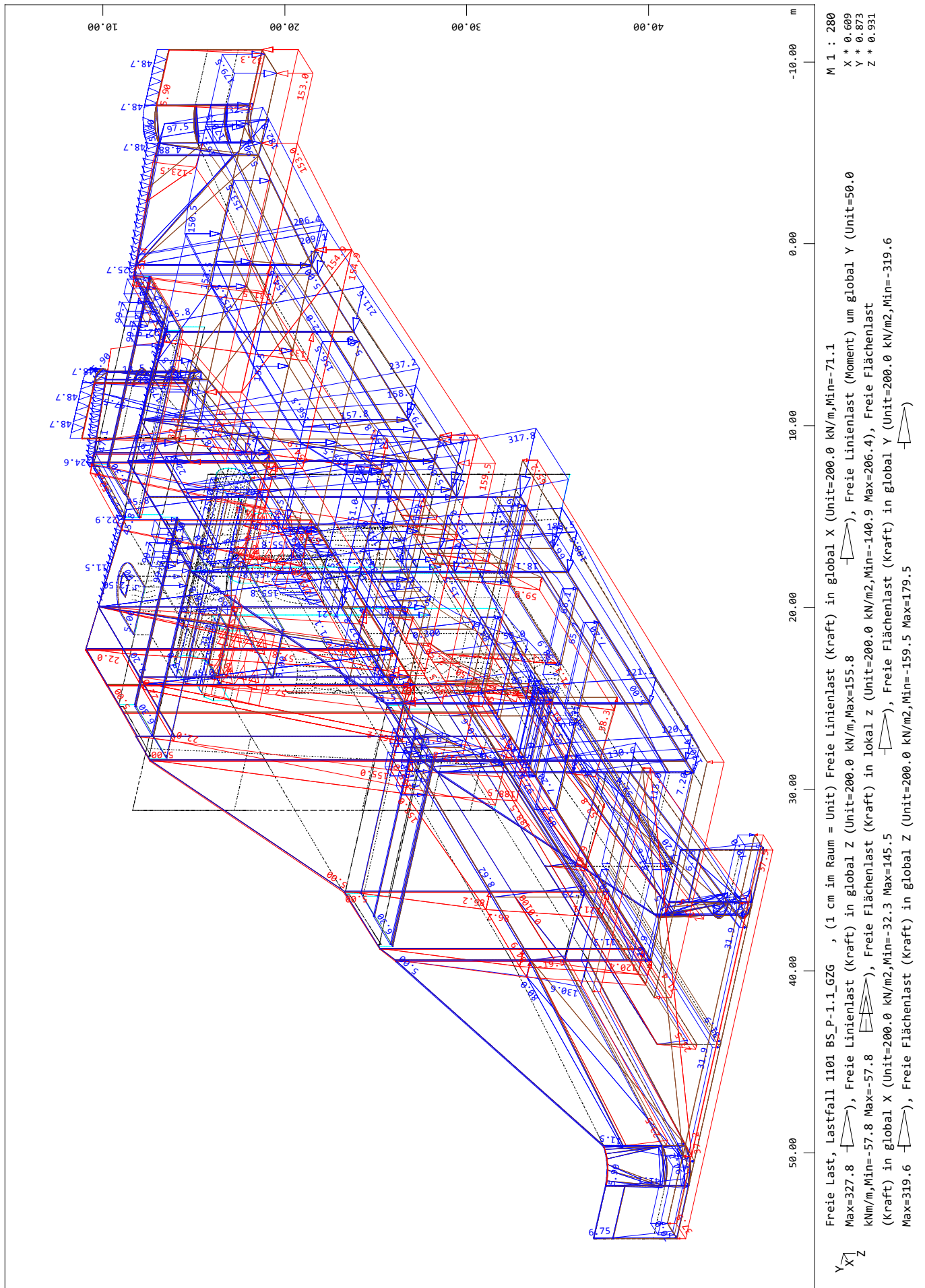
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



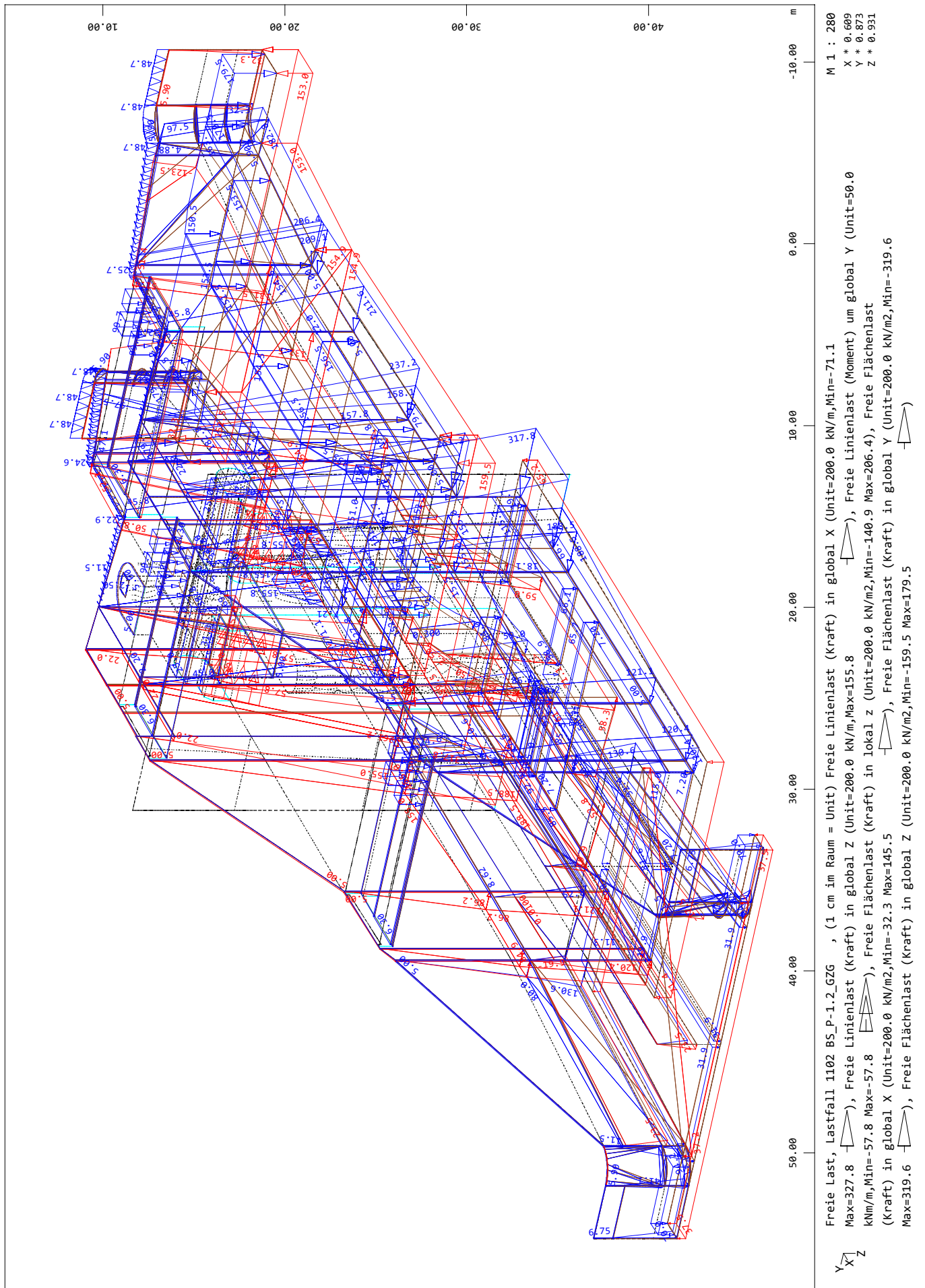
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



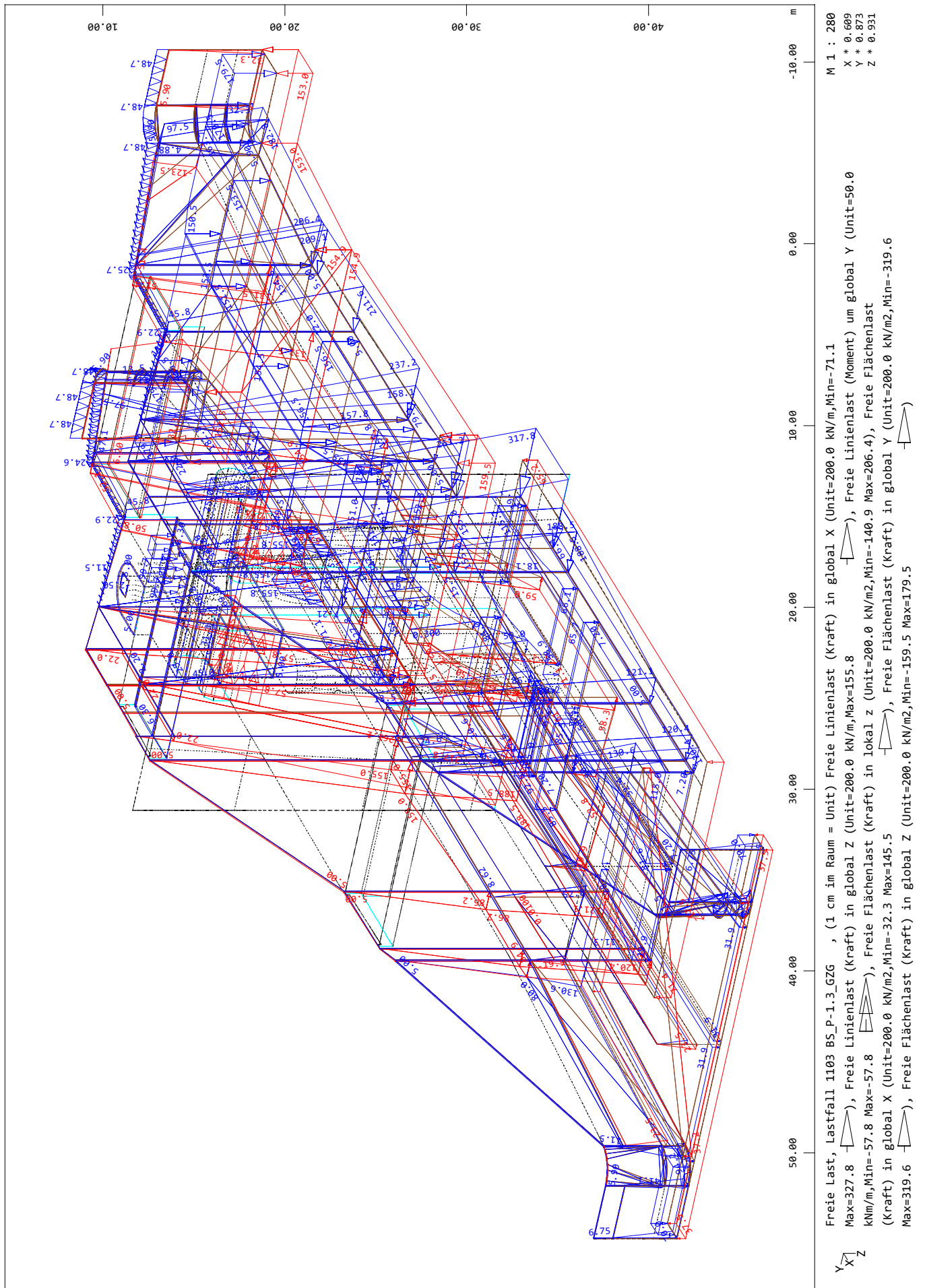
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



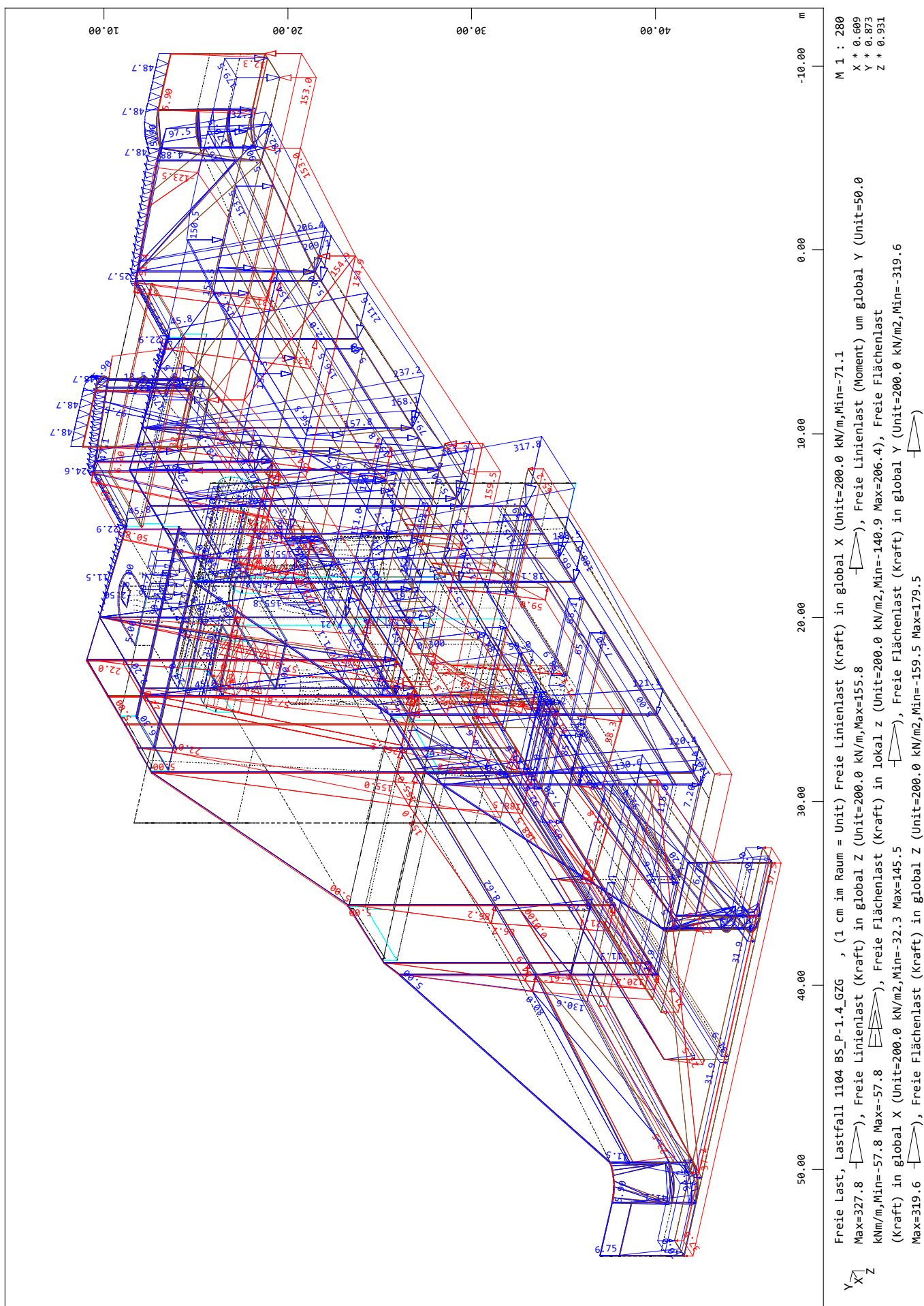
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



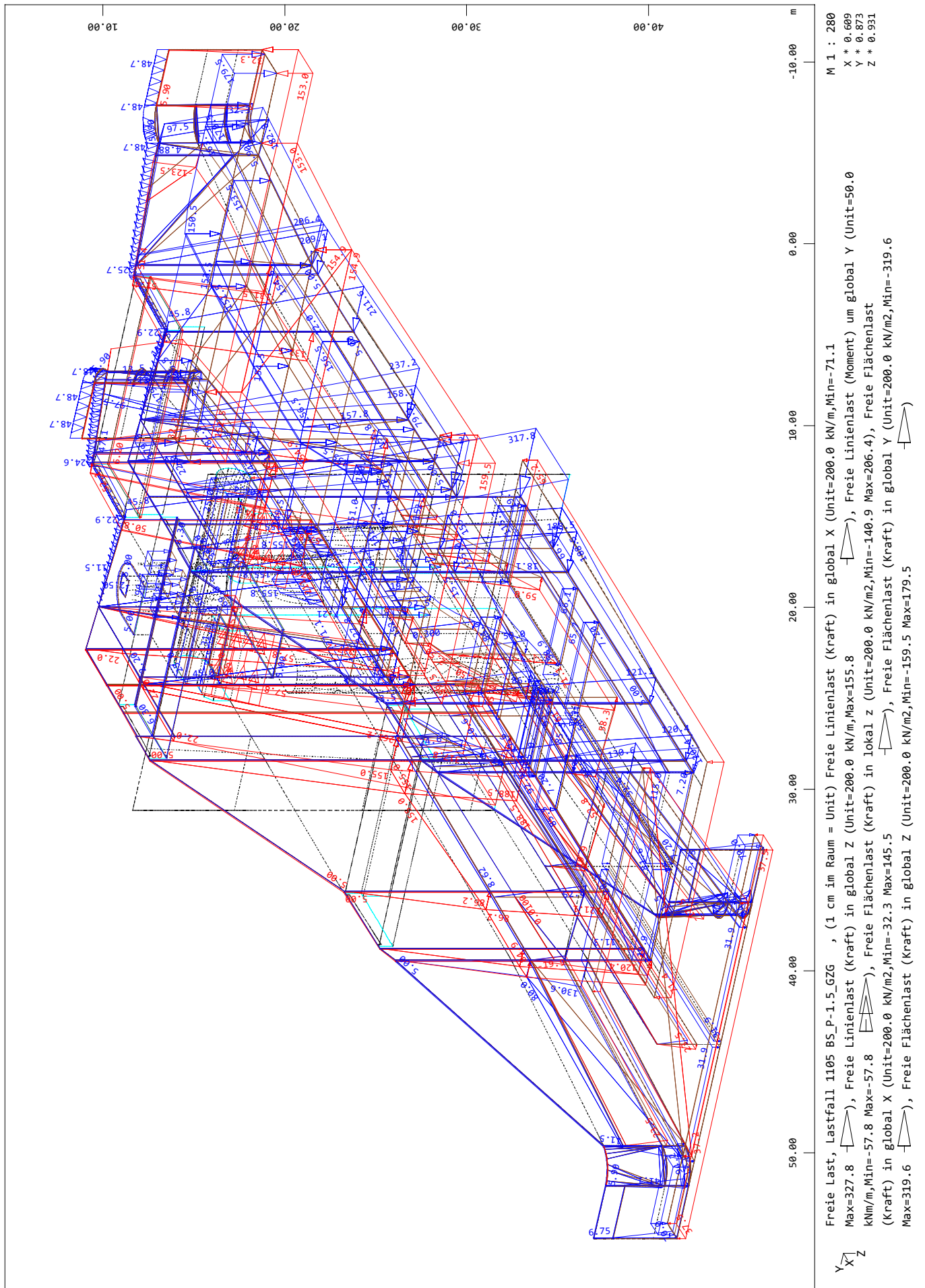
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



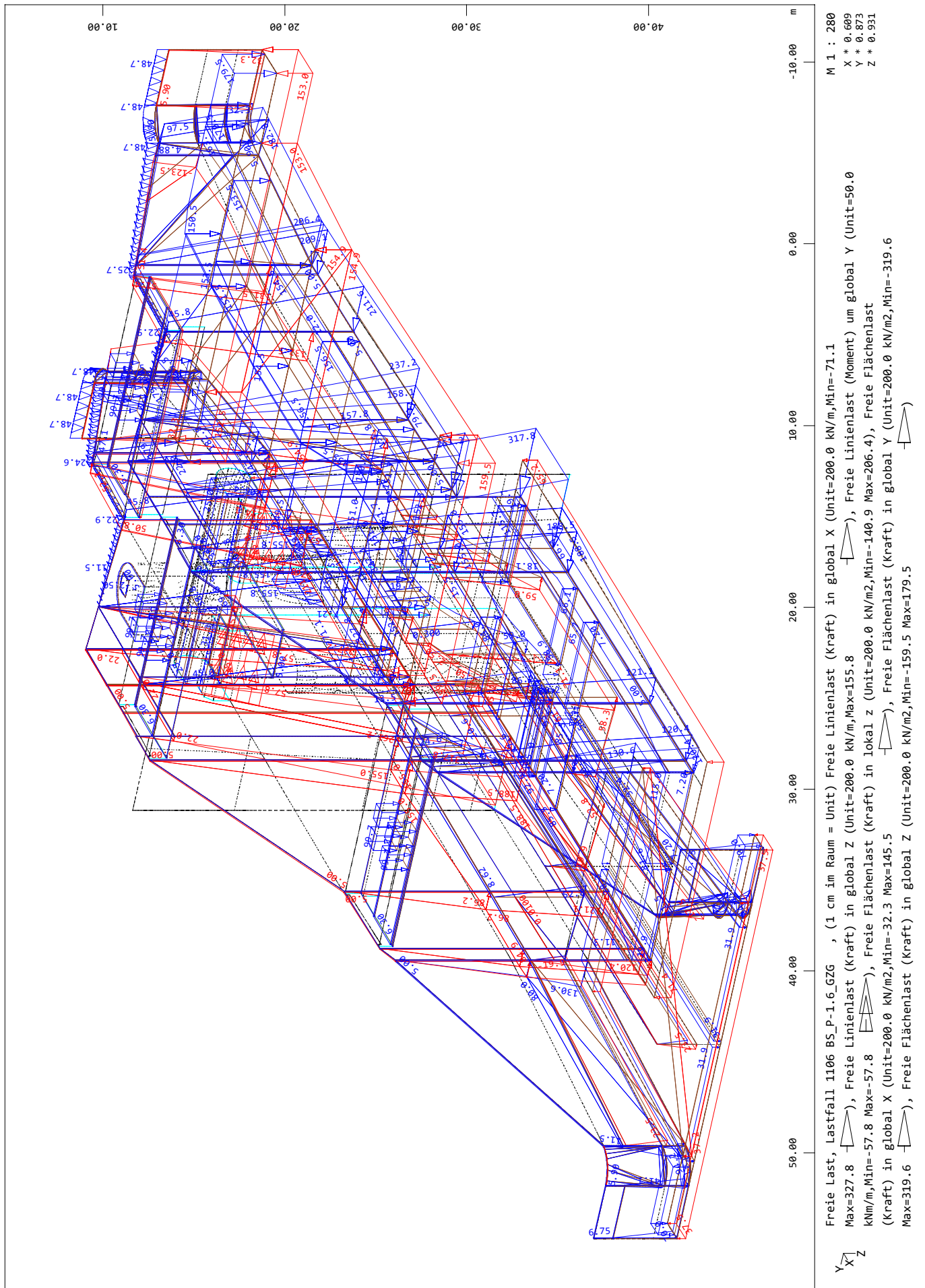
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



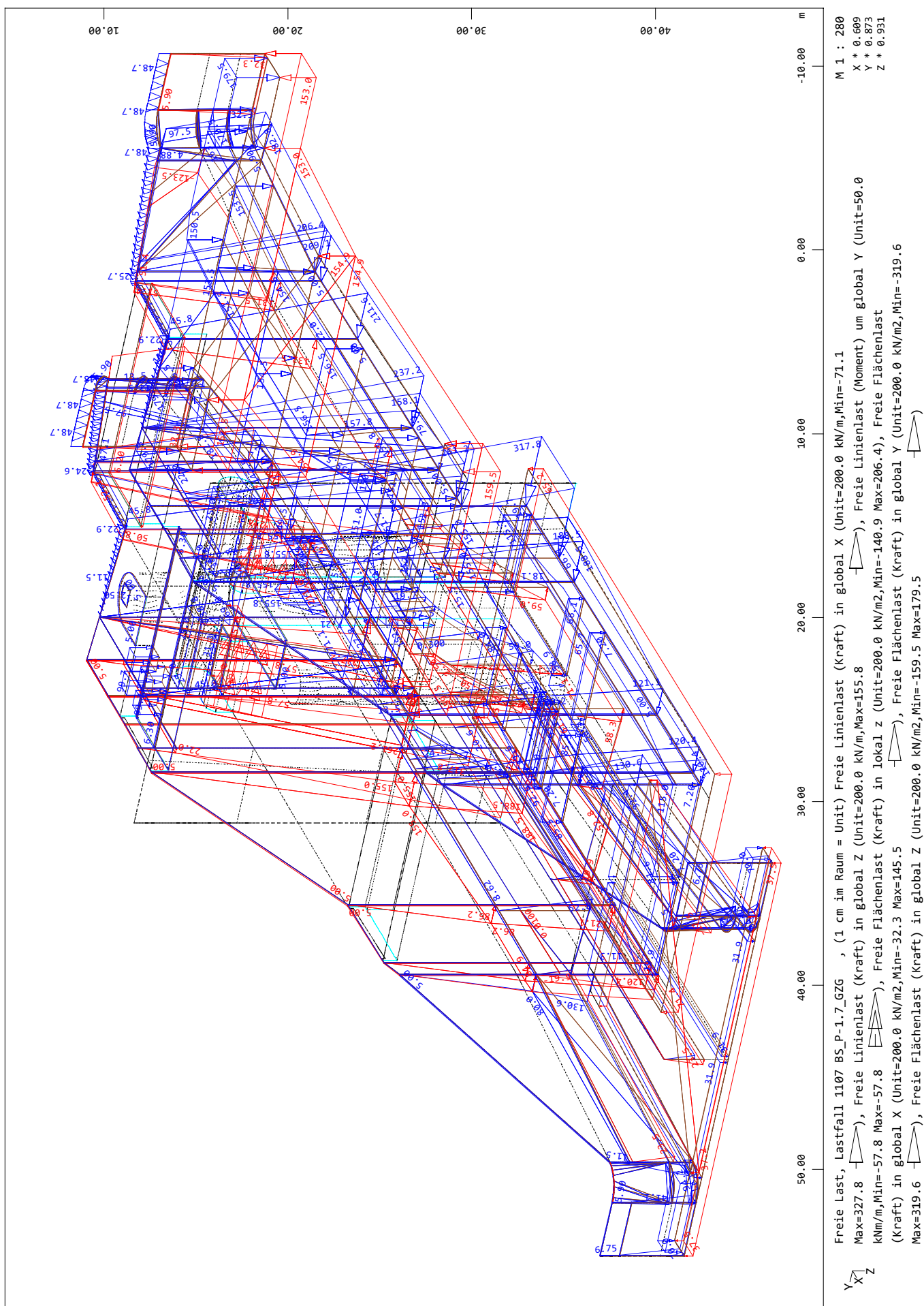
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



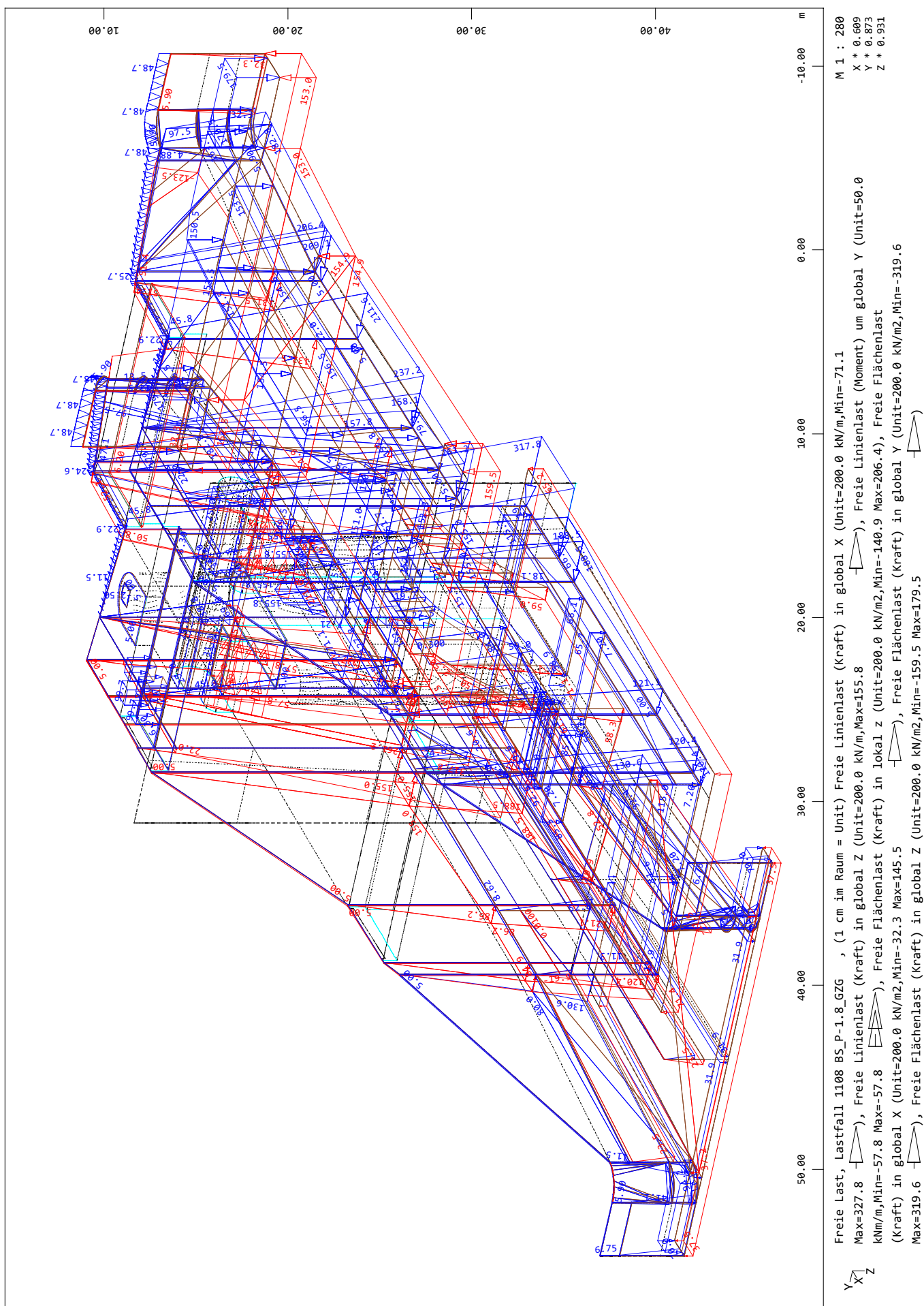
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



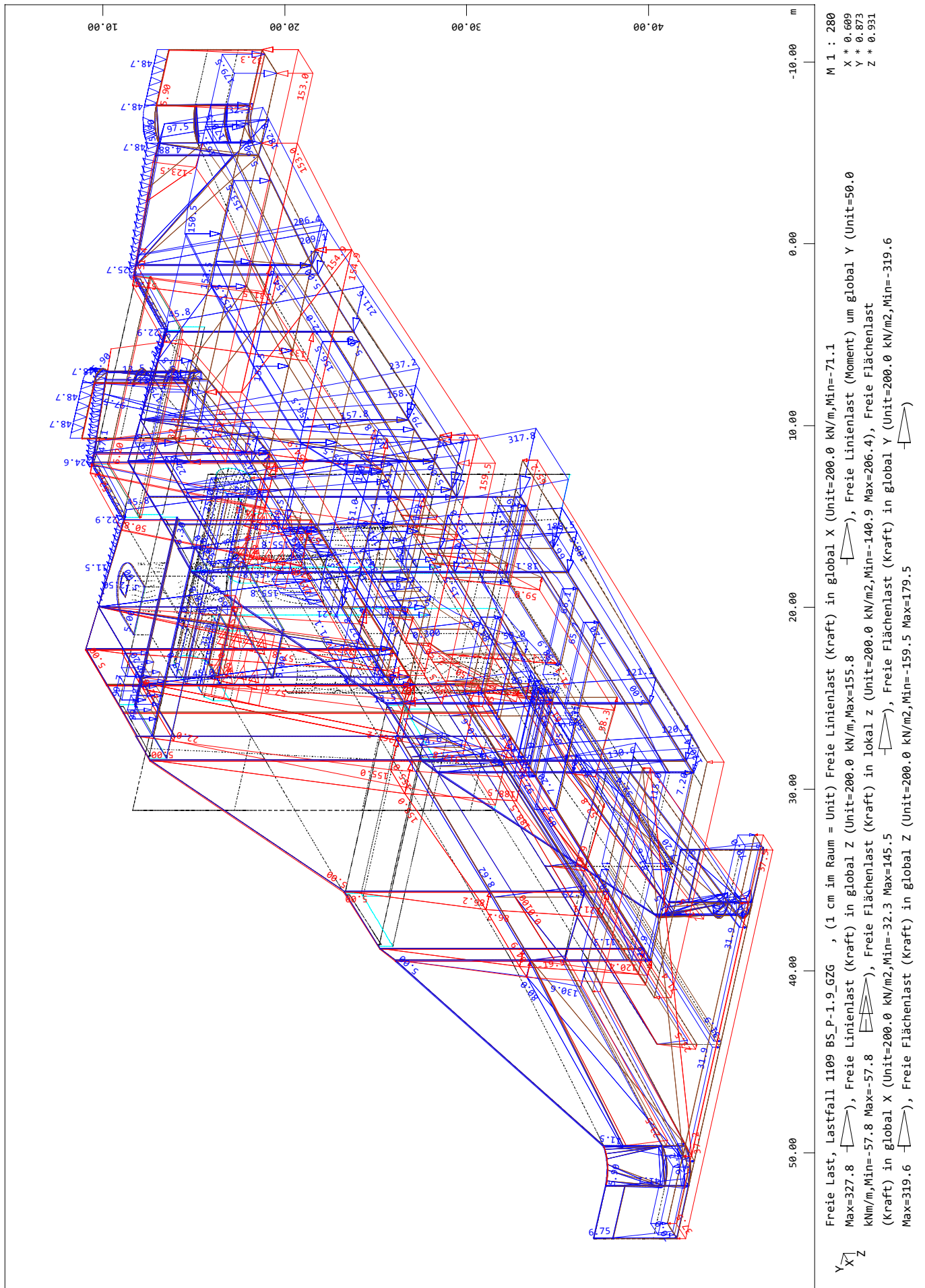
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



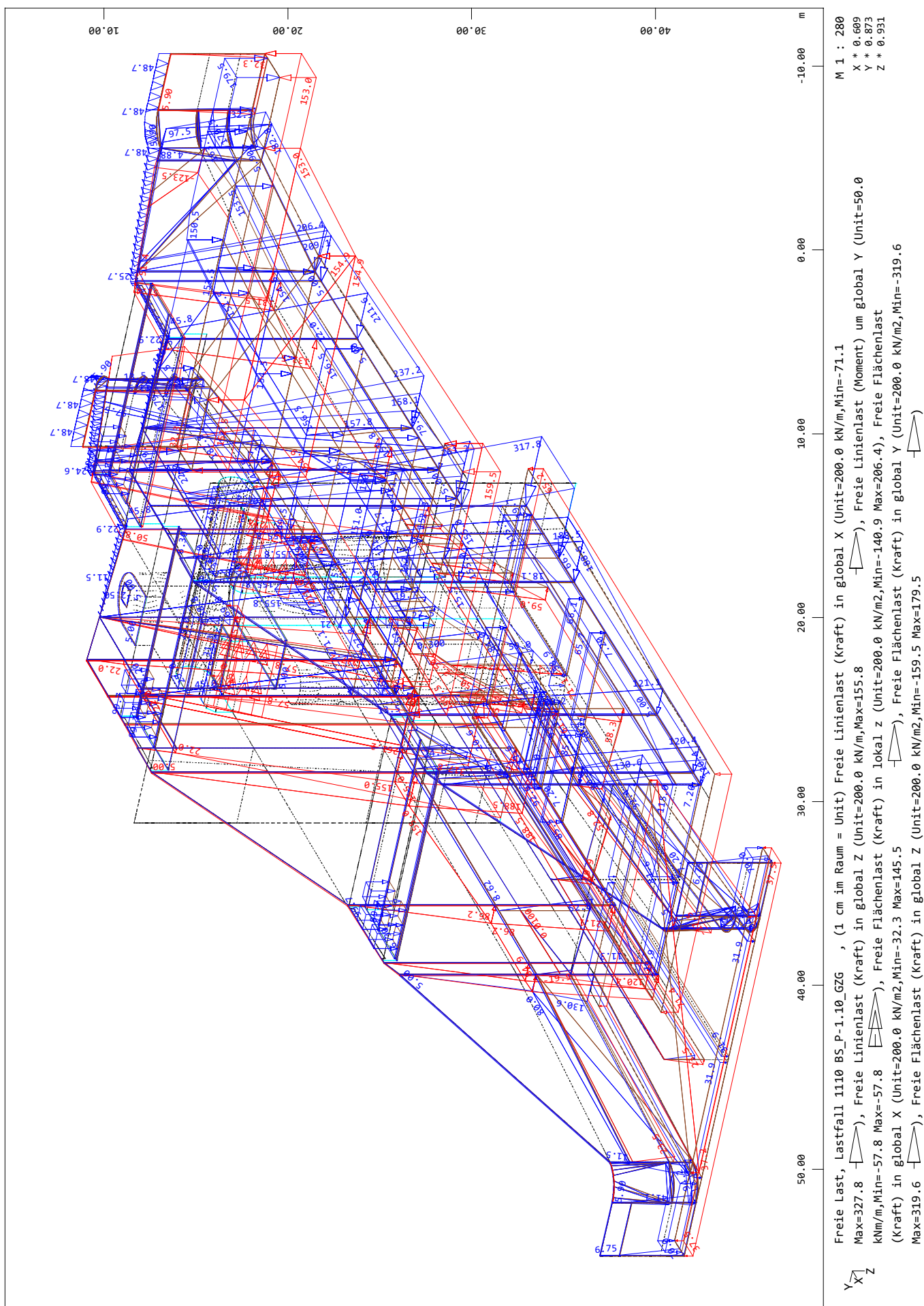
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



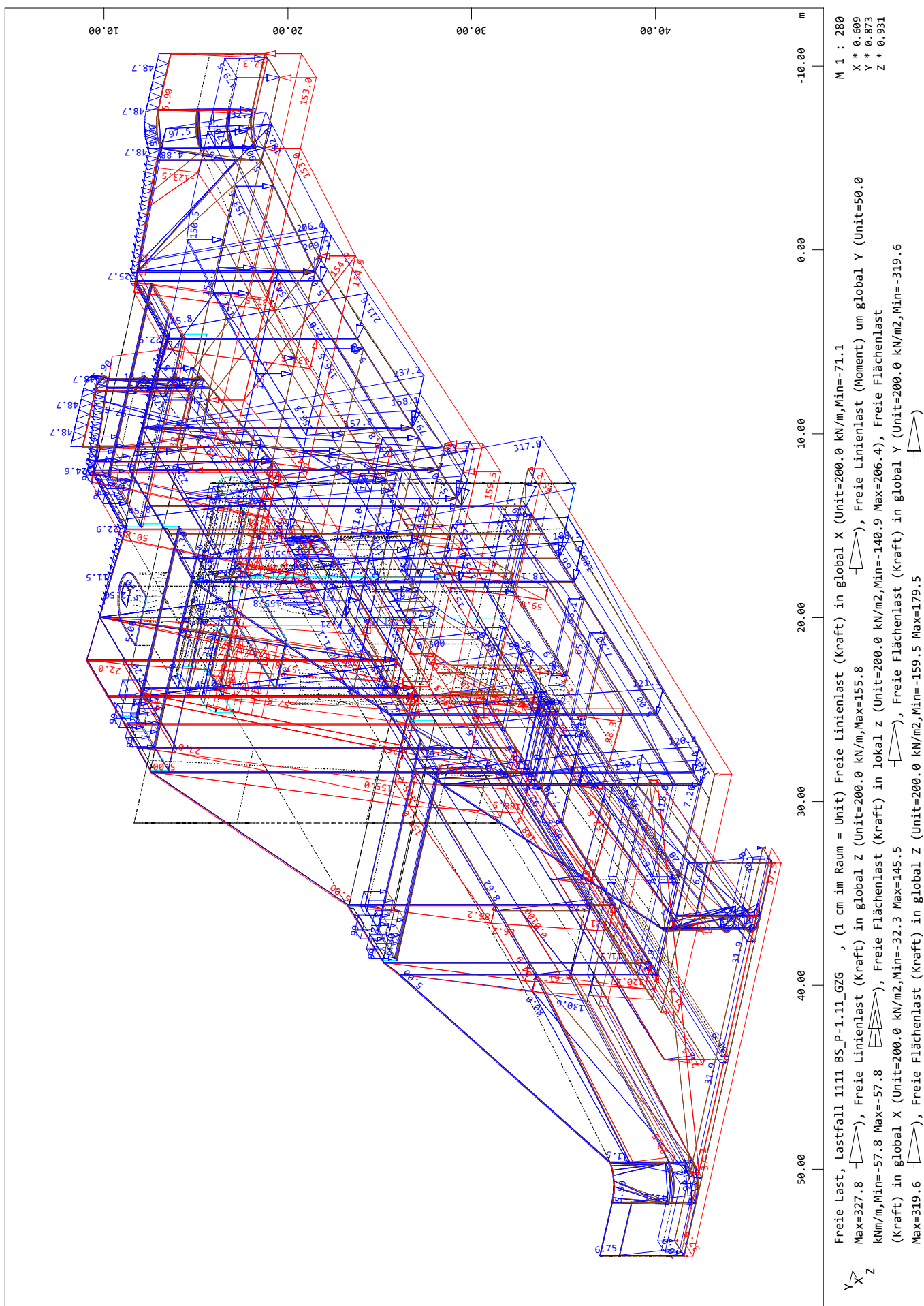
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



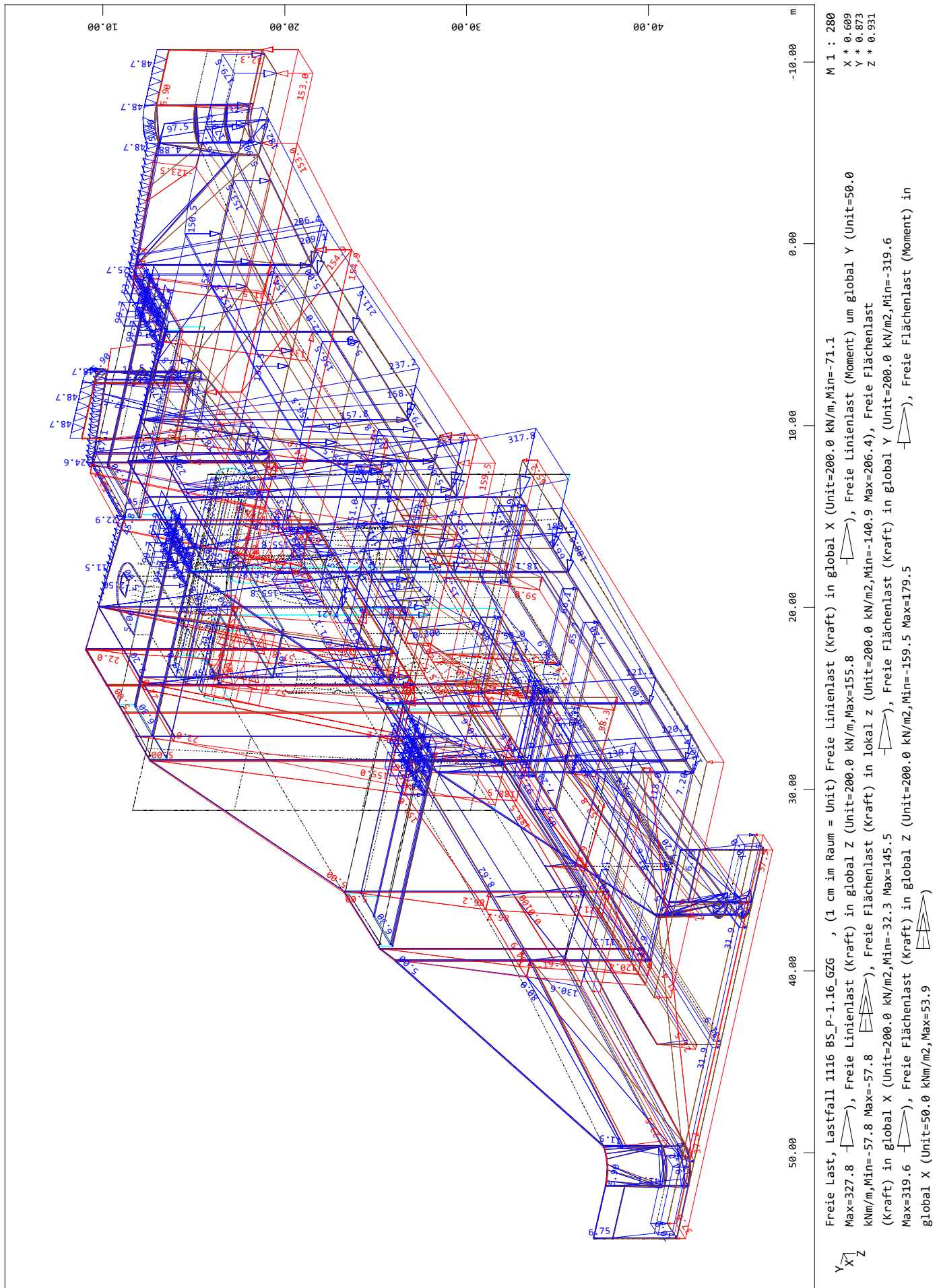
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



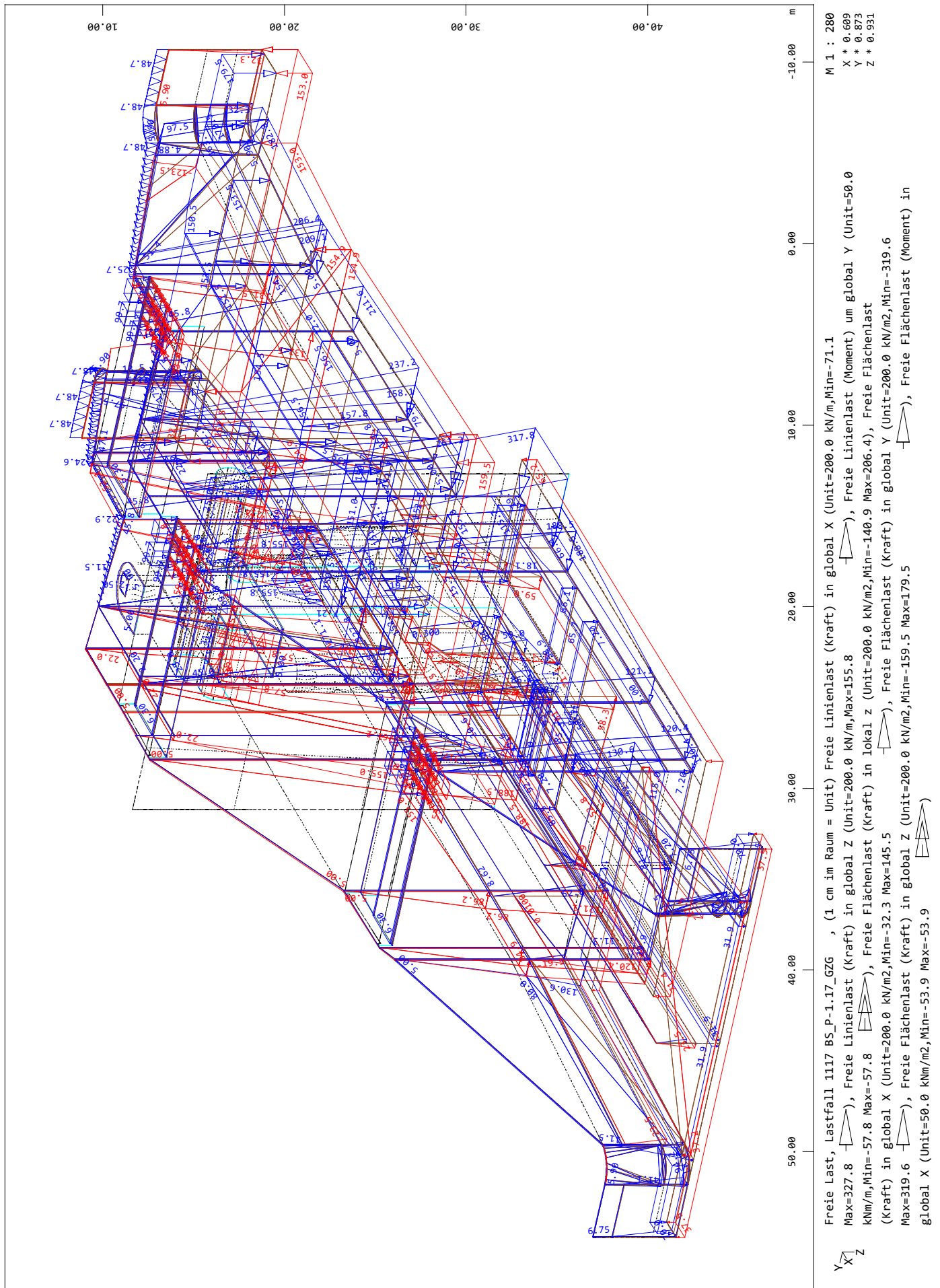
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

