

LPH 3: Entwurfsplanung

Bauvorhaben: Hochwasserschutz an der Vicht
Hochwasserrückhaltebecken HRB Standort V 4
Mulartshütte
Neubau Auslassbauwerk
Heft XI der Antragsunterlagen

BERATENDE INGENIEURE VBI
PRÜFINGENIEURE FÜR
BAUTECHNIK VPI

Projekt Nr.: 020/2082/000

INGENIEURGRUPPE **BAUEN**

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

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

AMTSGERICHT MANNHEIM
PR 700485

USTIDNR. DE143611588

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

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

ZERTIFIZIERT NACH
DIN EN ISO 9001:2015

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

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: Katrin Staudt, M.Sc.
 Tel.: 0621 / 41949-886
 Fax: 0621 / 41949-75
 katrin.staudt@ingenieurgruppe-bauen.de

Datum: 17.09.2021

Verantwortlicher Partner:

Projektleiter:

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

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

Bearbeiter:

.....
Katrin Staudt, M.Sc.

020/2082/000	Hochwasserschutz an der Vicht	Kapitel 0
LP3: Entwurfsplanung	HRB Standort V4 Mulartshütte - Unterschriftenseite	Seite 0.2



INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel	Bezeichnung	Seiten	
0	Deckblatt Unterschriftenblatt Inhaltsverzeichnis	0.2 0.11 bis 0.13	
1	Allgemeines		
1.1	Vorbemerkungen	1.1	
1.2	Mitgeltende Unterlagen		
1.2.1	Lastenheft	1.1	
1.2.2	Grundlegende Festlegungen der statischen Details und Hauptabmessungen des Tragwerks	1.1	
2	Auslassbauwerk HRB V4 Mulartshütte		
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 bis 2.4	
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 2.22	
2.2.2.4	Verkehrslasten OK Brückenplatte - Brems- und Anfahrlasten	2.23	
2.3	Konstruktionsvorgaben Beton- und Stahlbetonbauteile		
2.3.1	Mindestbewehrung nach DIN EN 1992-1-1		
2.3.1.1	Brückenplatten	2.24	
2.3.1.2	Außenwände	2.24	
2.3.1.3	Trennpfeiler	2.25	
2.3.1.4	Trennwand UW	2.25	
2.3.1.5	Sohle	2.25	
2.3.1.6	Versprungwand Sohle OW/Tosbecken	2.25	
2.3.1.7	Staubalken (Stirnwand)	2.25	
2.3.1.8	Antriebskammer	2.25	
2.3.2	Rissbreitenbegrenzung	2.26	

Stand: 17.09.2021

020/2082/000	Hochwasserschutz an der Vicht	Kapitel 0
LP3: Entwurfsplanung	HRB Standort V4 Mulartshütte - Inhaltsverzeichnis	Seite 0.11



Kapitel	Bezeichnung	Seiten	
2.3.2.1	Sohle	2.27 bis 2.28	
2.3.2.2	Versprungwand Sohle OW/Tosbecken	2.29 bis 2.30	
2.3.2.3	Außenwände	2.31 bis 2.42	
2.3.2.4	Brückenplatte Dammkronenweg	2.43 bis 2.46	
2.3.2.5	Brückenplatten Bermenwege	2.47 bis 2.48	
2.3.2.6	Stauwand	2.49	
2.3.2.7	Staubalken	2.50 bis 2.51	
2.3.2.8	Trennpfeiler OW	2.52 bis 2.53	
2.3.2.9	Trennpfeiler UW	2.54 bis 2.55	
2.3.2.10	Trennwand	2.56	
2.3.2.11	Antriebskammer	2.57 bis 2.59	
2.4	FEM-Berechnung Gesamtsystem		
2.4.1	System	2.60 bis 2.65	
2.4.2	Einwirkungen		
2.4.2.1	Vorbemerkungen	2.66 bis 2.67	
2.4.2.2	Grafische Ausgaben ausgewählter Lastfälle	2.67 bis 2.98	
2.4.3	Kombinationen der Einwirkungen	2.99 bis 2.113	
2.4.4	Bodenpressungen		
2.4.4.1	Vorbemerkungen	2.114	
2.4.4.2	Grafische Ausgaben	2.114 bis 2.116	
2.4.5	Grundbemessung		
2.4.5.1	Vorbemerkungen	2.117	
2.4.5.2	Grafische Ausgaben	2.117 bis 2.169	
2.5	Grundbaunachweise		
2.5.1	Nachweis der Sicherheit gegen Auftrieb (UPL)	2.170	
2.5.2	Nachweis der Sicherheit gegen Kippen (EQU)	2.170	
2.5.3	Nachweis der klaffenden Fuge	2.170	
2.5.4	Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten (GEO-2)	2.170	
3	Hochwasserschutz entlang der L 238		
3.1	Vorbemerkungen	3.1 bis 3.2	
3.2	Lastannahmen		
3.2.1	Eigengewicht	3.2	
3.2.2	Verkehrslast	3.2	
3.2.3	Erddruck	3.2	
3.2.4	Wasserstände	3.2	
3.2.5	Einwirkungen aus Erdbeben	3.2	
3.3	Konstruktionsvorgaben Beton- und Stahlbetonbauteile		
3.3.1	Betongüte und Expositionsklassen	3.3	
3.3.2	Betondeckung	3.3	
3.3.3	Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens	3.3	

Stand: 17.09.2021



Kapitel	Bezeichnung	Seiten	
3.3.3	Rissbreitenbegrenzung	3.4 bis 3.5	
3.4	Nachweis der Winkelstützwand		
3.4.1	Vorbemerkungen	3.6	
3.4.2	Bemessungssituationen		
3.4.2.1	Ständige Bemessungssituation BS-P-1	3.6	
3.4.2.2	Ständige Bemessungssituation BS-P-2	3.6	
3.4.2.3	Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-1	3.6	
3.4.2.4	Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-2	3.7	
3.4.2.5	Bemessungssituation Erdbeben BS-E-1	3.7	
3.4.2.6	Bemessungssituation Erdbeben BS-E-2	3.7	
3.4.3	Ständige Bemessungssituation BS-P-1	3.8 bis 3.14	
3.4.4	Ständige Bemessungssituation BS-P-2	3.14 bis 3.22	
3.4.5	Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-1	3.23 bis 3.30	
3.4.6	Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-2	3.31 bis 3.38	
3.4.7	Bemessungssituation Erdbeben BS-E-1	3.38 bis 3.45	
3.4.8	Bemessungssituation Erdbeben BS-E-2	3.45 bis 3.52	
3.4.9	Zusammenfassung der Schnittgrößen für den Nachweis der Bohrpfahlwand		
3.4.9.1	Ständige Bemessungssituation BS-P-1	3.53	
3.4.9.2	Ständige Bemessungssituation BS-P-2	3.54	
3.4.9.3	Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-1	3.55	
3.4.9.4	Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-2	3.56	
3.4.9.5	Bemessungssituation Erdbeben BS-E-1	3.57	
3.4.9.6	Bemessungssituation Erdbeben BS-E-2	3.58	
3.5	Nachweis der überschnittenen Bohrpfahlwand		
3.5.1	Vorbemerkungen	3.59	
3.5.2	Bemessungssituationen		
3.5.2.1	Ständige Bemessungssituation BS-P-1	3.59	
3.5.2.2	Ständige Bemessungssituation BS-P-2	3.59	
3.5.2.3	Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-1	3.59	
3.5.2.4	Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-2	3.60	
3.5.2.5	Bemessungssituation Erdbeben BS-E-1	3.60	
3.5.2.6	Bemessungssituation Erdbeben BS-E-2	3.60	
3.5.3	Ständige Bemessungssituation BS-P-1	3.61 bis 3.67	
3.5.4	Ständige Bemessungssituation BS-P-2	3.68 bis 3.74	
3.5.5	Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-1	3.75 bis 3.81	
3.5.6	Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-2	3.81 bis 3.87	
3.5.7	Bemessungssituation Erdbeben BS-E-1	3.88 bis 3.94	
3.5.8	Bemessungssituation Erdbeben BS-E-2	3.95 bis 3.102	
4	Überschlägige Ermittlung der Betonstahlmengen	4.1	

Stand: 17.09.2021

1 Allgemeines

1.1 Vorbemerkungen

Die vorliegende Entwurfsplanung behandelt das massive Auslassbauwerk HRB V4 Mulartshütte und die Hochwasserschutzwand entlang der L238.

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.

Die Hauptabmessungen des Tragwerkes können den Objektplänen entnommen werden.

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 1.1

2 Auslassbauwerk HRB V4 Mulartshütte

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 $L/B/H = 66,45\text{ m}/ 25,10\text{ m}/ \leq 18,40\text{ m}$. Es wird auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte gegründet. Die Bodenplatte im Einlaufbereich hat eine Längsneigung von ca. $0,4^\circ$. Im Bereich des Tosbeckens und im Auslaufbereich wird eine horizontale Bodenplatte geplant. Die durchgehende Dicke der Bodenplatte beträgt $h = 1,40\text{ m}$. Im Bereich des Tosbeckens verspringt die Bodenplatte um $3,80\text{ m}$ nach unten. Die Dicke der Außenwände variiert. Im Bereich der Dammkrone und im Bereich zwischen Dammkrone und unterwasserseitigem Bermenweg sind sie maximal ca. $1,65\text{ m}$ dick und verjüngen sich nach oben hin auf eine Dicke von $h = 0,80\text{ m}$ (Neigung Außenkante Wand 20:1). Im Bereich oberwasserseitig der Dammkrone und hinter der unterwasserseitigen Berme sind die Außenwände maximal ca. $1,15\text{ m}$ dick und verjüngen sich nach oben auf $h = 0,50\text{ m}$ (Neigung Außenkante Wand 20:1). Der Mittelpfeiler hat auf der Oberwasserseite eine Dicke von $h = 3,10\text{ m}$ und auf der Unterwasserseite verspringt die Dicke von zunächst $h = 2,30\text{ m}$ auf $h = 1,00\text{ m}$. 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 Abstiegleitern geplant, die die Wände jeweils um 25 cm bis 40 cm schwächen. Auf der Einlaufseite ist eine 80 cm dicke Stauwand mit einem $2,00\text{ m}$ 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 $h = 40\text{ cm}$, die Decke und das darin befindliche Zwischenpodest eine Dicke $h = 30\text{ cm}$. Seitlich der Dammkrone wird je ein Bermenweg angeordnet, der mit einer $6,00\text{ m}$ 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 $5,20\text{ m}$ breite Fahrbahn begrenzen. Im Eckbereich des Überbaus zur ansteigenden Wandoberkante werden Balken, $H/B = 1,50\text{ m}/0,60\text{ m}$ angeordnet. Die Antriebskammer schließt von unten an die maximal 86 cm dicke Brückenplatte des Dammkronenweges an. Die insgesamt $6,00\text{ m}$ breite Überfahrt besitzt beidseitig Aufkantungen (Kappen). Die Fahrbahnbreite beträgt ebenfalls $5,20\text{ m}$.

Am Ende der beiden Außenwände schließen zur Sicherung der seitlichen Dammböschungen Flügelwände aus Stahlbeton mit einer Dicke $h = 50\text{ cm}$ an. Im Bereich der Dammkrone schließen an die Außenwände seitliche Flügelwände als Umläufigkeitsschutz an. An der Oberkante beträgt deren Dicke $h = 50\text{ cm}$, die sich bis auf $2,12\text{ m}$ am Wandfuß aufweitet.

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 3.7) 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 V4 Mulartshütte	
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 ca. 0,90 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 Versprüngen 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 cm bis 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:

$$g_{1,k} \approx 24,0 \times 0,90 = 21,6 \text{ kN/m}^2$$

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

Tosbecken:

$$g_{3,k} \approx 24,0 \times 4,30 = 103,2 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{4,k} \approx 24,0 \times 0,30 = 7,2 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{5,k} \approx 24,0 \times 3,50 = 84,0 \text{ kN/m}^2$$

Auslaufbereich:

$$g_{6,k} \approx 24,0 \times 0,60 = 14,4 \text{ kN/m}^2$$

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):

$$g_{12,k} \approx 24,0 \times 3,80 = 91,2 \text{ kN/m}^2$$

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

$$g_{14,k} \approx 24,0 \times 3,50 = 84,0 \text{ kN/m}^2$$

Tosbecken (Steinschüttung unter Auftrieb):

$$g_{15,k} \approx 14,0 \times 0,50 = 7,0 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{16,k} \approx 14,0 \times 0,60 = 8,4 \text{ kN/m}^2$$

Tosbecken (Sohlsubstrat unter Auftrieb):

$$g_{17,k} \approx 10,0 \times 3,40 = 34,0 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{18,k} \approx 10,0 \times 3,30 = 33,0 \text{ kN/m}^2$$

Auslaufbereich (Steinschüttung und Sohlsubstrat unter Auftrieb):

$$g_{19,k} \approx 14,0 \times 0,60 = 8,4 \text{ kN/m}^2$$

Einlaufbereich (Steinschüttung und Sohlsubstrat ohne Auftrieb):

$$g_{21,k} \approx 24,0 \times 0,50 = 12,0 \text{ kN/m}^2$$

Tosbecken (Sohlsubstrat erdfeucht):

$$g_{22,k} \approx 19,0 \times 3,40 = 64,6 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{23,k} \approx 19,0 \times 3,30 = 62,7 \text{ kN/m}^2$$

Auslaufbereich (Steinschüttung und Sohlsubstrat ohne Auftrieb):

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

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 Erdruchdruck 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

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.3

Versatzmoment aus der exzentrisch wirkenden Erdauflast wird auf der sicheren Seite liegend nicht berücksichtigt.

2.2.1.4 Wasserauflast innerhalb Auslassbauwerk

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

Betriebsfall HRB - Bemessungswasserstand Z_v :

Oberwasser: $Z_v = +280,60$ mNN

Unterwasser: OK Trennwand im Betriebsauslass

(Höhe im Bereich des Tosbeckens: max. ca. 6,00 m, im Auslaufbereich: $\leq 2,15$ 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:

$$q_{FW,1,k} = 10 \times (280,60 - 269,50) = 111,0 \text{ kN/m}^2$$

Einlaufbereich oberwasserseitig Schütze:

$$q_{KW,1,k} = 10 \times (280,60 - 270,60) = 100,0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,2,k} = 10 \times (280,60 - 270,00) = 106,0 \text{ kN/m}^2$$

Tosbecken:

$$q_{KW,3,k} \approx 10 \times (271,70 - 270,00) = 17,0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,4,k} \approx 10 \times (271,70 - 266,00) = 57,0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,5,k} \approx 10 \times (271,60 - 266,00) = 56,0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,6,k} \approx 10 \times (271,50 - 269,20) = 23,0 \text{ kN/m}^2$$

Auslaufbereich:

$$q_{KW,7,k} \approx 10 \times (271,50 - 269,80) = 17,0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,8,k} \approx 10 \times (271,35 - 269,80) = 15,5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{FW,2,k} = 10 \times (271,35 - 269,20) = 21,5 \text{ kN/m}^2 \text{ (Flügelwand)}$$

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.

$$q_{KW,11,k} \approx 10 \times (280,60 - 269,50) = 111,0 \text{ kN/m}^2$$

Tosbecken:

$$q_{KW,12,k} \approx 10 \times (271,35 - 269,50) = 18,5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,13,k} \approx 10 \times (271,35 - 266,00) = 53,5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,14,k} \approx 10 \times (271,35 - 269,20) = 21,5 \text{ kN/m}^2$$



Auslaufbereich:

$$q_{KW,15,k} \approx 10 \times (271,35 - 269,20) = 21,50 \text{ kN/m}^2 = q_{FW,3,k} \text{ (auch im Bereich der Flügelwand)}$$

Wasserauflast andere Bauteile:

Trennpfeiler: $q_{KW,21,k} = 10 \times (280,60 - 274,00) \times 1,55 = 102,3 \text{ kN/m}$

Staubalken von oben: $q_{KW,31,k} = 10 \times (280,60 - 278,10) = 25,0 \text{ kN/m}^2$

Staubalken von unten: $q_{KW,32,k} = -10 \times (280,60 - 276,10) = -45,0 \text{ kN/m}^2$

Berme Überfahrt von oben: $q_{KW,41,k} = 10 \times (280,60 - 277,82) = 27,8 \text{ kN/m}^2$

$q_{KW,42,k} = 10 \times (280,60 - 277,95) = 26,5 \text{ kN/m}^2$

Berme Überfahrt von unten: $q_{KW,43,k} = -10 \times (280,60 - 277,20) = -34,0 \text{ kN/m}^2$

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: $Z_{V,OW} = +280,60 \text{ mNN}$

Potential Unterwasser: Potential in Höhe OK Trennwand: $Z_{V,UW} = +271,35 \text{ mNN}$
(Höhe im Bereich des Tosbeckens: max. ca. 7,40 m,
im Auslaufbereich: max. ca. 3,70 m)

oberwasserseitig **Dichtschicht**:

Einlaufbereich $q_{GW,1,k} = 10 \times (280,60 - 268,10) = 125,0 \text{ kN/m}^2$

unterwasserseitig **Dichtschicht**:

Bereich Tosbecken $q_{GW,11,k} = 10 \times (271,70 - 264,30) = 74,0 \text{ kN/m}^2$

$q_{GW,12,k} = 10 \times (271,50 - 264,30) = 72,0 \text{ kN/m}^2$

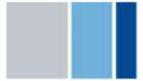
Auslaufbereich $q_{GW,13,k} = 10 \times (271,50 - 267,80) = 37,0 \text{ kN/m}^2$

$q_{GW,14,k} = 10 \times (271,35 - 267,80) = 35,5 \text{ kN/m}^2$

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 3.7.1).

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 3.7.2).

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 m x 0,90 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:

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

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

Aus der Definition der FE-Knoten 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: $Z_V = +280,60$ mNN

Unterwasser: OK Trennwand im Betriebsauslass

(Höhe im Bereich des Tosbeckens: max. ca. 7,40 m,

im Auslaufbereich: max. ca. 3,70 m)

Außenwände:

OW:	$q_{GW,1,hk}$	$= 10 \times (280,60 - 274,40)$	$= 62,00$ kN/m ² (OK Wand Einlauf)
	$q_{GW,1,Ak}$	$= 62,0 \times 0,50$	$= 31,00$ kN/m (Auflast OK Wand Einlauf)
	$q_{GW,1,vk}$	$= 0,05 \times 62,0$	$= 3,10$ kN/m ² (OK Wand Einlauf)
	$q_{GW,2,hk}$	$= 10 \times (280,60 - 268,10)$	$= 125,00$ kN/m ² (UK Bod.pl. Einlaufbereich)
	$q_{GW,2,vk}$	$= 0,05 \times (125,0 - 14,00)$	$= 5,55$ kN/m ² (UK Bod.pl. Einlaufbereich)
	$q_{GW,3h,k}$	$= 10 \times (280,60 - 278,02)$	$= 25,80$ kN/m ² (OK Überfahrt Berme OW)
	$q_{GW,3v,k}$	$= 0,05 \times 25,80$	$= 1,29$ kN/m ² (OK Überfahrt Berme OW)
	$q_{GW,3A,k}$	$= 25,80 \times 0,50$	$= 12,90$ kN/m (Auflast Überfahrt Berme OW)
	$q_{GW,4h,k}$	$= 10 \times (280,60 - 278,15)$	$= 24,50$ kN/m ² (OK Überfahrt Berme OW)
	$q_{GW,4v,k}$	$= 0,05 \times 24,50$	$= 1,23$ kN/m ² (OK Überfahrt Berme OW)
	$q_{GW,4A,k}$	$= 24,5 \times 0,50$	$= 12,25$ kN/m (Auflast Überfahrt Berme OW)
	$q_{GW,5h,k}$	$= 10 \times (280,60 - 264,30)$	$= 163,00$ kN/m ² (Beginn Tosbecken)
	$q_{GW,5v,k}$	$= 0,05 \times (163,0 - 14,00)$	$= 7,45$ kN/m ² (Beginn Tosbecken)



UW:

$$q_{GW,6h,k} = 10 \times (271,65 - 264,30) = 73,50 \text{ kN/m}^2 \text{ (Tosbecken bei Sporn)}$$

$$q_{GW,6v,k} = 0,05 \times (73,50 - 14,0) = 2,98 \text{ kN/m}^2 \text{ (Tosbecken bei Sporn)}$$

$$q_{GW,7h,k} = 10 \times (271,50 - 264,30) = 72,00 \text{ kN/m}^2 \text{ (Ende Tosbecken unten)}$$

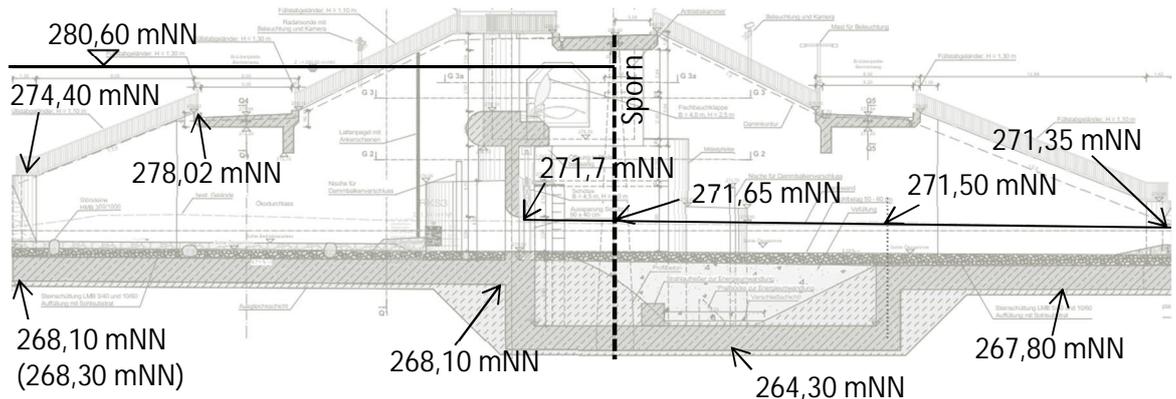
$$q_{GW,7v,k} = 0,05 \times (72,00 - 14,00) = 2,90 \text{ kN/m}^2 \text{ (Ende Tosbecken unten)}$$

$$q_{GW,8h,k} = 10 \times (271,50 - 267,80) = 37,00 \text{ kN/m}^2 \text{ (Ende Tosbecken oben)}$$

$$q_{GW,8v,k} = 0,05 \times (37,00 - 14,00) = 1,15 \text{ kN/m}^2 \text{ (Ende Tosbecken oben)}$$

$$q_{GW,9h,k} = 10 \times (271,35 - 267,80) = 35,50 \text{ kN/m}^2 \text{ (Auslaufbereich)}$$

$$q_{GW,9v,k} = 0,05 \times (35,5 - 14,00) = 1,08 \text{ kN/m}^2 \text{ (Auslaufbereich)}$$



In der FE-Berechnung wird die Bodenplatte bis zur Unterkante generiert.

Auf der sicheren Seite liegend wird die Bodenplatte im Einlaufbereich horizontal abgebildet und die Lasten für die fiktive 20 cm tiefer liegende Bodenplatte im Einlaufbereich bemessen.

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: $Z_v = +280,60$ mNN

Unterwasser: OK Trennwand im Betriebsauslass

(Höhe im Bereich des Tosbeckens: max. ca. 6,00 m, im Auslaufbereich: $\leq 2,15$ m)

Im Ökodurchlass wird der Wasserdruck entsprechend der OK der Trennwand an deren 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:

$$q_{KW,1,k} \approx 10 \times (280,60 - 274,40) = 62,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,2,k} \approx 10 \times (280,60 - 270,40) = 102,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,3,k} \approx 10 \times (280,60 - 278,02) = 25,80 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,4,k} \approx 10 \times (280,60 - 278,15) = 24,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,5,k} \approx 10 \times (280,60 - 270,00) = 106,00 \text{ kN/m}^2$$

Tosbecken:

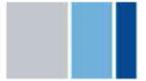
$$q_{KW,11,k} \approx 10 \times (271,70 - 270,00) = 17,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,12,k} \approx 10 \times (271,65 - 266,00) = 56,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,13,k} \approx 10 \times (271,50 - 269,80) = 17,00 \text{ kN/m}^2$$

Auslaufbereich:

$$q_{KW,21,k} \approx 10 \times (271,35 - 269,80) = 15,50 \text{ kN/m}^2$$



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.

$$q_{KW,31,k} \approx 10 \times (280,60 - 274,40) = 62,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,32,k} \approx 10 \times (280,60 - 269,50) = 111,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,33,k} \approx 10 \times (280,60 - 278,02) = 25,80 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,34,k} \approx 10 \times (280,60 - 278,15) = 24,50 \text{ kN/m}^2$$

Tosbecken:

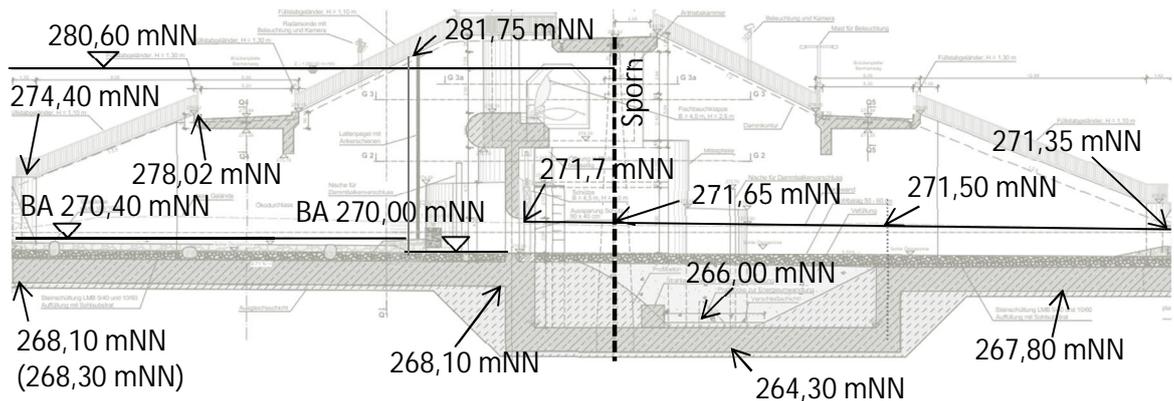
$$q_{KW,41,k} \approx 10 \times (271,35 - 269,50) = 18,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{KW,42,k} \approx 10 \times (271,35 - 266,00) = 53,50 \text{ kN/m}^2$$

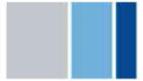
$$q_{KW,43,k} \approx 10 \times (271,35 - 269,20) = 21,50 \text{ kN/m}^2$$

Auslaufbereich:

$$q_{KW,51,k} \approx 10 \times (271,35 - 269,20) = 21,50 \text{ kN/m}^2$$



Auf der sicheren Seite liegend wird die Bodenplatte im Einlaufbereich horizontal abgebildet und die Lasten für die fiktive 20 cm tiefer liegende Bodenplatte im Einlaufbereich bemessen.



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.

$$\begin{aligned} \text{Stauwand oberwassers.:} \quad q_{KW,61,k} &= (280,60 - 278,10) \times 10,0 &= 25,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{KW,62,k} &= (280,60 - 272,00) \times 10,0 &= 86,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{KW,63,k} &= (280,60 - 269,50) \times 10,0 &= 111,00 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Schütz:

Es wird angenommen, dass beim BHW das Schütz des Betriebsauslasses bis auf UK +272,00 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:

$$\begin{aligned} \text{Schütz ÖKO-Durchlass:} \quad q_{KW,71,k} &= 86,0 \times 4,50/2 &= 193,50 \text{ kN/m} \\ q_{KW,72,k} &= 111,0 \times 4,50/2 &= 249,75 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Trennpfeiler unterwassers.:

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

$$\begin{aligned} \text{Betriebsauslass:} \quad q_{KW,81,k} &= (271,65 - 266,00) \times 10,0 \times 1,15 &= 64,98 \text{ kN/m} \\ \text{Ökodurchlass:} \quad q_{KW,82,k} &= (271,35 - 266,00) \times 10,0 \times 1,15 &= 61,53 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Fischbauchklappen:

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

$$\begin{aligned} \text{aus Fischbauchklappe:} \quad q_{KW,91,k} &= (280,60 - 278,10)^2 \times 10,0/2 &= 31,25 \text{ kN/m} \\ m_{KW,91,k} &= 31,25 \times (2,50/2 + 0,60) &= 57,81 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

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 Sohl drainage 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

Erdruhedruck

Der Erdruhedruckbeiwert ist abhängig von der Wandneigung α und der Böschungsneigung β . Er wird nach DIN 4085, Abschnitt 8 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°
Geländeneigung:	β	=	0°

Im Falle einer geneigten Wand und eines waagerechten Geländes gilt gemäß Gl. (57), DIN 4085:

$$\text{Erddruckbeiwert } K_{0gh} = \left[\frac{1+K_{0g}}{2} - \frac{1-K_{0g}}{2} \cdot \cos 2\alpha \right] = \left[\frac{1+0,5}{2} - \frac{1-0,5}{2} \cdot \cos 2 \cdot 2,86^\circ \right] = 0,501$$

Vertikalanteil: Auflast aus dem Erdkeil über der Wand

Bereich Flügelwände:

Wandneigung:	α	=	0,00°
Geländeneigung:	$\beta_1 \approx \arctan(3,62/9,05)$	=	21,80° (Einlaufseite)
	$\beta_2 \approx \arctan(5,12/12,98)$	=	21,53° (Auslaufseite)

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

Der Erddruckbeiwert wird nach DIN 4085, Abs. 8.1.2 ermittelt.

$$K_{0gh,\beta=0} = 1 - \sin \varphi = 1 - \sin 30^\circ = 0,5$$

$$K_{0gh,\beta=\varphi} = \cos^2 \varphi = \cos^2 30^\circ = 0,75$$

$$\Rightarrow K_{0gh,\beta=21,8^\circ} = 0,682$$

Zusätzlich zum Horizontalanteil des Erddruckes (Berücksichtigung des Erdruhedruckes) wird die Erdaulast auf die geneigte Wandfläche berücksichtigt.

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.14



Aktiver Erddruck

Der aktive Erddruckbeiwert ist abhängig von der Wandneigung α und der Böschungsneigung β . Er wird nach DIN 4085, Abschnitt 6 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:

$$\begin{aligned} \text{Wandneigung:} & \quad \alpha = 0,00^\circ \\ \text{Geländeneigung:} & \quad \beta_1 \approx \arctan(3,62/9,05) = 21,80^\circ \text{ (Einlaufseite)} \\ & \quad \beta_2 \approx \arctan(5,12/12,98) = 21,53^\circ \text{ (Auslaufseite)} \end{aligned}$$

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

$$\text{Neigungswinkel Erddruck:} \quad \delta_a = 0,5 \times \varphi = 0,5 \times 30^\circ = 15,0^\circ$$

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

$$K_{agh} = \left[\frac{\cos(30^\circ)}{1 \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(30^\circ + 15^\circ) \cdot \sin(30^\circ - 21,80^\circ)}{\cos(-21,80^\circ) \cdot \cos(15^\circ)}} \right)} \right]^2 = 0,421$$

$$K_{agv} = K_{agh} \cdot \tan(\delta_a + \alpha) = 0,421 \cdot \tan(15^\circ) = 0,113$$



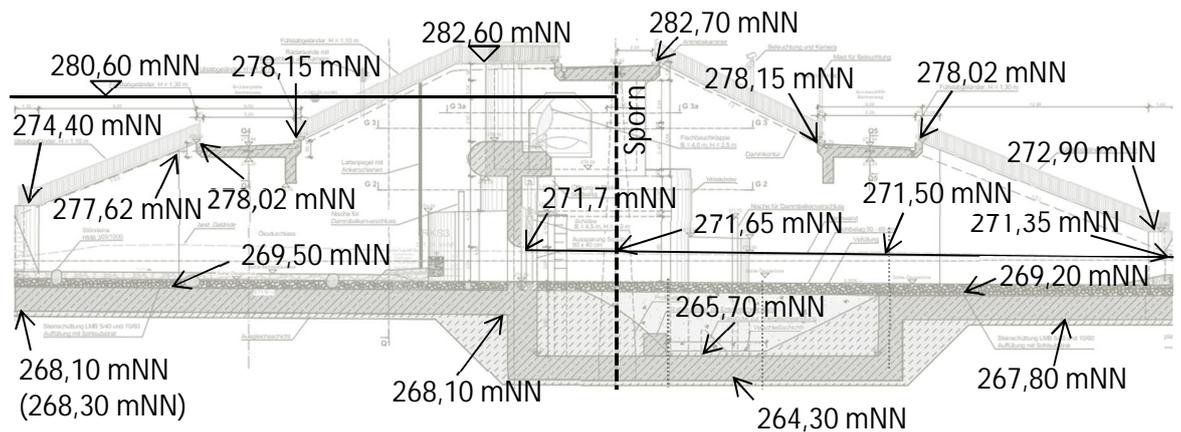
BS-P-1, BS-P-2, BS-P-3

Betriebsfall HRB - Bemessungswasserstand Z_v :

Oberwasser: $Z_v = +280,60$ mNN

Unterwasser: OK Trennwand im Betriebsauslass

(Höhe im Bereich des Tosbeckens: max. ca. 7,40 m,
im Auslaufbereich: max. ca. 3,70 m)



In der FE-Berechnung wird die Bodenplatte bis zur Unterkante generiert.

Der Vertikalanteil wirkt nur auf den geneigten Bereich.

Auf der sicheren Seite liegend wird die Bodenplatte im Einlaufbereich horizontal abgebildet und die Lasten für die fiktive 20 cm tiefer liegende Bodenplatte im Einlaufbereich bemessen.

Erdruehdruck aus Bodeneigengewicht:

Flügelwände Einlaufbereich:

$$q_{E0,1,k} = 0,682 \times 10 \times (274,40 - 268,10) = 42,97 \text{ kN/m}^2$$

Einlaufbereich:

$$q_{E0,2,k} = 0,50 \times 10 \times (274,40 - 268,10) = 31,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,3,k} = 0,50 \times 10 \times (277,62 - 268,10) = 47,60 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) OW:

$$q_{E0,4,k} = 0,50 \times 10 \times (278,02 - 268,10) = 49,60 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,5,k} = 0,50 \times 10 \times (278,15 - 268,10) = 50,25 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) OW bis Dammkrone:

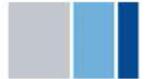
$$q_{E0,6,k} = 0,50 \times 10 \times (280,60 - 268,10) = 62,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,7,k} = 0,50 \times 20 \times (282,60 - 280,60) = 20,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,8,k} = 0,50 \times [20 \times (282,60 - 280,60) + 10 \times (280,60 - 268,10)] = 82,50 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone bis Versprung Bodenplatte in das Tosbecken:

$$q_{E0,9,k} = 0,50 \times [20 \times (282,60 - 280,60) + 10 \times (280,60 - 268,10)] = 82,50 \text{ kN/m}^2$$



Bereich Dammkrone ab Versprung in das Tosbecken bis Flügelwand Umläufigkeitsschutz:

$$q_{E0,10,k} = 0,50 \times 20 \times (282,60 - 280,60) = 20,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,11,k} = 0,50 \times [20 \times (282,60 - 280,60) + 10 \times (280,60 - 264,30)] = 101,50 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone ab Flügelwand Umläufigkeitsschutz:

$$q_{E0,12,k} = 0,50 \times 20 \times (282,70 - 271,65) = 110,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,13,k} = 0,50 \times [20 \times (282,70 - 271,65) + 10 \times (271,65 - 264,30)] = 147,25 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) UW:

$$q_{E0,14,k} = 0,50 \times 20 \times (278,15 - 271,50) = 66,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,15,k} = 0,50 \times [20 \times (278,15 - 271,50) + 10 \times (271,50 - 264,30)] = 102,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,16,k} = 0,50 \times 20 \times (278,02 - 271,50) = 65,20 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,17,k} = 0,50 \times [20 \times (278,02 - 271,50) + 10 \times (271,50 - 267,80)] = 83,70 \text{ kN/m}^2$$

Auslaufbereich ab Versprung Bodenplatte (Tosbecken):

$$q_{E0,18,k} = 0,50 \times 20 \times (277,62 - 271,50) = 61,20 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,19,k} = 0,50 \times [20 \times (277,62 - 271,50) + 10 \times (271,50 - 267,80)] = 79,70 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,20,k} = 0,50 \times 20 \times (272,90 - 271,35) = 15,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,21,k} = 0,50 \times [20 \times (272,90 - 271,35) + 10 \times (271,35 - 267,80)] = 33,25 \text{ kN/m}^2$$

Flügelwände Auslaufbereich:

$$q_{E0,22,k} = 0,682 \times 20 \times (272,90 - 271,35) = 21,14 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,23,k} = 0,682 \times [20 \times (272,90 - 271,35) + 10 \times (271,35 - 267,80)] = 45,35 \text{ kN/m}^2$$

Verfüllung Tosbecken Ökodurchlass:

$$q_{E0,31,k} = 0,50 \times 10 \times (269,40 - 266,00) = 17,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,32,k} = 0,50 \times 10 \times (269,30 - 266,00) = 16,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,33,k} = 0,50 \times 10 \times (306,39 - 304,89) = 7,50 \text{ kN/m}^2$$

Erdauflast:

Flügelwände Einlaufbereich:

Auflast auf Fundamentplatte:

$$q_{1,k} = 10 \times (274,4 - 269,50) = 49,0 \text{ kN/m}^2$$

Einlaufbereich:

$$q_{2,k} = 10 \times (274,40 - 269,50) \times \tan 2,86^\circ = 2,45 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{3,k} = 10 \times (277,62 - 269,50) \times \tan 2,86^\circ = 4,06 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) OW:

$$q_{4,k} = 10 \times (278,02 - 269,50) \times \tan 2,86^\circ = 4,26 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{5,k} = 10 \times (278,15 - 269,50) \times \tan 2,86^\circ = 4,32 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) OW bis Dammkrone:

$$q_{6,k} = 10 \times (280,60 - 269,50) \times \tan 2,86^\circ = 5,55 \text{ kN/m}^2$$



Bereich Dammkrone bis Versprung Bodenplatte in das Tosbecken:

$$q_{7,k} = 20 \times (282,60 - 280,60) \times \tan 2,86^\circ = 2,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{8,k} = [20 \times (282,60 - 280,60) + 10 \times (280,60 - 269,50)] \times \tan 2,86^\circ = 7,54 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone ab Versprung in das Tosbecken bis Flügelwand Umläufigkeitsschutz:

$$q_{9,k} = [20 \times (282,60 - 280,60) + 10 \times (280,60 - 265,70)] \times \tan 2,86^\circ = 9,44 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone ab Flügelwand Umläufigkeitsschutz:

$$q_{10,k} = 20 \times (282,70 - 271,65) \times \tan 2,86^\circ = 11,04 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{11,k} = [20 \times (282,70 - 271,65) + 10 \times (271,65 - 265,70)] \times \tan 2,86^\circ = 14,01 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) UW:

$$q_{12,k} = 20 \times (278,15 - 271,50) \times \tan 2,86^\circ = 6,64 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{13,k} = [20 \times (278,15 - 271,50) + 10 \times (271,50 - 265,70)] \times \tan 2,86^\circ = 9,54 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{14,k} = 20 \times (278,02 - 271,50) \times \tan 2,86^\circ = 6,51 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{15,k} = [20 \times (278,02 - 271,50) + 10 \times (271,50 - 269,20)] \times \tan 2,86^\circ = 7,66 \text{ kN/m}^2$$

Auslaufbereich ab Versprung Bodenplatte (Tosbecken):

$$q_{16,k} = 20 \times (277,62 - 271,50) \times \tan 2,86^\circ = 6,11 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{17,k} = [20 \times (277,62 - 271,50) + 10 \times (271,50 - 269,20)] \times \tan 2,86^\circ = 7,26 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{18,k} = 20 \times (272,90 - 271,35) \times \tan 2,86^\circ = 1,55 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{19,k} = [20 \times (272,90 - 271,35) + 10 \times (271,35 - 269,20)] \times \tan 2,86^\circ = 2,62 \text{ kN/m}^2$$

Flügelwände Auslaufbereich:

$$q_{20,k} = [20 \times (272,90 - 271,35) + 10 \times (271,35 - 269,20)] = 52,50 \text{ kN/m}^2$$

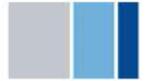
Erdruhedruck aus Verkehrslasten auf der Fahrspur

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

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

$$q_{E0,51,k} = 0,50 \times 10,0 = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,52,k} = 0,682 \times 10,0 = 6,82 \text{ kN/m}^2$$



BS-P-4

Normalfall:

Auf der sicheren Seite liegend wird kein Wasserdruck berücksichtigt.

Erdruehdruck aus Bodeneigengewicht:

Flügelwände Einlaufbereich:

$$q_{E0,1,k} = 0,682 \times 20 \times (274,40 - 268,10) = 85,93 \text{ kN/m}^2$$

Einlaufbereich:

$$q_{E0,2,k} = 0,50 \times 20 \times (274,40 - 268,10) = 63,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,3,k} = 0,50 \times 20 \times (277,62 - 268,10) = 95,20 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) OW:

$$q_{E0,4,k} = 0,50 \times 20 \times (278,02 - 268,10) = 99,20 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,5,k} = 0,50 \times 20 \times (278,15 - 268,10) = 100,50 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) OW bis Dammkrone:

$$q_{E0,6,k} = 0,50 \times 20 \times (282,60 - 268,10) = 145,00 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone ab Versprung in das Tosbecken bis Flügelwand Umläufigkeitsschutz:

$$q_{E0,7,k} = 0,50 \times 20 \times (282,60 - 264,30) = 183,00 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone ab Flügelwand Umläufigkeitsschutz:

$$q_{E0,8,k} = 0,50 \times 20 \times (282,70 - 264,30) = 184,00 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) UW:

$$q_{E0,9,k} = 0,50 \times 20 \times (278,15 - 264,30) = 138,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,10,k} = 0,50 \times 20 \times (278,02 - 267,80) = 103,50 \text{ kN/m}^2$$

Auslaufbereich ab Versprung Bodenplatte (Tosbecken):

$$q_{E0,11,k} = 0,50 \times 20 \times (277,62 - 267,80) = 98,20 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,12,k} = 0,50 \times 20 \times (272,90 - 267,80) = 51,00 \text{ kN/m}^2$$

Flügelwände Auslaufbereich:

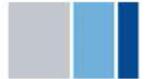
$$q_{E0,13,k} = 0,682 \times 20 \times (272,90 - 267,80) = 69,56 \text{ kN/m}^2$$

Verfüllung Tosbecken Ökodurchlass:

$$q_{E0,31,k} = 0,50 \times 20 \times (269,40 - 266,00) = 34,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,32,k} = 0,50 \times 20 \times (269,30 - 266,00) = 33,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,33,k} = 0,50 \times 20 \times (306,39 - 304,89) = 15,00 \text{ kN/m}^2$$



Erdauflast:

Flügelwände Einlaufbereich:

Auflast auf Fundamentplatte:

$$q_{1,k} = 20 \times (274,4 - 269,50) = 98,0 \text{ kN/m}^2$$

Einlaufbereich:

$$q_{2,k} = 20 \times (274,40 - 269,50) \times \tan 2,86^\circ = 4,90 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{3,k} = 20 \times (277,62 - 269,50) \times \tan 2,86^\circ = 8,12 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) OW:

$$q_{4,k} = 20 \times (278,02 - 269,50) \times \tan 2,86^\circ = 8,52 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{5,k} = 20 \times (278,15 - 269,50) \times \tan 2,86^\circ = 8,64 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone bis Versprung Bodenplatte in das Tosbecken:

$$q_{6,k} = 20 \times (282,60 - 269,50) \times \tan 2,86^\circ = 13,09 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone ab Versprung in das Tosbecken bis Flügelwand Umläufigkeitsschutz:

$$q_{7,k} = 20 \times (282,60 - 265,70) \times \tan 2,86^\circ = 16,89 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Dammkrone ab Flügelwand Umläufigkeitsschutz:

$$q_{8,k} = 20 \times (282,70 - 265,70) \times \tan 2,86^\circ = 16,99 \text{ kN/m}^2$$

Bereich Berme (Überfahrt) UW:

$$q_{9,k} = 20 \times (278,15 - 265,70) \times \tan 2,86^\circ = 12,44 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{10,k} = 20 \times (278,02 - 269,20) \times \tan 2,86^\circ = 8,94 \text{ kN/m}^2$$

Auslaufbereich ab Versprung Bodenplatte (Tosbecken):

$$q_{11,k} = 20 \times (277,62 - 269,20) \times \tan 2,86^\circ = 8,41 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{12,k} = 20 \times (272,90 - 269,20) \times \tan 2,86^\circ = 3,70 \text{ kN/m}^2$$

Flügelwände Auslaufbereich:

$$q_{13,k} = 20 \times (272,90 - 269,20) = 74,00 \text{ kN/m}^2$$

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 $q = 10 \text{ kN/m}^2$

$$q_{E0,51,k} = 0,50 \times 10,0 = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E0,52,k} = 0,682 \times 10,0 = 6,82 \text{ kN/m}^2$$



BS-T-1

Der Verdichtungserddruck wird entsprechend DIN 4085, Abschnitt 11, Tabelle 5 und Bild 13 angesetzt.

Auszug aus DIN 4085, Abschnitt 11:

Tabelle 5 — Angaben zum Ansatz des Verdichtungserddrucks nach Bild 13 bei intensiver und bei leichter Verdichtung [7]

Nachgiebigkeit der Wand	Intensive Verdichtung		Leichte Verdichtung mit Vibrationsplatten mit einer Betriebsmasse von ≤ 250 kg
	Breite des zu verfüllenden Raumes B $\leq 1,00$ m	$\geq 2,50$ m	
nachgiebig	$e_{vh} = 25 \text{ kN/m}^2$	$z_a = 2,00$ m	$e_{vh} = 15 \text{ kN/m}^2$ $z_a = 2,00$ m
unnachgiebig	$e_{vh} = 40 \text{ kN/m}^2$	$e_{vh} = 25 \text{ kN/m}^2$	$e_{vh} = 15 \text{ kN/m}^2$
	für Zwischenwerte von B darf geradlinig interpoliert werden		

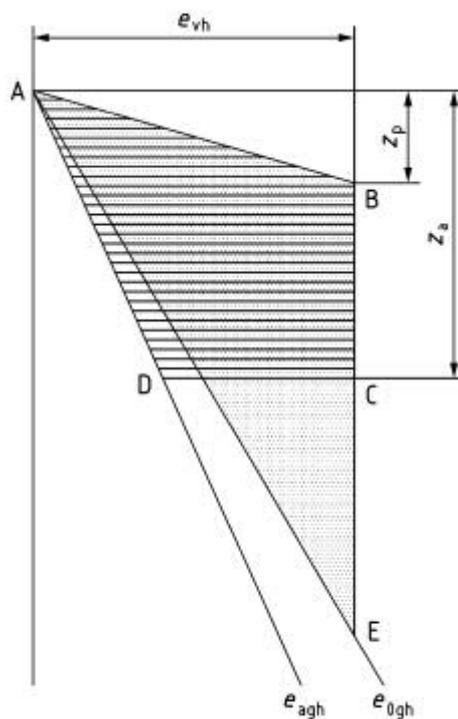


Bild 13 — Ansatz des Verdichtungserddrucks

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 $B \geq 2,50$ m. Aus Tabelle 5 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 Verdichtungserdrucks 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 Verdichtungserdrucks wird die Fläche ABE nach Bild 13 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.

Erdruehdruck aus Bodeneigengewicht:

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

Längswände:

$$\begin{aligned} q_{E0,1,k} &= 0,50 \times 20 \times 0,42 &= & 4,20 \text{ kN/m}^2 \\ \Delta q_{E0v,1,k} &= 25,00 - 4,20 &= & 20,80 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Ermittlung der Tiefe z_E für den Punkt E:

$$\begin{aligned} q_{E0,z,k} &= 0,50 \times 20 \times z_E &= & 25,00 \text{ kN/m}^2 \\ z_E &= 25,00 / [20 \times 0,50] &= & 2,50 \text{ m} \end{aligned}$$

Flügelwände:

$$\begin{aligned} q_{E0,1,k} &= 0,682 \times 20 \times 0,42 &= & 5,73 \text{ kN/m}^2 \\ \Delta q_{E0v,1,k} &= 25,00 - 5,73 &= & 19,27 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Ermittlung der Tiefe z_E für den Punkt E:

$$\begin{aligned} q_{E0,z,k} &= 0,682 \times 20 \times z_E &= & 25,00 \text{ kN/m}^2 \\ z_E &= 25,00 / [20 \times 0,682] &= & 1,83 \text{ m} \end{aligned}$$

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:

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

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

$$K_{0gh} = 0,50 > K_{agh, \text{Erdbeben}}$$

Der Erdruehdruckbeiwert 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.

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.23



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 ($h_0 = 80 \text{ cm}$)

$$h_u \leq 165 \text{ cm: } A_{sl} \leq 3,2 \times 100 \times 165^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 155) = 20,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Außenwände Bereich Stauwand ($h_0 = 80 \text{ cm}$)

$$h_u \leq 145 \text{ cm: } A_{sl} \leq 3,2 \times 100 \times 145^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 135) = 18,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Außenwände Bereich Berme OW ($h_0 = 50 \text{ cm}$)

$$h_u \leq 115 \text{ cm: } A_{sl} \leq 3,2 \times 100 \times 115^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 105) = 14,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Außenwände Einlauf OW ($h_0 = 50 \text{ cm}$)

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

Außenwände Bereich Berme UW ($h_0 = 80 \text{ cm}$)

$$h_u \leq 125 \text{ cm: } A_{sl} \leq 3,2 \times 100 \times 125^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 115) = 16,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Außenwände Bereich Berme UW ($h_0 = 50 \text{ cm}$)

$$h_u \leq 95 \text{ cm: } A_{sl} \leq 3,2 \times 100 \times 95^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 85) = 12,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Außenwände Auslauf UW ($h_0 = 50 \text{ cm}$)

$$h_u \leq 70 \text{ cm: } A_{sl} = 3,2 \times 100 \times 70^2 / (6 \times 500 \times 0,9 \times 60) = 9,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Flügelwände ($h_0 = 50 \text{ cm}$)

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



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

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 $\varnothing 20$ mm:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 20 \cdot 2,90/2,40 = 24,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 189,7 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 25$ mm:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 25 \cdot 2,90/2,40 = 30,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 169,7 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 28$ mm:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 28 \cdot 2,90/2,40 = 33,8 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 160,4 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \varnothing 20 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4 / 189,7 &= 43,0 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 16,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (189,7 \times 2) &= 44,3 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \varnothing 25 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4 / 169,7 &= 48,1 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 16,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (169,7 \times 2) &= 49,5 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \varnothing 28 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4 / 160,4 &= 50,9 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 16,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4 / (160,4 \times 2) &= 52,4 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 20 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 154,9 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 25 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 138,6 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 28 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 130,9 \text{ N/mm}^2$$

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

\varnothing 20 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4/154,9$	= 35,1 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
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4/(154,9 \times 2)$	= 36,2 cm ² /m
\varnothing 25 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4/138,6$	= 39,3 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
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4/(138,6 \times 2)$	= 40,4 cm ² /m
\varnothing 28 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,34 \times 1,00 \times 10^4/130,9$	= 41,6 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
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,40 \times 1,00 \times 10^4/(130,9 \times 2)$	= 42,8 cm ² /m



2.3.2.2 Versprungwand Sohle OW/Tosbecken

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

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 20$ mm:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 20 \cdot 2,90/2,40 = 24,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 189,7 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 25$ mm:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 25 \cdot 2,90/2,40 = 30,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 169,7 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 28$ mm:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 28 \cdot 2,90/2,40 = 33,8 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 160,4 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \varnothing 20 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4 / 189,7 &= 46,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 20,4 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (189,7 \times 2) &= 53,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \varnothing 25 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4 / 169,7 &= 52,3 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 20,4 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (169,7 \times 2) &= 60,1 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \varnothing 28 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4 / 160,4 &= 55,4 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 20,4 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4 / (160,4 \times 2) &= 63,6 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 20 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 154,9 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 25 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 138,6 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 28 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 130,9 \text{ N/mm}^2$$

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

\varnothing 20 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4/154,9$	= 38,2 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
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4/(154,9 \times 2)$	= 43,9 cm ² /m
\varnothing 25 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4/138,6$	= 42,7 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
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4/(138,6 \times 2)$	= 49,1 cm ² /m
\varnothing 28 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,37 \times 1,00 \times 10^4/130,9$	= 45,2 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
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,70 \times 1,00 \times 10^4/(130,9 \times 2)$	= 51,9 cm ² /m



2.3.2.3 Außenwände

Außenwände Bereich Dammkrone

Im Anschnitt zur Bodenplatte

$$h \leq 1,65 \text{ m} > 0,80 \text{ m} \Rightarrow k = 0,500$$

$$d_1 \approx (165 - 155) = 10 \text{ cm}$$

$$h/d_1 = 165/10 = 16,5$$

$$h_{c,ef} = [2,5 + (5 - 2,5) \times (16,5 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 36,5 \text{ cm}$$

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

$$\text{Stabdurchmesser } d_s: \quad \varnothing 20 \text{ mm, } \varnothing 25 \text{ mm, } \varnothing 28 \text{ mm}$$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 20$ mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 189,7 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 25$ mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 169,7 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 28$ mm:

$$d_s^* = 28 \cdot 2,90/2,40 = 33,8$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 160,4 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 2,40 \times 0,365 \times 1,00 \times 10^4 / 189,7 = 46,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$> 0,50 \times 2,40 \times 1,65 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) = 19,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,65 \times 1,00 \times 10^4 / (189,7 \times 2) = 52,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 25 \text{ mm: } a_s = 2,40 \times 0,365 \times 1,00 \times 10^4 / 169,7 = 51,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$> 0,50 \times 2,40 \times 1,65 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) = 19,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,65 \times 1,00 \times 10^4 / (169,7 \times 2) = 58,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 28 \text{ mm: } a_s = 2,40 \times 0,365 \times 1,00 \times 10^4 / 160,4 = 54,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$> 0,50 \times 2,40 \times 1,65 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) = 19,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,65 \times 1,00 \times 10^4 / (160,4 \times 2) = 61,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 20 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 154,9 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 25 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 138,6 \text{ N/mm}^2$$

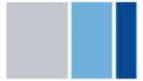
Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 28 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 130,9 \text{ N/mm}^2$$

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

\varnothing 20 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,365 \times 1,00 \times 10^4/154,9$	= 37,7 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,65 \times 1,00 \times 10^4/(500 \times 2)$	= 13,2 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,65 \times 1,00 \times 10^4/(154,9 \times 2)$	= 42,6 cm ² /m
\varnothing 25 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,365 \times 1,00 \times 10^4/138,6$	= 42,2 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,65 \times 1,00 \times 10^4/(500 \times 2)$	= 13,2 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,65 \times 1,00 \times 10^4/(138,6 \times 2)$	= 47,6 cm ² /m
\varnothing 28 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,365 \times 1,00 \times 10^4/130,9$	= 44,6 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,65 \times 1,00 \times 10^4/(500 \times 2)$	= 13,2 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,65 \times 1,00 \times 10^4/(130,9 \times 2)$	= 50,4 cm ² /m



Außenwände Bereich Stauwand

Im Anschnitt zur Bodenplatte

$$h \leq 1,45 \text{ m} > 0,80 \text{ m} \Rightarrow k = 0,500$$

$$d_1 \approx (145 - 135) = 10 \text{ cm}$$

$$h/d_1 = 145/10 = 14,5$$

$$h_{c,ef} = [2,5 + (5 - 2,5) \times (14,5 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 34,5 \text{ cm}$$

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

$$\text{Stabdurchmesser } d_s: \quad \varnothing 20 \text{ mm, } \varnothing 25 \text{ mm, } \varnothing 28 \text{ mm}$$

Oberer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 189,7 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 169,7 \text{ N/mm}^2$$

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

$$d_s^* = 28 \cdot 2,90/2,40 = 33,8$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 160,4 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 2,40 \times 0,345 \times 1,00 \times 10^4 / 189,7 = 43,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$> 0,50 \times 2,40 \times 1,45 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) = 17,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,45 \times 1,00 \times 10^4 / (189,7 \times 2) = 45,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 25 \text{ mm: } a_s = 2,40 \times 0,345 \times 1,00 \times 10^4 / 169,7 = 48,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$> 0,50 \times 2,40 \times 1,45 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) = 17,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,45 \times 1,00 \times 10^4 / (169,7 \times 2) = 51,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 28 \text{ mm: } a_s = 2,40 \times 0,345 \times 1,00 \times 10^4 / 160,4 = 51,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$> 0,50 \times 2,40 \times 1,45 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) = 17,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,45 \times 1,00 \times 10^4 / (160,4 \times 2) = 54,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 20 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 154,9 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 25 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 138,6 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 28 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 130,9 \text{ N/mm}^2$$

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

\varnothing 20 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,345 \times 1,00 \times 10^4/154,9$	= 35,6 cm ² /m
	$> 0,50 \times 1,60 \times 1,45 \times 1,00 \times 10^4/(500 \times 2)$	= 11,6 cm ² /m
	$< 1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,45 \times 1,00 \times 10^4/(154,9 \times 2)$	= 37,4 cm ² /m
\varnothing 25 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,345 \times 1,00 \times 10^4/141$	= 39,8 cm ² /m
	$> 0,50 \times 1,60 \times 1,45 \times 1,00 \times 10^4/(500 \times 2)$	= 11,6 cm ² /m
	$< 1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,45 \times 1,00 \times 10^4/(141 \times 2)$	= 41,9 cm ² /m
\varnothing 28 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,345 \times 1,00 \times 10^4/133$	= 42,2 cm ² /m
	$> 0,50 \times 1,60 \times 1,45 \times 1,00 \times 10^4/(500 \times 2)$	= 11,6 cm ² /m
	$< 1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,45 \times 1,00 \times 10^4/(133 \times 2)$	= 44,3 cm ² /m



Außenwände Bereich Berme UW

Im Anschnitt zur Bodenplatte

$$h \leq 1,25 \text{ m} > 0,80 \text{ m} \Rightarrow k = 0,500$$

$$d_1 \approx (125 - 115) = 10 \text{ cm}$$

$$h/d_1 = 125/10 = 12,5$$

$$h_{c,ef} = [2,5 + (5 - 2,5) \times (12,5 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 32,5 \text{ cm}$$

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

$$\text{Stabdurchmesser } d_s: \quad \varnothing 20 \text{ mm, } \varnothing 25 \text{ mm, } \varnothing 28 \text{ mm}$$