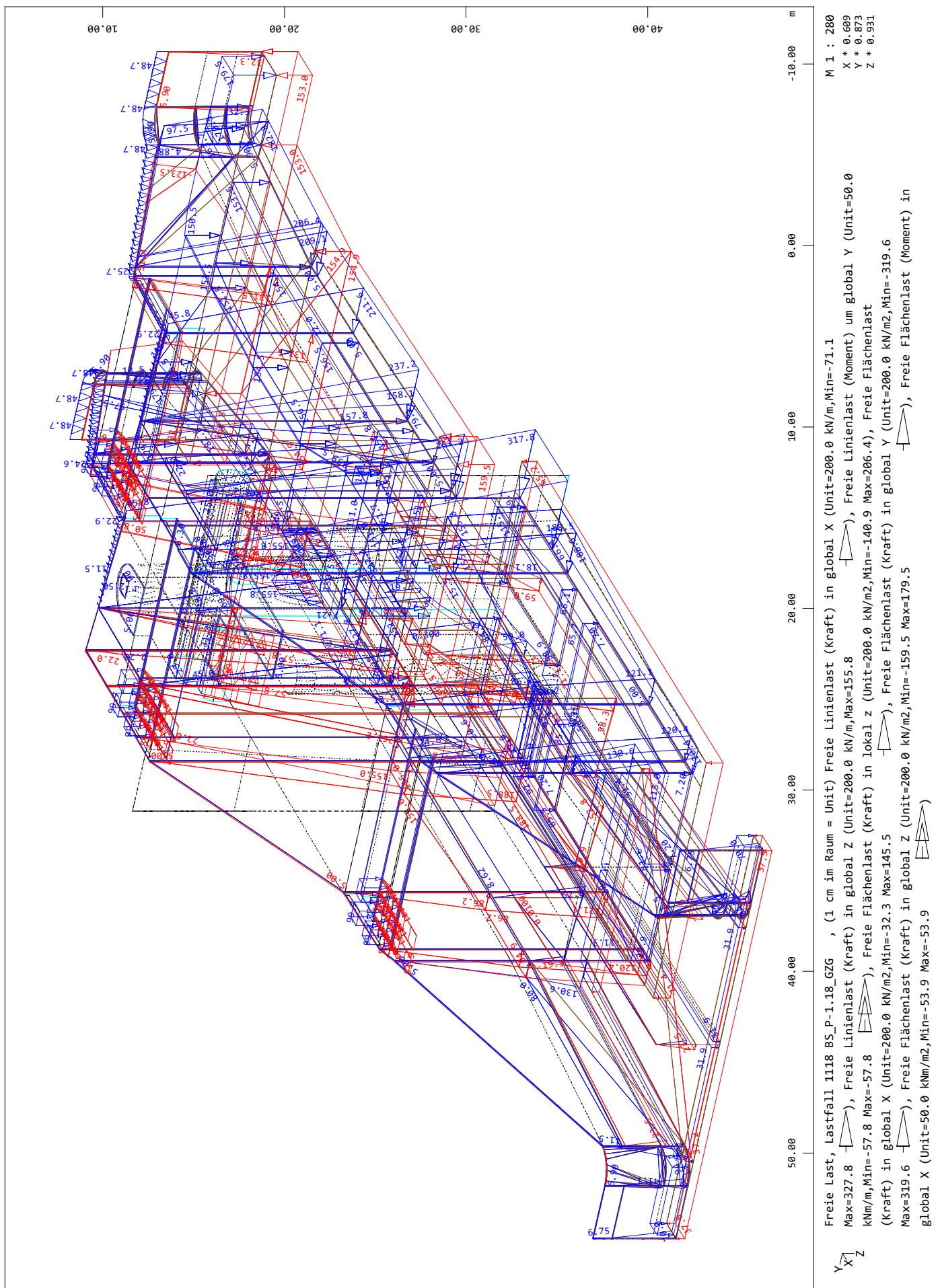


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

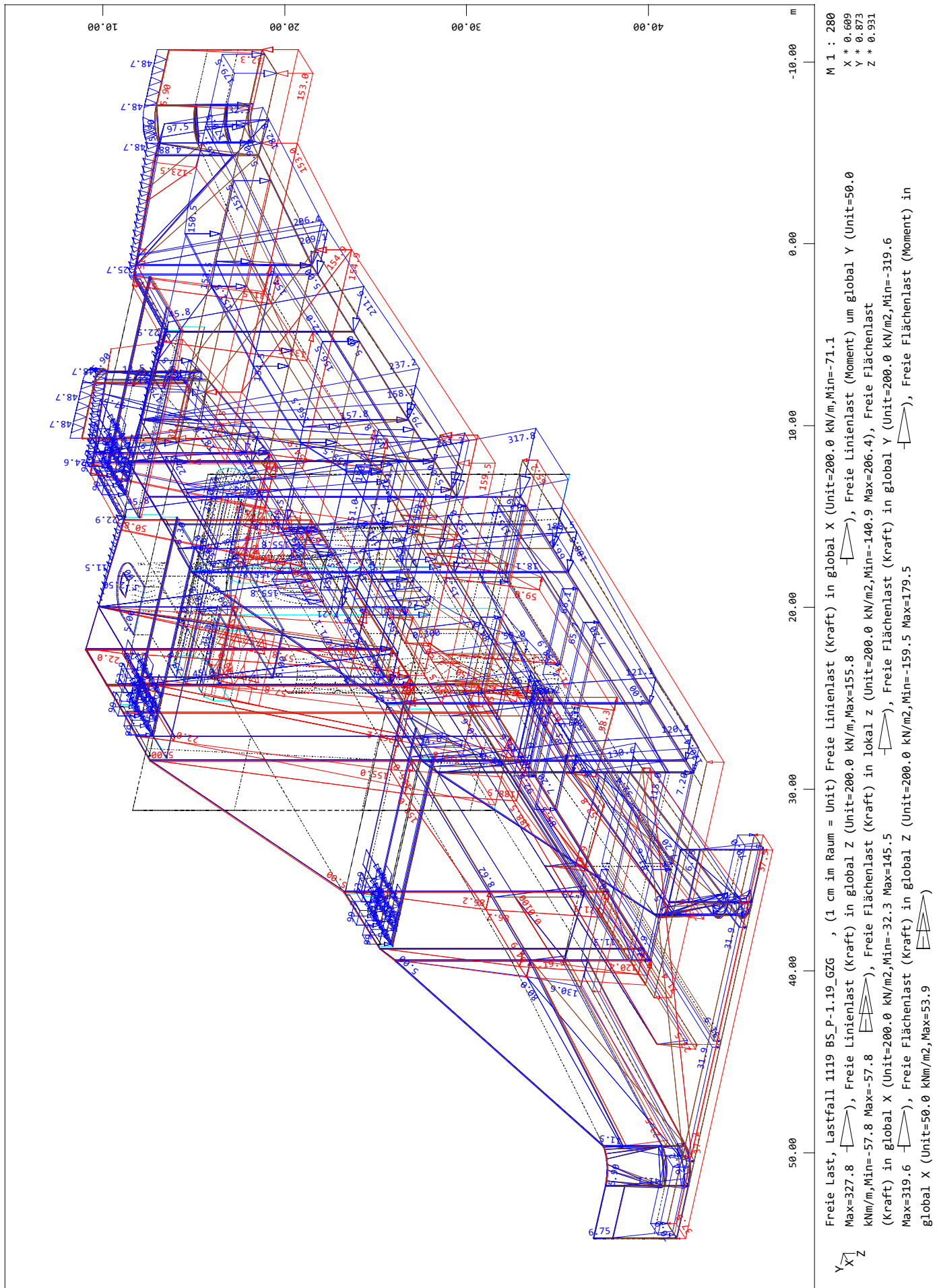


SOFISTIK AG - www.sofistik.de



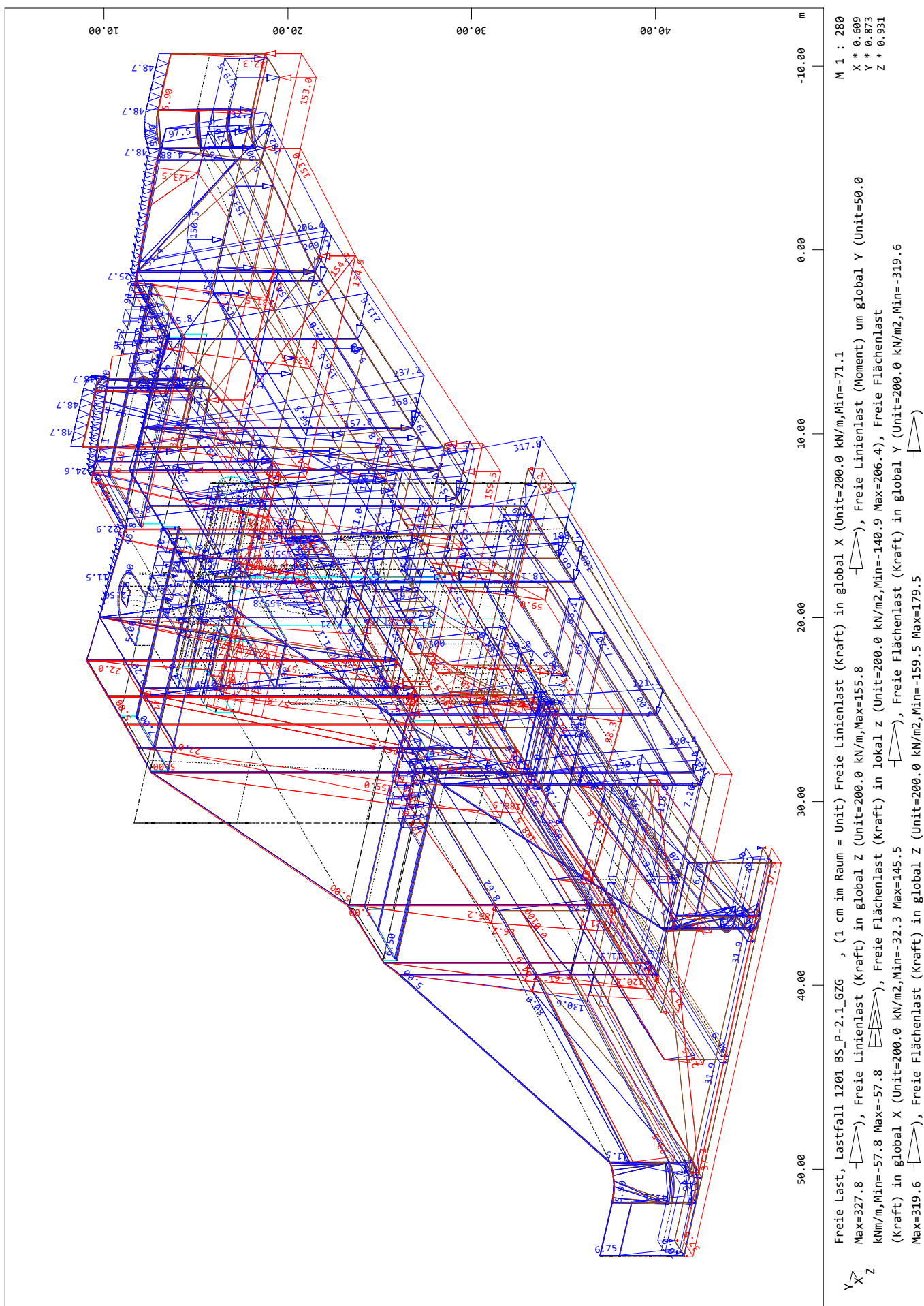
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



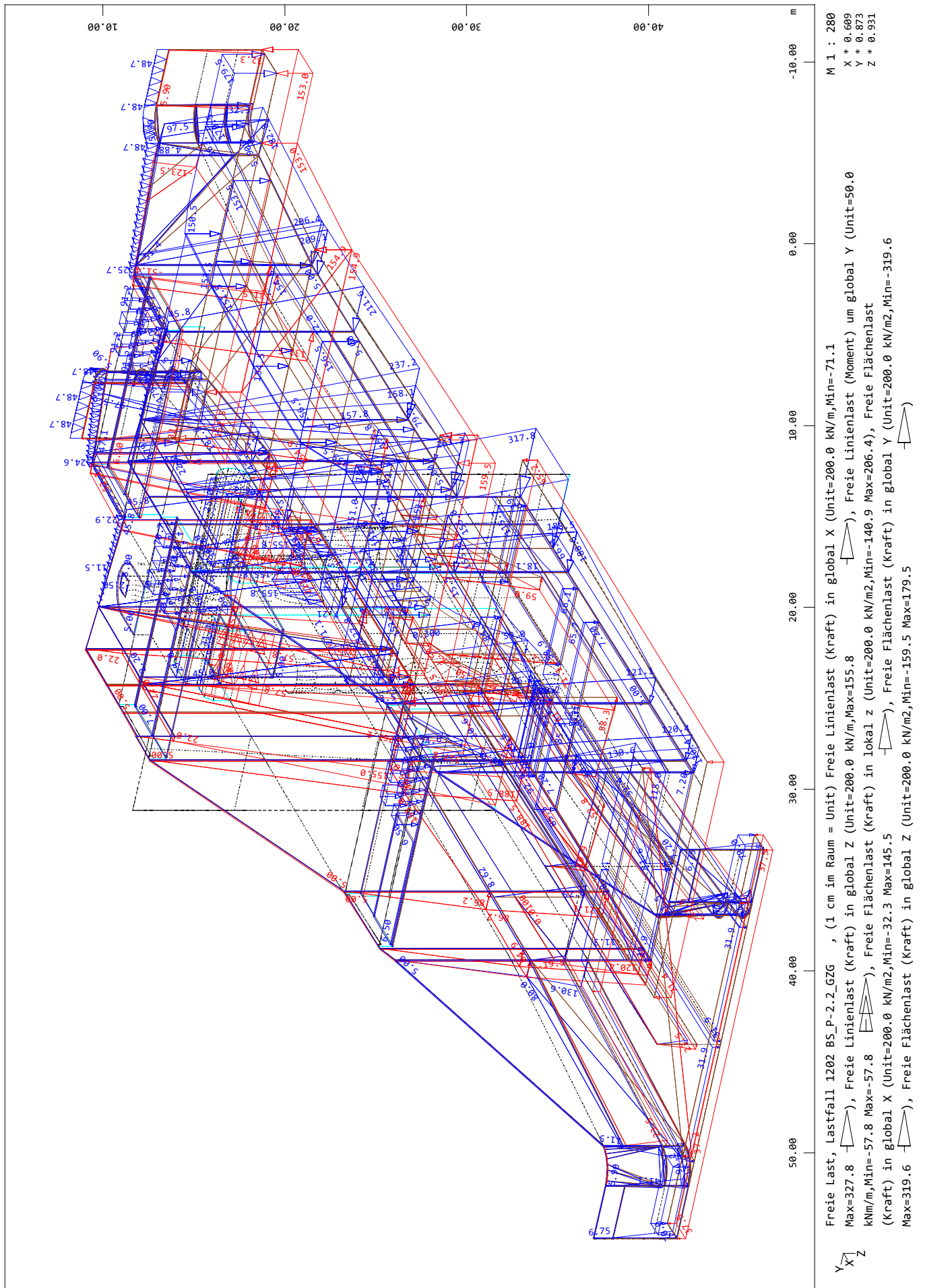
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

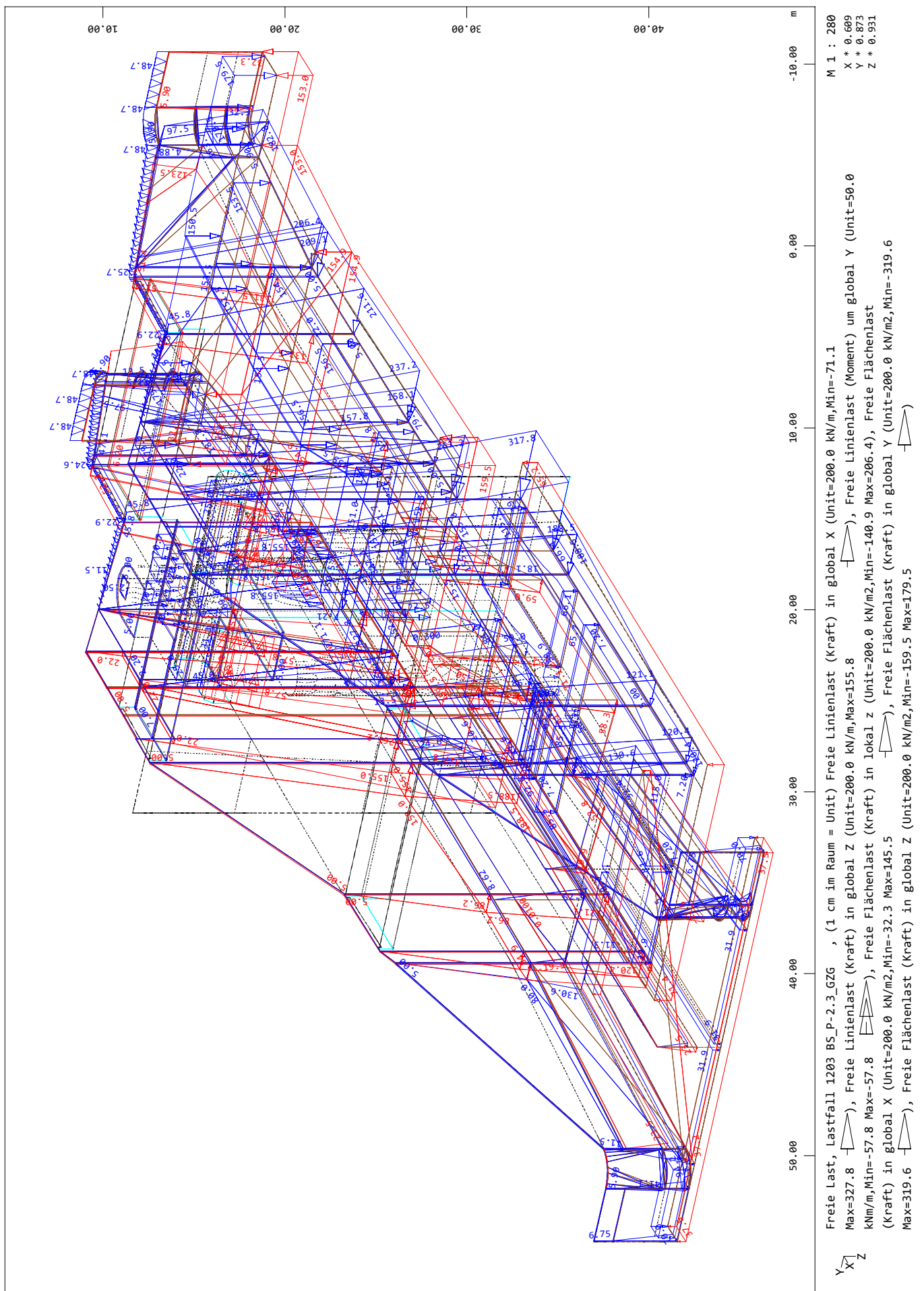


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

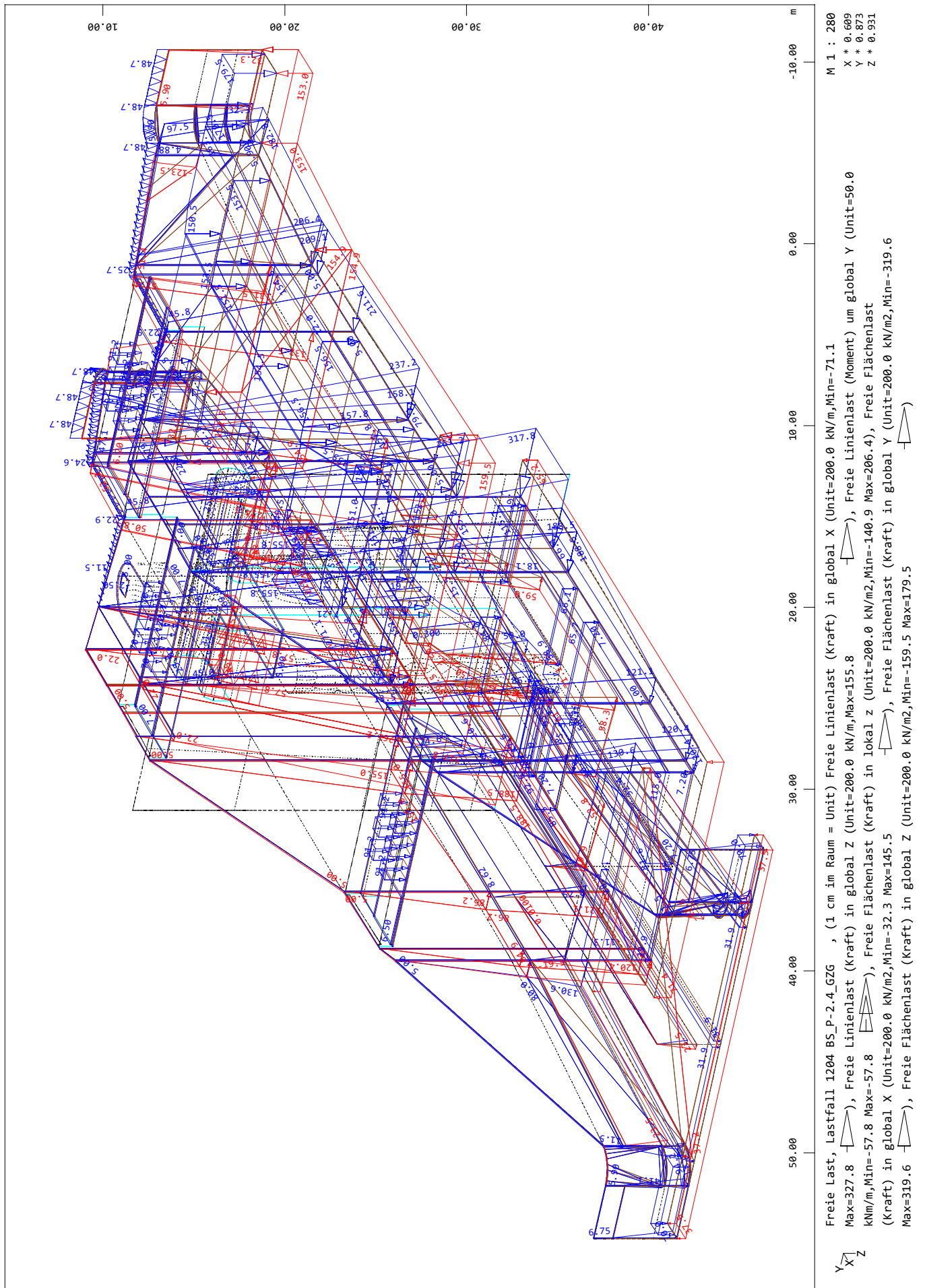


SOFISTIK AG - www.sofistik.de



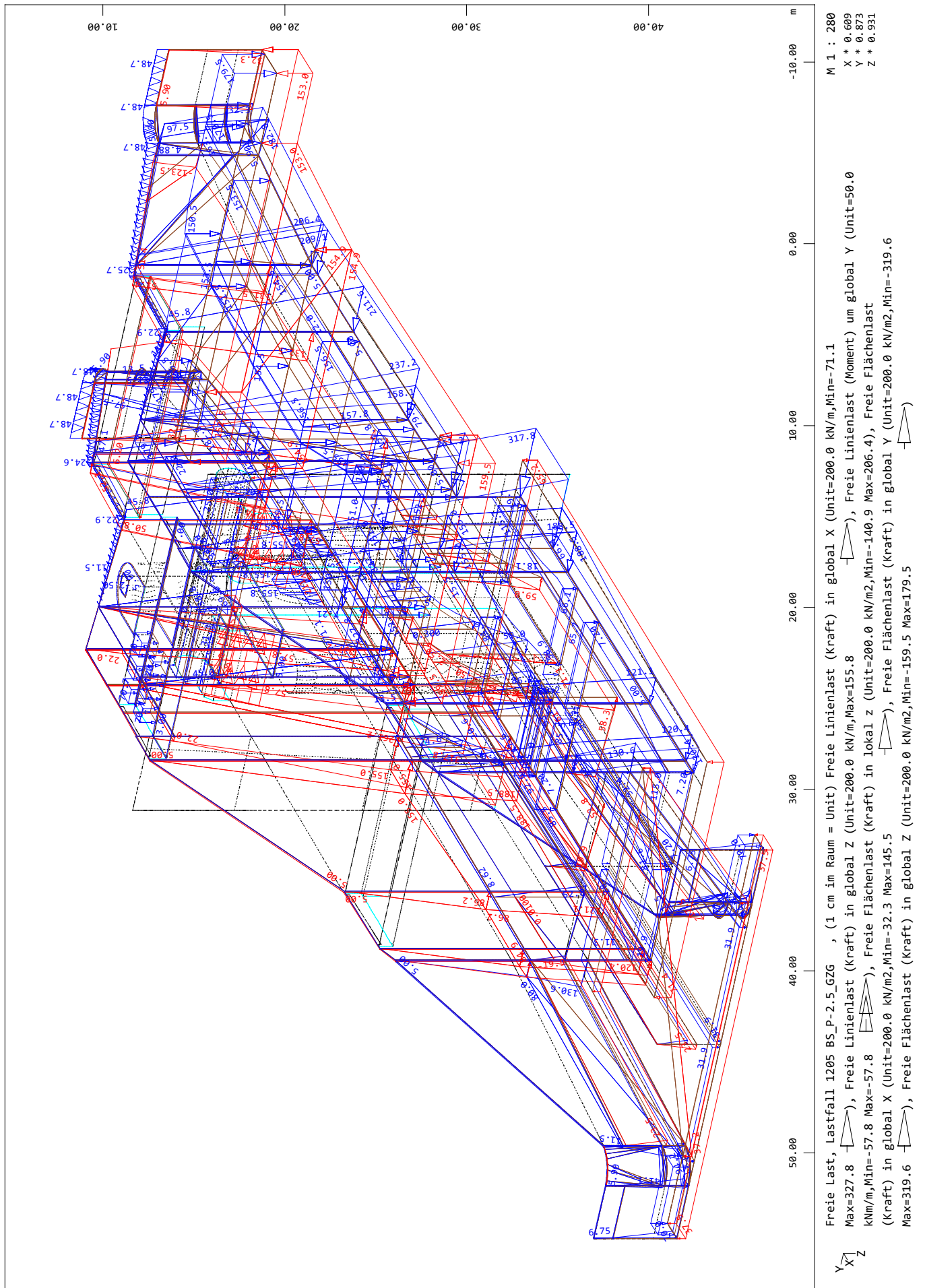
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



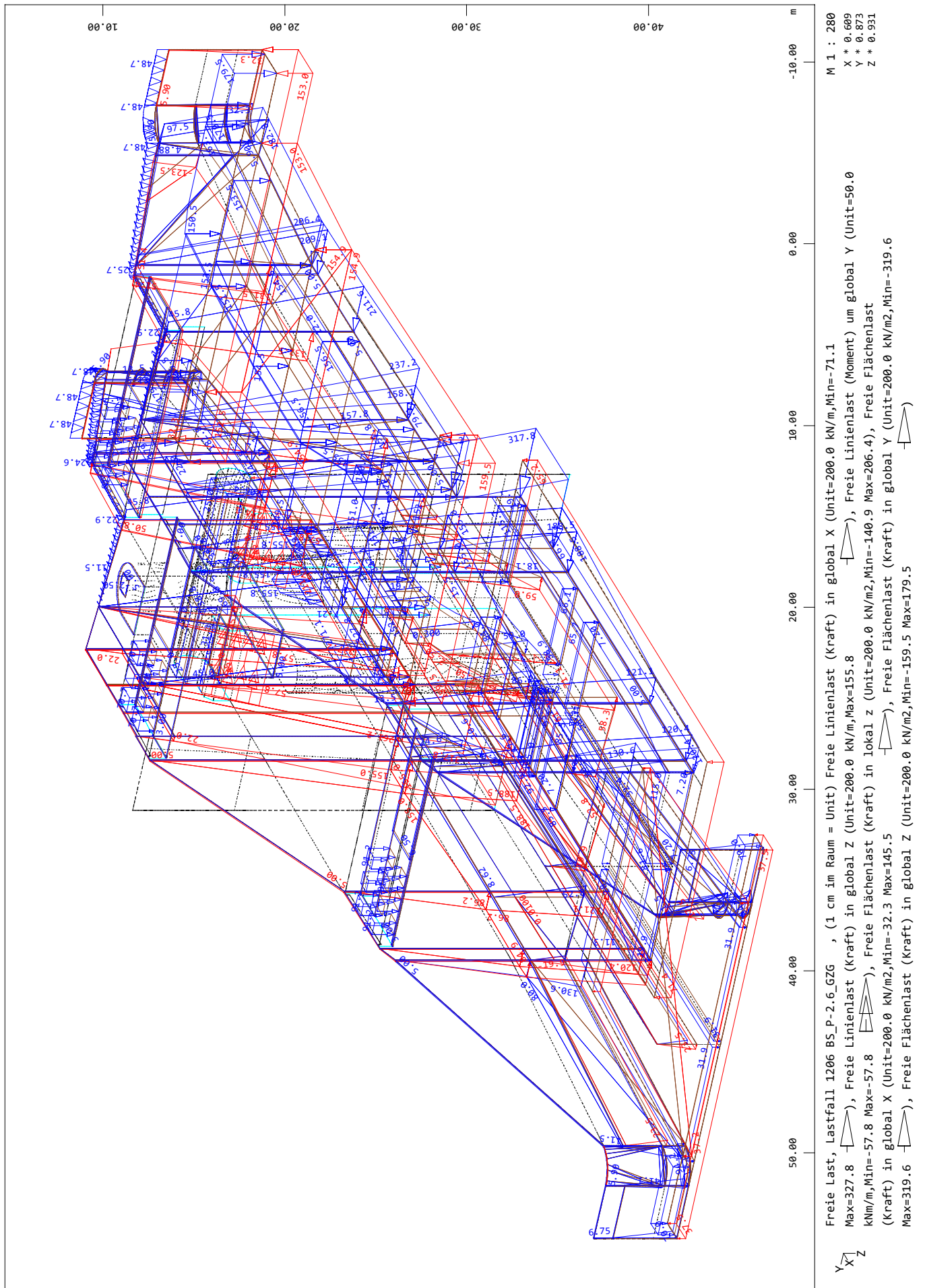
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



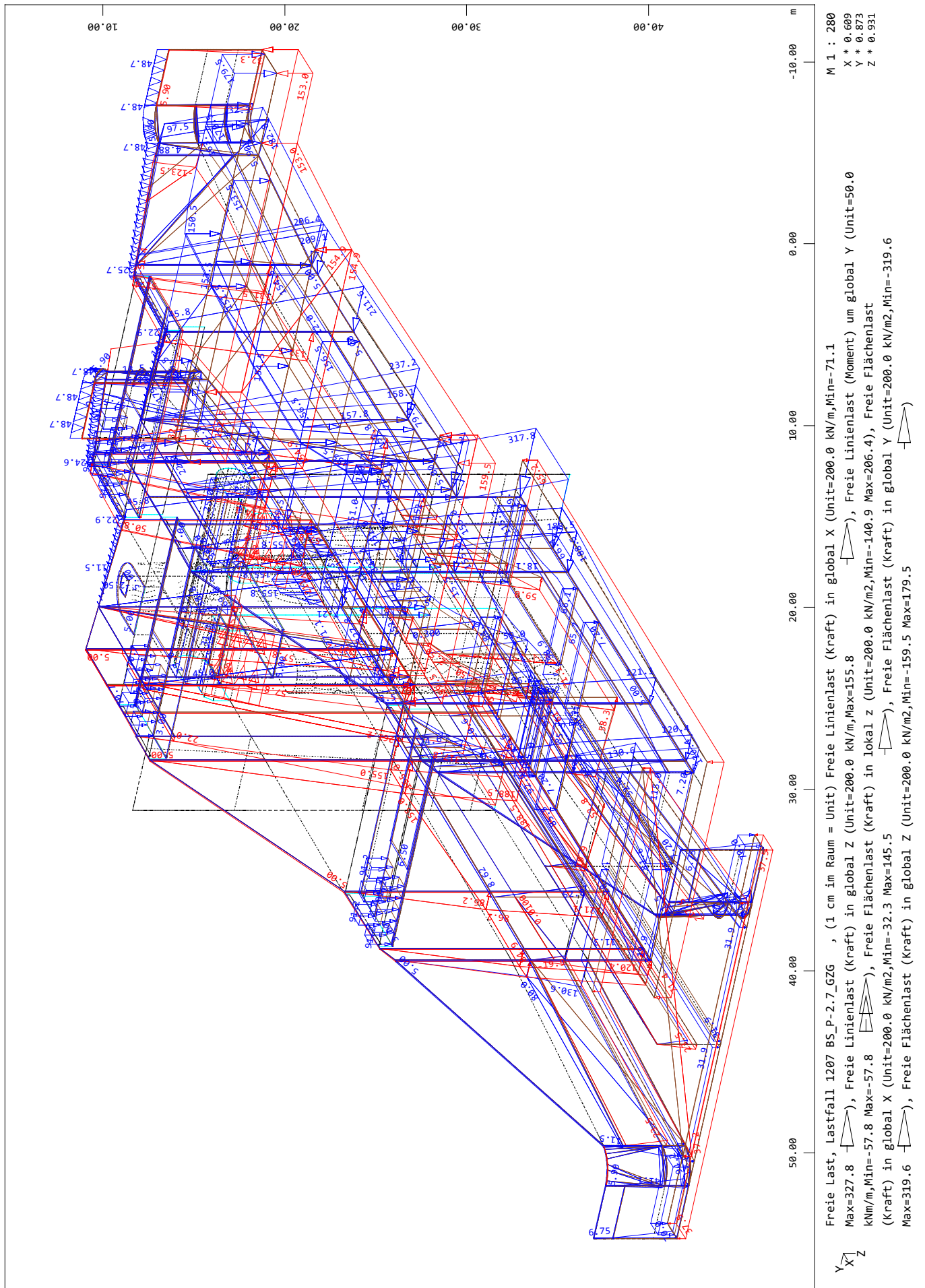
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



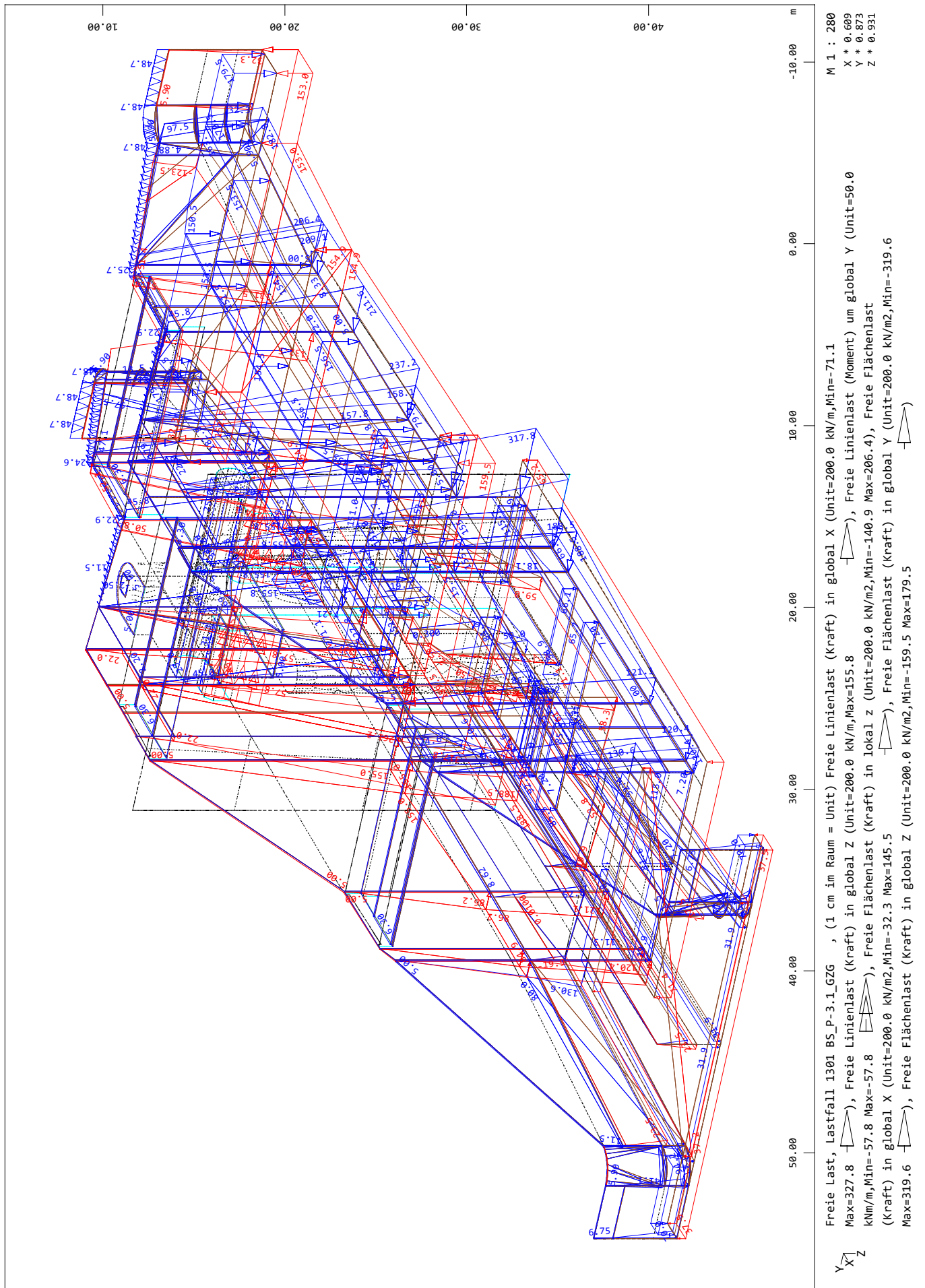
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



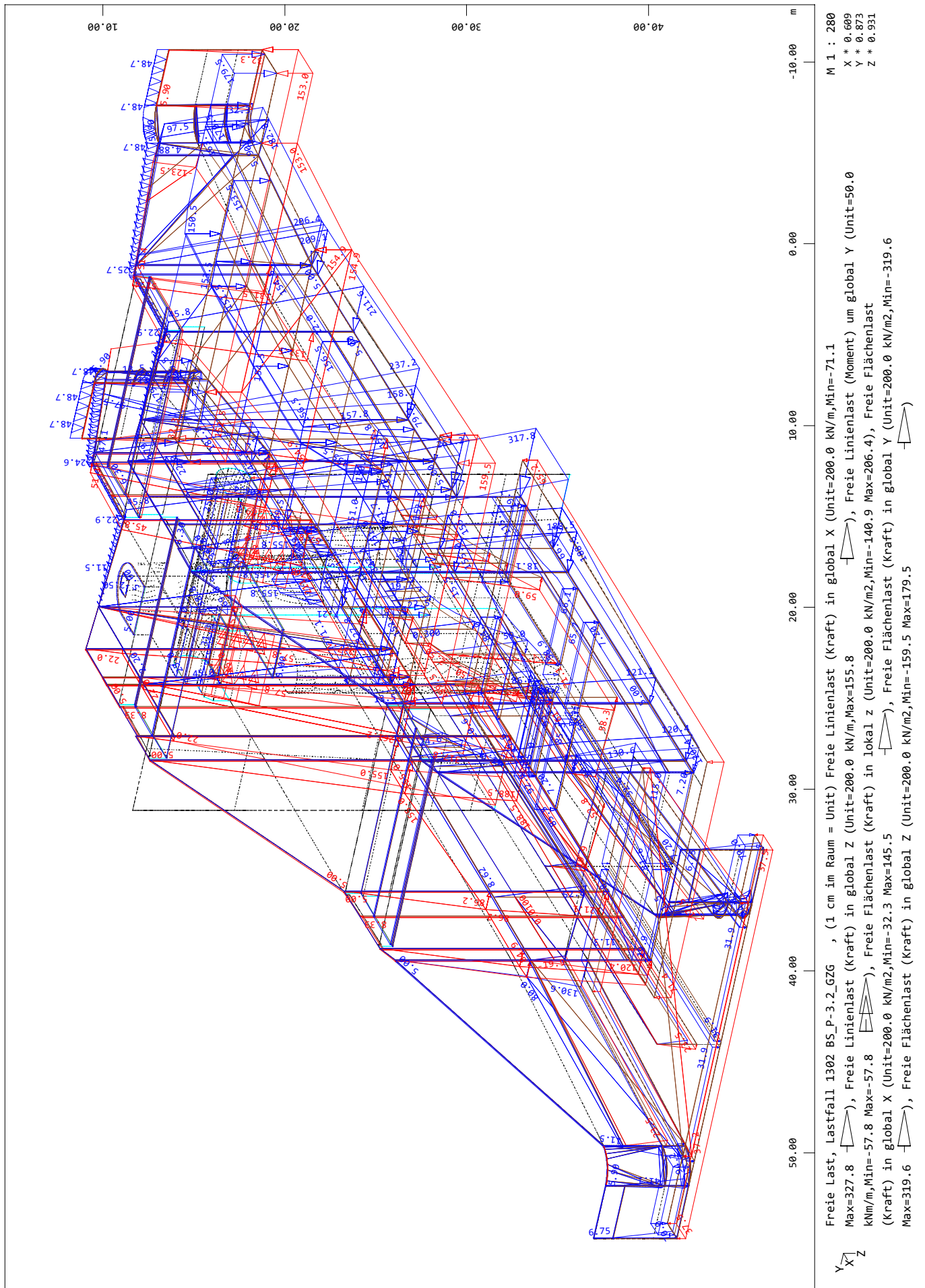
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

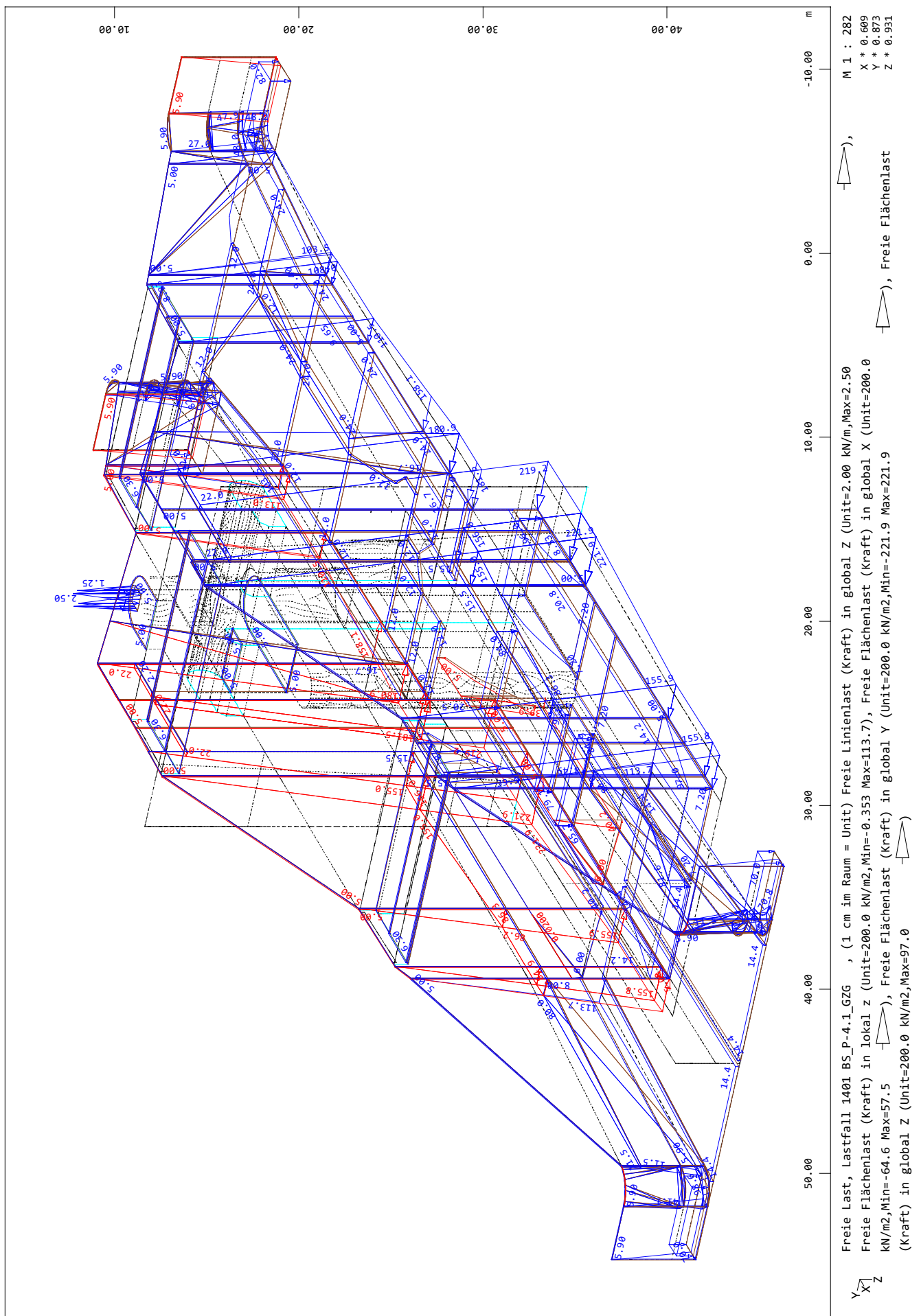


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

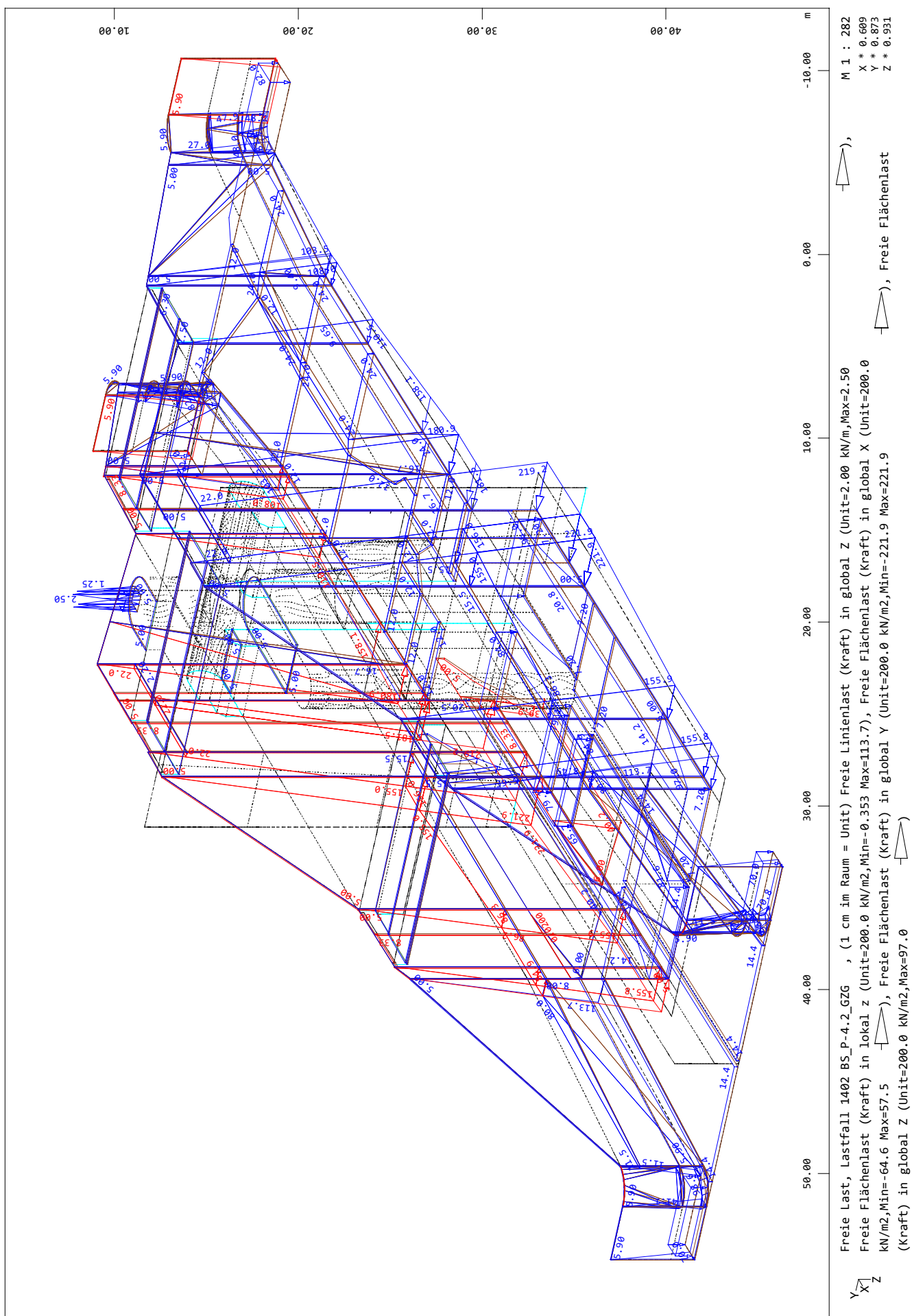


SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Kombinationslastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de





2.4.4 Bodenpressungen

2.4.4.1 Vorbemerkungen

Für die charakteristischen Bemessungssituationen werden nachfolgend die überlagerten maximalen und minimalen Bodenpressungen ausgegeben. Anhand der Ergebnisse ist erkennbar, dass ein Kippnachweis sowie der Nachweis der klaffenden Fuge (nur Druckspannungen) entbehrlich sind. Ein Grundbruchnachweis ist aufgrund der Gründung unmittelbar auf dem Feld ebenfalls entbehrlich.

Die maximale Pressung unter charakteristischen Lasten beträgt ca. 163 kN/m^2 , die minimale Bodenpressung ca. 43 kN/m^2 .

2.4.4.2 Grafische Ausgabe

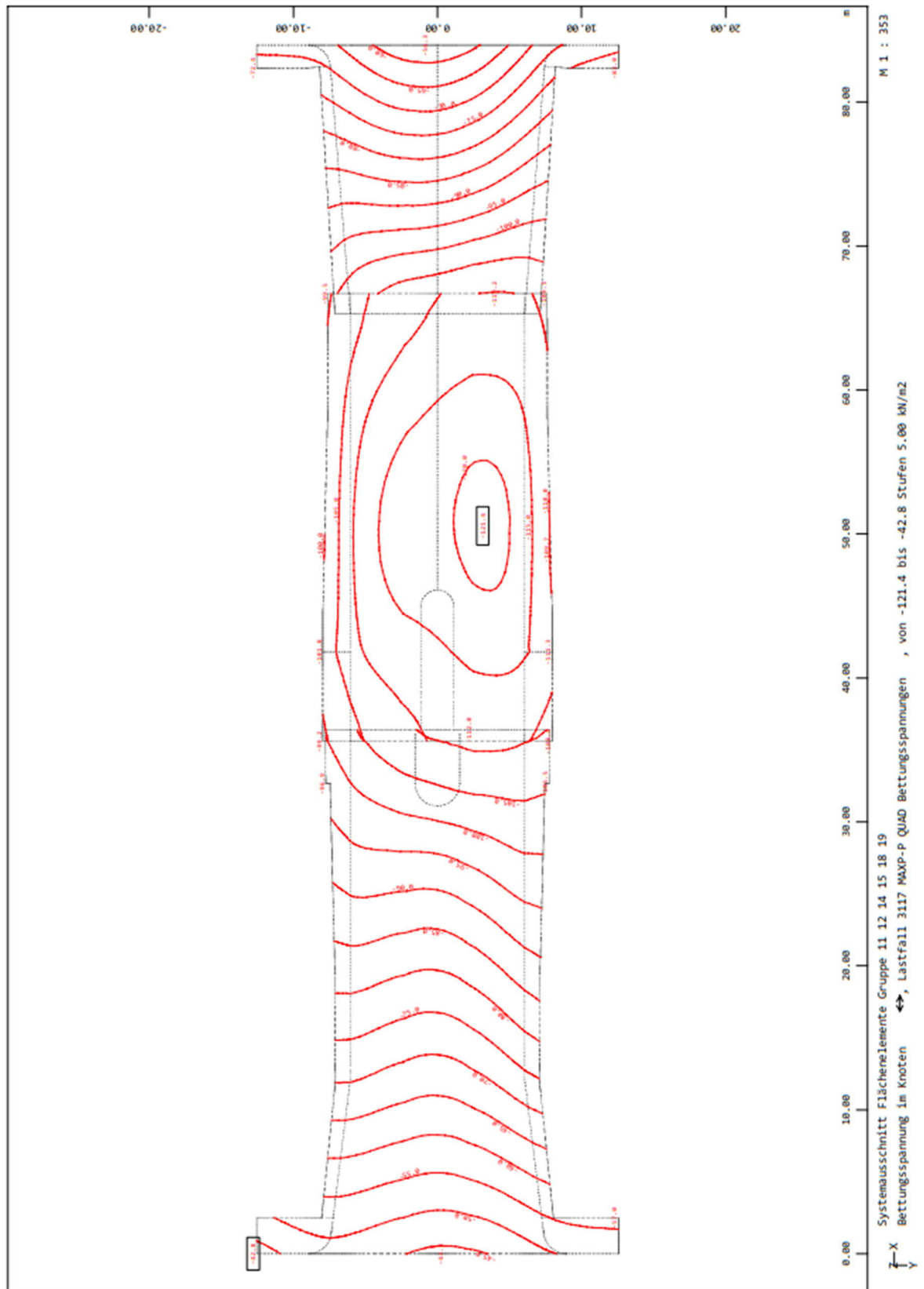
siehe nachfolgende Seiten

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V3.2 Rott	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.156



020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Ergebnisse

SOFTISTIK AG - www.softistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V3.2 Rott

LP3: Entwurfsplanung

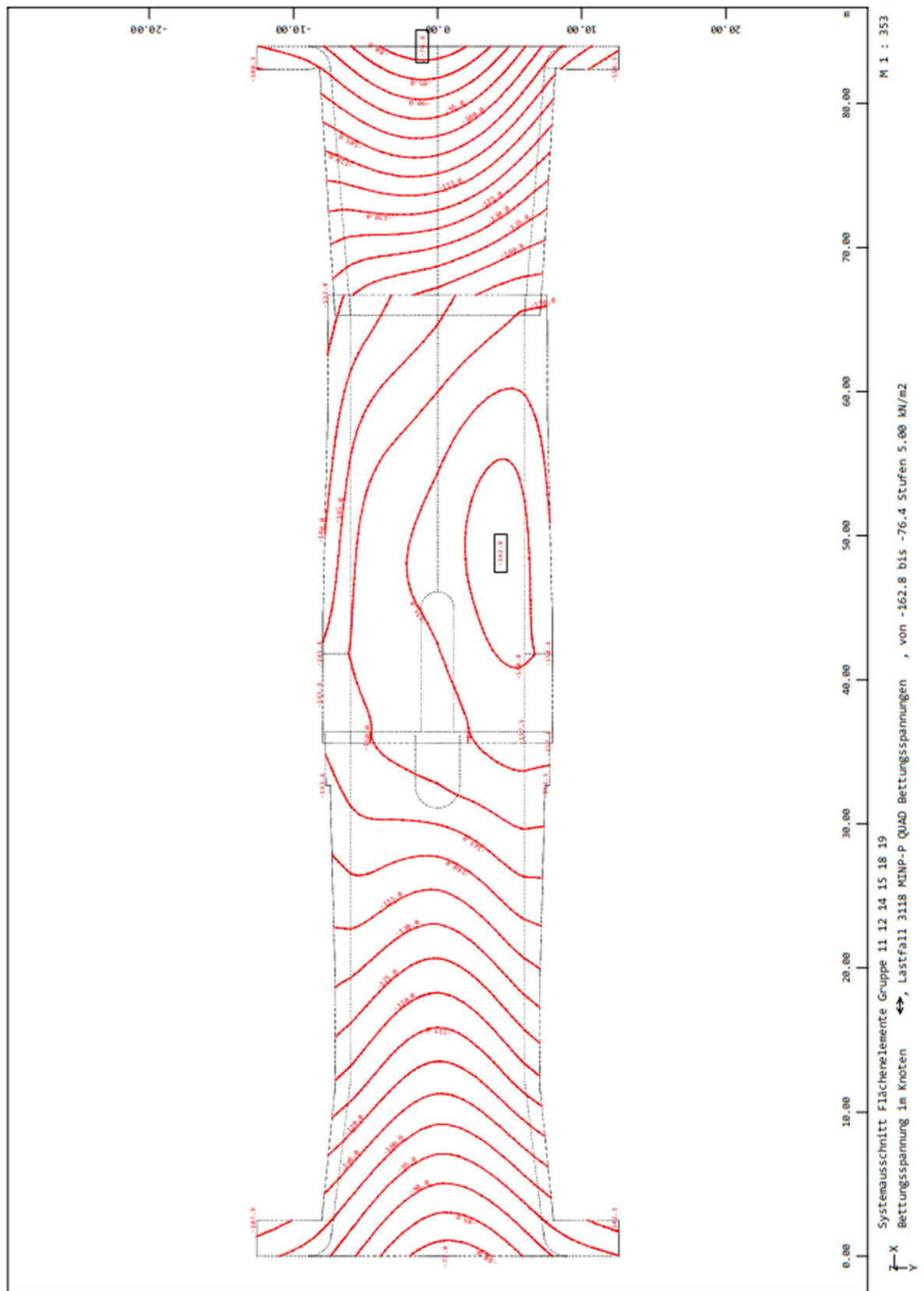
Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 2.157



020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Ergebnisse

SOFISTIK AG - www.sofistik.de





2.4.5 Grundbemessung

2.4.5.1 Vorbemerkungen

Mit den Schnittgrößen aus den Überlagerungen wird nachfolgend eine Grundbemessung durchgeführt. Die Ermittlung der Mindestbewehrung aus Zwang infolge abfließender Hydratationswärme wurden in Abschnitt 2.3.4 geführt.