Oberer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 189,7 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 169,7 \text{ N/mm}^2$$

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

$$d_s^* = 28 \cdot 2,90/2,40 = 33,8$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 160,4 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 2,40 \times 0,325 \times 1,00 \times 10^4 / 189,7 = 41,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$> 0,50 \times 2,40 \times 1,25 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) = 15,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,25 \times 1,00 \times 10^4 / (189,7 \times 2) = 39,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 25 \text{ mm: } a_s = 2,40 \times 0,325 \times 1,00 \times 10^4 / 169,7 = 46,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$> 0,50 \times 2,40 \times 1,25 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) = 15,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,25 \times 1,00 \times 10^4 / (169,7 \times 2) = 44,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 28 \text{ mm: } a_s = 2,40 \times 0,325 \times 1,00 \times 10^4 / 160,4 = 48,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$> 0,50 \times 2,40 \times 1,25 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) = 15,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,25 \times 1,00 \times 10^4 / (160,4 \times 2) = 46,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 20 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 154,9 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 25 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 138,6 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 28 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 130,9 \text{ N/mm}^2$$

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

\varnothing 20 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,325 \times 1,00 \times 10^4/154,9$	= 33,6 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,25 \times 1,00 \times 10^4/(500 \times 2)$	= 12,0 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,25 \times 1,00 \times 10^4/(157 \times 2)$	= 32,3 cm ² /m
\varnothing 25 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,325 \times 1,00 \times 10^4/138,6$	= 37,5 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,25 \times 1,00 \times 10^4/(500 \times 2)$	= 12,0 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,25 \times 1,00 \times 10^4/(138,6 \times 2)$	= 36,1 cm ² /m
\varnothing 28 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,325 \times 1,00 \times 10^4/130,9$	= 39,7 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,25 \times 1,00 \times 10^4/(500 \times 2)$	= 12,0 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,25 \times 1,00 \times 10^4/(130,9 \times 2)$	= 38,2 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 : $\varnothing 16 \text{ mm}, \varnothing 20 \text{ mm}$

Oberer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{19,3}} = 212,1 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 189,7 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\varnothing 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 2,40 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (212,1 \times 2) = 22,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 2,40 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (189,7 \times 2) = 25,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{29,0}} = 173,2 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 154,9 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\varnothing 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 1,60 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (173,2 \times 2) = 18,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 1,60 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (154,9 \times 2) = 20,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Außenwände Bereich Berme OW

Im Anschnitt zur Bodenplatte

$$\begin{aligned}
 d_1 &\approx (115 - 105) &&= 10 \text{ cm} \\
 h/d_1 &= 115/10 &&= 11,5 \\
 h_{c,ef} &= [2,5 + (5 - 2,5) \times (11,5 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 31,5 \text{ cm} \\
 \text{Rissbreite:} &&&w_k = 0,25 \text{ mm} \\
 \text{Stabdurchmesser } d_s: &&&\varnothing 20 \text{ mm, } \varnothing 25 \text{ mm, } \varnothing 28 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 20$ mm:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 20 \cdot 2,90/2,40 = 24,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 189,7 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 25$ mm:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 25 \cdot 2,90/2,40 = 30,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 169,7 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 28$ mm:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 28 \cdot 2,90/2,40 = 33,8 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 160,4 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \varnothing 20 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,315 \times 1,00 \times 10^4 / 189,7 &&= 39,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,15 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &&= 13,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,15 \times 1,00 \times 10^4 / (189,7 \times 2) &&= 36,4 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \varnothing 25 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,315 \times 1,00 \times 10^4 / 169,7 &&= 44,6 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,15 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &&= 13,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,15 \times 1,00 \times 10^4 / (169,7 \times 2) &&= 40,7 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \varnothing 28 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,315 \times 1,00 \times 10^4 / 160,4 &&= 47,1 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,15 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &&= 12,6 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,15 \times 1,00 \times 10^4 / (160,4 \times 2) &&= 43,0 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 20 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 154,9 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 25 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 138,6 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 28 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 130,9 \text{ N/mm}^2$$

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

\varnothing 20 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,315 \times 1,00 \times 10^4/154,9$	= 32,5 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,15 \times 1,00 \times 10^4/(500 \times 2)$	= 9,2 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,15 \times 1,00 \times 10^4/(154,9 \times 2)$	= 29,7 cm ² /m
\varnothing 25 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,315 \times 1,00 \times 10^4/138,6$	= 36,4 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,15 \times 1,00 \times 10^4/(500 \times 2)$	= 9,2 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,15 \times 1,00 \times 10^4/(138,6 \times 2)$	= 33,2 cm ² /m
\varnothing 28 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,315 \times 1,00 \times 10^4/130,9$	= 38,5 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 1,15 \times 1,00 \times 10^4/(500 \times 2)$	= 8,4 cm ² /m
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,15 \times 1,00 \times 10^4/(130,9 \times 2)$	= 35,1 cm ² /m



Außenwände Einlauf OW / Außenwände Auslauf UW

Im Anschnitt zur Bodenplatte

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

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

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

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

Oberer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{19,3}} = 212,1 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 189,7 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\varnothing 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 2,40 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (212,1 \times 2) = 21,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 2,40 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (189,7 \times 2) = 25,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{29,0}} = 173,2 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 154,9 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\varnothing 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 1,60 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (173,2 \times 2) = 17,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 1,60 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (154,9 \times 2) = 20,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$



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 : $\varnothing 14 \text{ mm}, \varnothing 16 \text{ mm}$

Oberer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{16,9}} = 226,8 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{19,3}} = 212,1 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\varnothing 14 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (226,8 \times 2) = 18,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (212,1 \times 2) = 19,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{25,4}} = 185,2 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{29,0}} = 173,2 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\varnothing 14 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (188 \times 2) = 14,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (176 \times 2) = 15,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$



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 : $\varnothing 14 \text{ mm}, \varnothing 16 \text{ mm}$

Oberer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{16,9}} = 226,8 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{19,3}} = 212,1 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\varnothing 14 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (226,8 \times 2) = 18,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (212,1 \times 2) = 19,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{25,4}} = 185,2 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{29,0}} = 173,2 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\varnothing 14 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (185,2 \times 2) = 14,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (173,2 \times 2) = 15,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$



2.3.2.4 Brückenplatte Dammkronenweg

Oberseite

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

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

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

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

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

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

Oberer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{24,2}} = 169,7 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{30,2}} = 151,8 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 2,40 \times 0,286 \times 1,00 \times 10^4 / 169,7 = 40,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

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

$$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (169,7 \times 2) = 30,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 25 \text{ mm: } a_s = 2,40 \times 0,286 \times 1,00 \times 10^4 / 151,8 = 45,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

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

$$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (151,8 \times 2) = 34,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 20 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{36,3}} = 138,6 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 25 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{45,3}} = 123,9 \text{ N/mm}^2$$

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

\varnothing 20 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,286 \times 1,00 \times 10^4 / 138,6$	= 33,1 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
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (138,6 \times 2)$	= 24,8 cm ² /m
\varnothing 25 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,286 \times 1,00 \times 10^4 / 123,9$	= 36,9 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
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (123,9 \times 2)$	= 27,8 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 $\varnothing 20 \text{ mm}$:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 189,7 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 169,7 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 2,40 \times 0,286 \times 1,00 \times 10^4 / 189,7 = 36,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

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

$$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (189,7 \times 2) = 27,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 25 \text{ mm: } a_s = 2,40 \times 0,286 \times 1,00 \times 10^4 / 169,7 = 40,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

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

$$< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4 / (169,7 \times 2) = 30,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 20 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 154,9 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 25 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 138,6 \text{ N/mm}^2$$

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

\varnothing 20 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,286 \times 1,00 \times 10^4/154,9$	= 29,5 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
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4/(154,9 \times 2)$	= 22,2 cm ² /m
\varnothing 25 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,286 \times 1,00 \times 10^4/138,6$	= 33,0 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
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 0,86 \times 1,00 \times 10^4/(138,6 \times 2)$	= 24,8 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 $\emptyset 20 \text{ mm}$:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{24,2}} = 169,7 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{30,2}} = 151,8 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 2,40 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (169,7 \times 2) = 28,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 25 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 2,40 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (151,8 \times 2) = 31,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{36,3}} = 138,6 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{45,3}} = 123,9 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 1,60 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (138,6 \times 2) = 23,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 25 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 1,60 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (123,9 \times 2) = 25,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$



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 : $\varnothing 20 \text{ mm}, \varnothing 25 \text{ mm}$

Oberer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 189,7 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 169,7 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 2,40 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (189,7 \times 2) = 25,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 25 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 2,40 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (169,7 \times 2) = 28,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 154,9 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 138,6 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 1,60 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (154,9 \times 2) = 20,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 25 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,530 \times 1,60 \times 0,75 \times 1,00 \times 10^4 / (138,6 \times 2) = 23,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$



2.3.2.6 Stauwand

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

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

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

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

Oberer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{19,3}} = 212,1 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 189,7 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\varnothing 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 2,40 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (212,1 \times 2) = 22,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 2,40 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (189,7 \times 2) = 25,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{29,0}} = 173,2 \text{ N/mm}^2$$

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

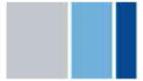
$$d_s^* = 20 \cdot 2,90/1,60 = 36,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 154,9 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\varnothing 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 1,60 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (173,2 \times 2) = 18,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 1,60 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (154,9 \times 2) = 20,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$



2.3.2.7 Staubalken

$$\begin{aligned}
 h &= 2,00 \text{ m} > 0,80 \text{ m} \Rightarrow k = 0,500 \\
 d_1 &\approx (200 - 190) &= 10 \text{ cm} \\
 h/d_1 &= 200/10 &= 20,0 \\
 h_{c,ef} &= [2,5 + (5 - 2,5) \times (20,0 - 5)/(30 - 5)] \times 10 = 40,0 \text{ cm} \\
 \text{Rissbreite: } w_k &= 0,25 \text{ mm} \\
 \text{Stabdurchmesser } d_s &: \quad \varnothing 20 \text{ mm, } \varnothing 25 \text{ mm, } \varnothing 28 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Oberer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 20$ mm:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 20 \cdot 2,90/2,40 = 24,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 189,7 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 25$ mm:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 25 \cdot 2,90/2,40 = 30,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 169,7 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Zulässige Stahlspannung bei $\varnothing 28$ mm:

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 28 \cdot 2,90/2,40 = 33,8 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 160,4 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

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

Die Bewehrung wird auf dem Umfang des gesamten Querschnitts verteilt.

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

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

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

$$\begin{aligned}
 \varnothing 20 \text{ mm: } A_s &= 2,40 \times 4,64 \times 10^4/189,7 &= 587,0 \text{ cm}^2 \\
 a_s &= 587,0/11,61 &= 50,6 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 7,97 \times 10^4/500 &= 191,3 \text{ cm}^2 \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 7,97 \times 10^4/189,7 &= 504,2 \text{ cm}^2 \\
 \varnothing 25 \text{ mm: } A_s &= 2,40 \times 4,64 \times 1,00 \times 10^4/169,7 &= 656,2 \text{ cm}^2 \\
 a_s &= 656,2/11,61 &= 56,5 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 7,97 \times 10^4/500 &= 191,3 \text{ cm}^2 \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 7,97 \times 10^4/169,7 &= 563,6 \text{ cm}^2 \\
 \varnothing 28 \text{ mm: } A_s &= 2,40 \times 4,64 \times 1,00 \times 10^4/160,4 &= 694,3 \text{ cm}^2 \\
 a_s &= 694,3/11,61 &= 59,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 7,97 \times 10^4/500 &= 191,3 \text{ cm}^2 \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 7,97 \times 10^4/160,4 &= 596,3 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 20 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 154,9 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 25 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 138,6 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 28 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 130,9 \text{ N/mm}^2$$

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

Die Bewehrung wird auf dem Umfang des gesamten Querschnitts verteilt.

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

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

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

\varnothing 20 mm:	$A_s = 1,60 \times 4,64 \times 10^4/154,9$	= 479,3 cm ²
	$a_s = 479,3/11,61$	= 41,3 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 7,97 \times 10^4/500$	= 127,5 cm ²
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 7,97 \times 10^4/154,9$	= 411,6 cm ²
\varnothing 25 mm:	$A_s = 1,60 \times 4,64 \times 1,00 \times 10^4/138,6$	= 535,6 cm ²
	$a_s = 535,6/11,61$	= 46,1 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 7,97 \times 10^4/500$	= 127,5 cm ²
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 7,97 \times 10^4/138,6$	= 460,0 cm ²
\varnothing 28 mm:	$A_s = 1,60 \times 4,64 \times 1,00 \times 10^4/130,9$	= 567,2 cm ²
	$a_s = 567,2/11,61$	= 48,9 cm ² /m
	> $0,50 \times 1,60 \times 7,97 \times 10^4/500$	= 127,5 cm ²
	< $1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 7,97 \times 10^4/130,9$	= 487,1 cm ²



2.3.2.8 Trennpfeiler OW

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

Oberer Grenzwert:

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

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 25 \cdot 2,90/2,40 = 30,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{30,2}} = 169,7 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 28 \cdot 2,90/2,40 = 33,8 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{33,8}} = 160,4 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \varnothing 25 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / 169,7 &= 70,7 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 3,10 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 37,2 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 3,10 \times 1,00 \times 10^4 / (169,7 \times 2) &= 109,6 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \varnothing 28 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / 163 &= 74,8 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 3,10 \times 1,00 \times 10^4 / (500 \times 2) &= 37,2 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 3,10 \times 1,00 \times 10^4 / (163 \times 2) &= 116,0 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 25 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{45,3}} = 138,6 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 28 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{50,8}} = 130,9 \text{ N/mm}^2$$

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

\varnothing 25 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4/138,6$	=	57,7 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
	$< 1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 3,10 \times 1,00 \times 10^4/(141 \times 2)$	=	89,5 cm ² /m
\varnothing 28 mm:	$a_s = 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4/133$	=	61,1 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
	$< 1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 3,10 \times 1,00 \times 10^4/(133 \times 2)$	=	94,7 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 : $\varnothing 14 \text{ mm}, \varnothing 16 \text{ mm}$

Oberer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{16,9}} = 226,8 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{19,3}} = 212,1 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$\varnothing 14 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (226,8 \times 2) = 18,0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\varnothing 16 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (212,1 \times 2) = 19,2 \text{ cm}^2/\text{m}$

Unterer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{25,4}} = 185,2 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{29,0}} = 173,2 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$\varnothing 14 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (185,2 \times 2) = 14,7 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\varnothing 16 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (173,2 \times 2) = 15,7 \text{ cm}^2/\text{m}$



Bereich hinter Antriebsraum / Übergang zur Trennwand

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

Oberer Grenzwert:

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

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 20 \cdot 2,90/2,40 = 24,2 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 189,7 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \varnothing 20 \text{ mm: } a_s &= 2,40 \times 0,30 \times 1,00 \times 10^4/189,7 &= 38,0 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 2,40 \times 1,00 \times 1,00 \times 10^4/(500 \times 2) &= 12,0 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 2,40 \times 1,00 \times 1,00 \times 10^4/(189,7 \times 2) &= 31,6 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

Unterer Grenzwert:

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

$$\begin{aligned}
 d_s^* &= 20 \cdot 2,90/1,60 = 36,3 \\
 \sigma_s &= \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 154,9 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \varnothing 20 \text{ mm: } a_s &= 1,60 \times 0,30 \times 1,00 \times 10^4/154,9 &= 31,0 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &> 0,50 \times 1,60 \times 1,00 \times 1,00 \times 10^4/(500 \times 2) &= 8,0 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 &< 1,0 \times 0,50 \times 1,60 \times 1,00 \times 1,00 \times 10^4/(154,9 \times 2) &= 25,8 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$



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 $\emptyset 16 \text{ mm}$:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{19,3}} = 212,1 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{24,2}} = 189,7 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,620 \times 2,40 \times 0,60 \times 1,00 \times 10^4 / (212,1 \times 2) = 21,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,620 \times 2,40 \times 0,60 \times 1,00 \times 10^4 / (189,7 \times 2) = 23,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Unterer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{29,0}} = 173,2 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{36,3}} = 154,9 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,620 \times 1,60 \times 0,60 \times 1,00 \times 10^4 / (173,2 \times 2) = 17,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,620 \times 1,60 \times 0,60 \times 1,00 \times 10^4 / (154,9 \times 2) = 19,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$



2.3.2.11 Antriebskammer

Wände

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

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

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

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

Oberer Grenzwert:

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{16,9}} = 202,8 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{19,3}} = 189,7 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{24,2}} = 169,7 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{30,2}} = 151,8 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (oberer Grenzwert):

$$\varnothing 14 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (202,8 \times 2) = 20,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (189,7 \times 2) = 21,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (169,7 \times 2) = 24,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 25 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 2,40 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (151,8 \times 2) = 26,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 14 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{25,4}} = 165,6 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 16 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{29,0}} = 154,9 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 20 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{36,3}} = 138,6 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei \varnothing 25 mm:

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

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,20}{45,3}} = 123,9 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$$\varnothing 14 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (165,6 \times 2) = 16,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (154,9 \times 2) = 17,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (138,6 \times 2) = 19,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 25 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,680 \times 1,60 \times 0,50 \times 1,00 \times 10^4 / (123,9 \times 2) = 22,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$



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):

$\emptyset 14 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,740 \times 2,40 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (202,8 \times 2) = 17,5 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\emptyset 16 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,740 \times 2,40 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (189,7 \times 2) = 18,7 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\emptyset 20 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,740 \times 2,40 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (169,7 \times 2) = 20,9 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\emptyset 25 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,740 \times 2,40 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (151,8 \times 2) = 23,4 \text{ cm}^2/\text{m}$

Unterer Grenzwert:

Zulässige Stahlspannungen siehe Berechnung Wände Antriebskammer.

Mindestbewehrung für den halben Querschnitt (unterer Grenzwert):

$\emptyset 14 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,740 \times 1,60 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (165,6 \times 2) = 14,3 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\emptyset 16 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,740 \times 1,60 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (154,9 \times 2) = 15,3 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\emptyset 20 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,740 \times 1,60 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (138,6 \times 2) = 17,1 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\emptyset 25 \text{ mm}$: $a_s = 1,0 \times 0,740 \times 1,60 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (123,9 \times 2) = 19,1 \text{ cm}^2/\text{m}$

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 Baugrund simuliert, um die resultierenden horizontalen Auflagerkräfte ableiten zu können. Der Bettungswert für die vertikale Bettung wird entsprechend Lastenheft, Abschnitt 2.4 mit dem Wert $k_s = 10,0 \text{ MN/m}^3$ 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:

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

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. Die Bodenplatte im Einlaufbereich ist mit einem Gefälle von 0,71 % geplant. Der Höhenunterschied zwischen Einlaufbereich und Ebene Stauwand beträgt 0,2 m. Die Bodenplatte wird horizontal modelliert, wobei auf der sicheren Seite liegend die größere Sohltiefe über die gesamte Länge angesetzt wird. 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.

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.60



Ansichten 3D-Modell:

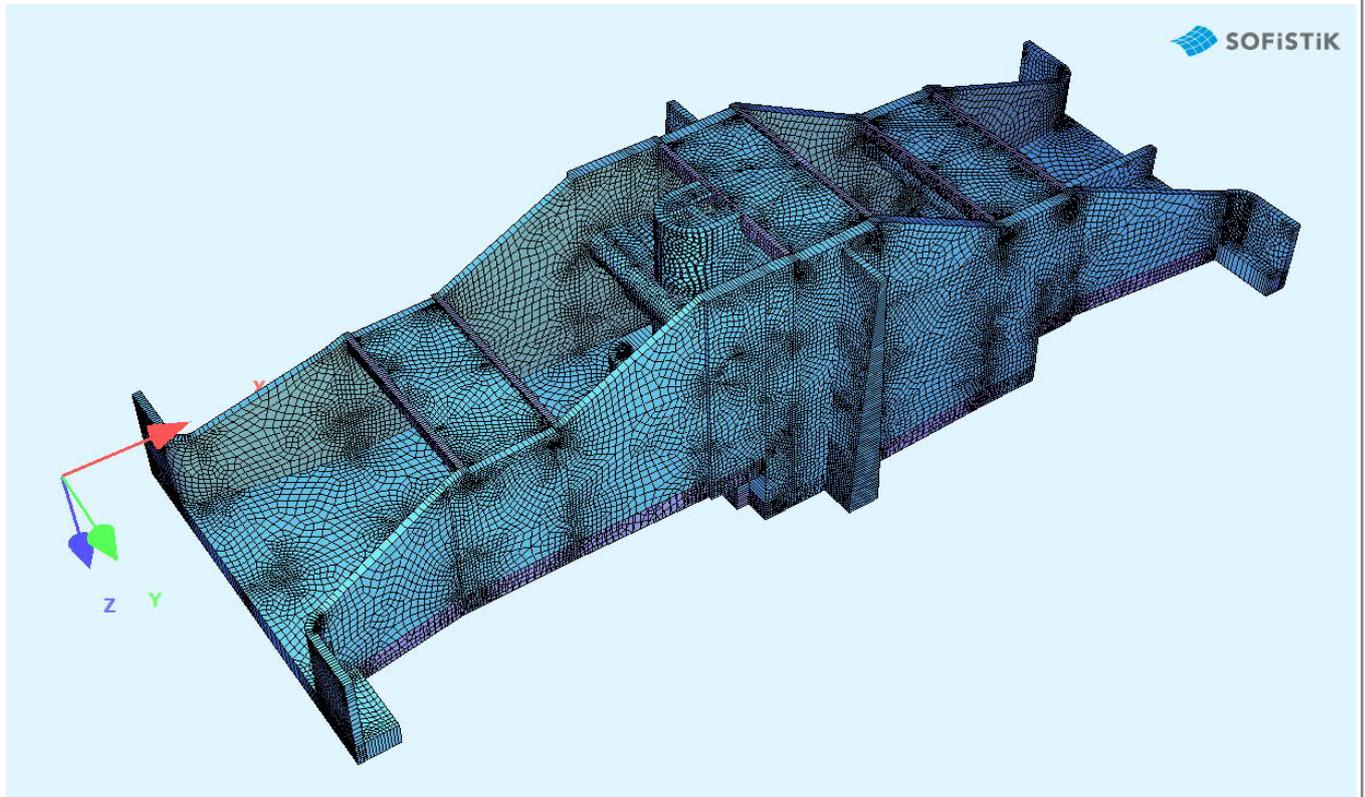


Bild 2.1: Isometrie von Oberwasser

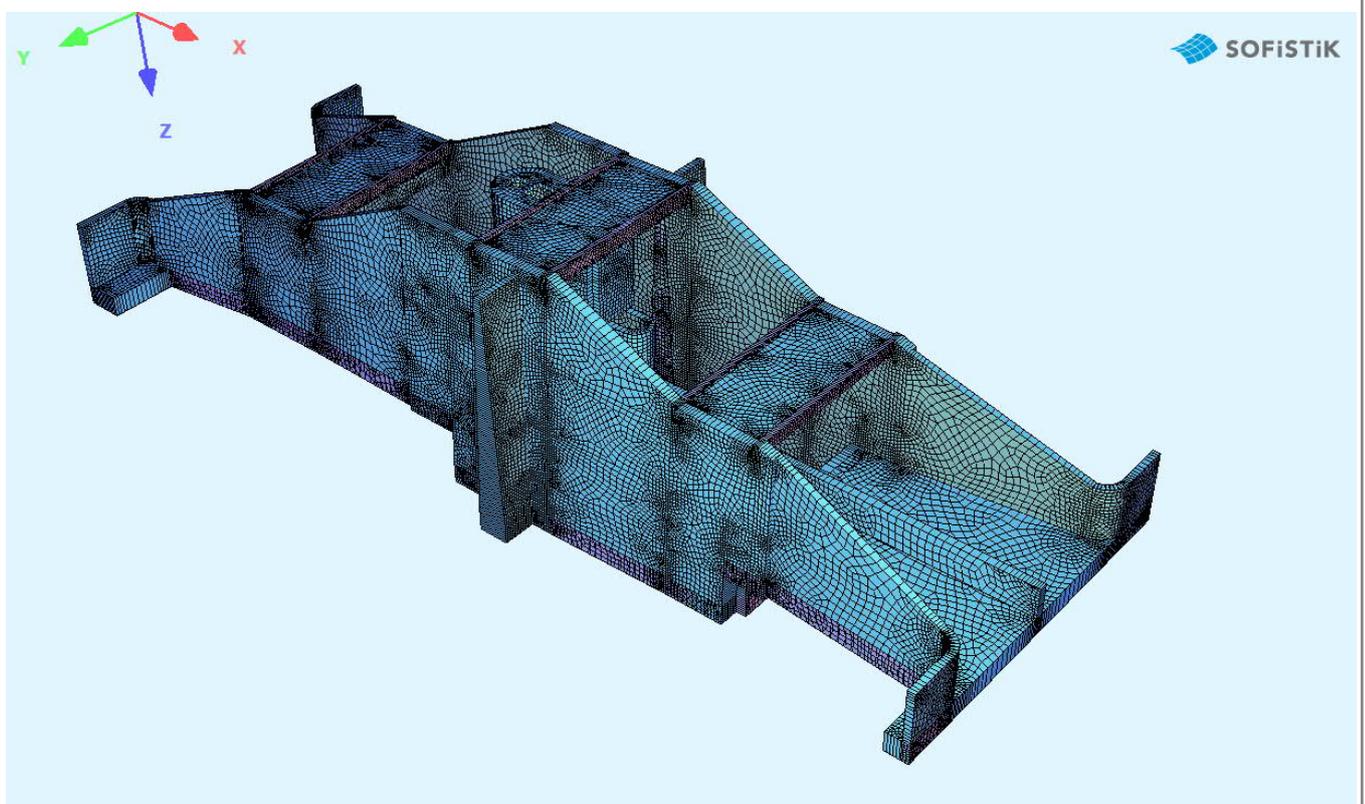


Bild 2.2: Isometrie von Unterwasser



 SOFISTIK

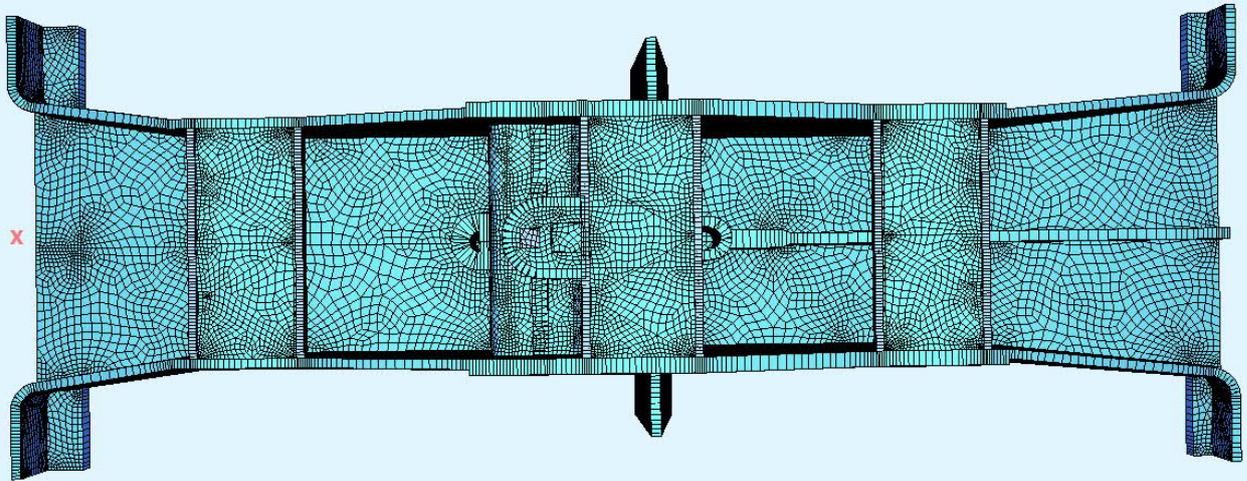


Bild 2.3: Draufsicht

 SOFISTIK

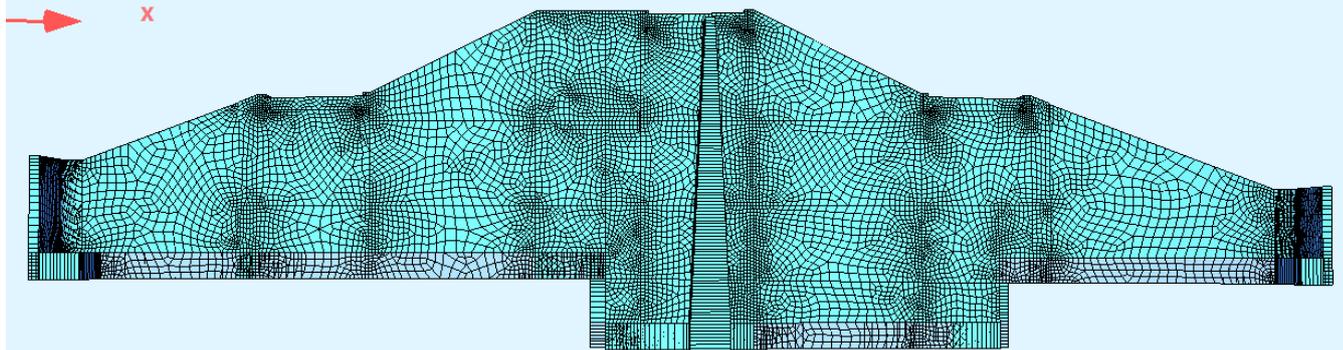


Bild 2.4: Seitenansicht

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 2.62

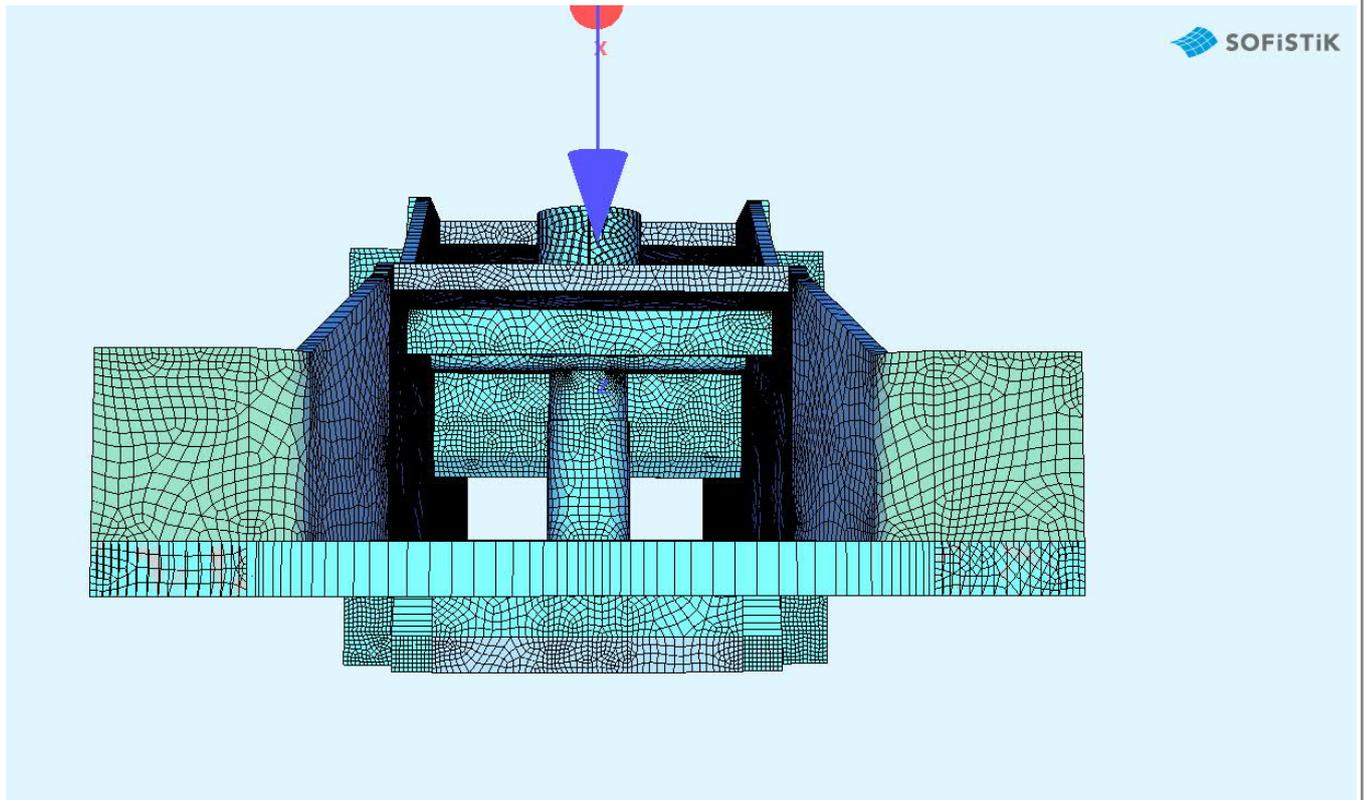


Bild 2.5: Vorderansicht

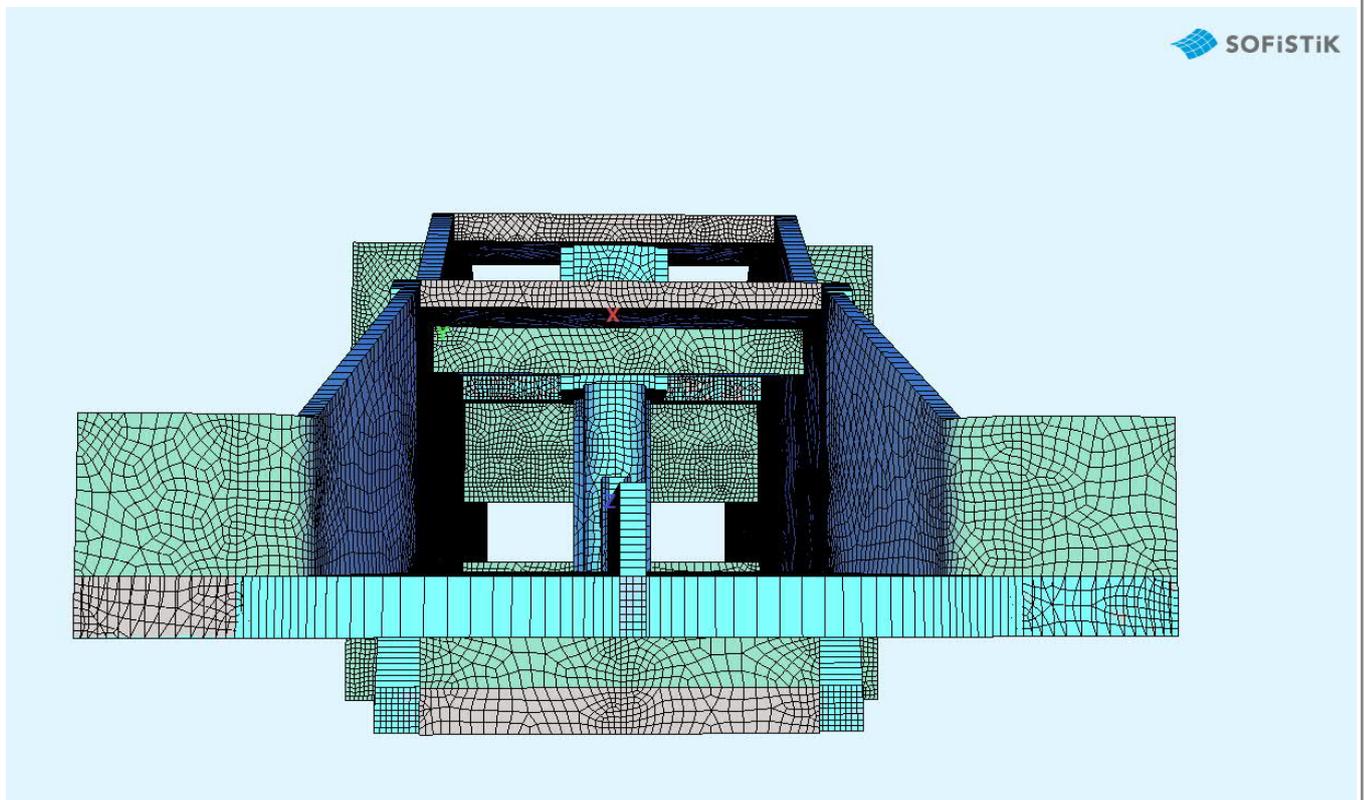


Bild 2.6: Rückansicht

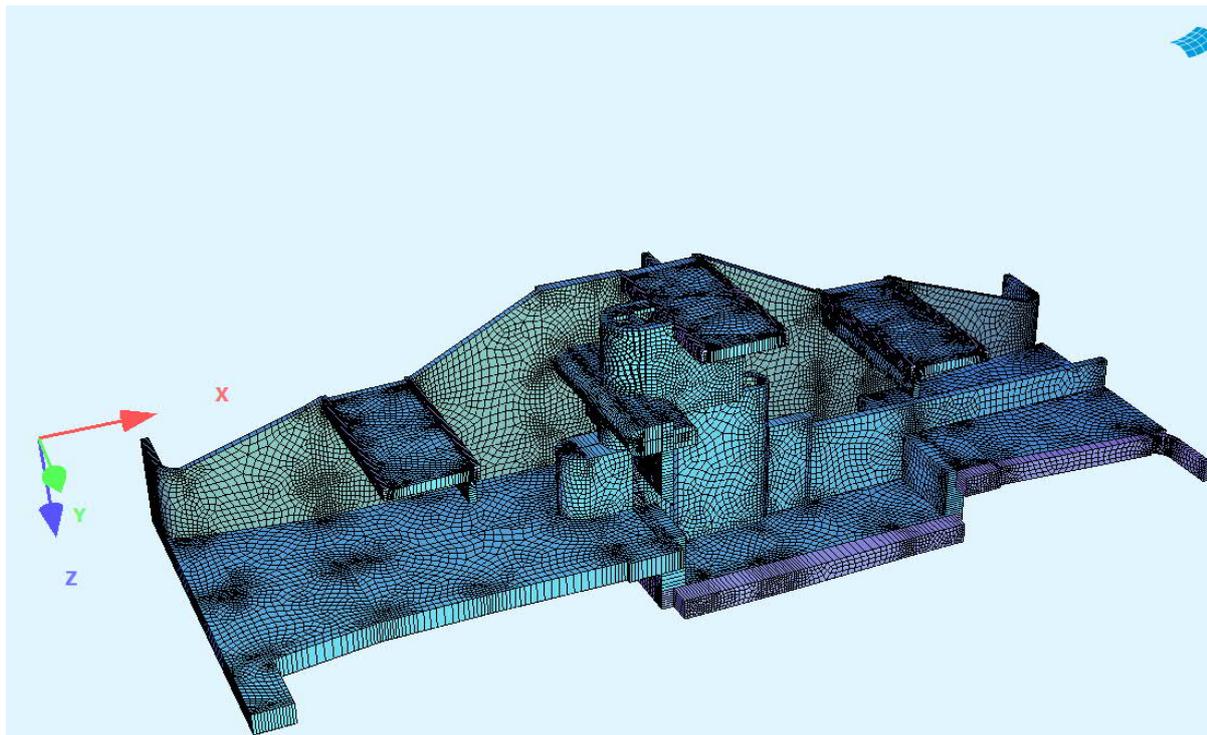


Bild 2.7: Isometrie von Oberwasser - eine Außenwand ausgeblendet

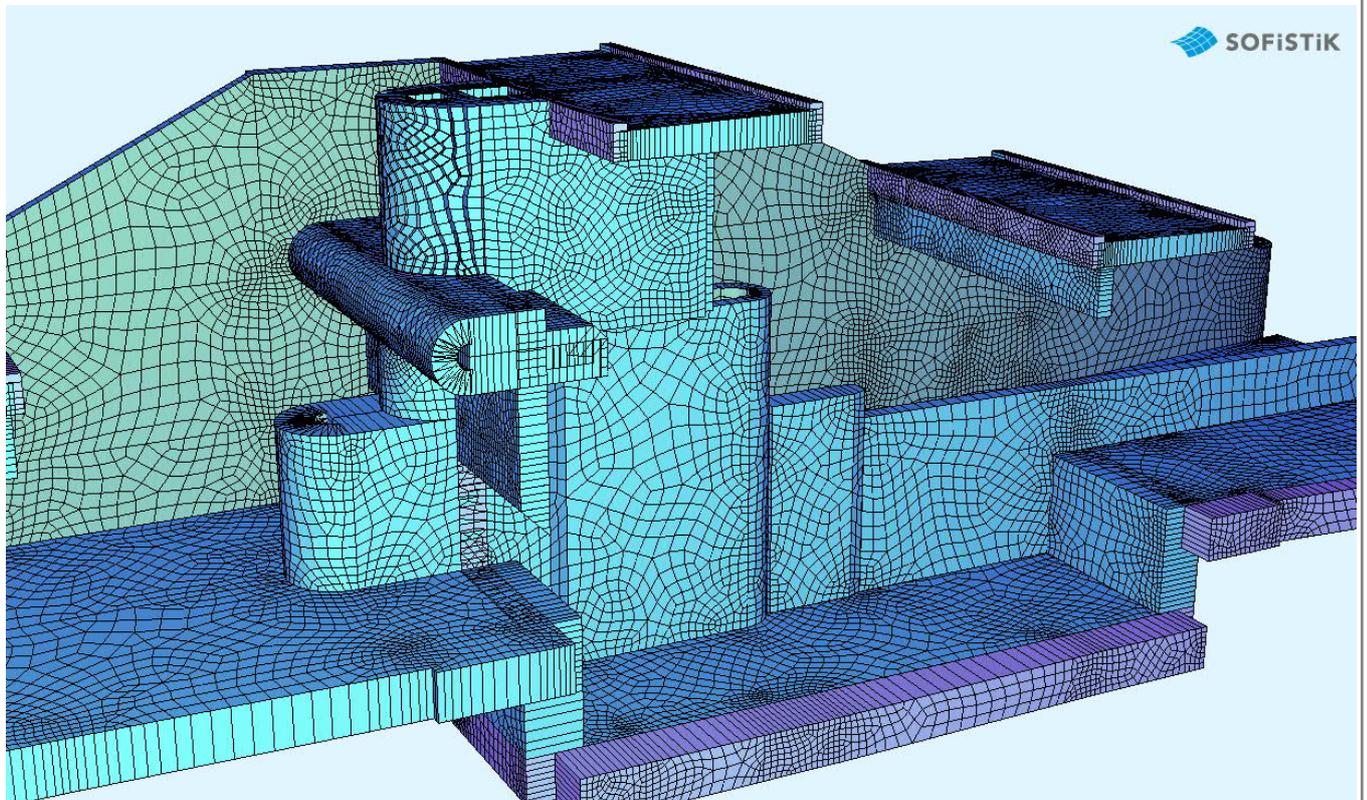


Bild 2.8: Isometrie von Oberwasser - Ausschnitt - eine Außenwand ausgeblendet

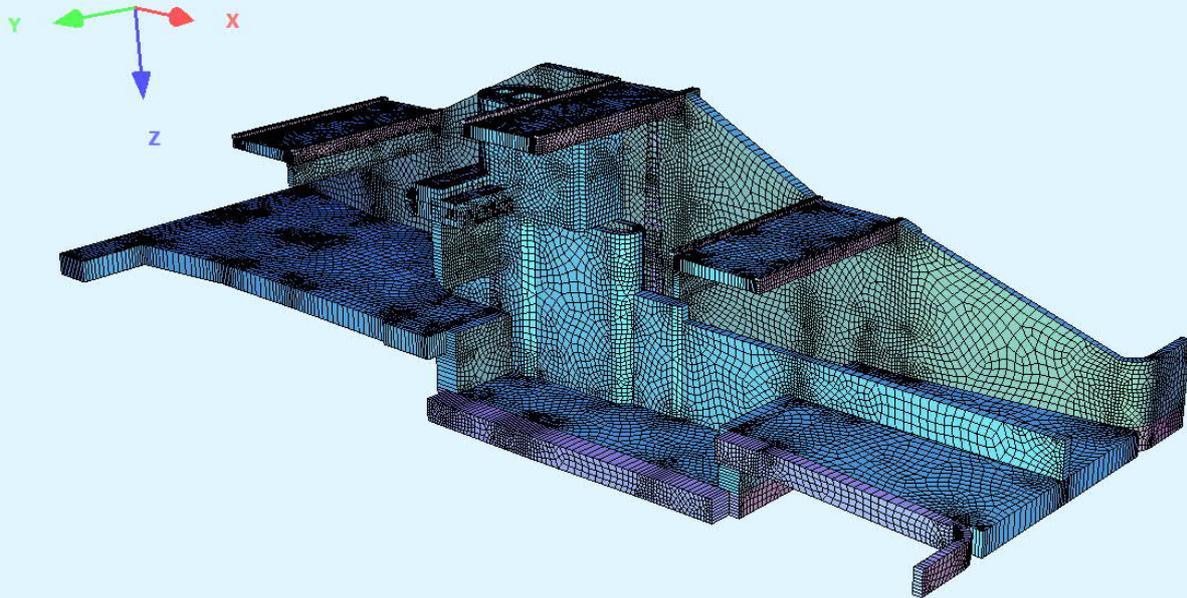


Bild 2.9: Isometrie von Unterwasser - eine Außenwand ausgeblendet

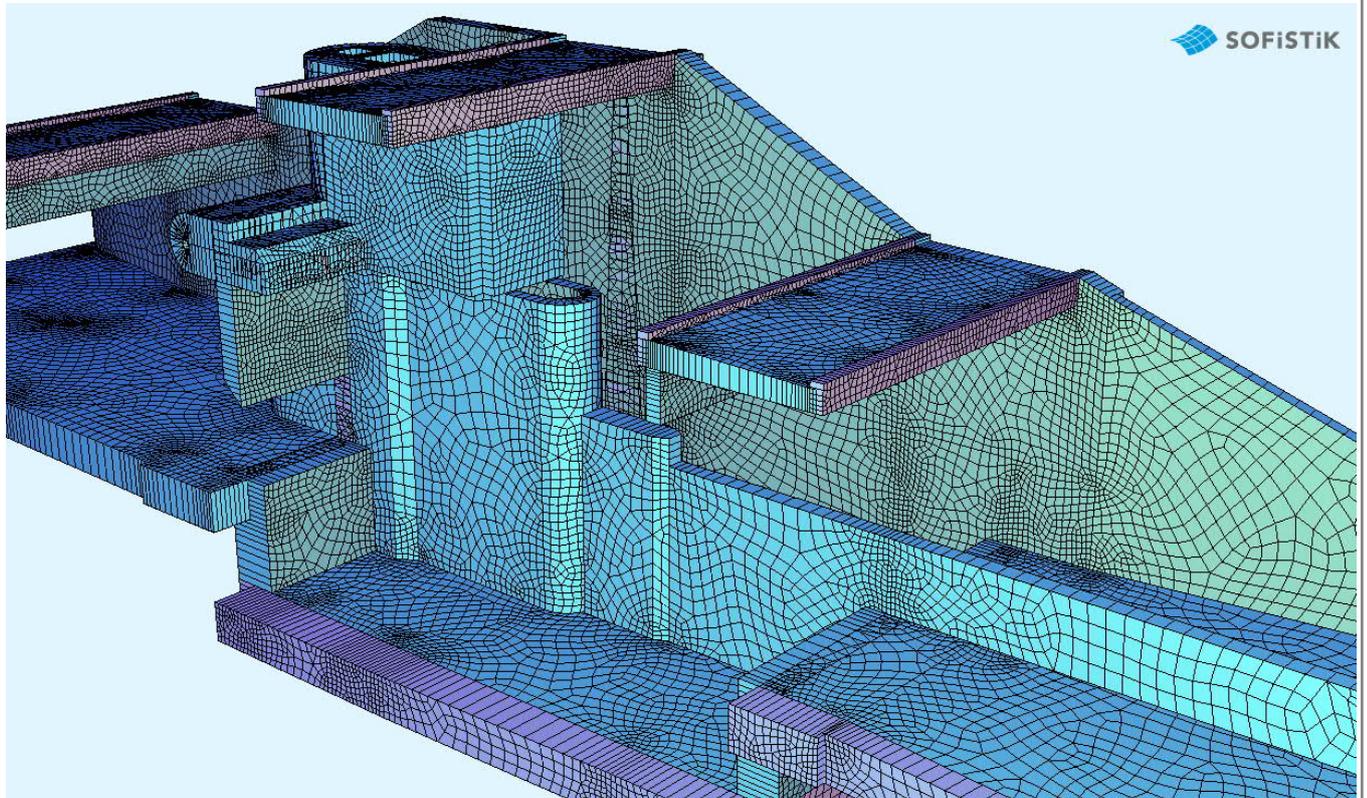


Bild 2.10: Isometrie von Unterwasser - Ausschnitt - eine Außenwand ausgeblendet

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.

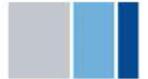
Zu den verschiedenen Grundwasserständen (aus Z_V und ohne Wasserdruckansatz) gibt es die jeweils zugehörigen Erddruckansätze, die ebenfalls in getrennten Lastfällen erfasst werden.

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 unter Auftrieb
- LF 103: Eigengewicht Sohlaufasten ohne Auftrieb
- LF 201: GW Wände BHW = Z_V (+280,60 mNN im OW)
- LF 211: GW Sohle BHW = Z_V (+280,60 mNN im OW)
- LF 221: Innendruck Wände BHW = Z_V (+280,60 mNN im OW)
- LF 231: Wasserauflast Sohle BHW = Z_V (+280,60 mNN im OW)
- LF 301: Erddruck E_{0g} bei BHW = Z_V (+280,60 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 V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.66



- 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

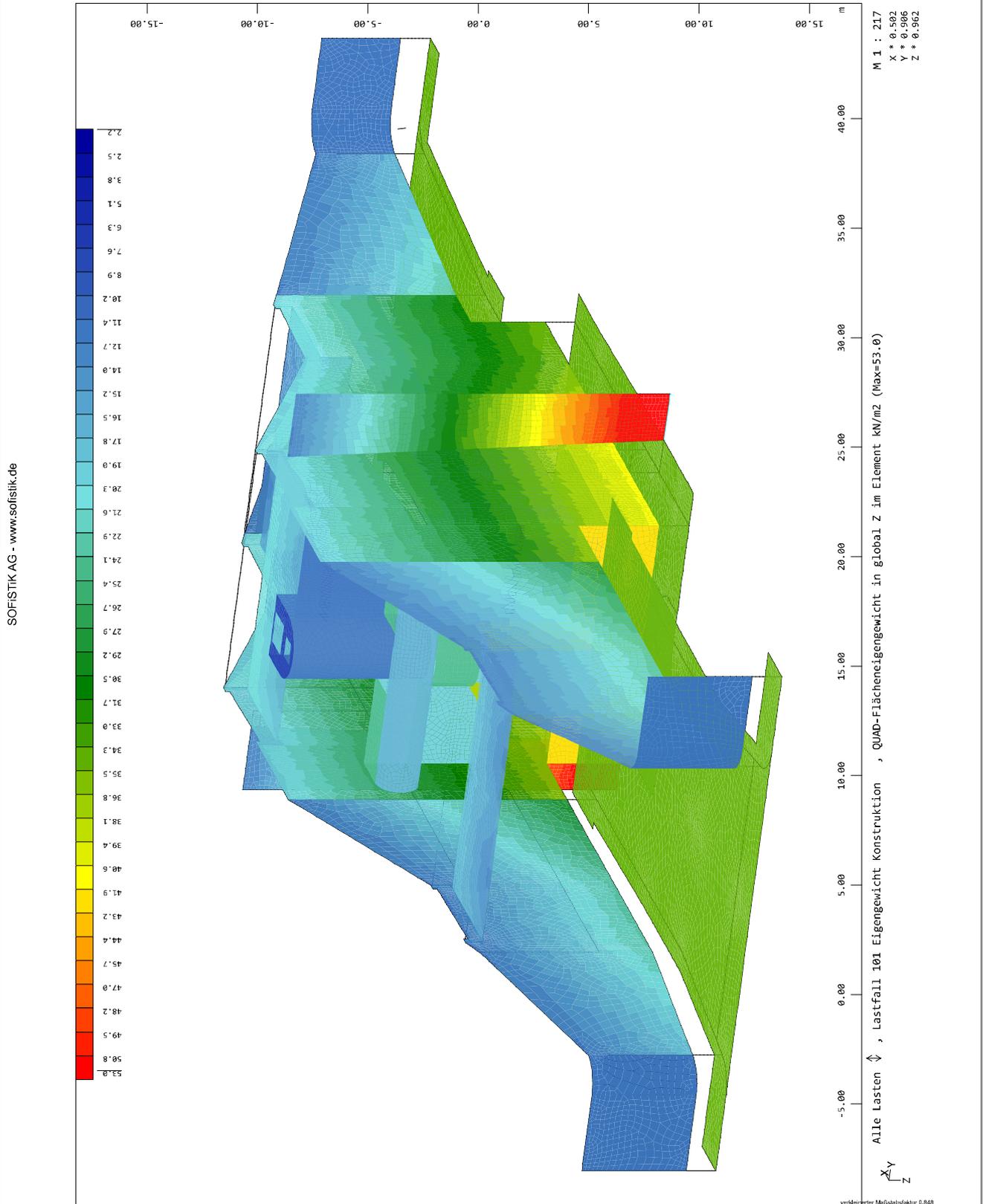
Es werden exemplarisch die Lastbilder der Lastfälle LF 101, LF 102, LF 201, LF 211, LF 221, LF 231, LF 301, LF 302, LF 311, LF 321, LF 322, LF 331, LF 332, LF 401, LF 411, LF 413, LF 421, LF 425, LF 443, LF 445, LF 453, LF 455, LF 464, LF 467, LF 471, LF 473, LF 481, LF 484 und LF 501 ausgegeben, siehe nachfolgende Seiten

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.67



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFiSTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

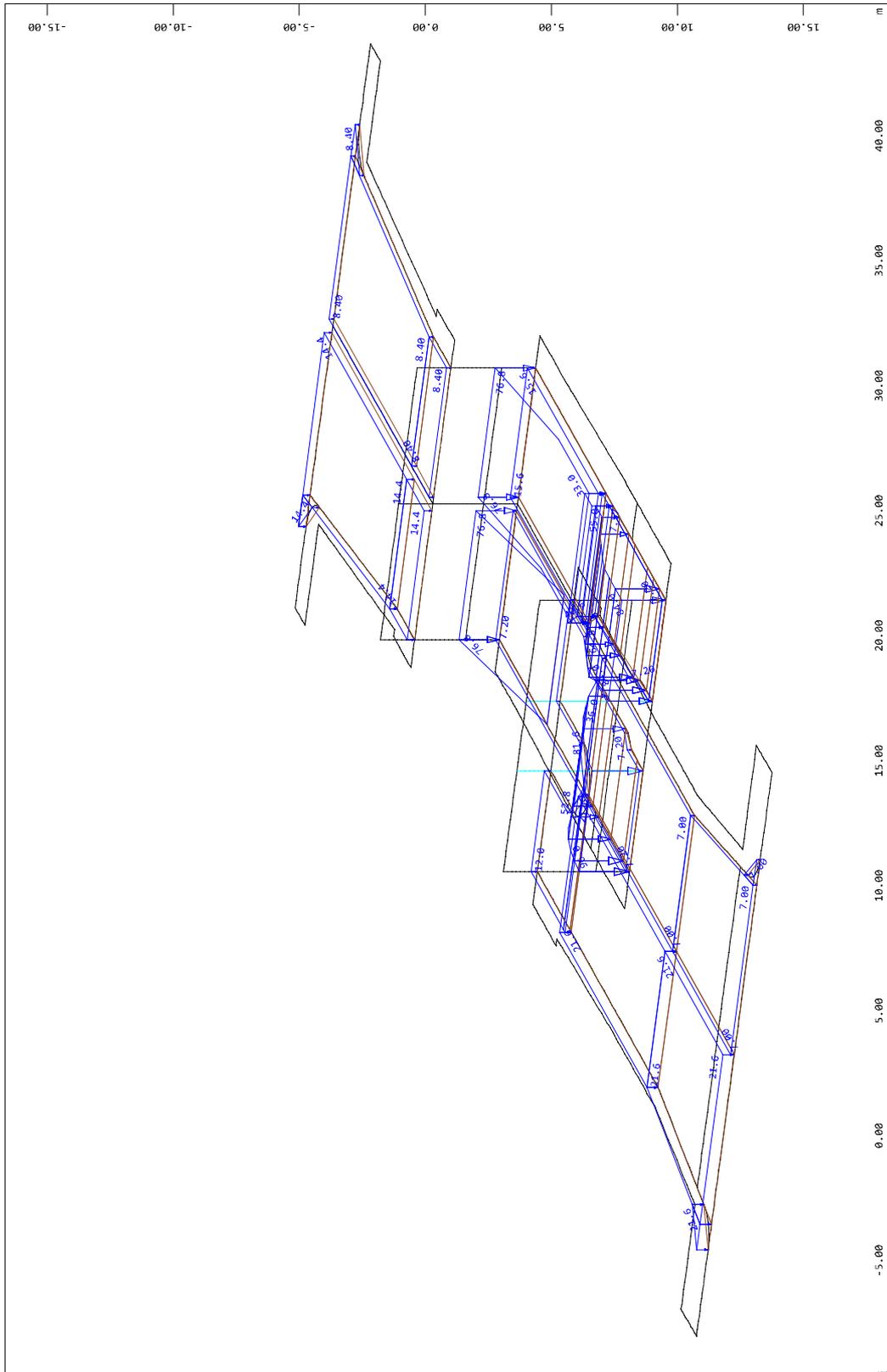
Seite 2.068



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



M 1 : 217
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Systemausschnitt Gruppe 0 11...16 21...24 26 29 31...34 36 39 41...48 51 52 61 62 71 75 76 81...83 85 86 91...96 121 123 125 129 131 133
135 139 171 221 223 225 229 231 233 235 239 271 321 323 325 329 331 333 335 339 371 429 439 901...903 911...914 921...924
Alle Lasten, Lastfall 102 Eigengewicht Schlibefestigung TmA , (1 cm im Raum = Unit) Freie Flächenlast (Kraft) in Global Z (Unit=100.0