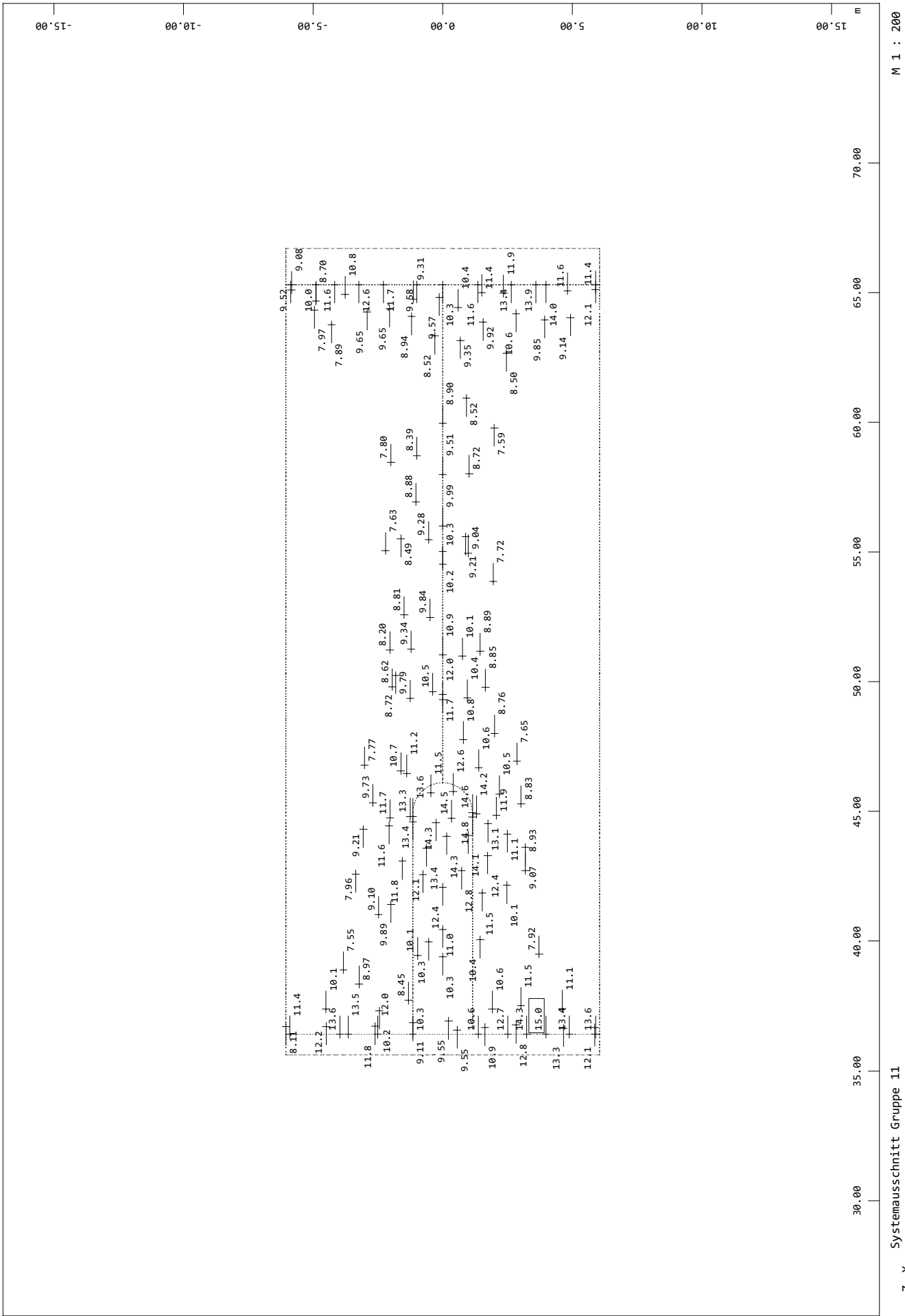
Die Bemessungsergebnisse mit den Schnittgrößen aus den Überlagerungslastfällen LF 3201 ff. („normale“ Bemessungssituationen) werden im Bemessungslastfall LFB 1 und diejenigen aus den Überlagerungslastfällen LF 3101 ff. (GZG: Rissbreitenbegrenzung) im Bemessungslastfall LFB 2 abgespeichert. Im Bemessungslastfall LFB 2 wird zudem die erforderliche Bewehrung aus dem Bemessungslastfall LFB 1 überlagert.

2.4.5.2 Grafische Ausgaben

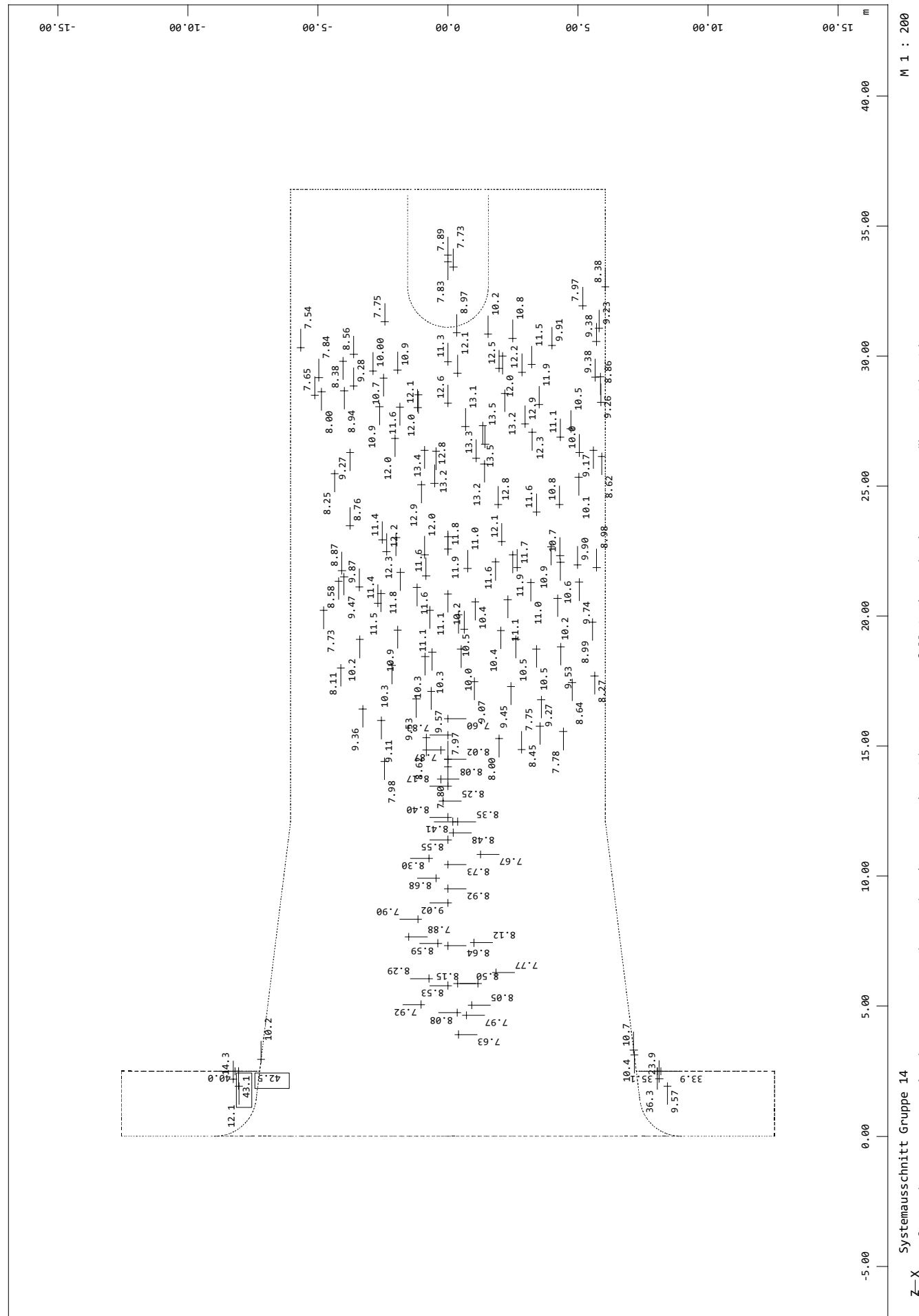
siehe nachfolgende Seiten

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V3.2 Rott	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.159

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT



020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT



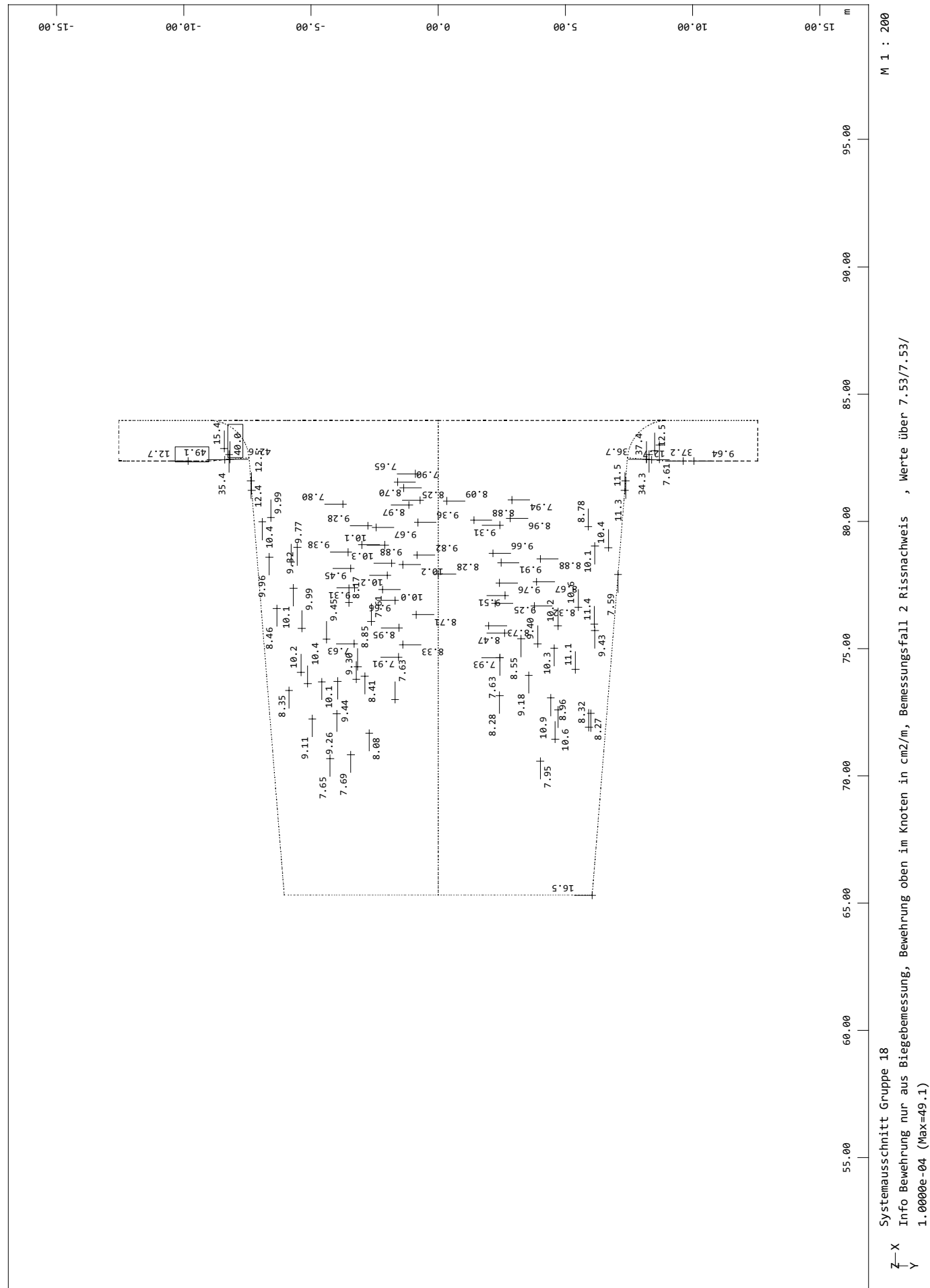
Systemausschnitt Gruppe 14

Z-X Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Bewehrung oben im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2 Rissnachweis, Werte über 7.53/7.53/

1.0000e-04 (Max=43.1)

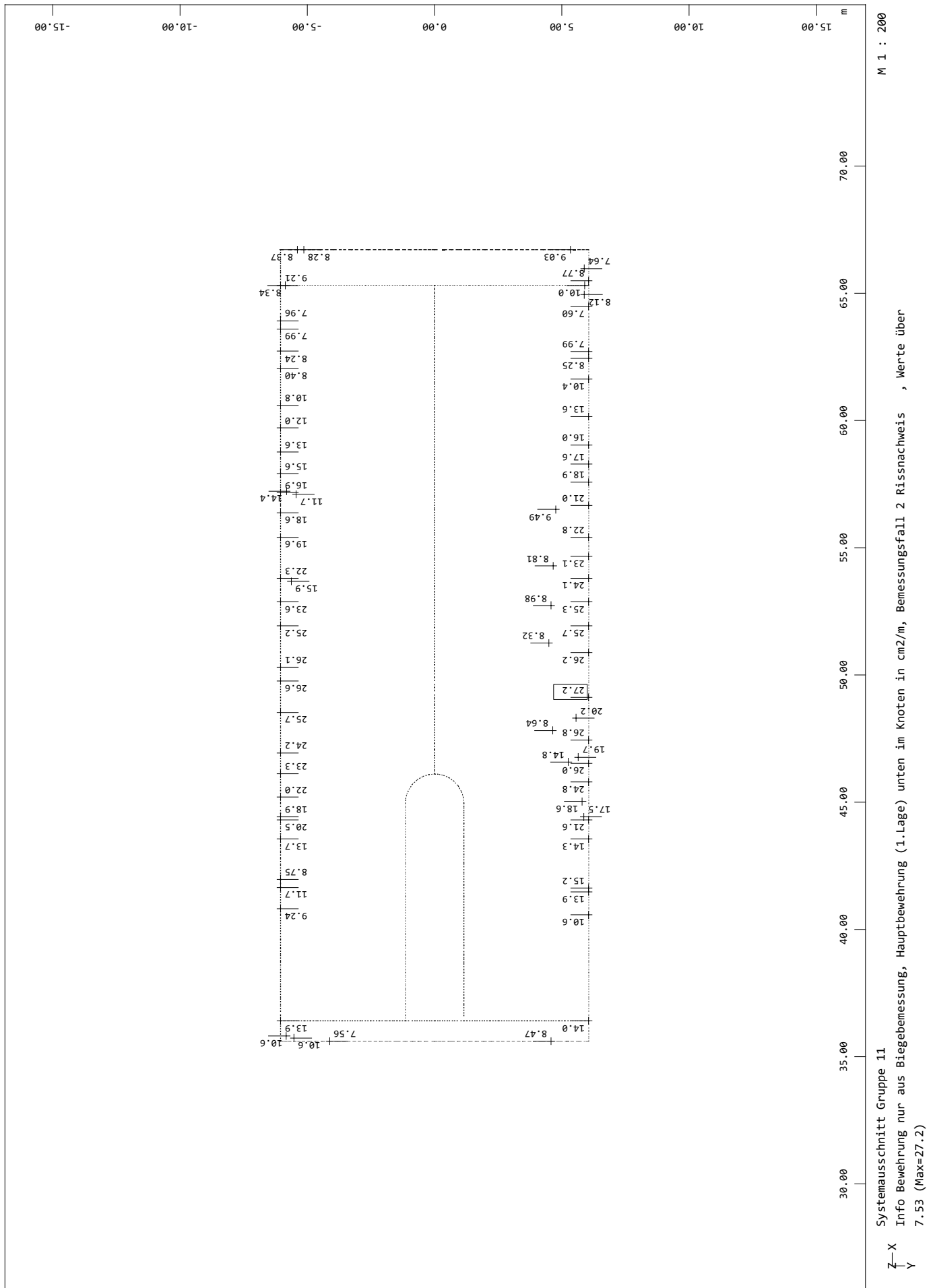
M 1 : 200

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

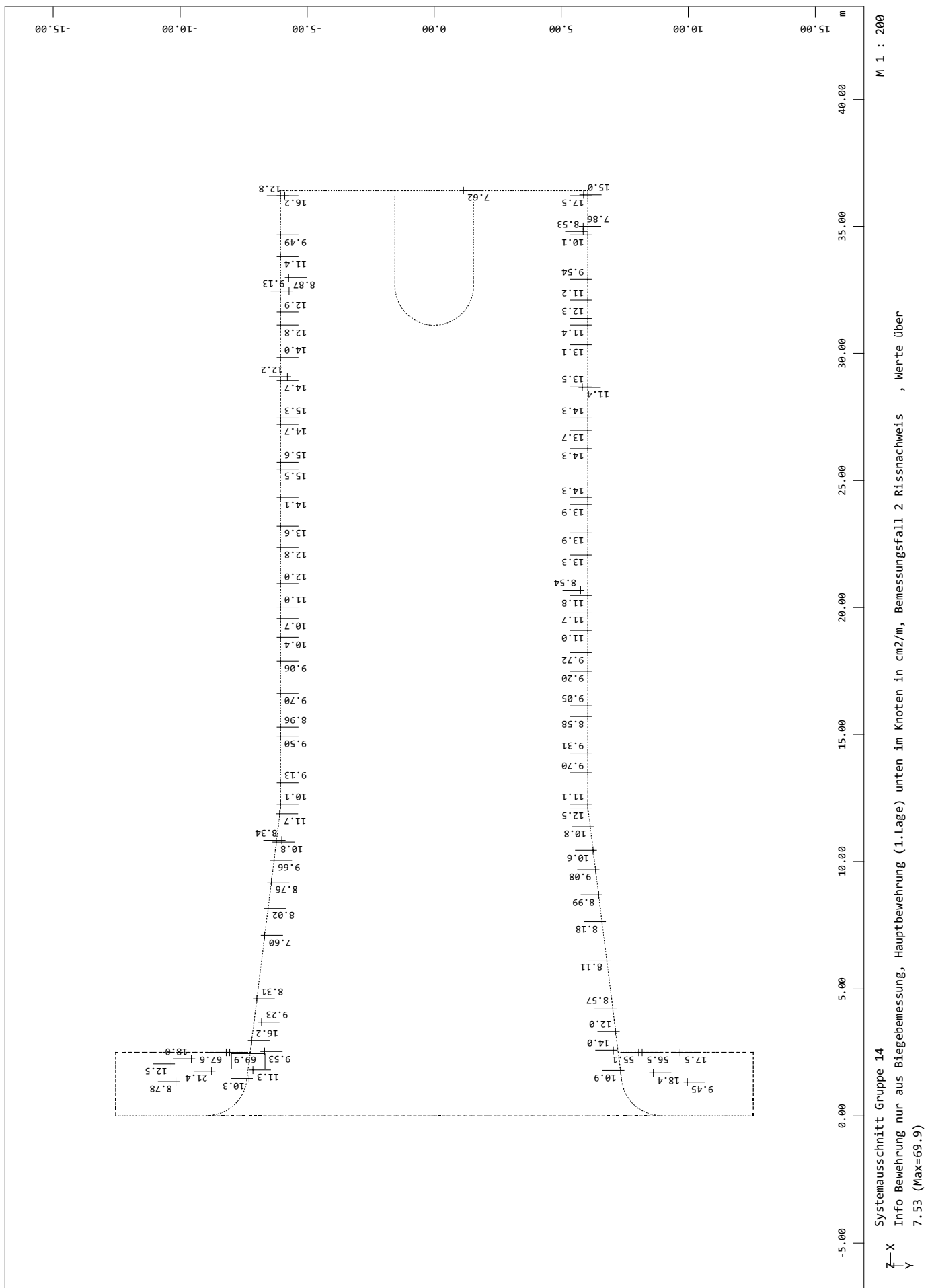


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

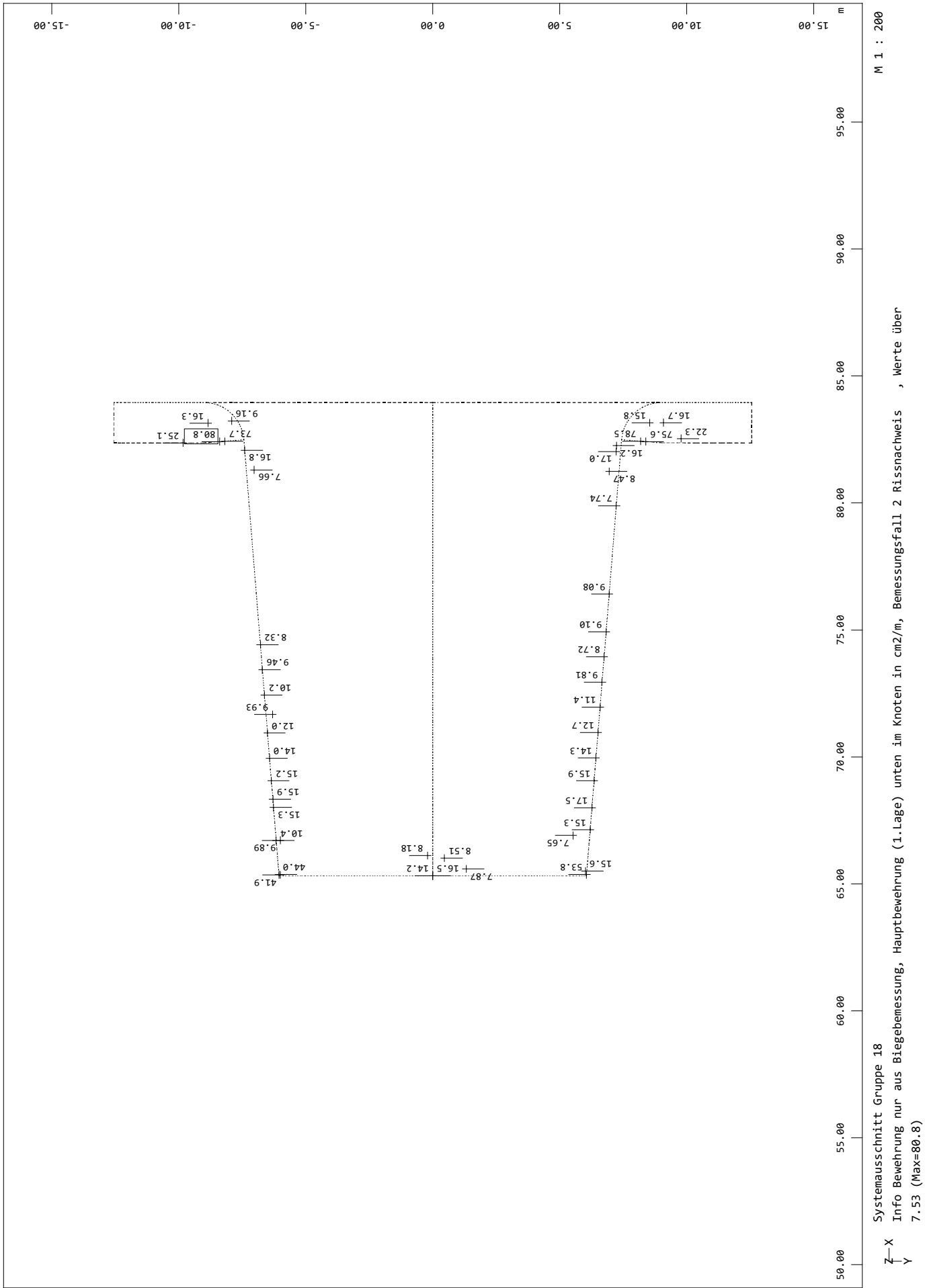


Grafik Bemessung GZT

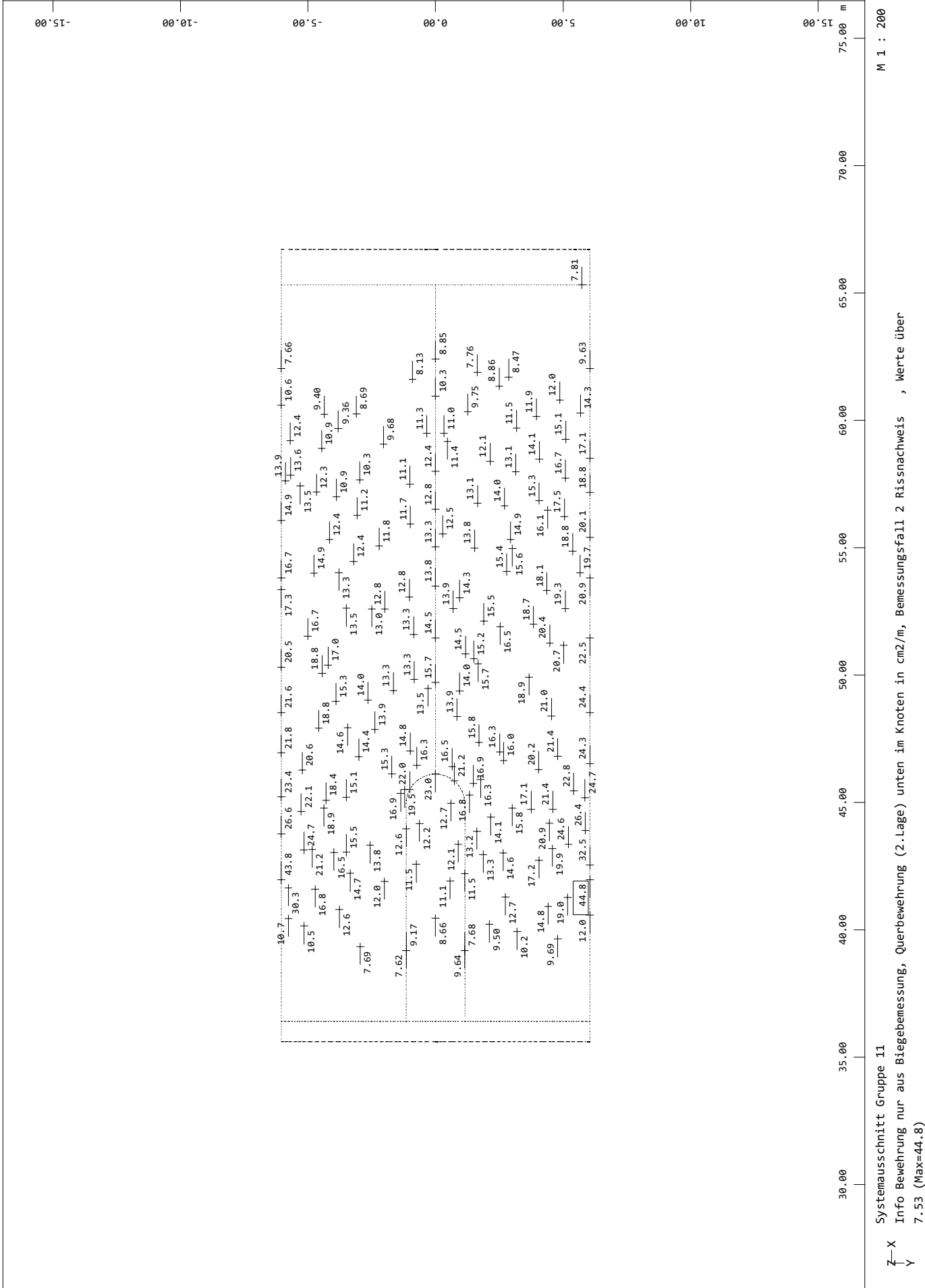


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

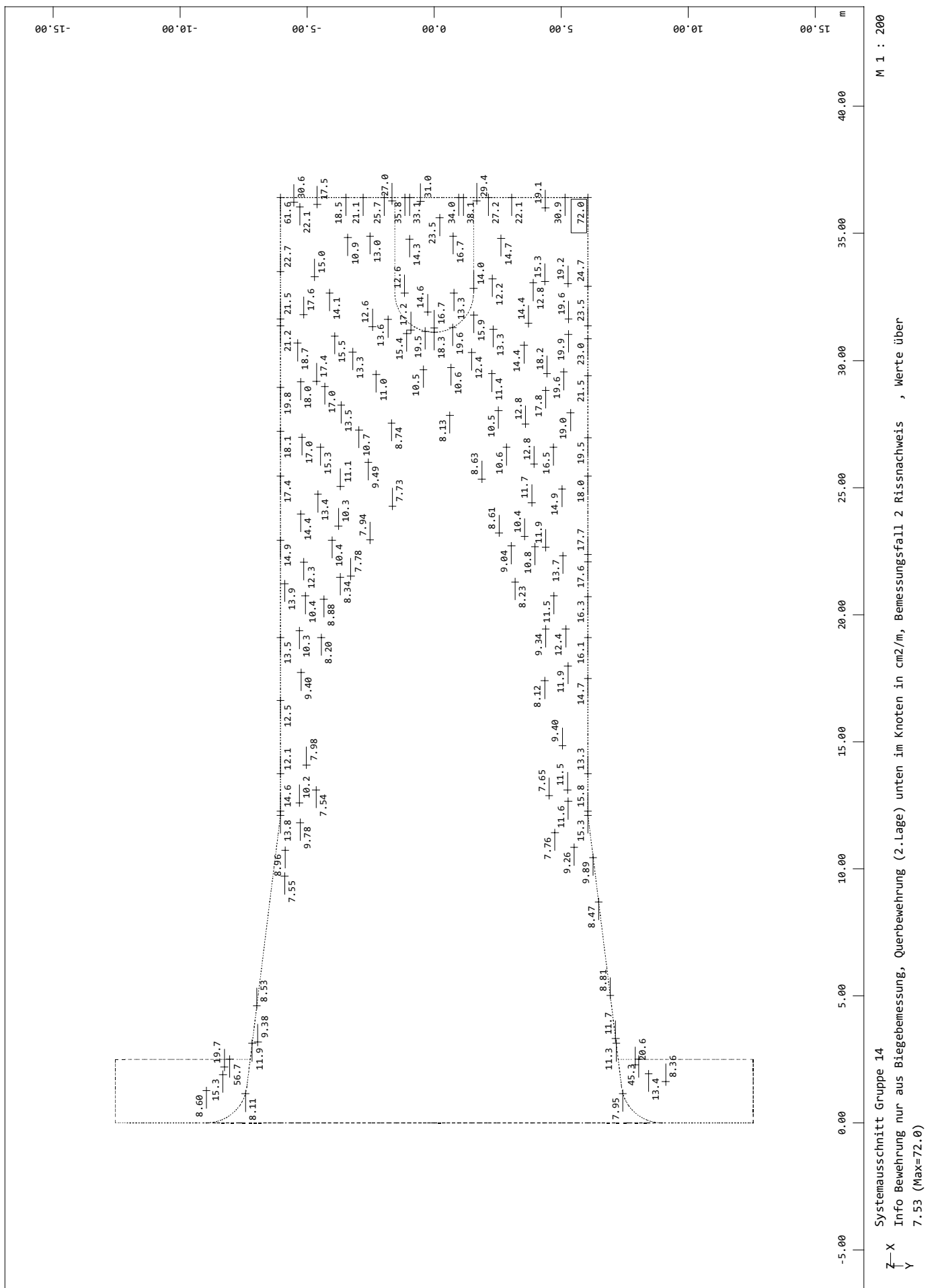
SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

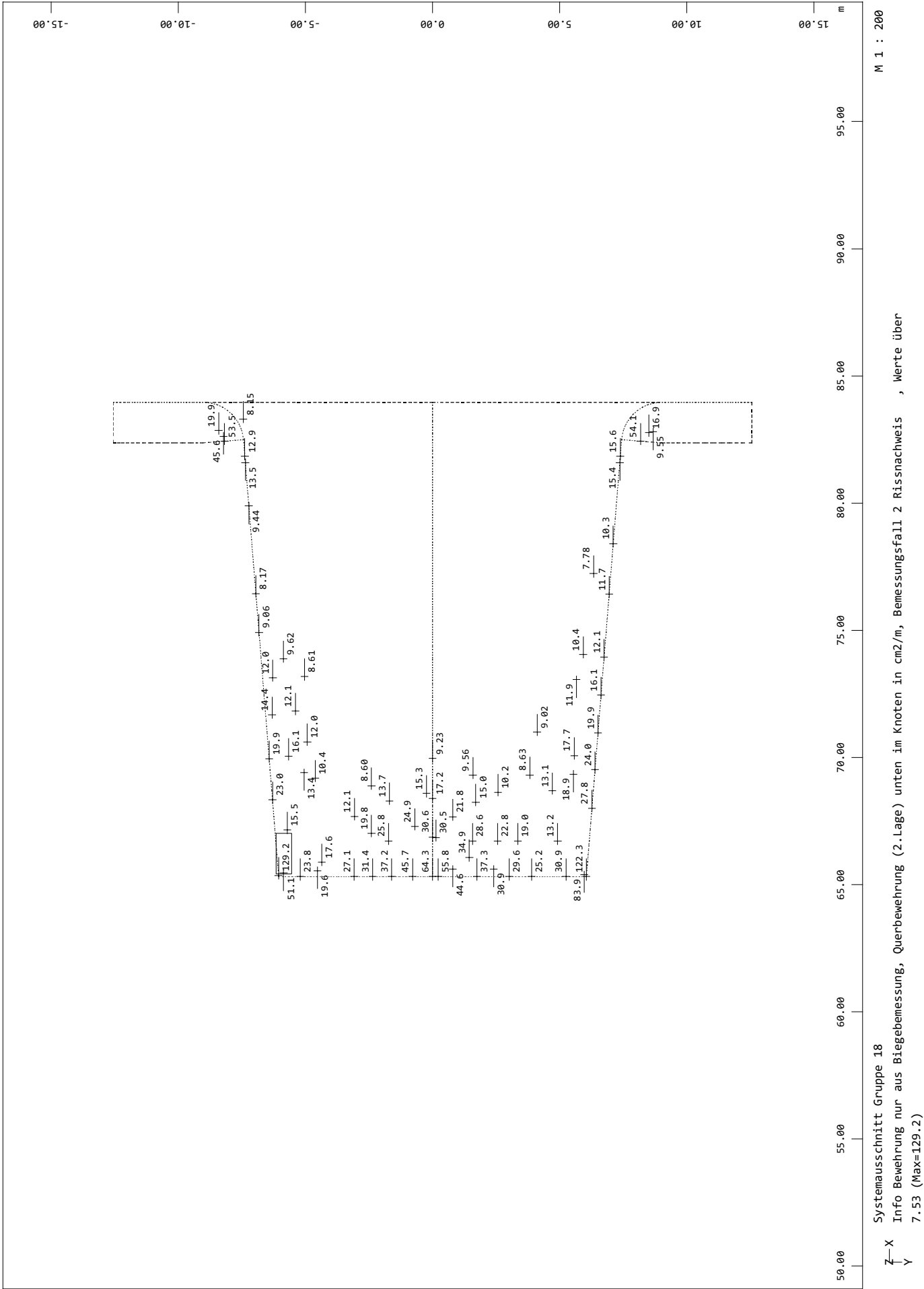


SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

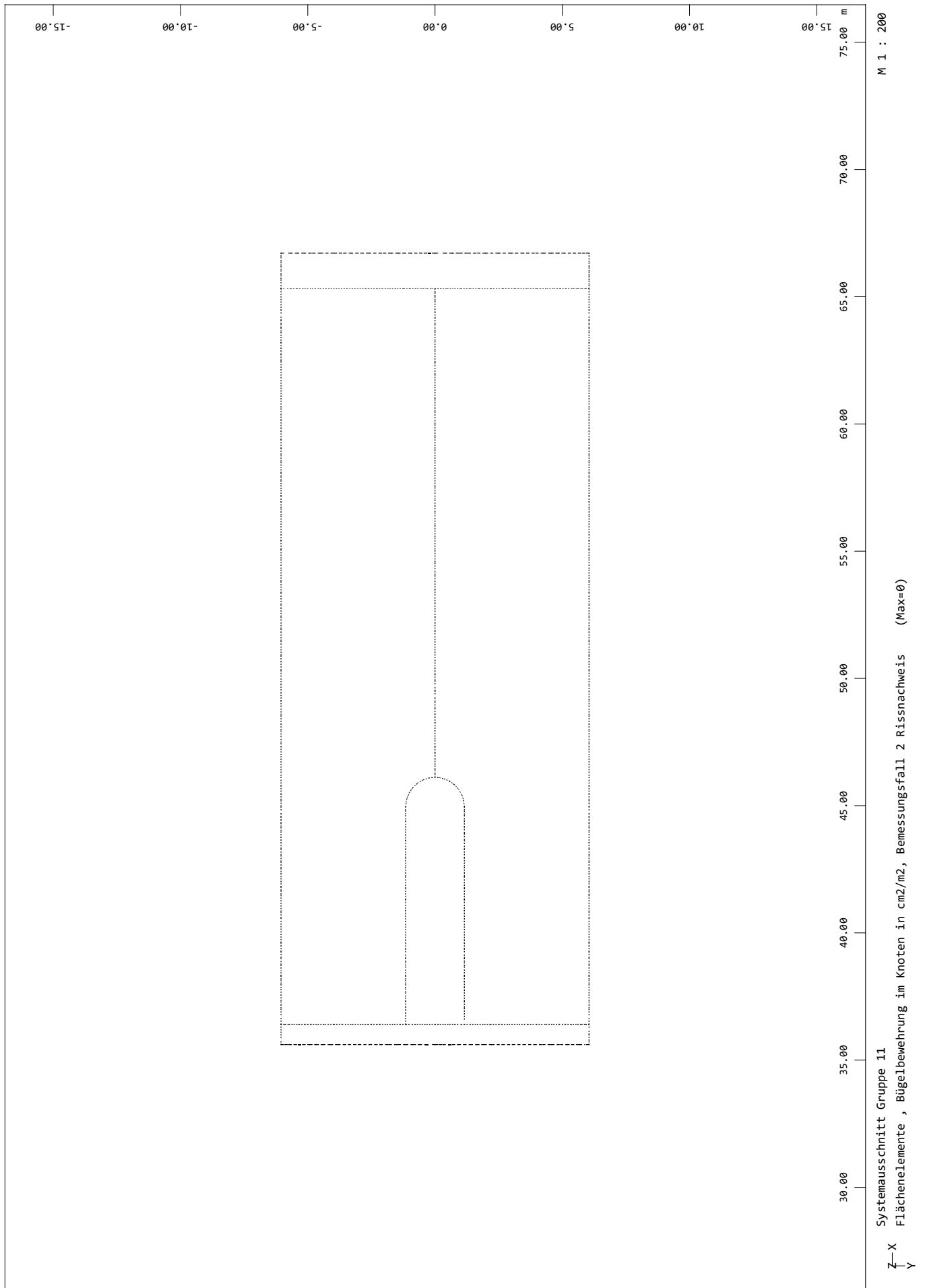
SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3

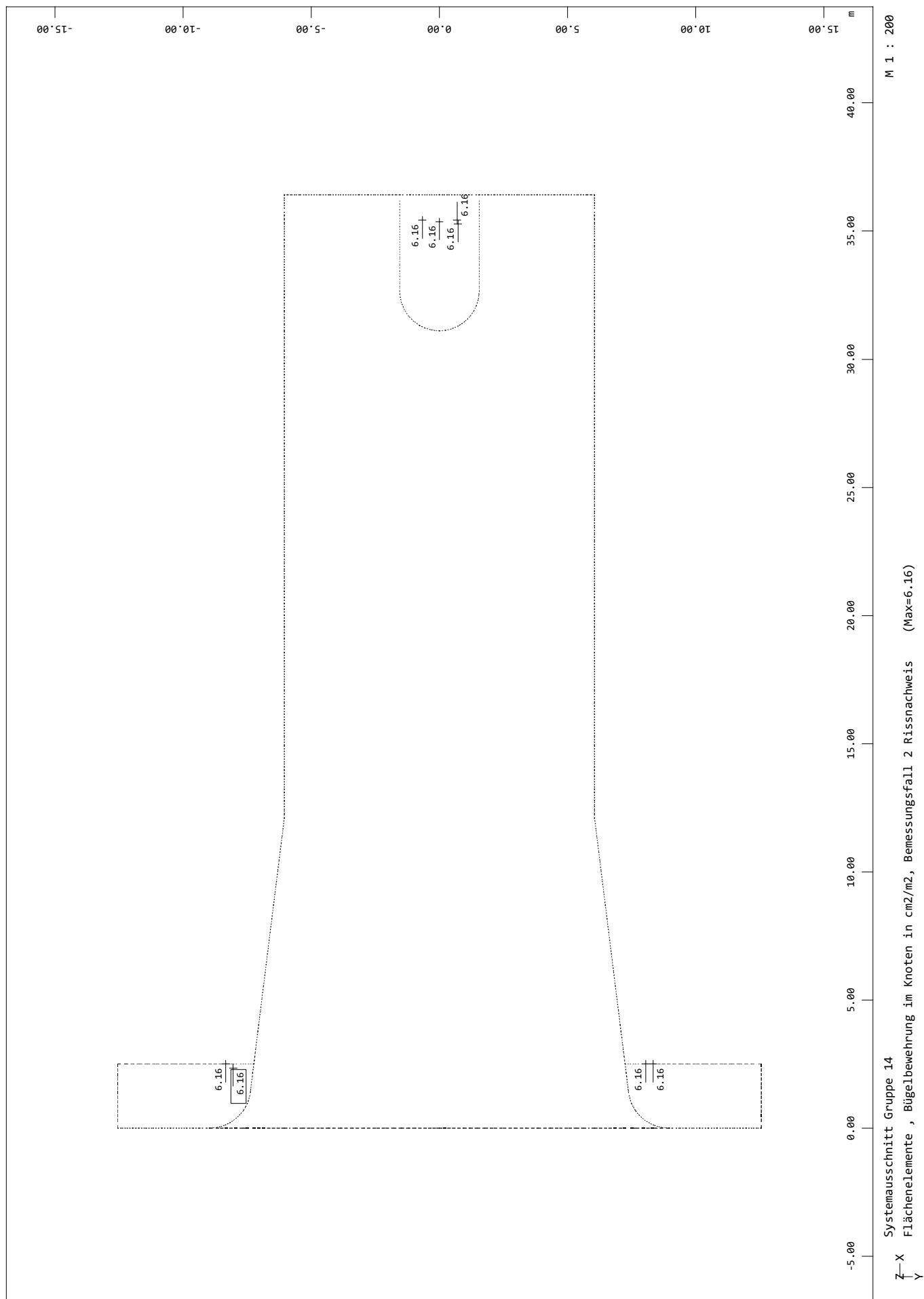
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

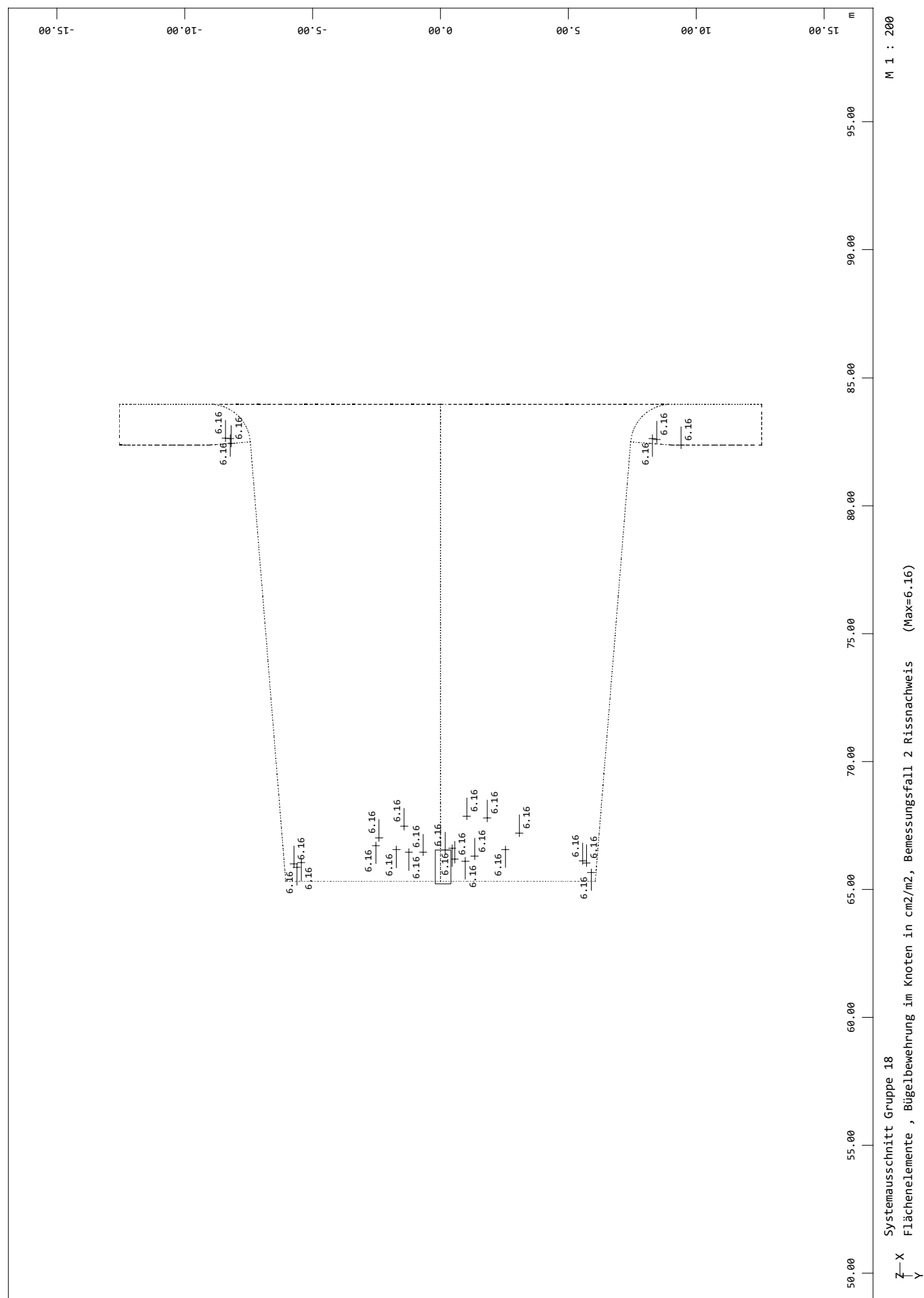


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

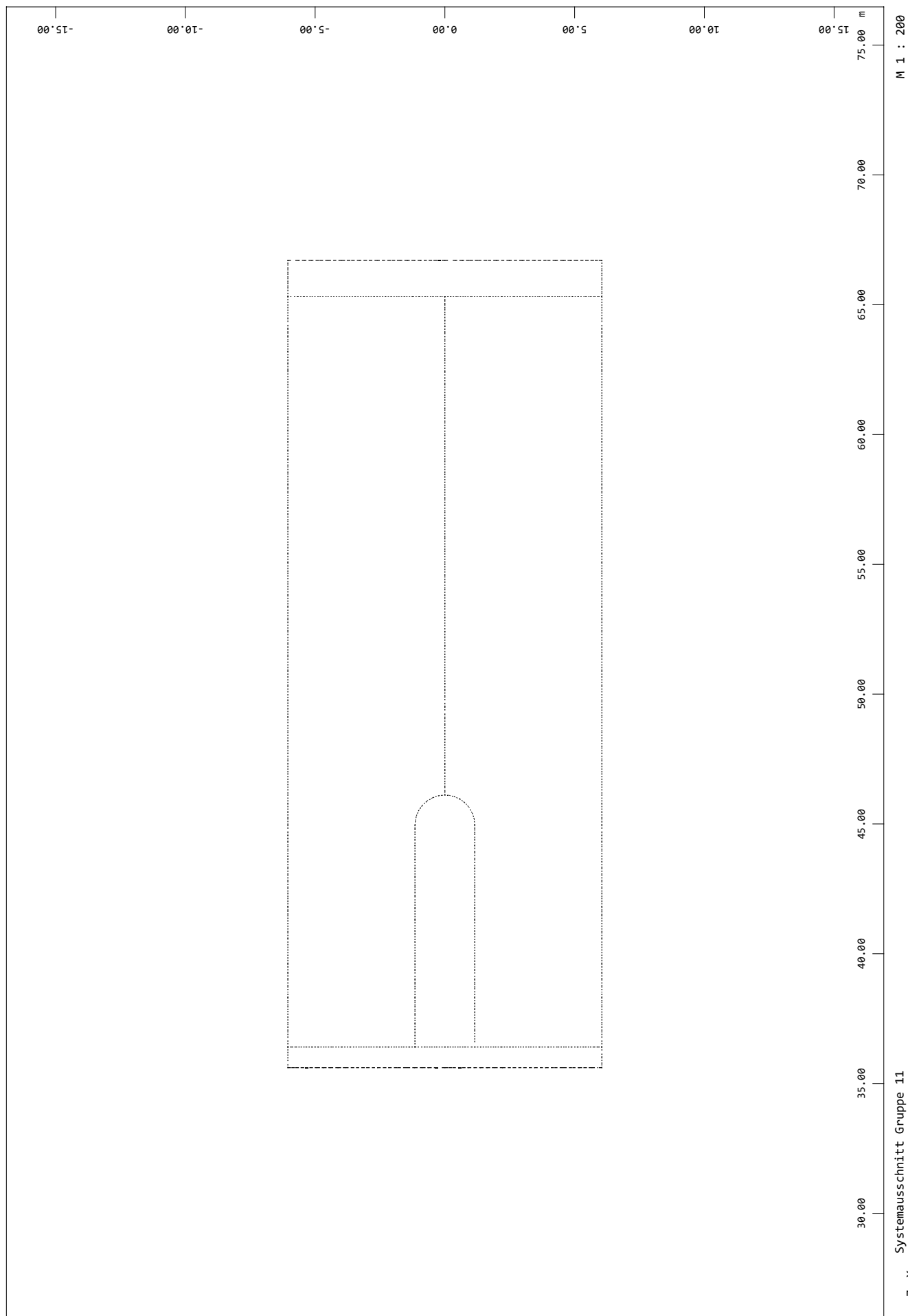


Grafik Bemessung GZT



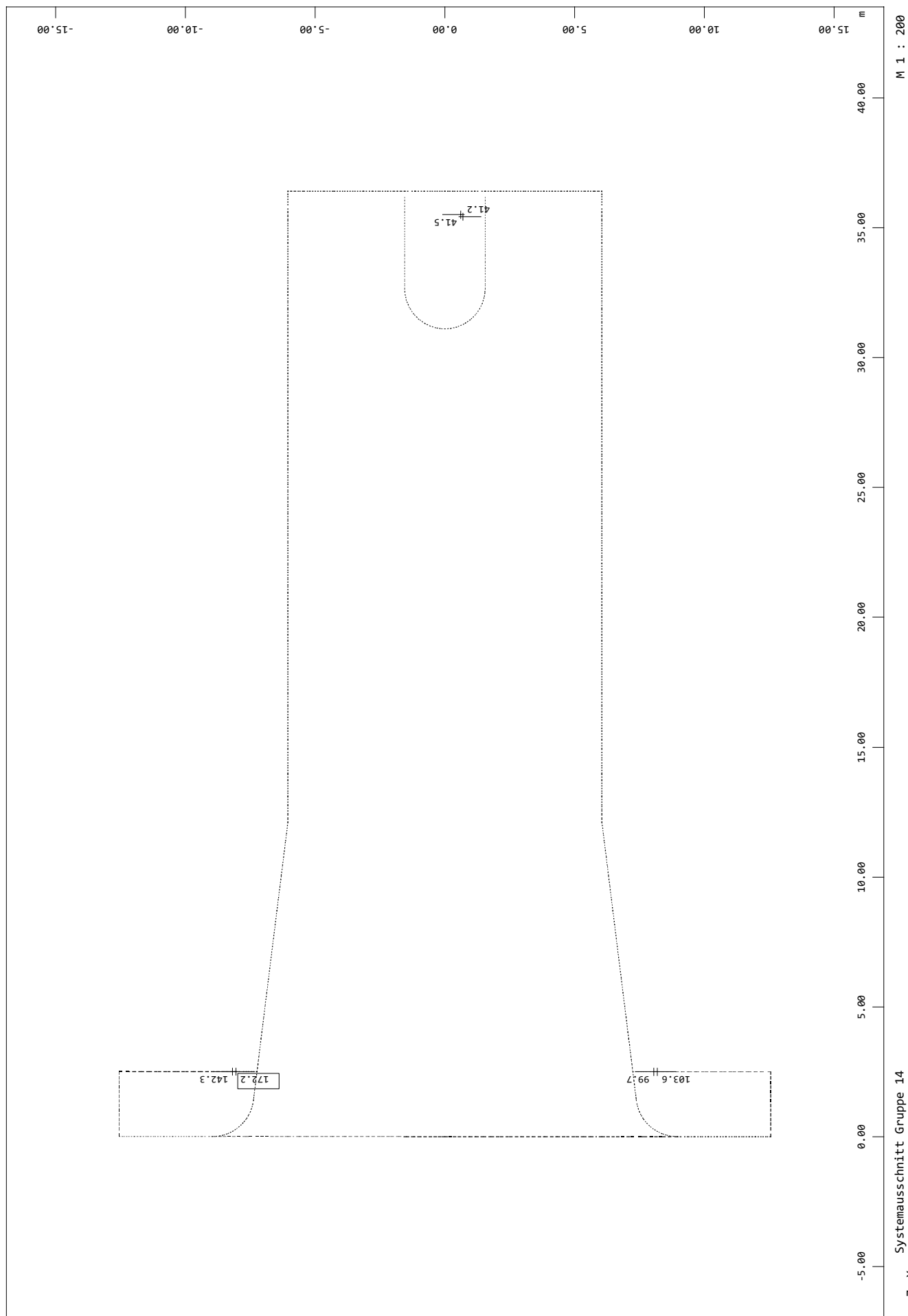
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



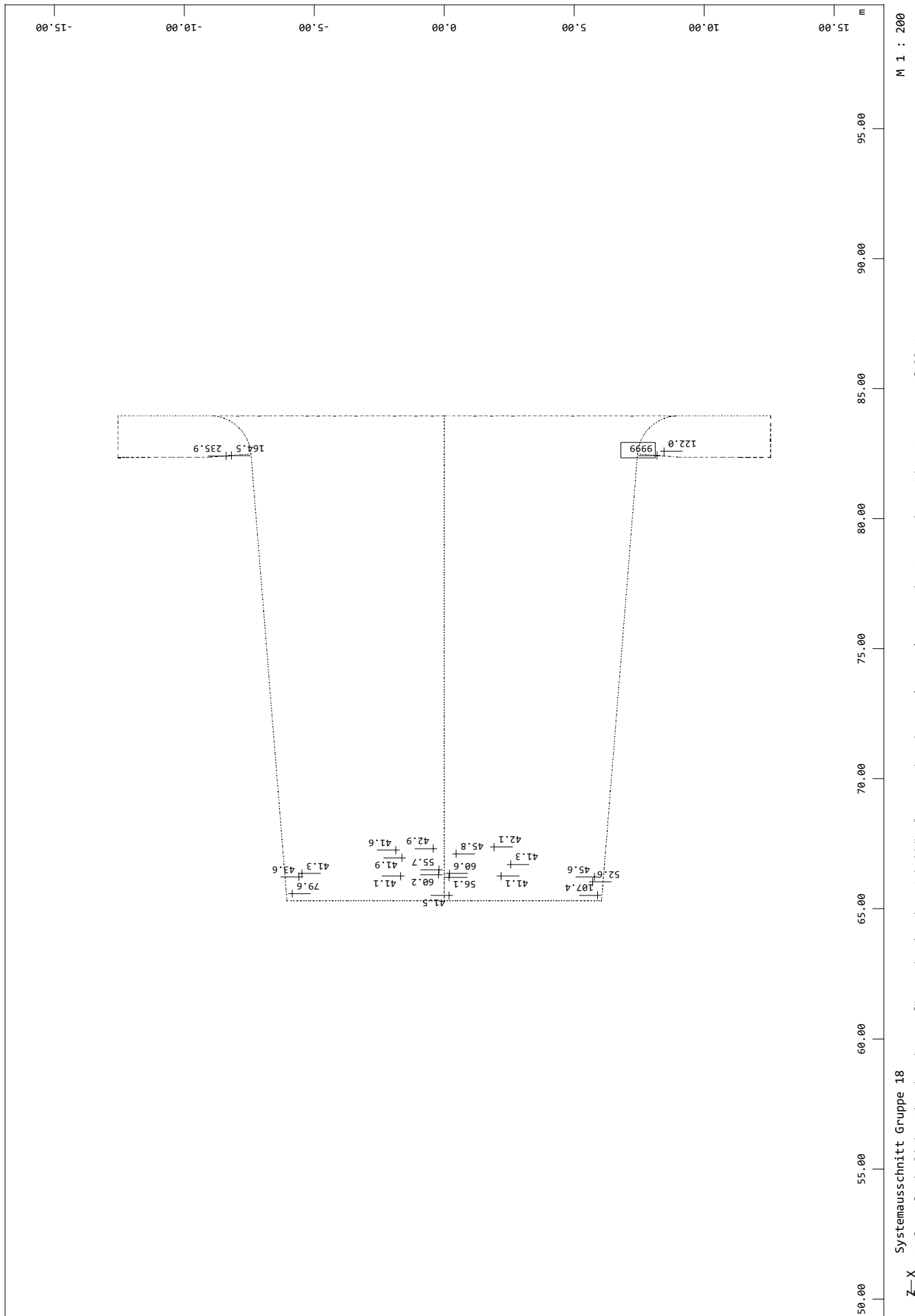
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



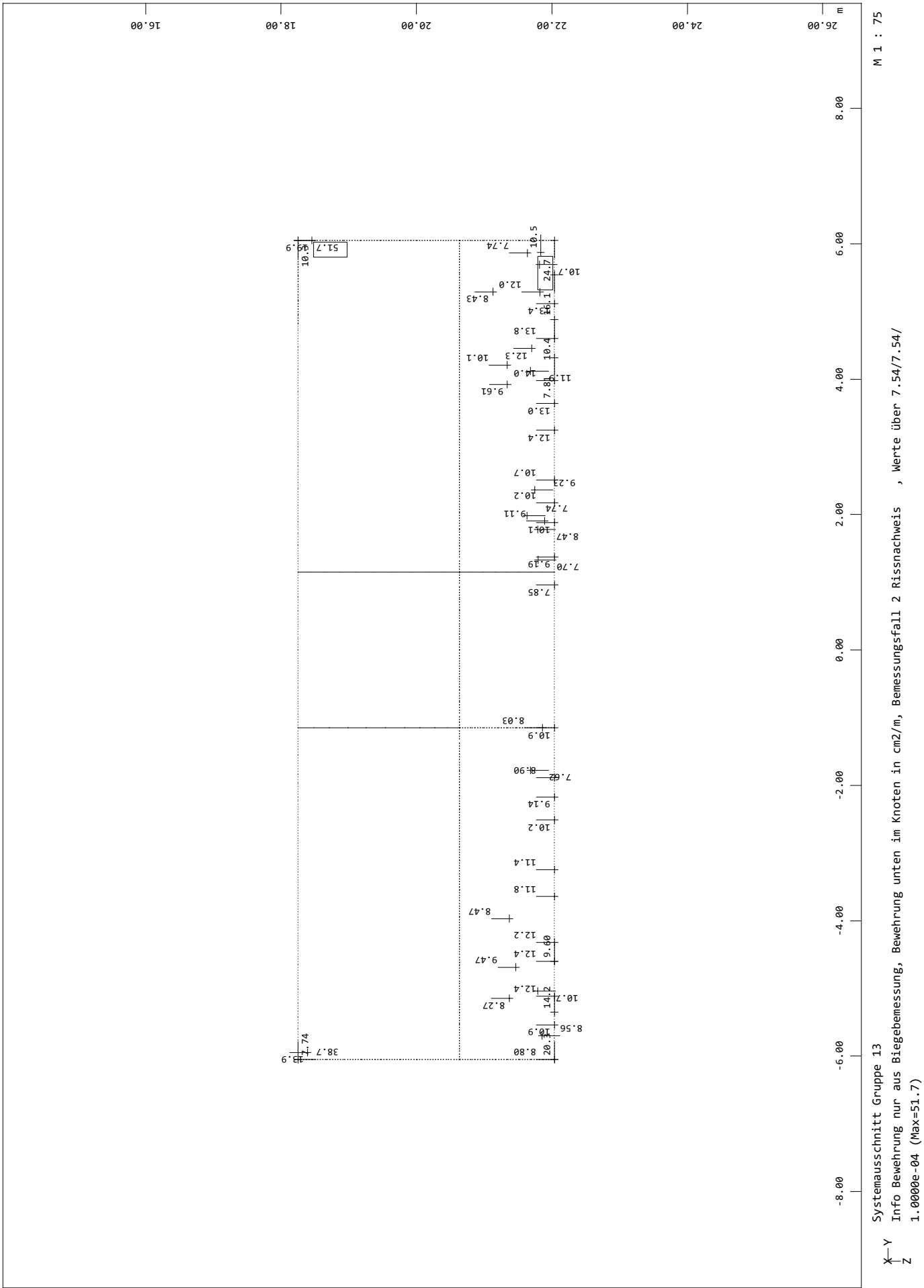
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



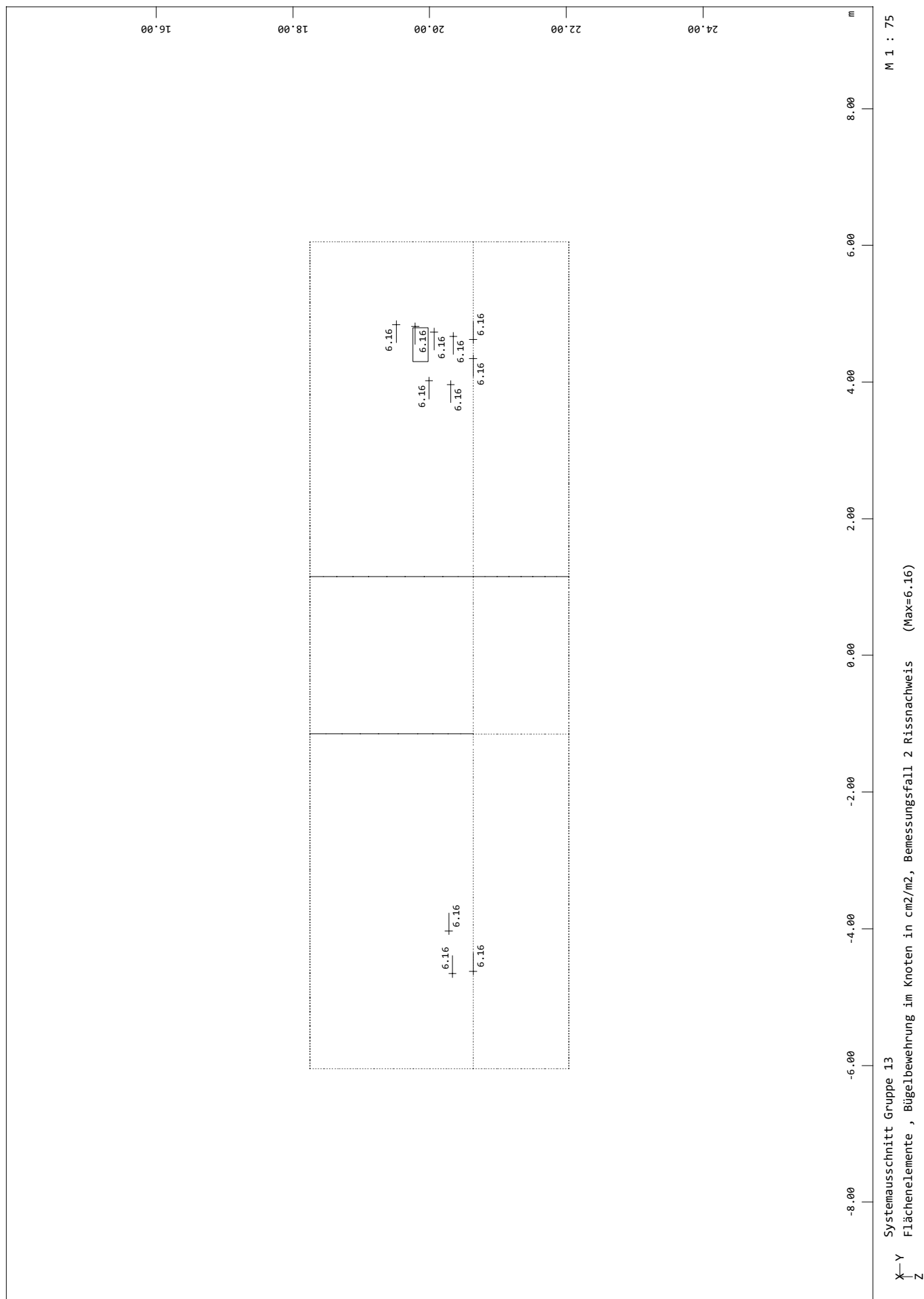
The drawing illustrates a cross-section of a reinforced concrete slab with a width of 1.00000e-04 m. The vertical axis represents the height, ranging from 0.00 m at the bottom to 24.00 m at the top. The horizontal axis represents the distance along the slab, ranging from -8.00 m to 8.00 m. The reinforcement layout is shown with various bars and their dimensions. The bending moment diagram is plotted along the top edge, with values ranging from 0.00 to 20.4 kNm. The diagram is divided into two main sections by a vertical line at 0.00 m. The left section shows a moment of 14.2 kNm at the left edge and 17.5 kNm at the center. The right section shows a moment of 14.2 kNm at the right edge and 17.5 kNm at the center. The reinforcement layout includes top bars and bottom bars with various dimensions and labels.

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

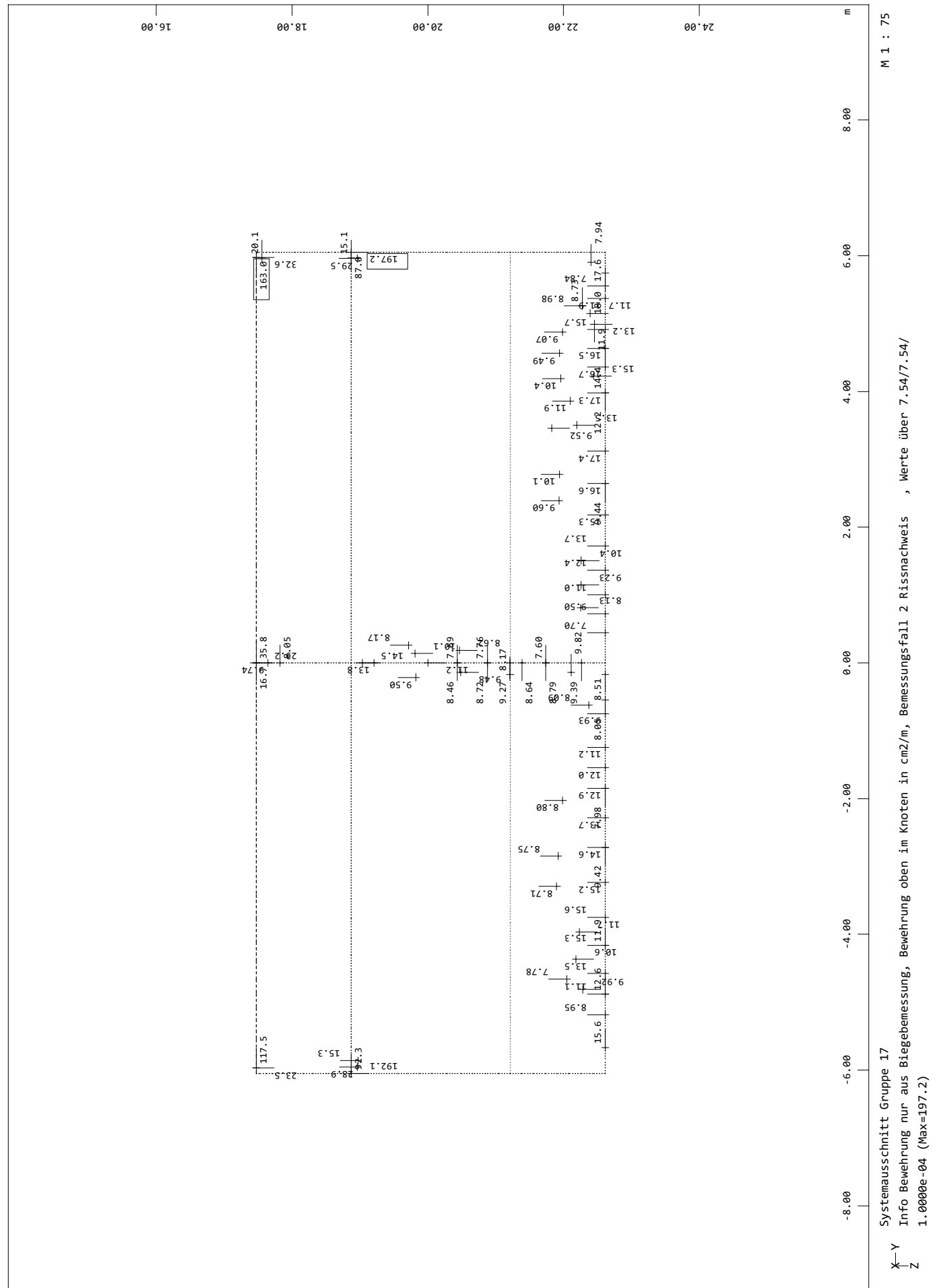


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

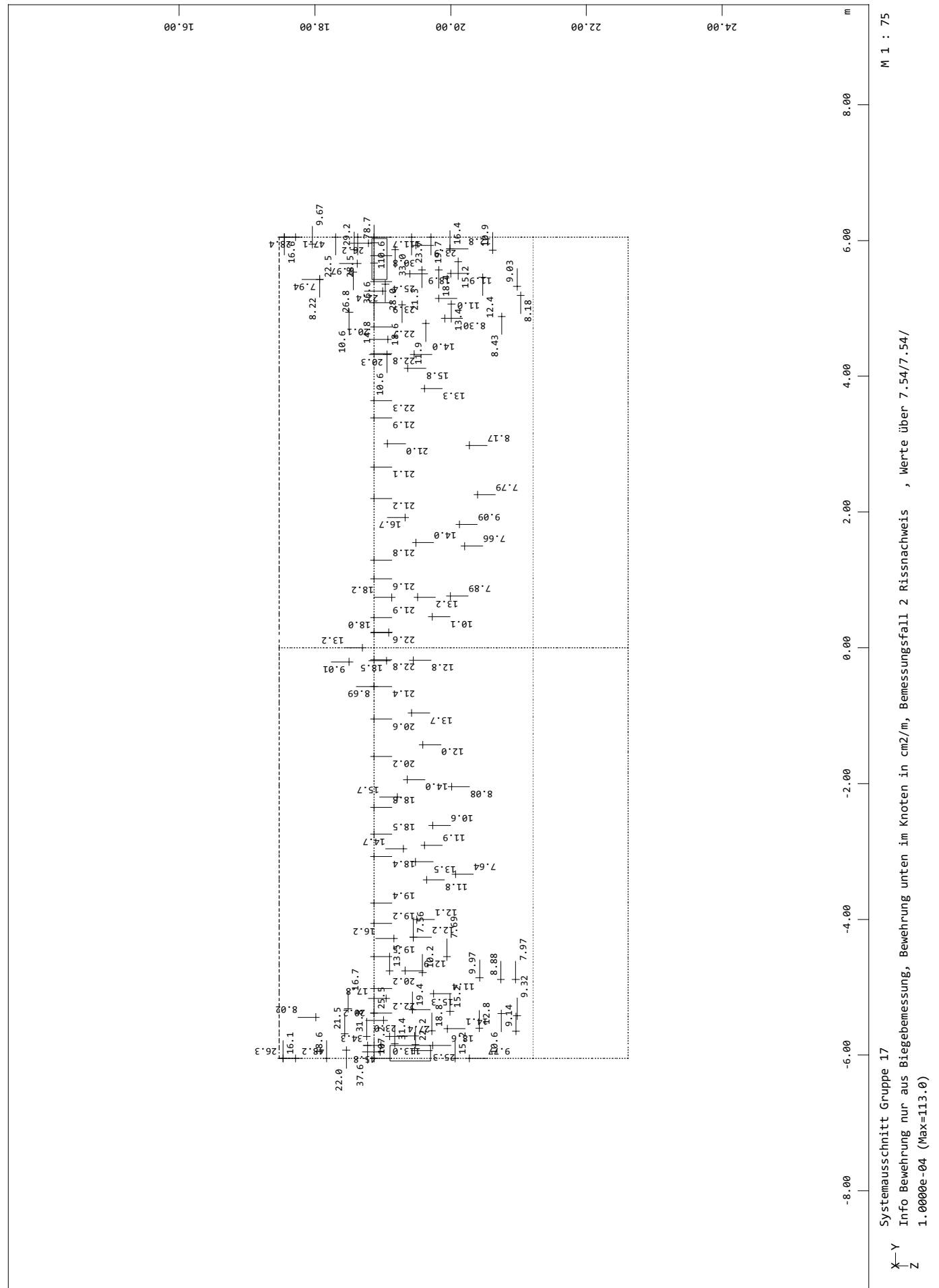
SOFISTIK AG - www.sofistik.de



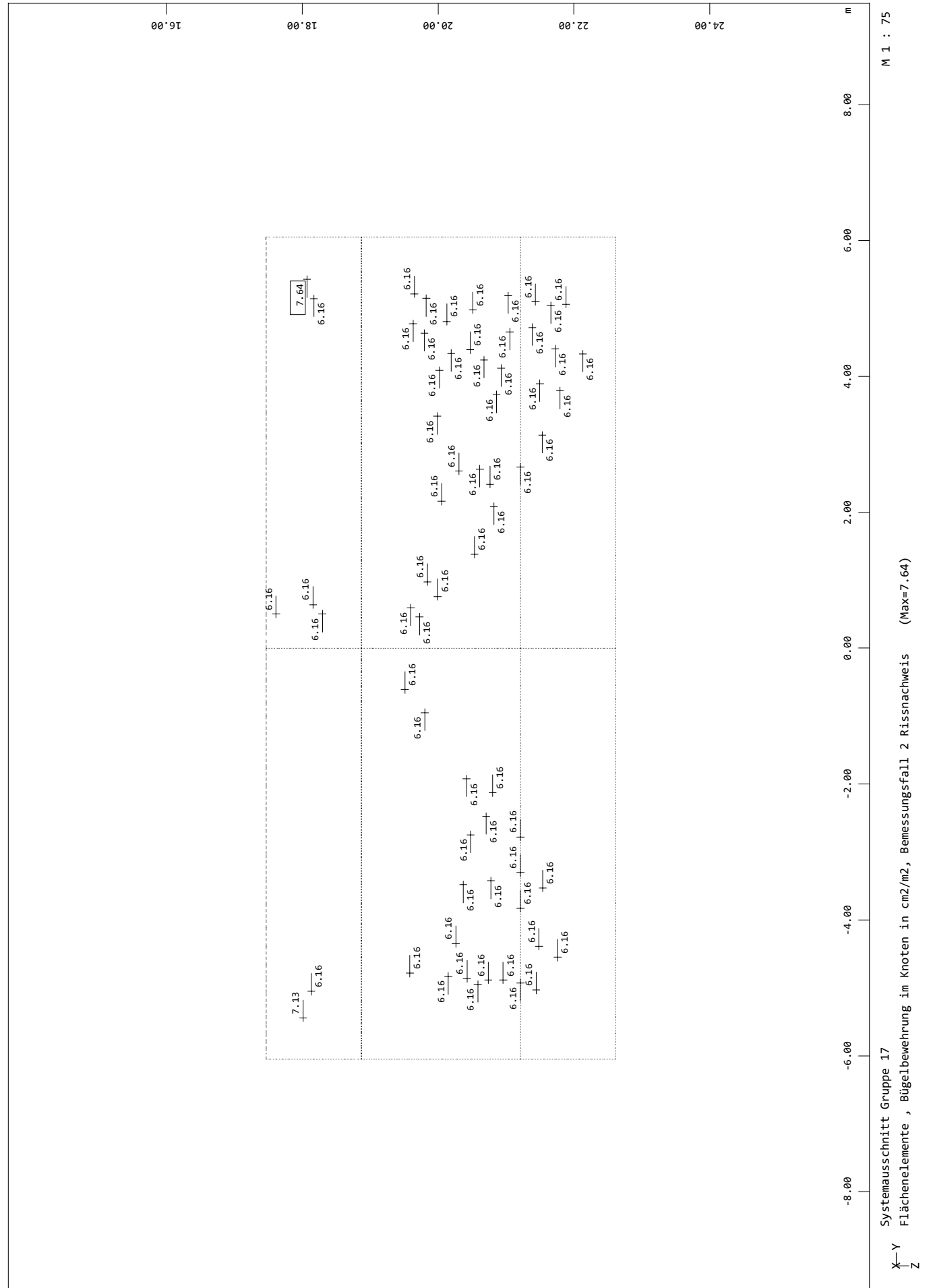
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT



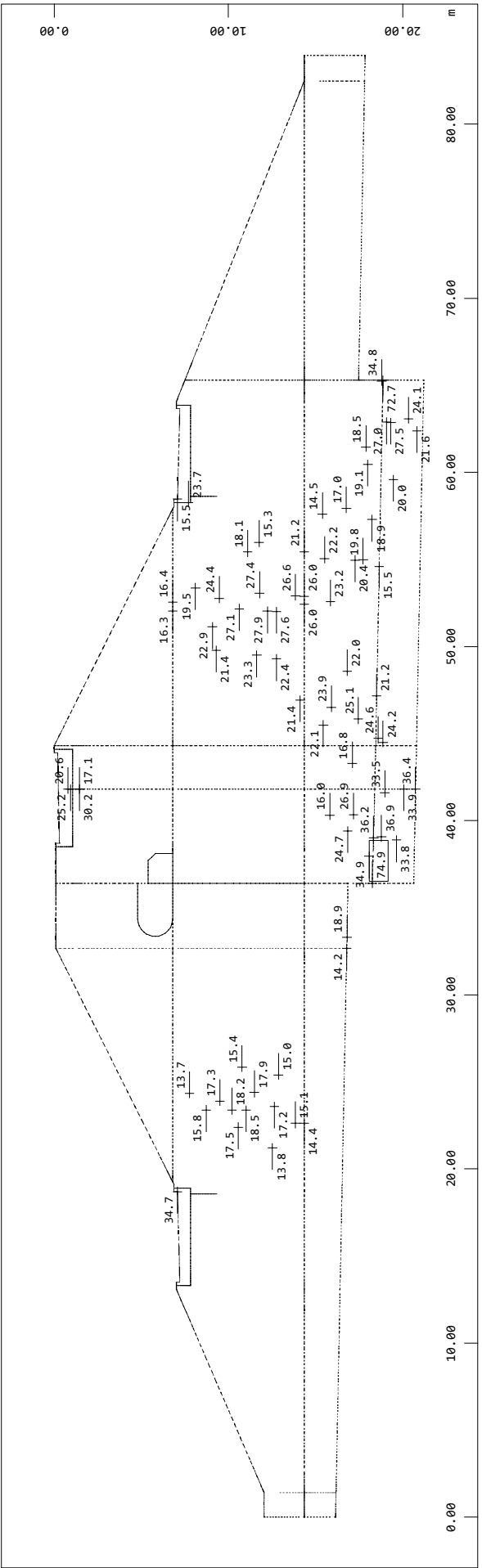
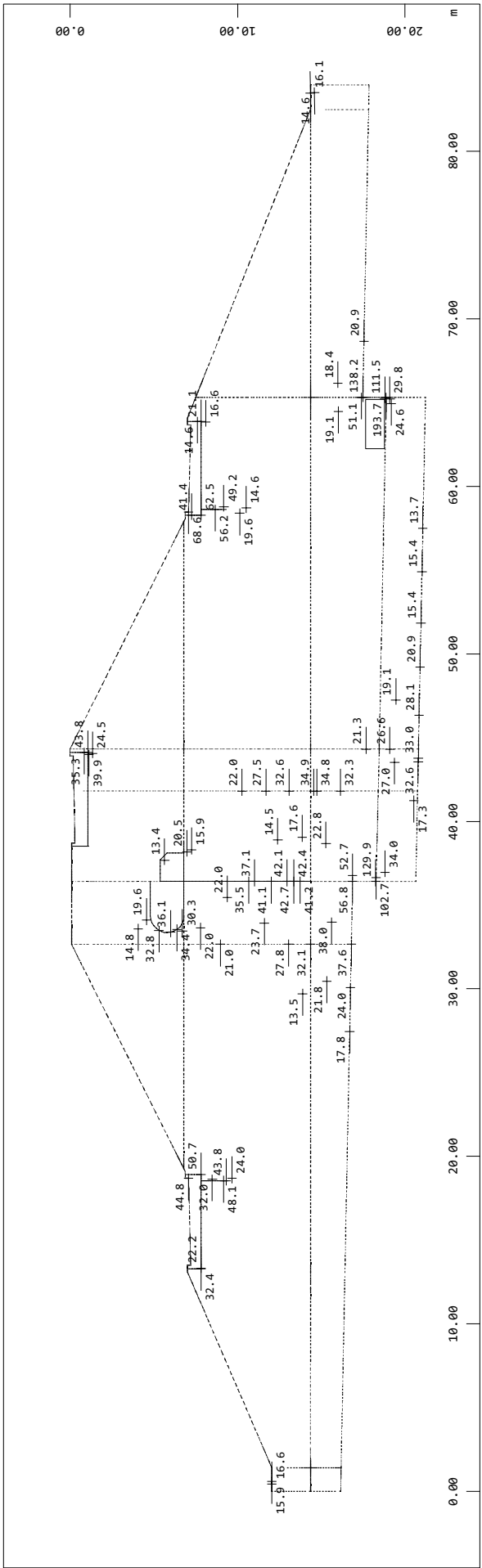
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT



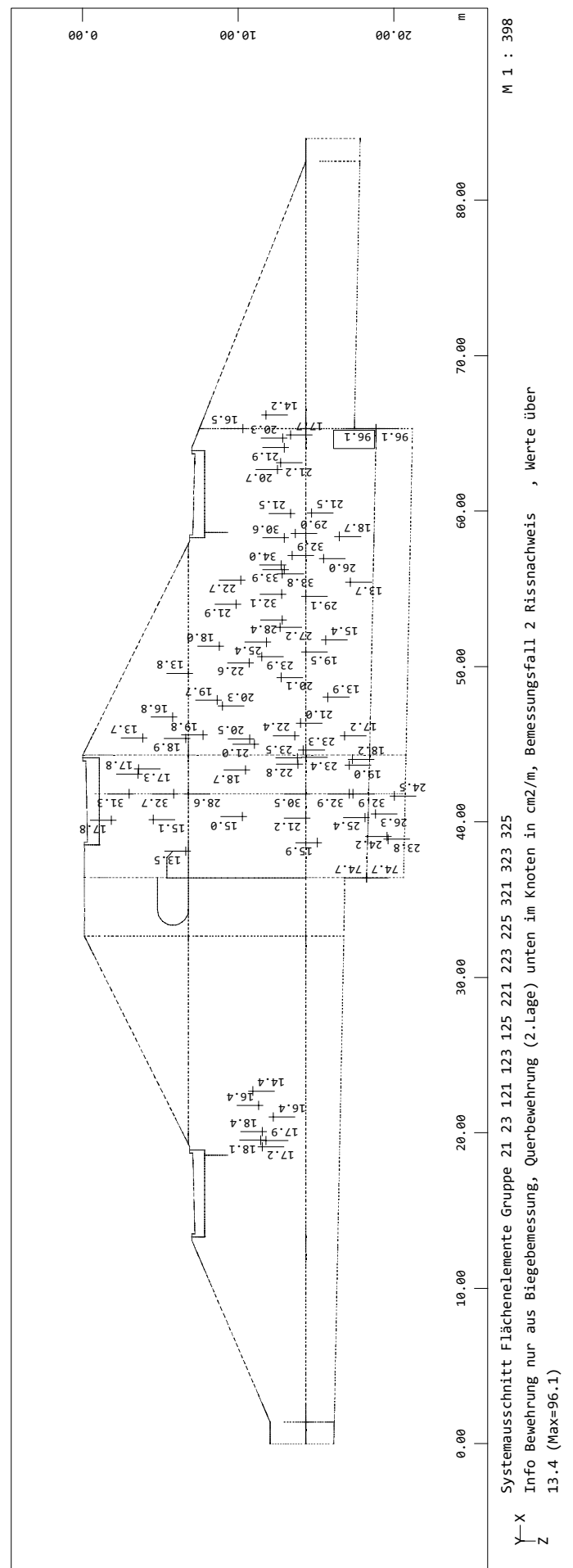
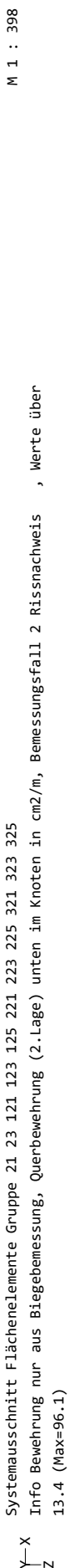
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT



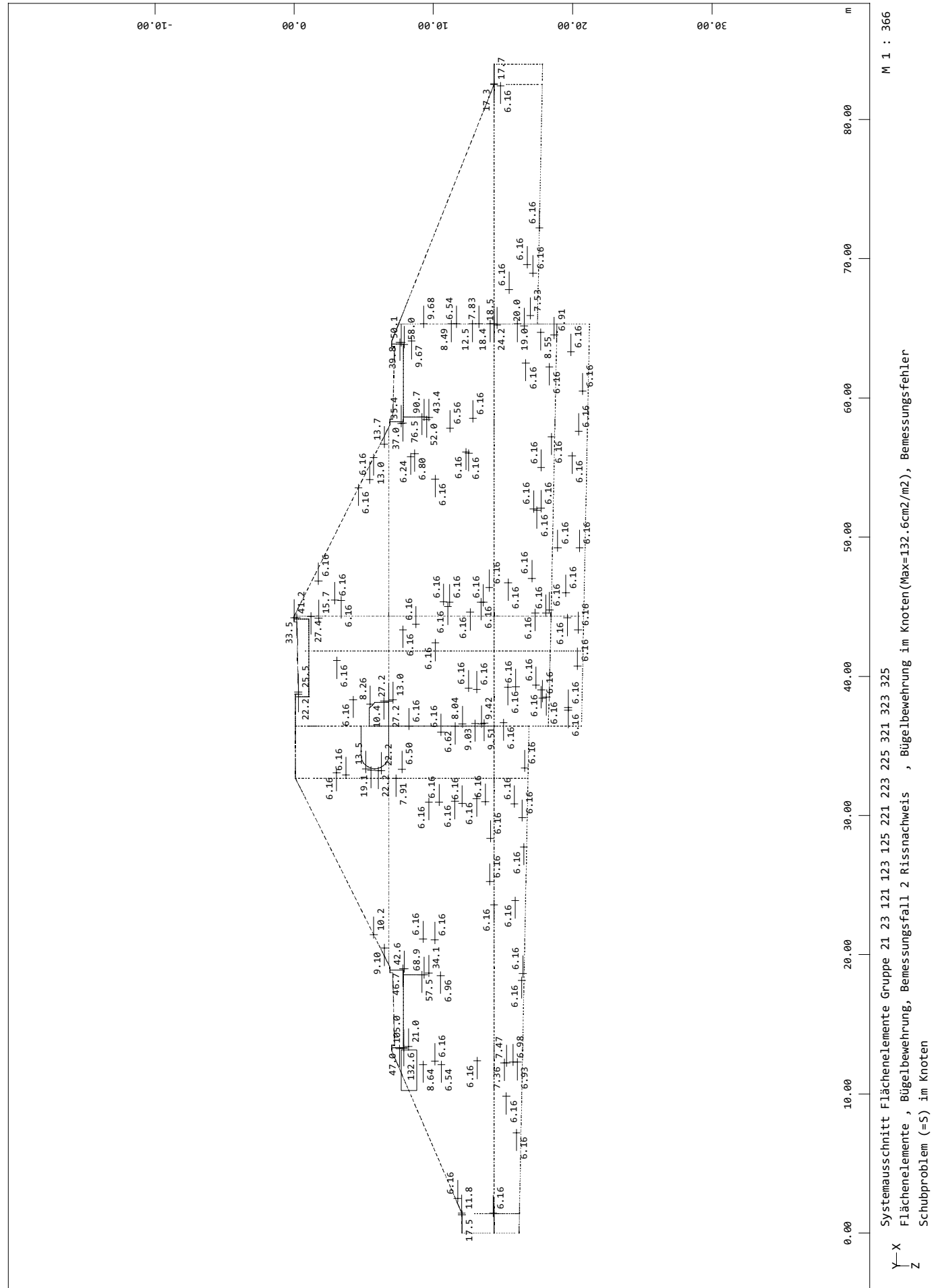
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT



SOFISTIK AG - www.sofistik.de

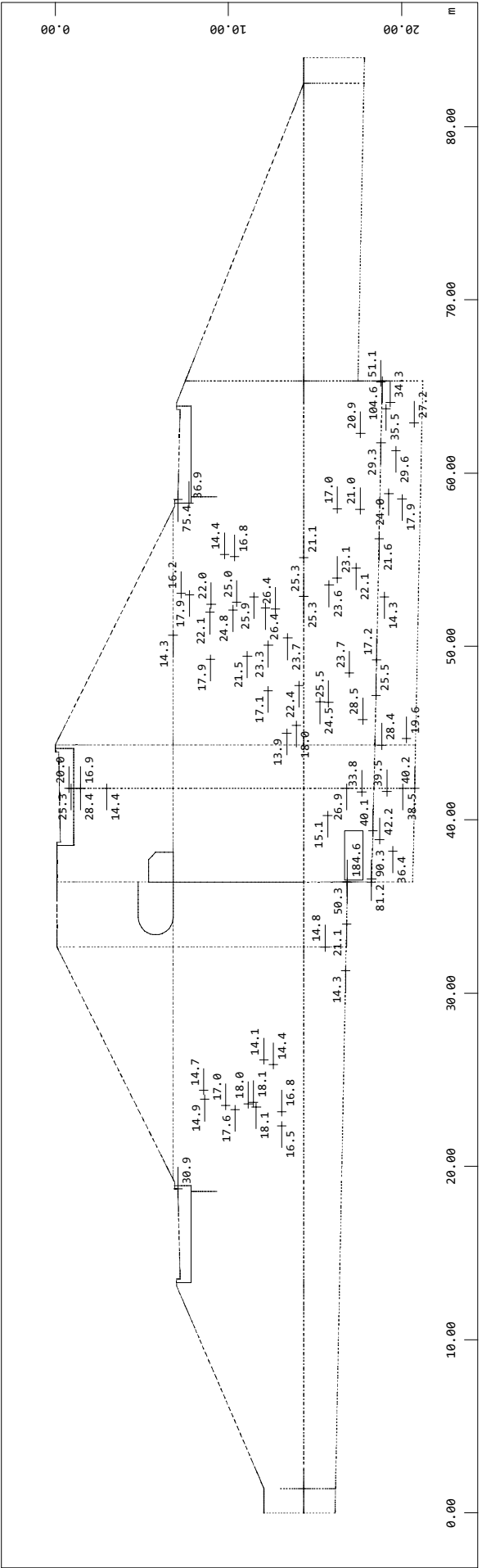
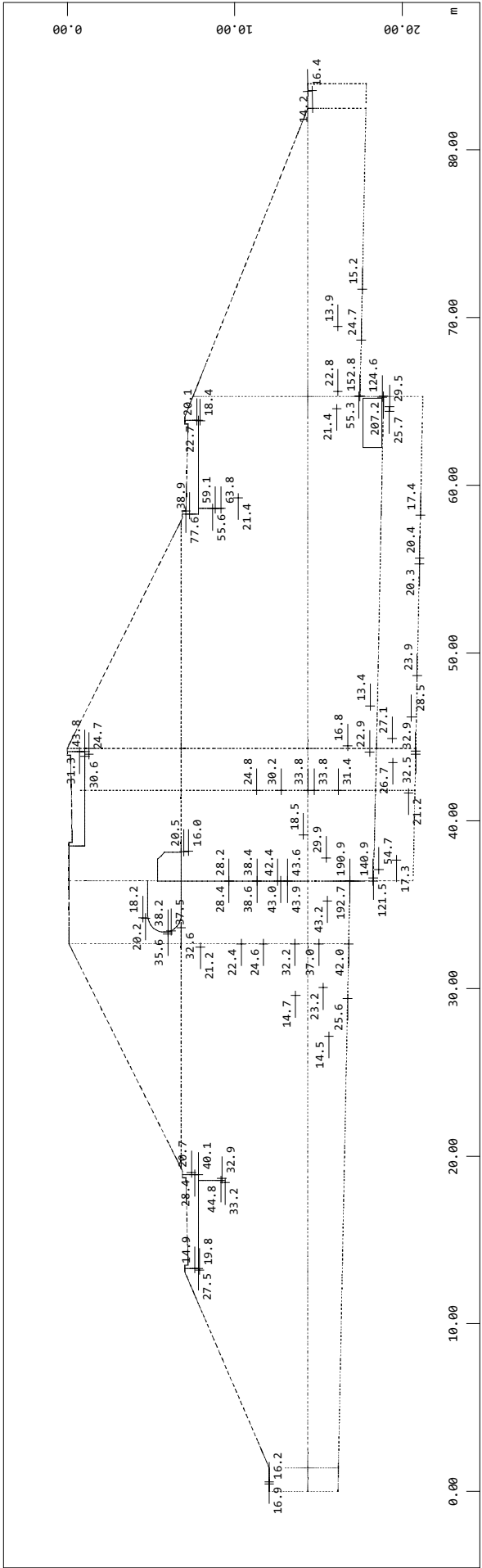


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT



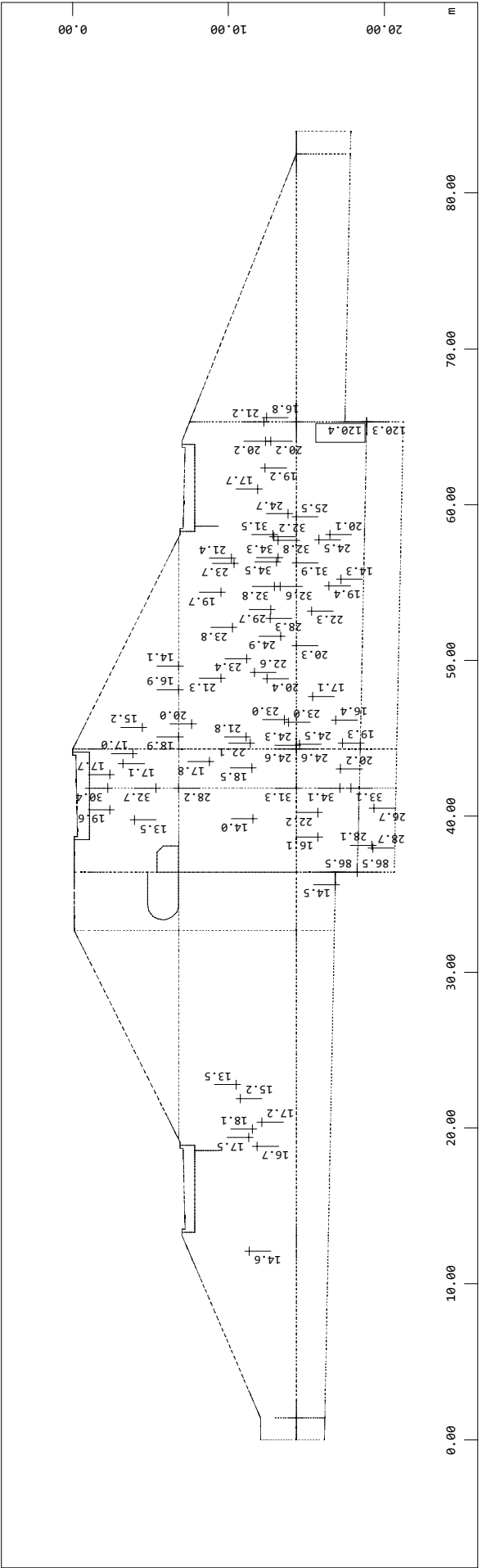
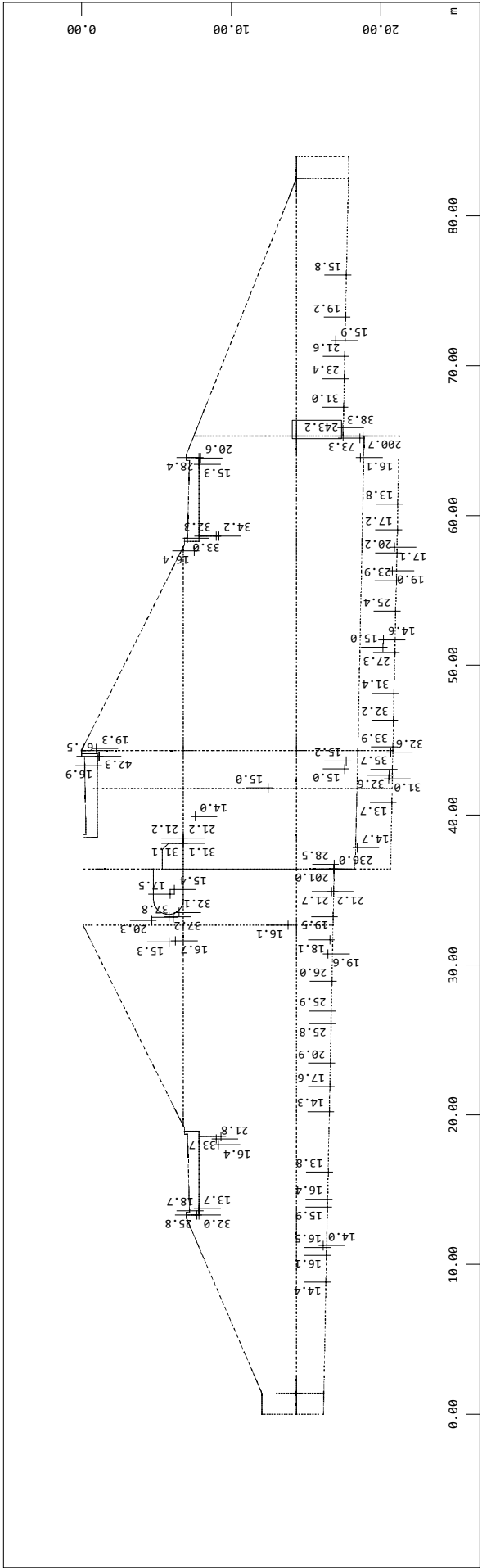
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