X
Y
Z

Vergrößerter Maßstabfaktor 0.848

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

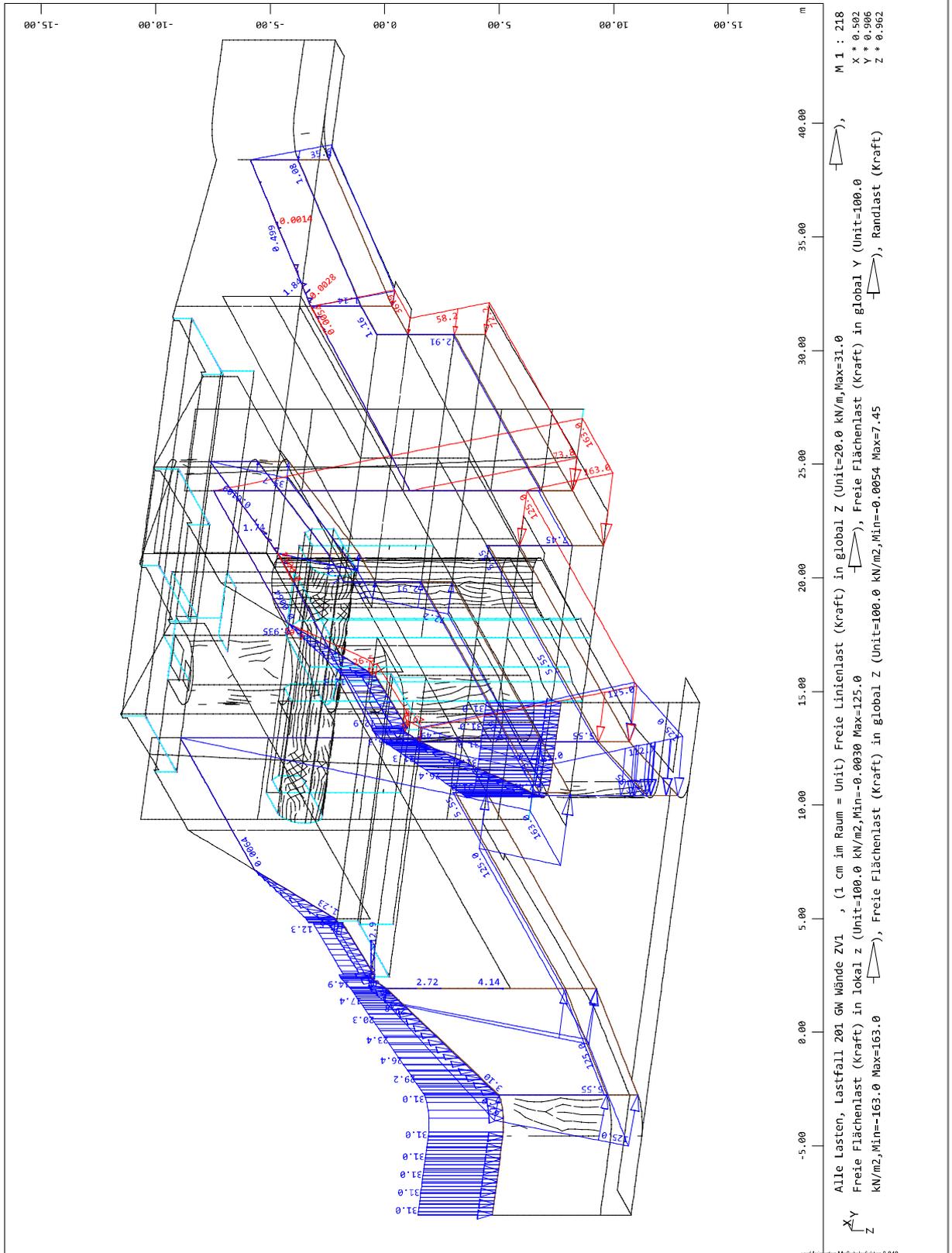
Seite 2.069



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

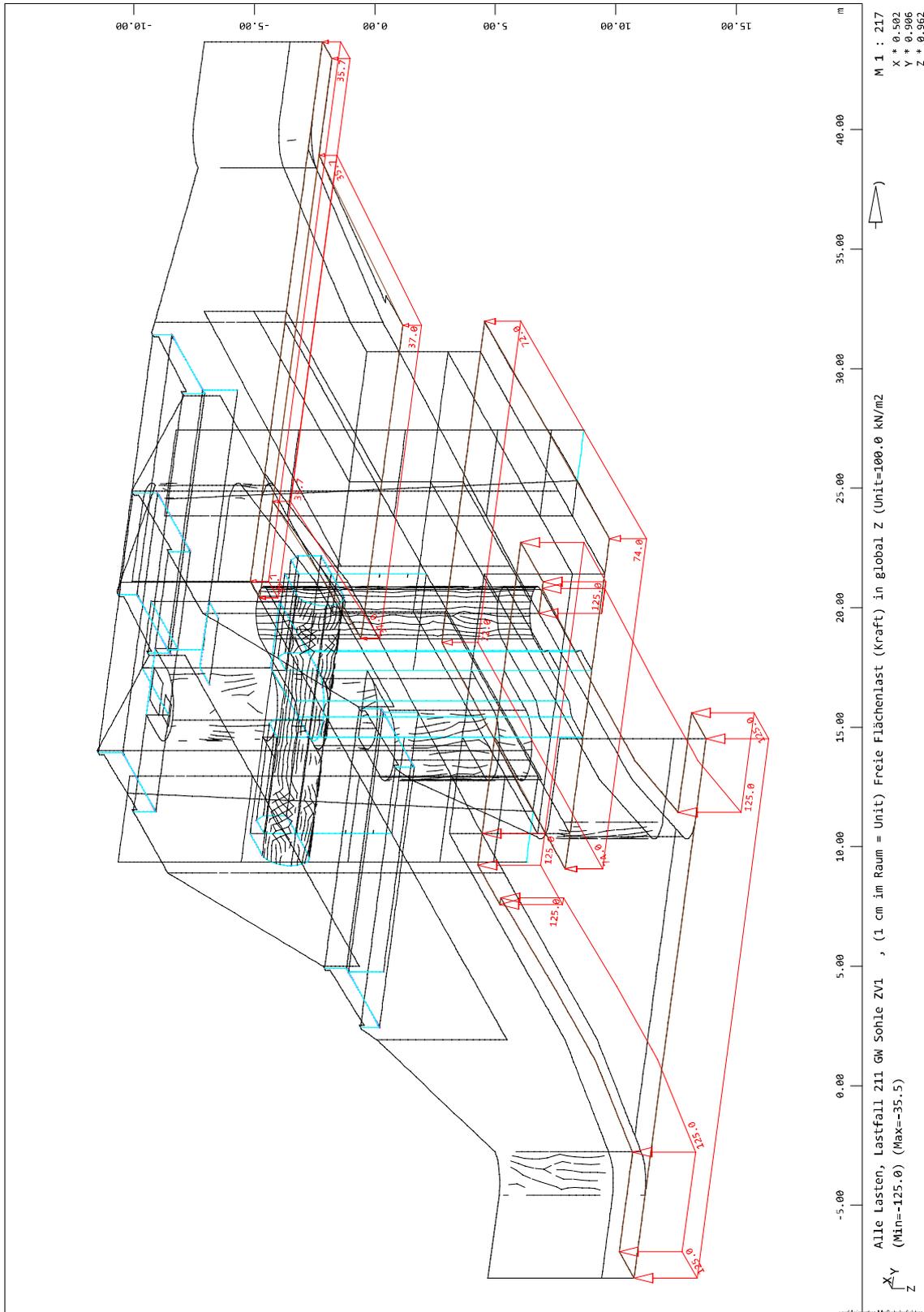
Seite 2.070



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

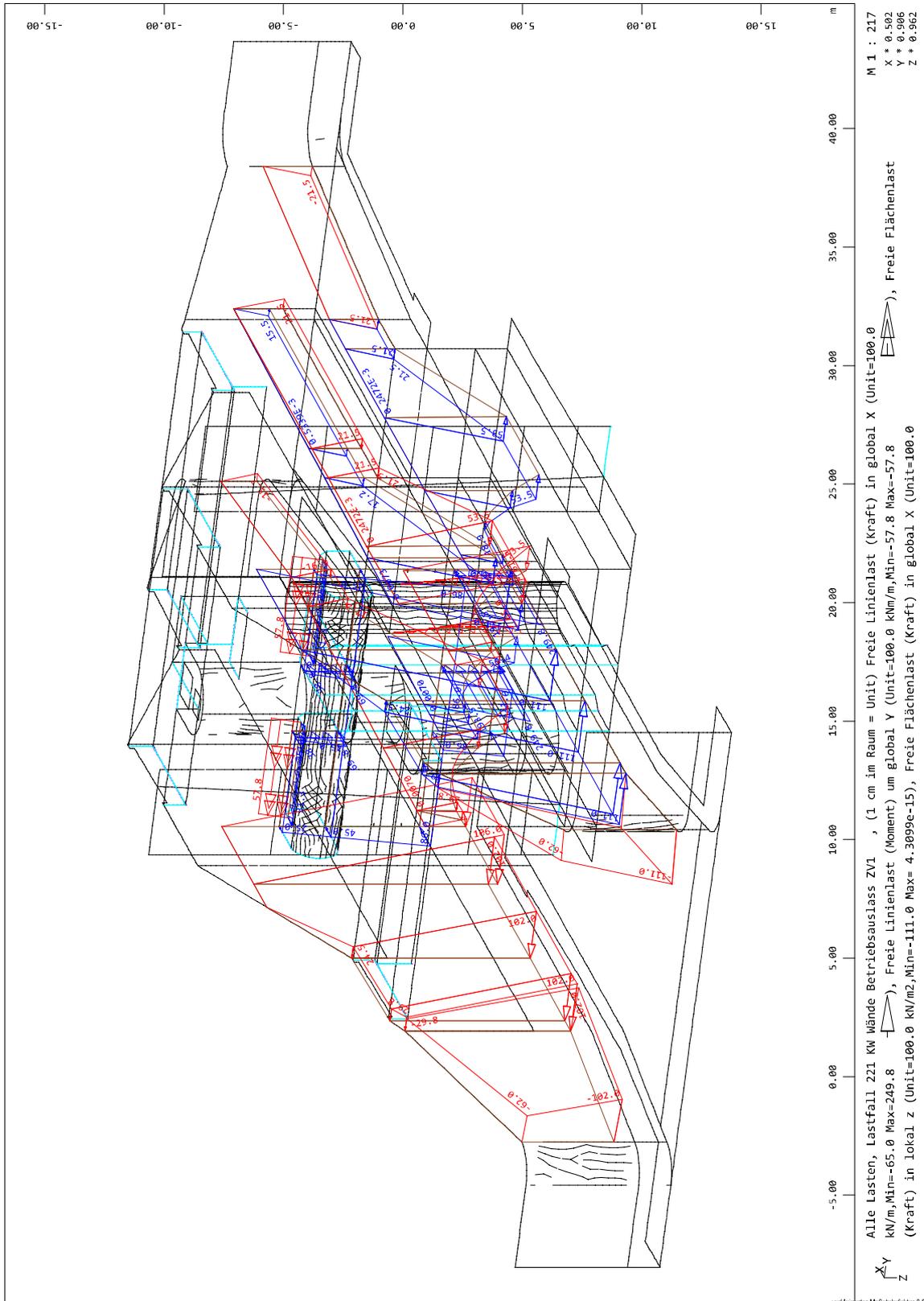
Seite 2.071



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

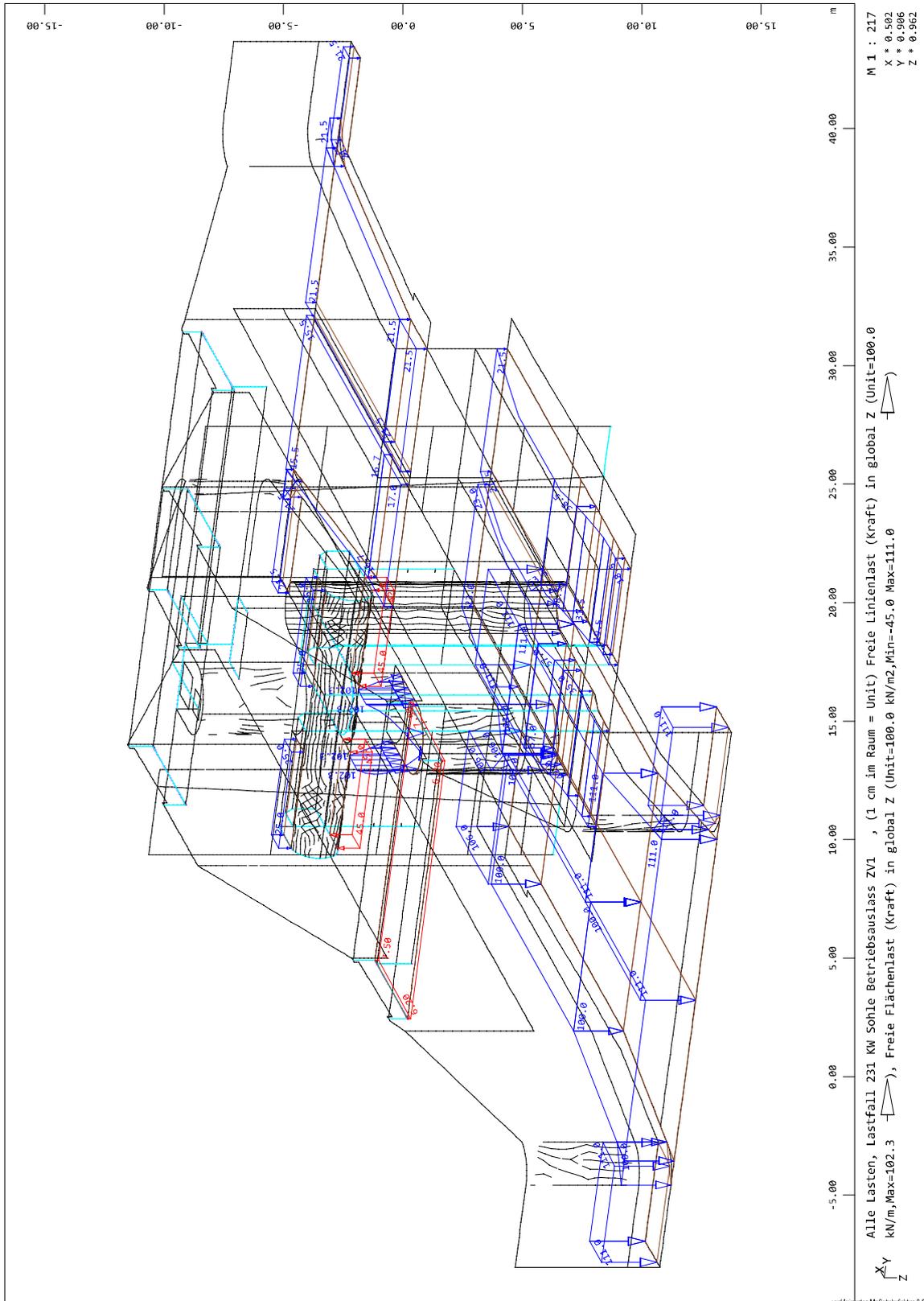




INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

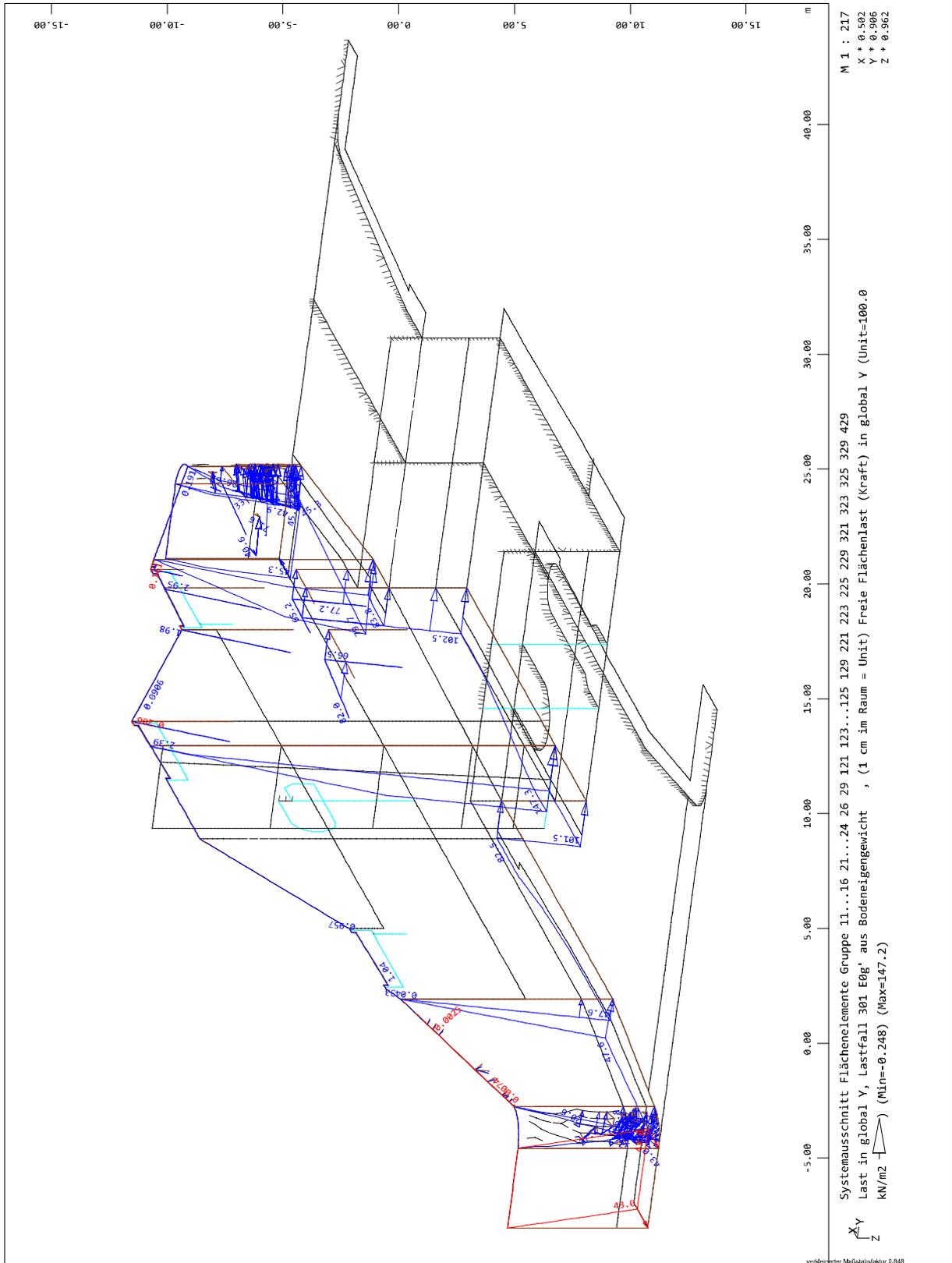
Seite 2.073



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



M 1 : 217
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Systemausschnitt Flächenelemente Gruppe 11...16 21...24 26 29 121 123...125 129 221 222 225 229 321 323 325 329 429
Last in global Y, Lastfall 301 E0g' aus Bodeneigengewicht, (1 cm im Raum = Unit) Freie Flächenlast (Kraft) in global Y (Unit=100.0
kN/m²) (Min=-0.248) (Max=147.2)



Vergrößerter Maßstabfaktor 0.848

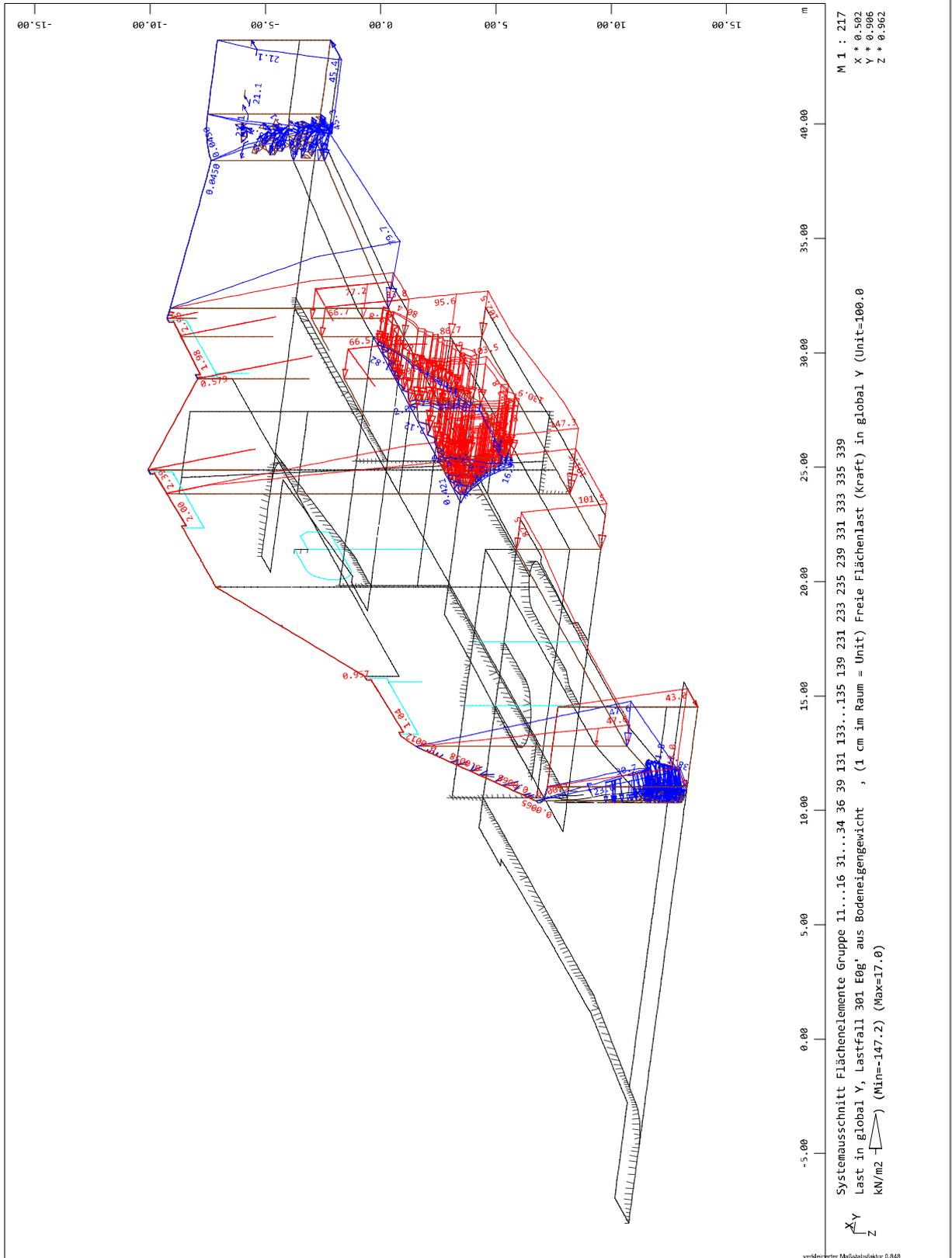
020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.074



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

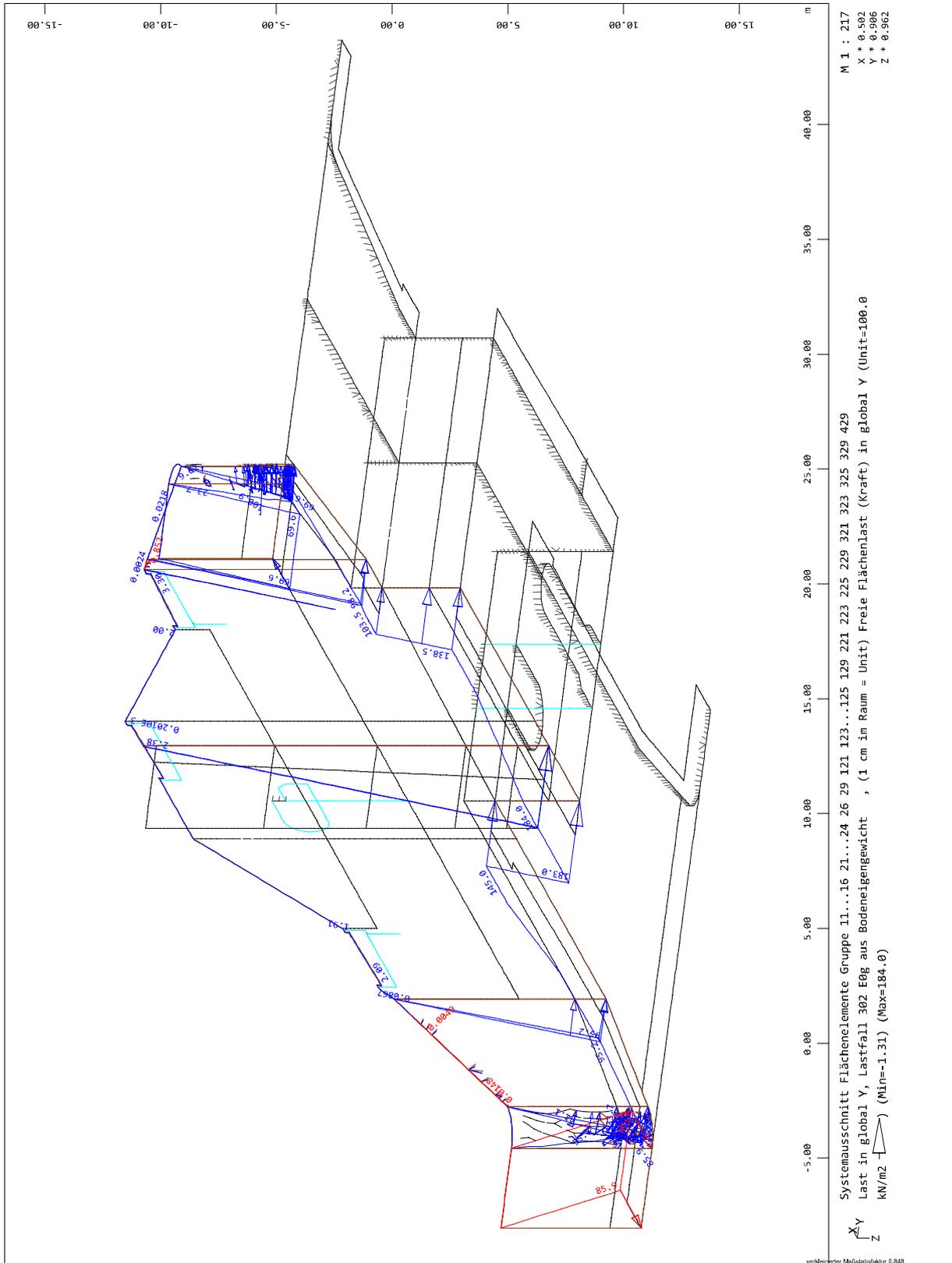
Seite 2.075



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

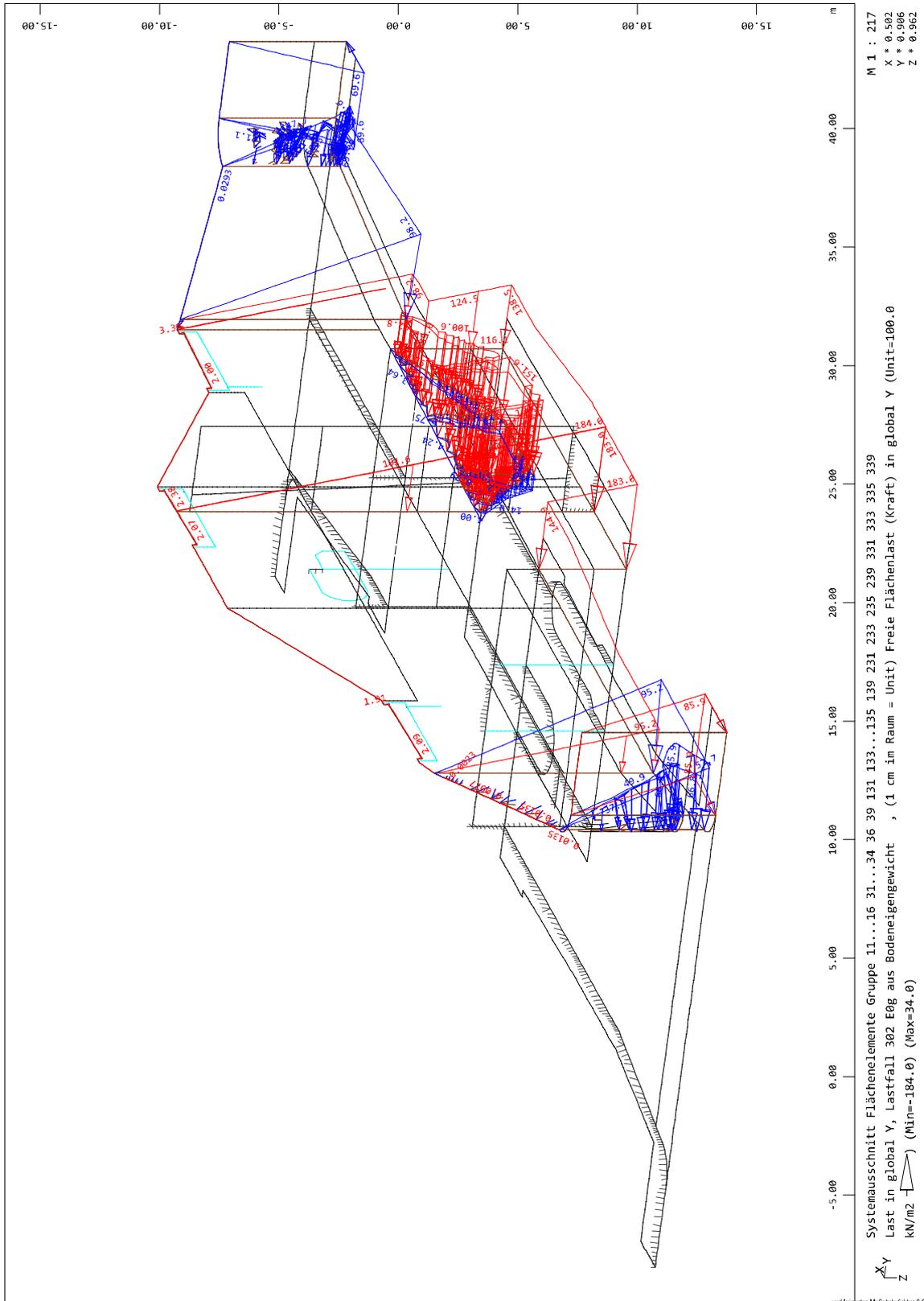
Seite 2.076



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

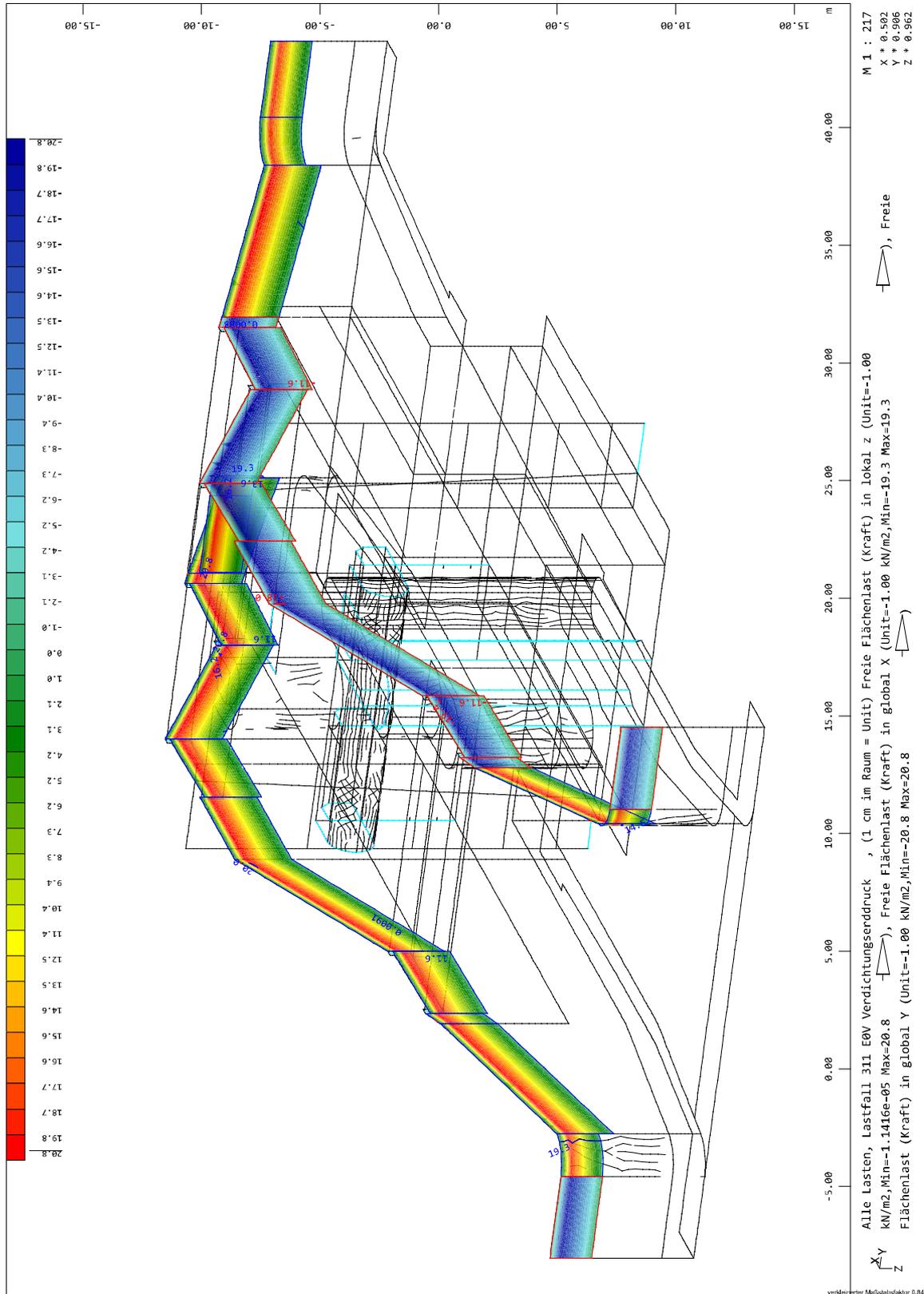
Seite 2.077



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

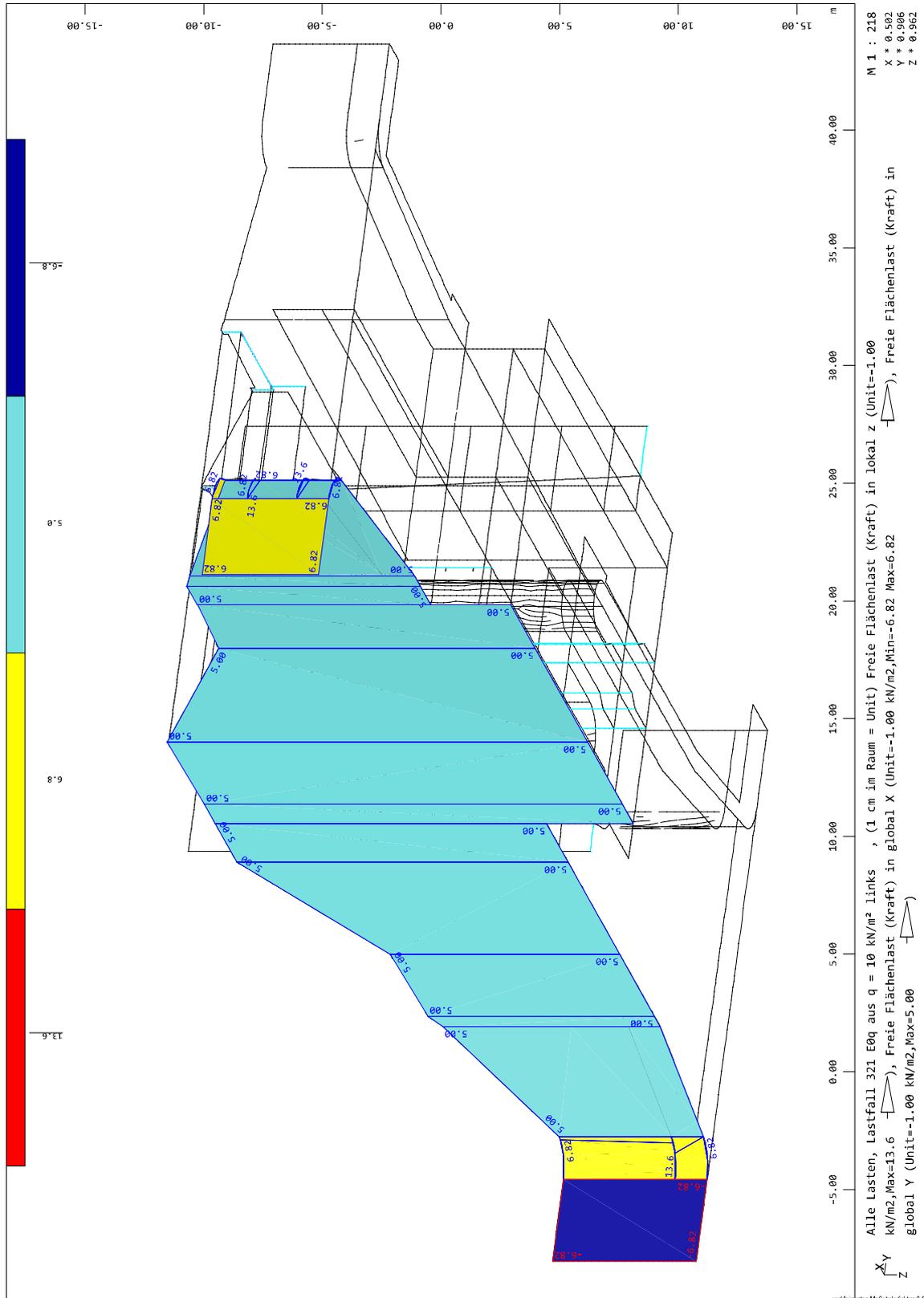
Seite 2.078



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

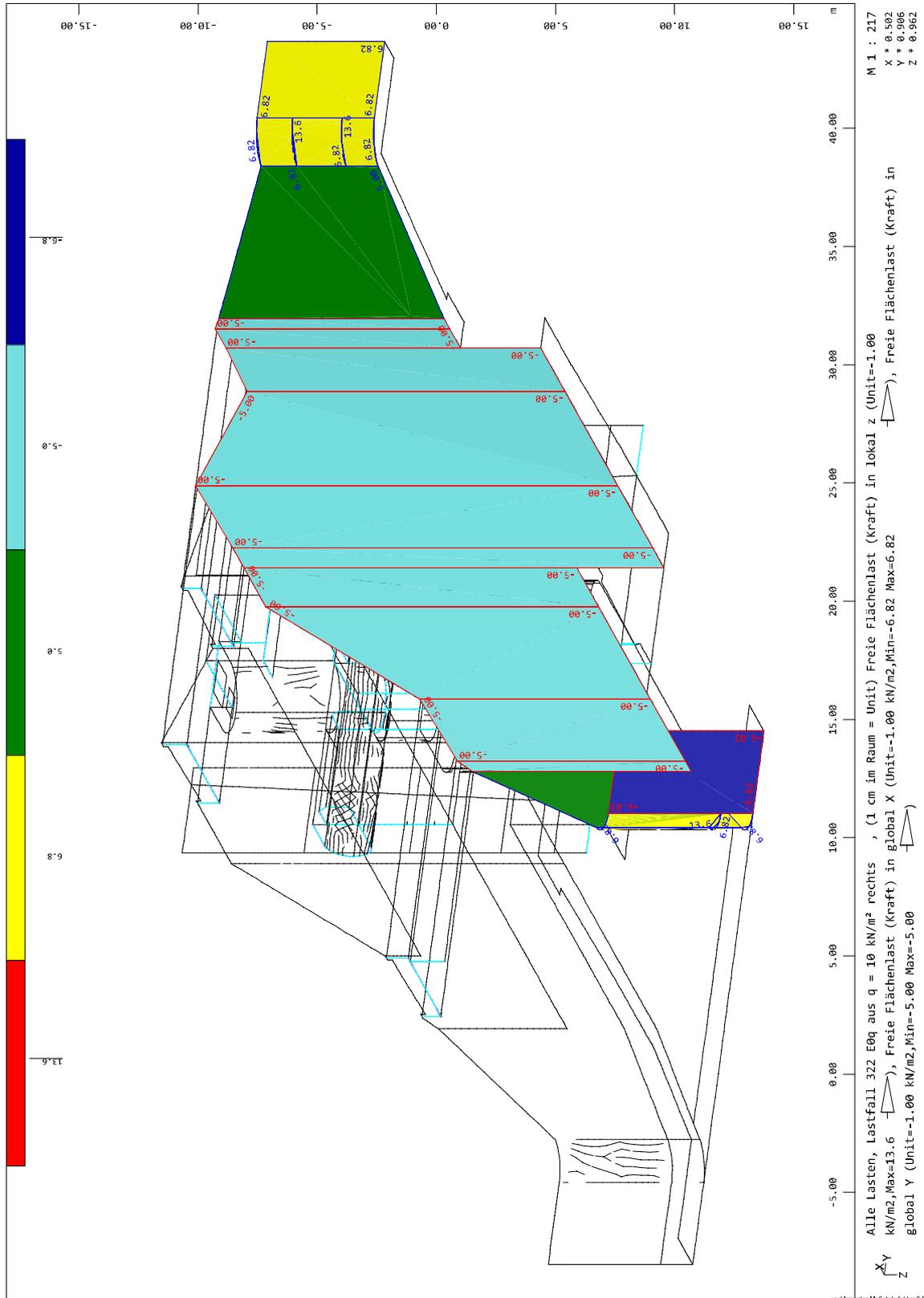
Seite 2.079



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

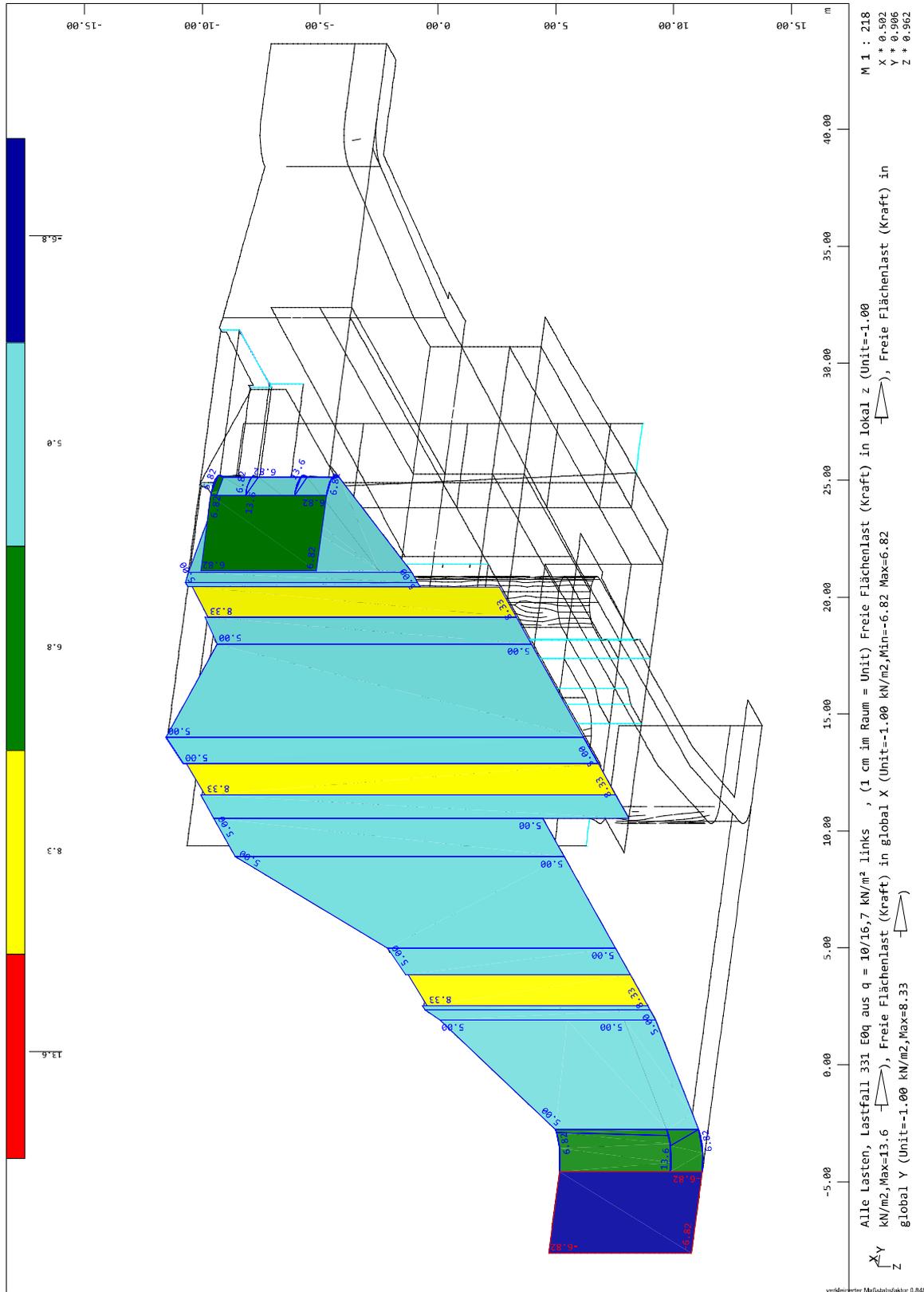
Seite 2.080



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

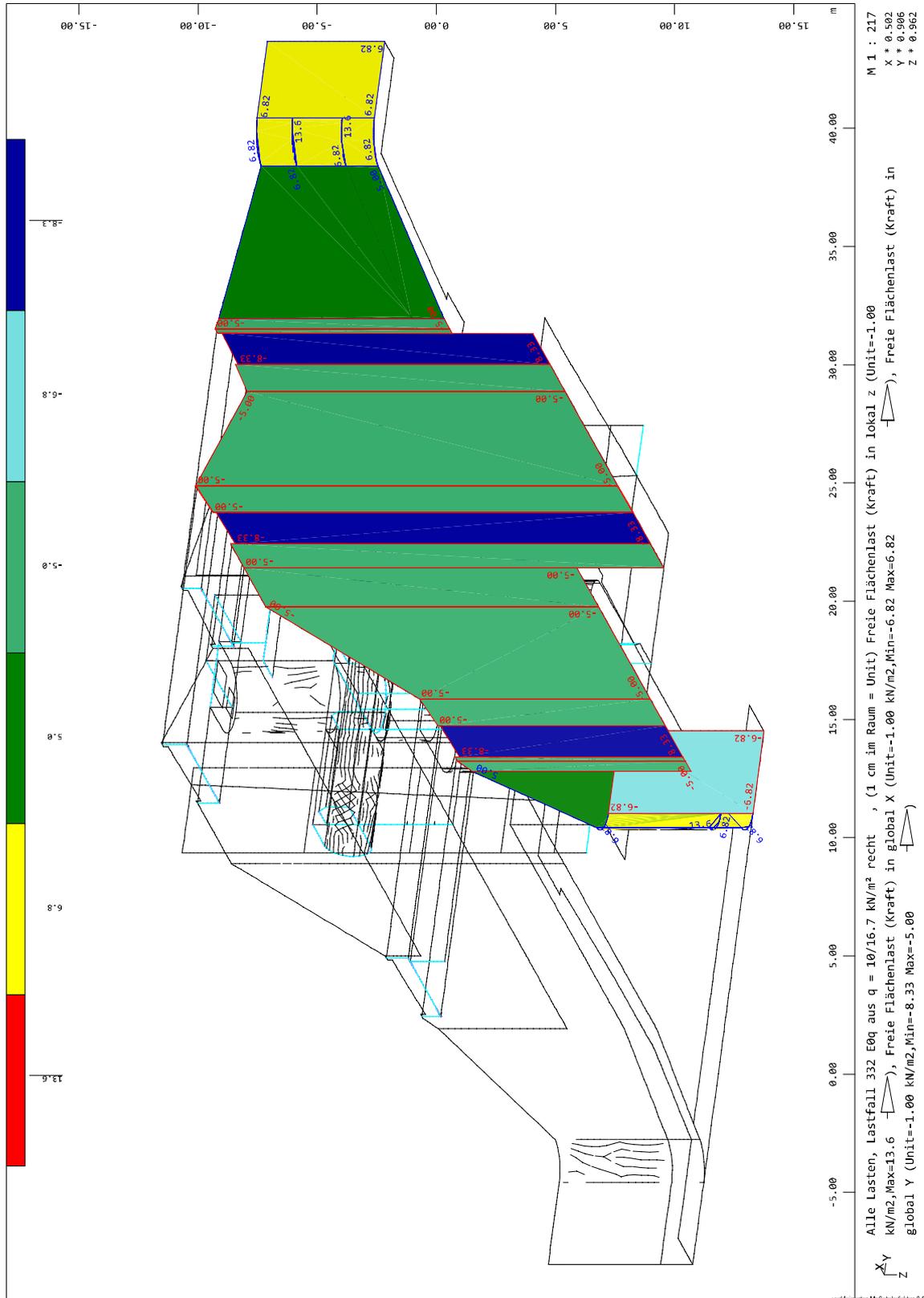
Seite 2.081



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

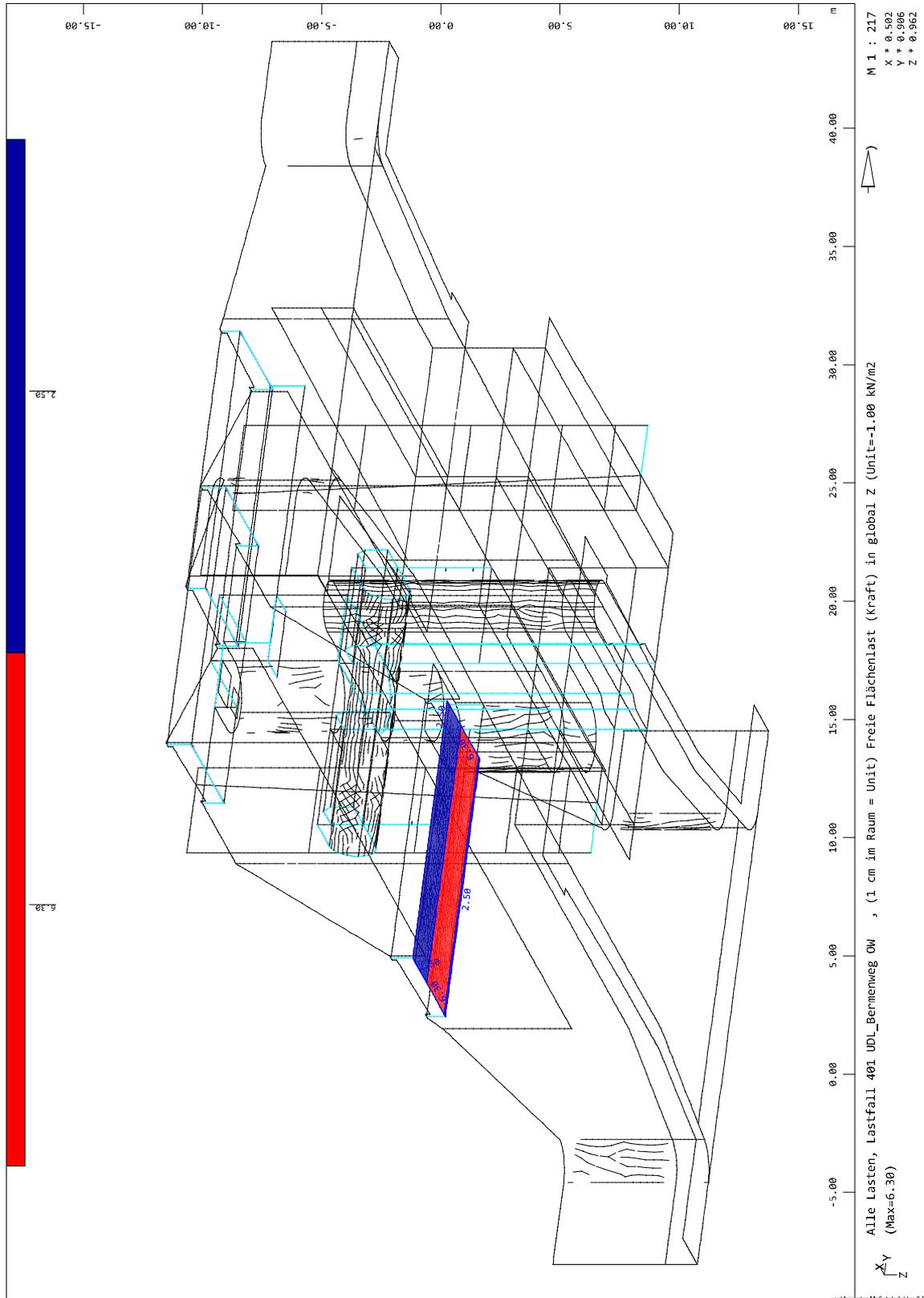
Seite 2.082



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

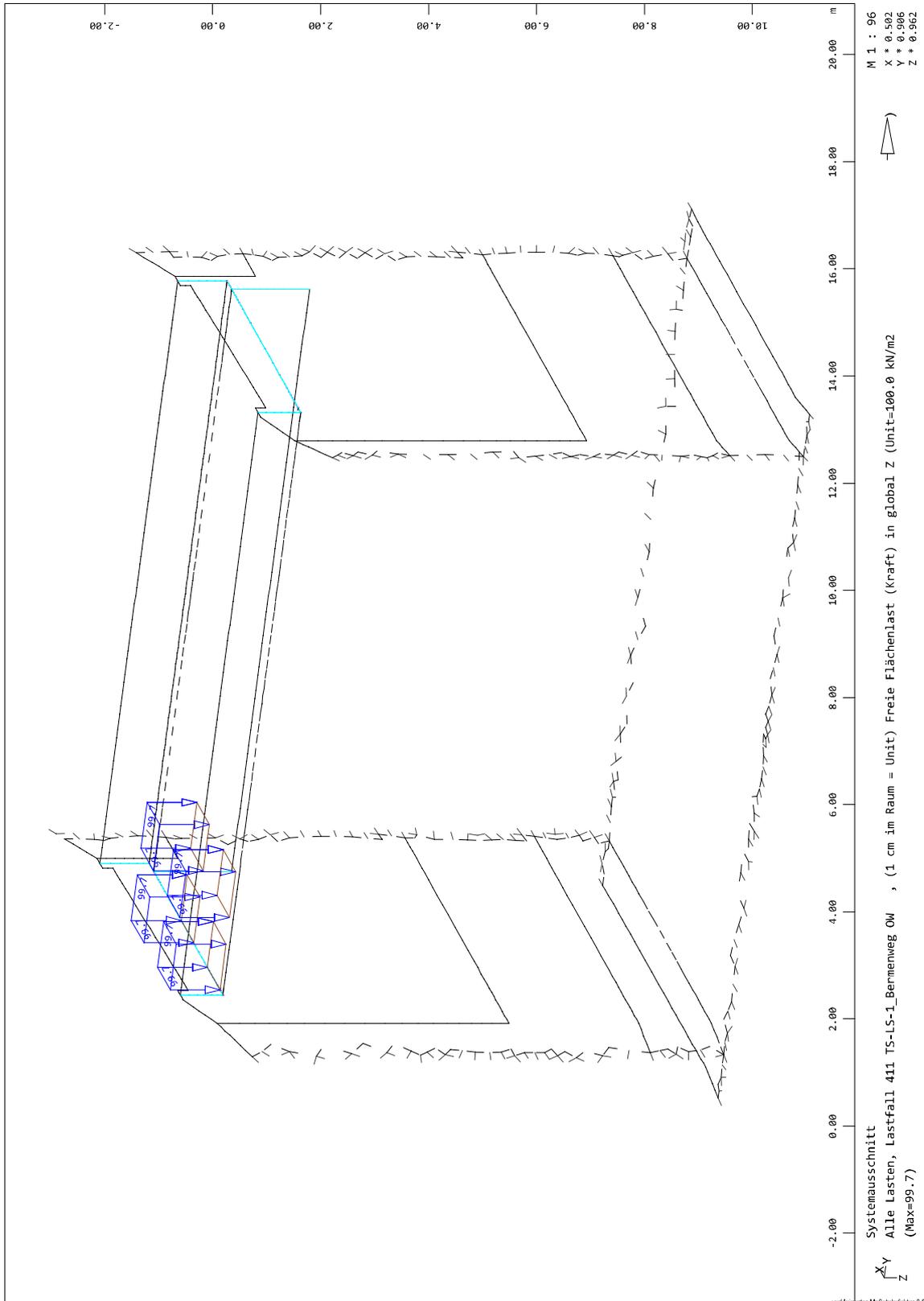
Seite 2.083



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

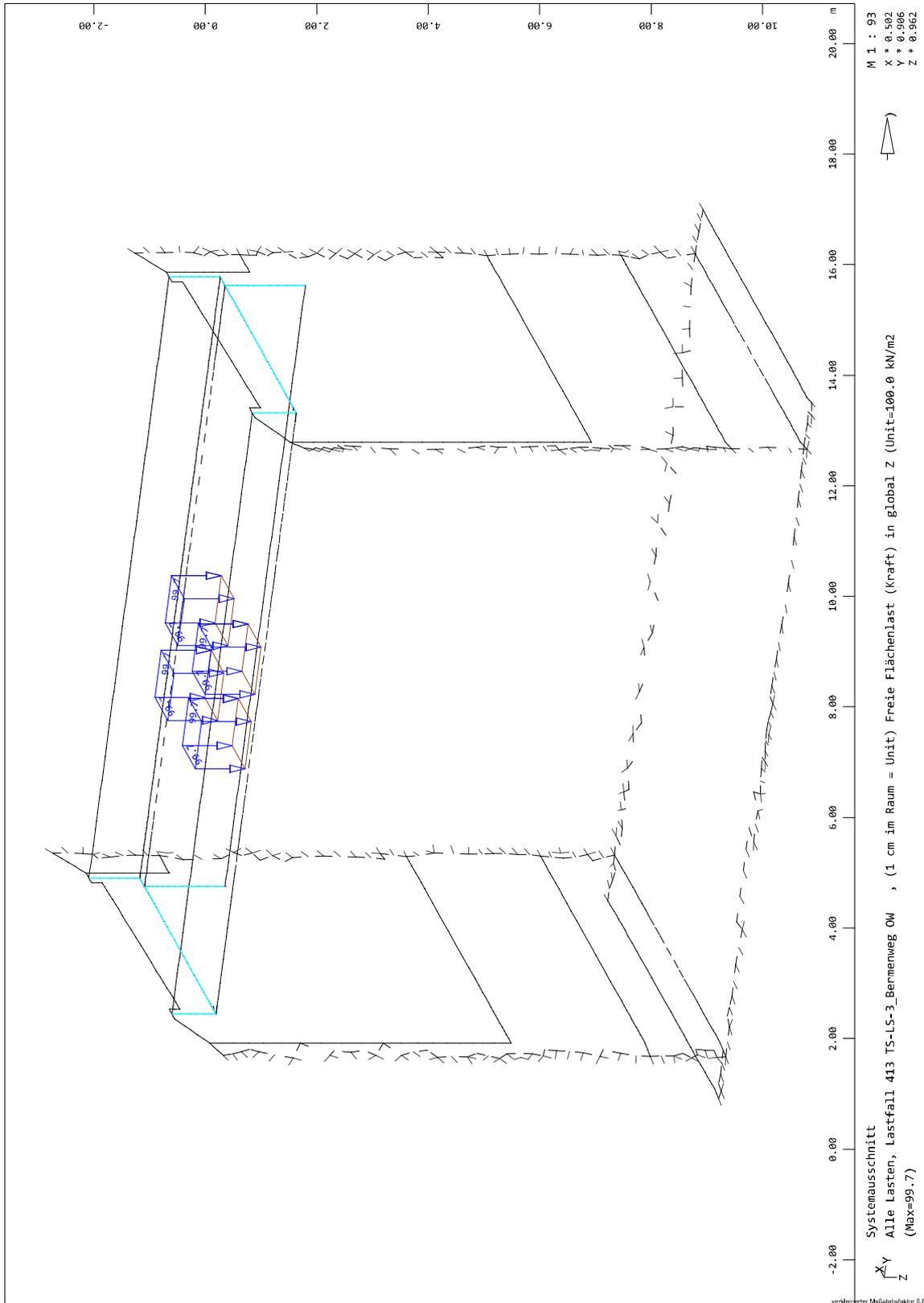
Seite 2.084



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

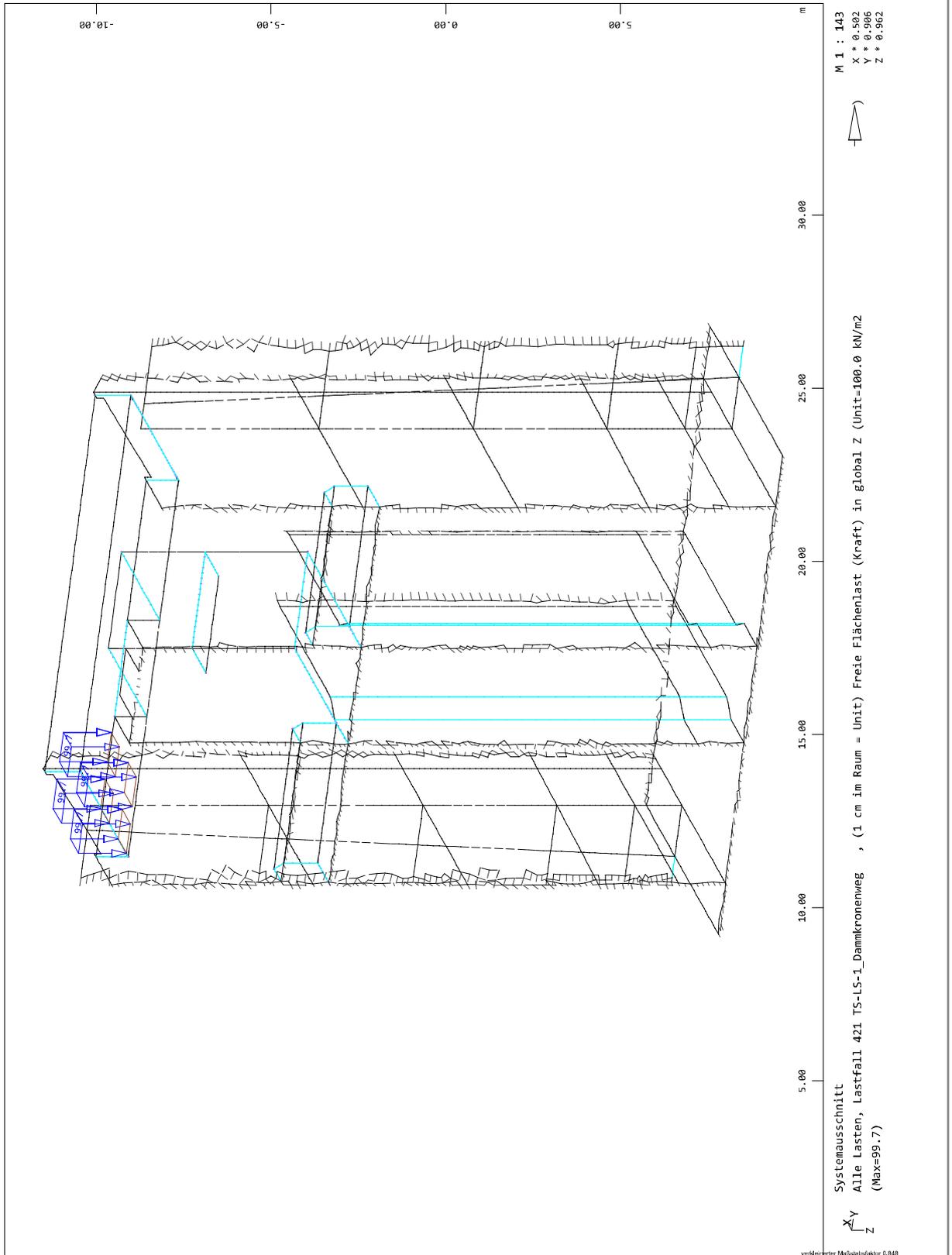
Seite 2.085



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

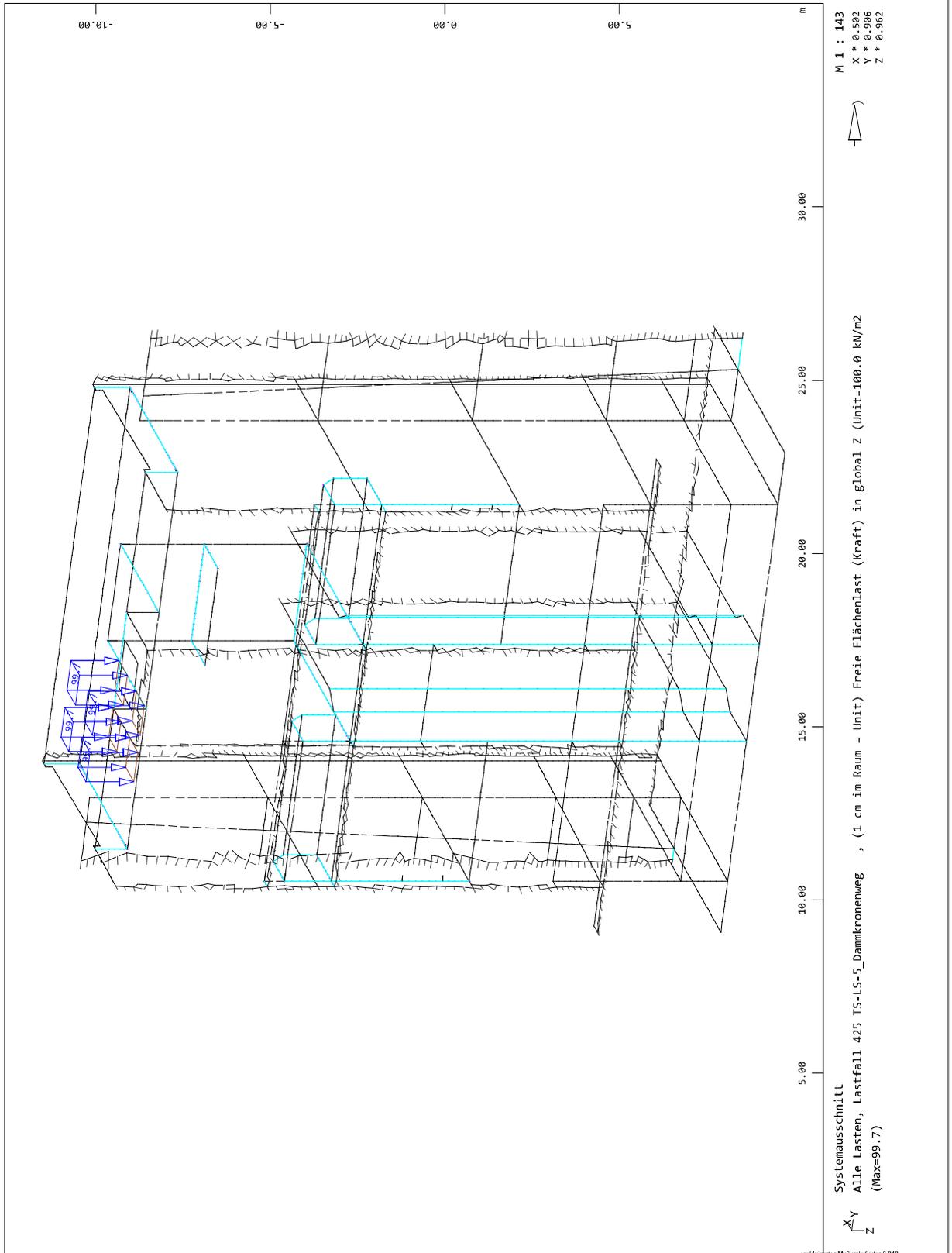
Seite 2.086



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

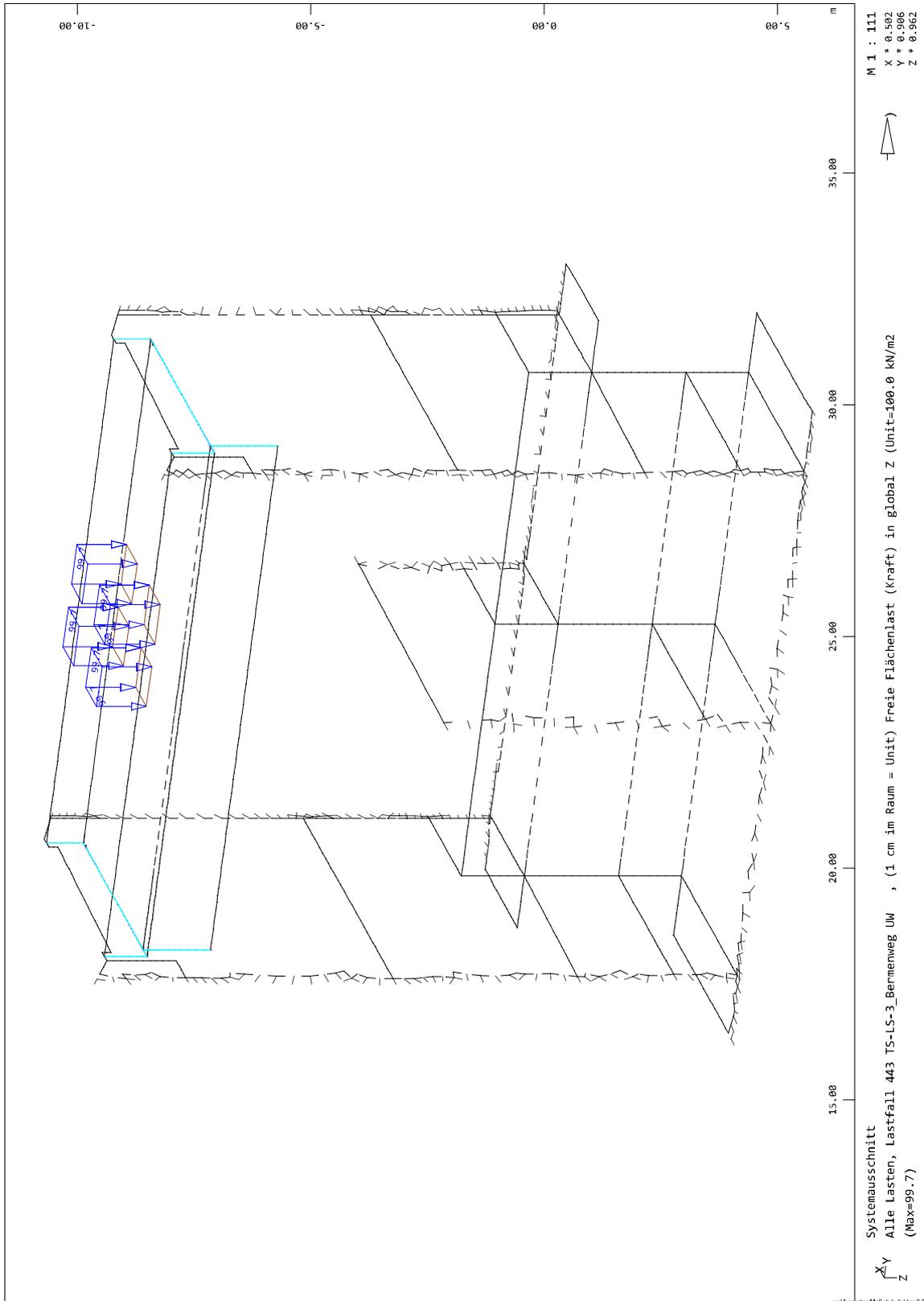
Seite 2.087



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

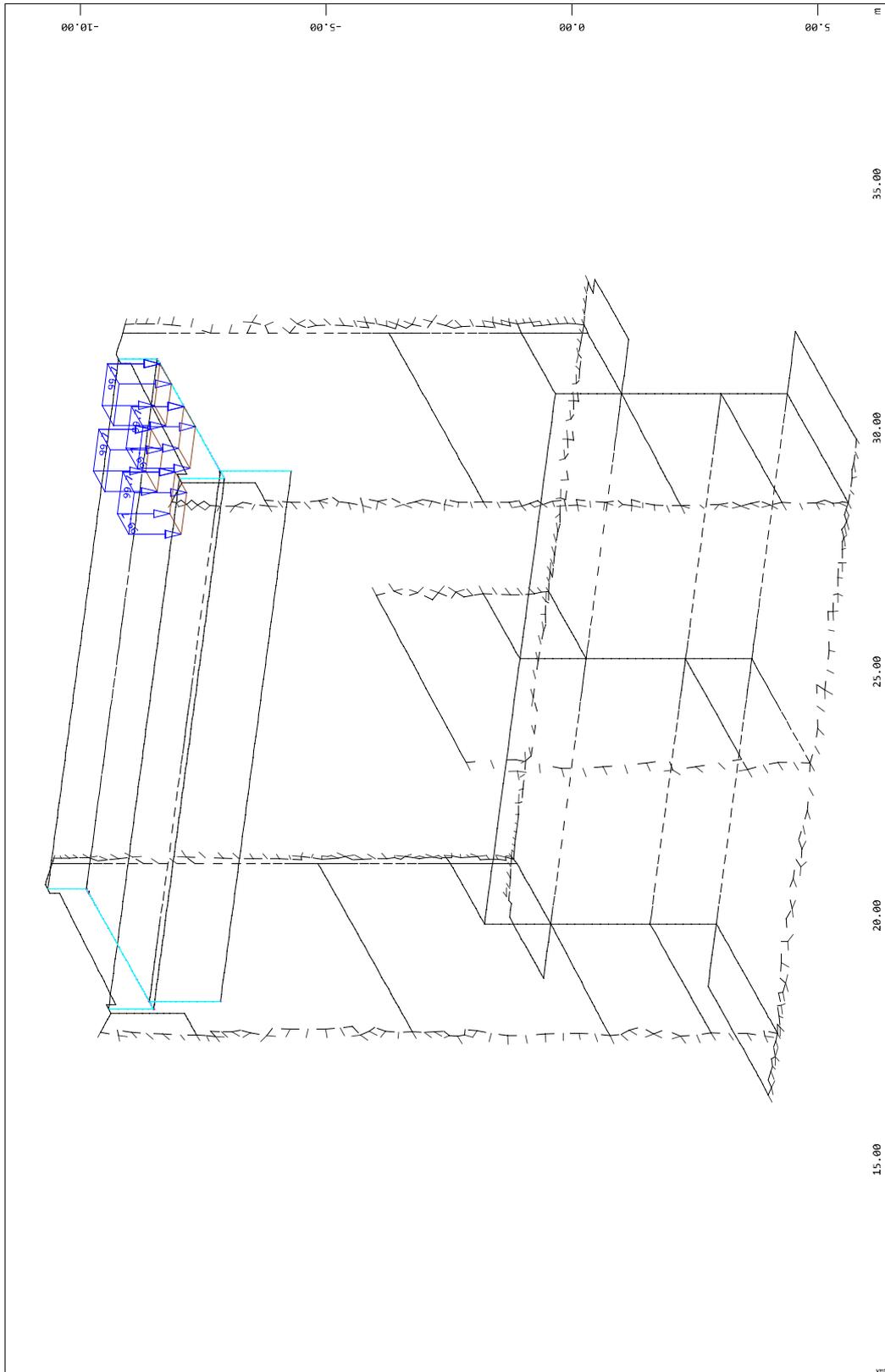
Seite 2.088



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



M 1 : 111
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Systemausschnitt
Alle Lasten, Lastfall 445 TS-LS-5_Bermerweg UM , (1 cm im Raum = Unit) Freie Flächenlast (Kraft) in global Z (Unit=100.0 kN/m2)
(Max=99.7)

X
Y
Z

vergrößerte Maßstabfaktor 0.848

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

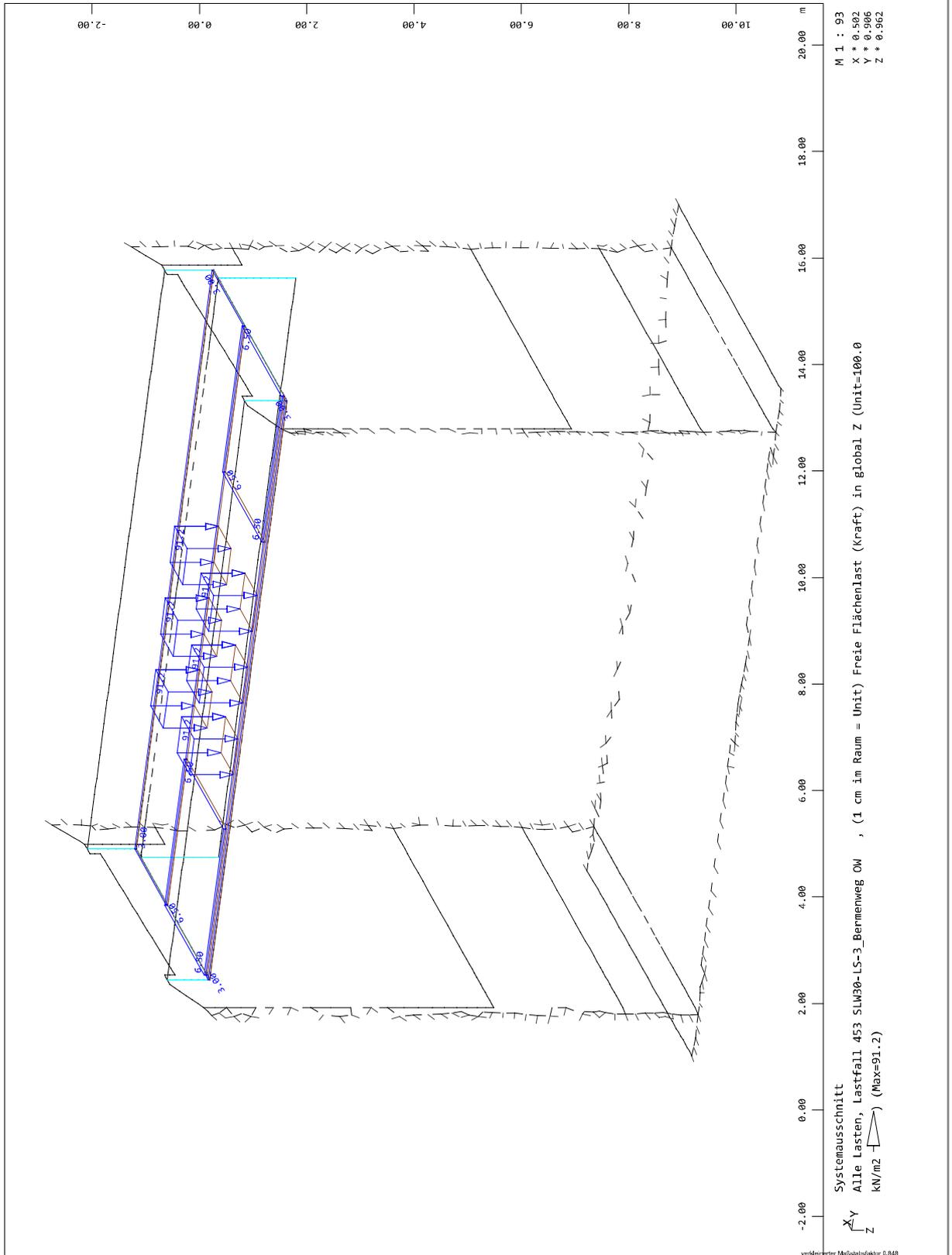
Seite 2.089



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

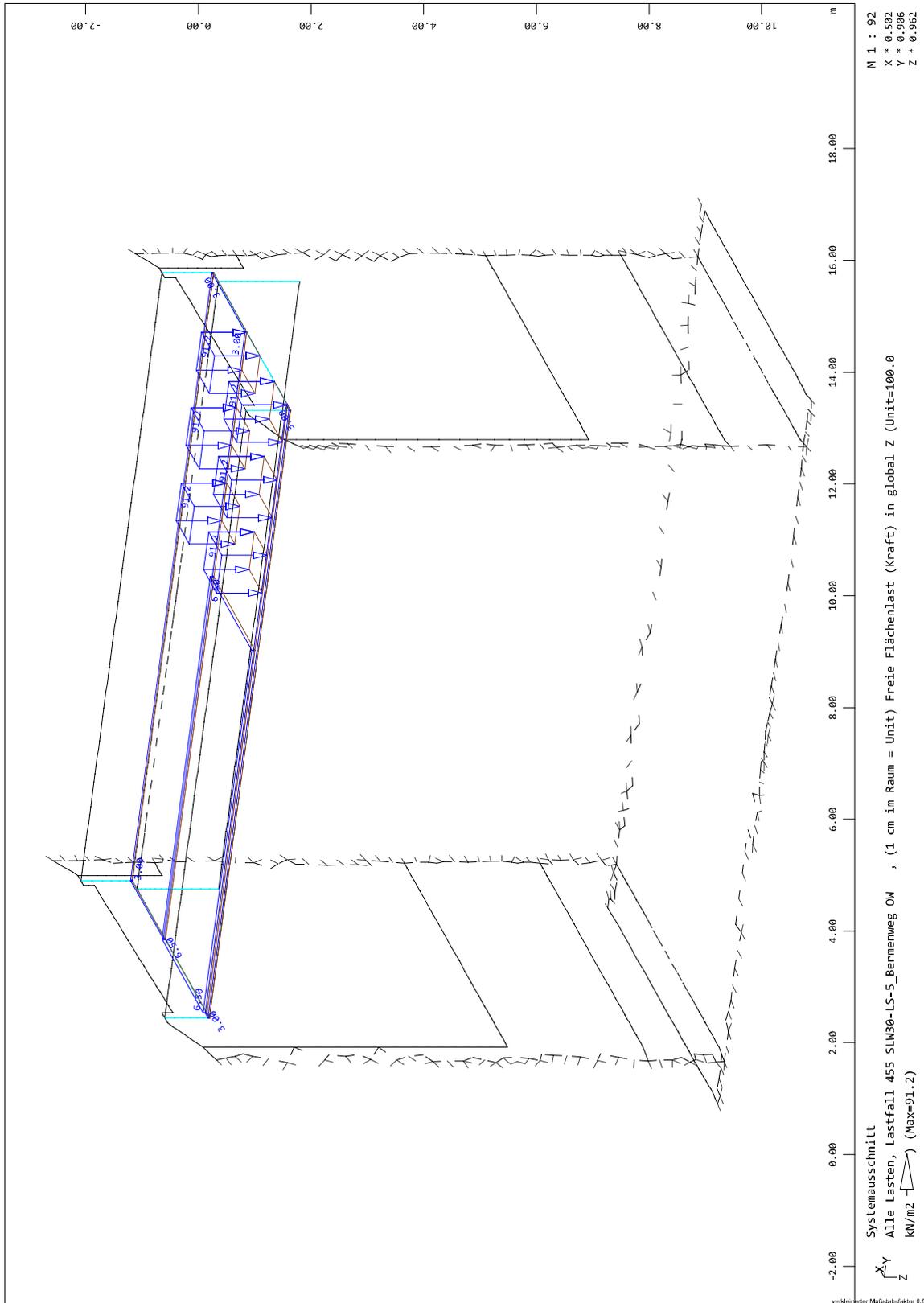
Seite 2.090



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

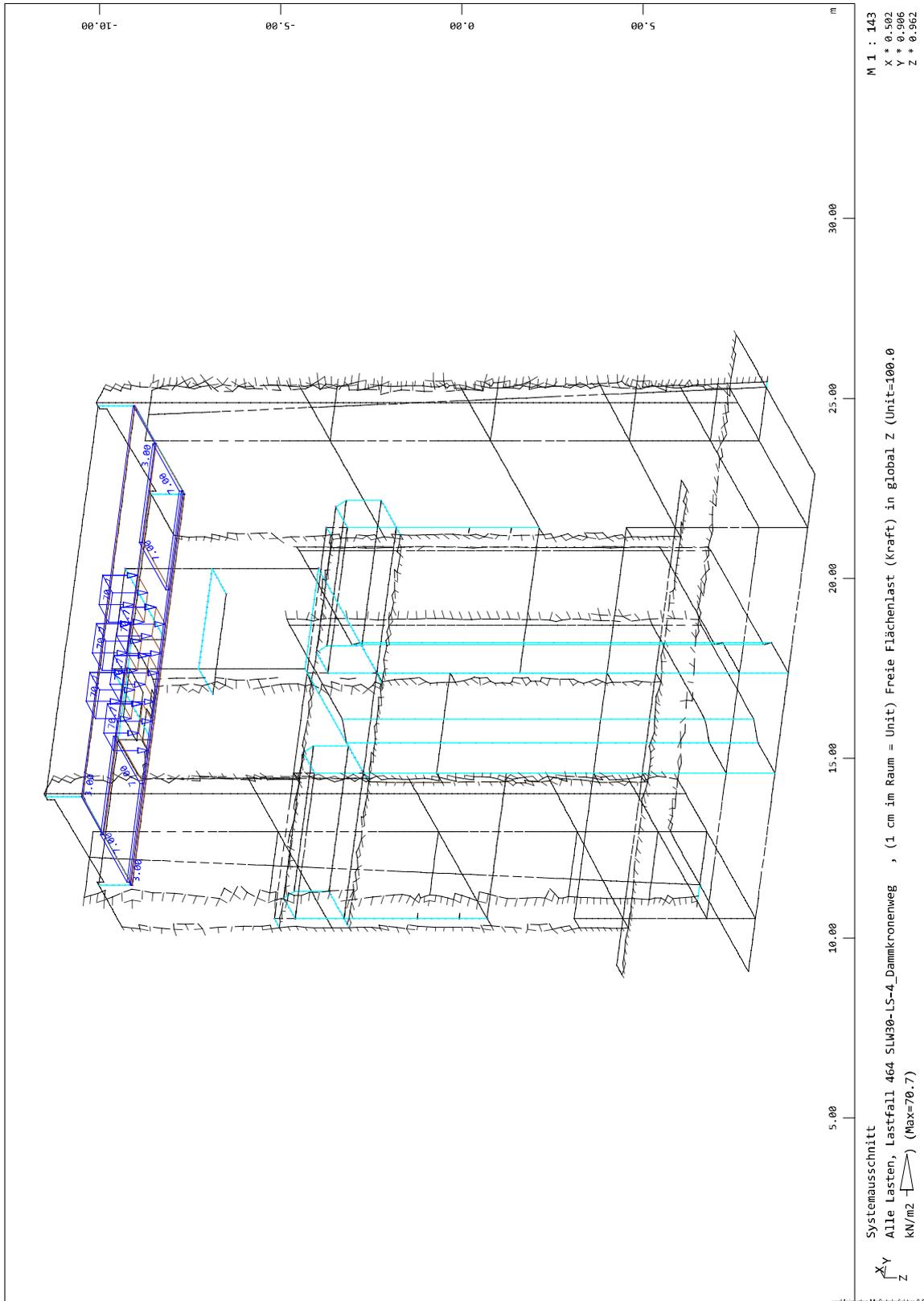
Seite 2.091



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



M 1 : 143
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Systemausschnitt
Alle Lasten, Lastfall 464 S1430-LS-4_Dammkronweg , (1 cm im Raum = Unit) Freie Flächenlast (Kraft) in Global Z (Unit=100.0)
kN/m2 (Max=70.7)

X
Y
Z

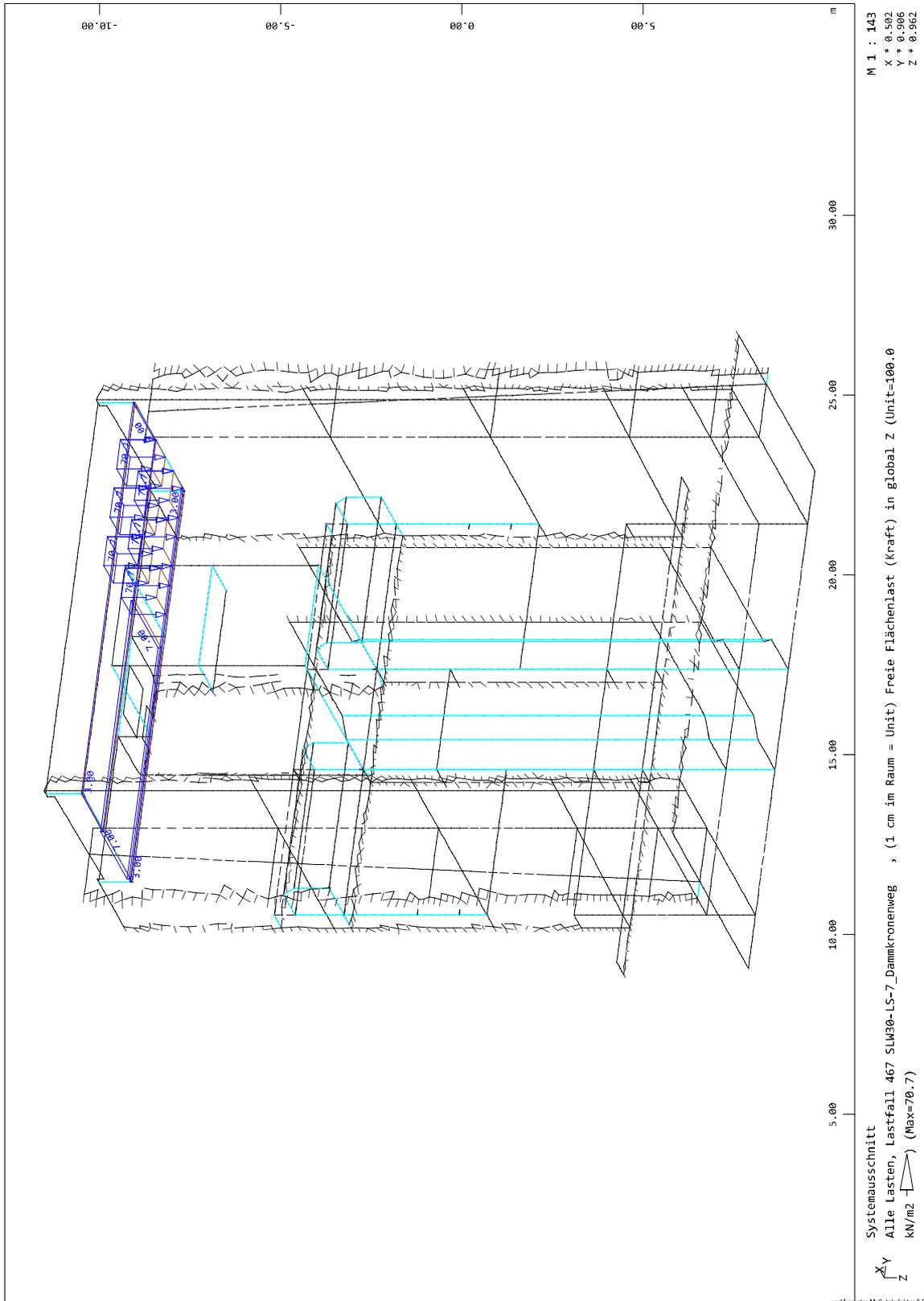
Vergrößerter Maßstabfaktor 0.848



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

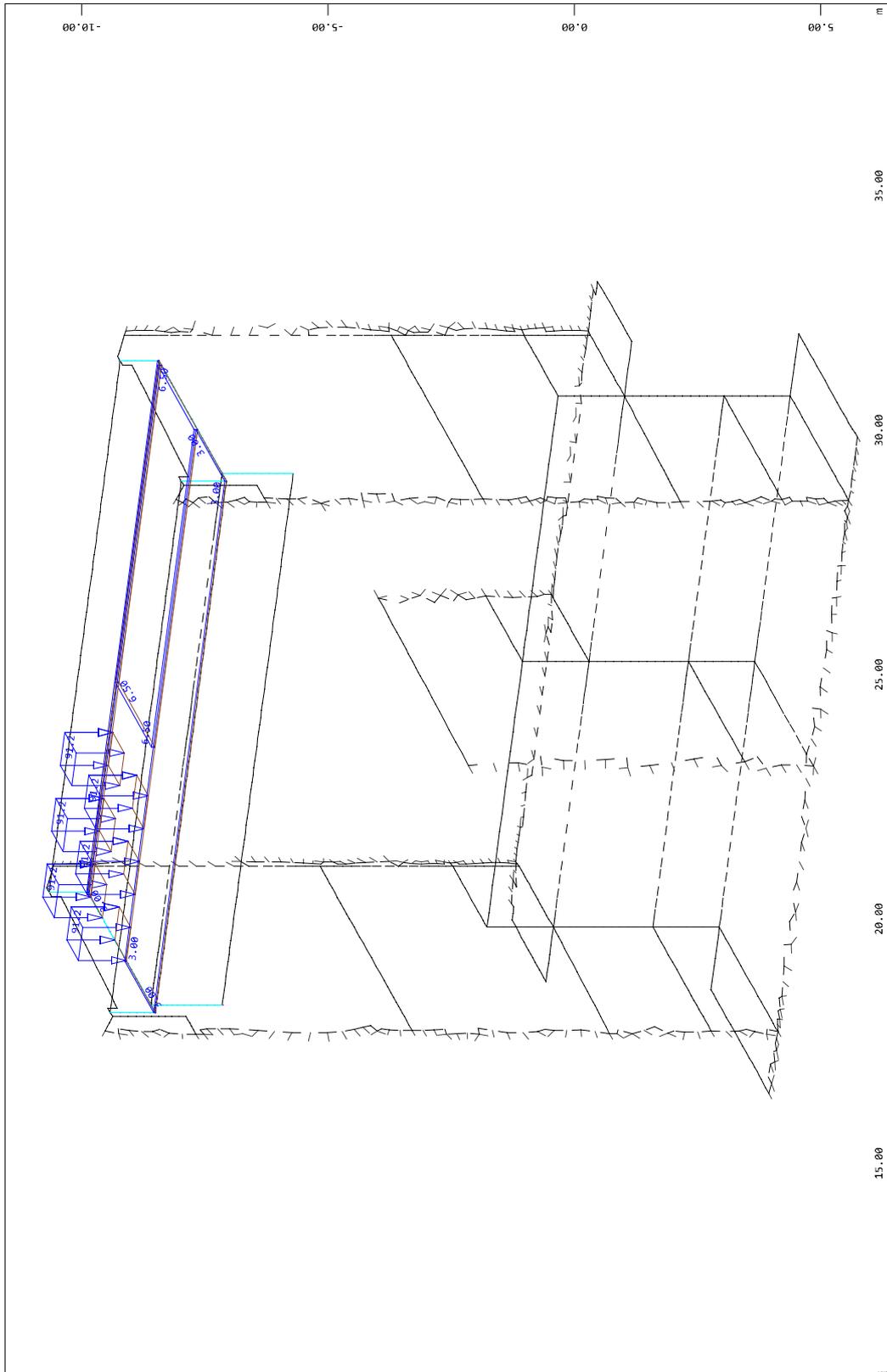
Seite 2.093



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



M 1 : 111
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Systemausschnitt
Alle Lasten, Lastfall 471 S(M30-LS-1_Bermerweg UW , (1 cm im Raum = Unit) Freie Flächenlast (Kraft) in global Z (Unit=100.0
kN/m²) (Max=91.2)



Vergrößerter Maßstabfaktor 0.848

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

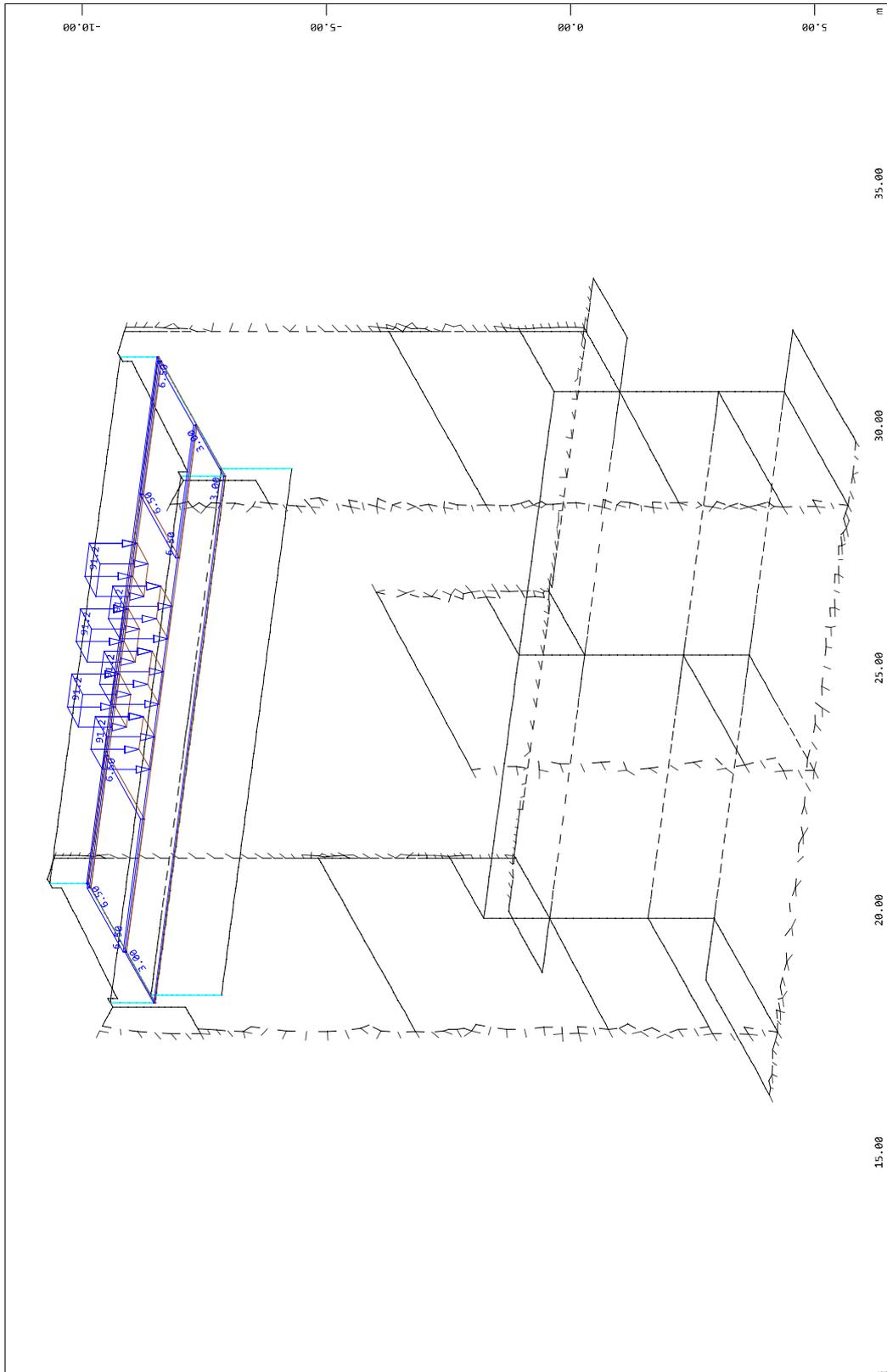
Seite 2.094



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



M 1 : 112
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Systemausschnitt
Alle Lasten, Lastfall 473 SLM30-LS-3_Bermerweg UW , (1 cm im Raum = Unit) Freie Flächenlast (Kraft) in global Z (Unit=100.0
kN/m2 (Max=91.2)



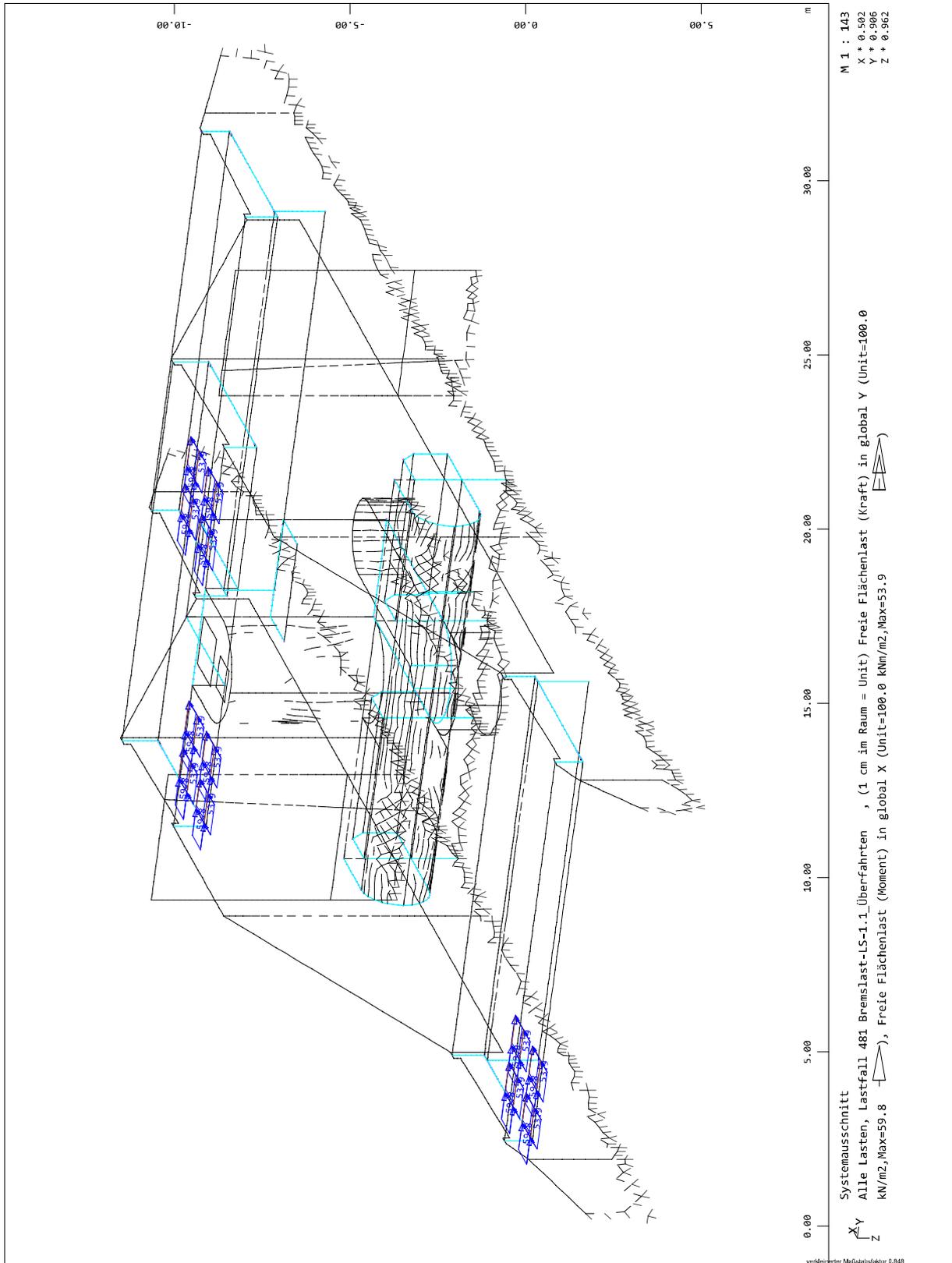
Vergrößerter Maßstabfaktor 0.848



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



M 1 : 143
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Systemausschnitt
Alle Lasten, Lastfall 481 Bremslast-LS-1-1_1 Überfahrten , (1 cm im Raum = Unit) Freie Flächenlast (Kraft) in Global Y (Unit=100.0 kN/m2, Max=59.8), Freie Flächenlast (Moment) in Global X (Unit=100.0 kNm/m2, Max=53.9)

X
Y
Z

verändert Maßstabfaktor 0.848

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

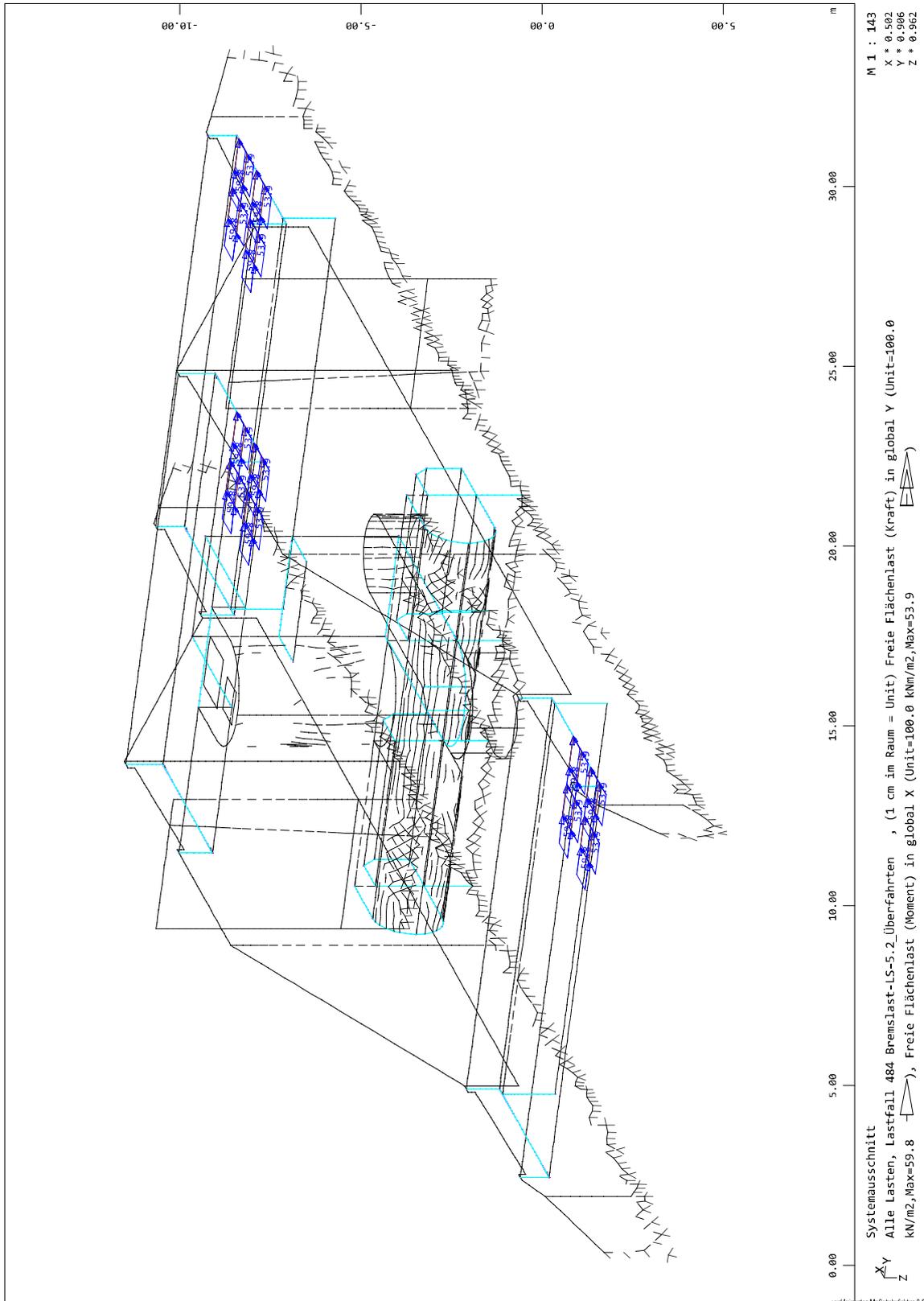
Seite 2.096



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Lastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

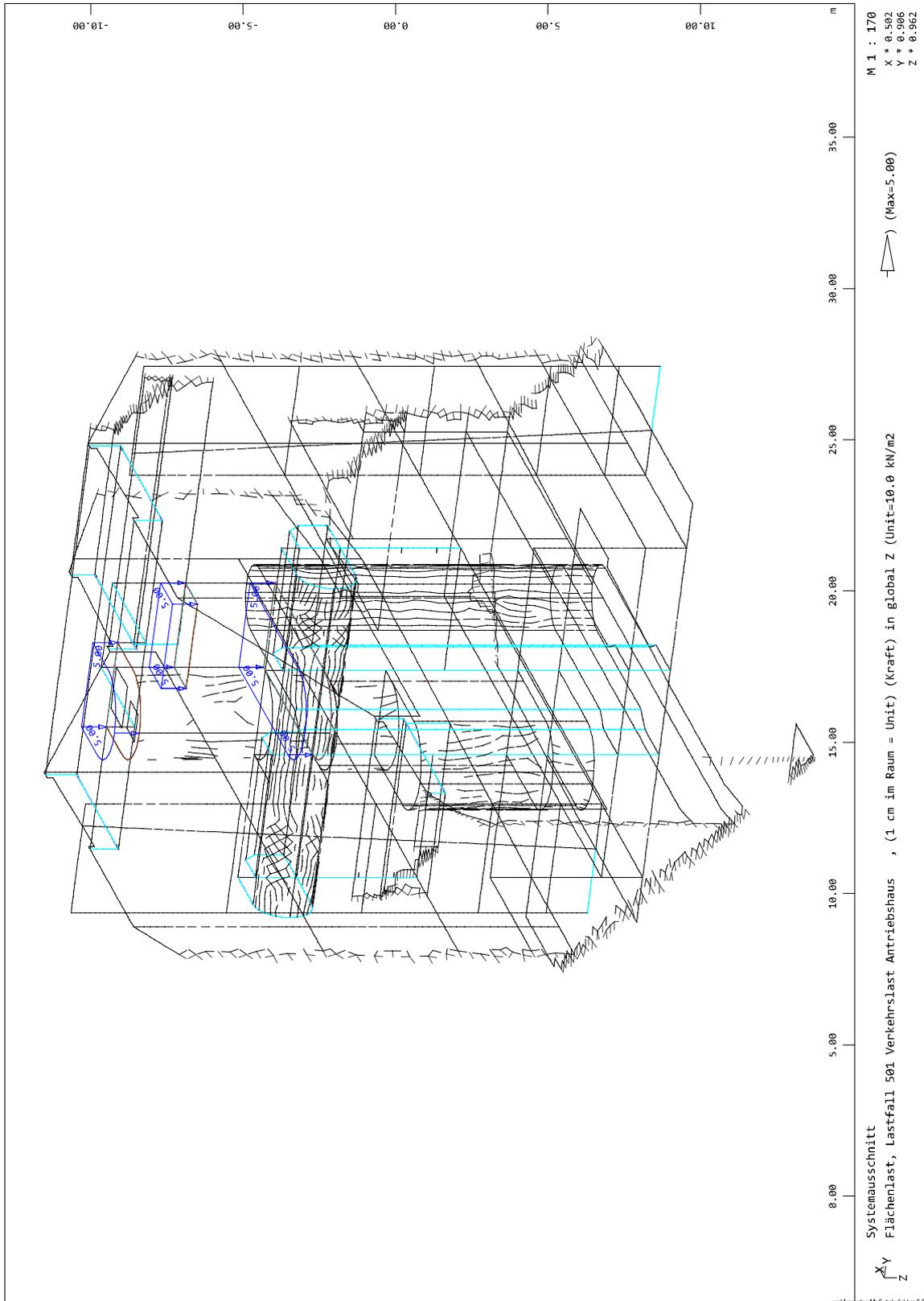
Seite 2.097



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
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.

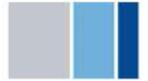
Für die Kombinationen werden die einzelnen Lastfälle mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten aus der Tabelle im Abschnitt 3.6 des Lastenhefts für die Bemessung der Stahlbetonbauteile (Designschnittgrößen) kombiniert.