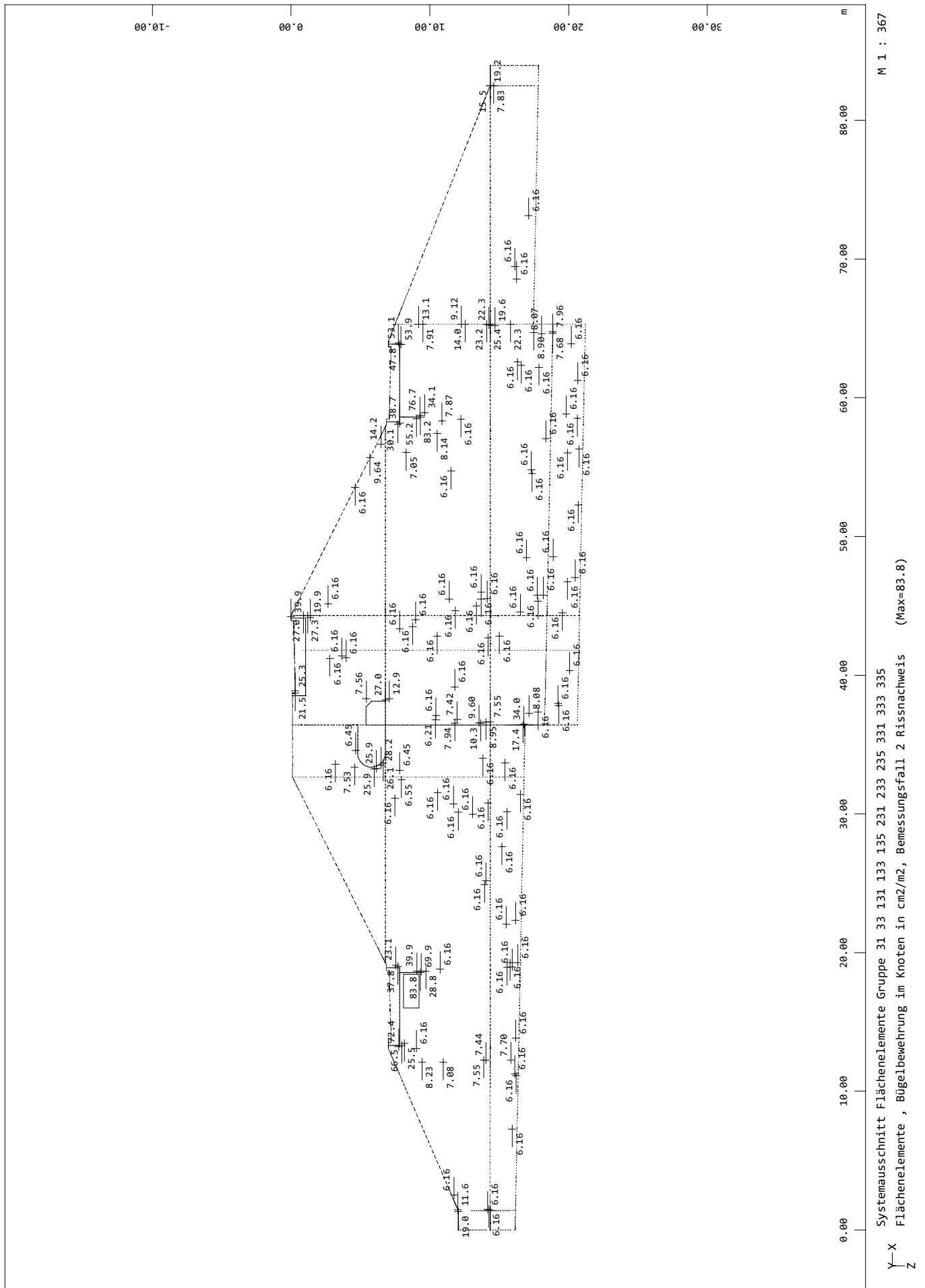


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

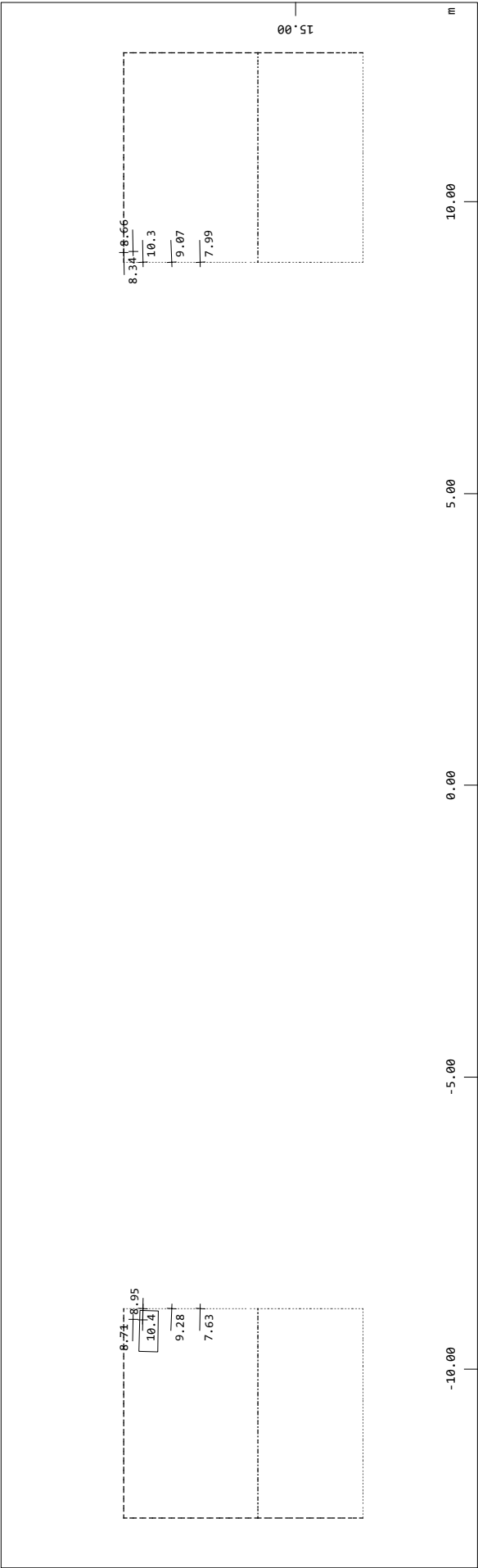


SOFISTIK AG - www.sofistik.de

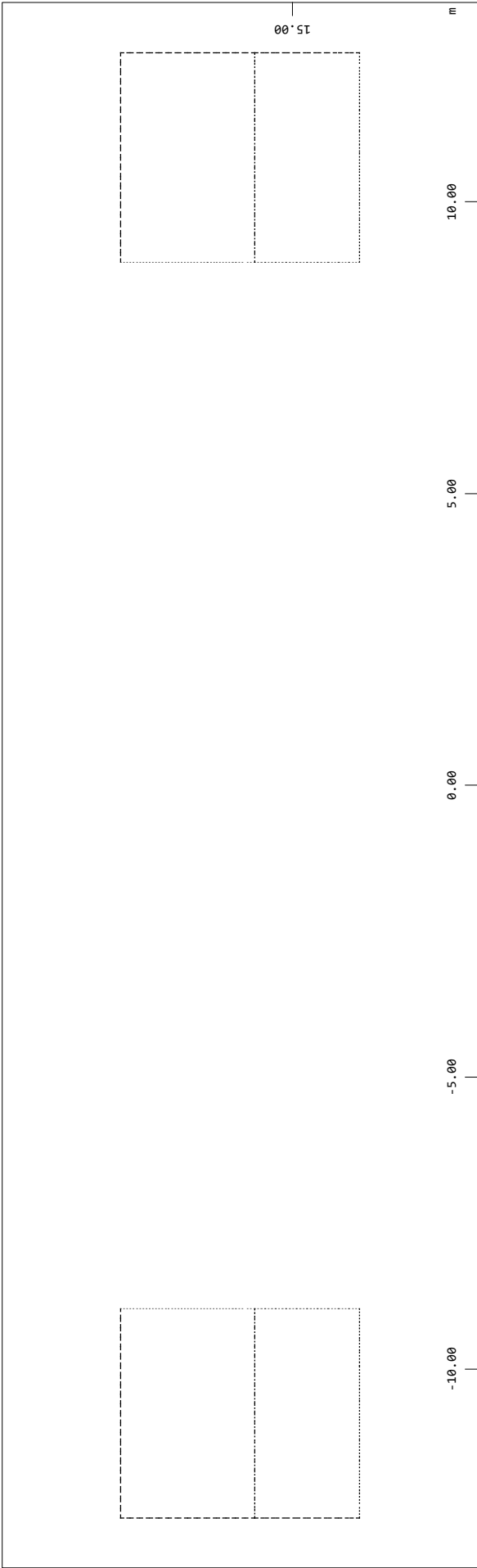


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



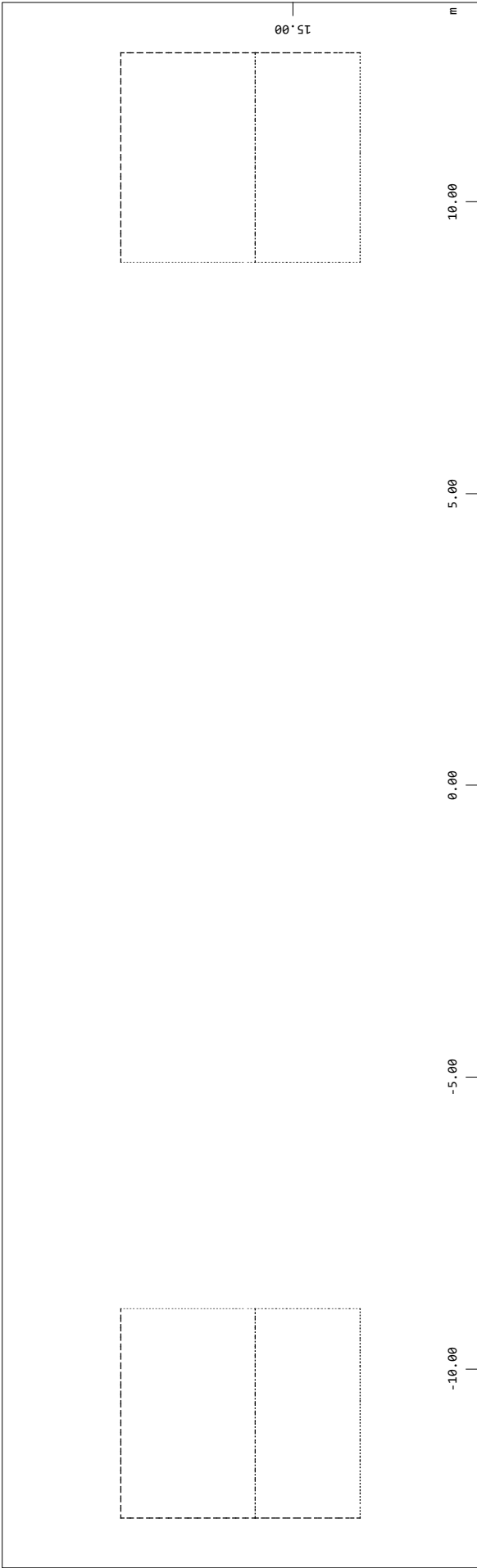
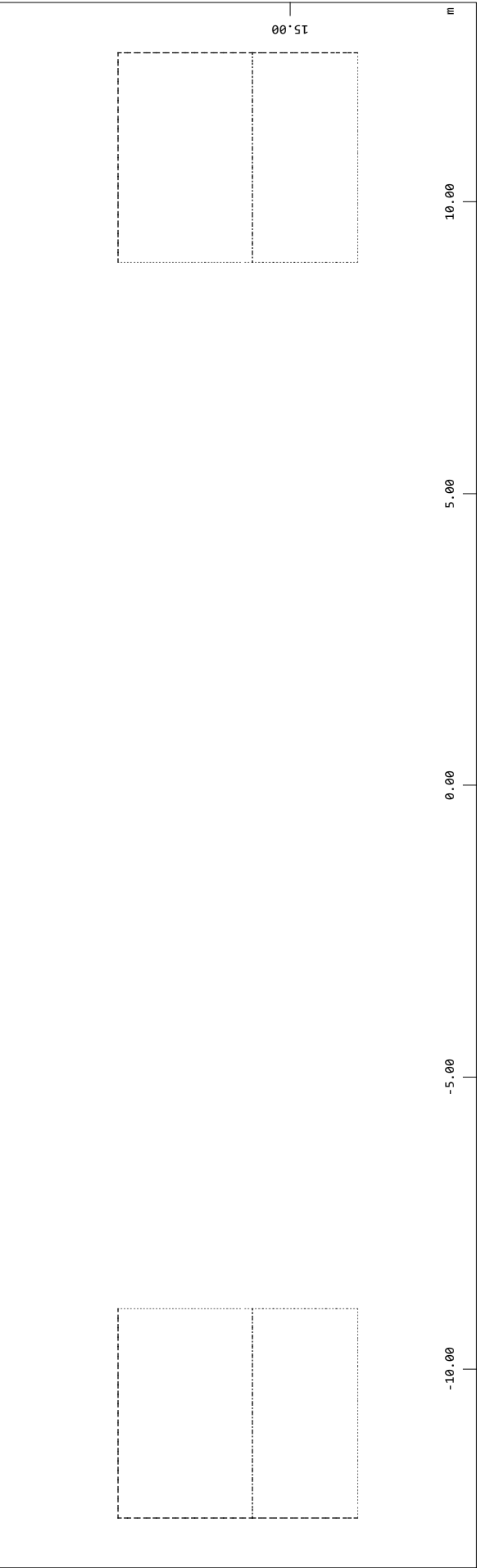
X-Y
Z
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Hauptbewehrung (1.Lage) oben im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2 Rissnachweis , Werte über 7.54 (Max=10.4)



X-Y
Z
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Hauptbewehrung (1.Lage) unten im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2 Rissnachweis , Werte über 7.54 (Max=3.88)

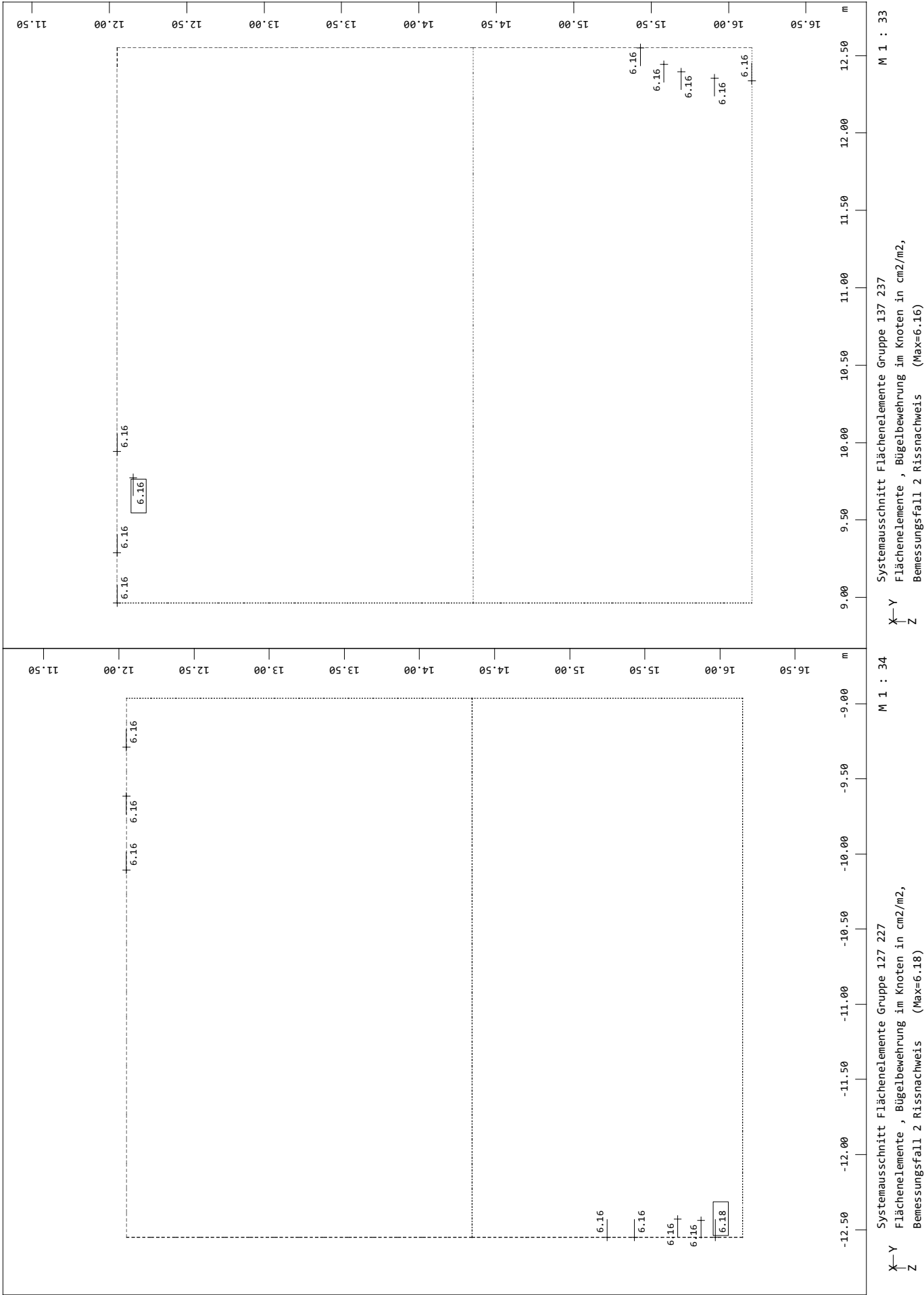
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



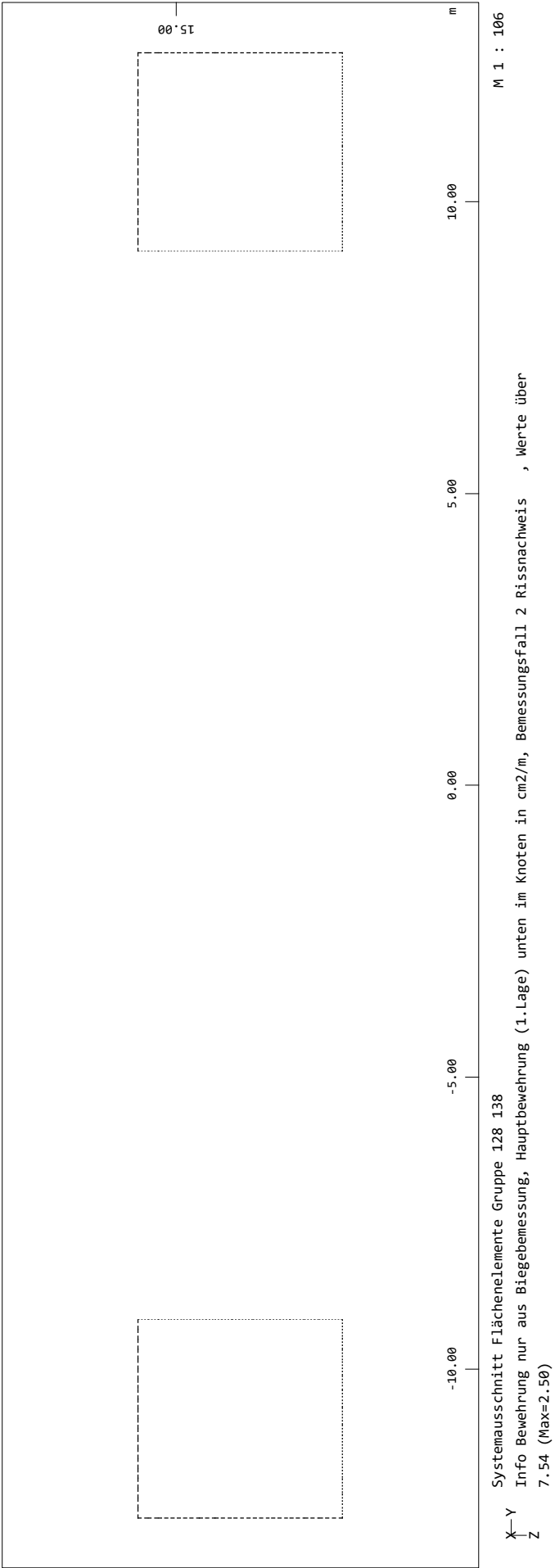
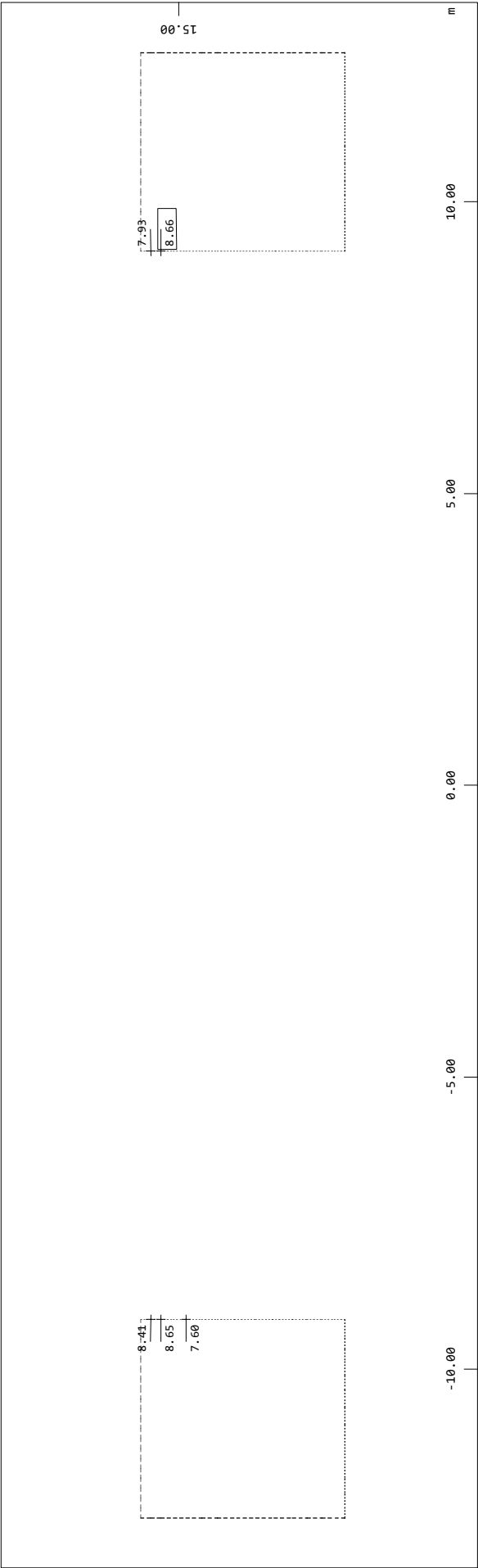
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



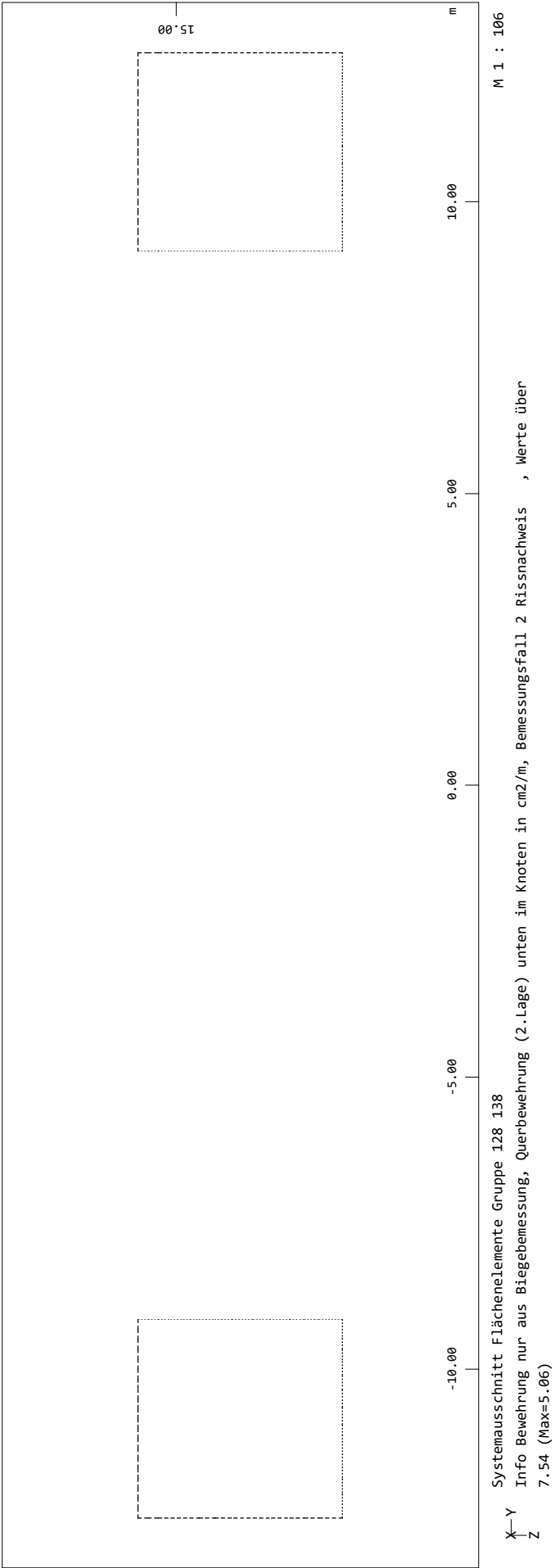
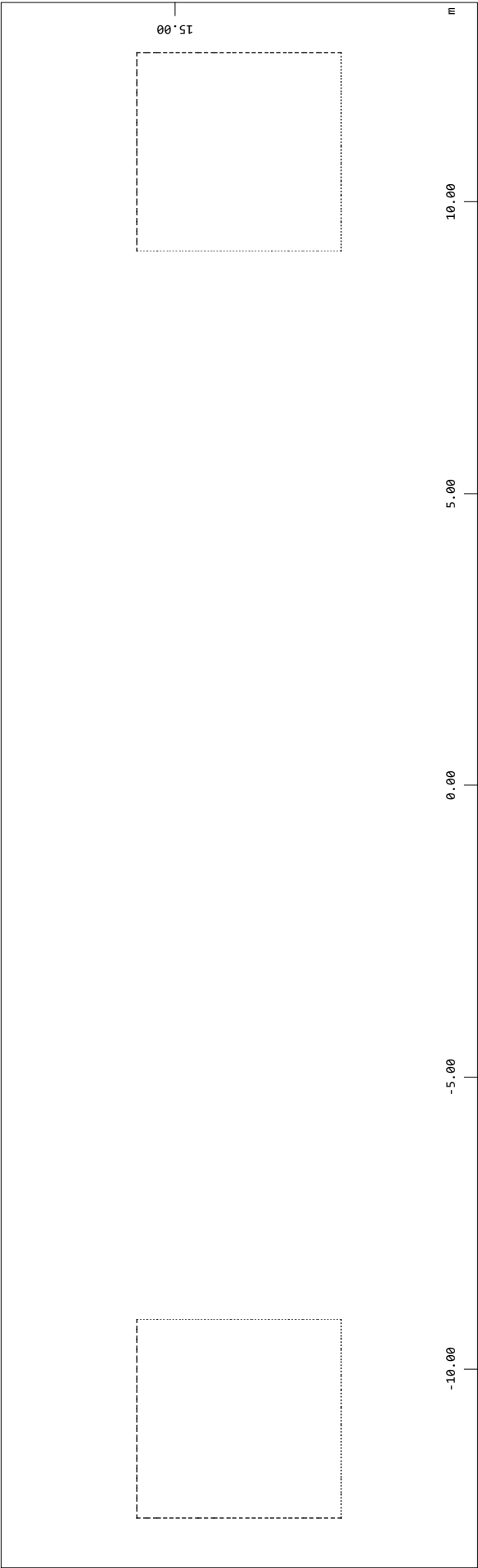
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

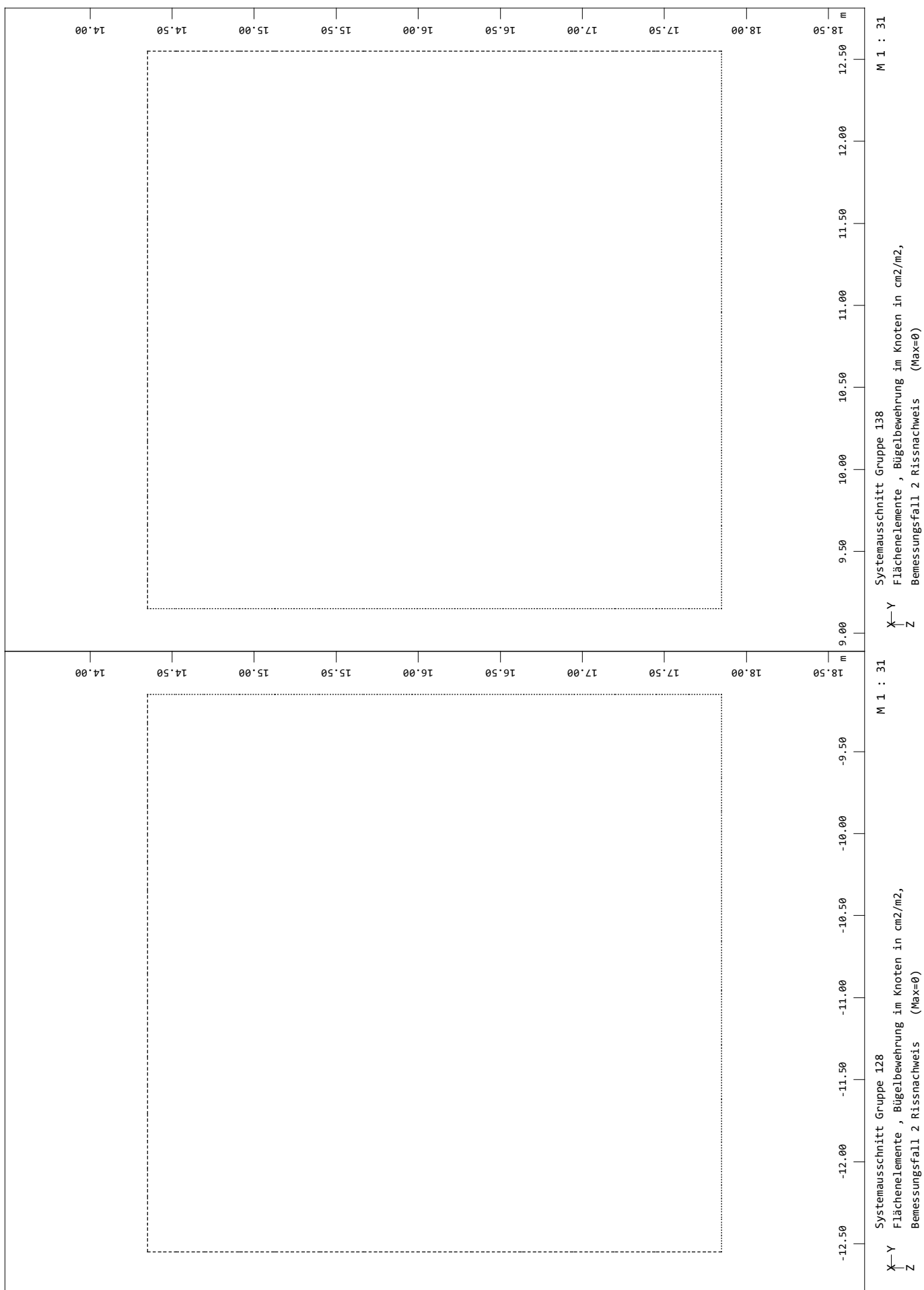
SOFISTIK AG - www.sofistik.de



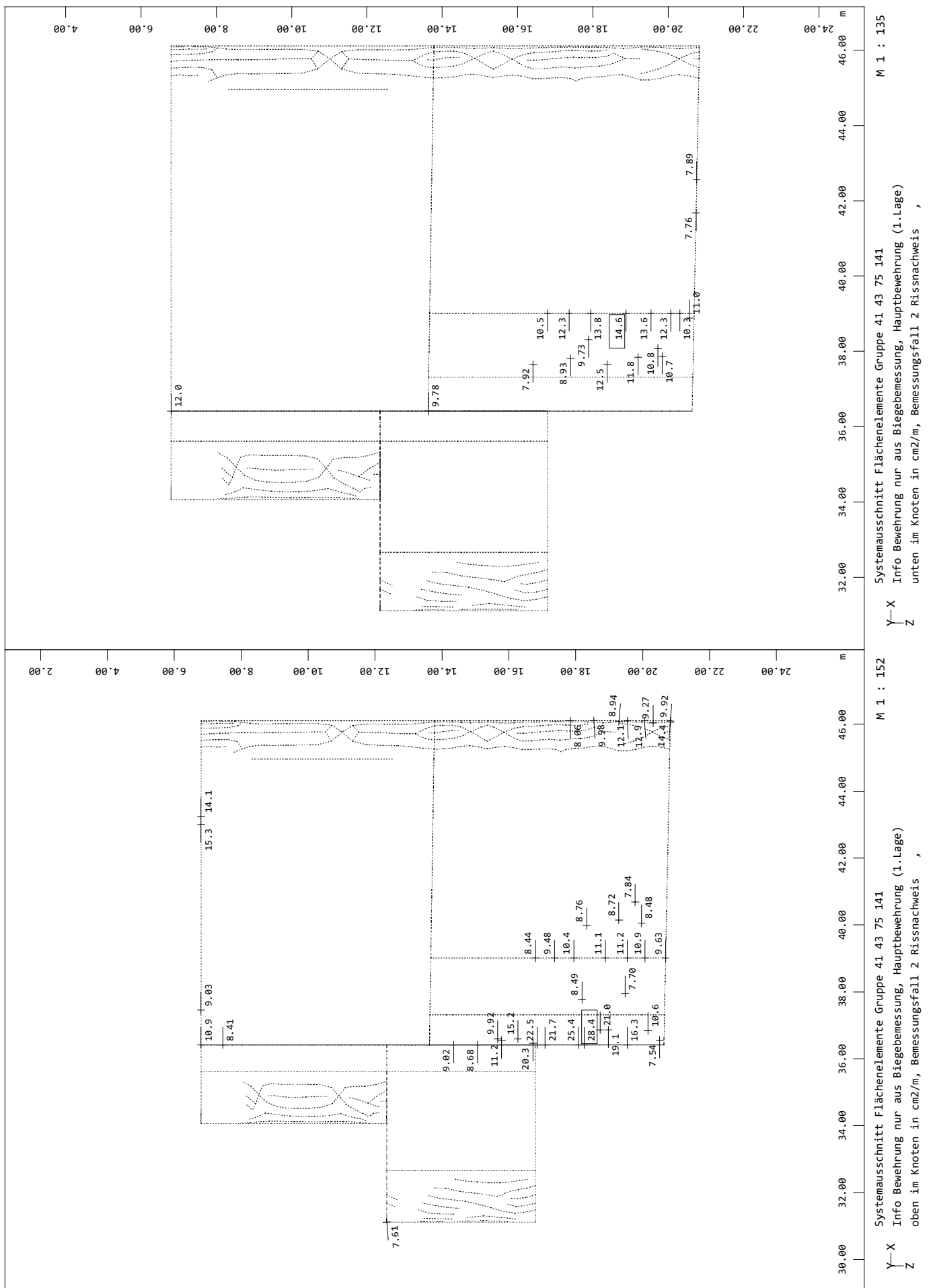
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3

Grafik Bemessung GZT

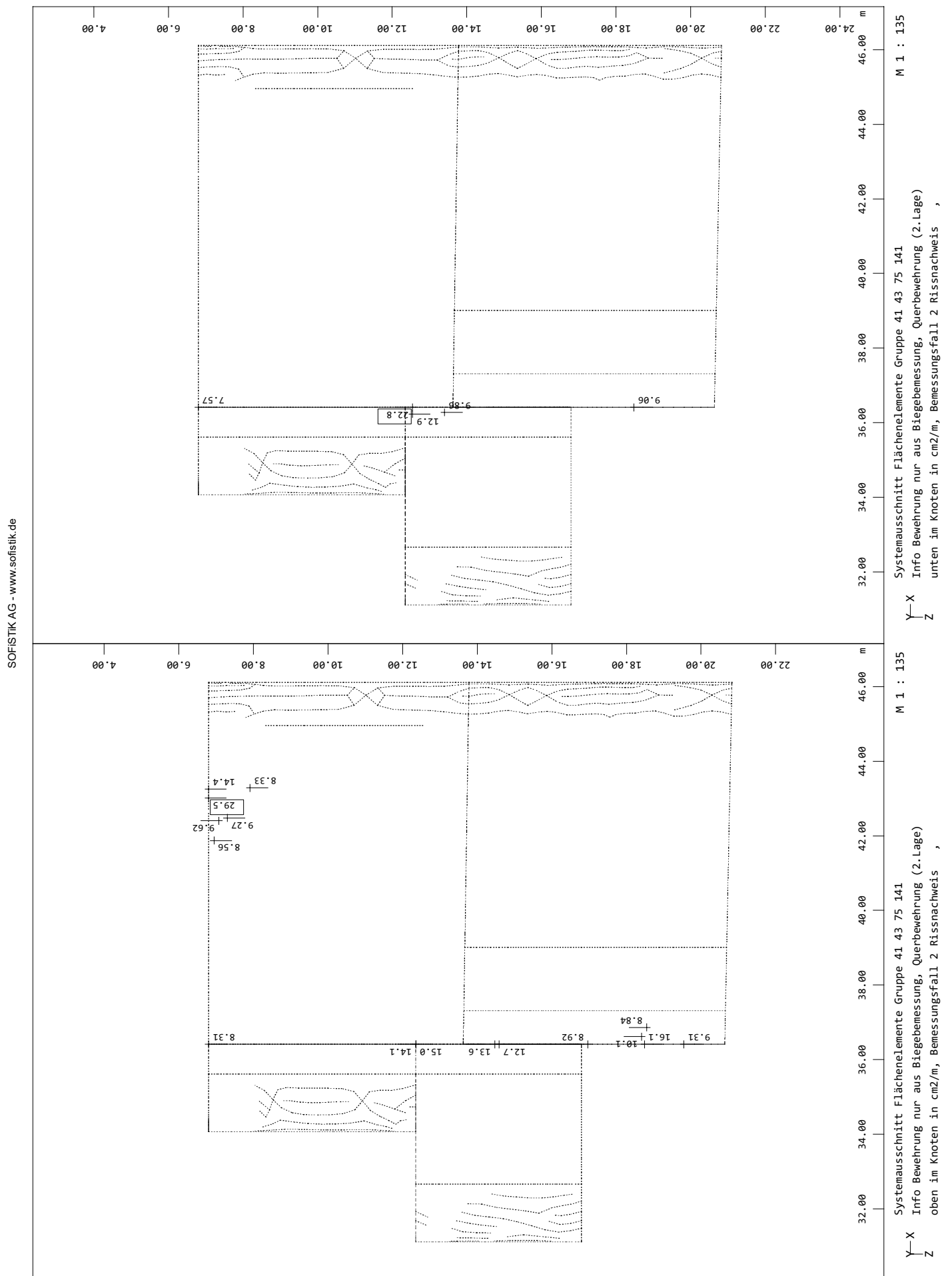
SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



Grafik Bemessung GZT

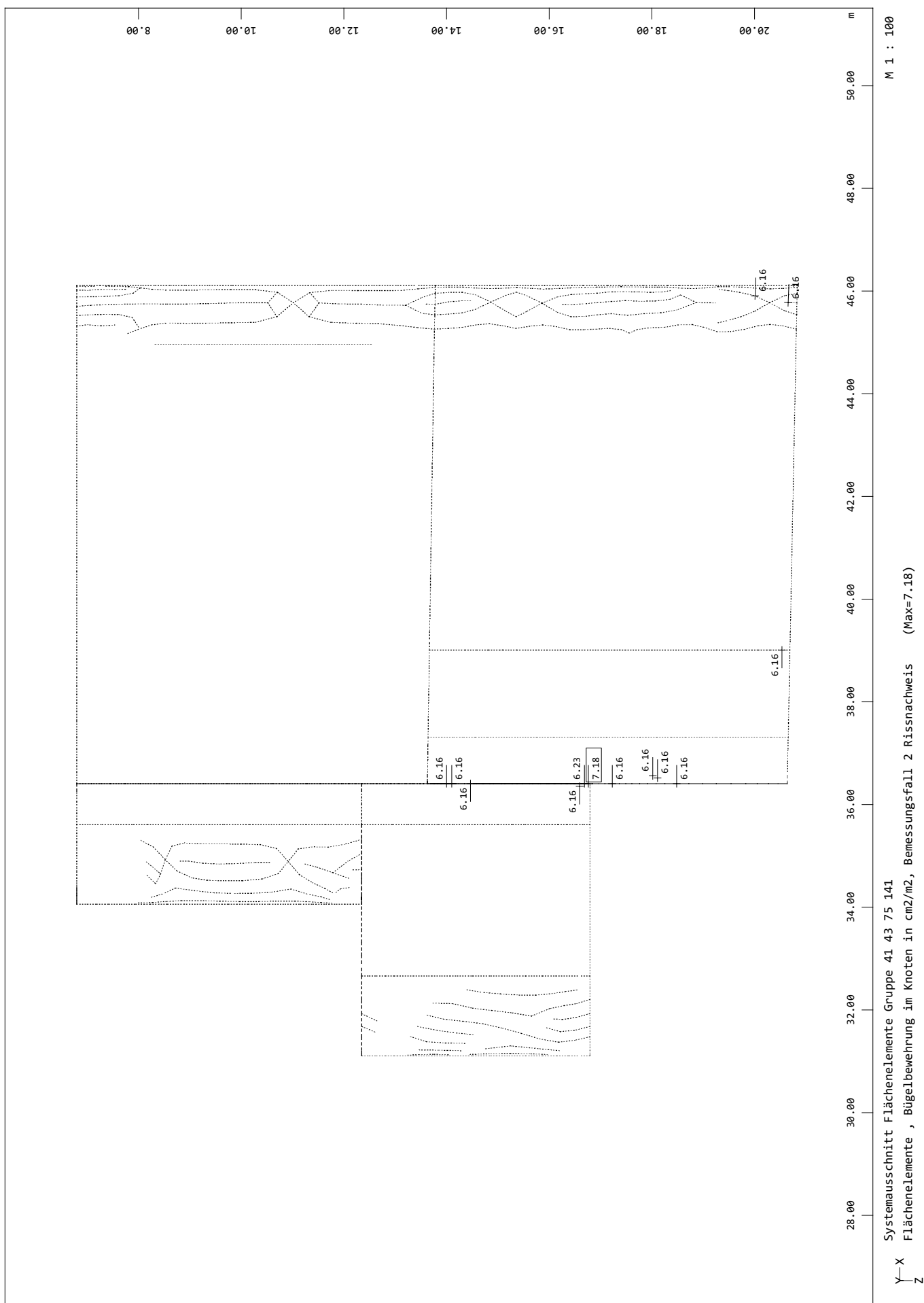


Grafik Bemessung GZT



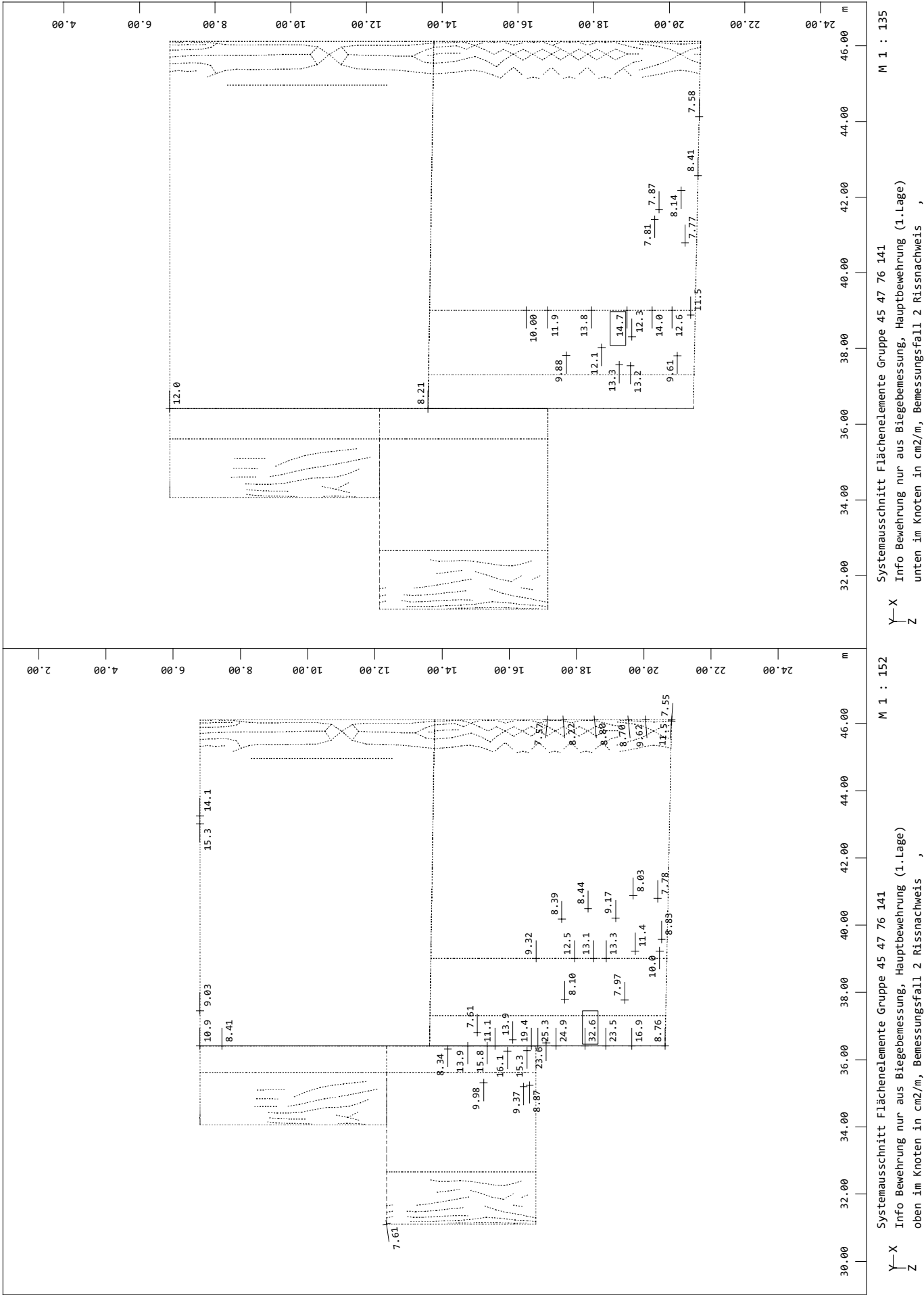
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

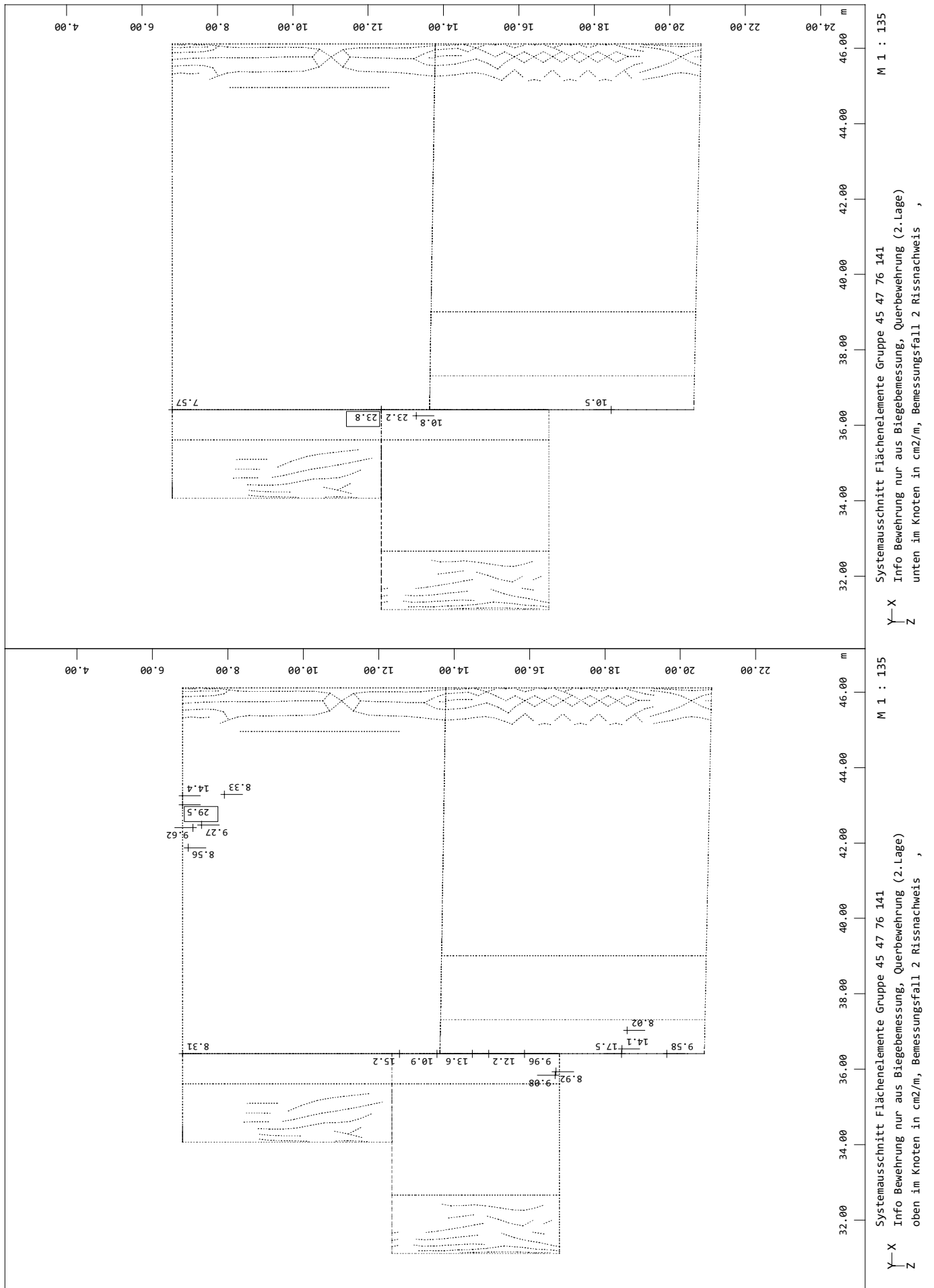
SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3

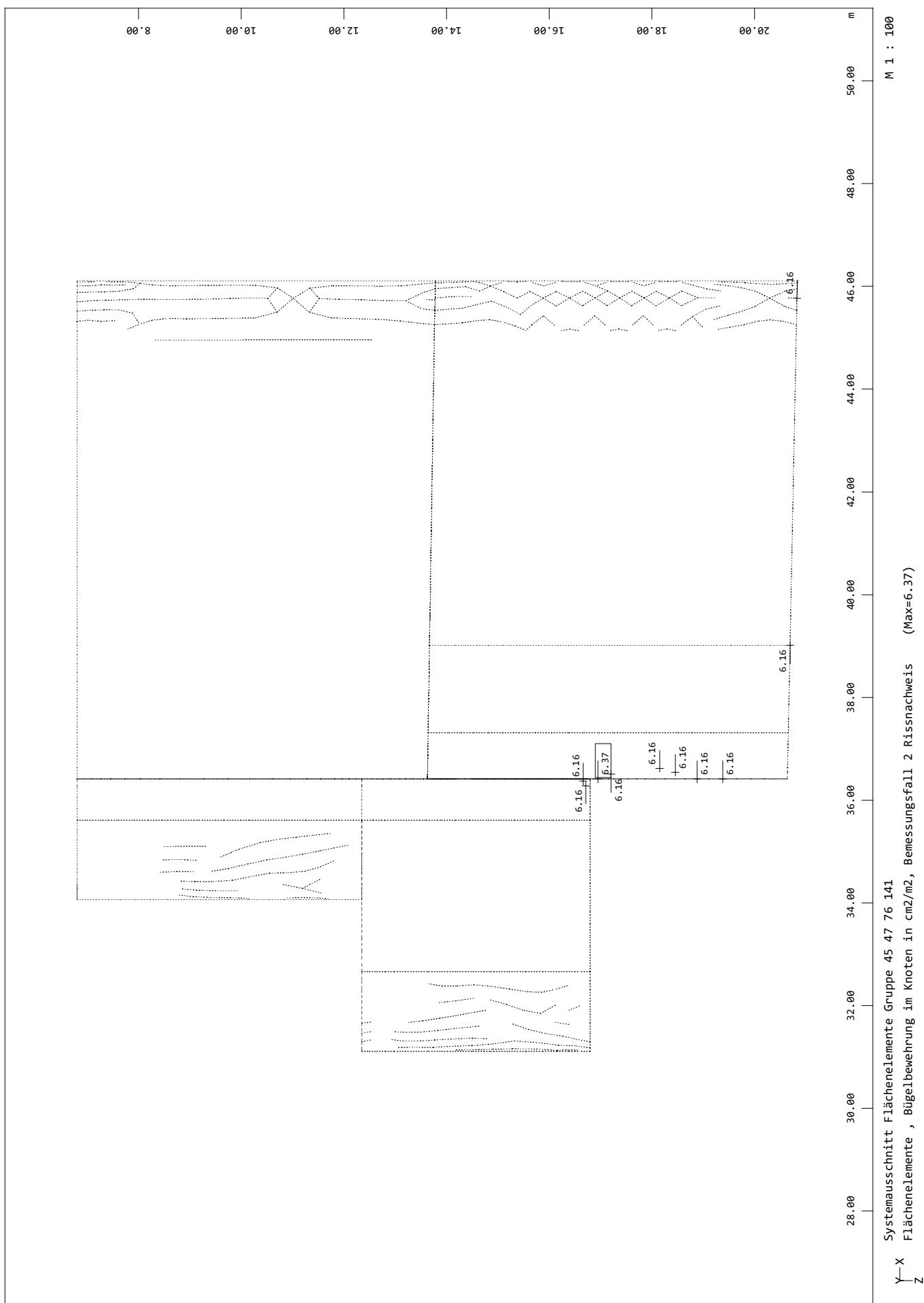
Grafik Bemessung GZT

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



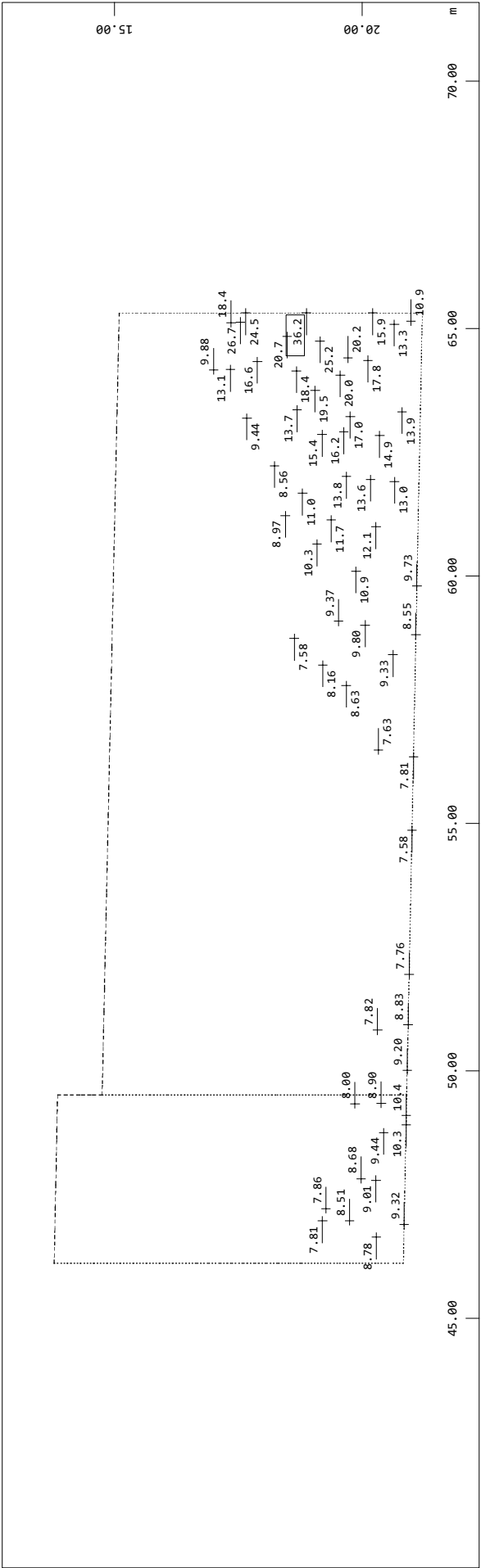
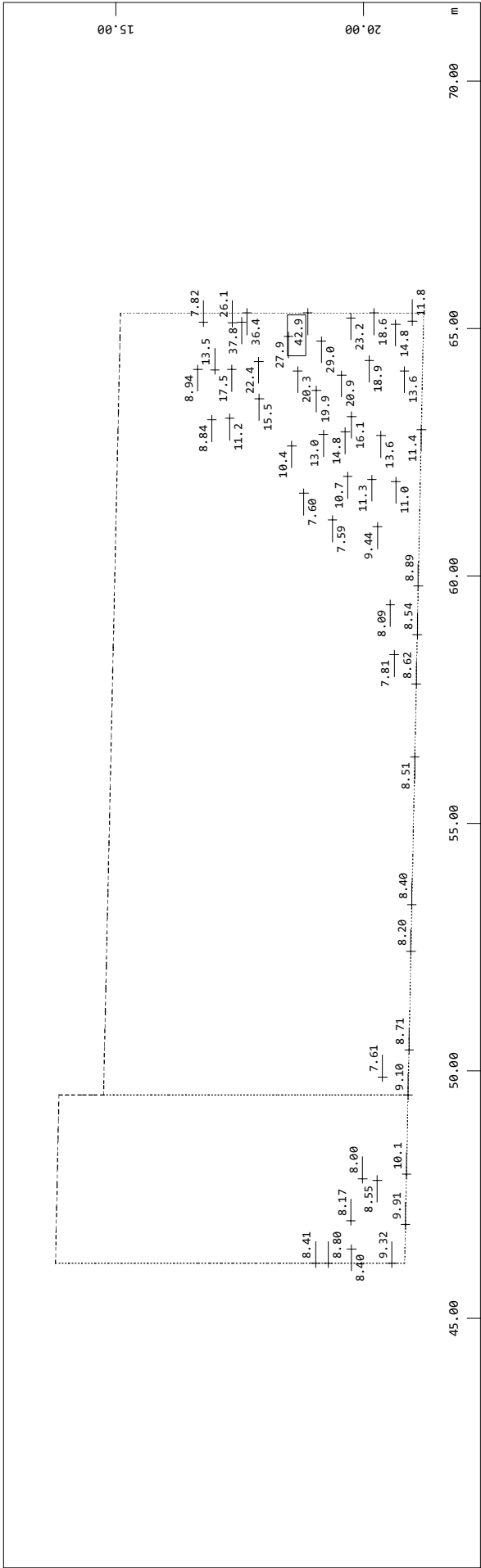
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