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 V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.99



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, exemplarisch für die Kombinationslastfälle LF 1001, LF 1101, LF 1106, LF 1111, LF 1116, LF 1118, LF 1201, LF 1204, LF 1207, LF 1301 und LF 1401, siehe nachfolgende Seiten

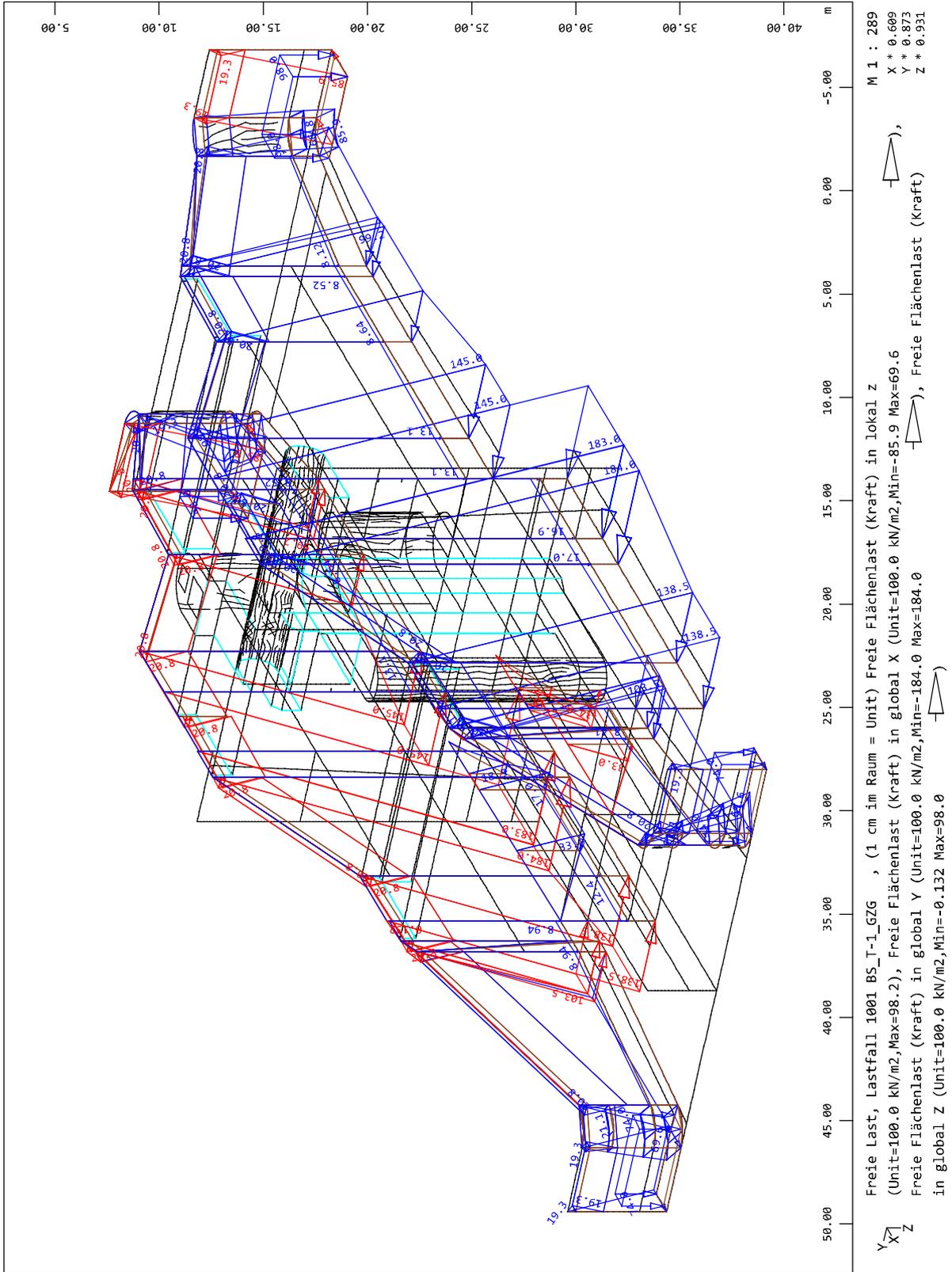
020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.103



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

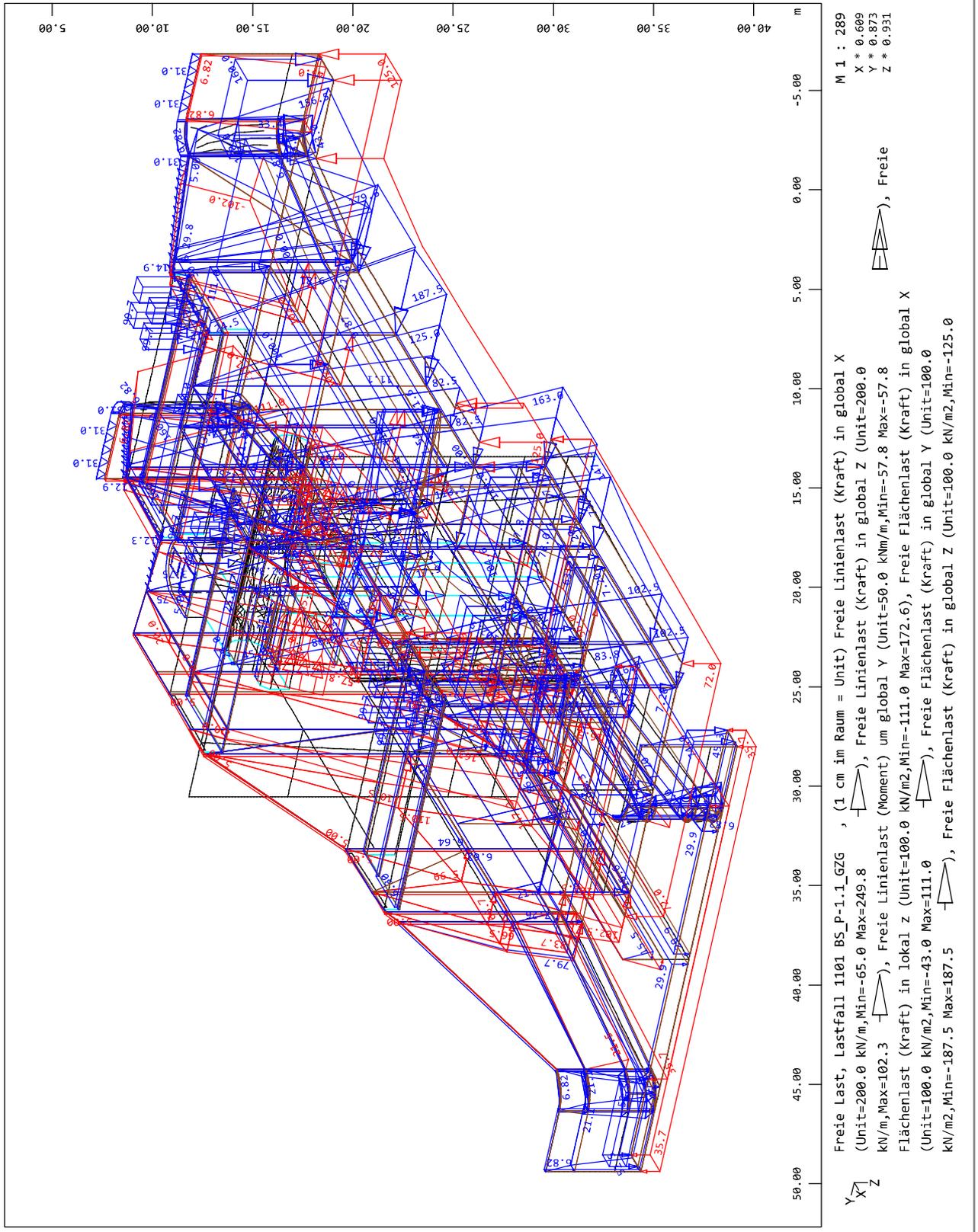
Seite 2.104

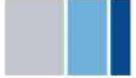


INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

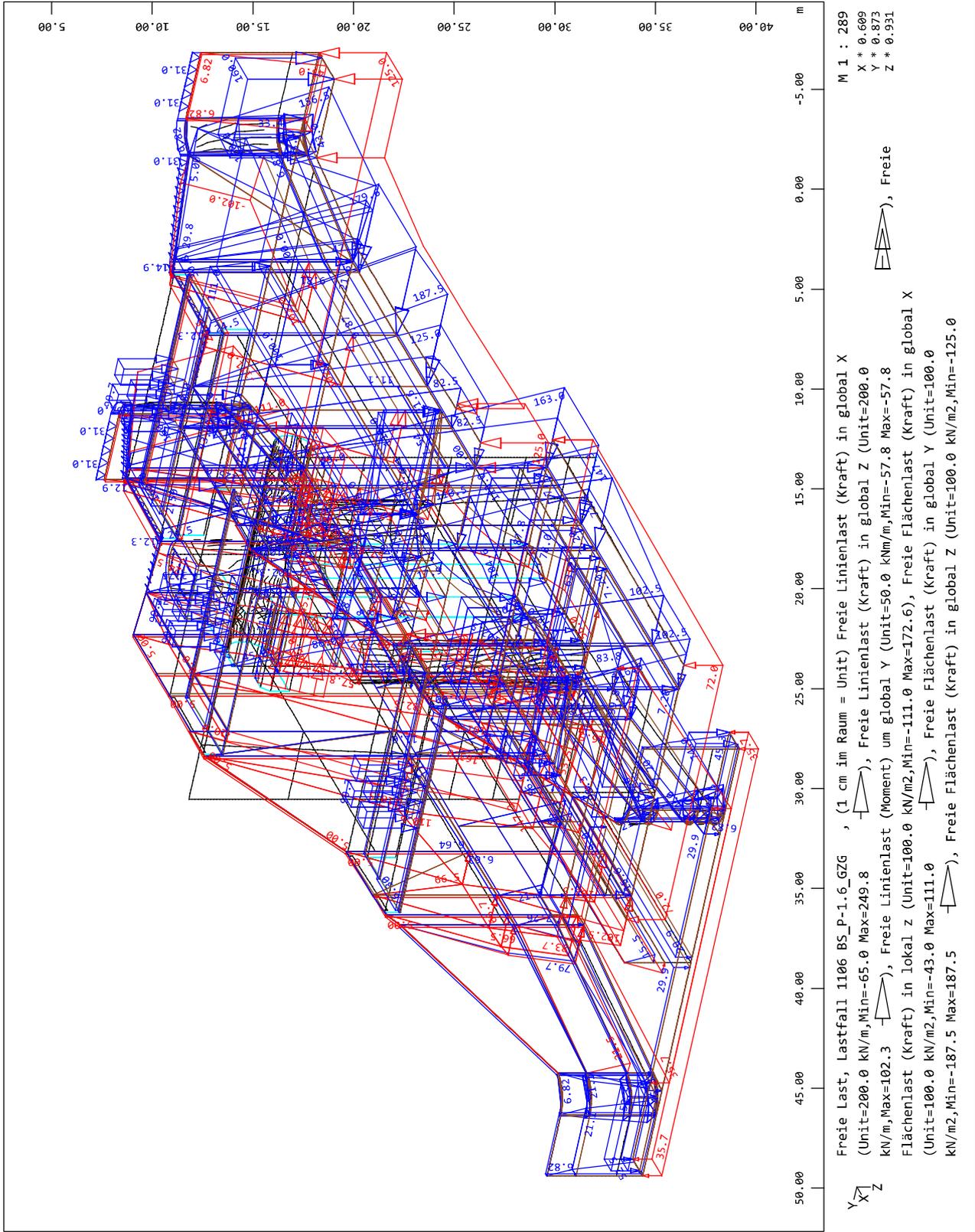




INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

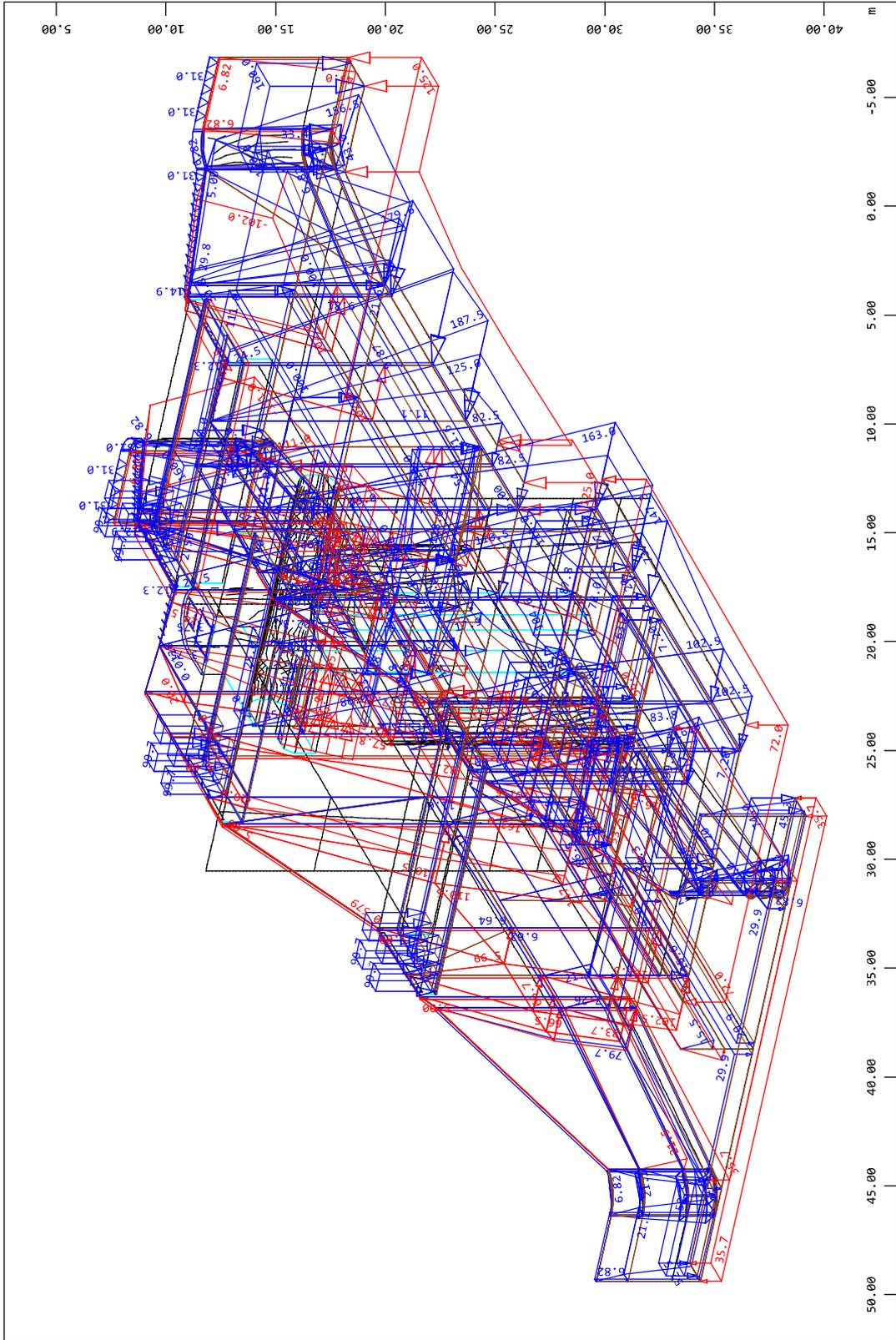




INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

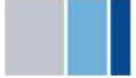


M 1 : 289
X * 0.609
Y * 0.873
Z * 0.931

Freie Last, Lastfall 1111 BS_P-1.11_GZG , (1 cm im Raum = Unit) Freie Linienlast (Kraft) in global X (Unit=200.0 kN/m,Min=-65.0 Max=249.8), Freie Linienlast (Kraft) in global Z (Unit=200.0 kN/m,Max=102.3), Freie Linienlast (Moment) um global Y (Unit=50.0 kNm/m,Min=-57.8 Max=-57.8), Freie Linienlast (Kraft) in global Y (Unit=50.0 kN/m,Min=-111.0 Max=472.6), Freie Flächenlast (Kraft) in global X (Unit=100.0 kN/m²,Min=-43.0 Max=111.0), Freie Flächenlast (Kraft) in global Y (Unit=100.0 kN/m²,Min=-187.5 Max=187.5), Freie Flächenlast (Kraft) in global Z (Unit=100.0 kN/m²,Min=-125.0 Max=125.0)

Freie

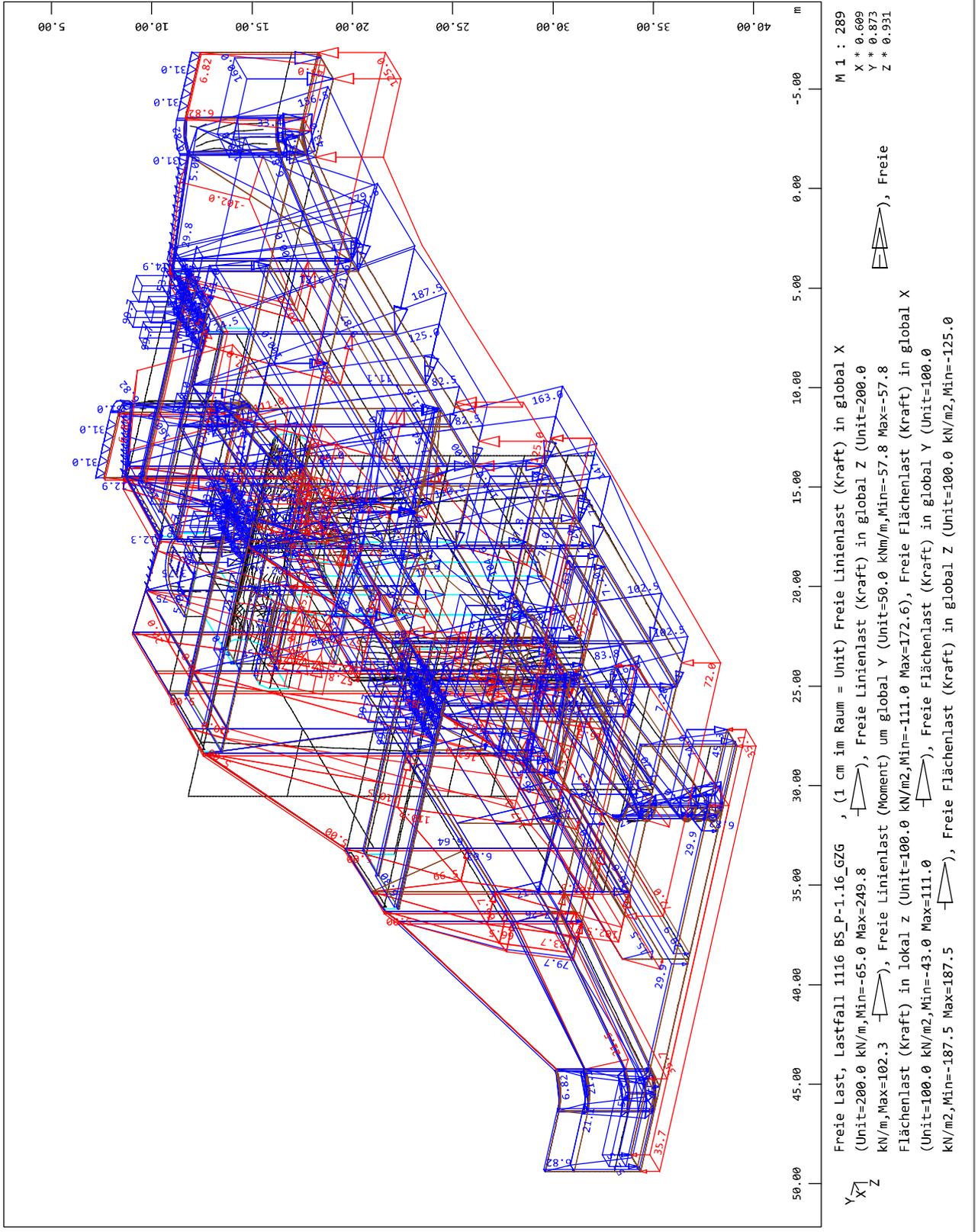
Y
X
Z



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

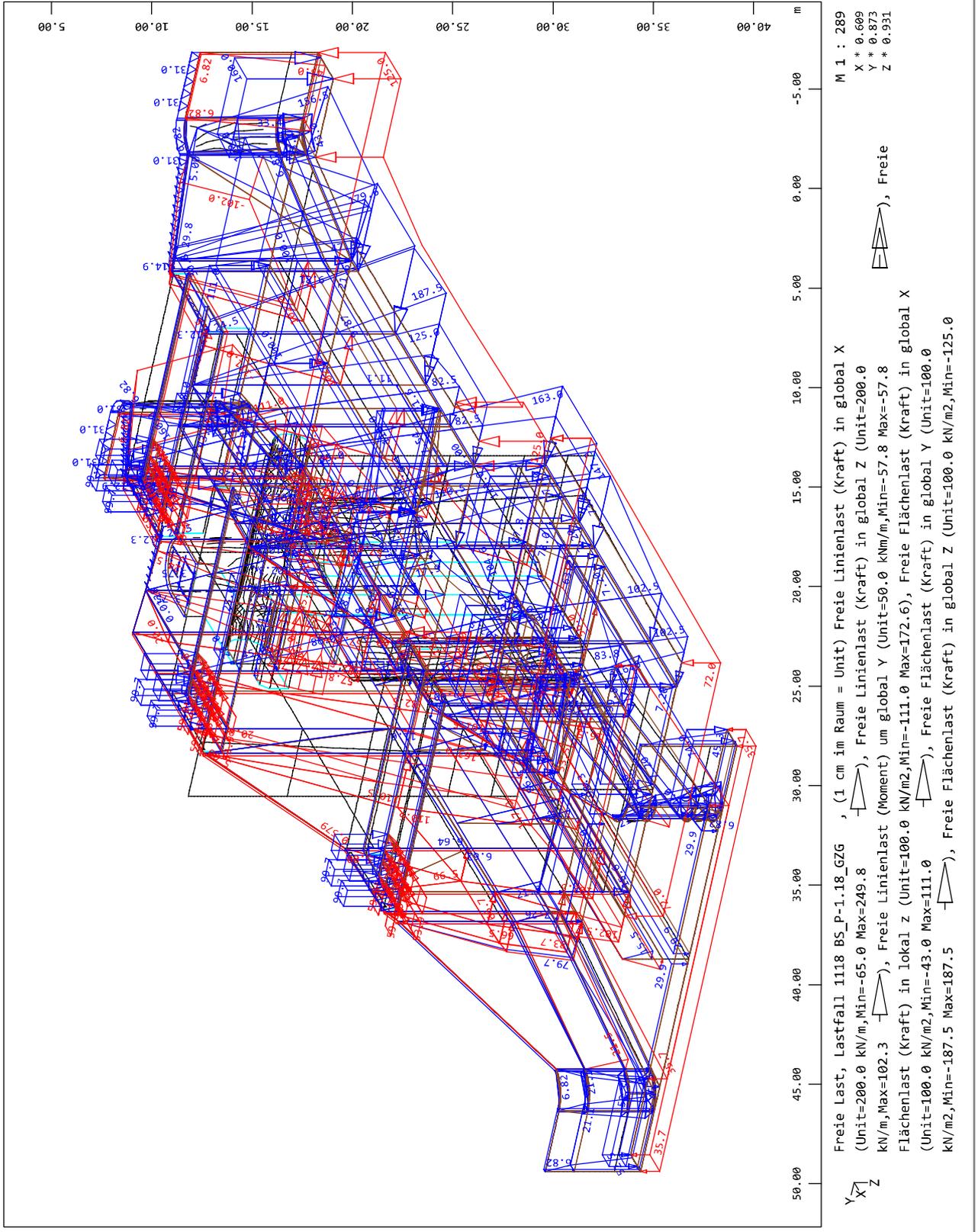




INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

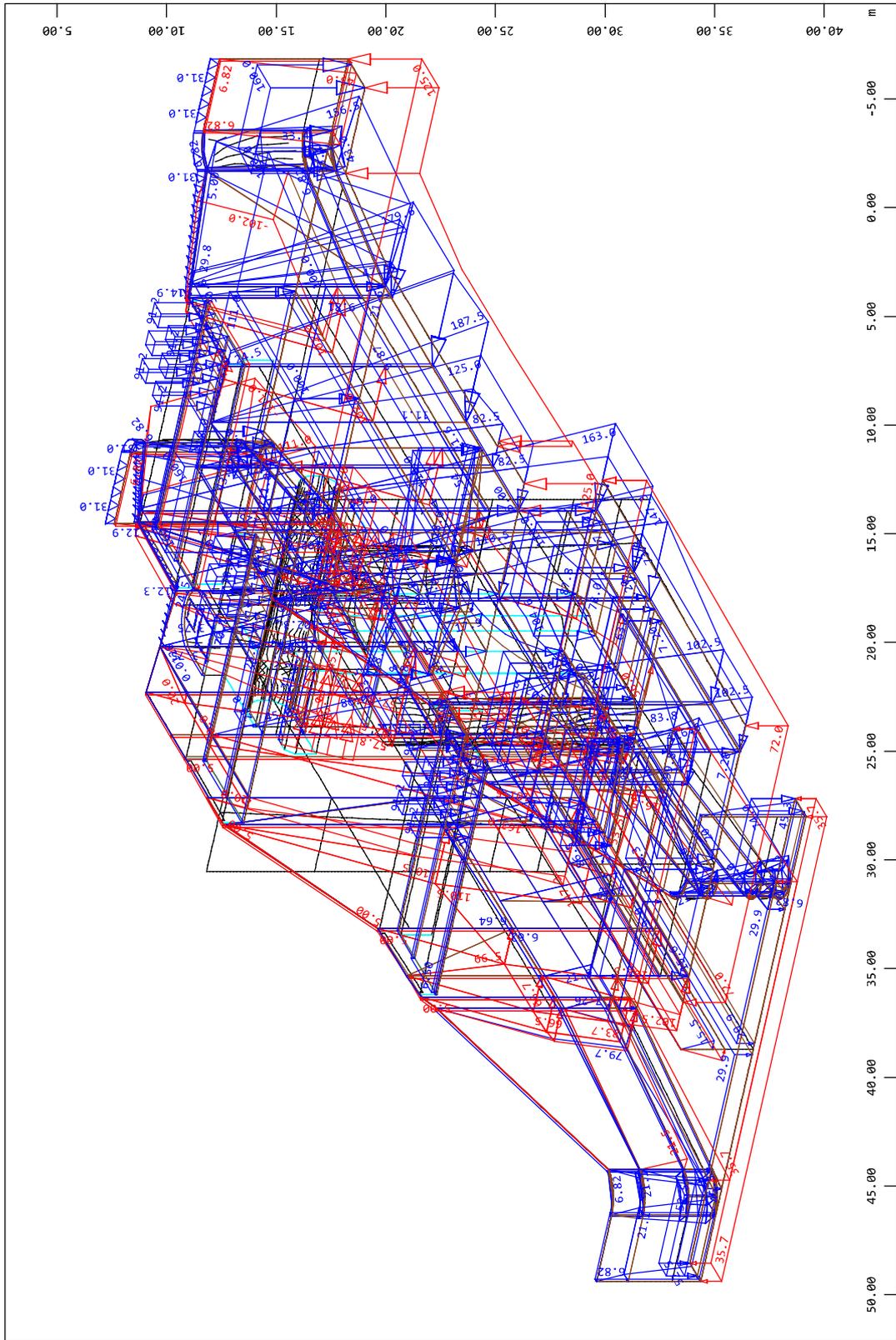




INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFiSTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Kombinationslastfälle

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



M 1 : 289
X * 0.609
Y * 0.873
Z * 0.931



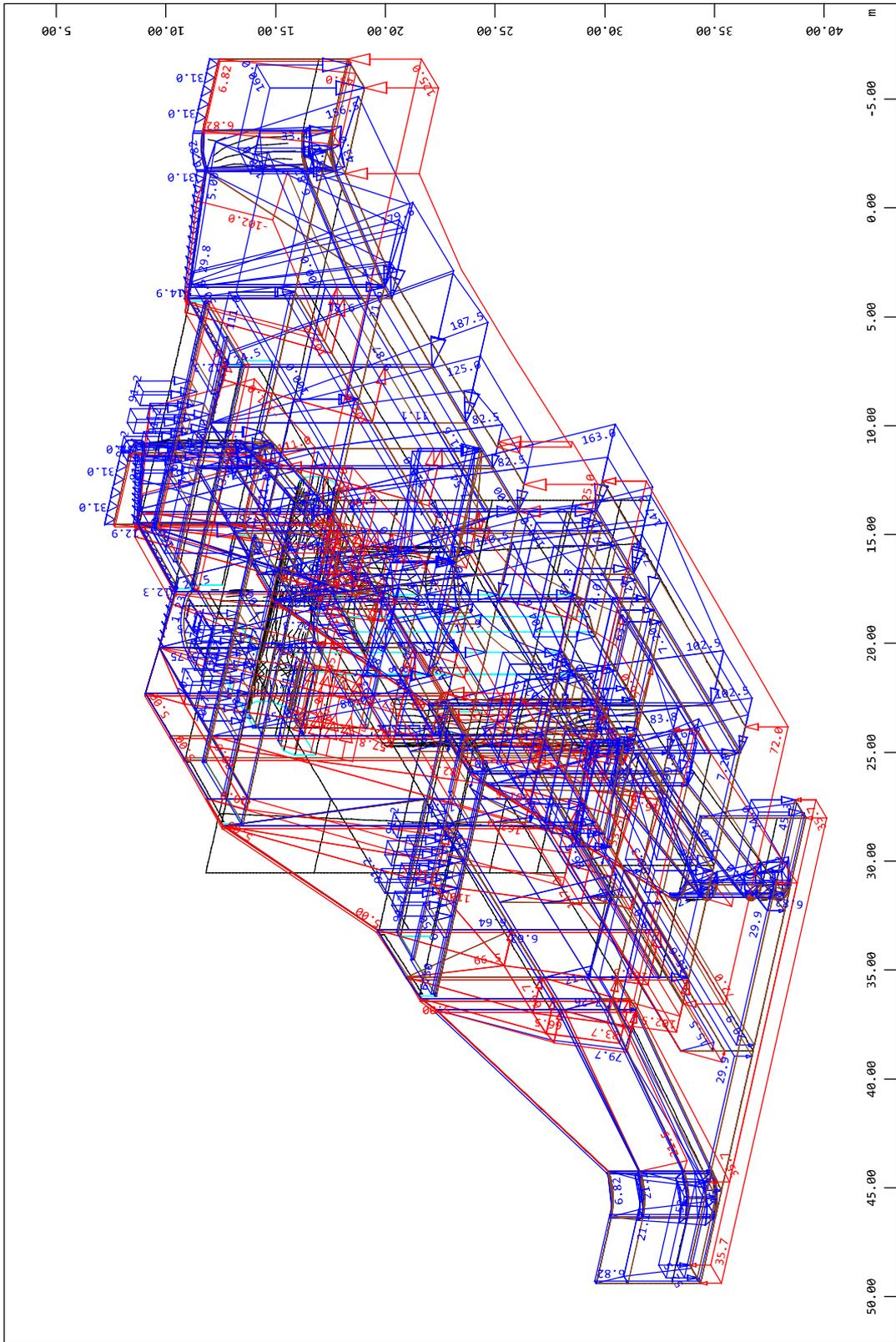
Freie Last, Lastfall 1201 BS_P-2.1_GZG , (1 cm im Raum = Unit) Freie Linienlast (Kraft) in global X (Unit=200.0 kN/m,Min=-65.0 Max=249.8), Freie Linienlast (Kraft) in global Z (Unit=200.0 kN/m,Max=102.3), Freie Linienlast (Moment) um global Y (Unit=50.0 kNm/m,Min=-57.8 Max=-57.8), Freie Linienlast (Kraft) in global Y (Unit=100.0 kN/m,Min=-111.0 Max=472.6), Freie Flächenlast (Kraft) in global X (Unit=100.0 kN/m2,Min=-43.0 Max=111.0), Freie Flächenlast (Kraft) in global Y (Unit=100.0 kN/m2,Min=-187.5 Max=187.5), Freie Flächenlast (Kraft) in global Z (Unit=100.0 kN/m2,Min=-125.0 Max=125.0)



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



M 1 : 289
X * 0.609
Y * 0.873
Z * 0.931



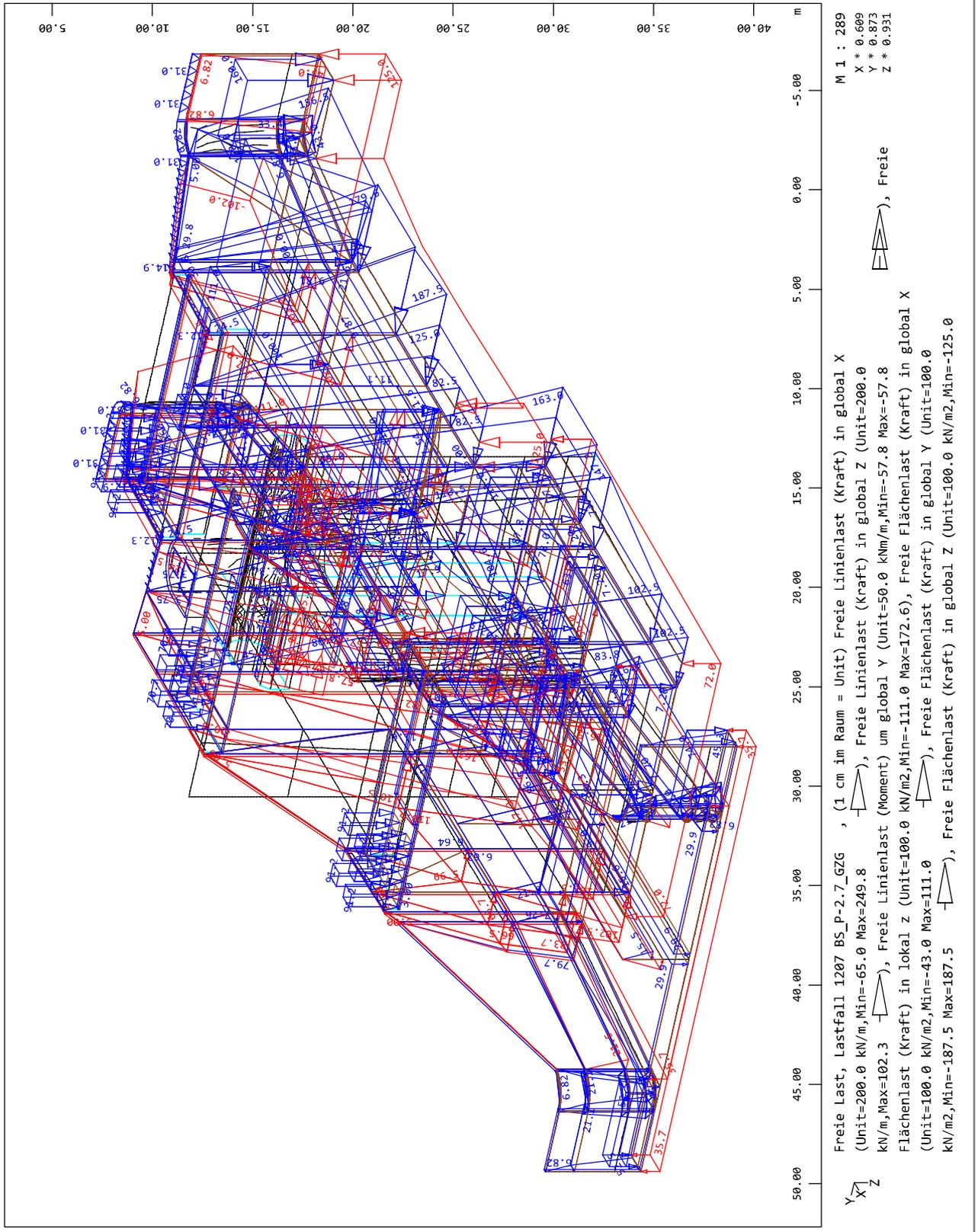
Freie Last, Lastfall 1204 BS_P-2.4_GZG, (1 cm im Raum = Unit) Freie Linienlast (Kraft) in global X (Unit=200.0 kN/m, Min=-65.0 Max=249.8 kN/m, Max=102.3), Freie Linienlast (Moment) um global Y (Unit=50.0 kNm/m, Min=-57.8 Max=-57.8), Freie Linienlast (Kraft) in global Z (Unit=200.0 kN/m, Min=-111.0 Max=111.0), Freie Flächenlast (Kraft) in global X (Unit=100.0 kN/m2, Min=-43.0 Max=111.0), Freie Flächenlast (Kraft) in global Y (Unit=100.0 kN/m2, Min=-187.5 Max=187.5), Freie Flächenlast (Kraft) in global Z (Unit=100.0 kN/m2, Min=-125.0 Max=125.0)



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Kombinationslastfälle

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

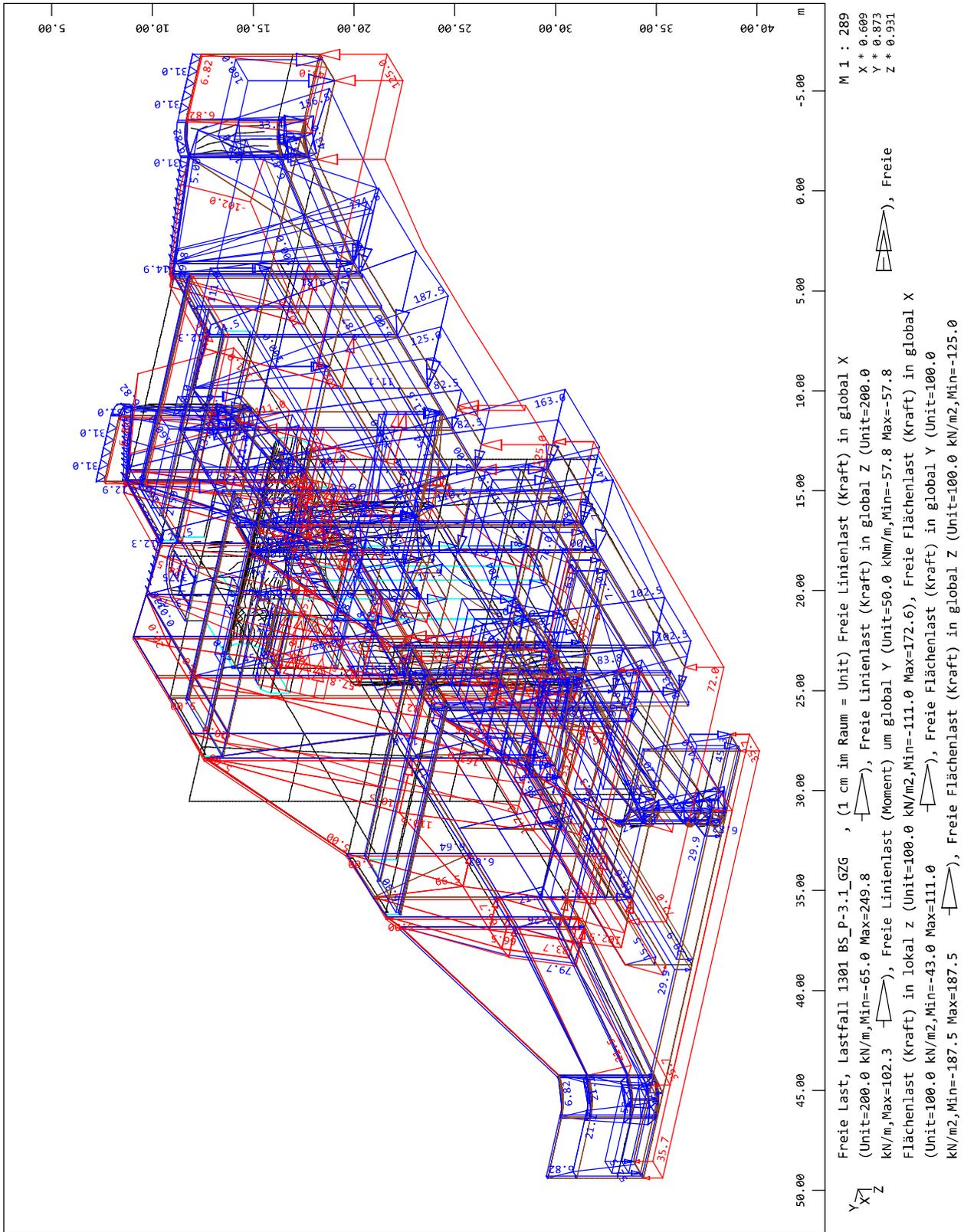
Seite 2.112



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
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 Fels ebenfalls entbehrlich.

Die maximale Pressung unter charakteristischen Lasten beträgt ca. $146,5 \text{ kN/m}^2$, die minimale Bodenpressung ca. $47,4 \text{ kN/m}^2$.

2.4.4.2 Grafische Ausgabe

siehe nachfolgende Seiten

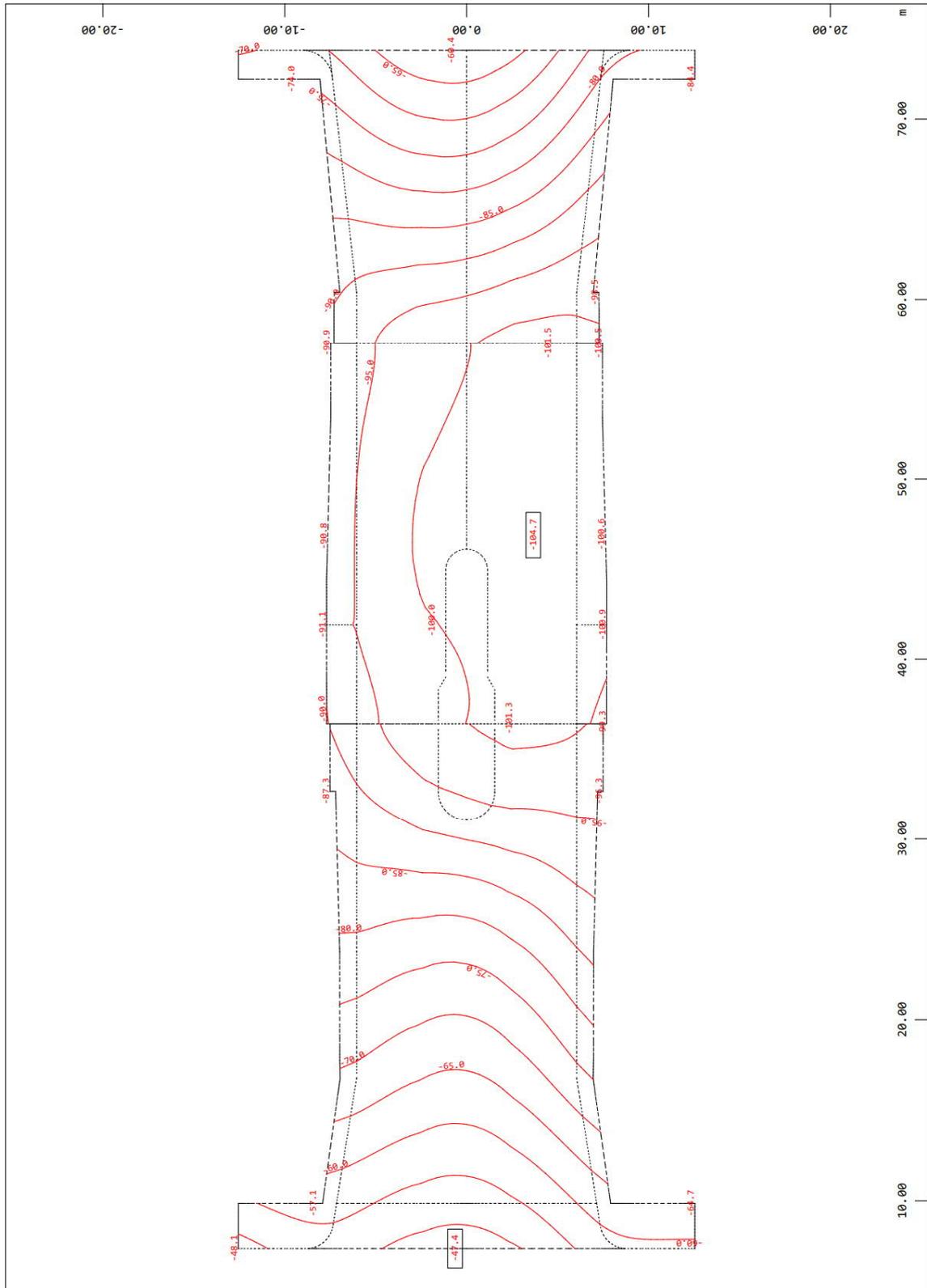
020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.114



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Ergebnisse

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



M 1 : 336

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

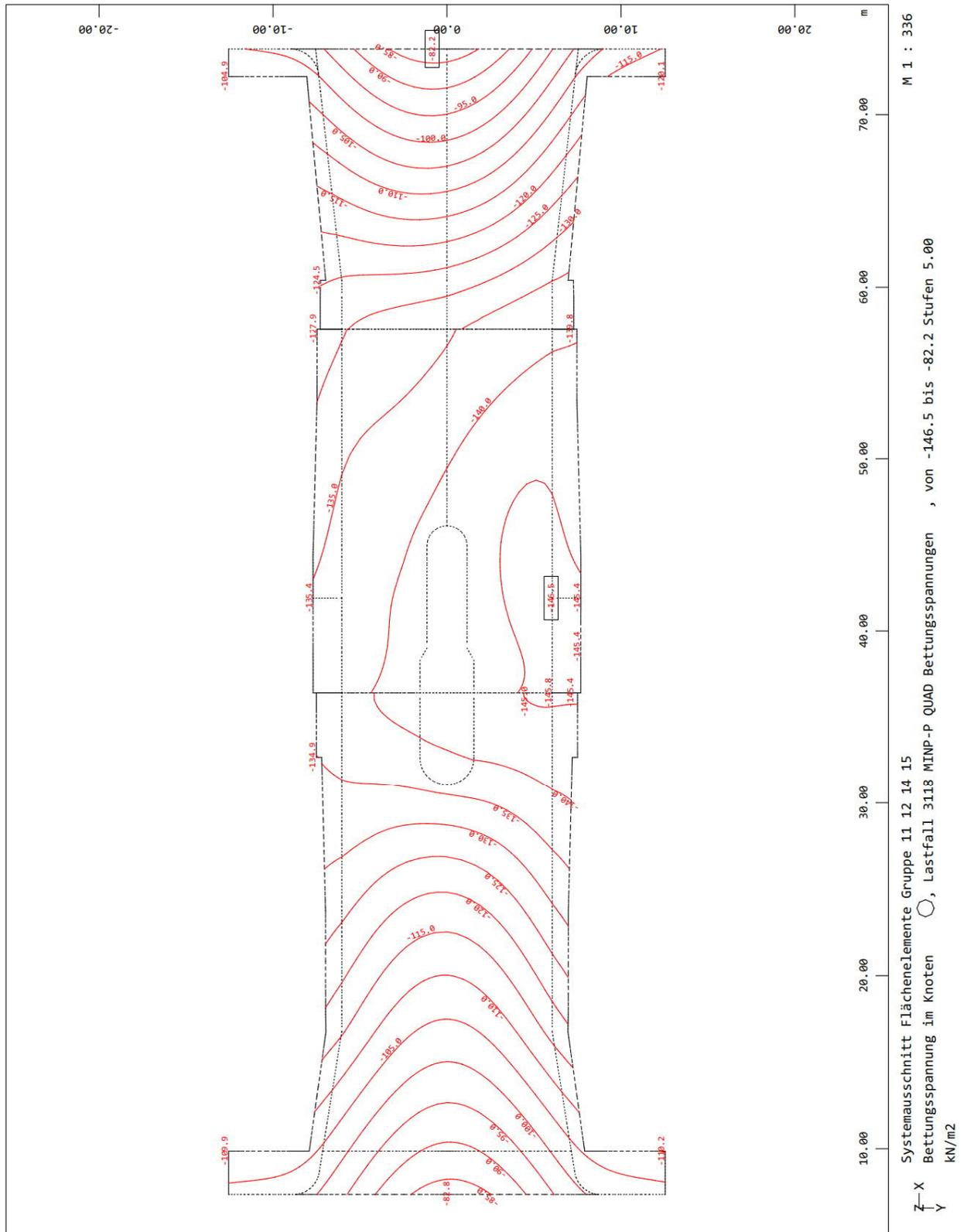
Seite 2.115



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFiStIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Ergebnisse

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 2.116



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

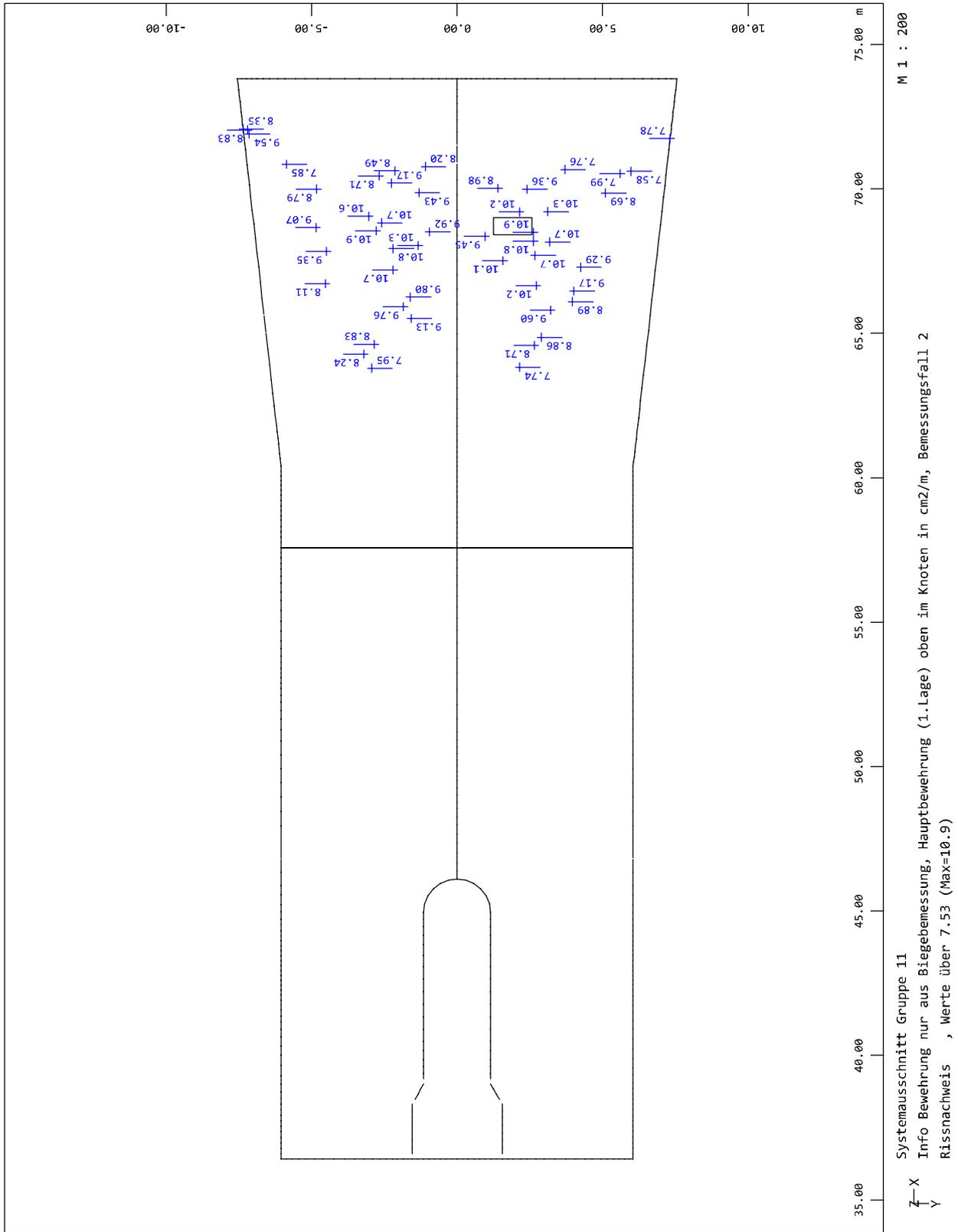
siehe nachfolgende Seiten

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.117



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT



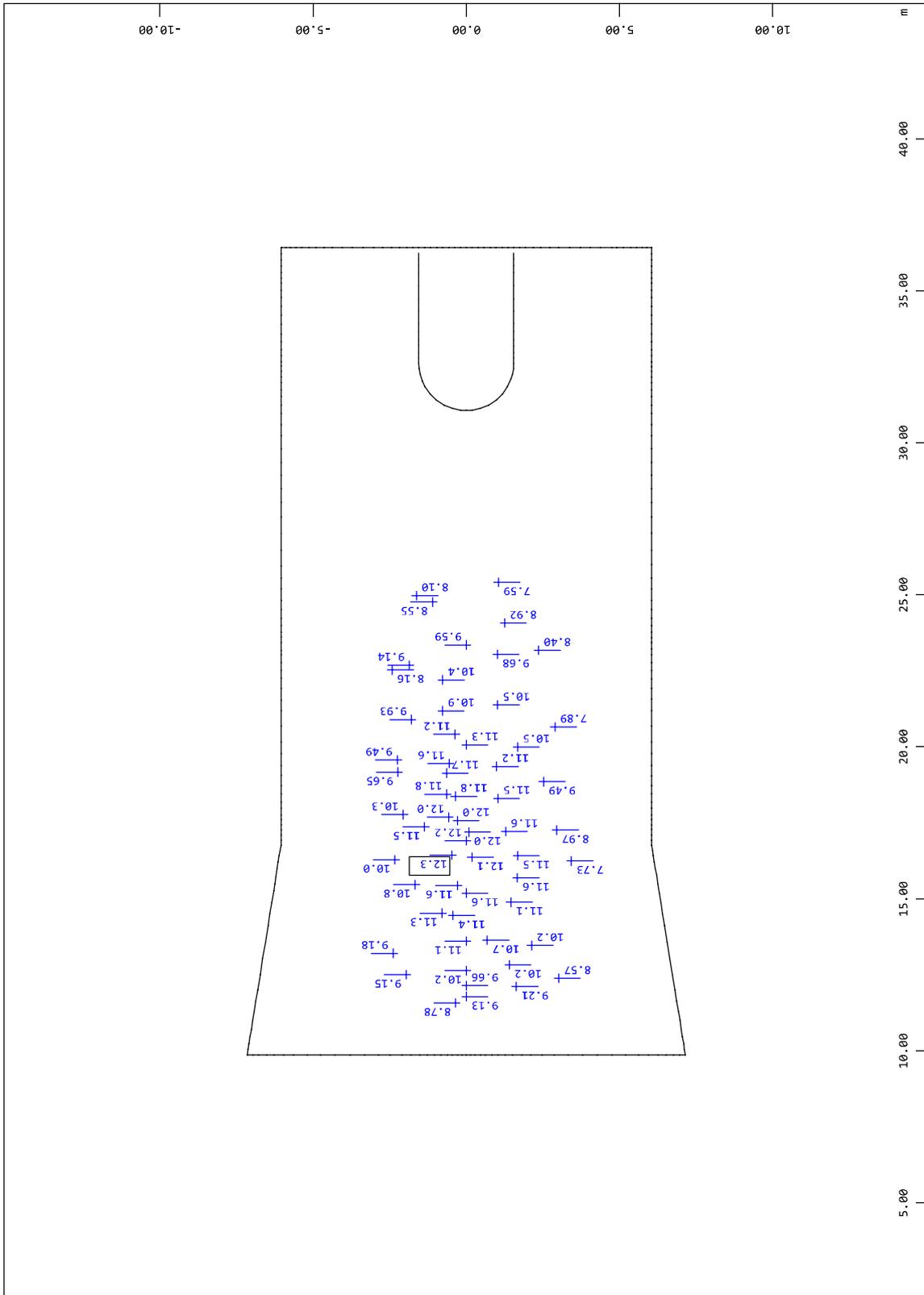
SOFISTIK AG - www.sofistik.de



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



M 1 : 200

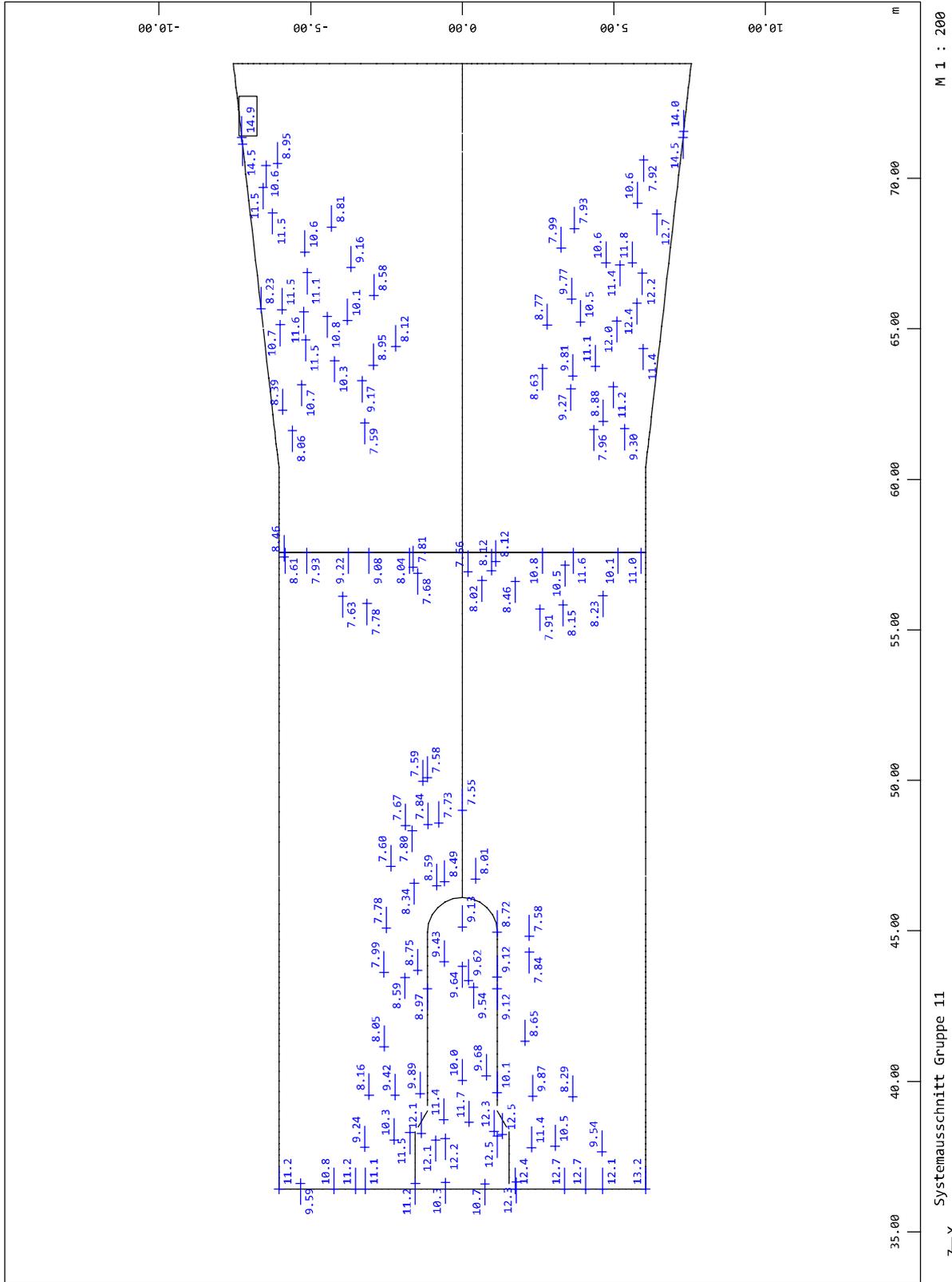
Systemausschnitt Gruppe 14
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Hauptbewehrung (1.Lage) oben im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2
Rissnachweis , Werte über 7.53 (Max=12.3)



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

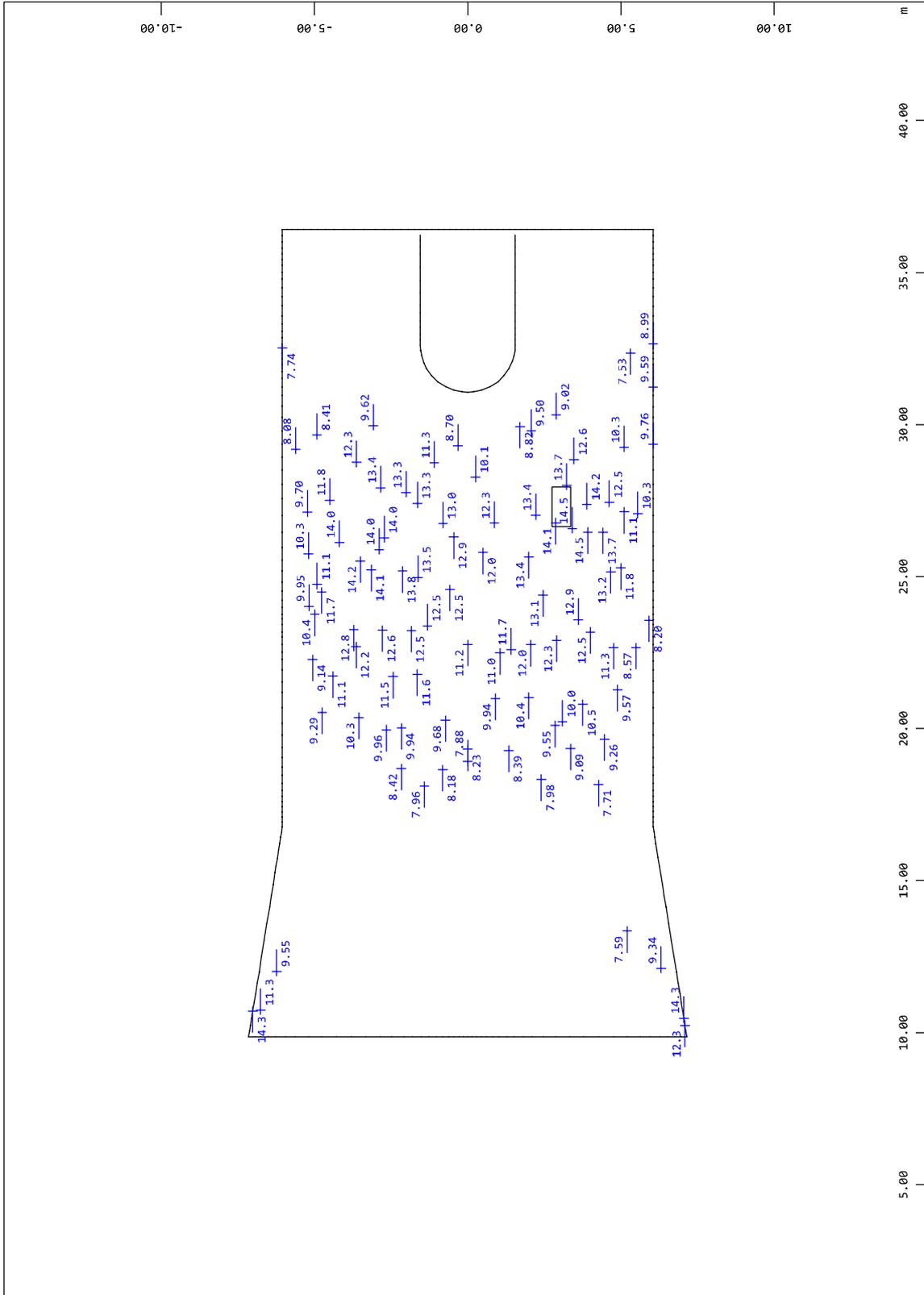
Seite 2.120



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



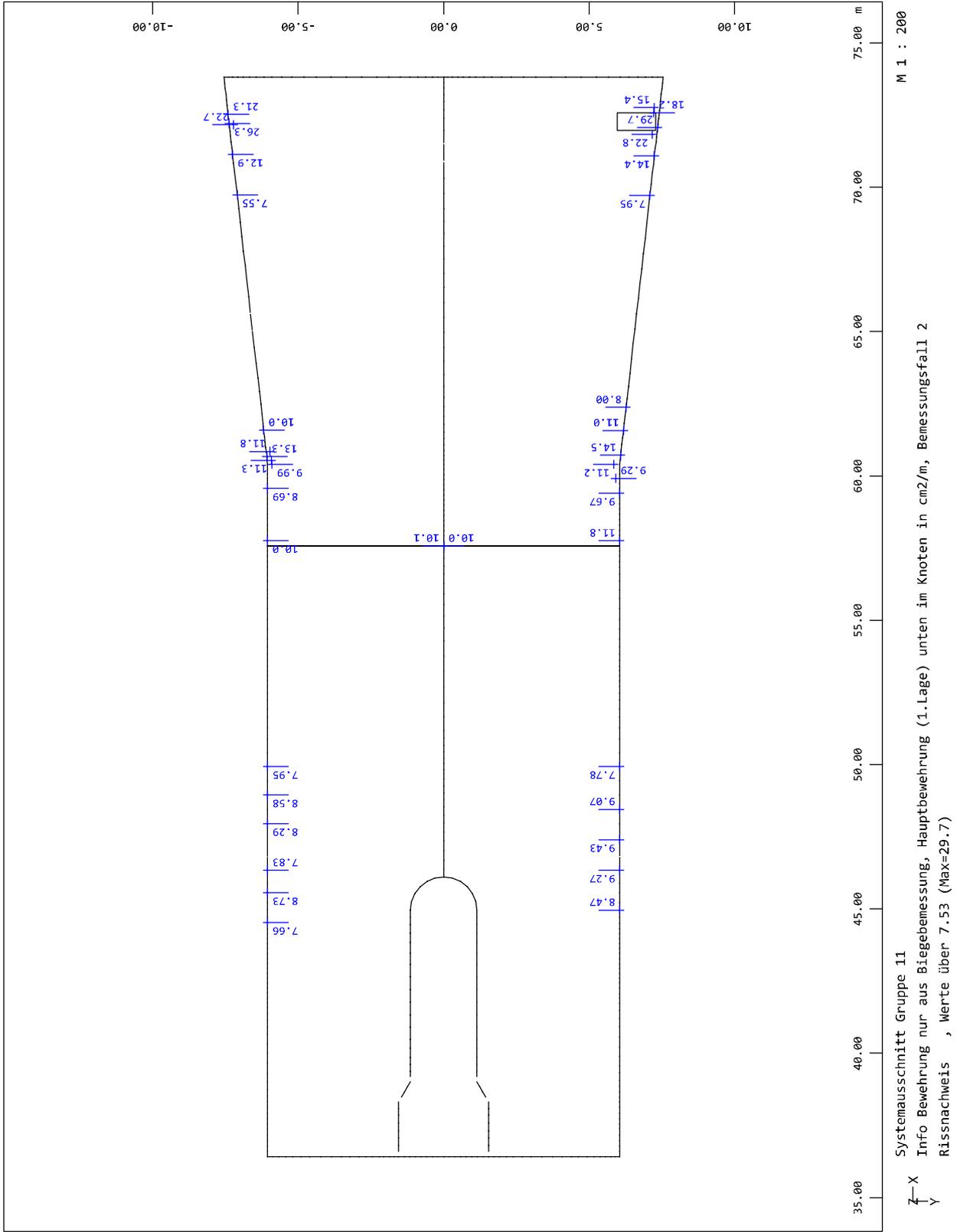
M 1 : 200

Systemausschnitt Gruppe 14
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Querbewehrung (2.Lage) oben im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2
Rissnachweis , Werte über 7.53 (Max=14.5)



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

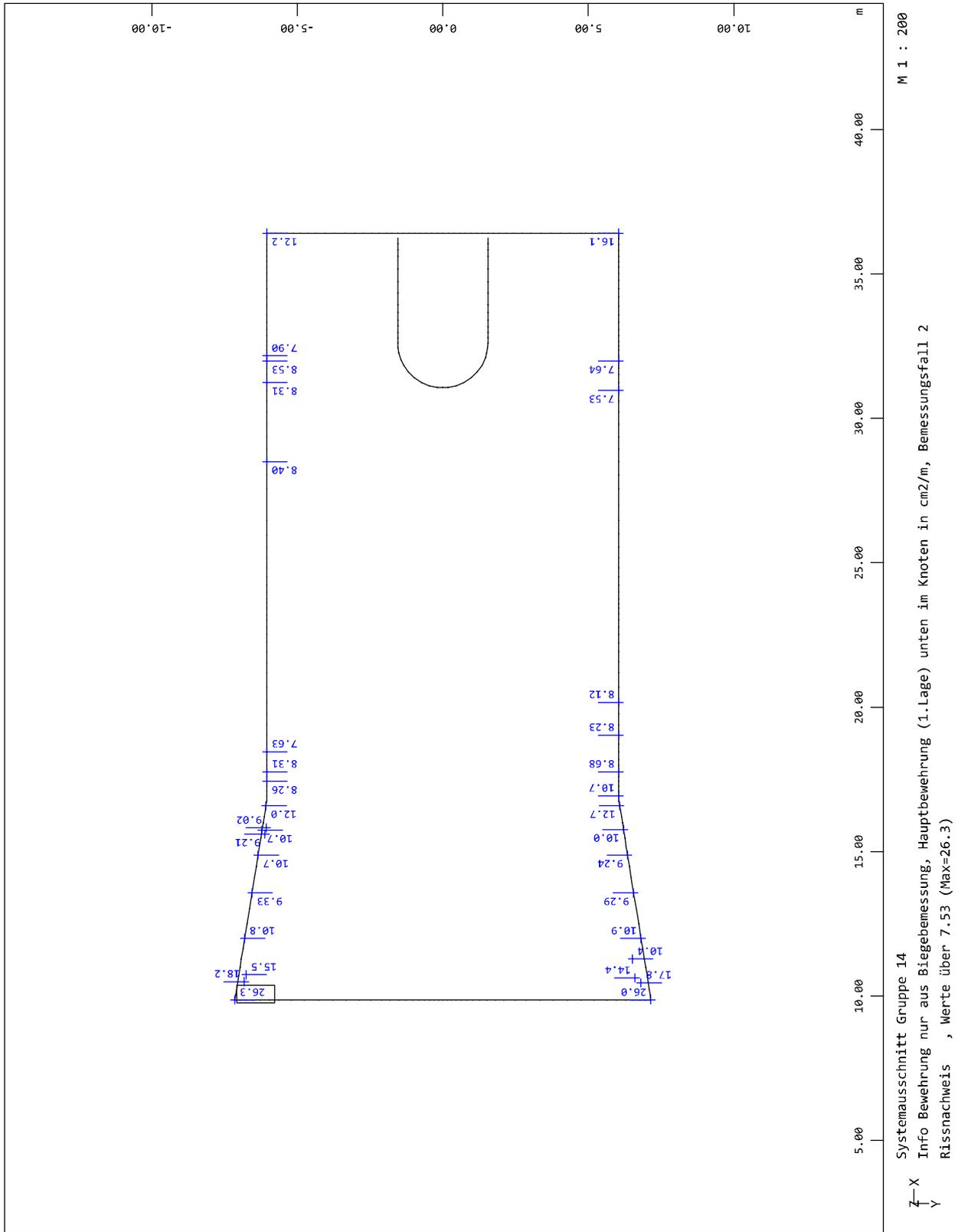


SOFISTIK AG - www.sofistik.de



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT



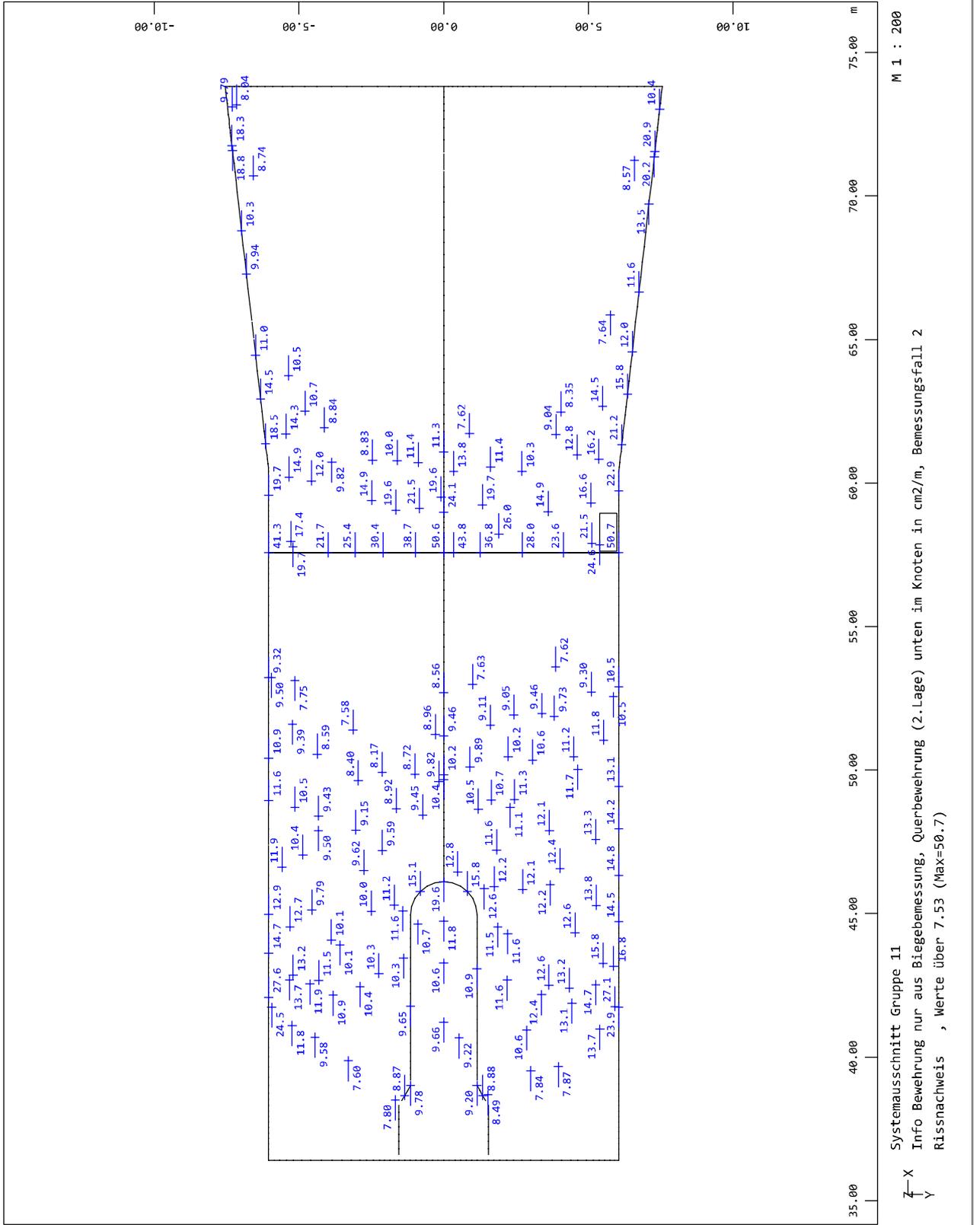
SOFISTIK AG - www.sofistik.de



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

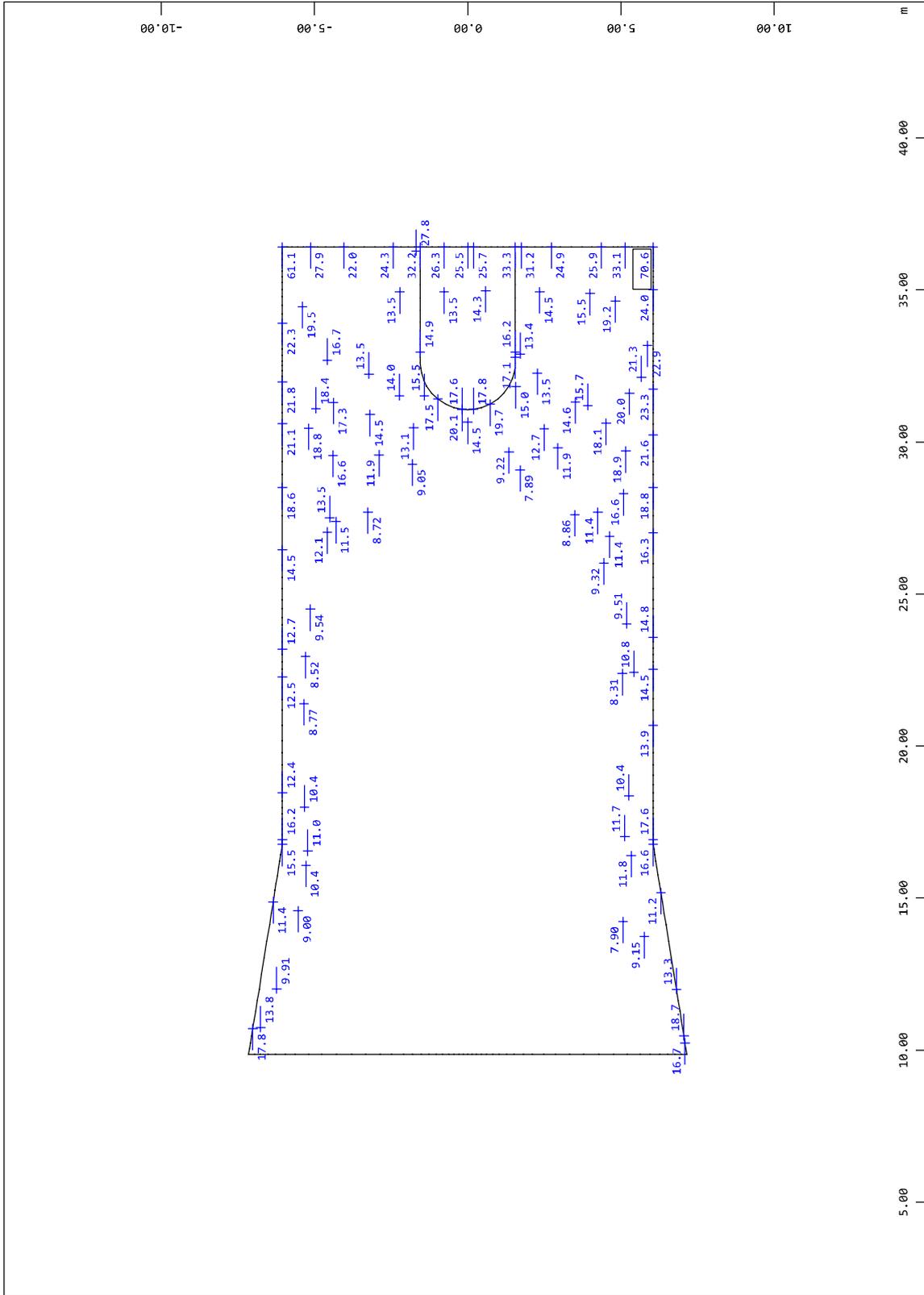




INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



M 1 : 200

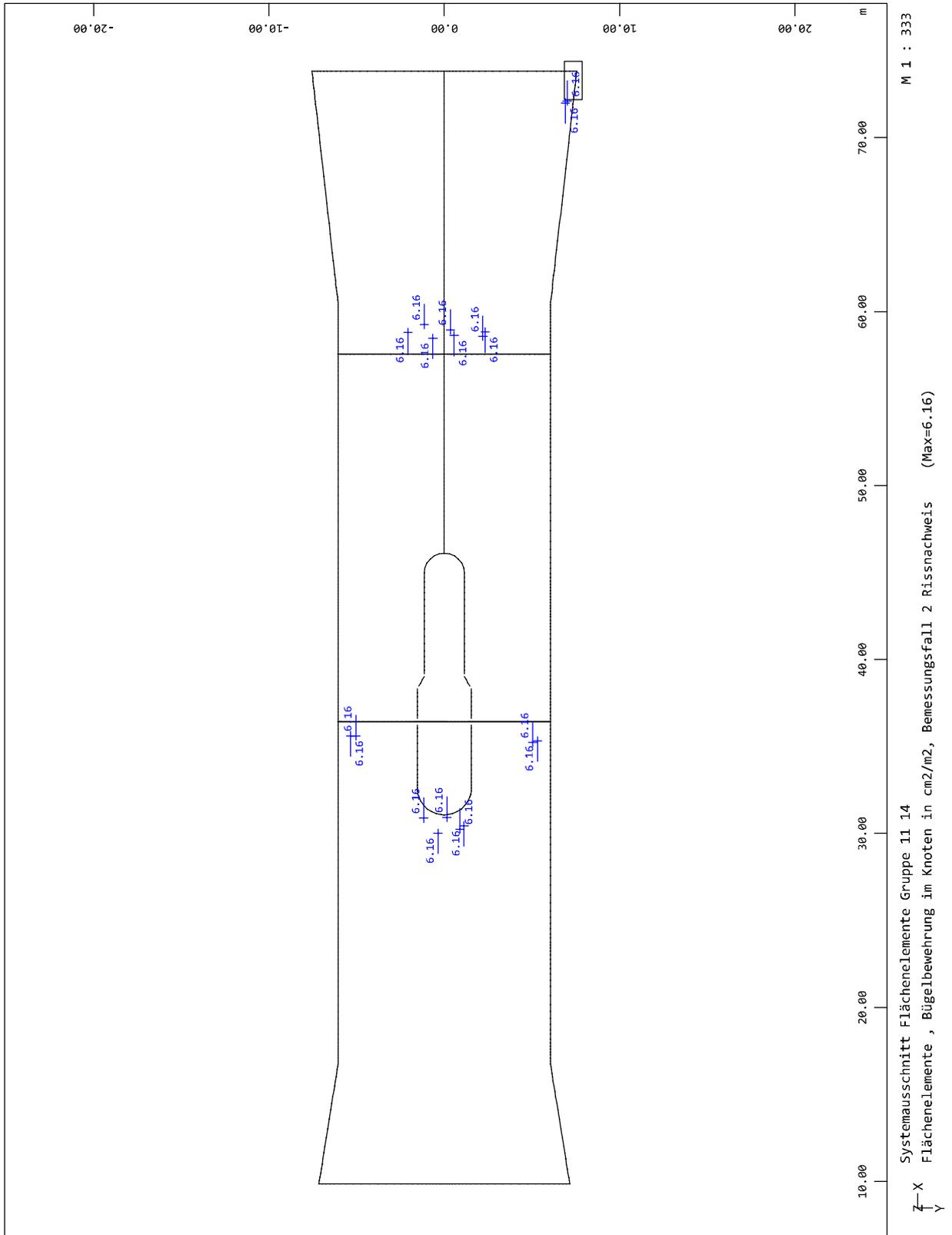
Systemausschnitt Gruppe 14
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Querbewehrung (2.Lage) unten im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2
Rissnachweis , Werte über 7.53 (Max=70.6)



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

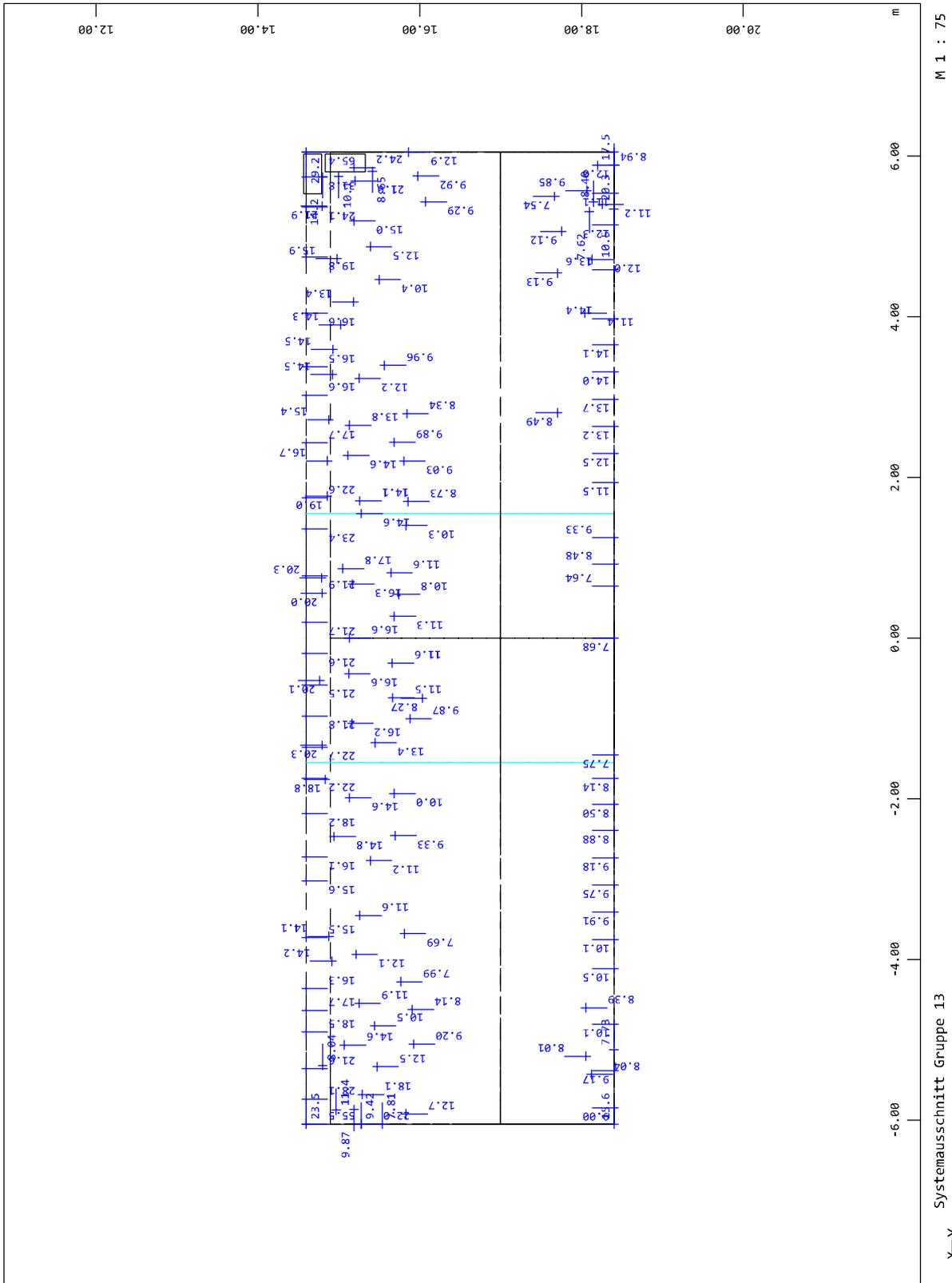
Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 2.126



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

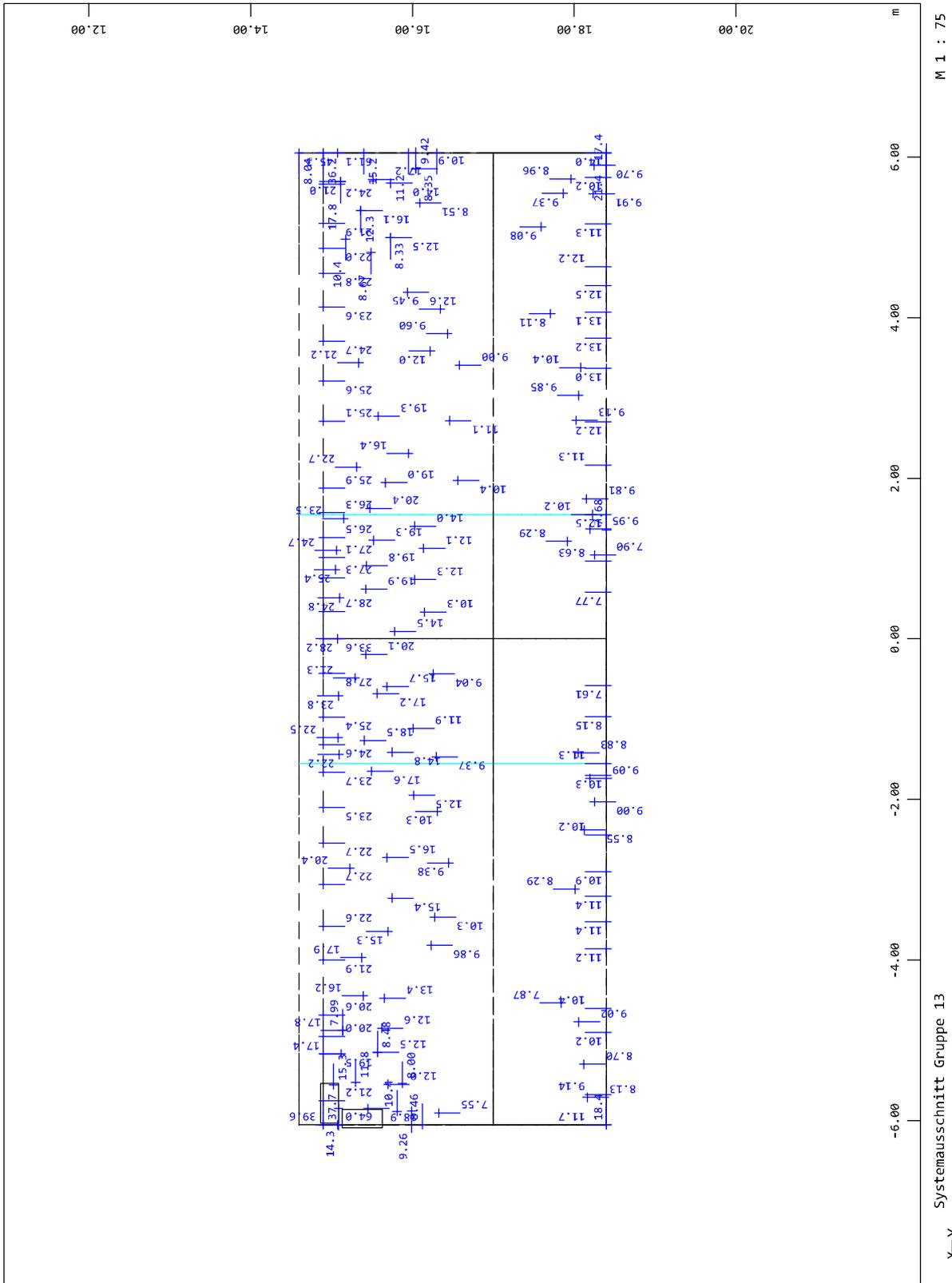


SOFISTIK AG - www.sofistik.de



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT



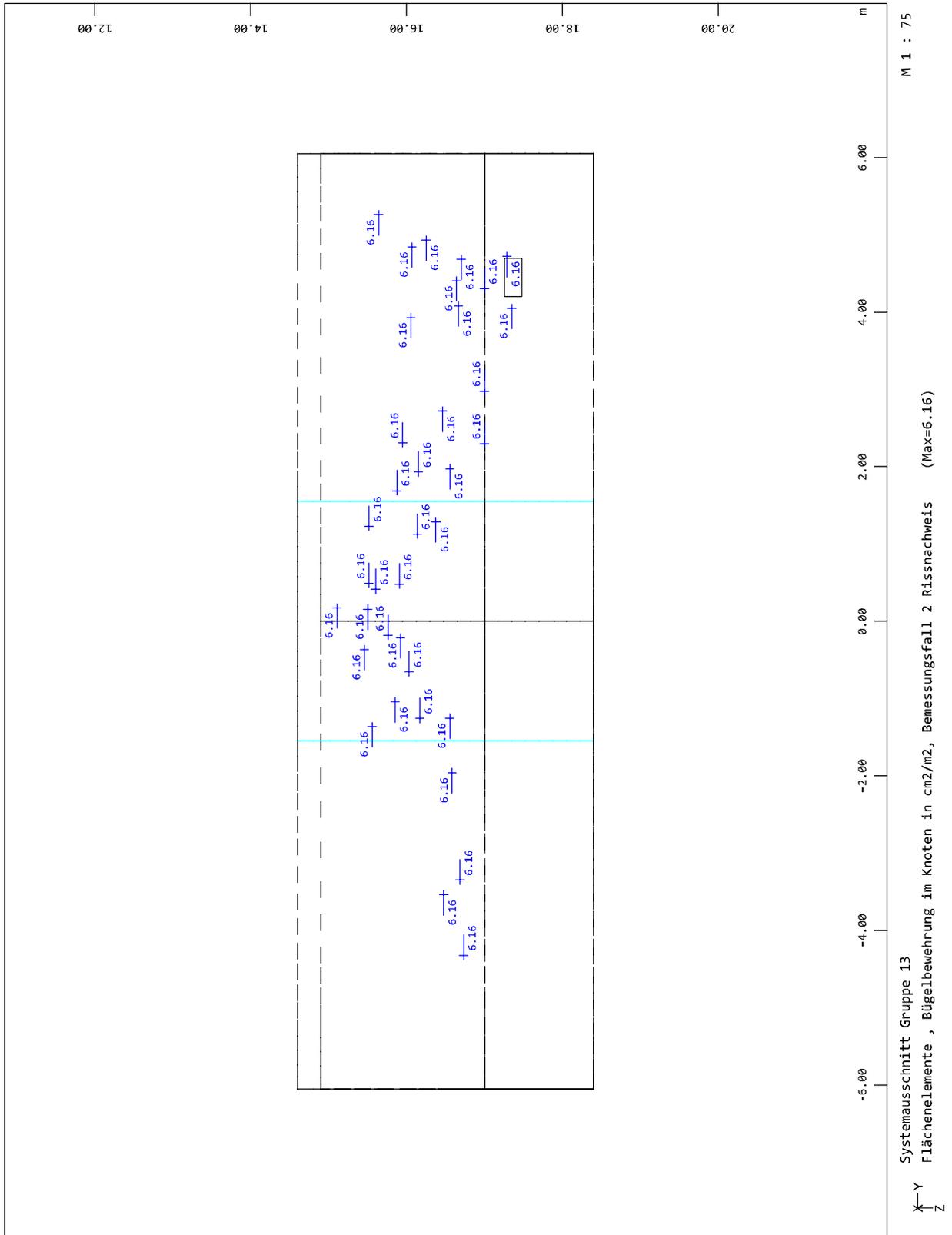
SOFISTIK AG - www.sofistik.de



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

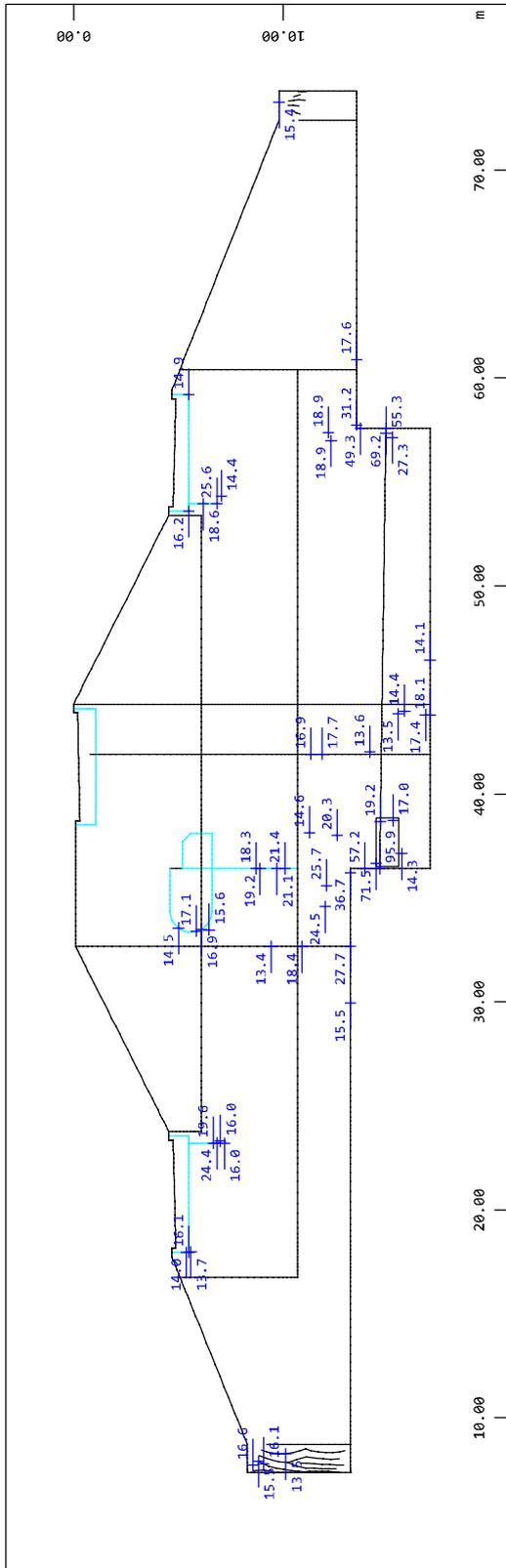
Seite 2.129



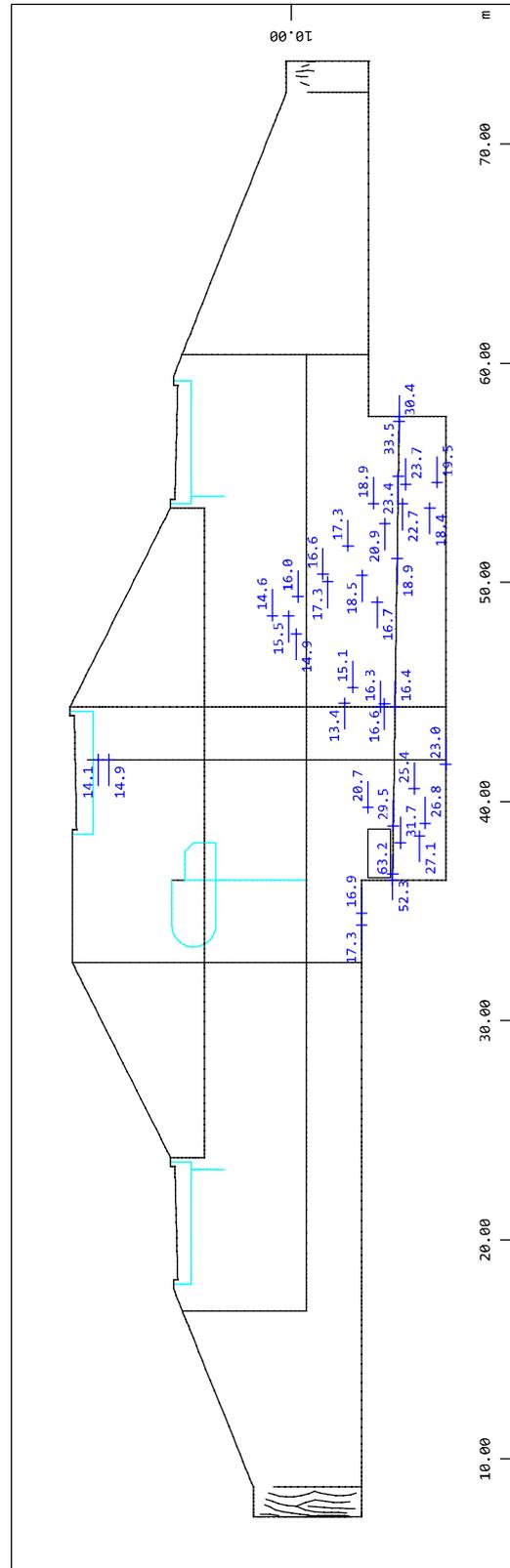
INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



M 1 : 354
Systemausschnitt Flächenelemente Gruppe 21 23 121 123 125 221 223 225 321 323 325
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Hauptbewehrung (1.Lage) oben im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2
Rissnachweis , Werte über 13.4 (Max=95.9)



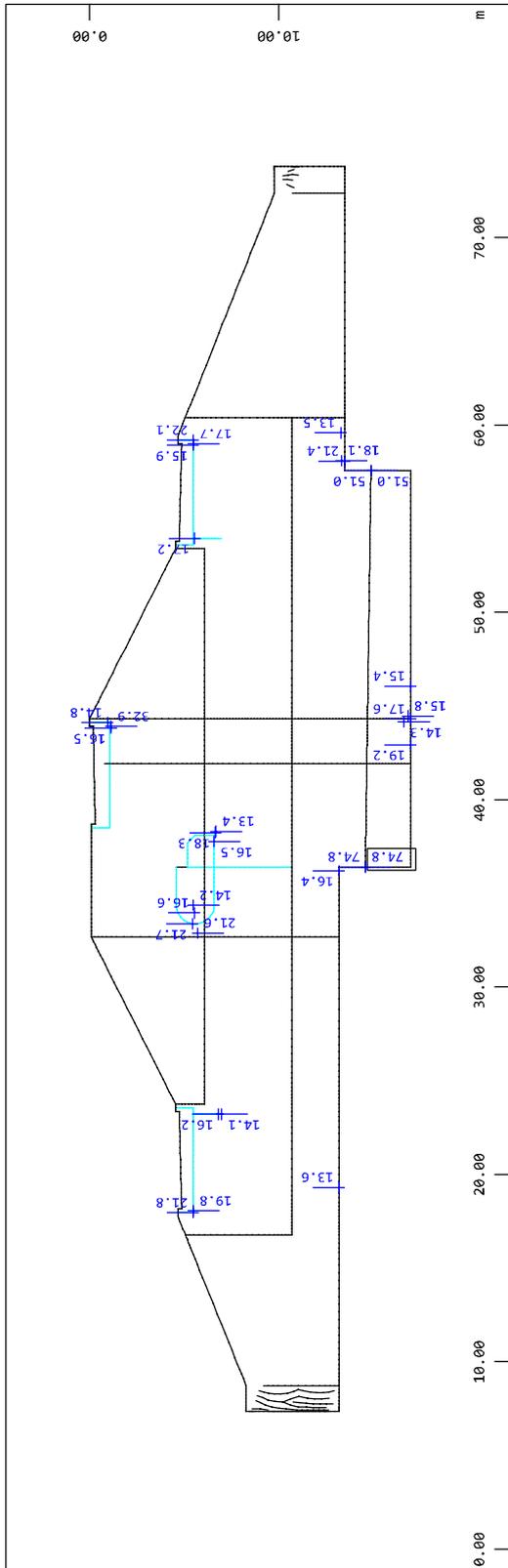
M 1 : 336
Systemausschnitt Flächenelemente Gruppe 21 23 121 123 125 221 223 225 321 323 325
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Hauptbewehrung (1.Lage) unten im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2
Rissnachweis , Werte über 13.4 (Max=63.2)



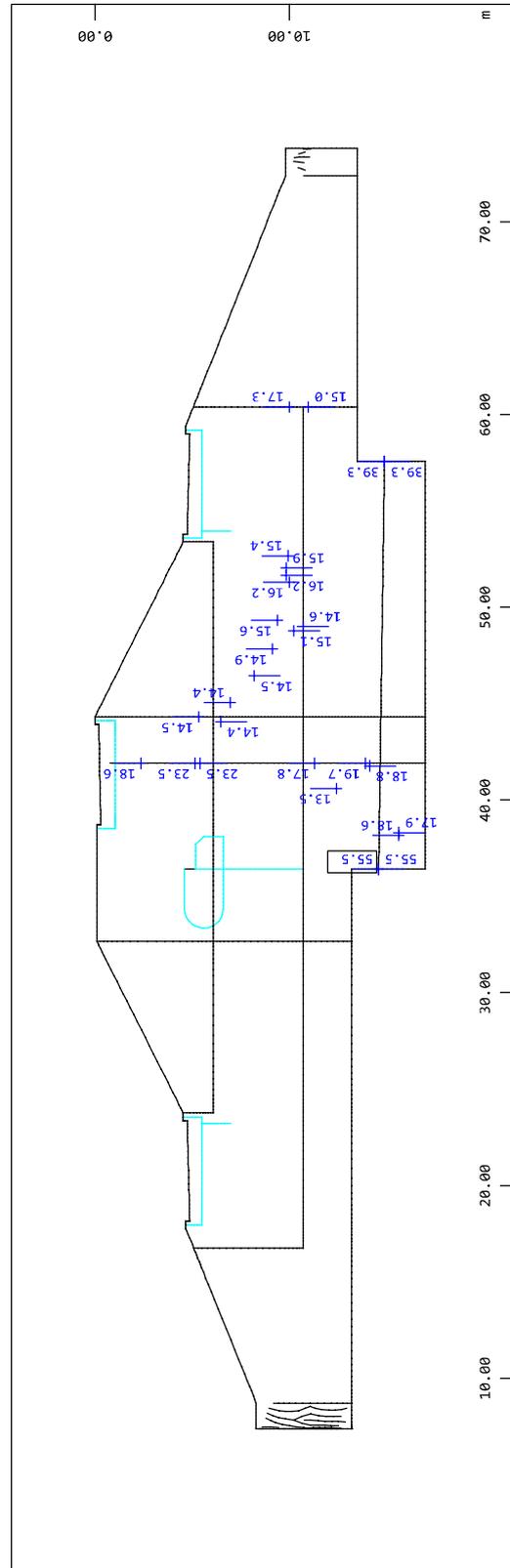
INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



Systemausschnitt Flächenelemente Gruppe 21 23 121 123 125 221 223 225 321 323 325
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Querbewehrung (2.Lage) oben im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2
Rissnachweis , Werte über 13.4 (Max=74.8)



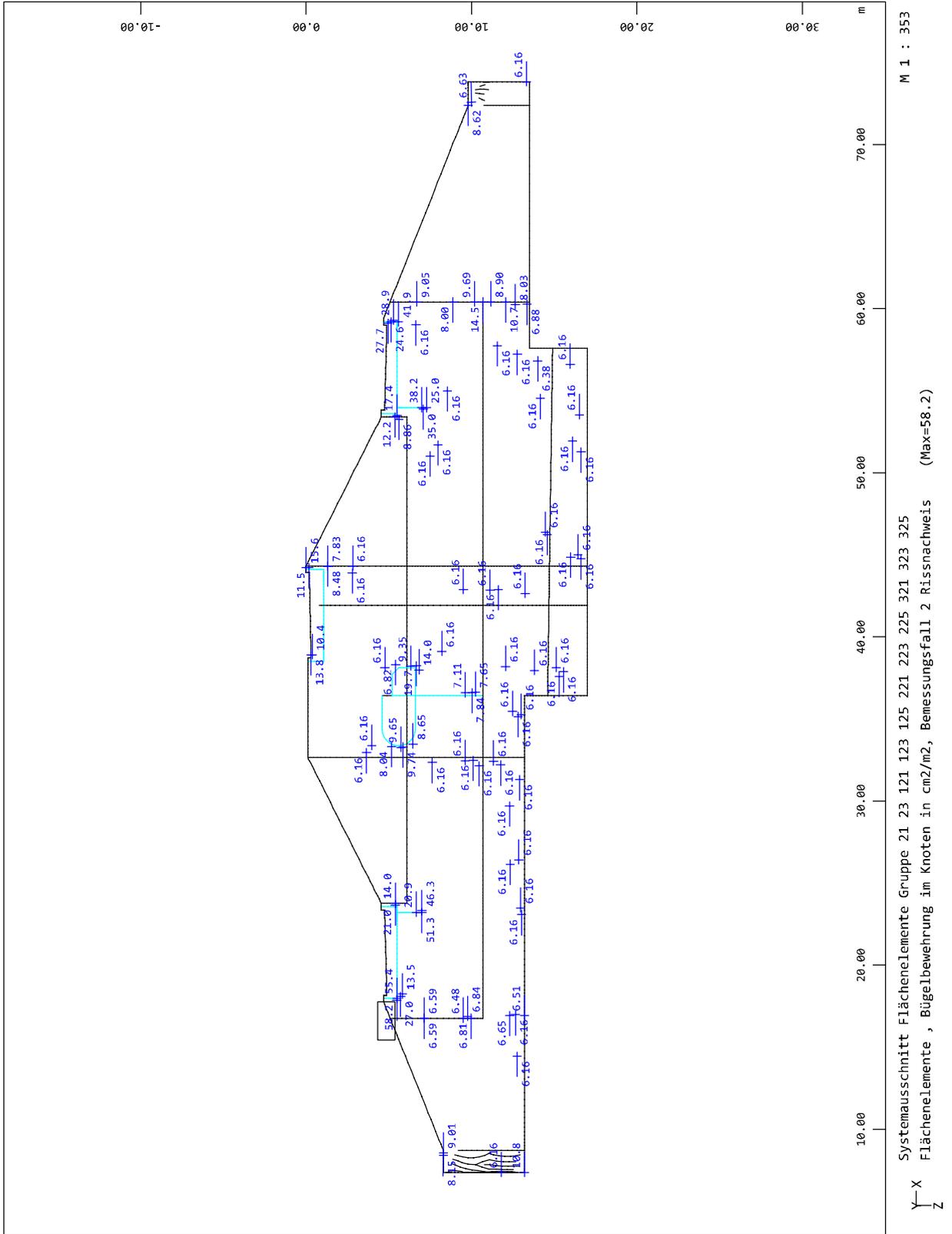
Systemausschnitt Flächenelemente Gruppe 21 23 121 123 125 221 223 225 321 323 325
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Querbewehrung (2.Lage) unten im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2
Rissnachweis , Werte über 13.4 (Max=55.5)



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

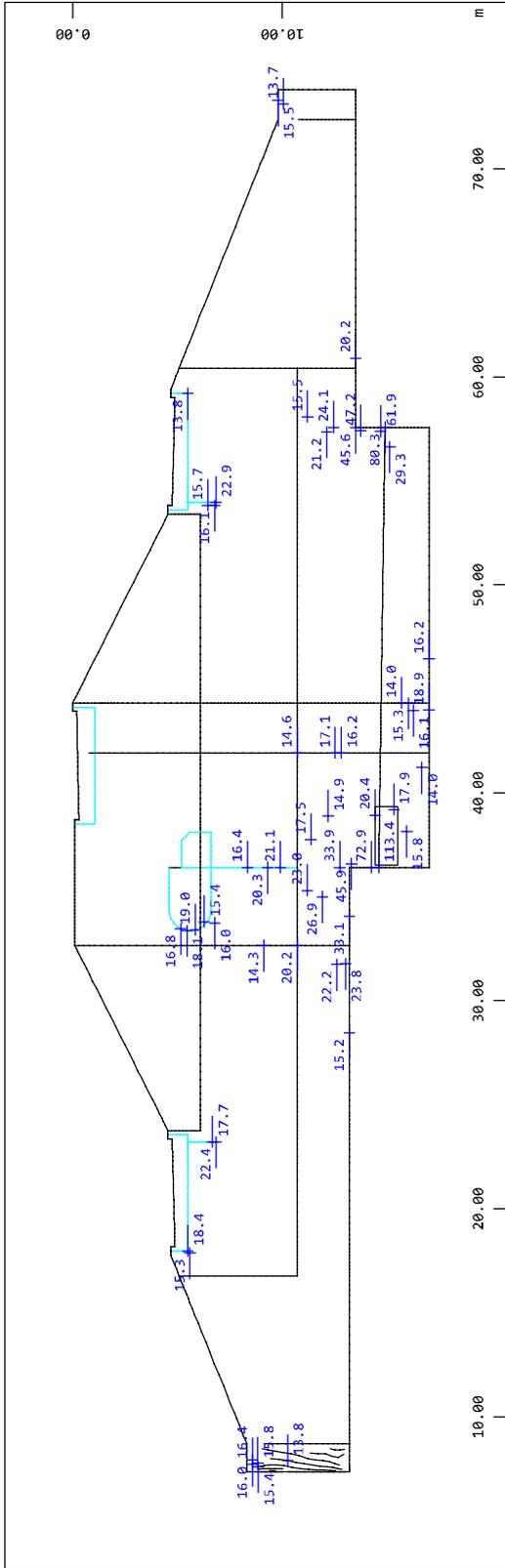
Seite 2.132



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

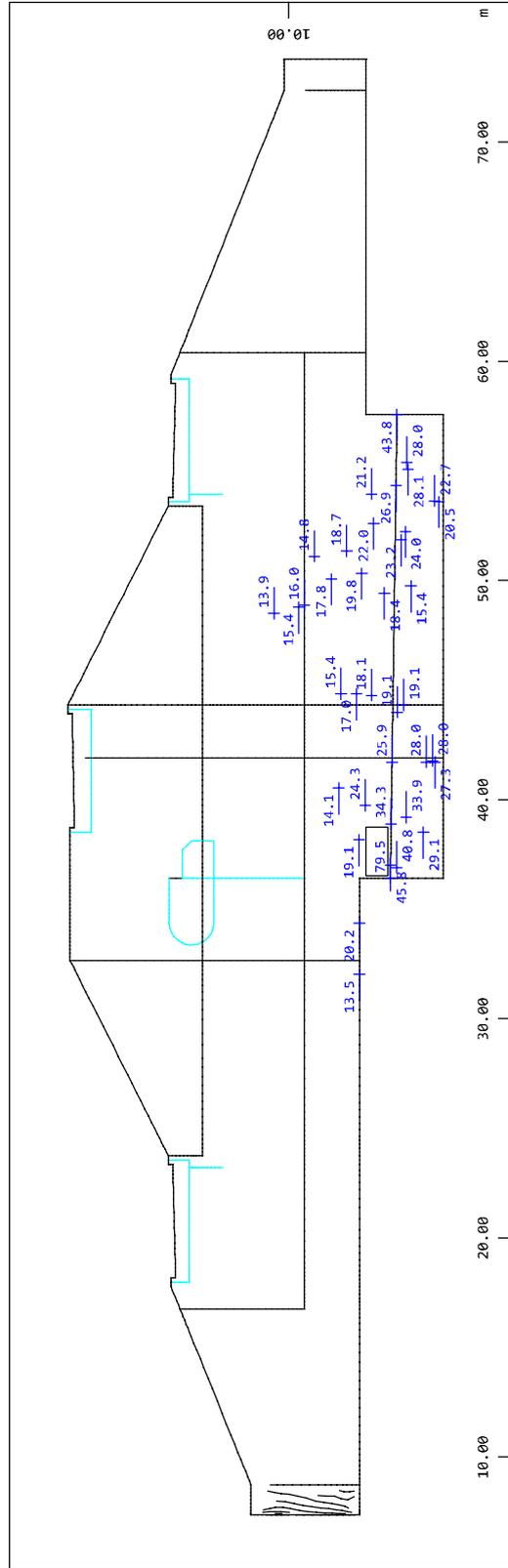
SOFISTIK AG - www.sofistik.de



M 1 : 354

Systemausschnitt Flächenelemente Gruppe 31 33 131 133 135 231 233 235 331 333 335
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Hauptbewehrung (1.Lage) oben im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2
Rissnachweis , Werte über 13.4 (Max=113.4)

Y-X
Z



M 1 : 336

Systemausschnitt Flächenelemente Gruppe 31 33 131 133 135 231 233 235 331 333 335
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Hauptbewehrung (1.Lage) unten im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2
Rissnachweis , Werte über 13.4 (Max=79.5)

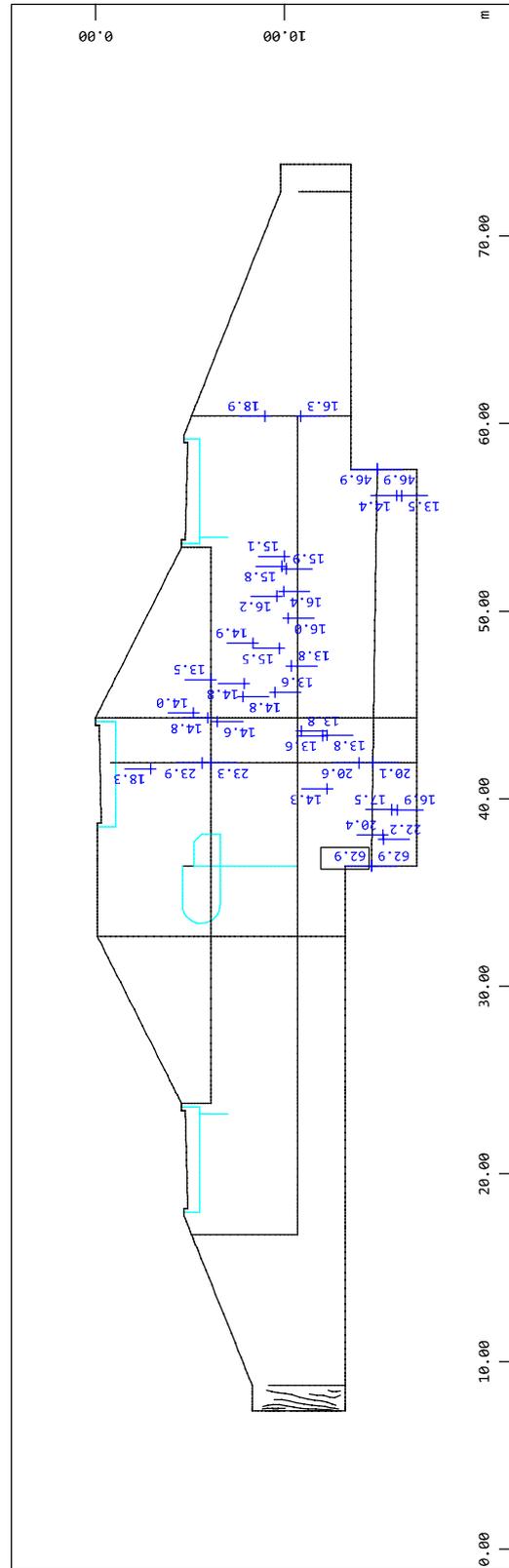
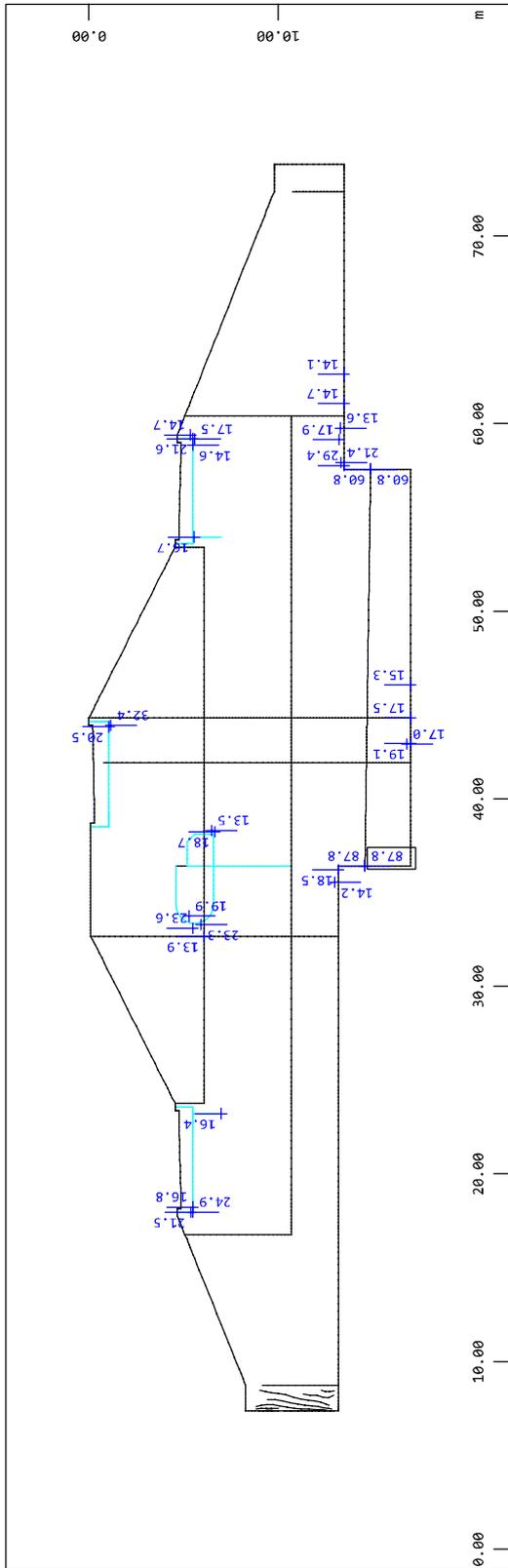
Y-X
Z