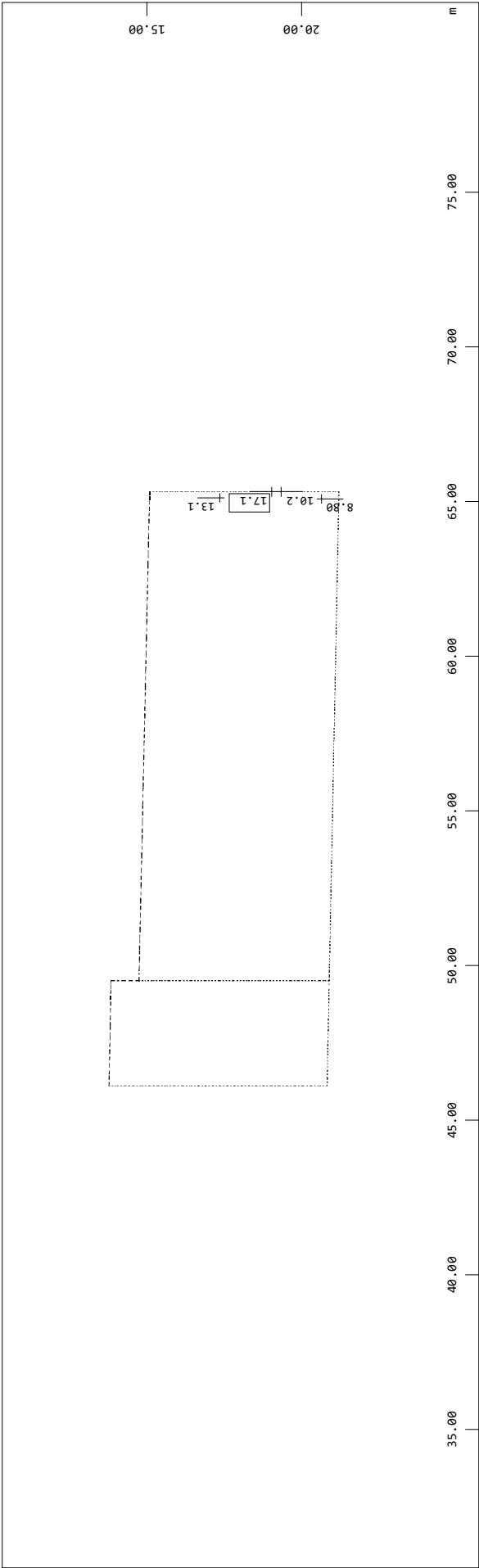
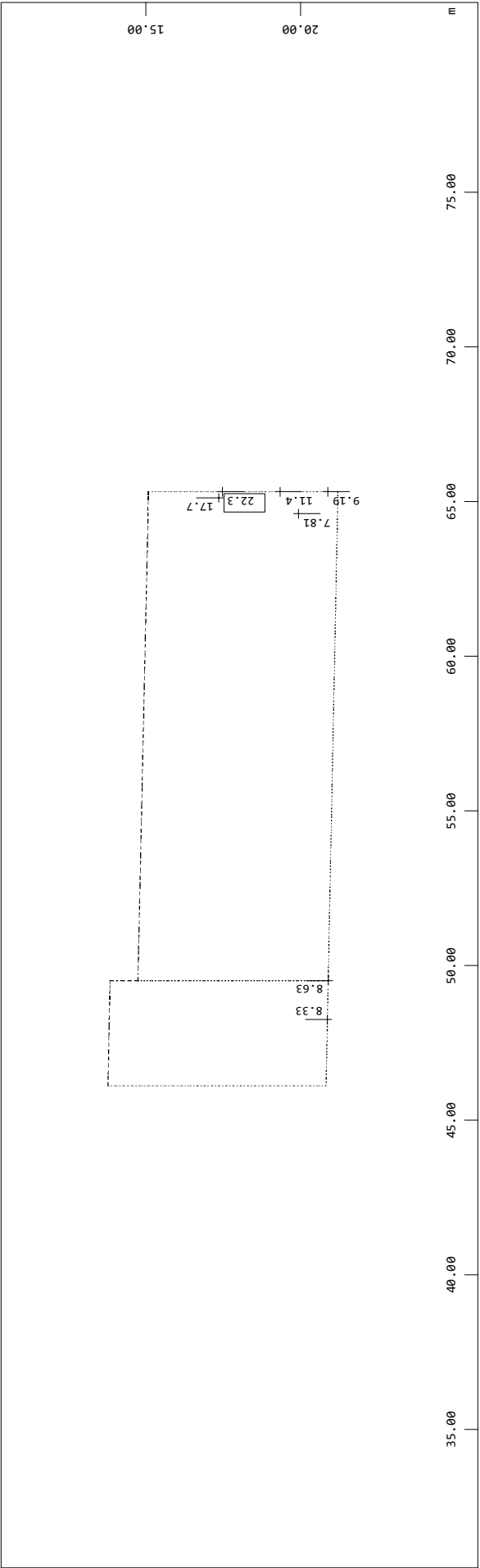
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

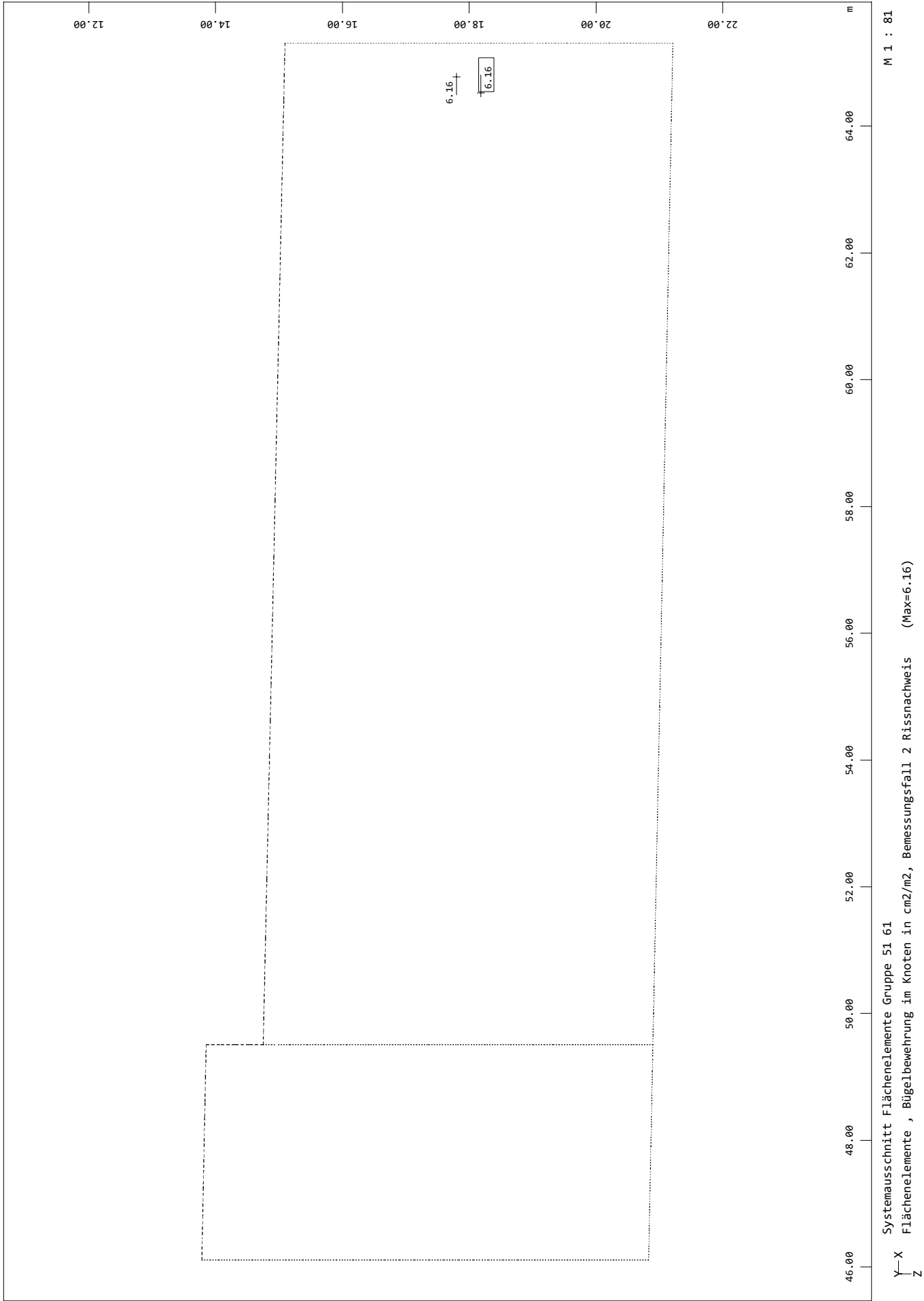


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

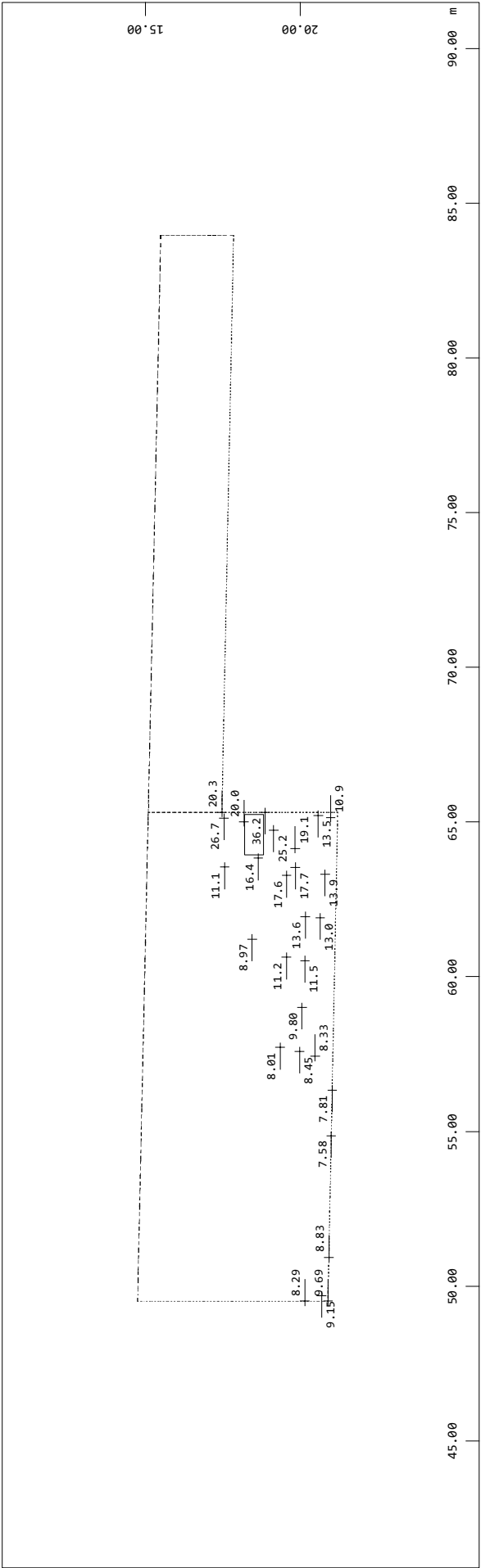
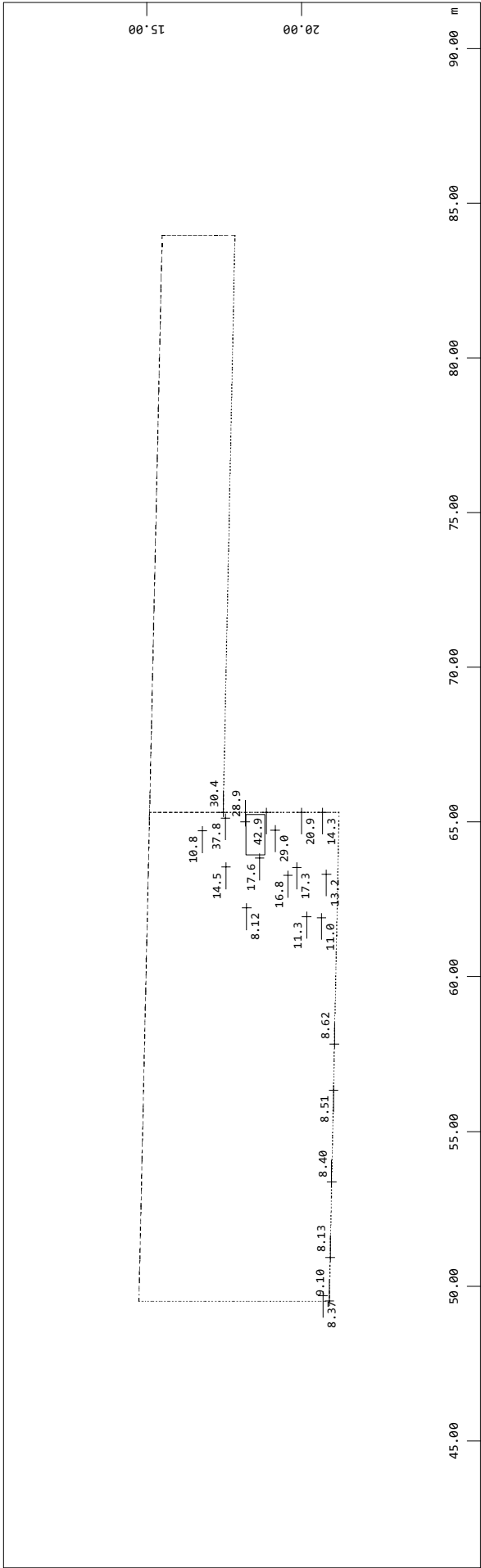


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT



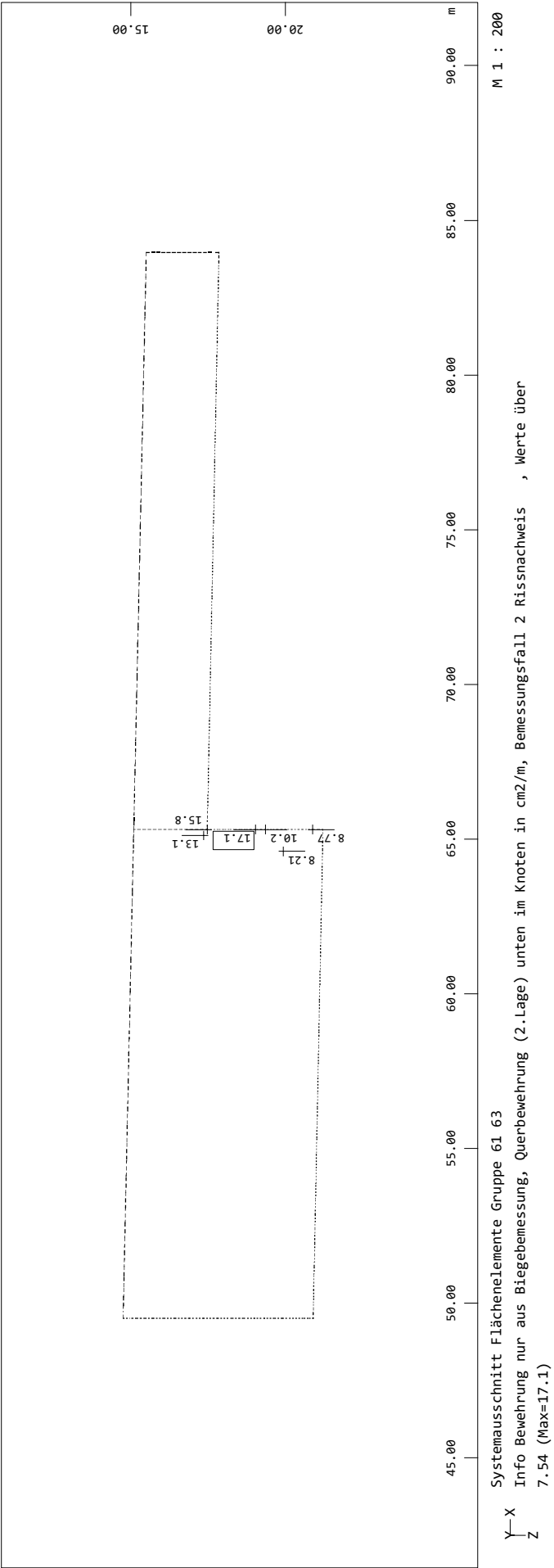
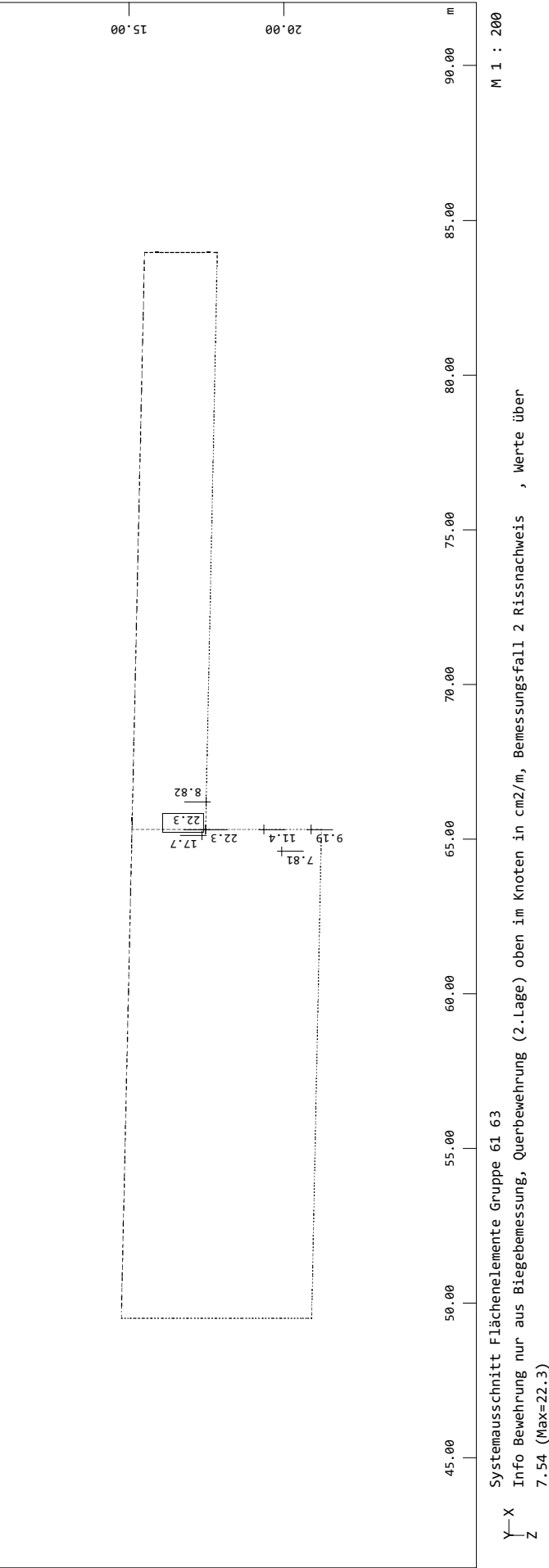
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



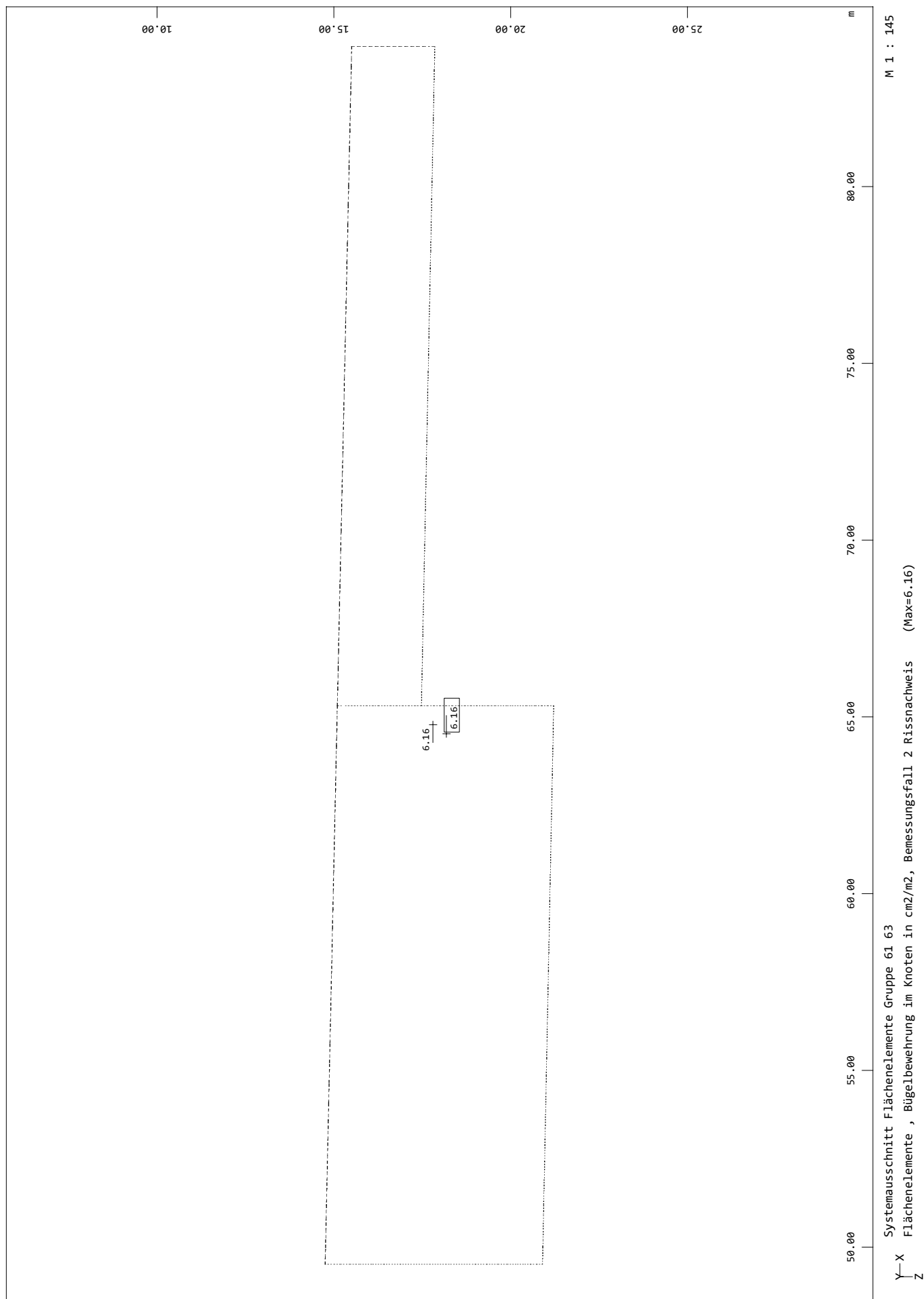
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



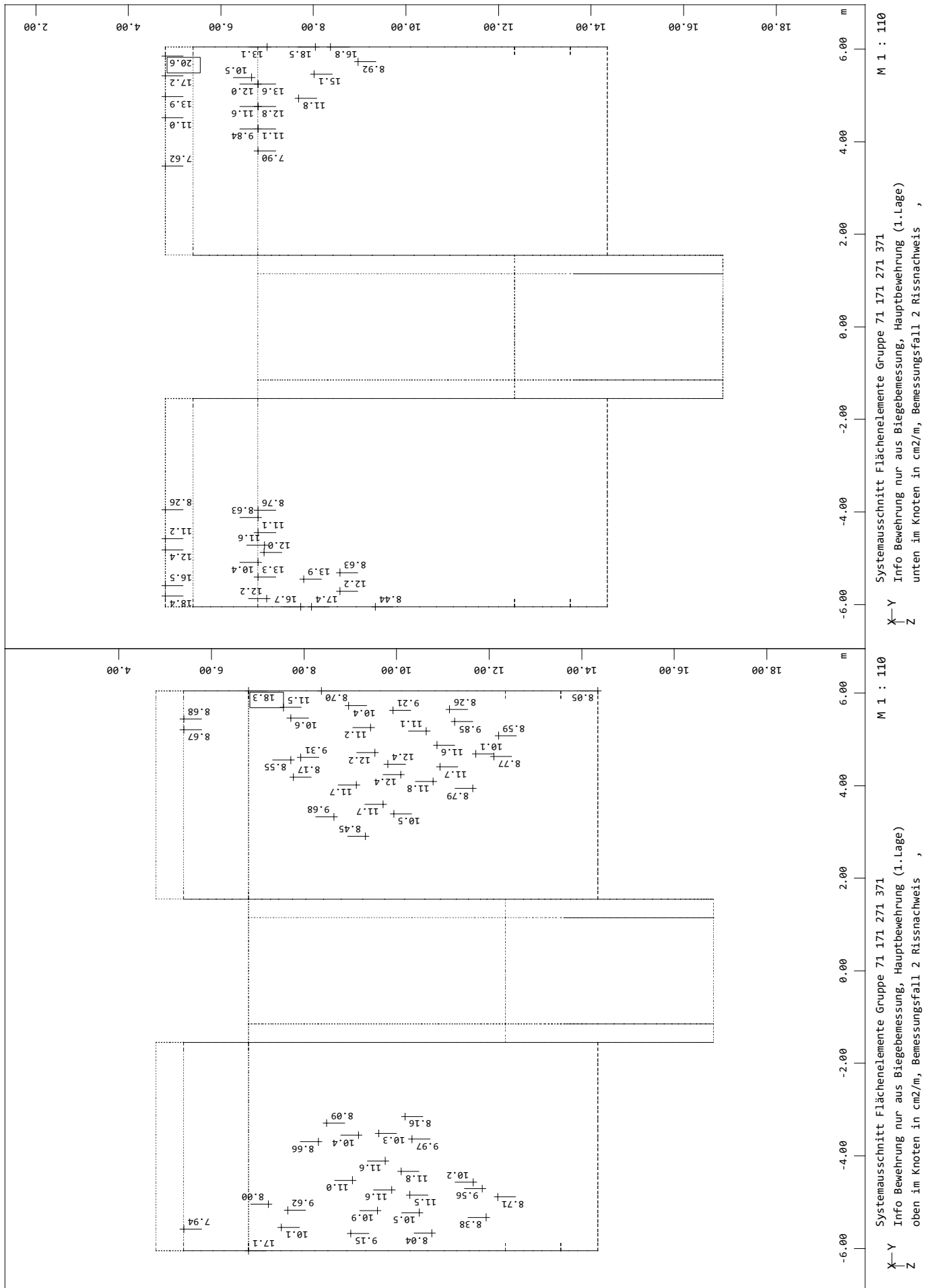
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

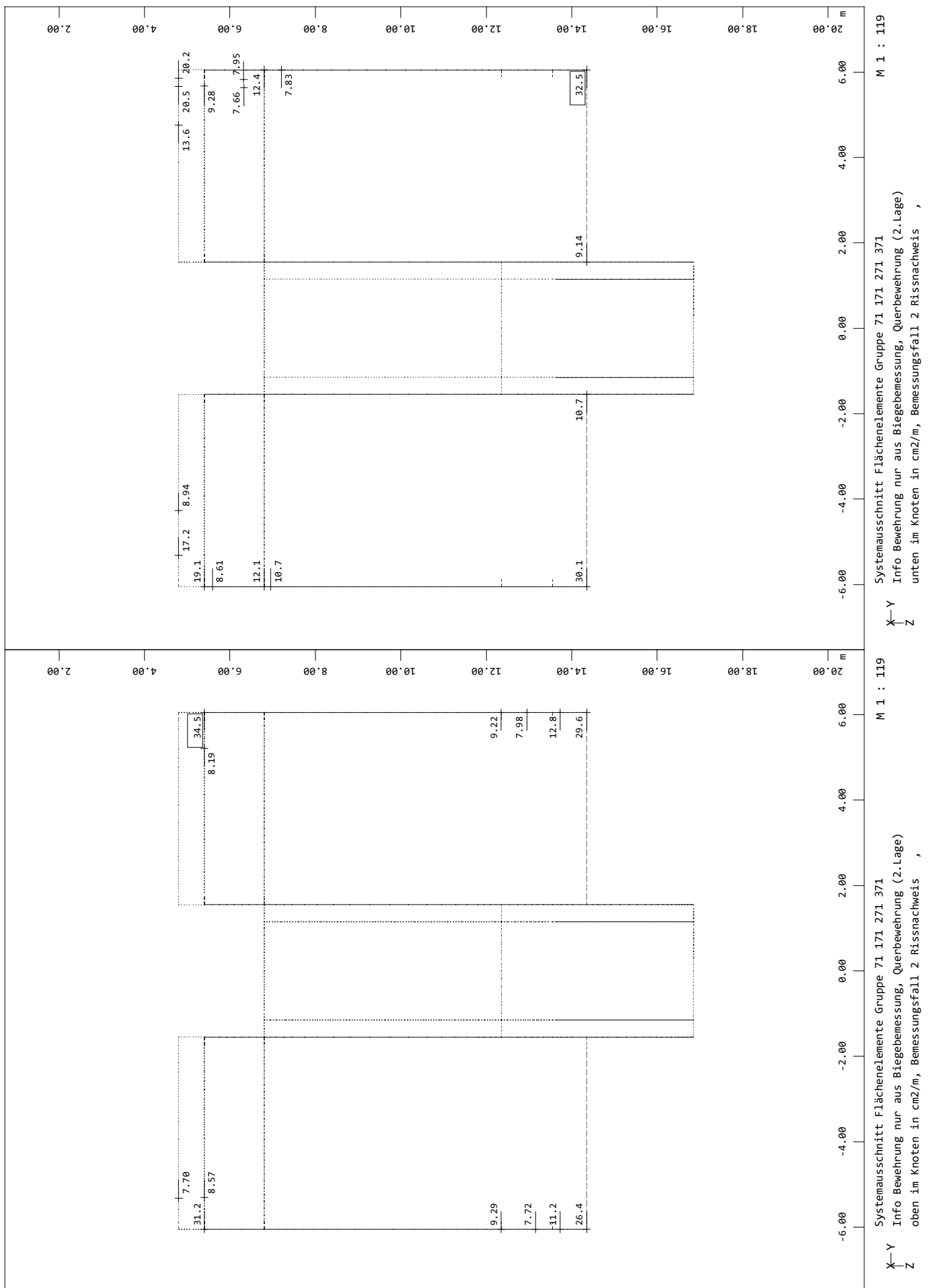


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

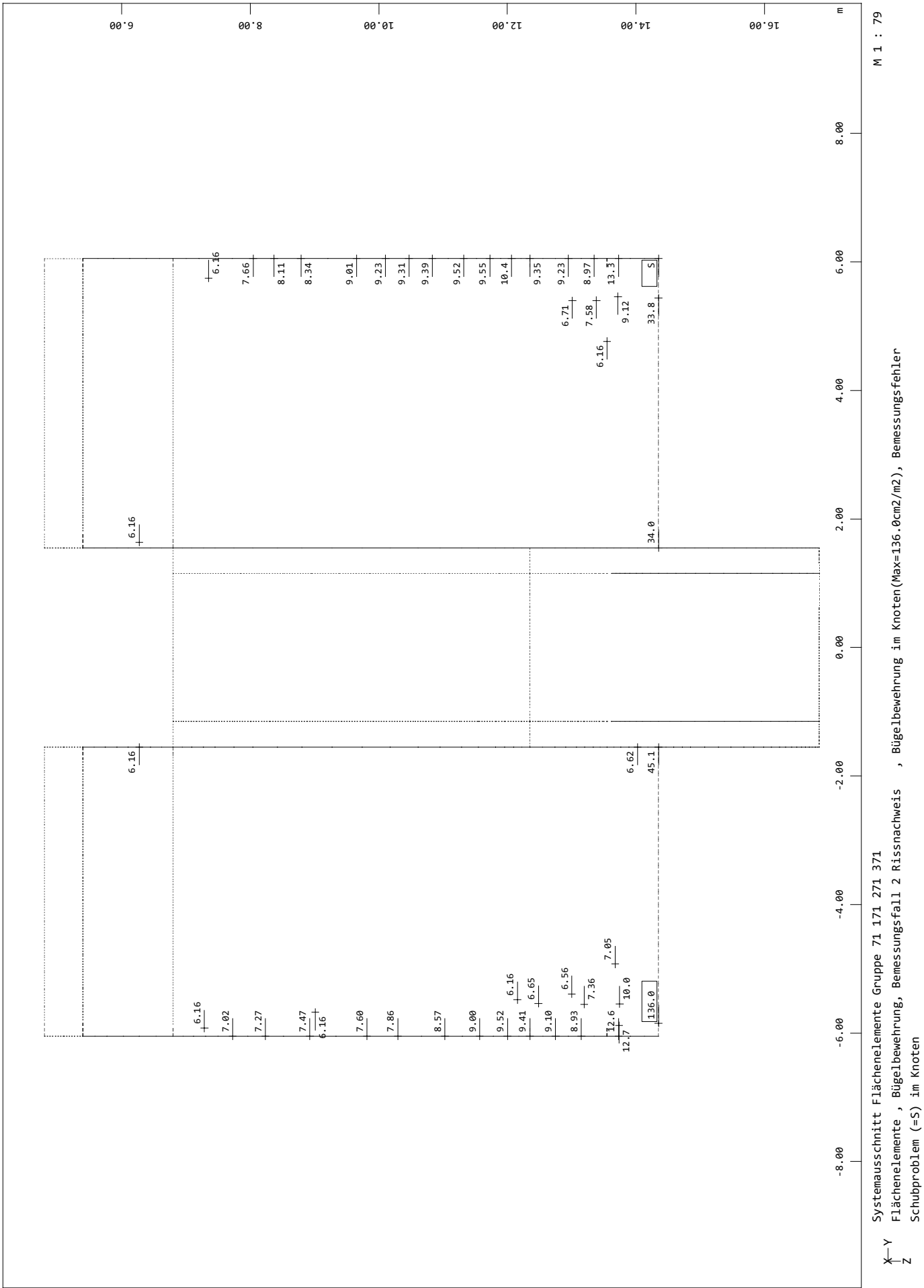
SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



Grafik Bemessung GZT

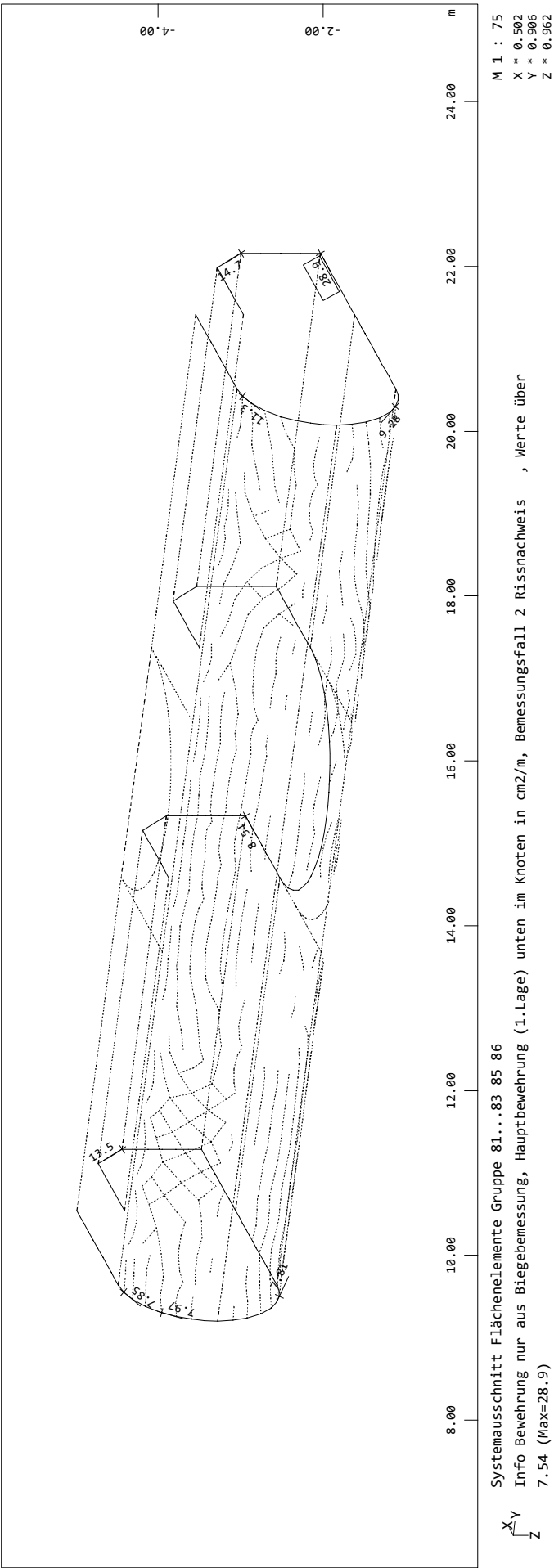
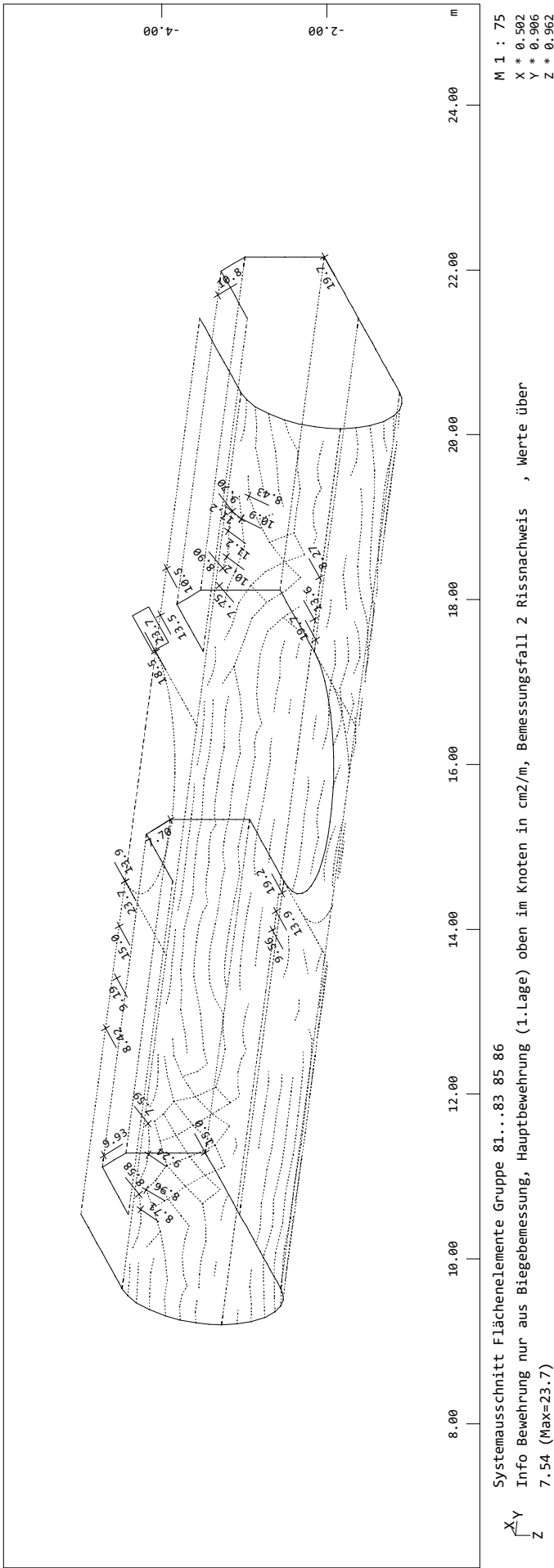


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT



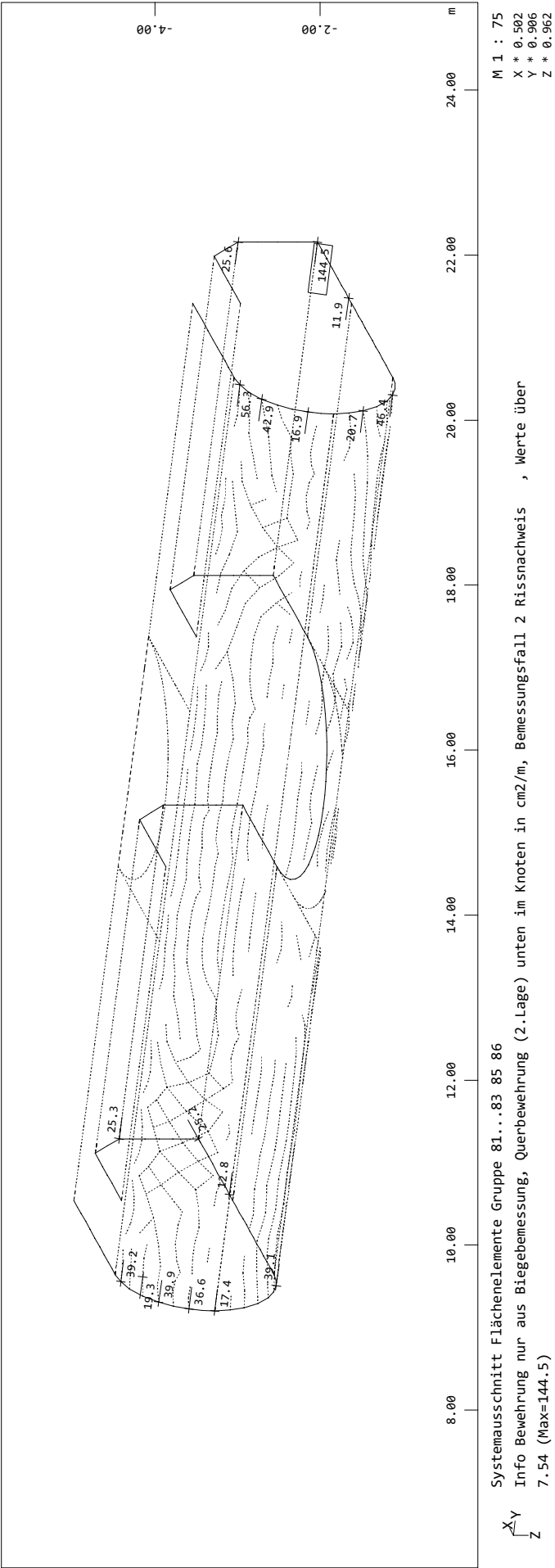
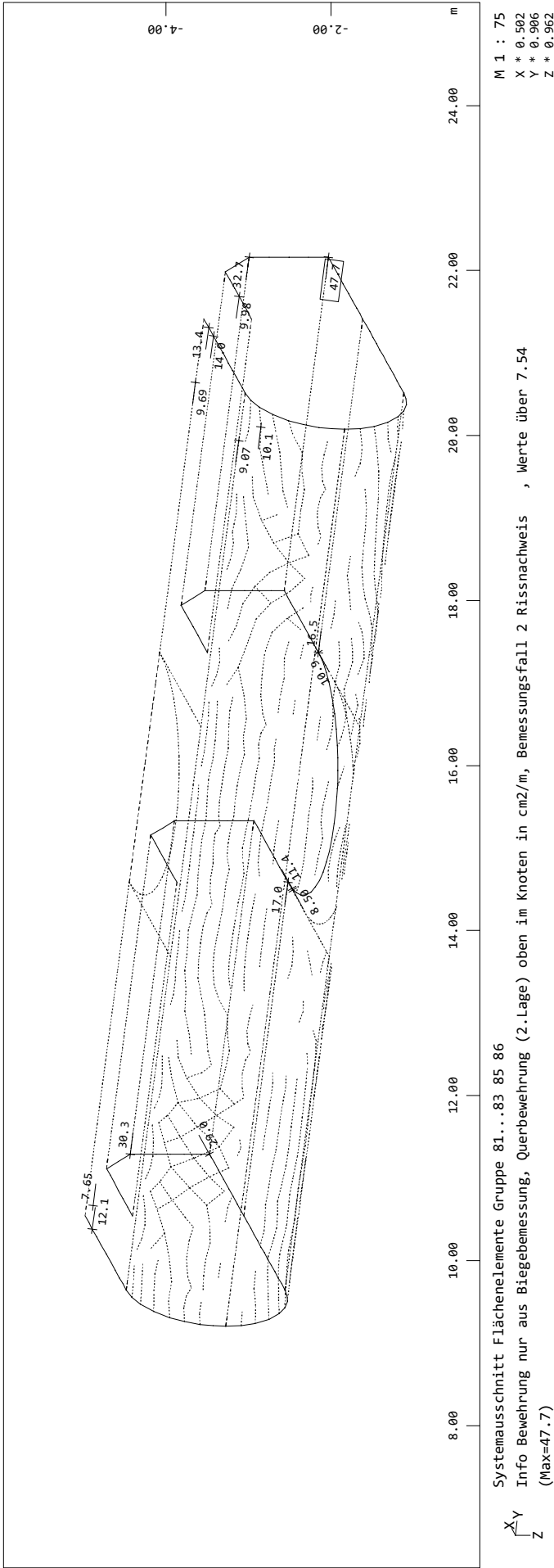
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



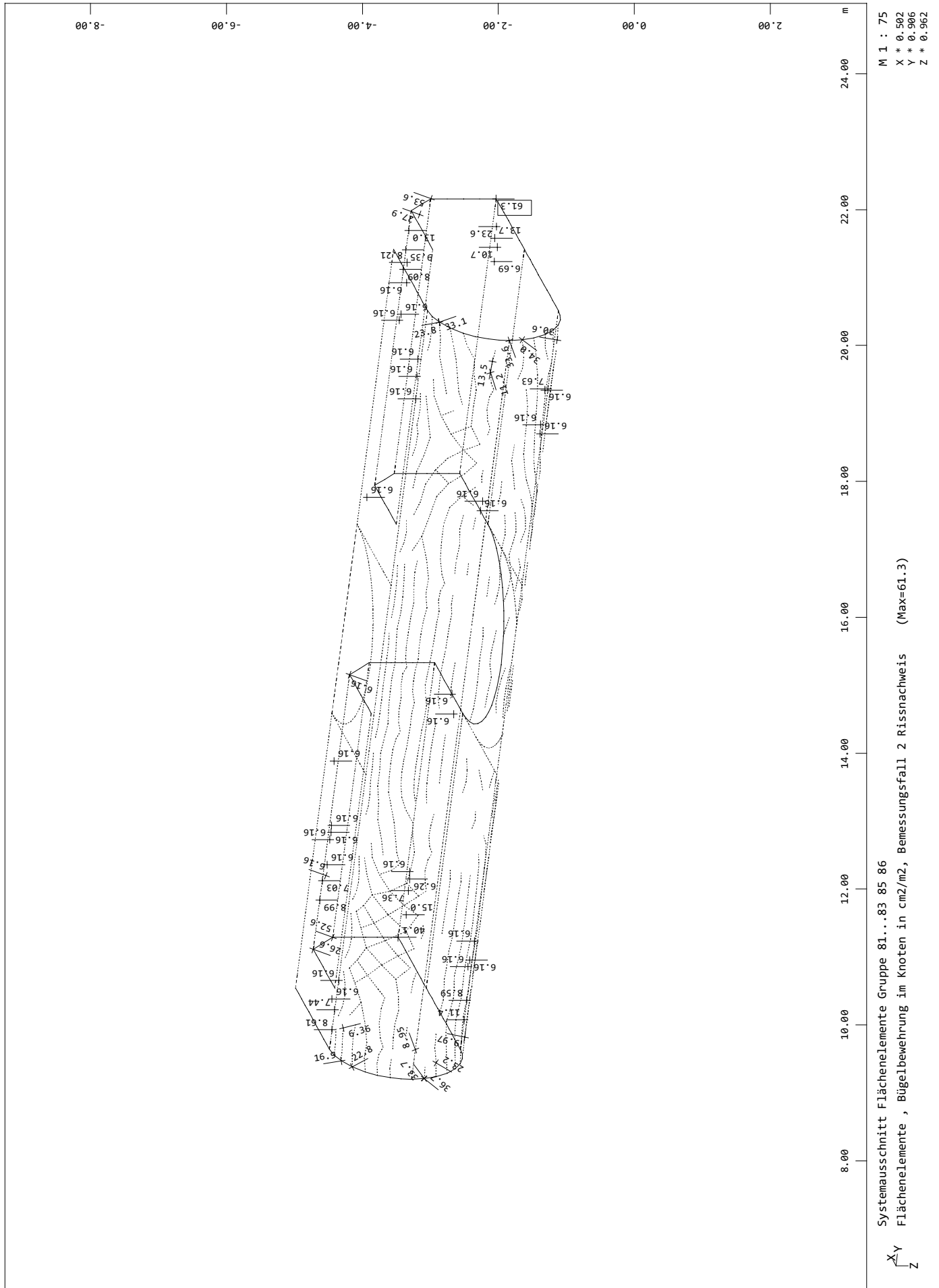
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



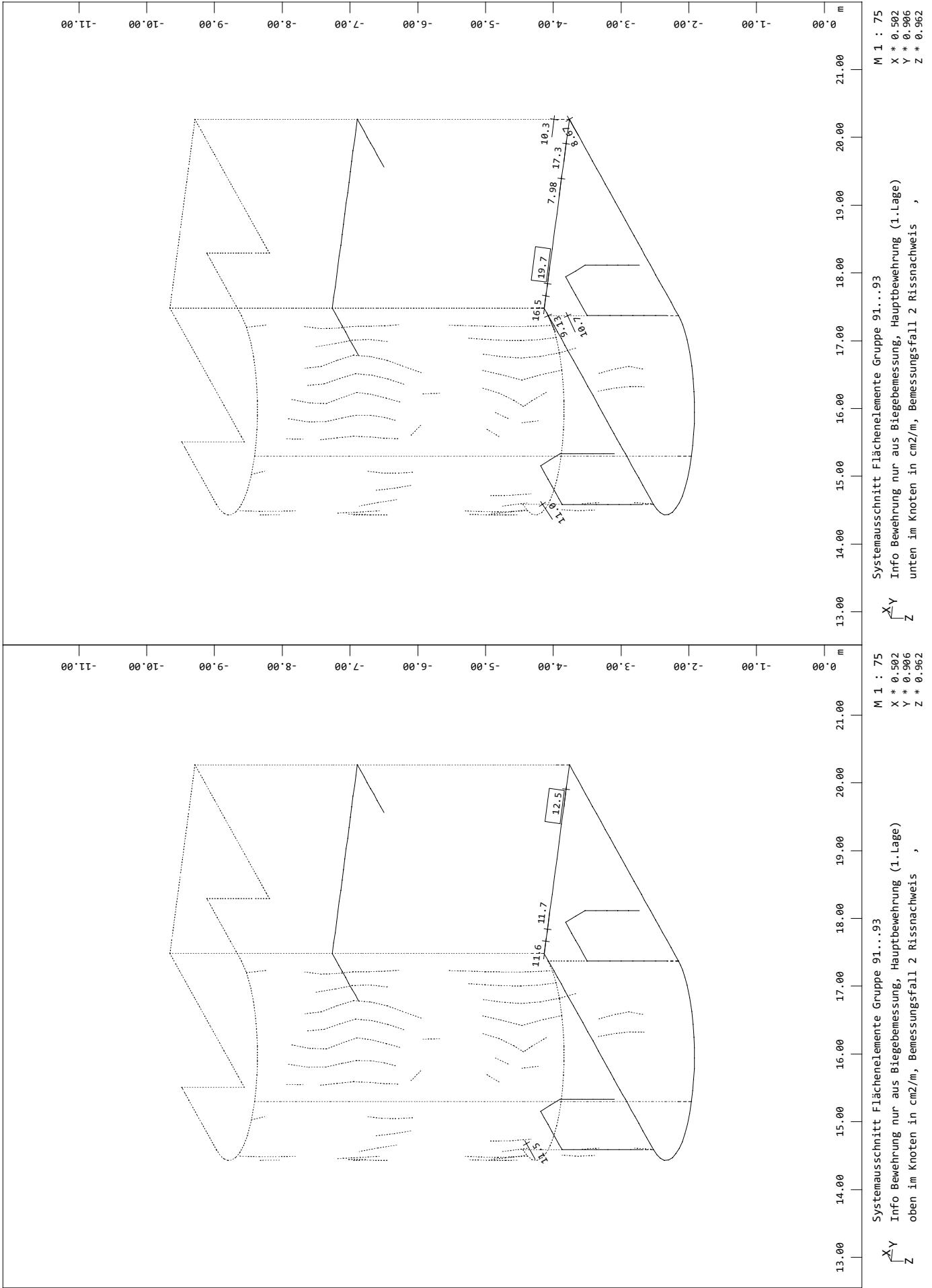
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