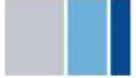


INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

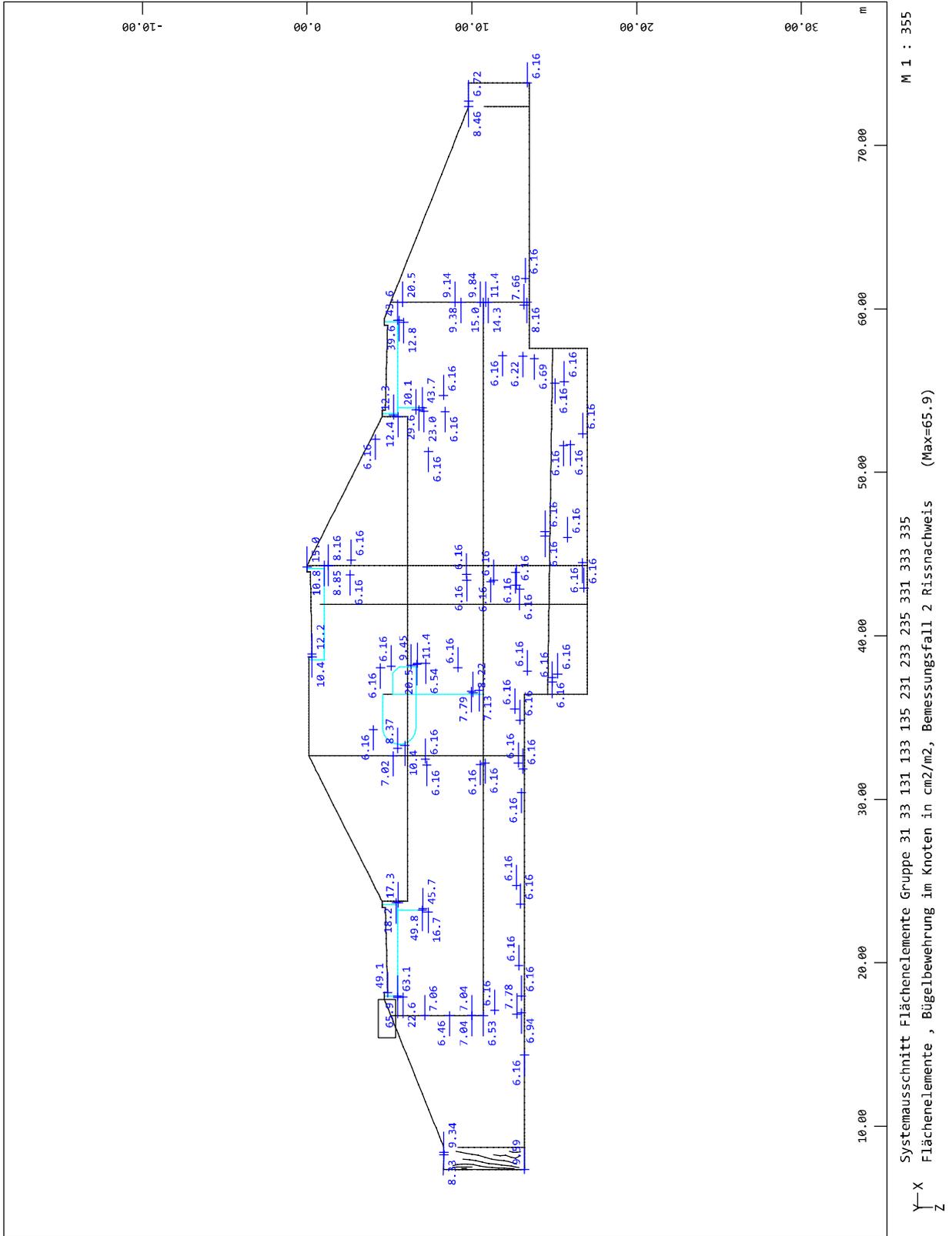




INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

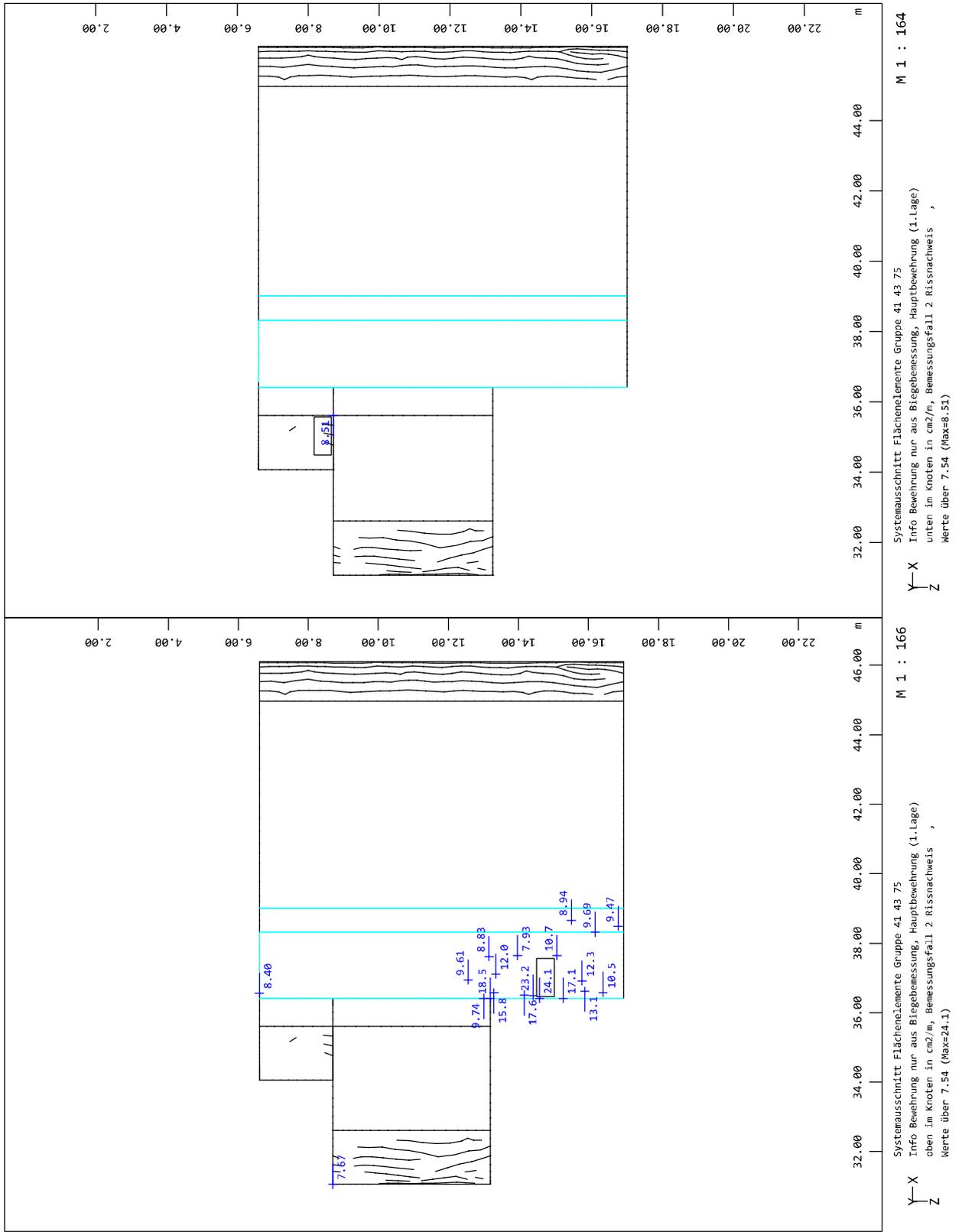
Seite 2.135



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

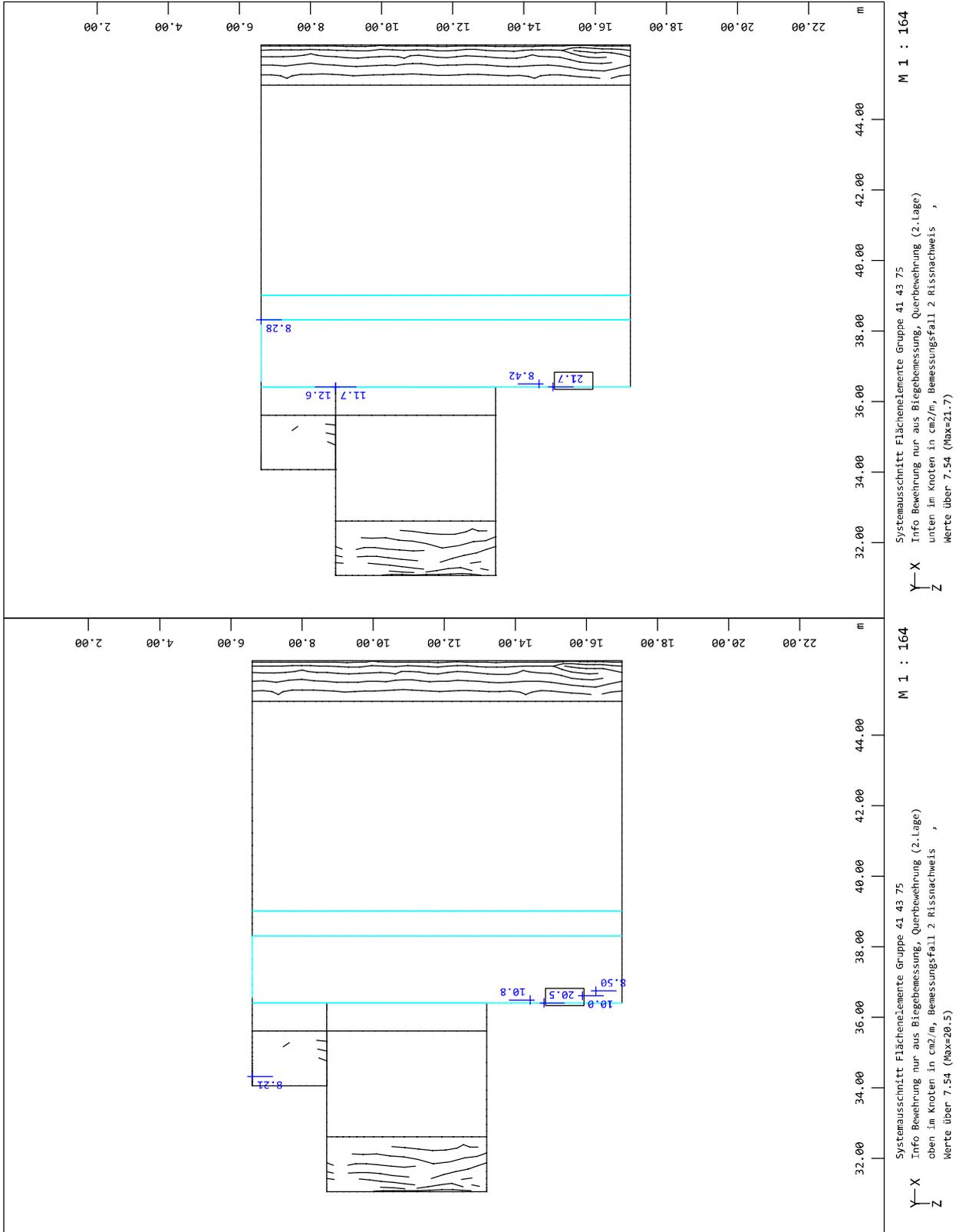
Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 2.136



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT



SOFISTIK AG - www.sofistik.de

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

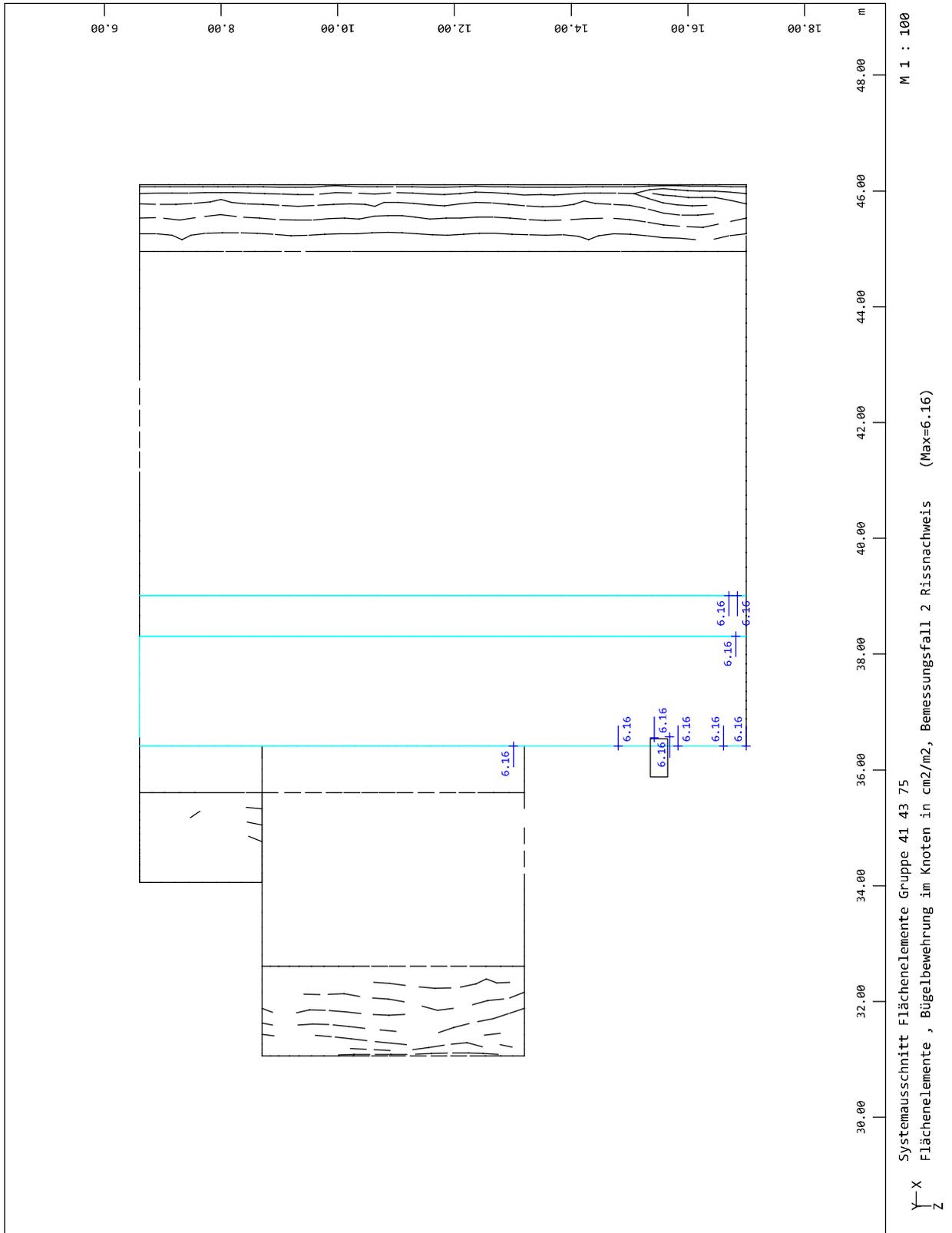
Seite 2.137



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

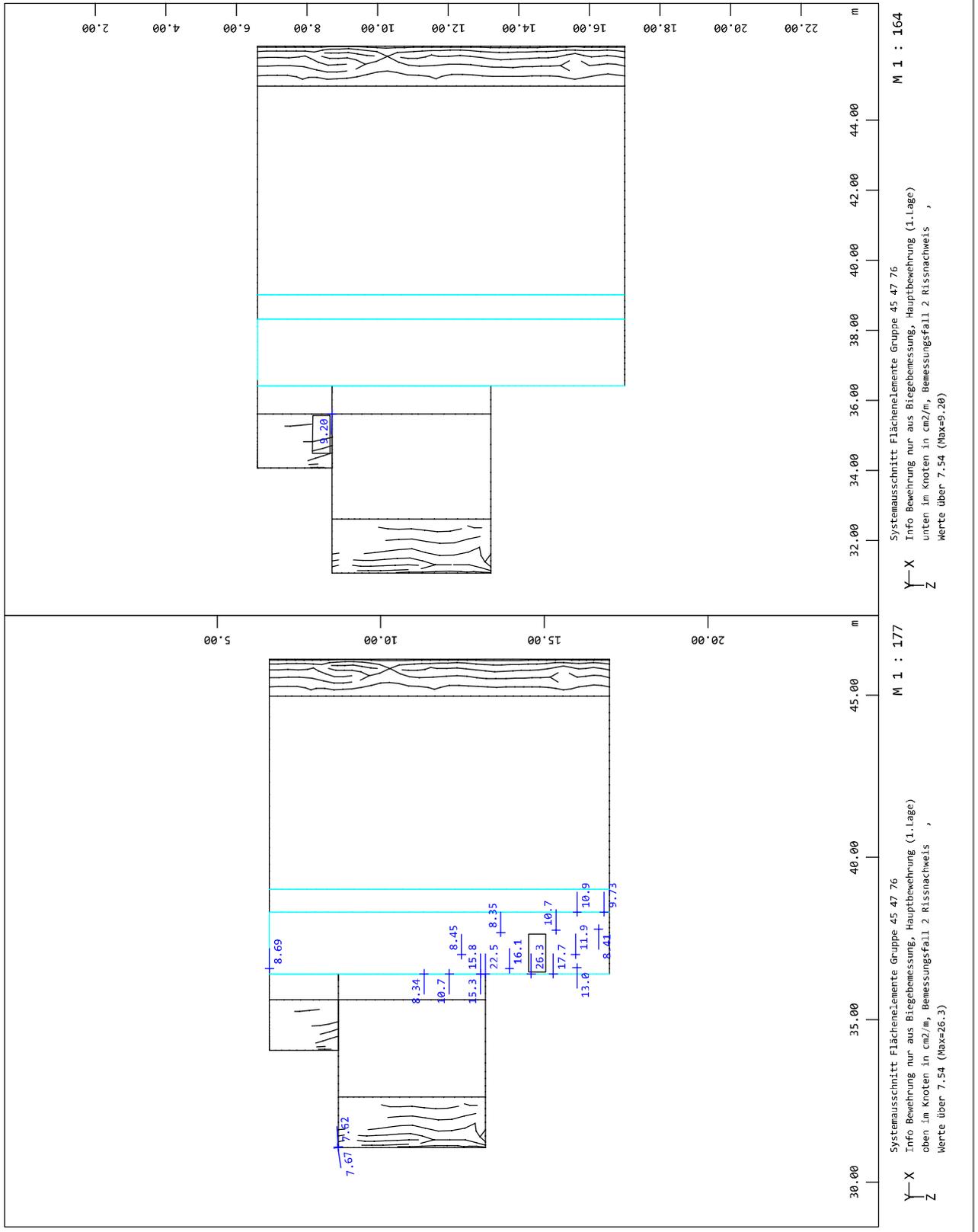
Seite 2.138



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

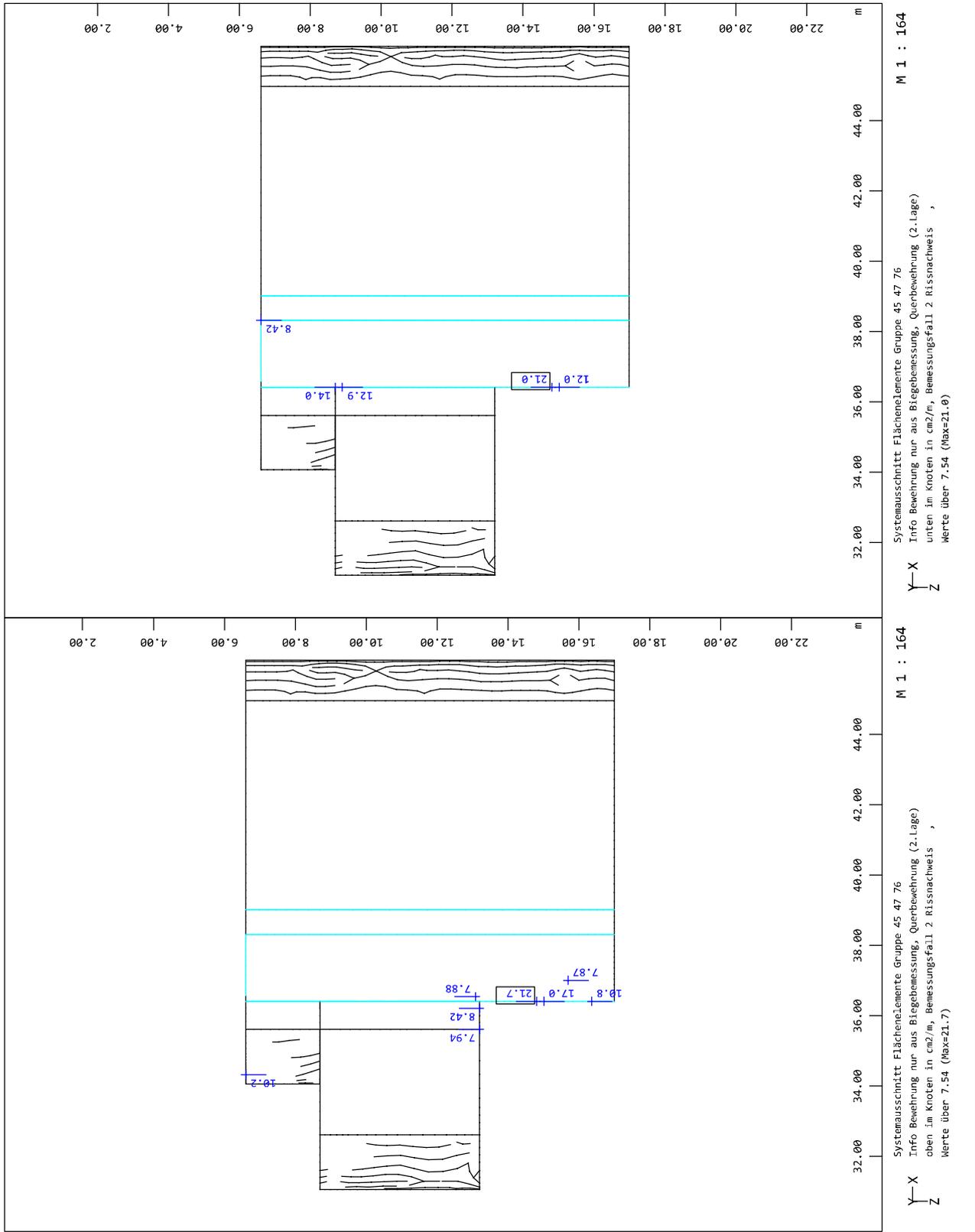
Seite 2.139



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

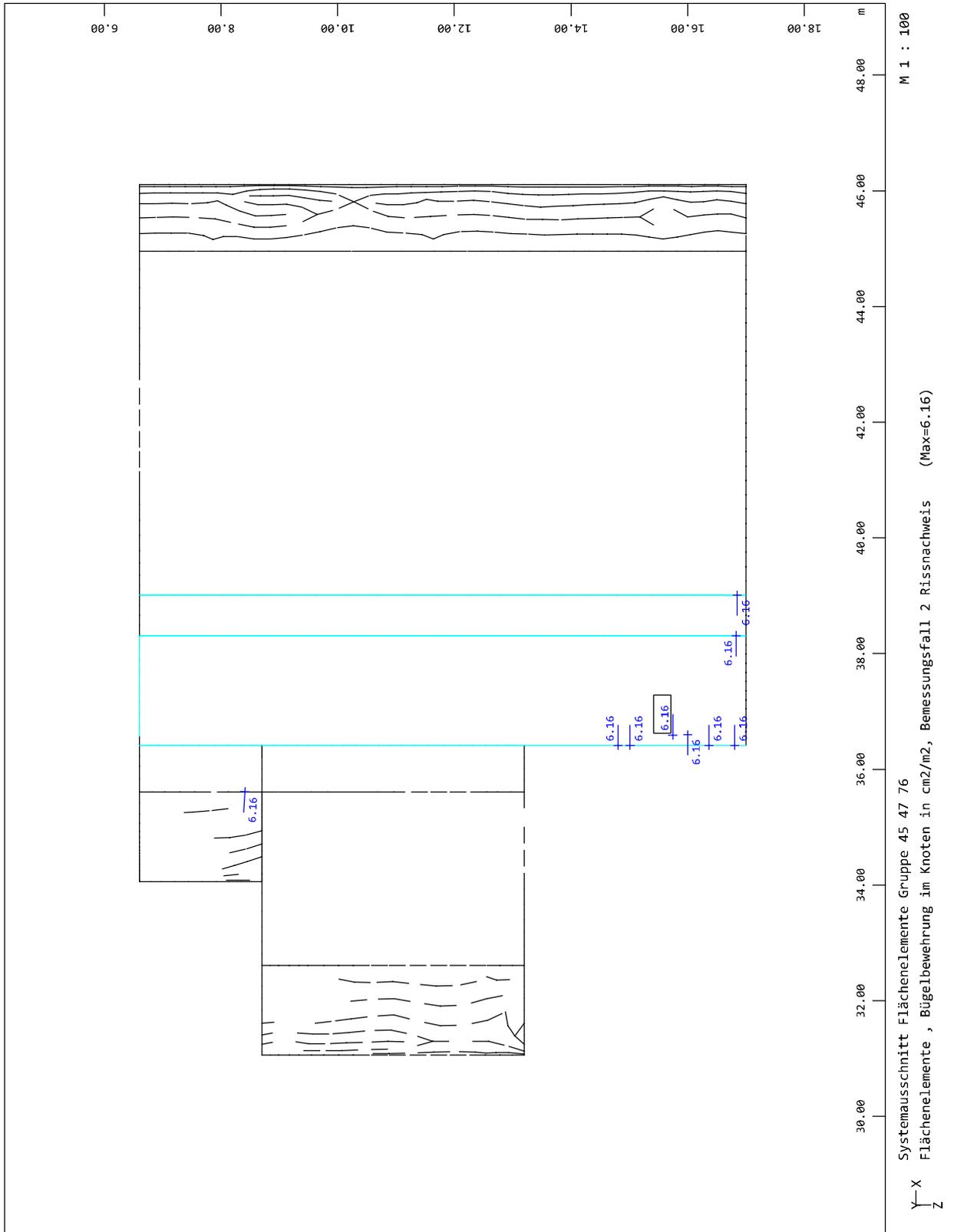




INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

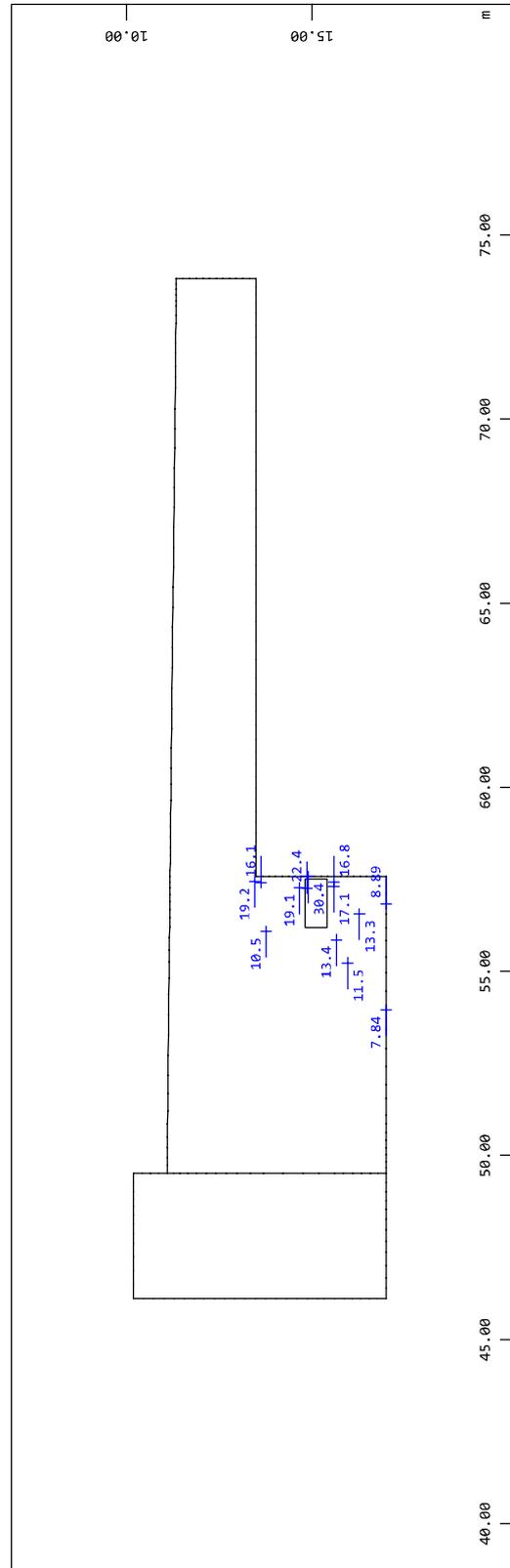
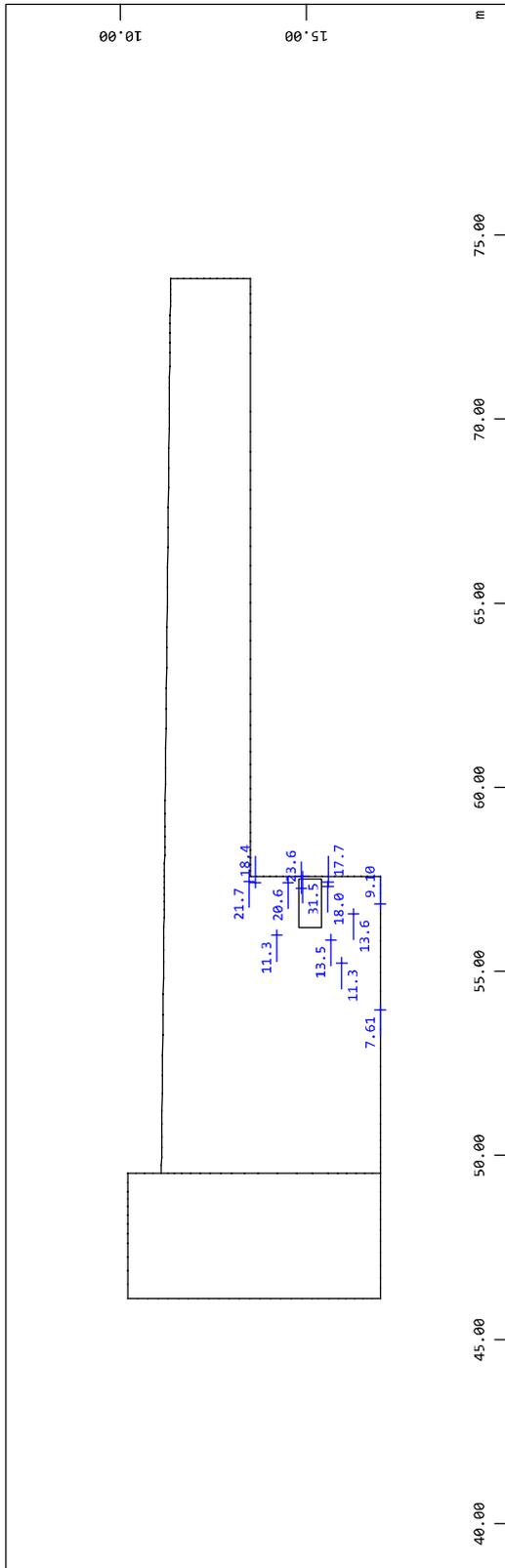


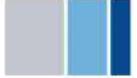


INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

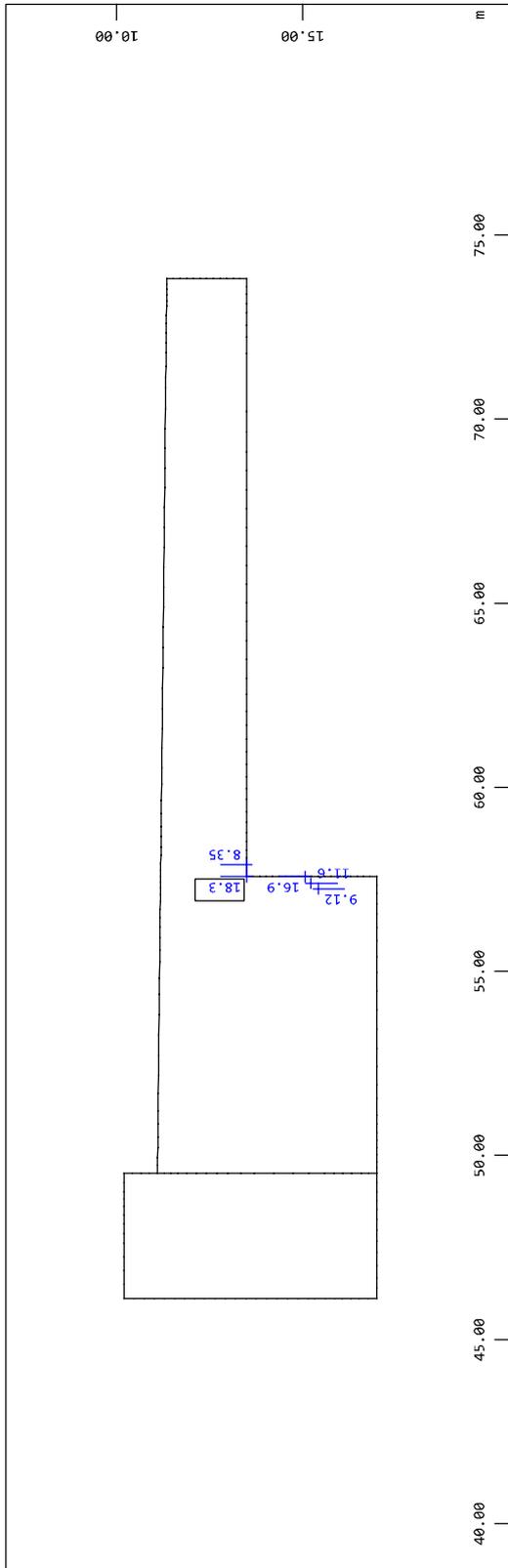




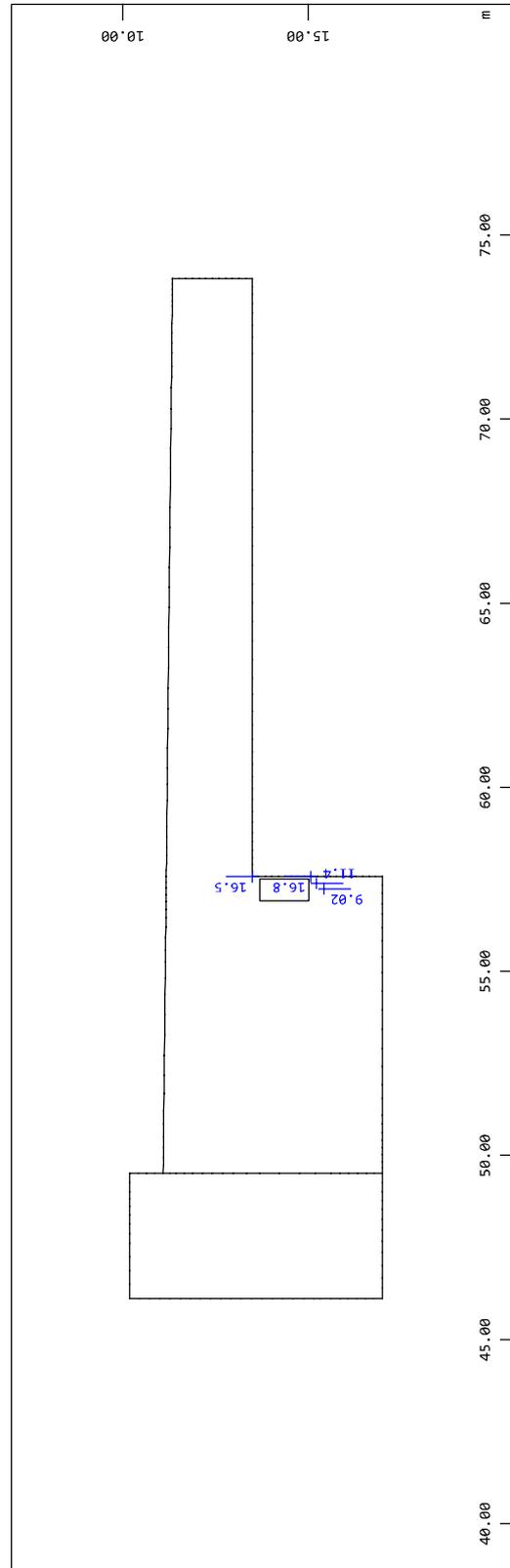
INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



Systemausschnitt Flächenelemente Gruppe 51 61
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Querbewehrung (2.Lage) oben im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2
Rissnachweis , Werte über 7.54 (Max=18.3)



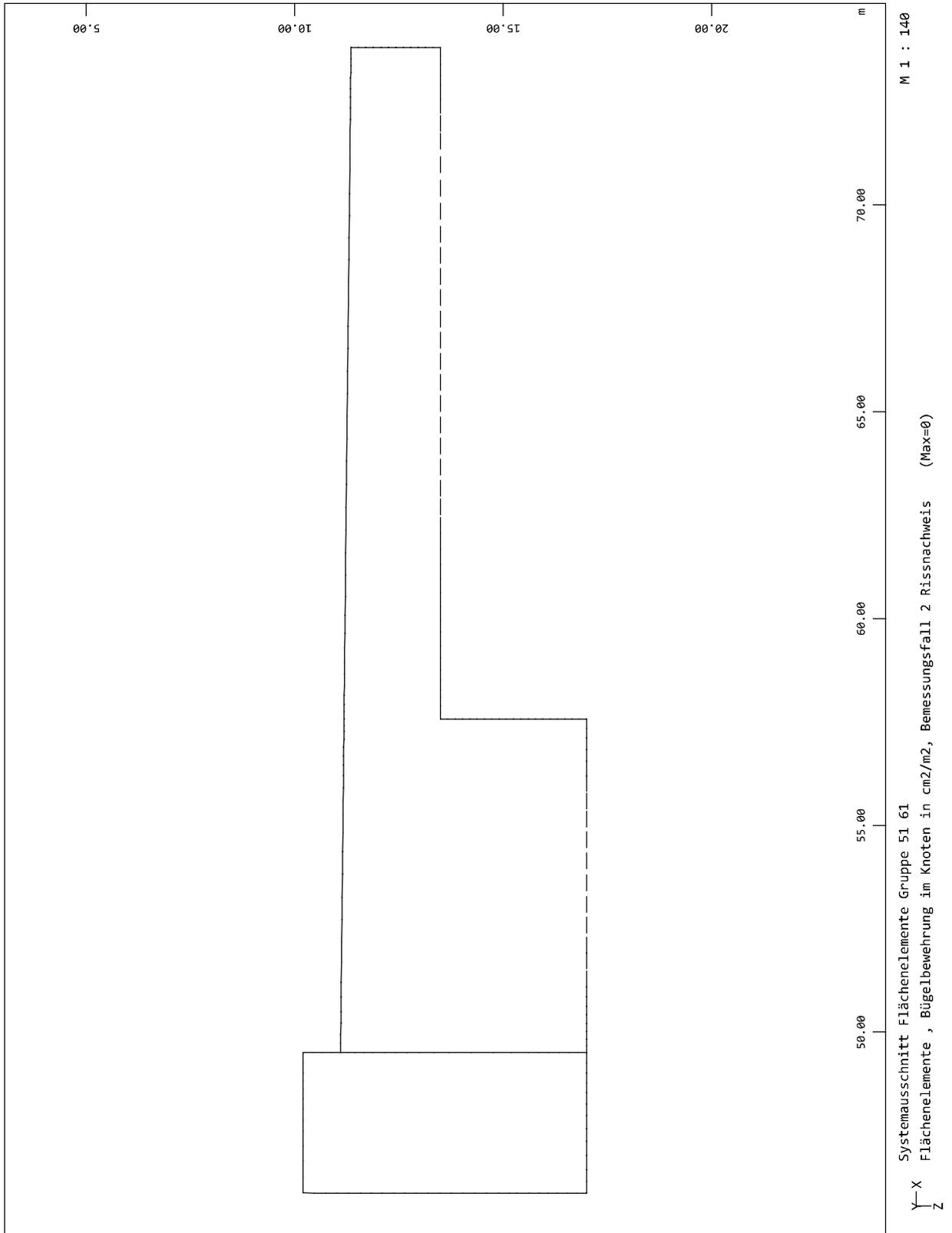
Systemausschnitt Flächenelemente Gruppe 51 61
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Querbewehrung (2.Lage) unten im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2
Rissnachweis , Werte über 7.54 (Max=16.8)



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

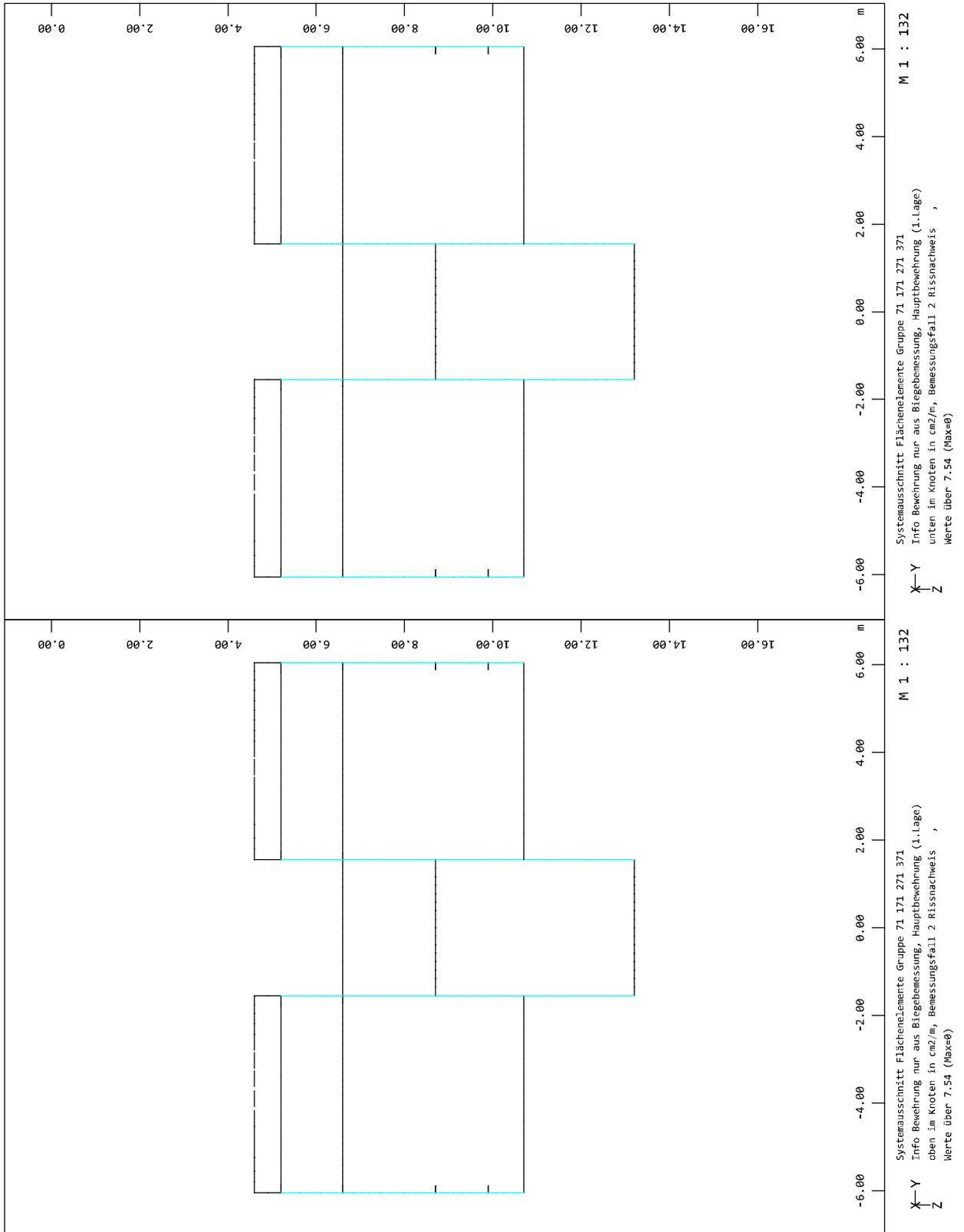
Seite 2.144



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

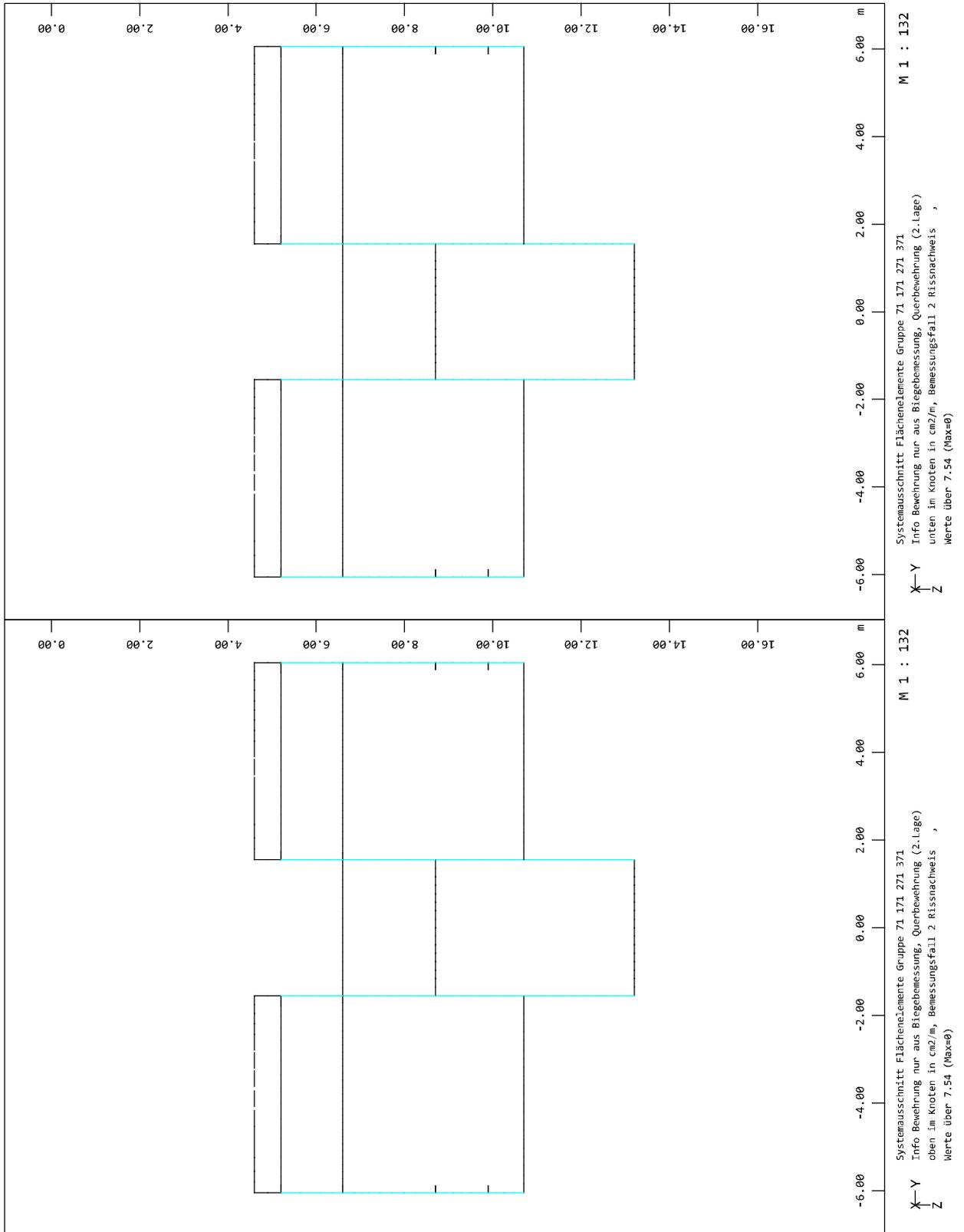
Seite 2.145



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

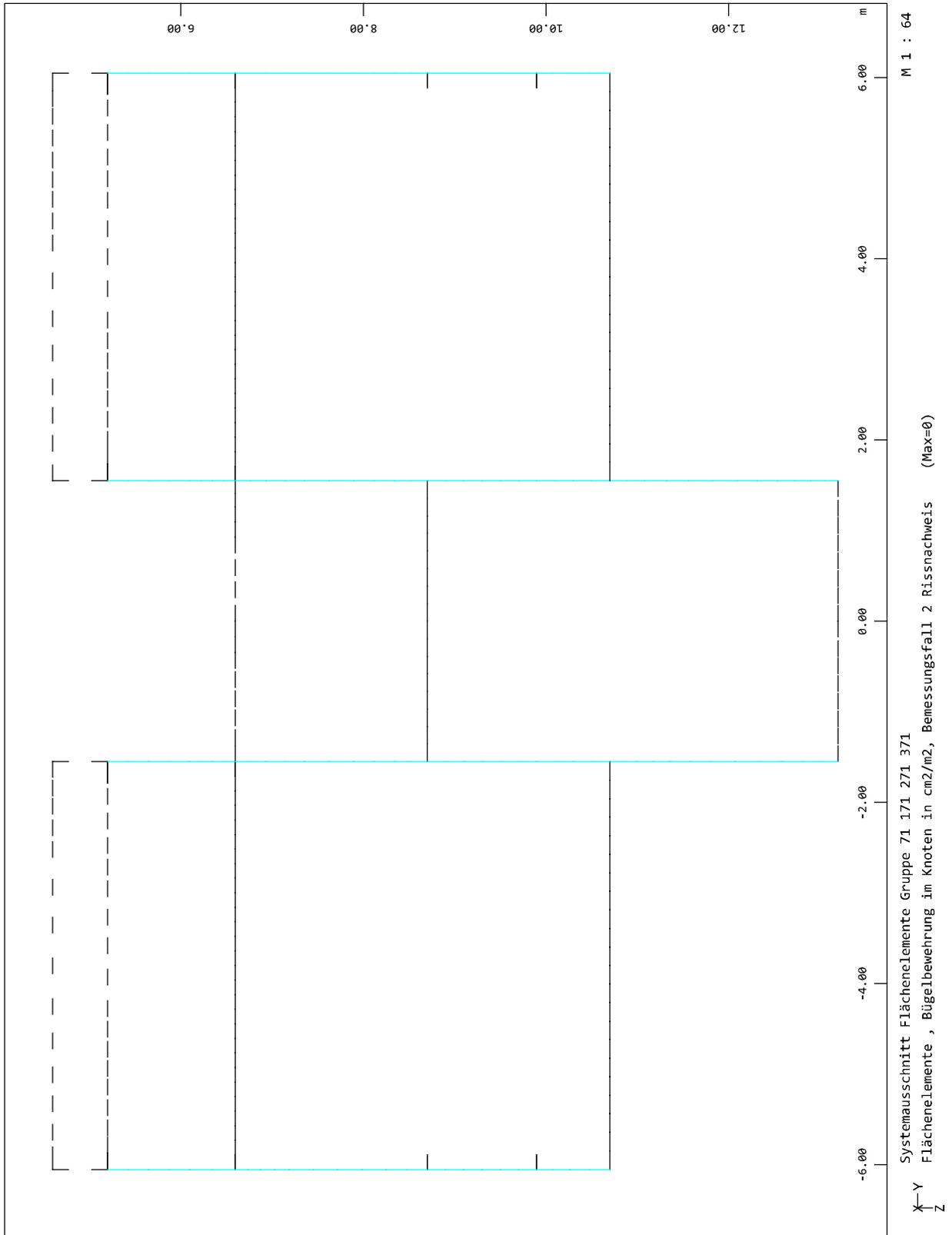




INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

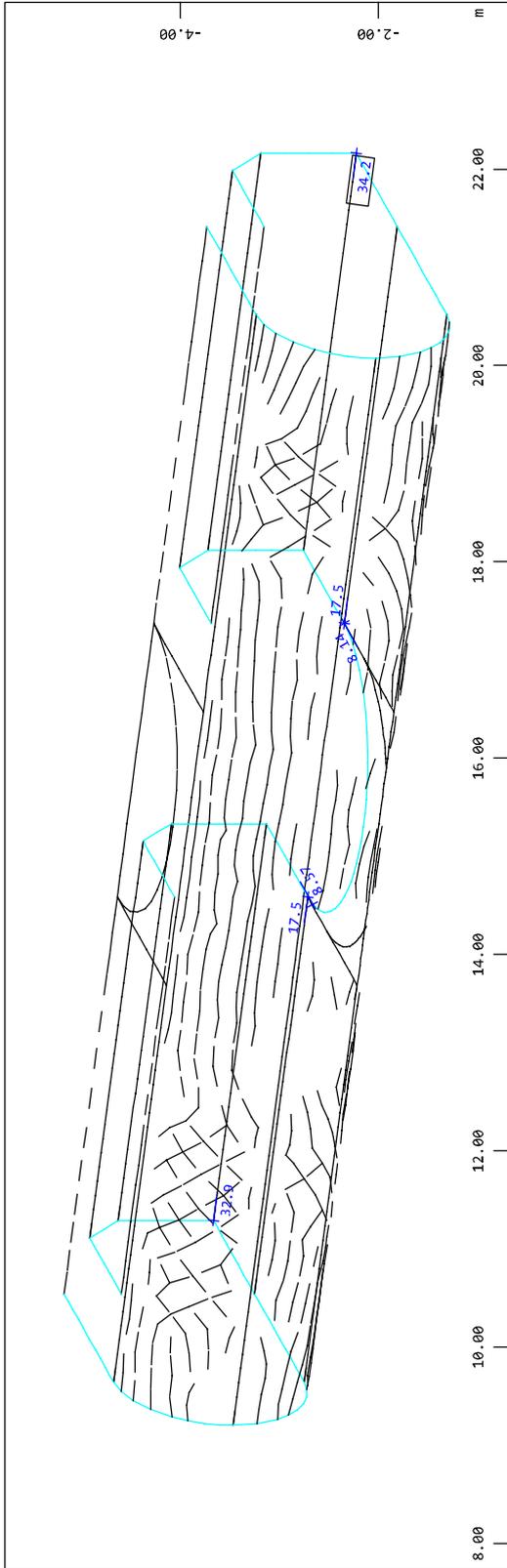
Seite 2.147



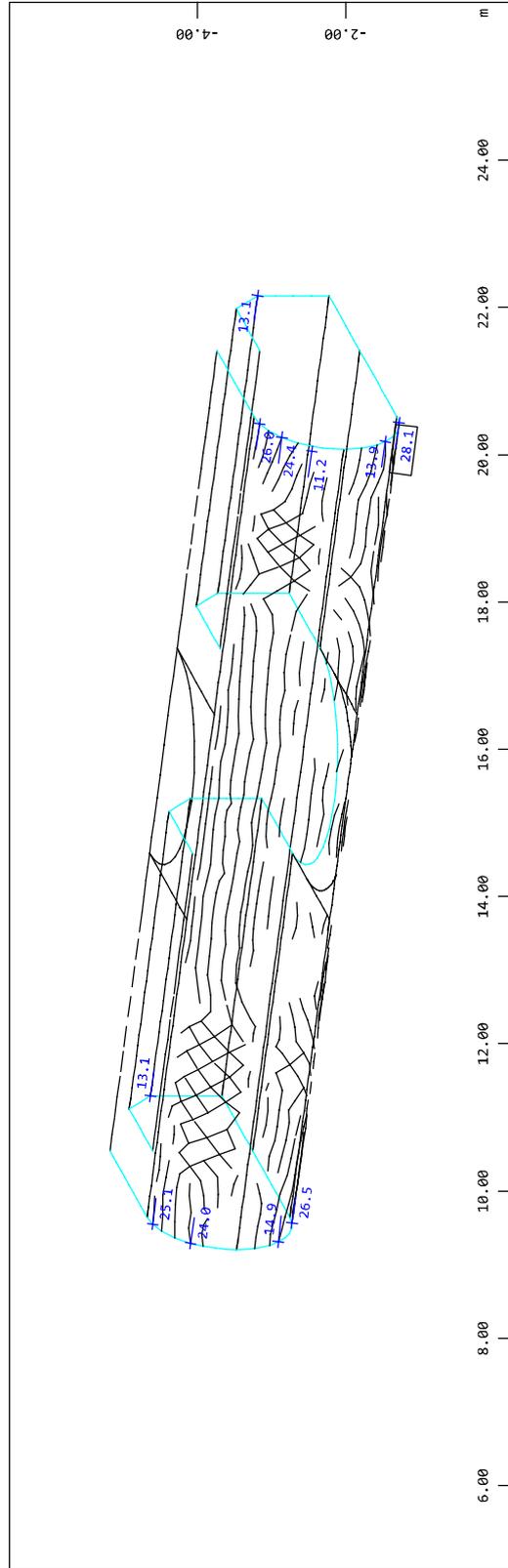
INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

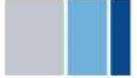
SOFISTIK AG - www.sofistik.de



Systemausschnitt Flächenelemente Gruppe 81...83 85 86
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Querbewehrung (2.Lage) oben im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2
Rissnachweis , Werte über 7.54 (Max=34.2)



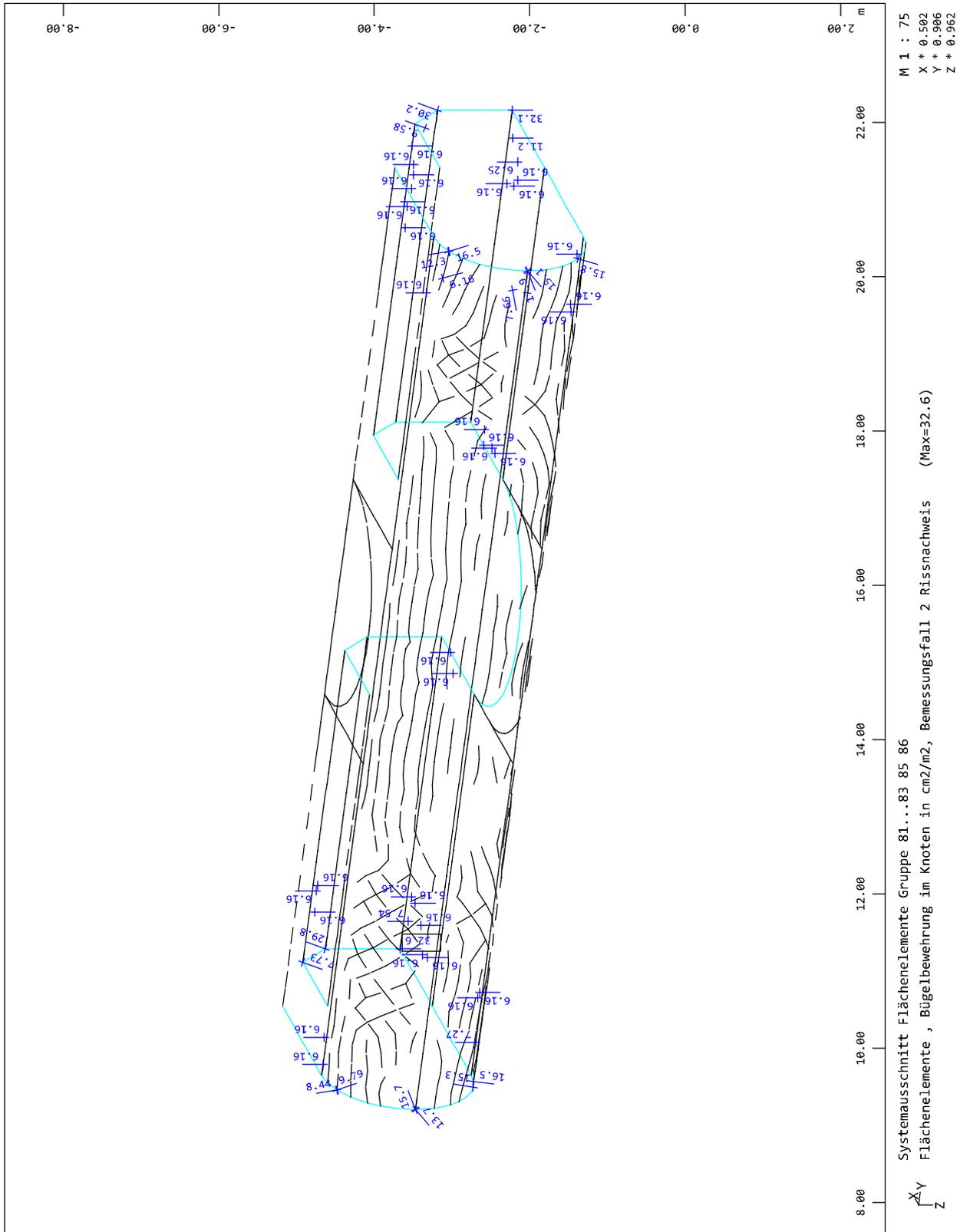
Systemausschnitt Flächenelemente Gruppe 81...83 85 86
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Querbewehrung (2.Lage) unten im Knoten in cm²/m, Bemessungsfall 2
Rissnachweis , Werte über 7.54 (Max=28.1)