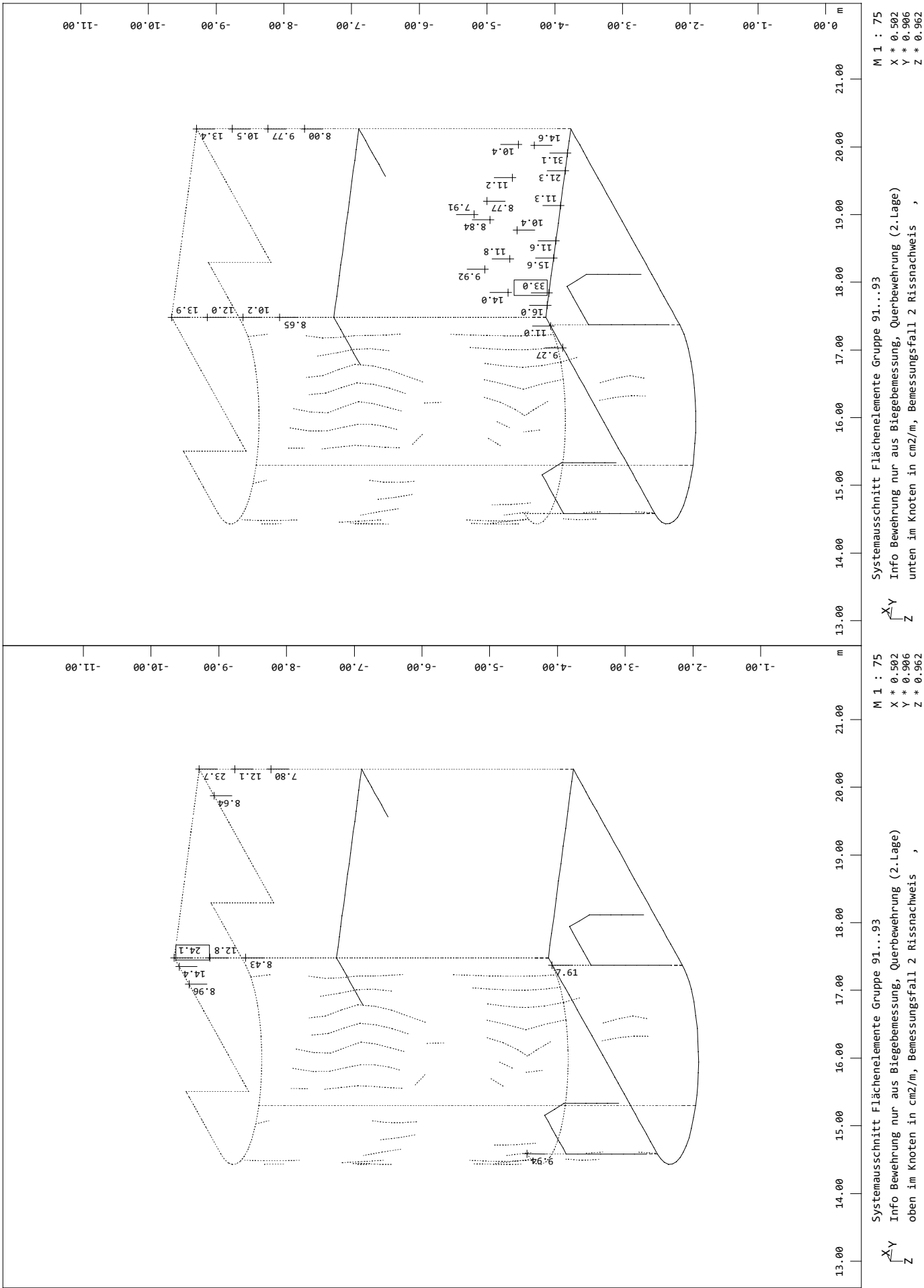
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



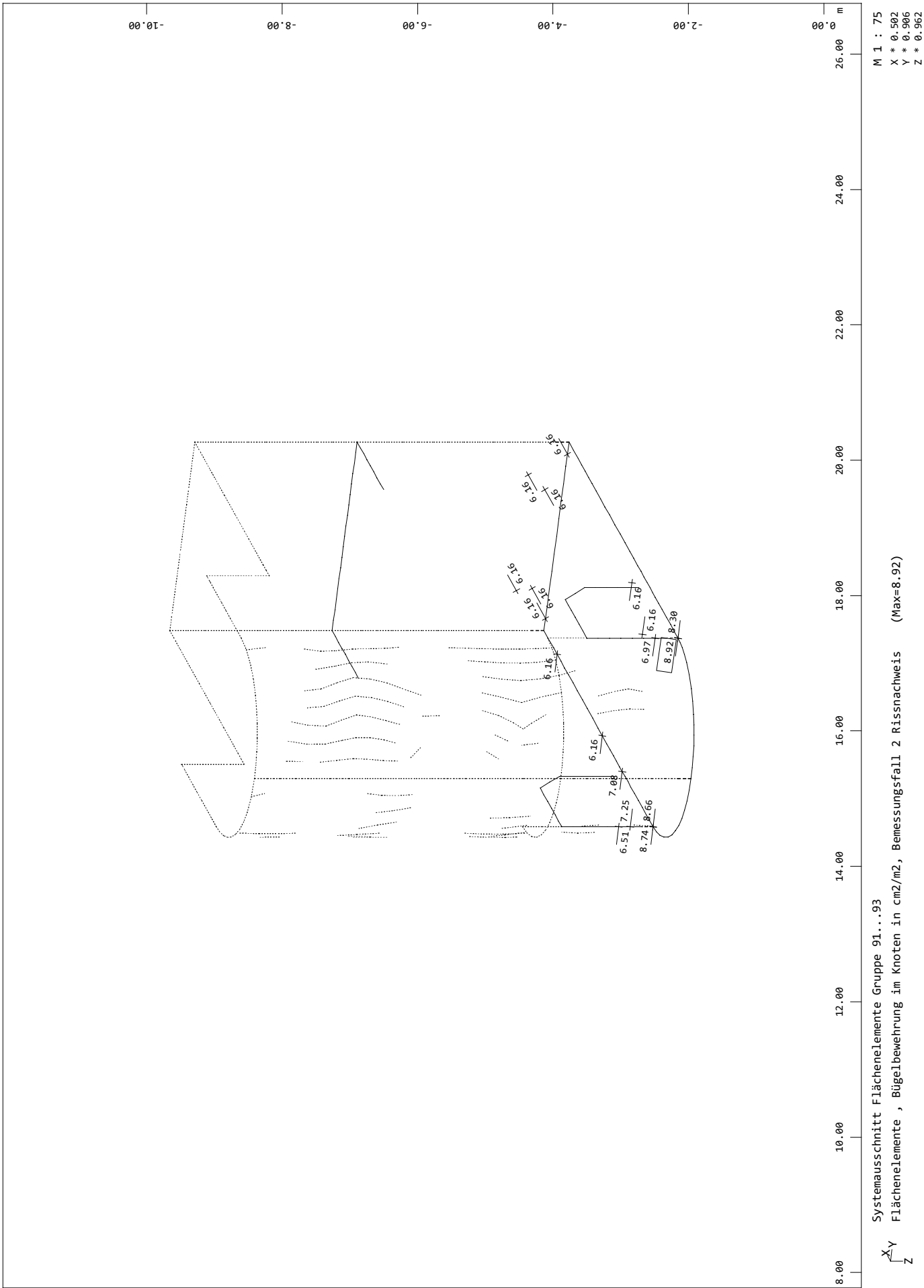
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

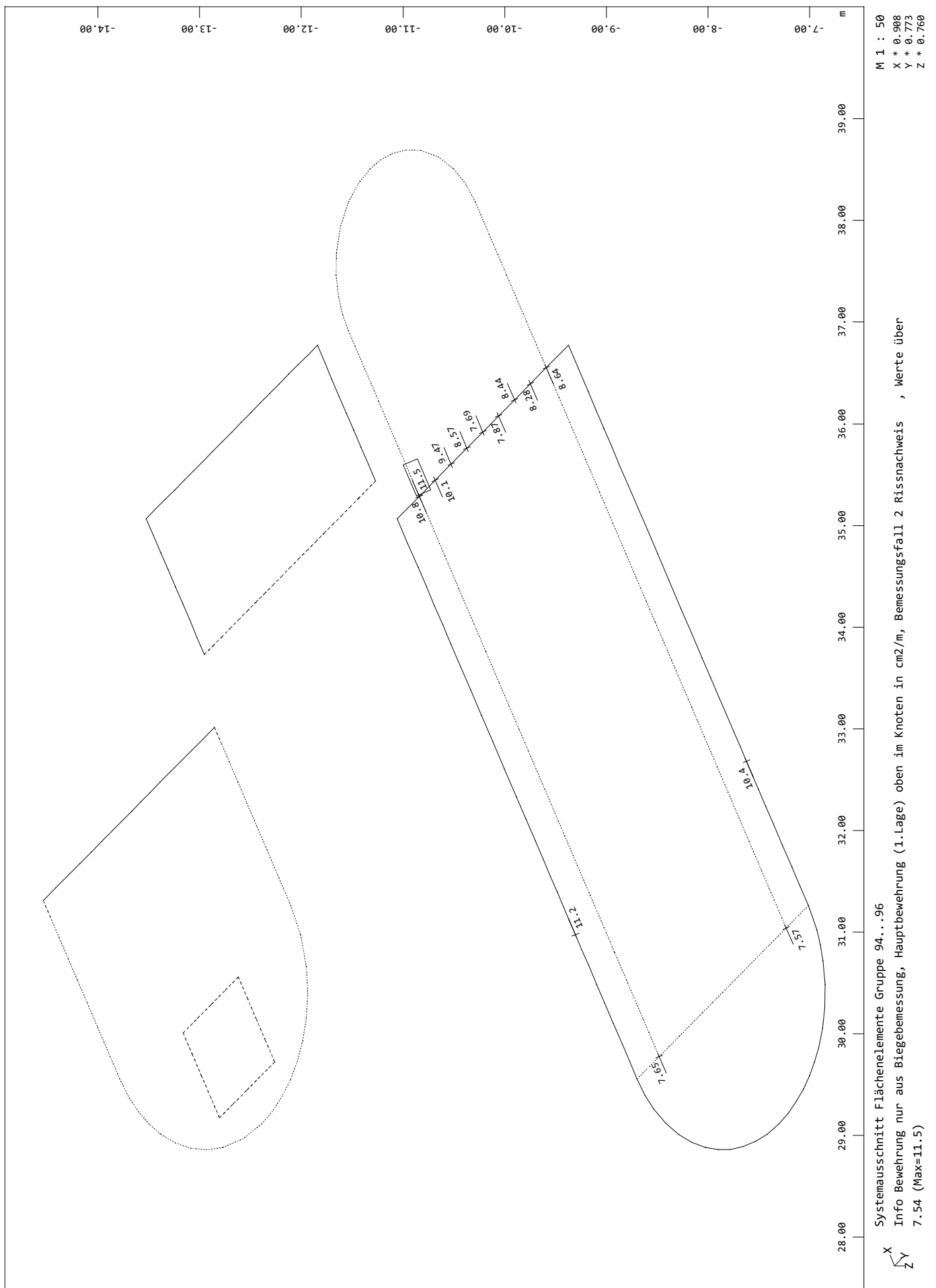


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

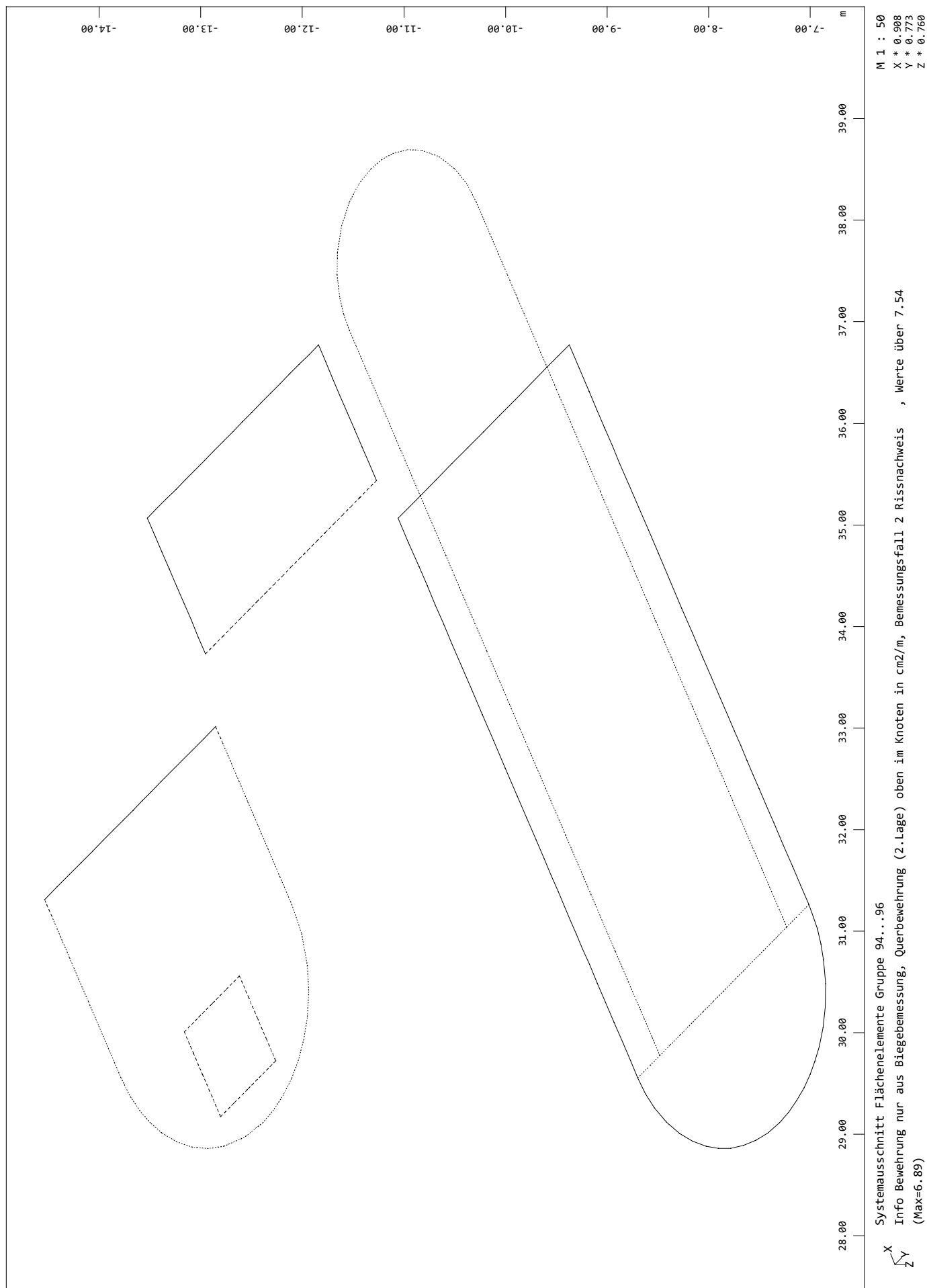


SOFISTIK AG - www.sofistik.de

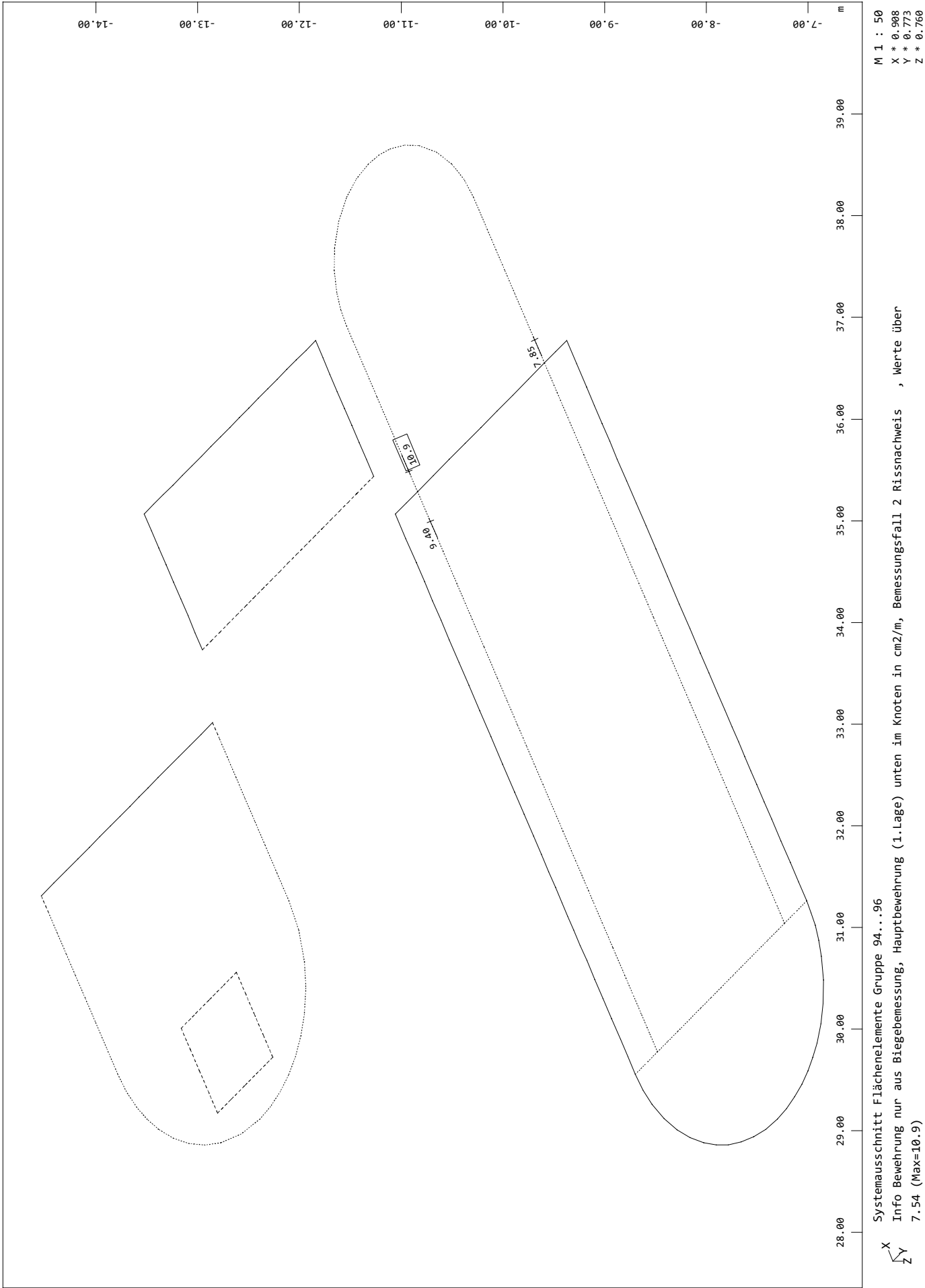


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

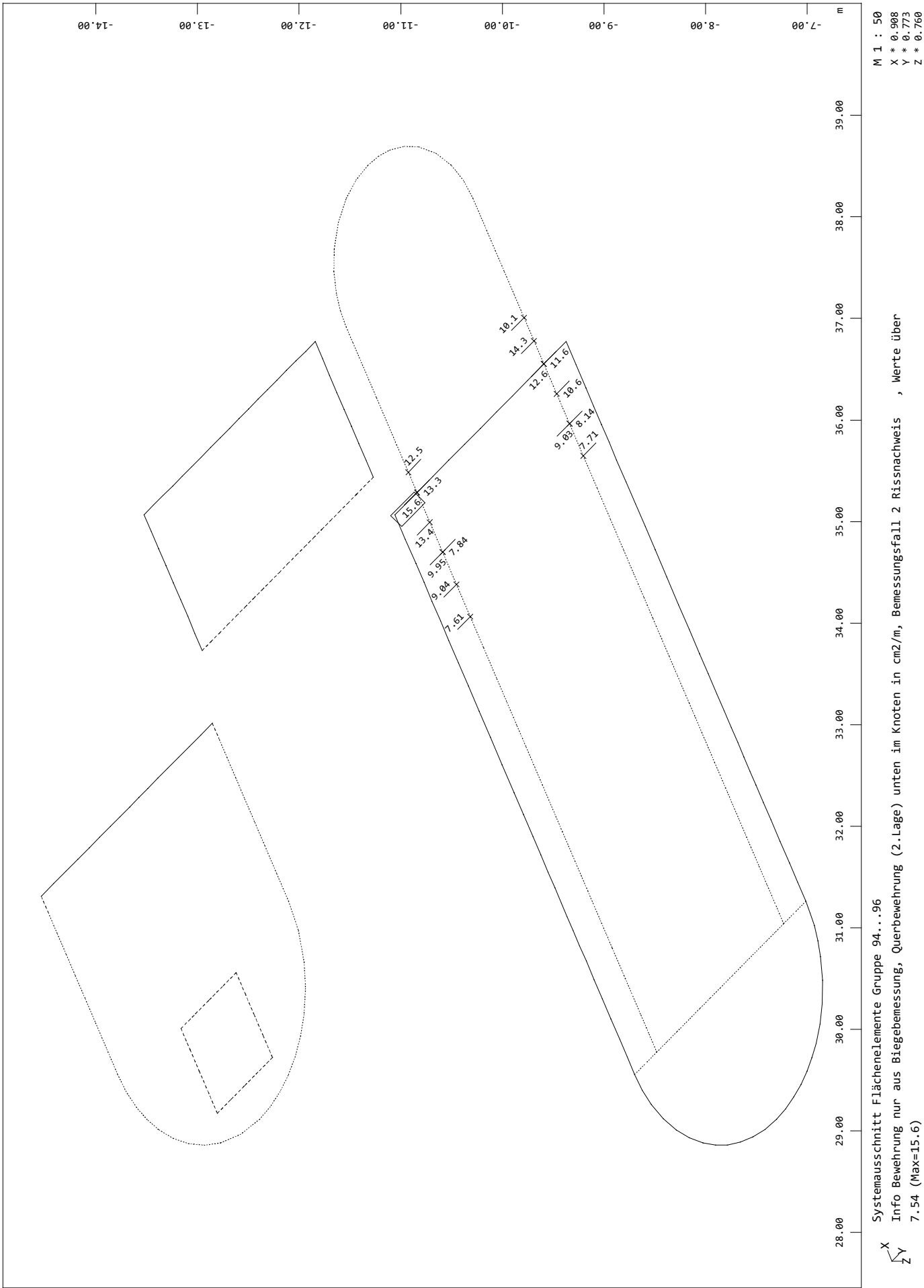


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT



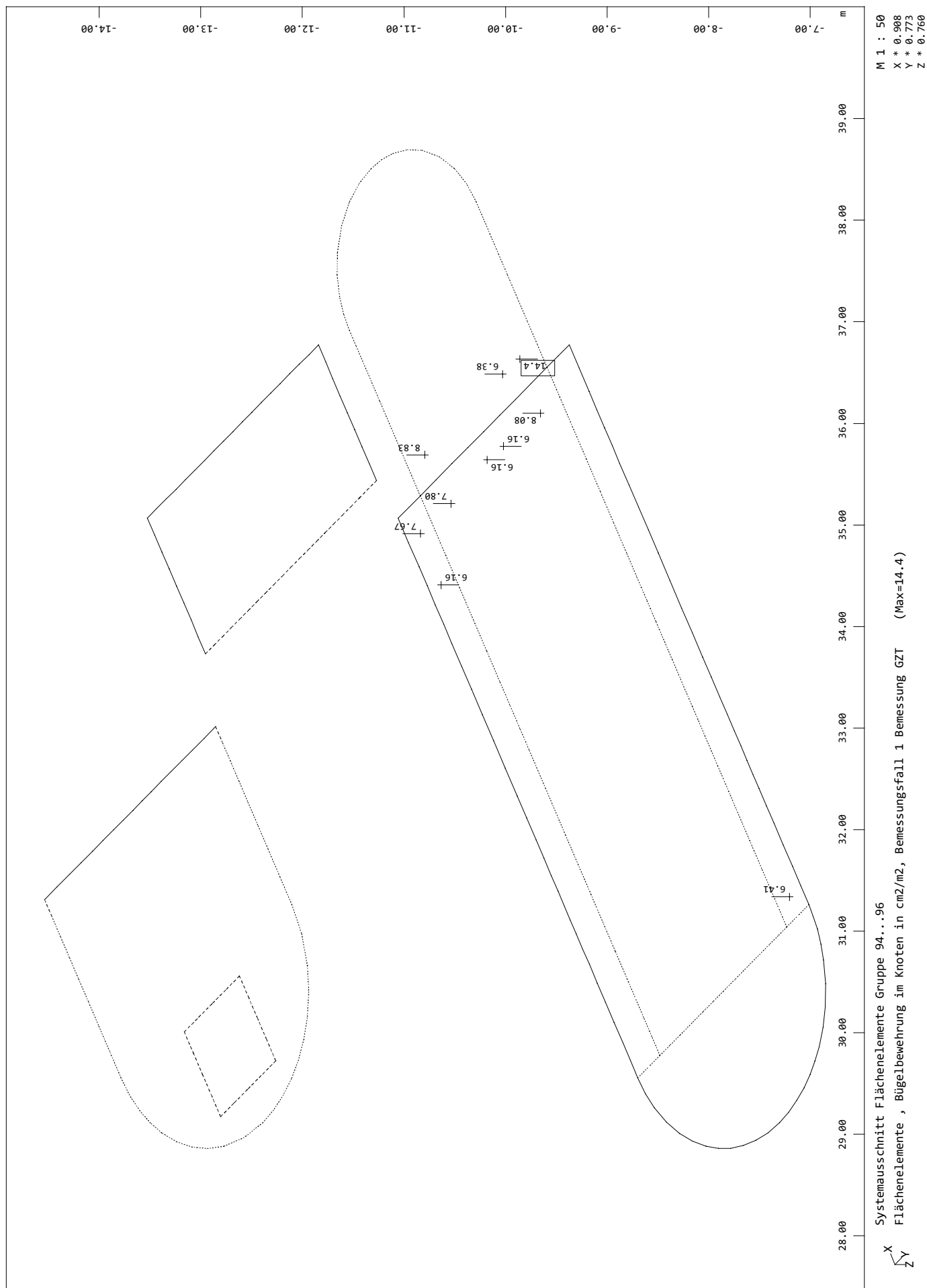
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

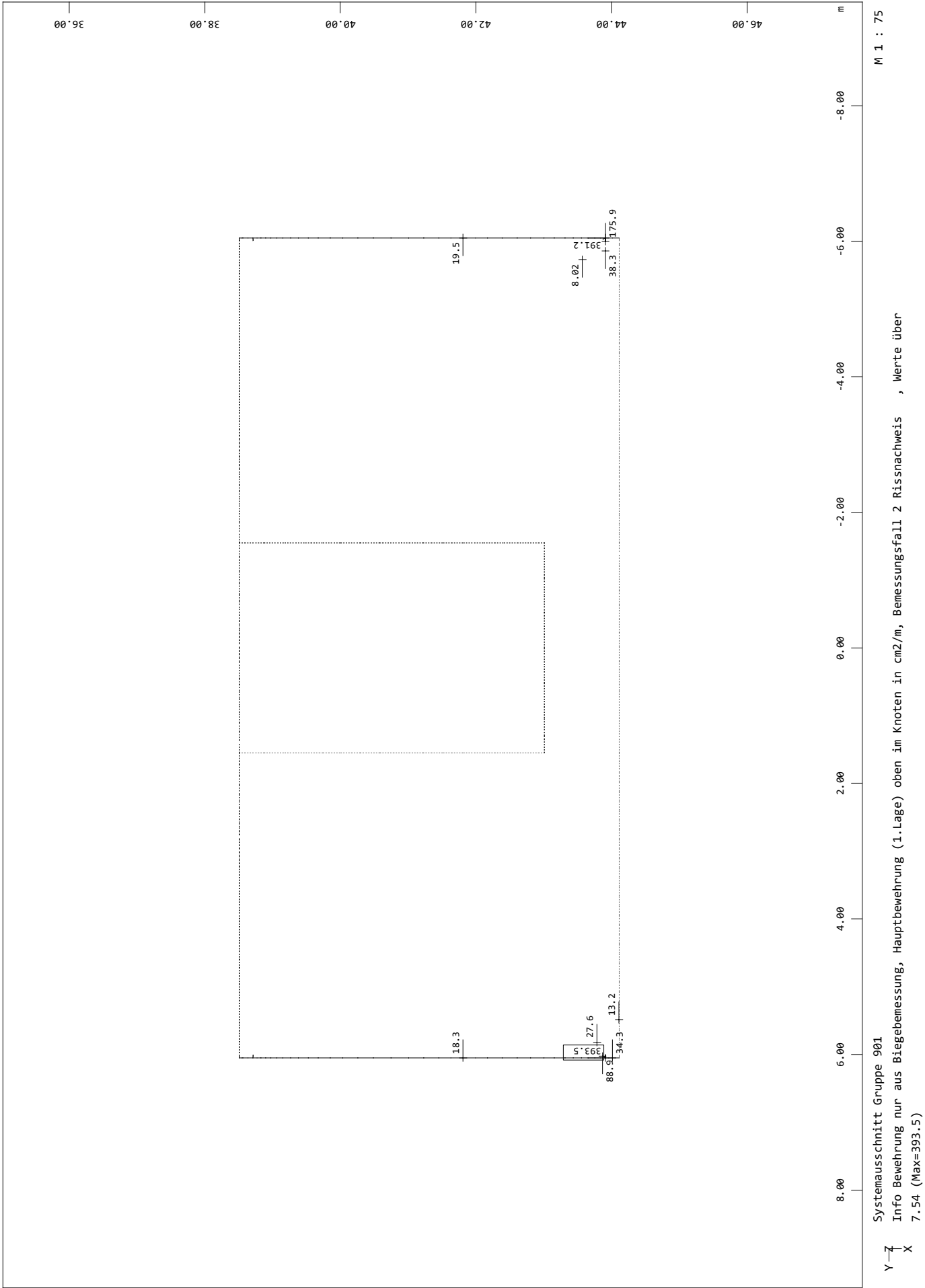


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

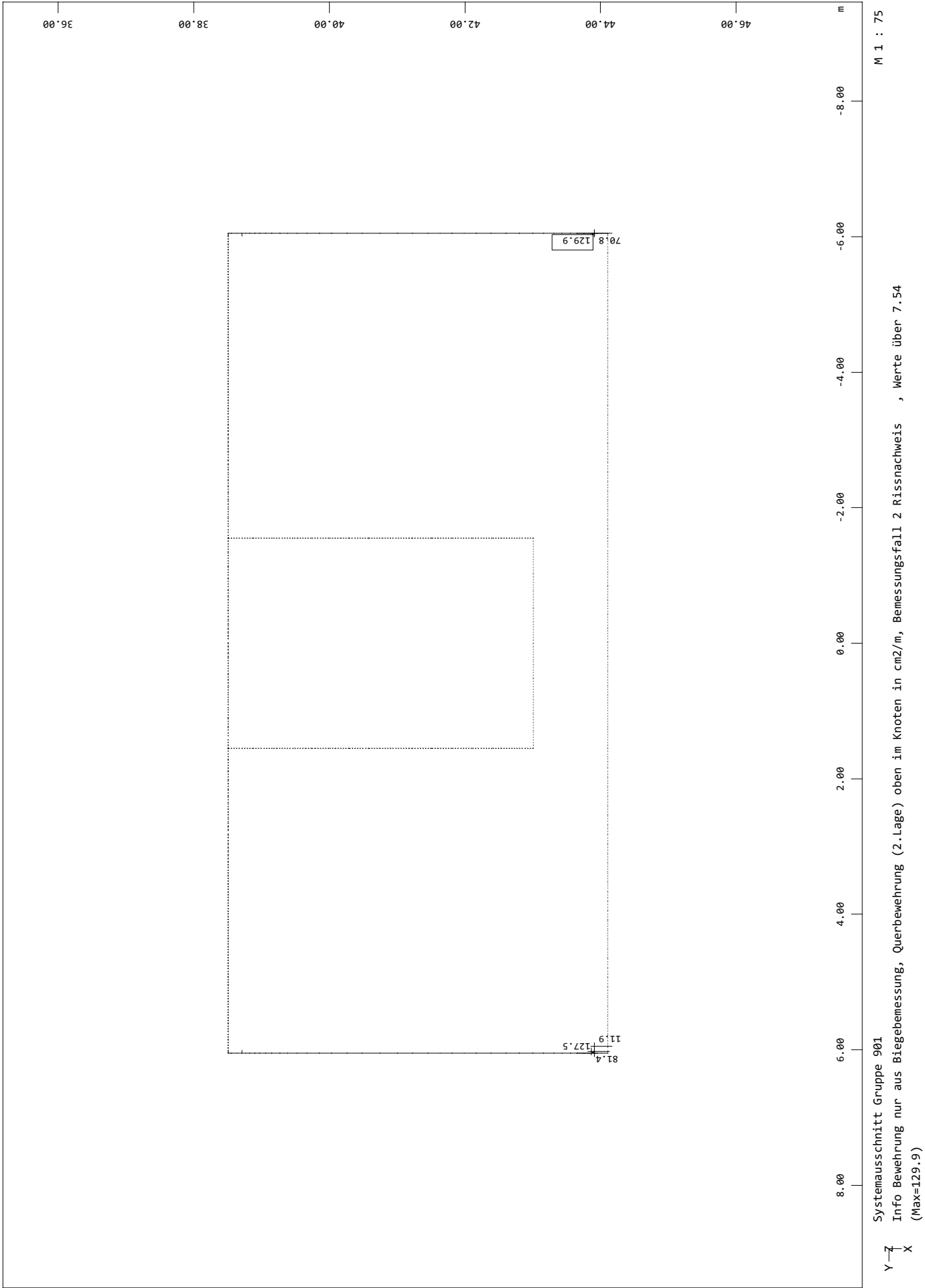
SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



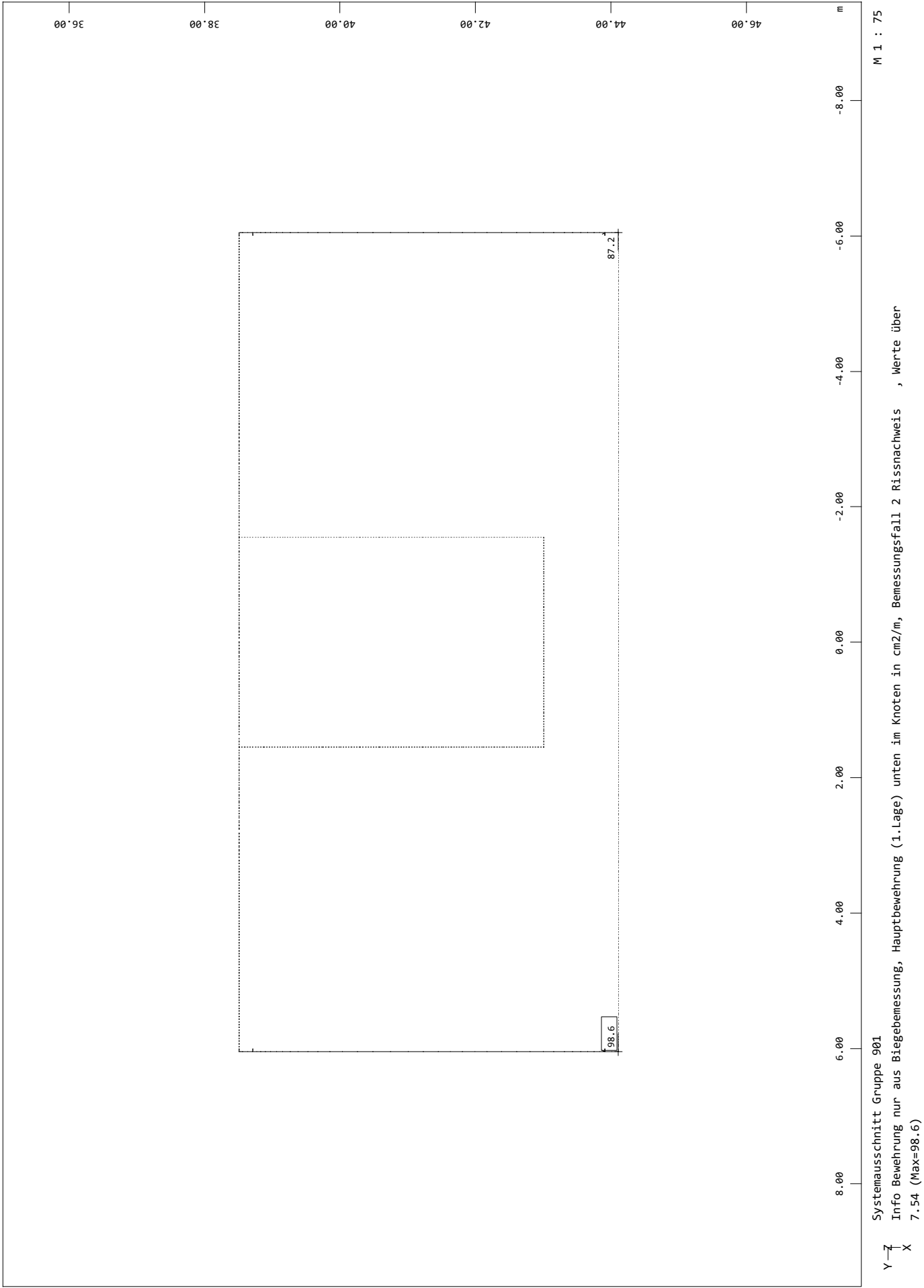
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT



020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

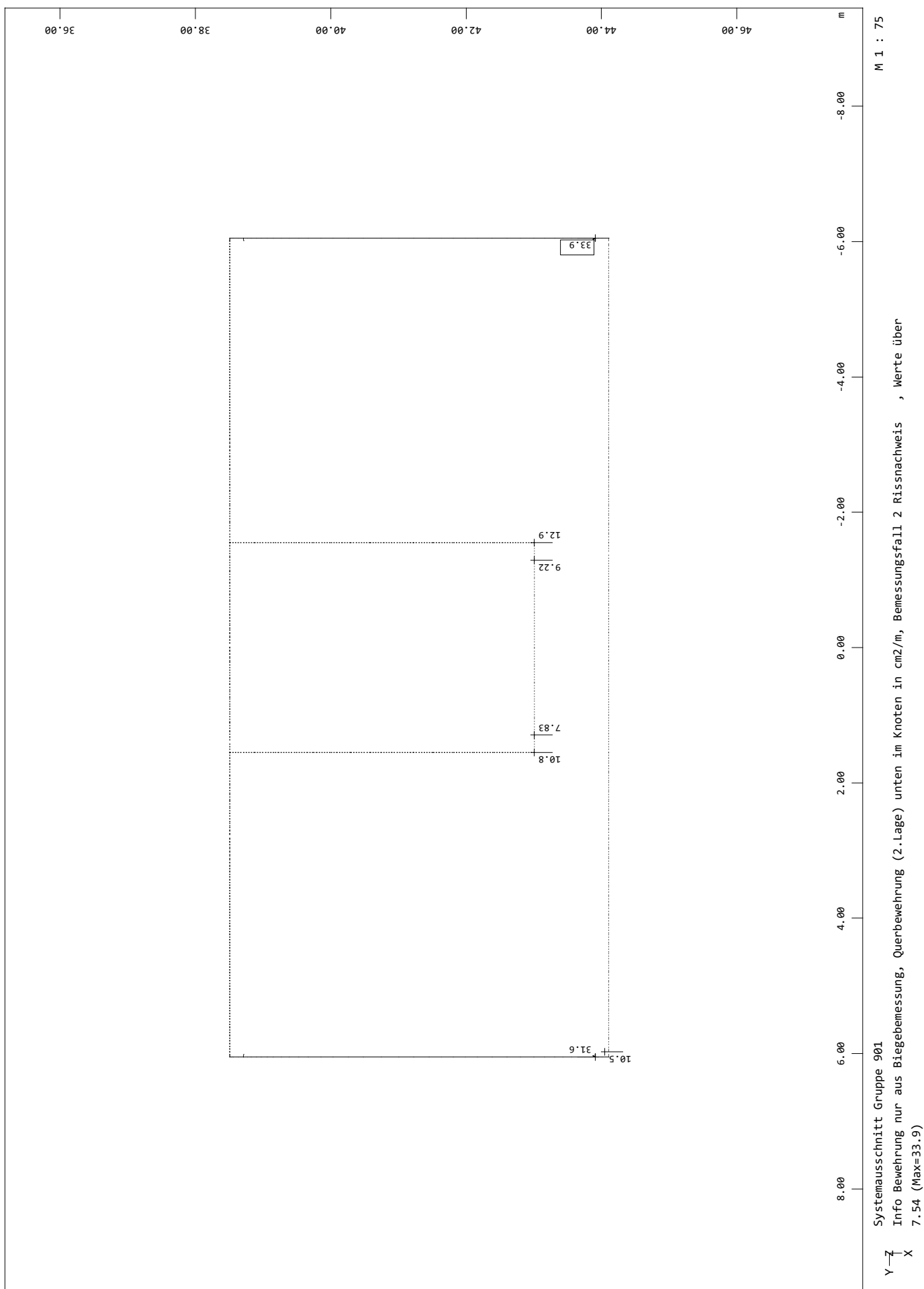


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

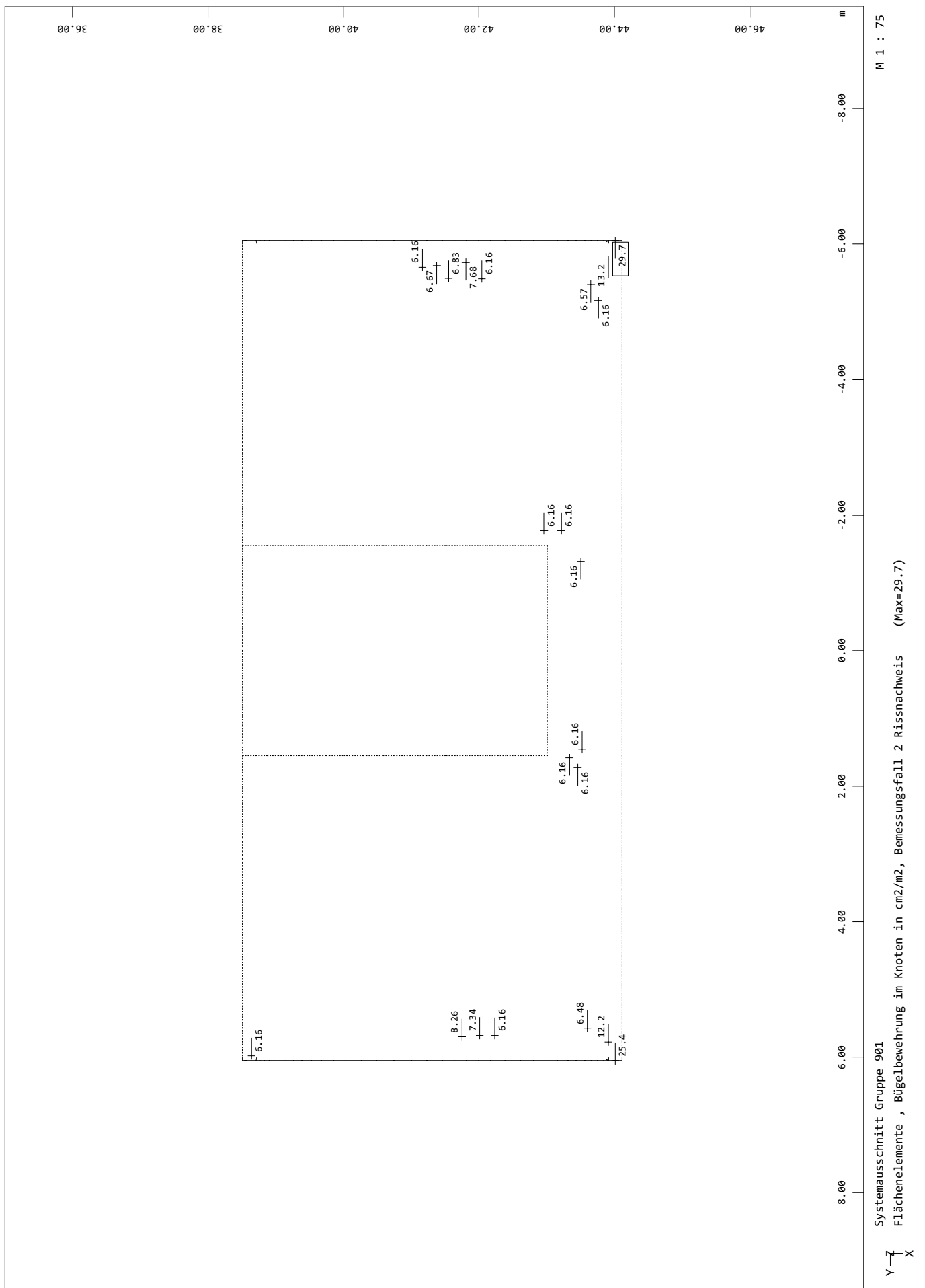


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

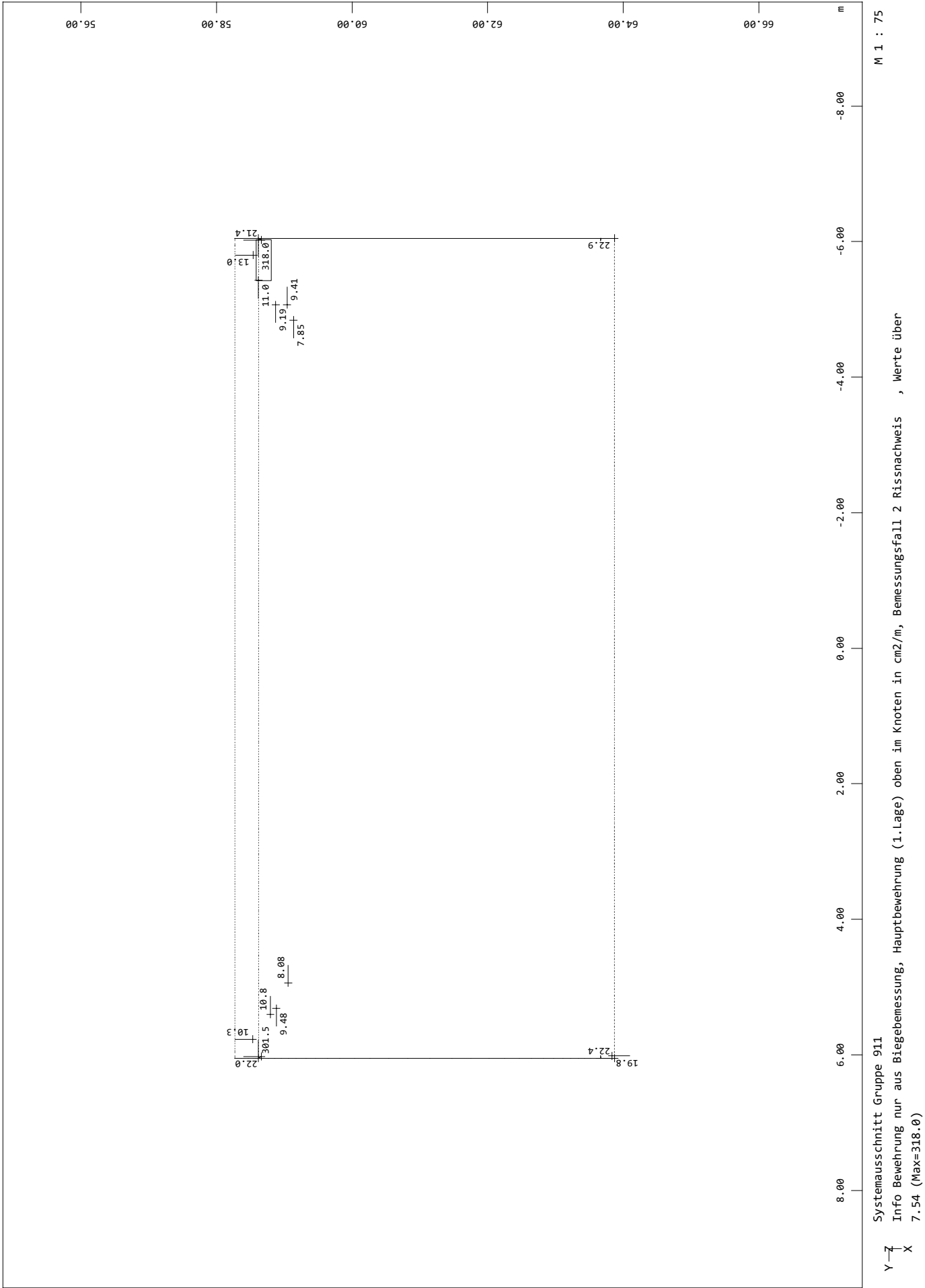
SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



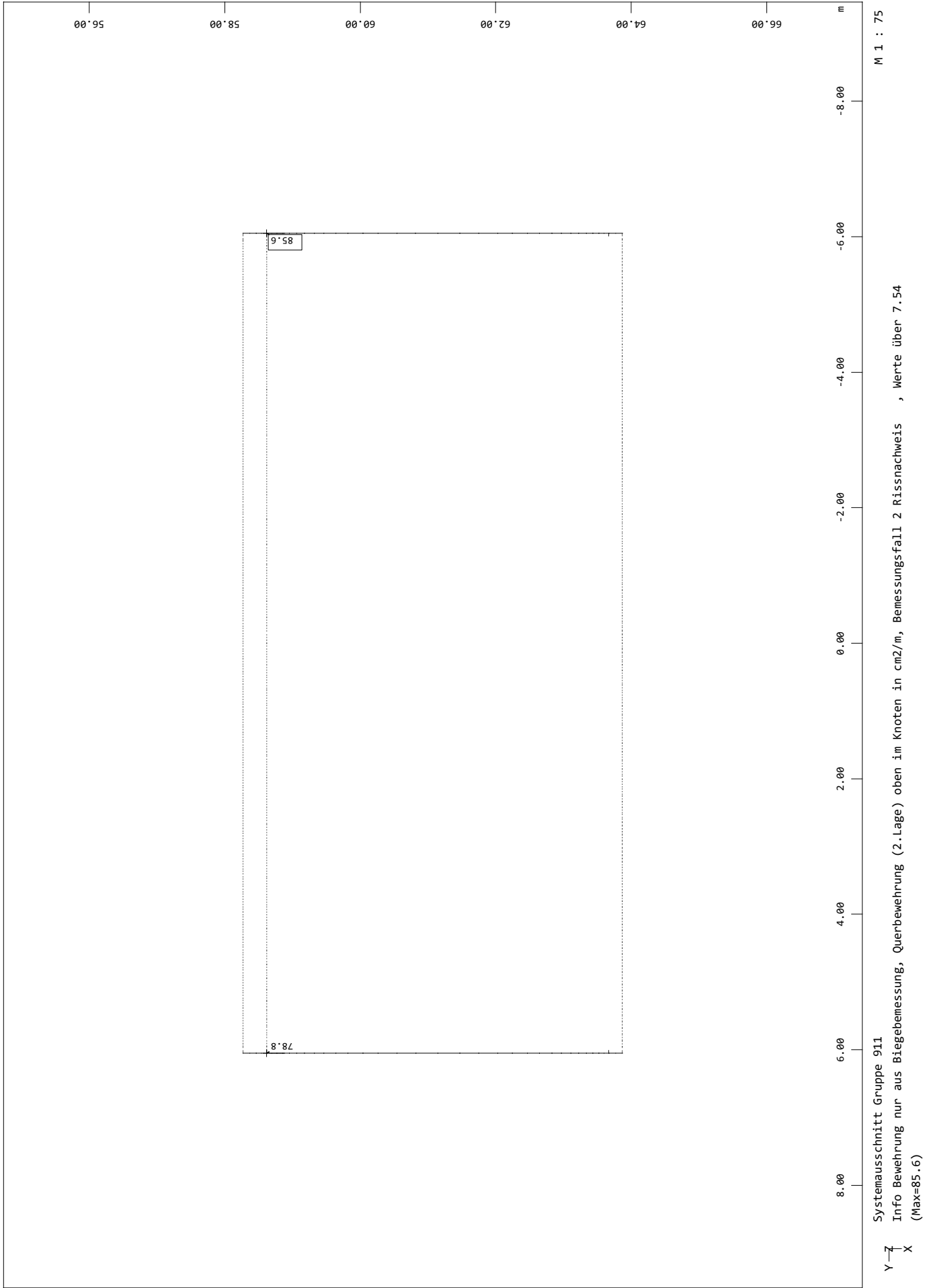
Grafik Bemessung GZT



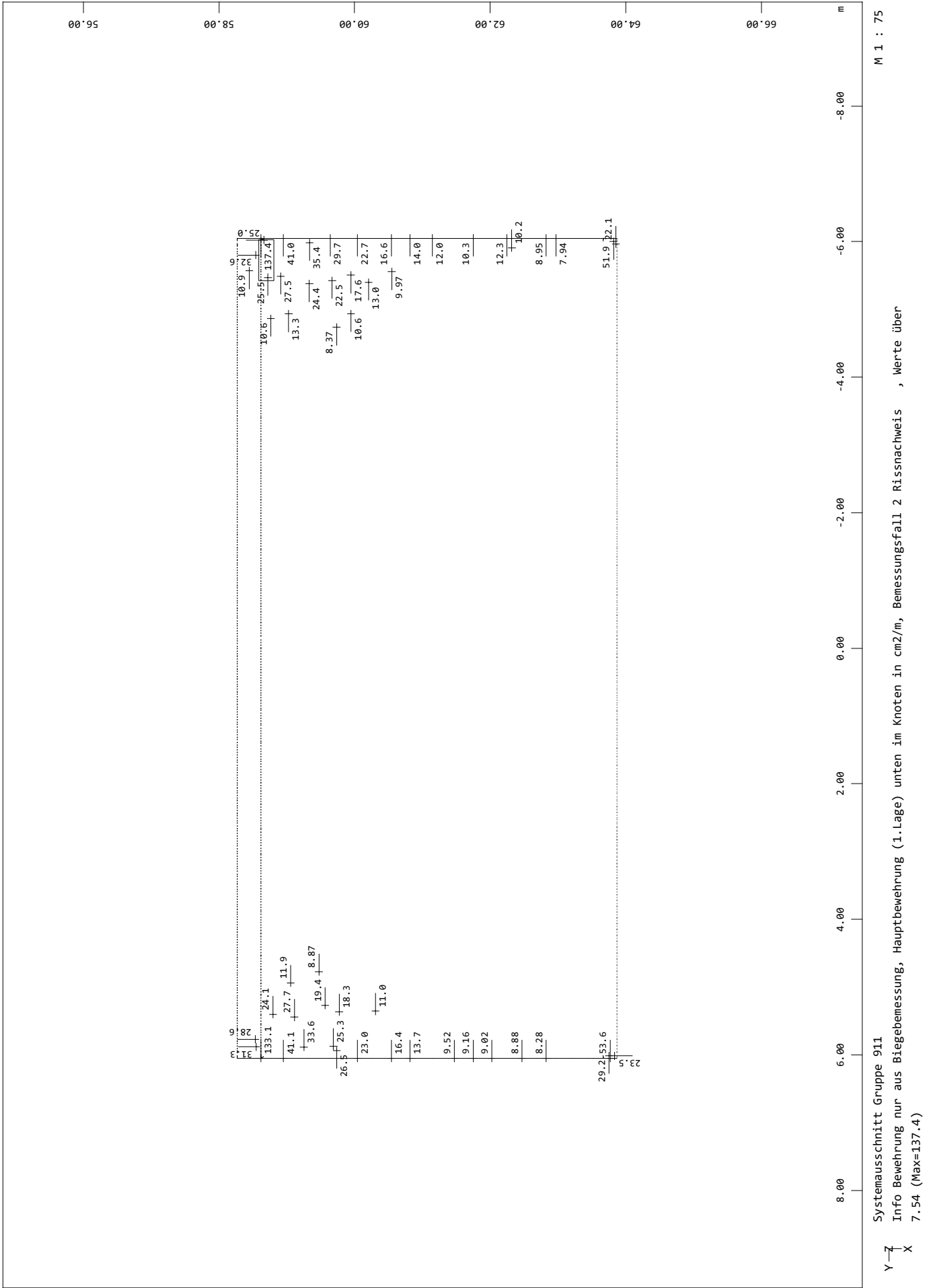
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT



020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

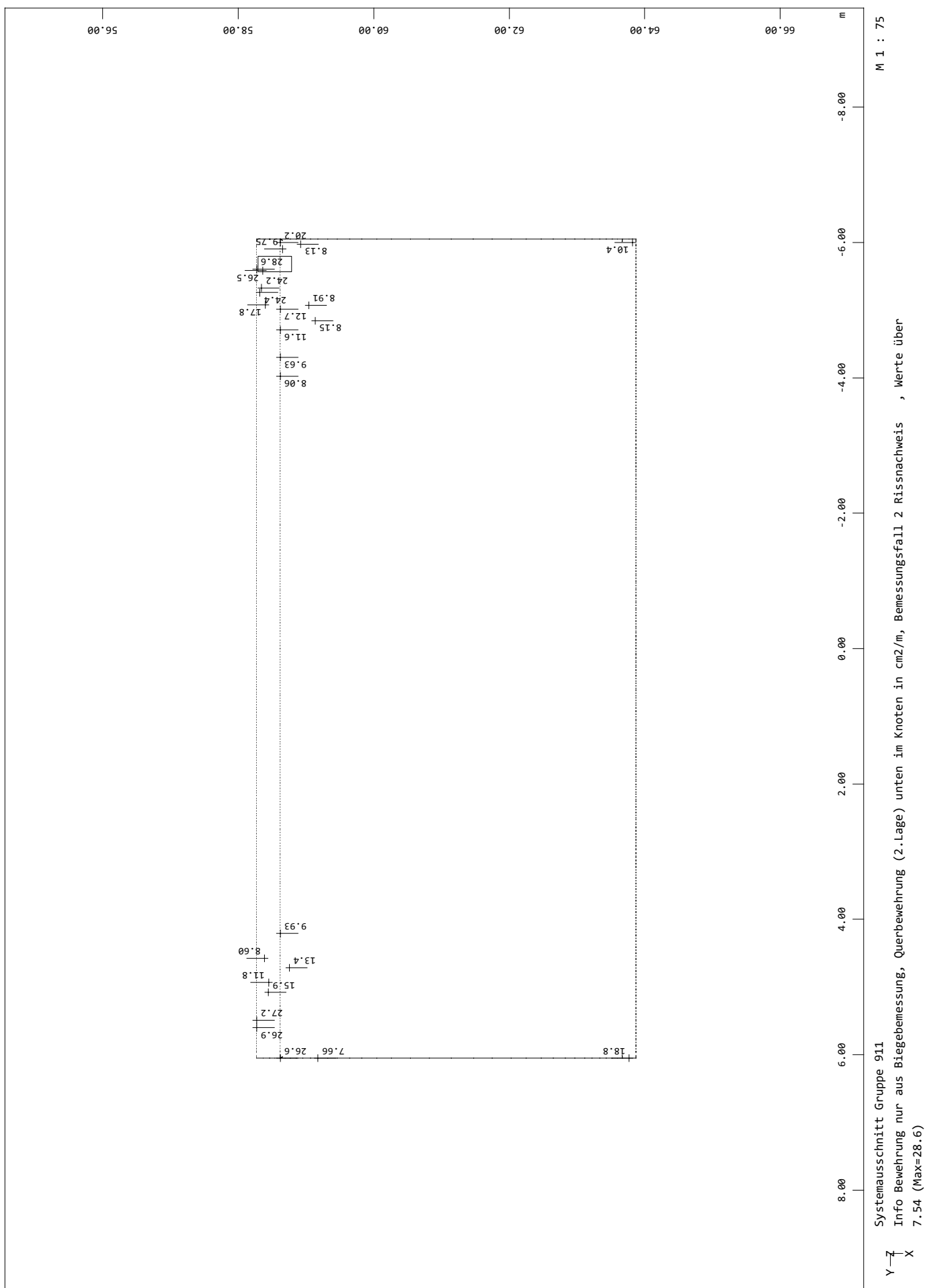


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

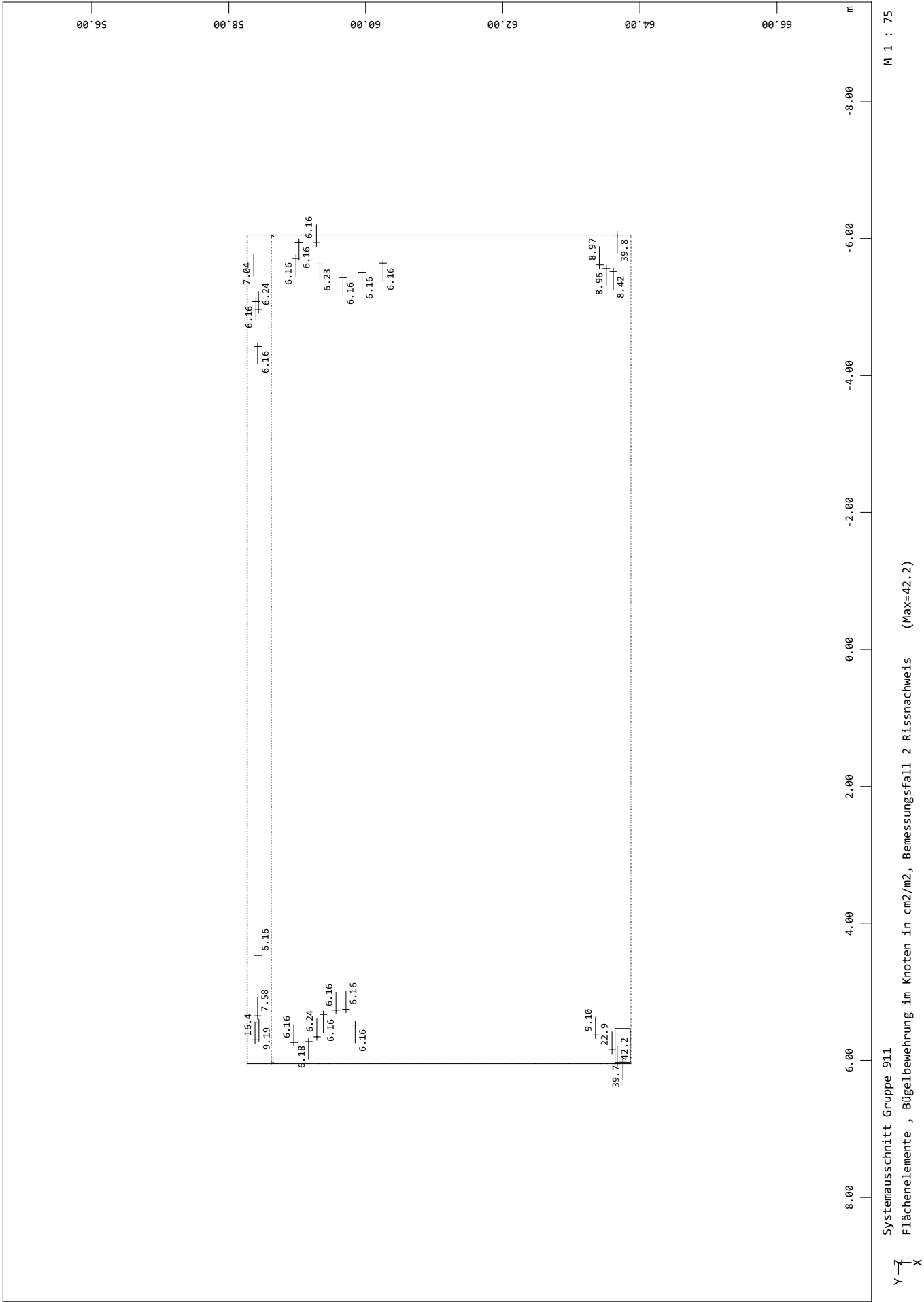


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

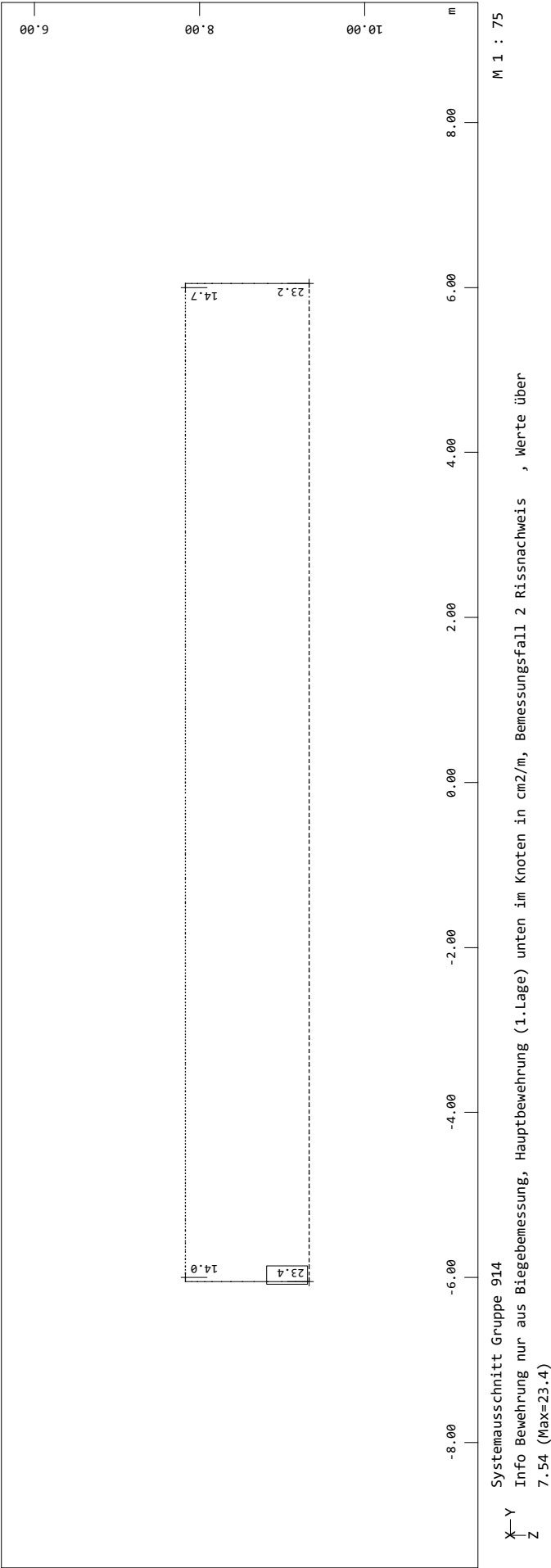
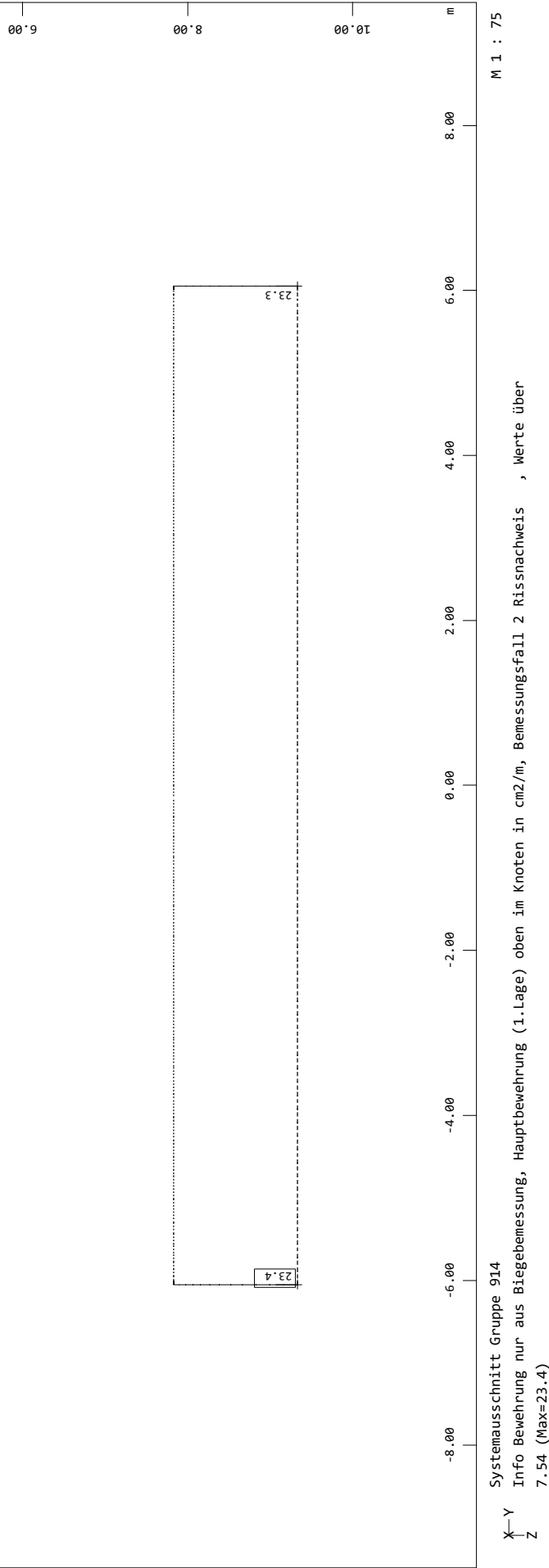


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT



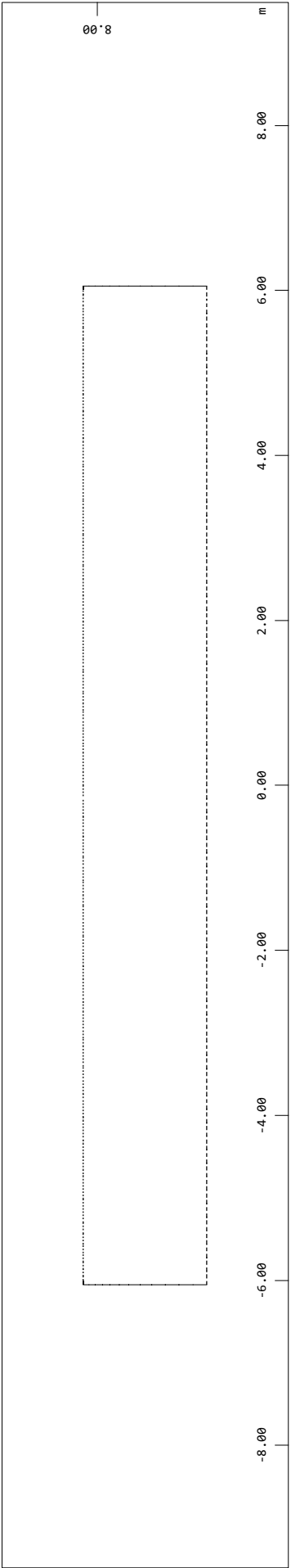
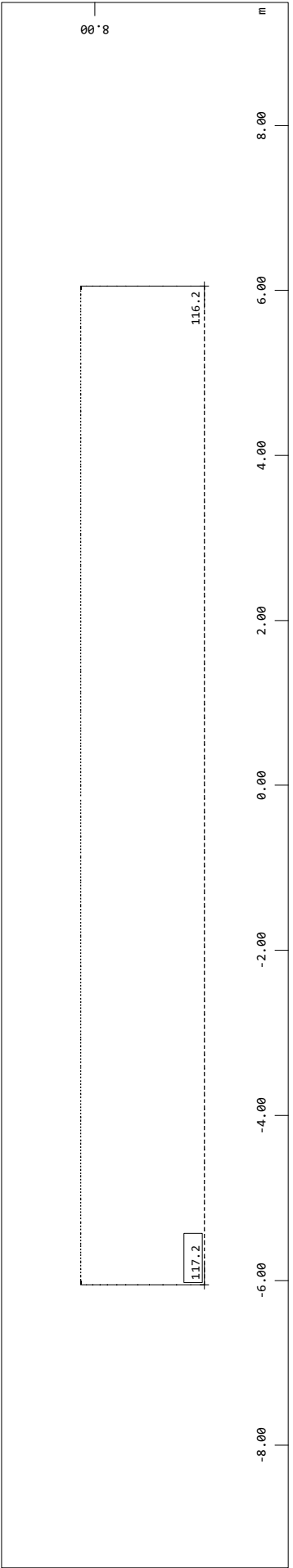
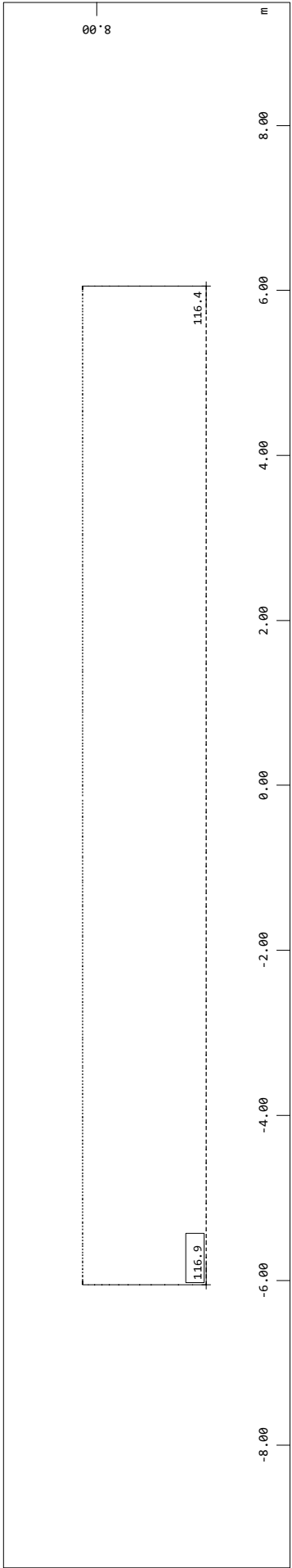
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

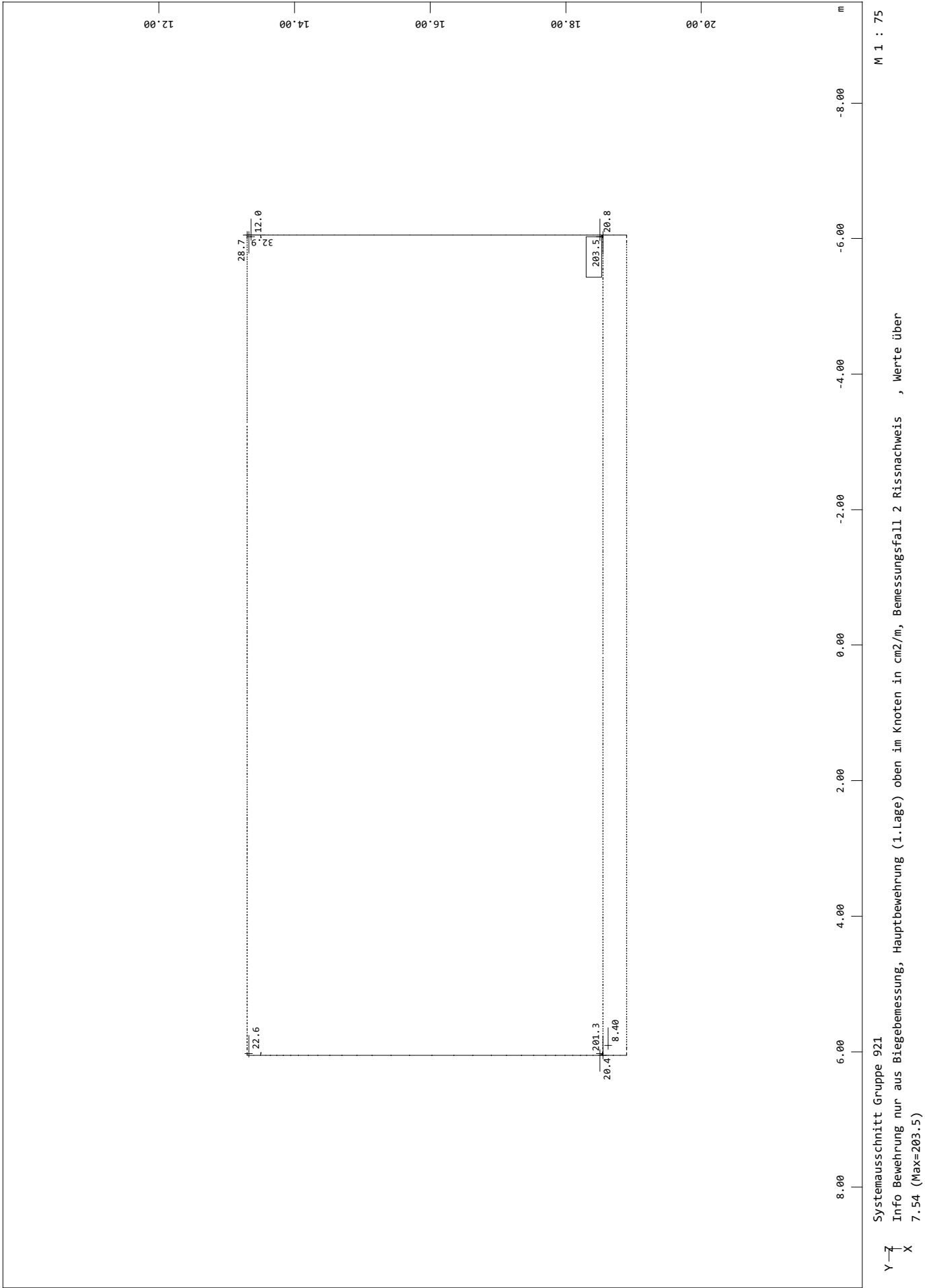


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

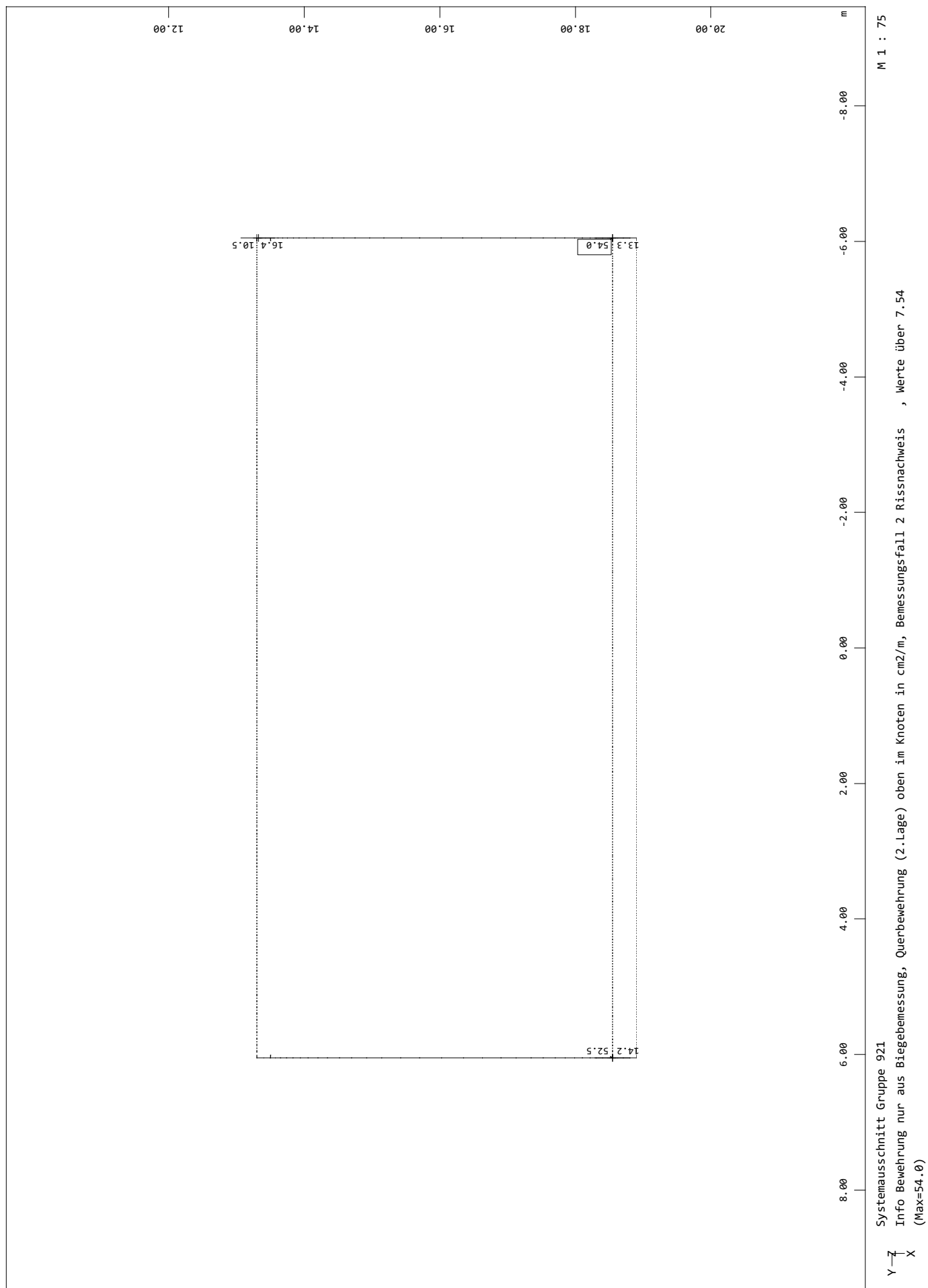


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

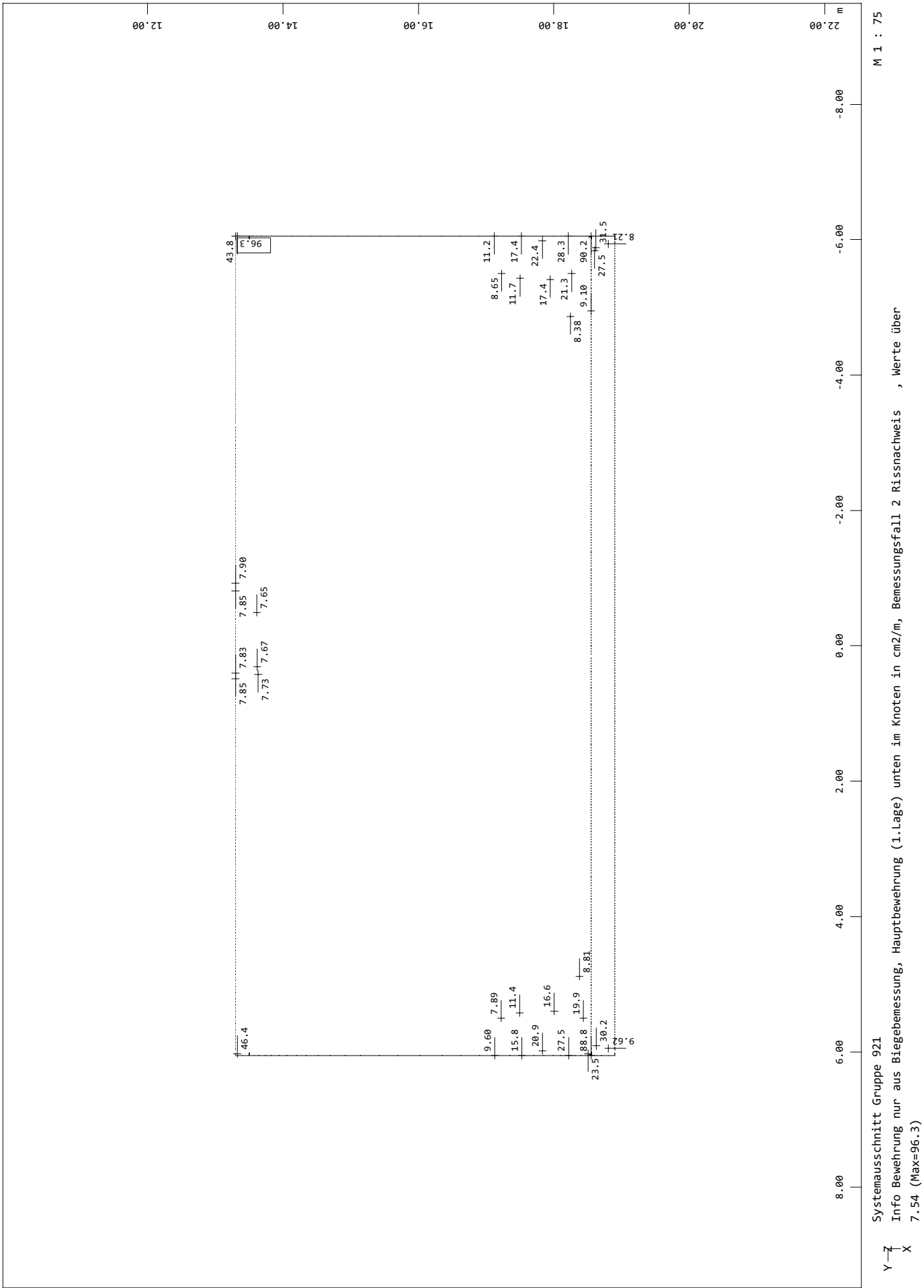


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

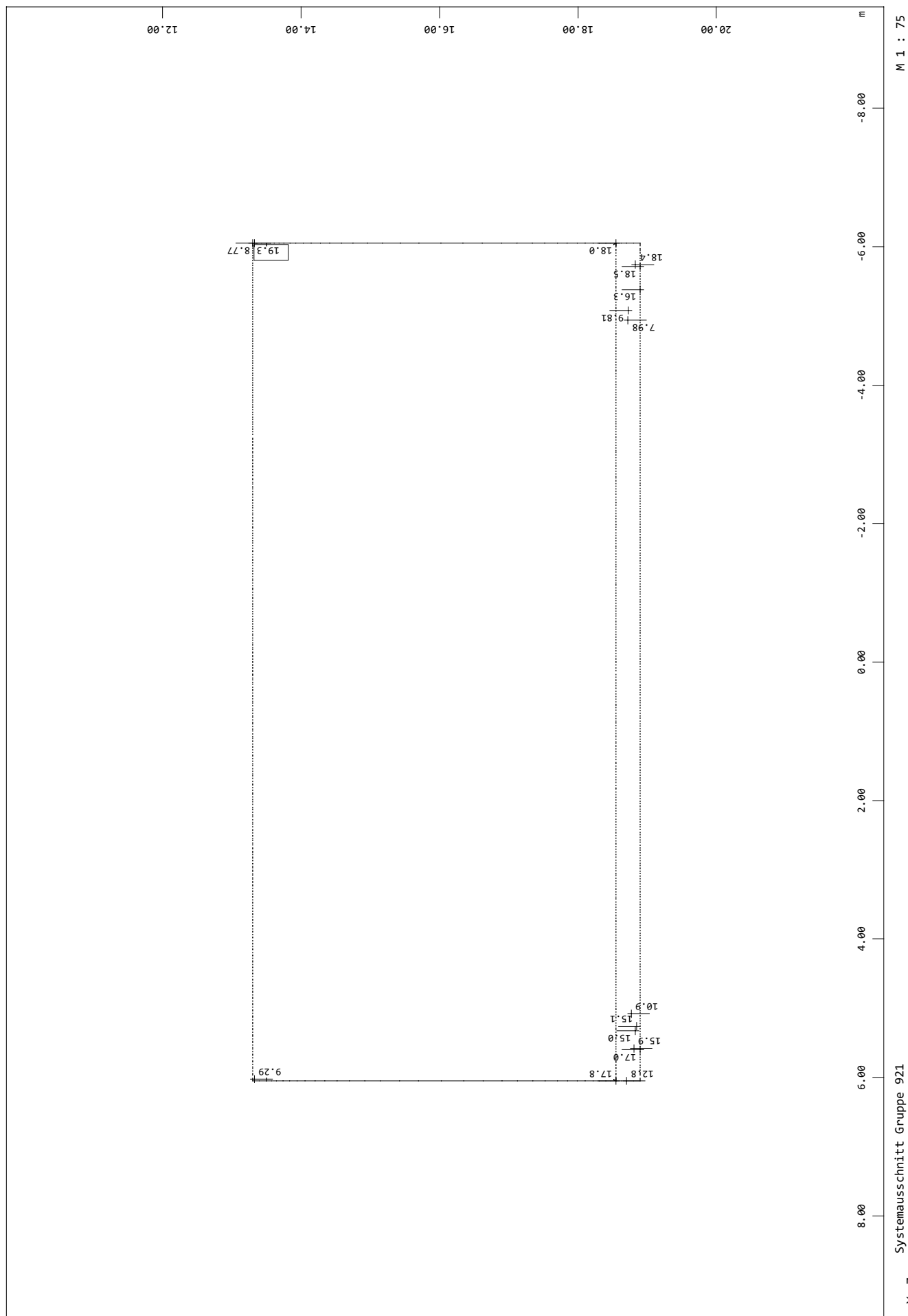


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT



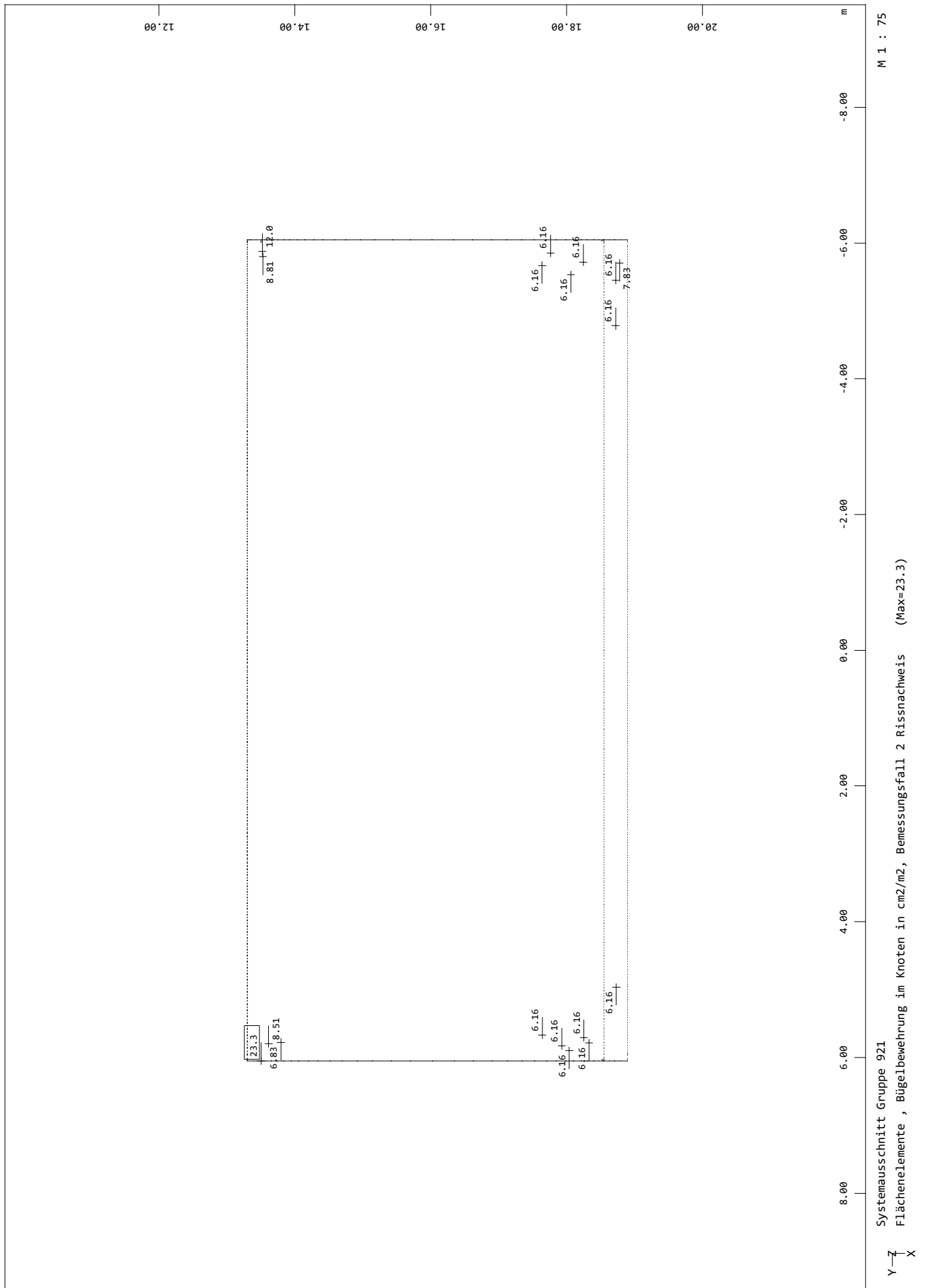
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
 Grafik Bemessung GZT

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



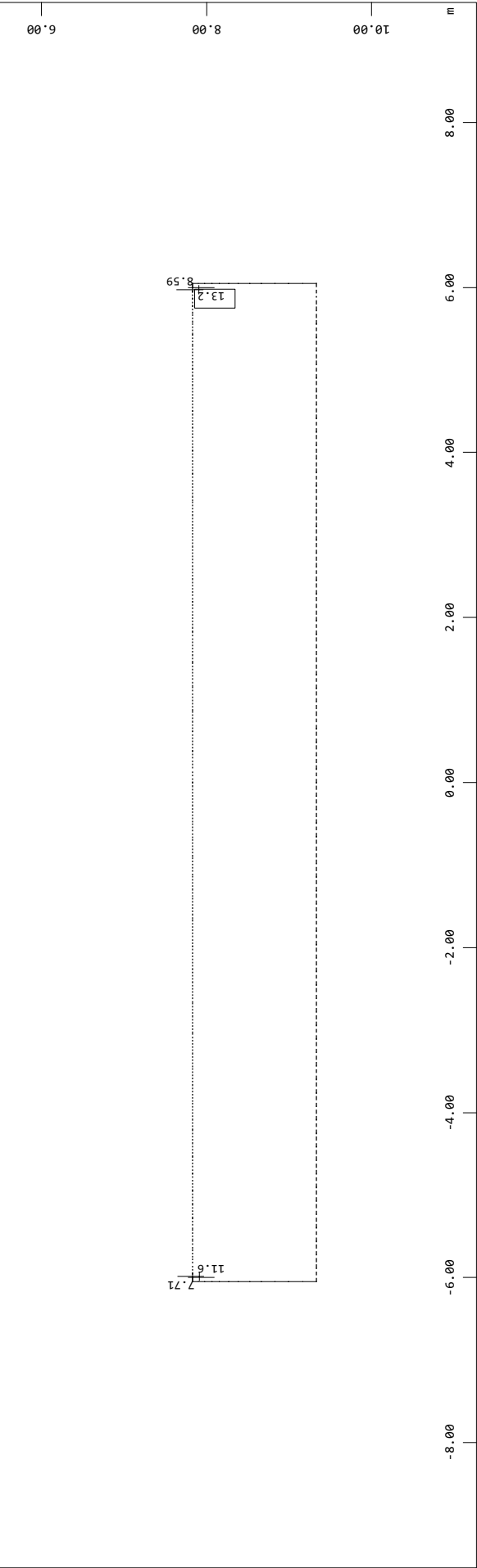
Systemausschnitt Gruppe 921
 Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Querbewehrung (2.Lage) unten im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2 Rissnachweis, Werte über 7.54 (Max=19.3)

Grafik Bemessung GZT

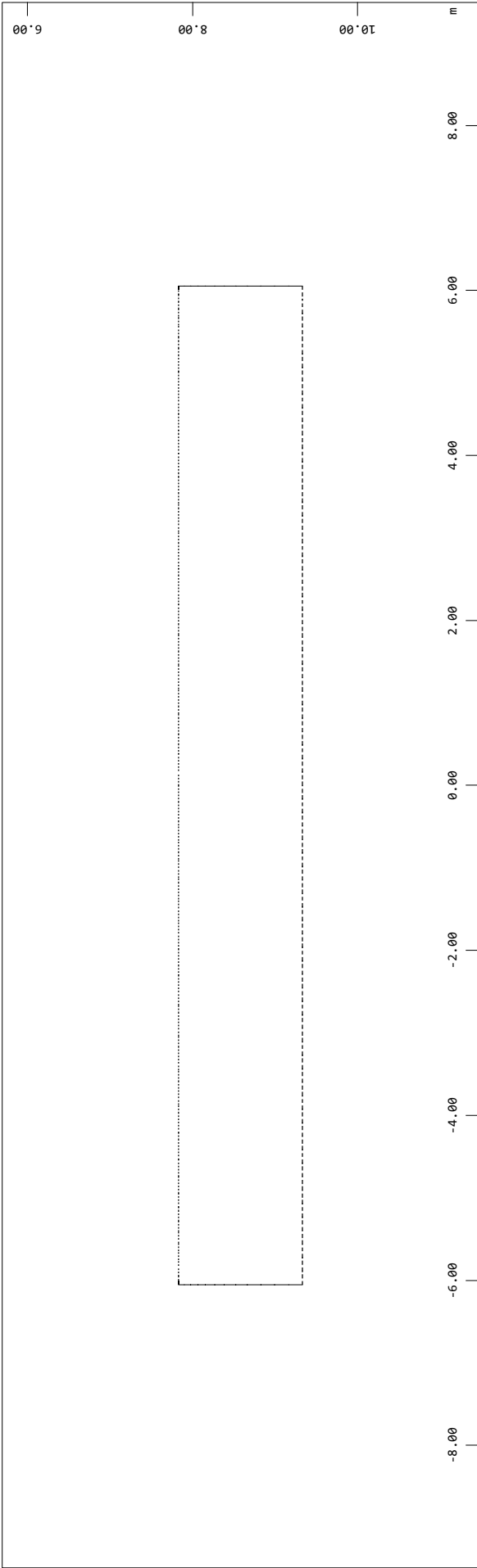


020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



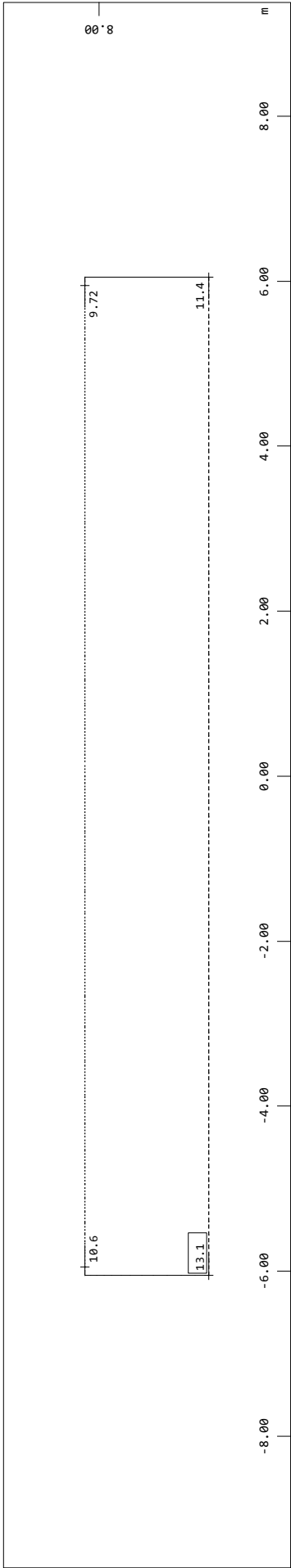
Systemausschnitt Gruppe 924
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Hauptbewehrung (1.Lage) oben im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2 Rissnachweis , Werte über
7.54 (Max=13.2)



Systemausschnitt Gruppe 924
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Hauptbewehrung (1.Lage) unten im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2 Rissnachweis , Werte über
7.54 (Max=3.31)

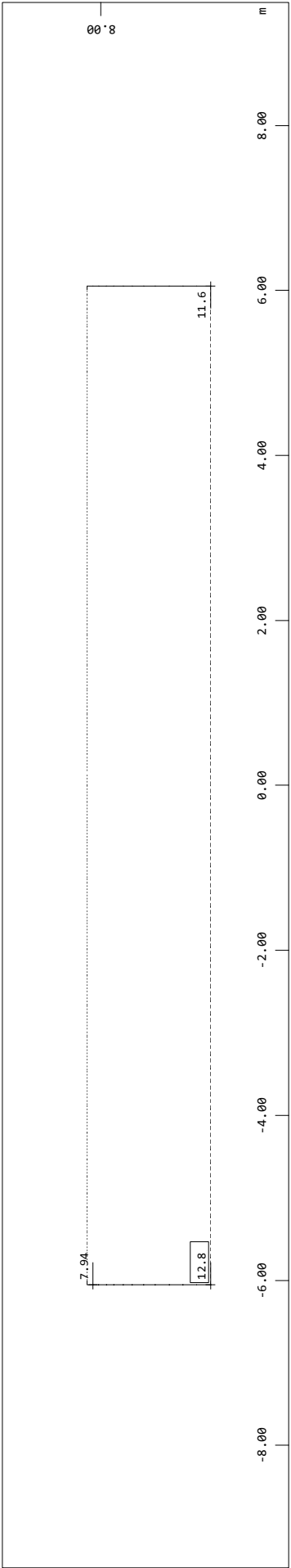
020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 3.2 - Entwurfsplanung LP3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



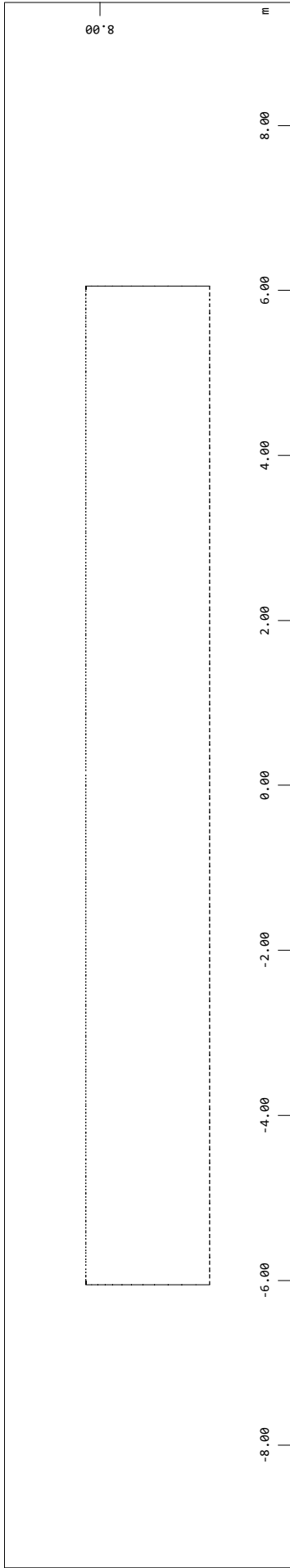
Systemausschnitt Gruppe 924
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Querbewehrung (2.Lage) oben im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2 Rissnachweis , Werte über 7.54
(Max=13.1)

X-Y
Z



Systemausschnitt Gruppe 924
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Querbewehrung (2.Lage) unten im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2 Rissnachweis , Werte über 7.54 (Max=12.8)

X-Y
Z



Systemausschnitt Gruppe 924
Flächenelemente , Bügelbewehrung im Knoten in cm²/m², Bemessungsfall 2 Rissnachweis (Max=0)

X-Y
Z



2.5 Grundbaunachweise

2.5.1 Nachweis der Sicherheit gegen Auftrieb (UPL)

Der Nachweis der Auftriebssicherheit ist entbehrlich, da aufgrund der durchlässigen Böden gemäß geotechnischem Sachverständigen der Lastfall „schnelle Spiegelsenkung“ nicht zu berücksichtigen ist.

2.5.2 Nachweis der Sicherheit gegen Kippen (EQU)

Eine Gefahr des Kippens ist unter Berücksichtigung der Randbedingungen und unter Beachtung der Bodenpressungen nach Kapitel 2.4.4 nicht gegeben und wird deshalb nicht weiter untersucht.

2.5.3 Nachweis der klaffenden Fuge

Aus der Auswertung der Bodenpressungen ist erkennbar, dass in allen Bemessungssituationen nur Druckspannungen auftreten. Der Nachweis der klaffenden Fuge ist erbracht.

2.5.4 Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten (GEO-2)

In Querrichtung kann der Gleitnachweis entfallen, da sich die Horizontalkräfte aus Erddruck ausgleichen.

Der Nachweis der Gleitsicherheit in Längsrichtung ist ebenfalls entbehrlich, da das Tosbecken in den Fels einbindet und hierdurch ein Gleiten des Auslassbauwerkes ausgeschlossen wird.

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V3.2 Rott	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.238