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

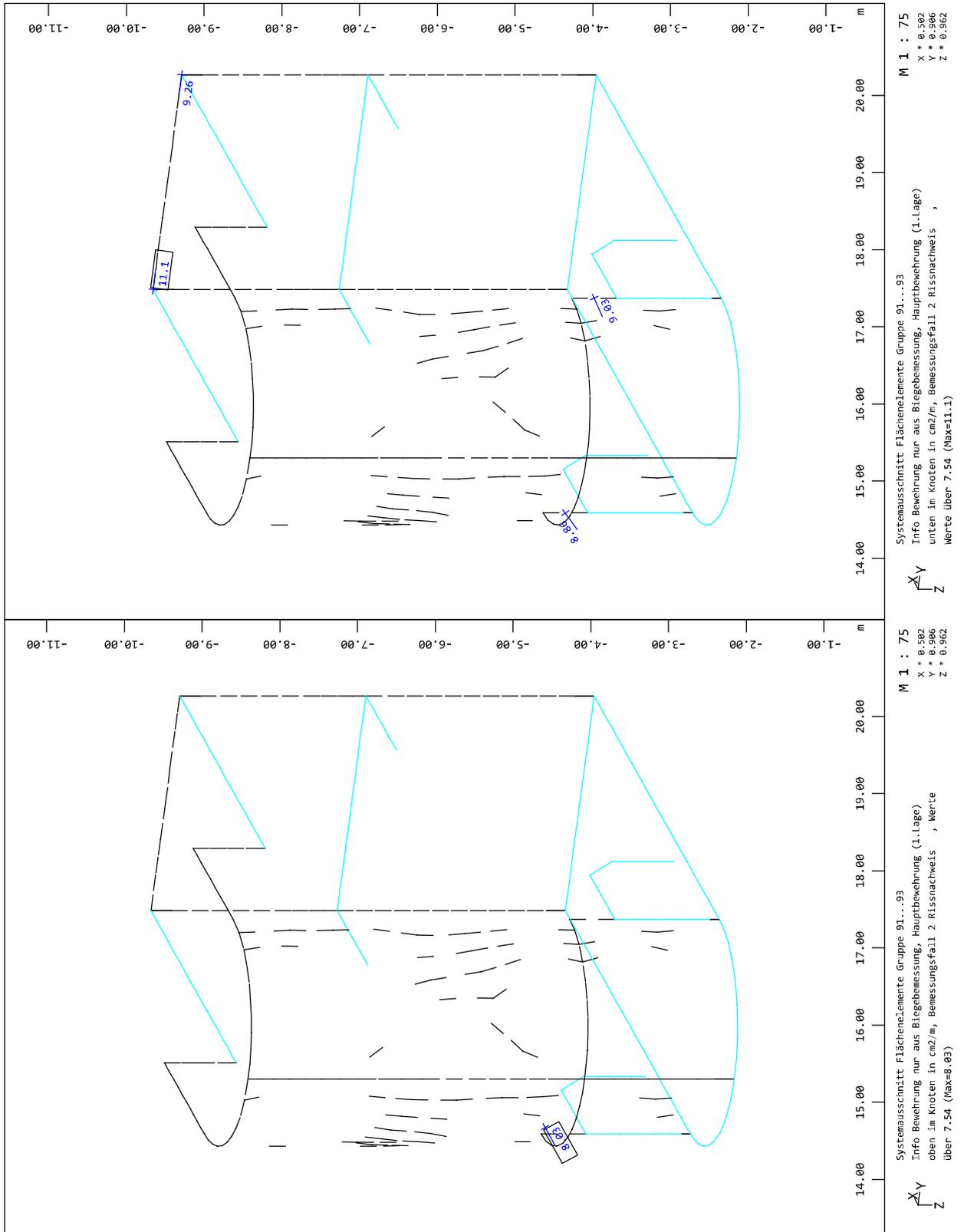
Seite 2.150



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

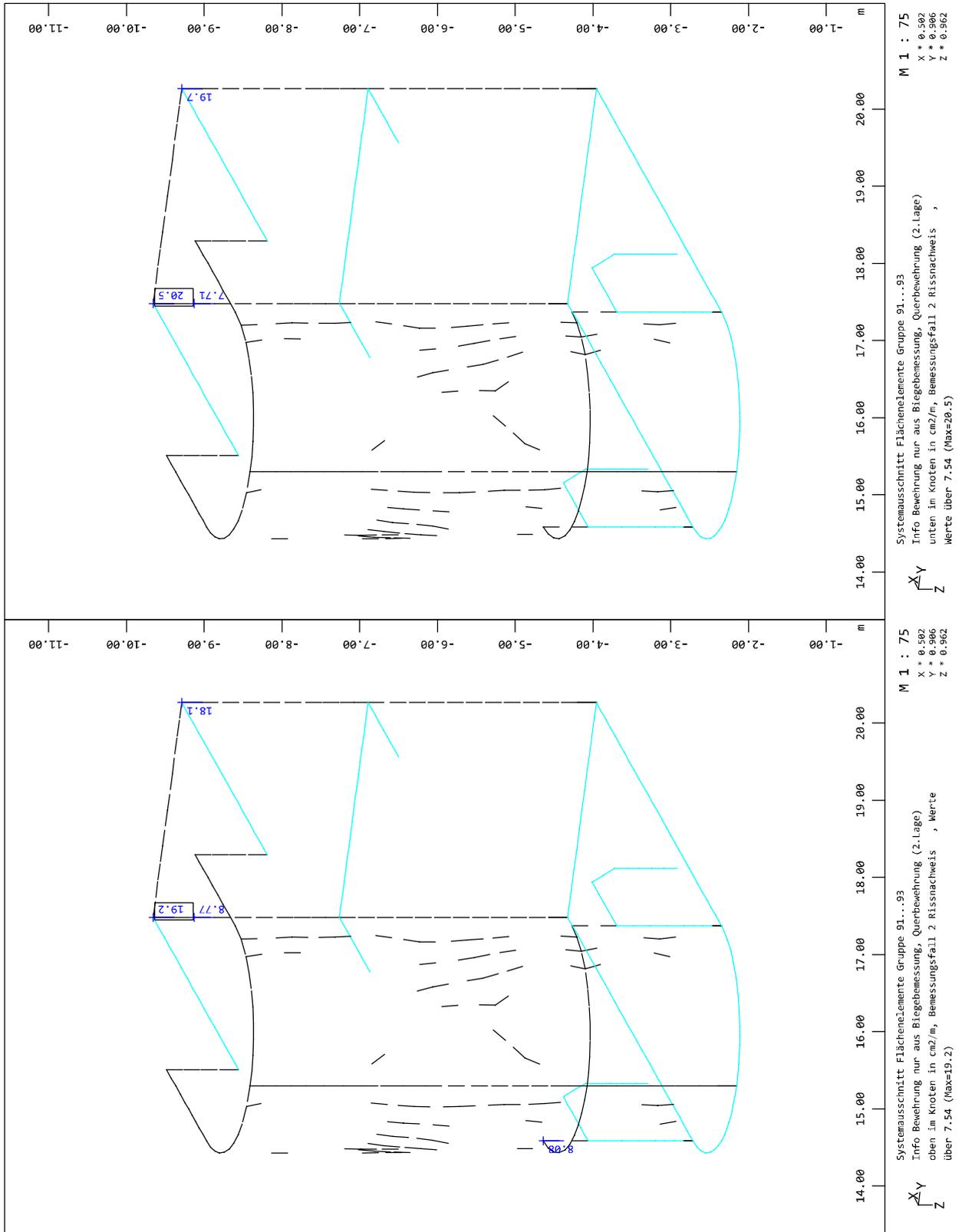
Seite 2.151



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

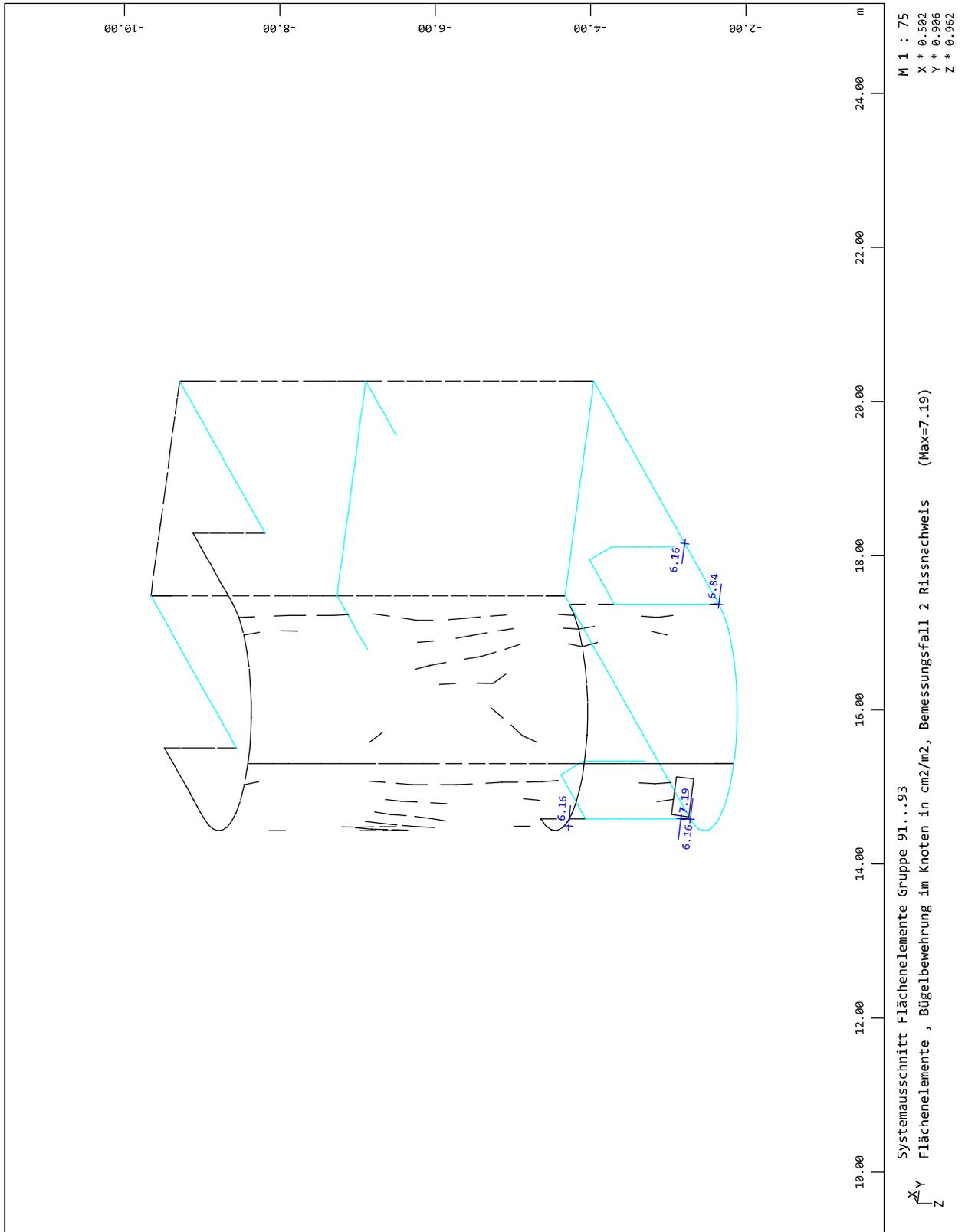
Seite 2.152



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

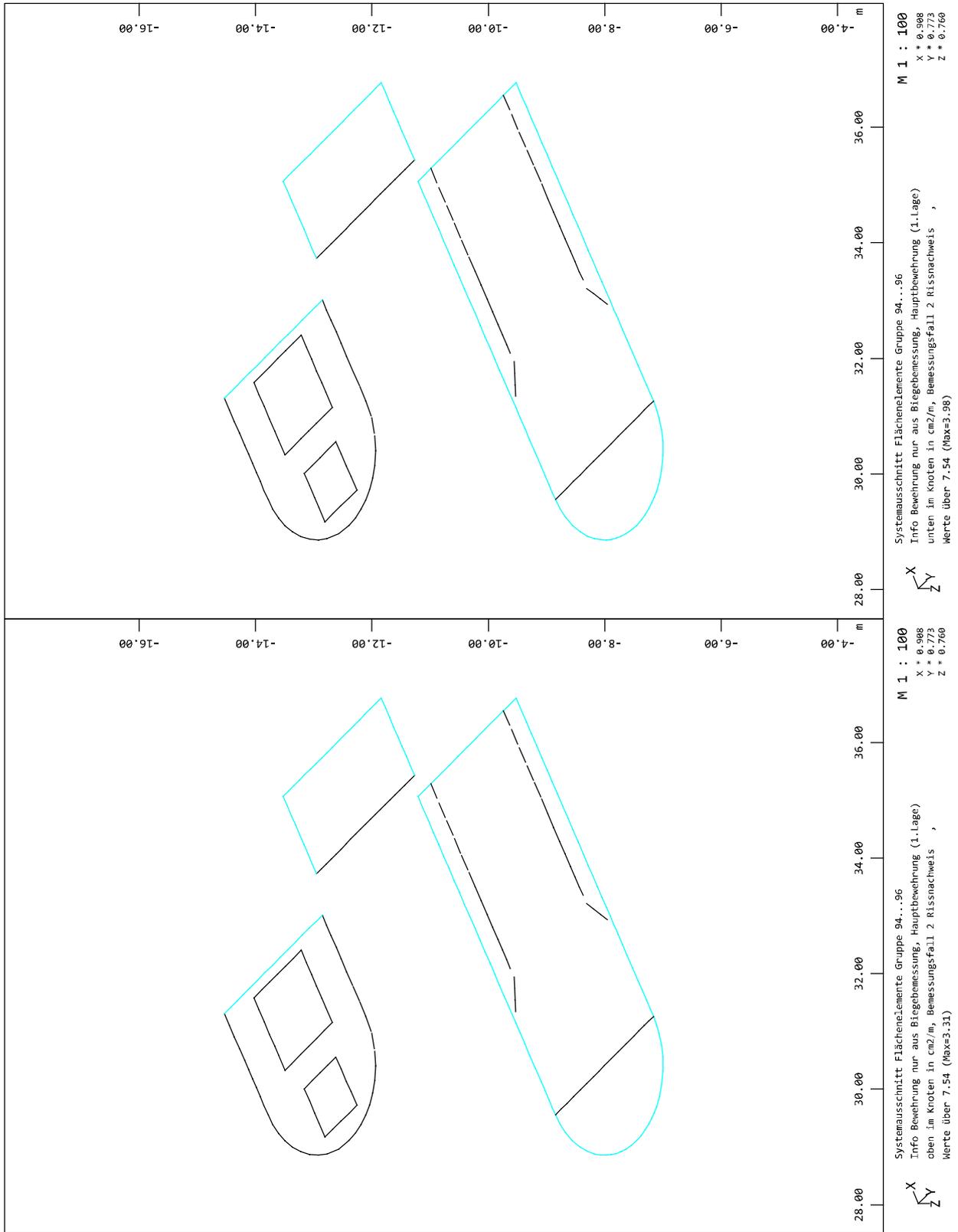
Seite 2.153



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



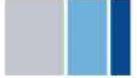
020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

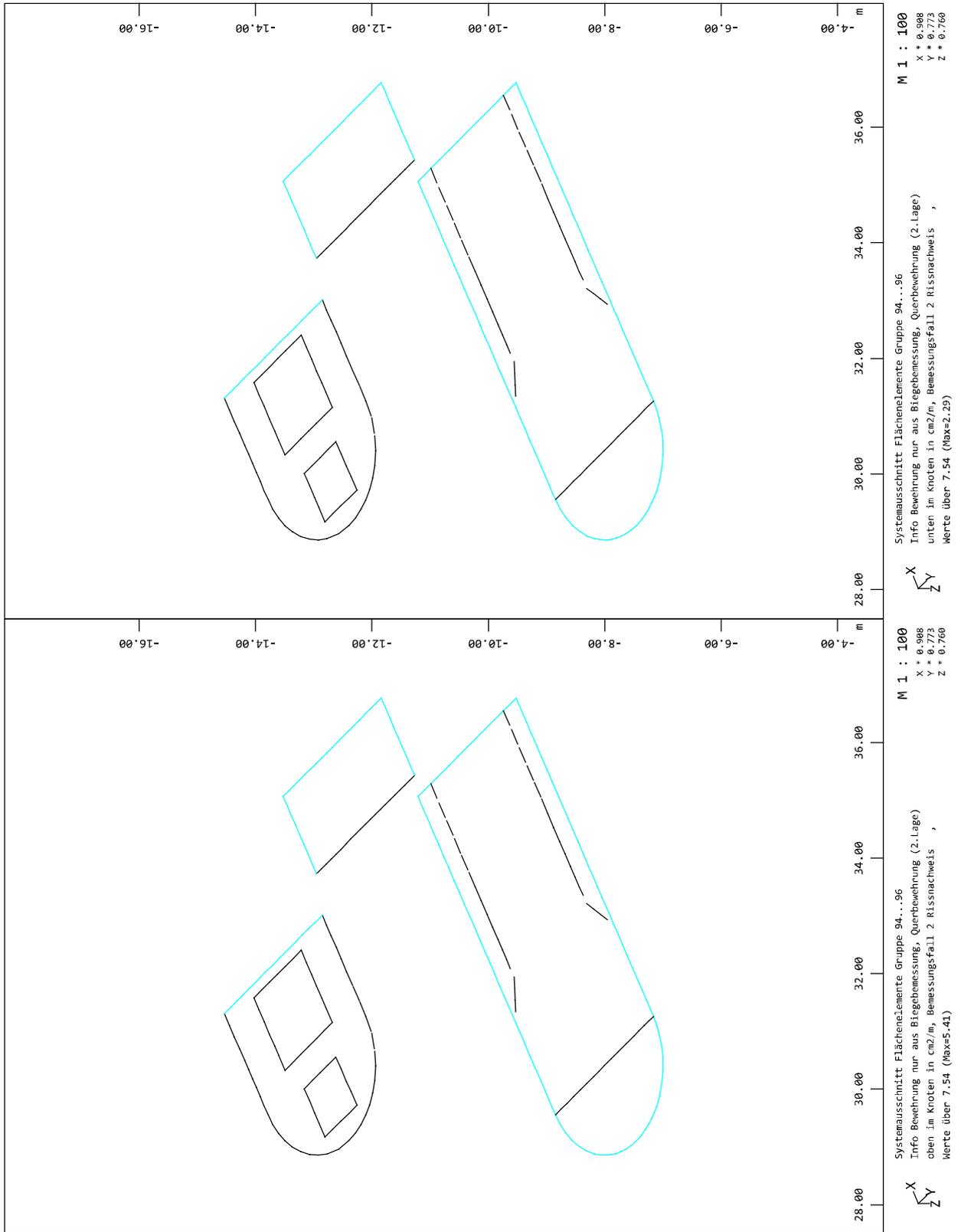
Seite 2.154



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

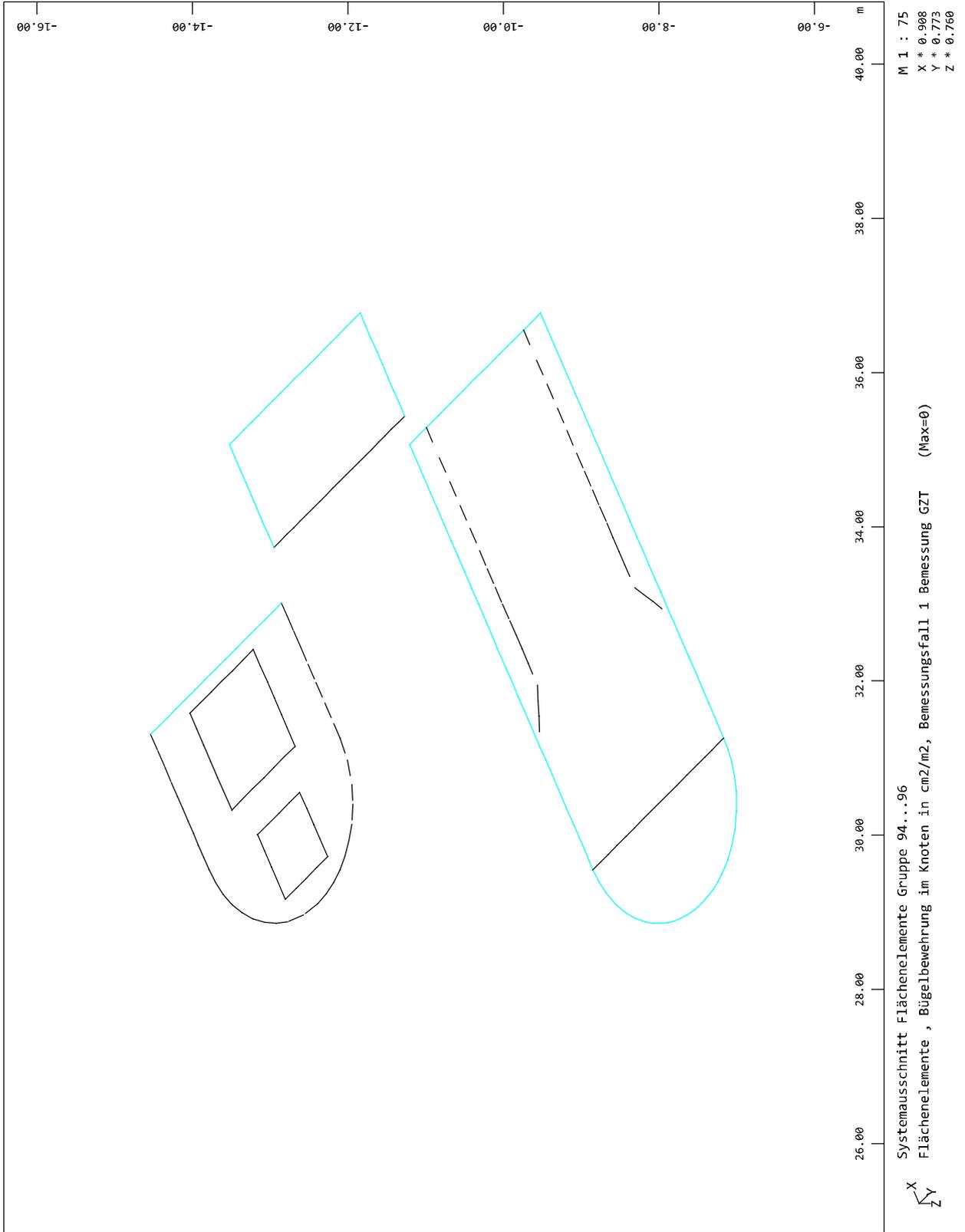
Seite 2.155



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

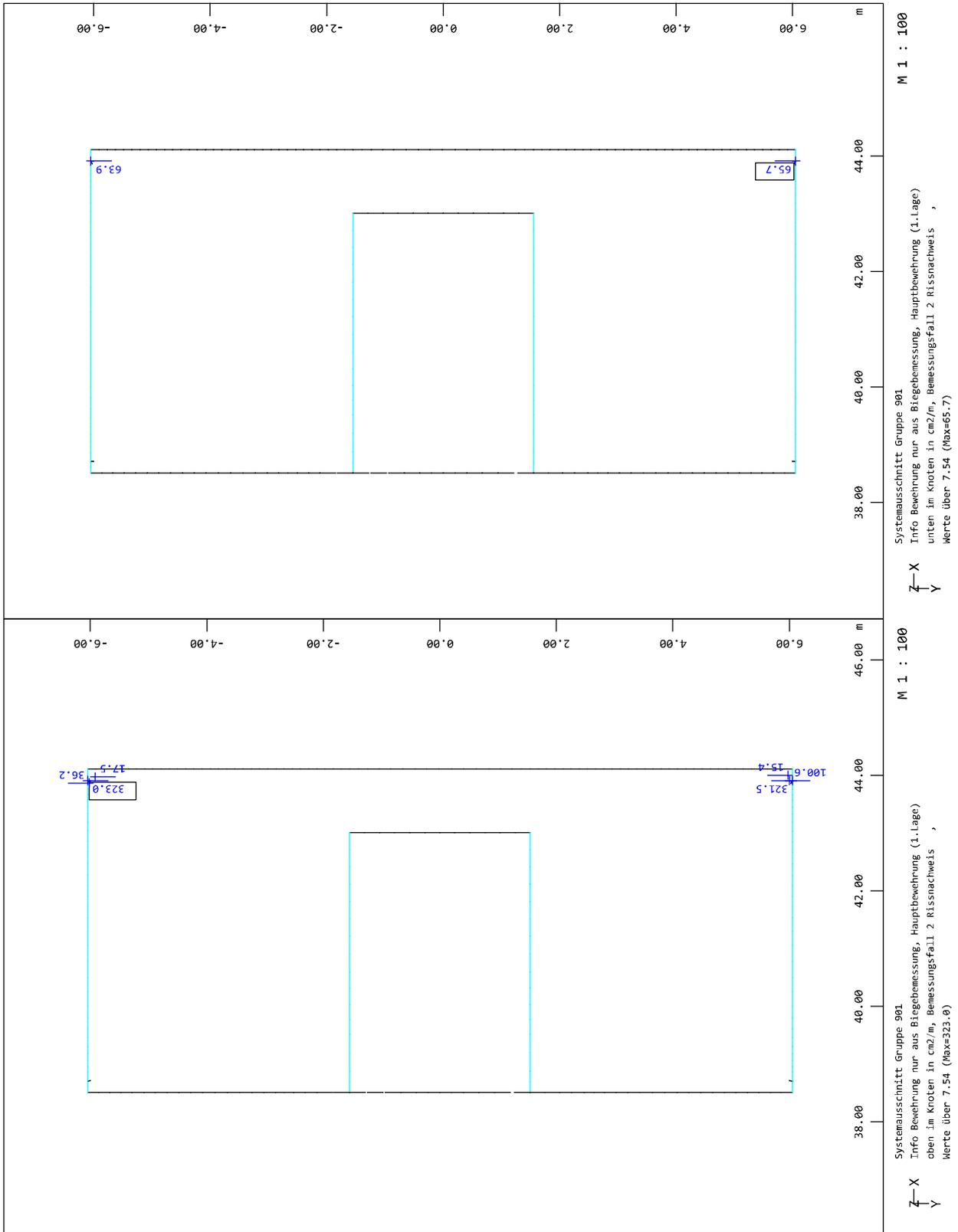
Seite 2.156



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFiSTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

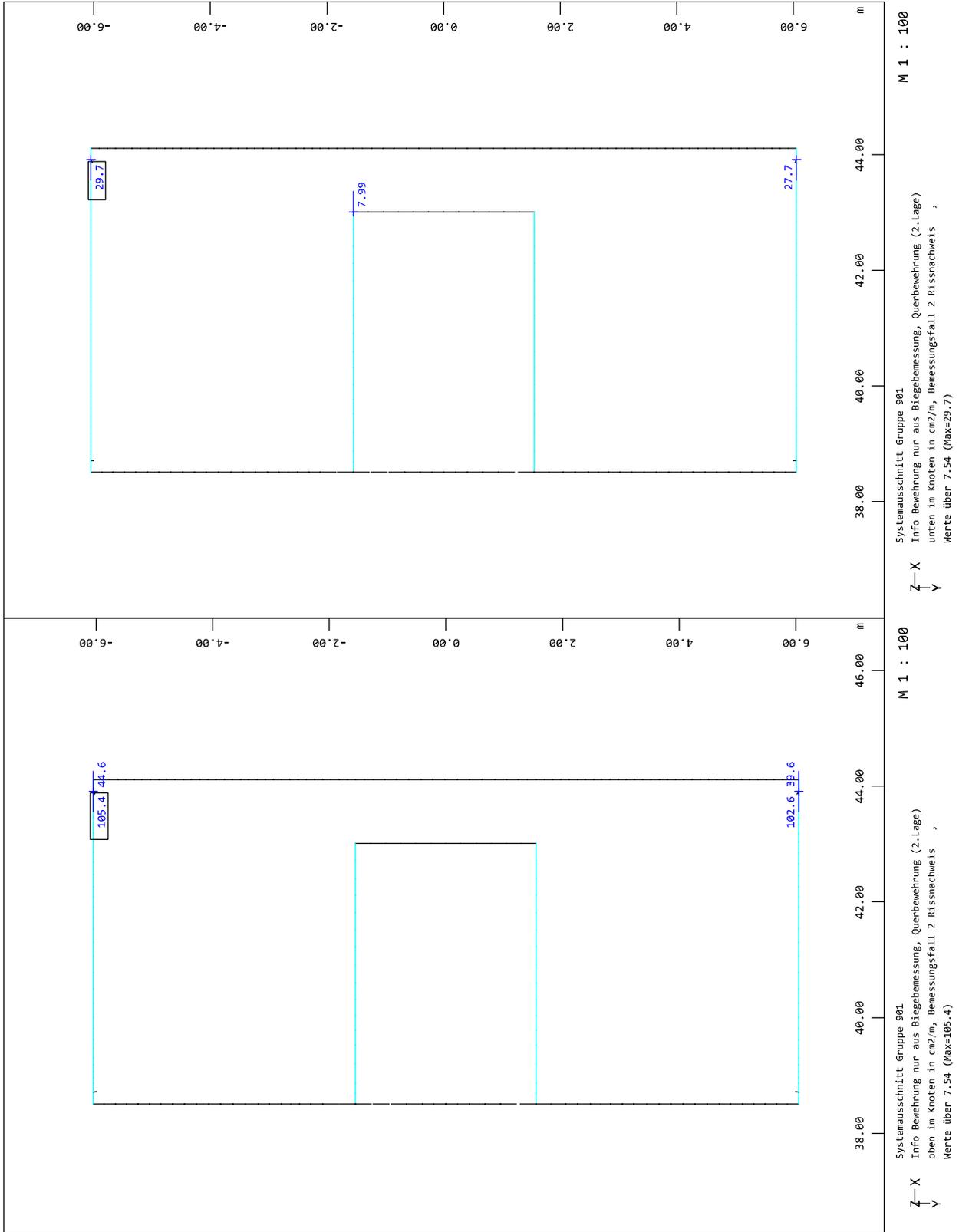
Seite 2.157



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

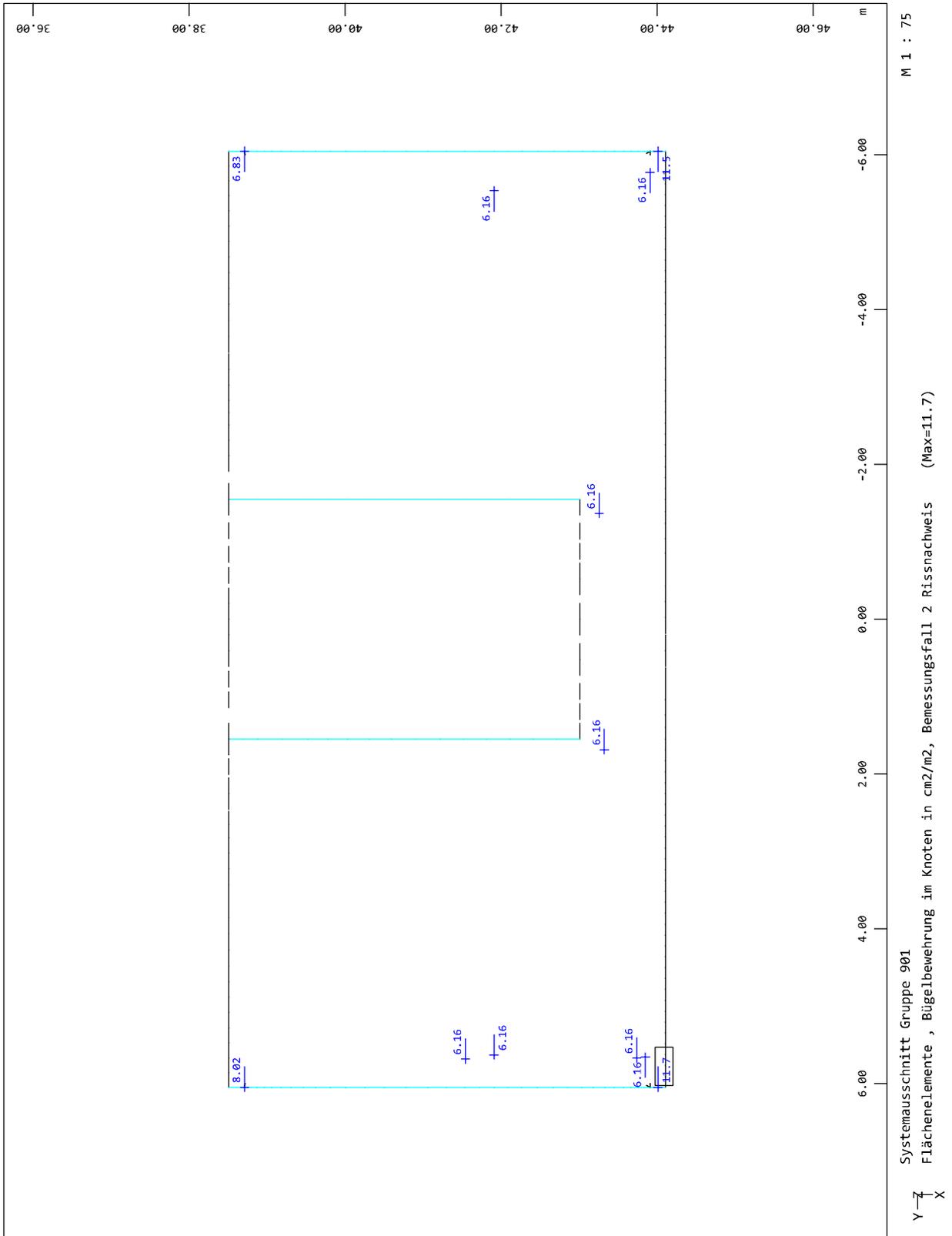
Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 2.158



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

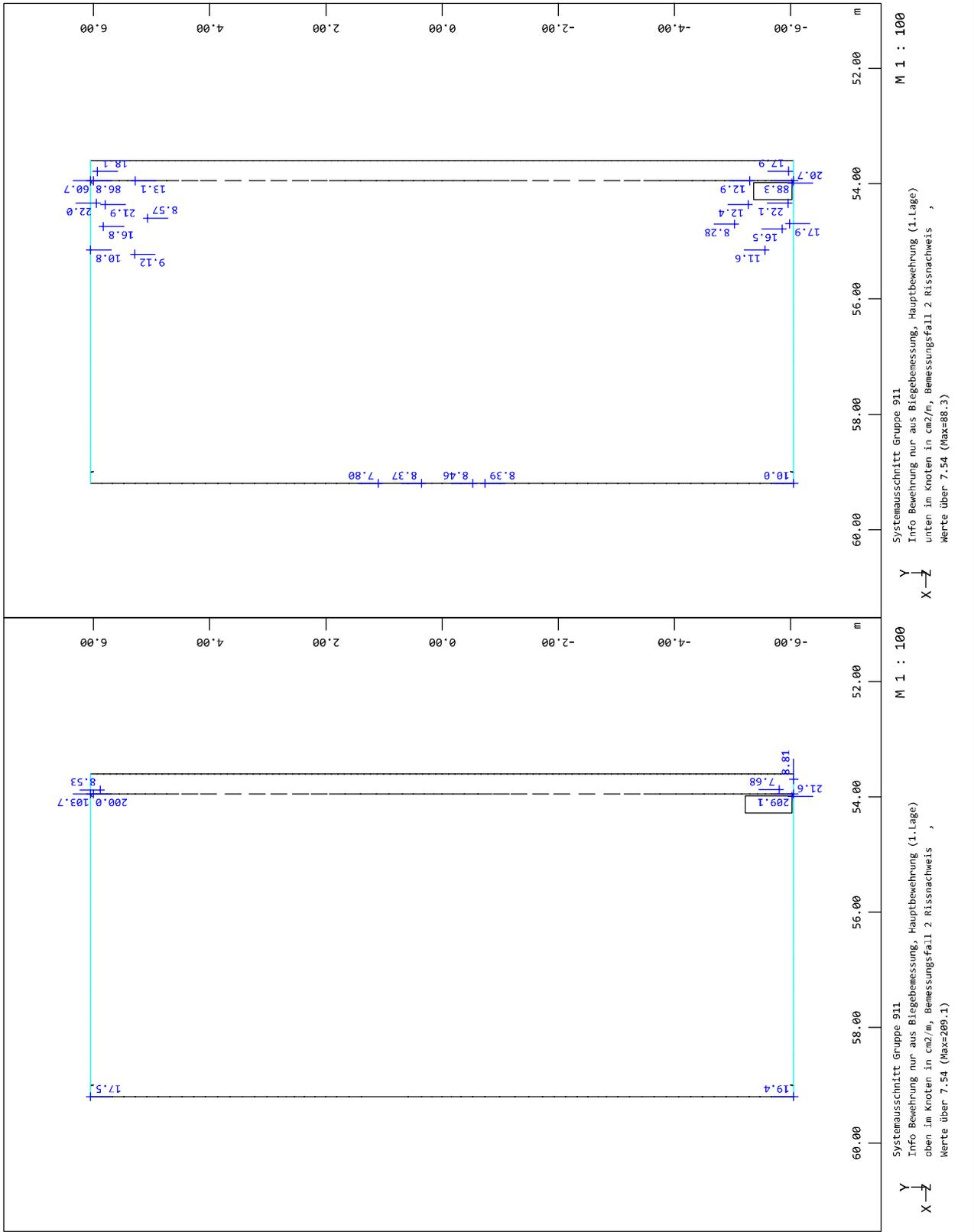


SOFISTIK AG - www.sofistik.de



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFiSTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT



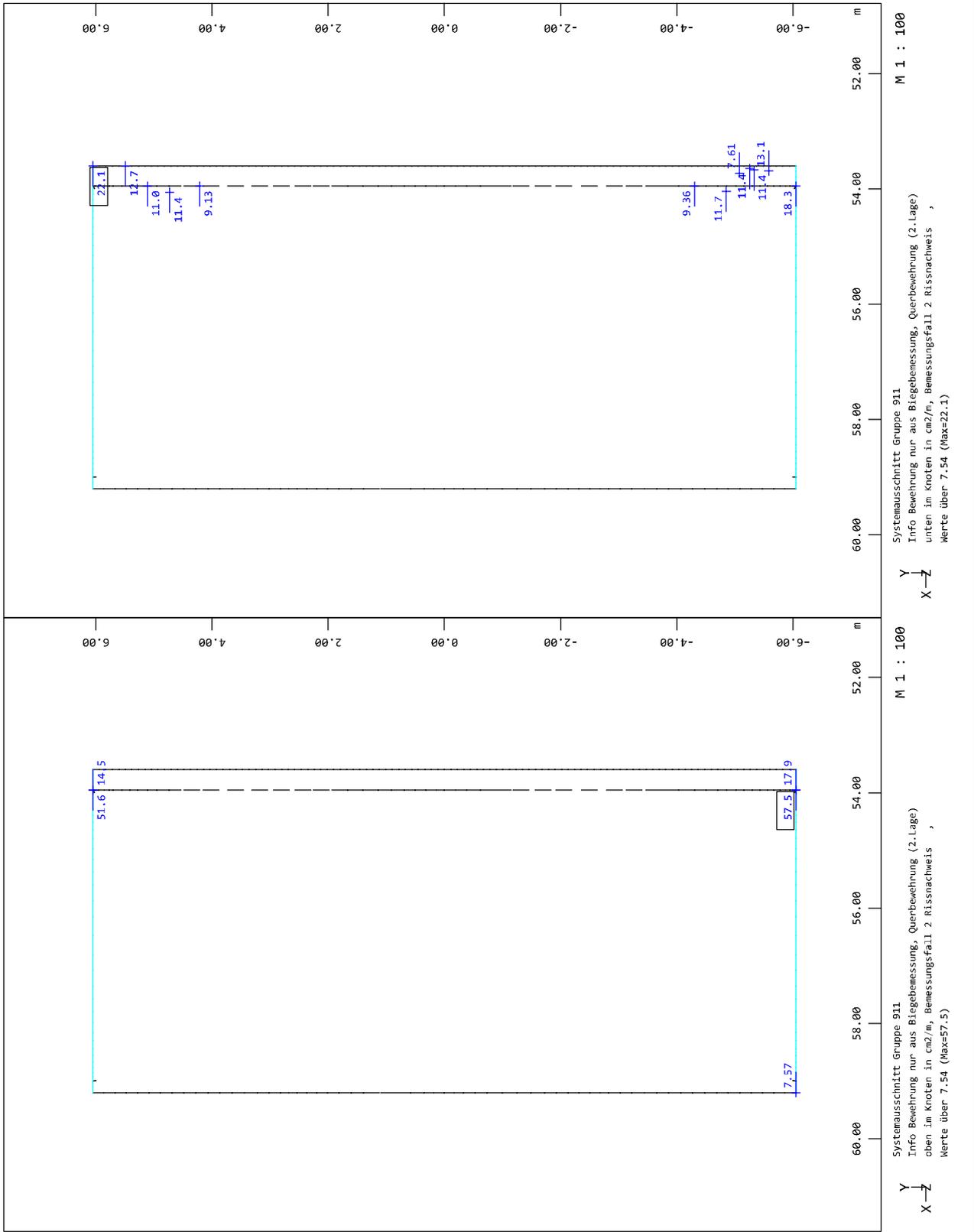
SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

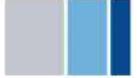


INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFiSTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

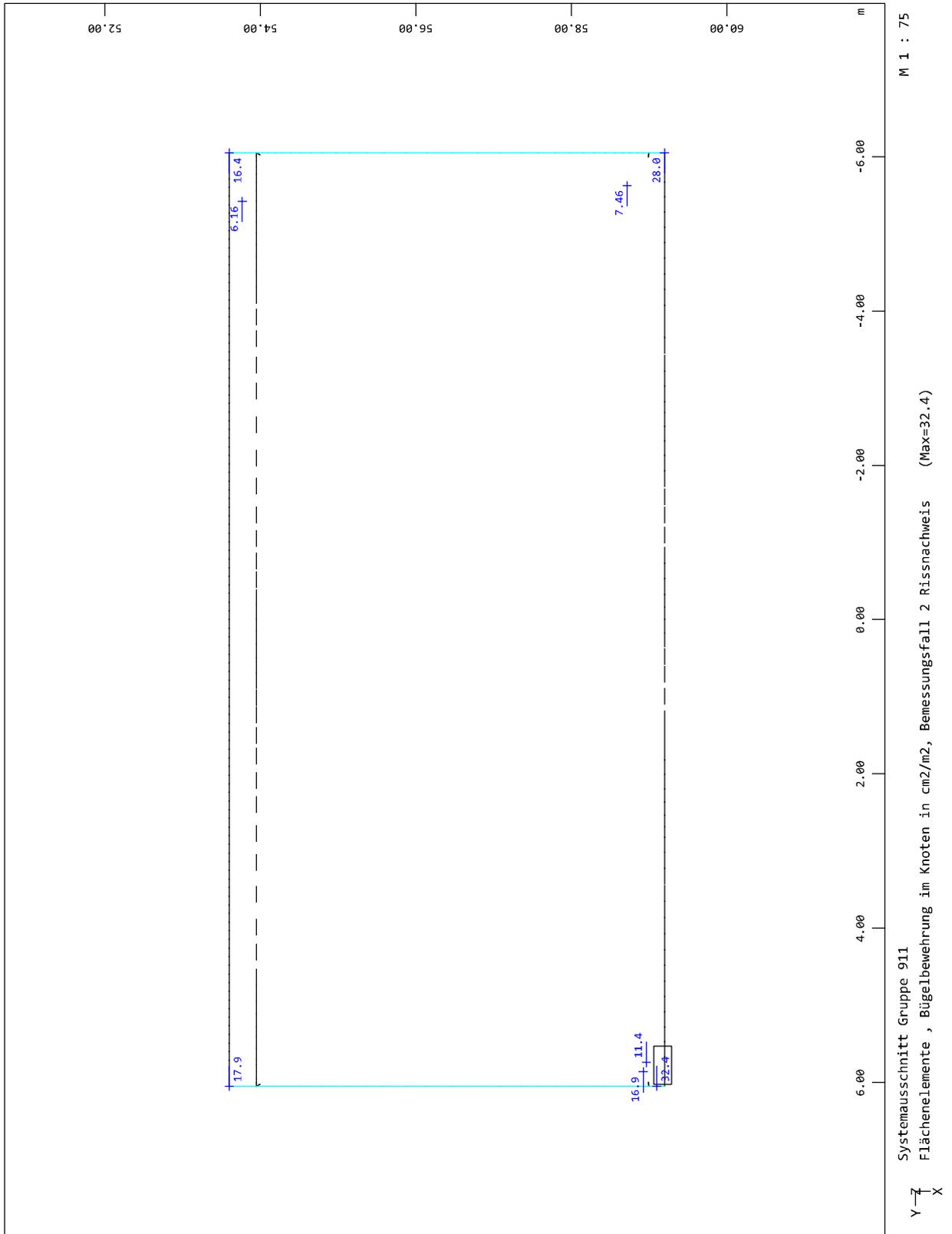




INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

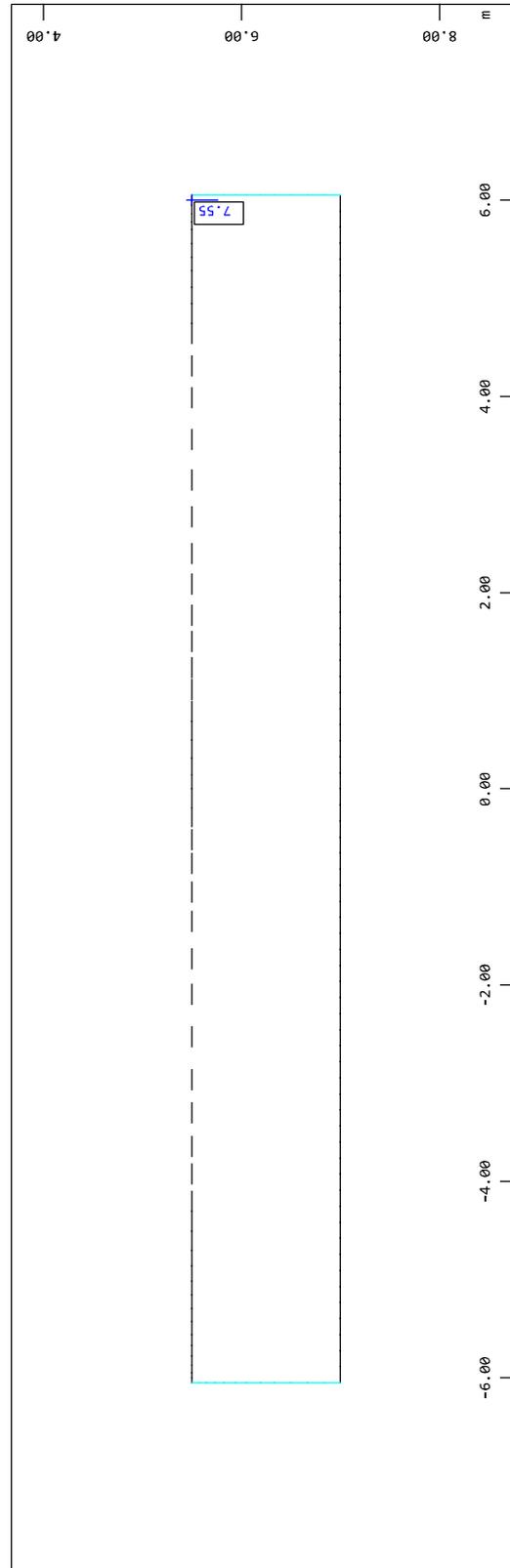
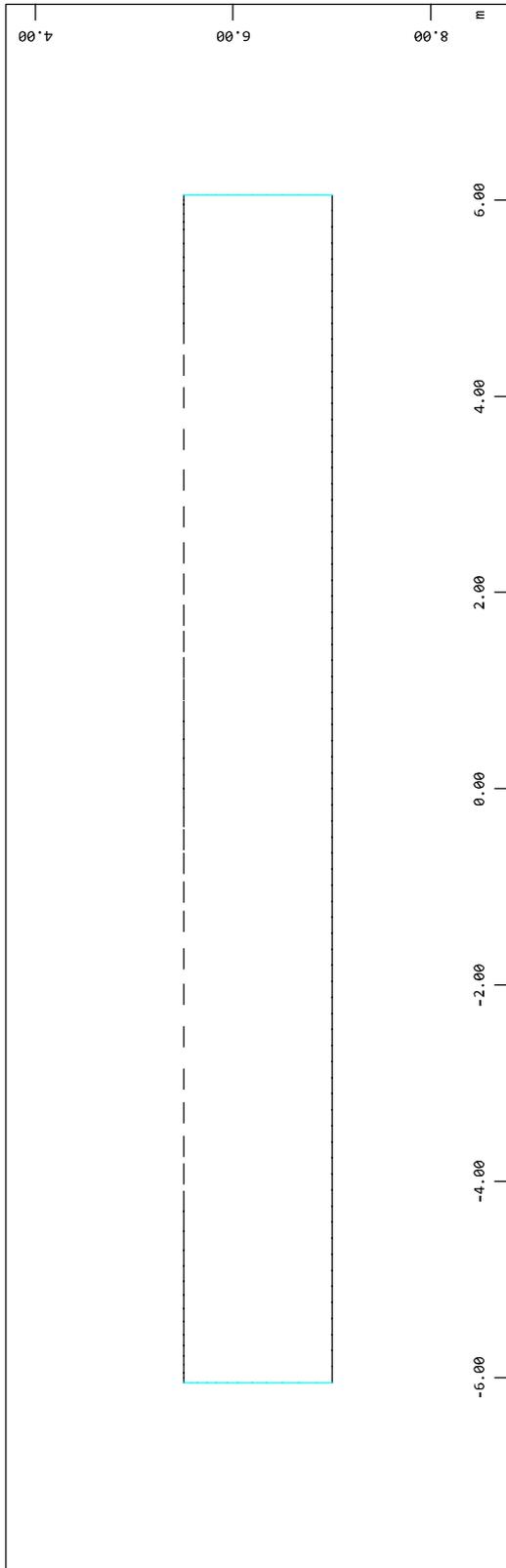
Seite 2.162



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

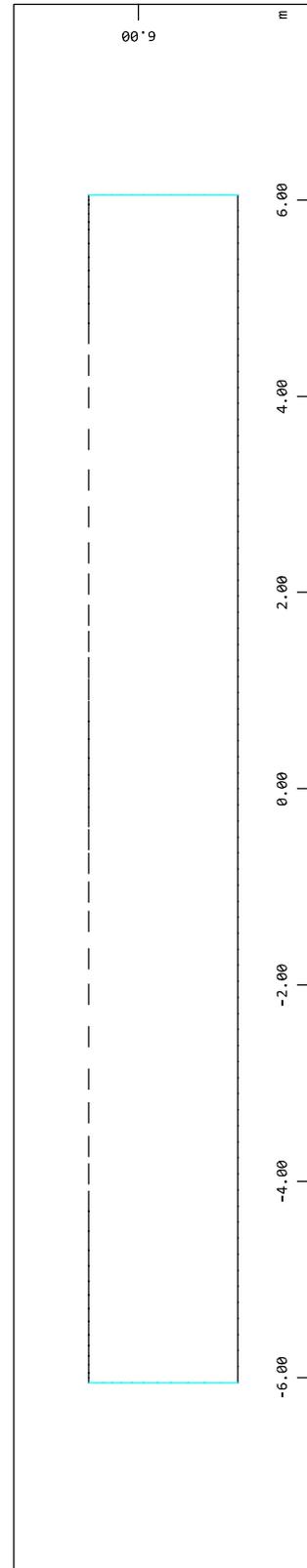
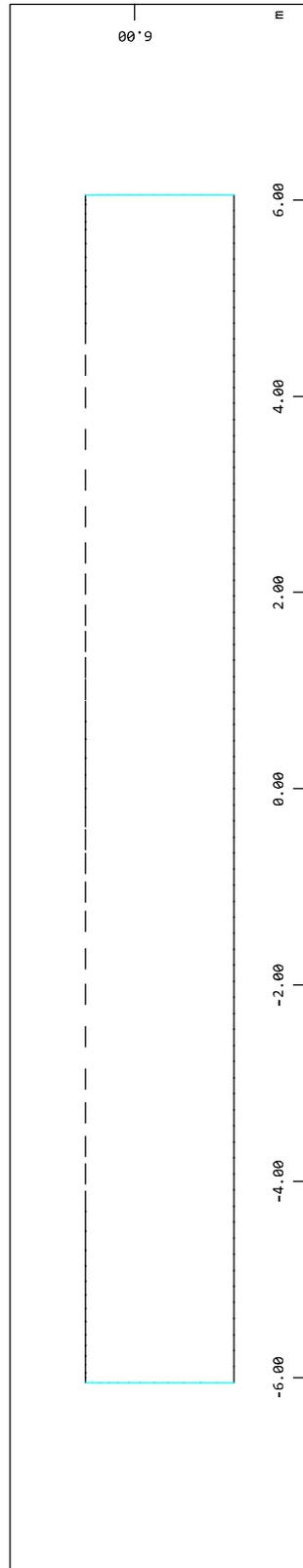
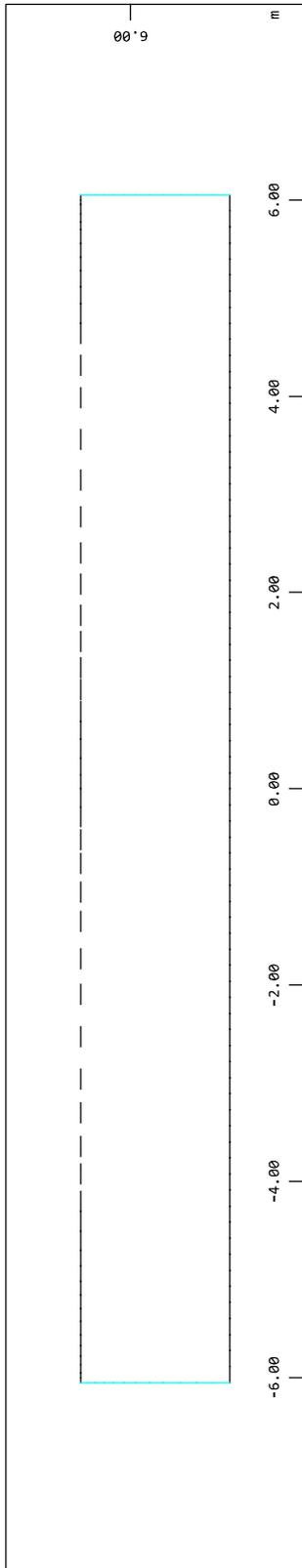
Seite 2.163



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

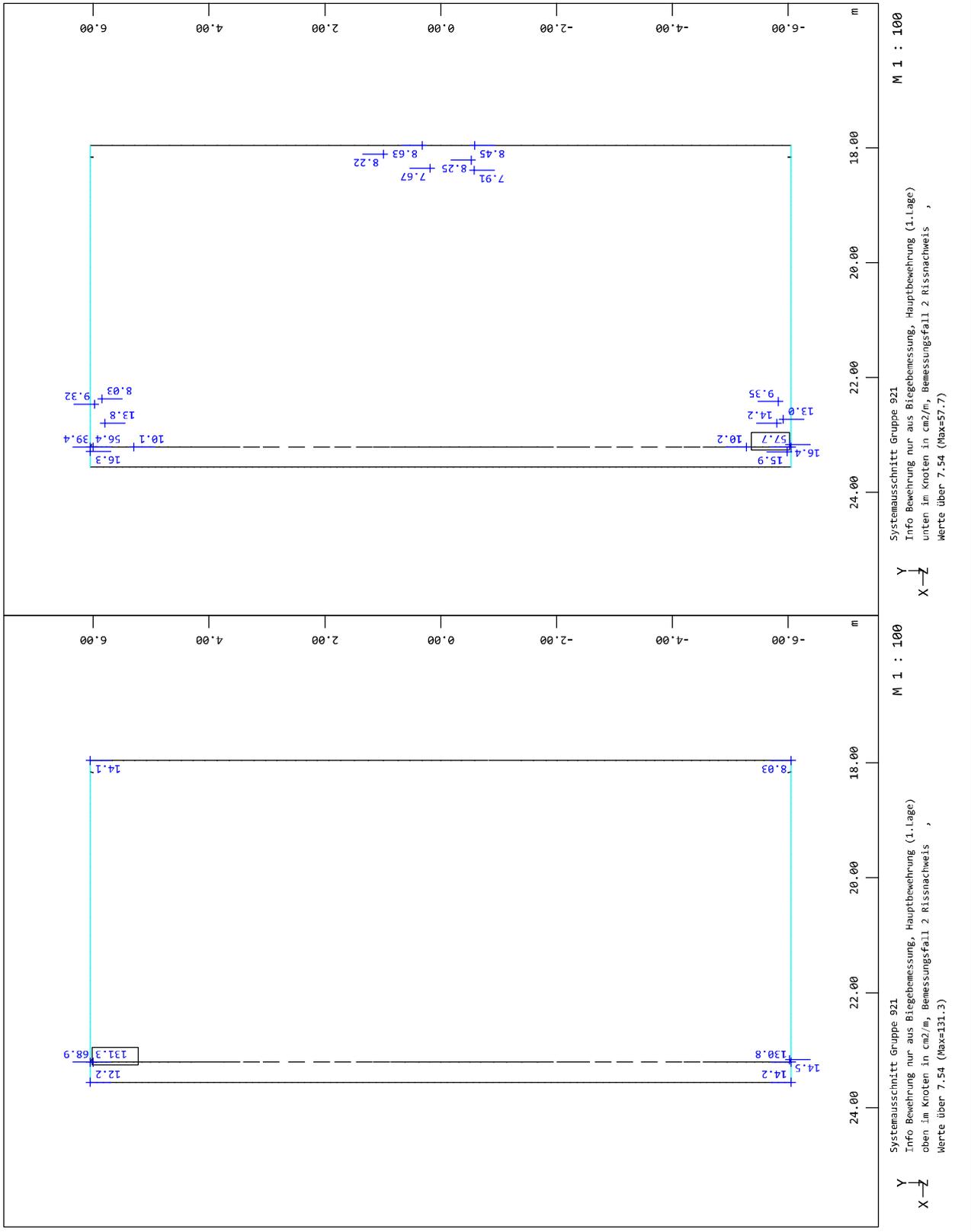


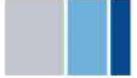


INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFiSTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFiSTIK AG - www.sofistik.de

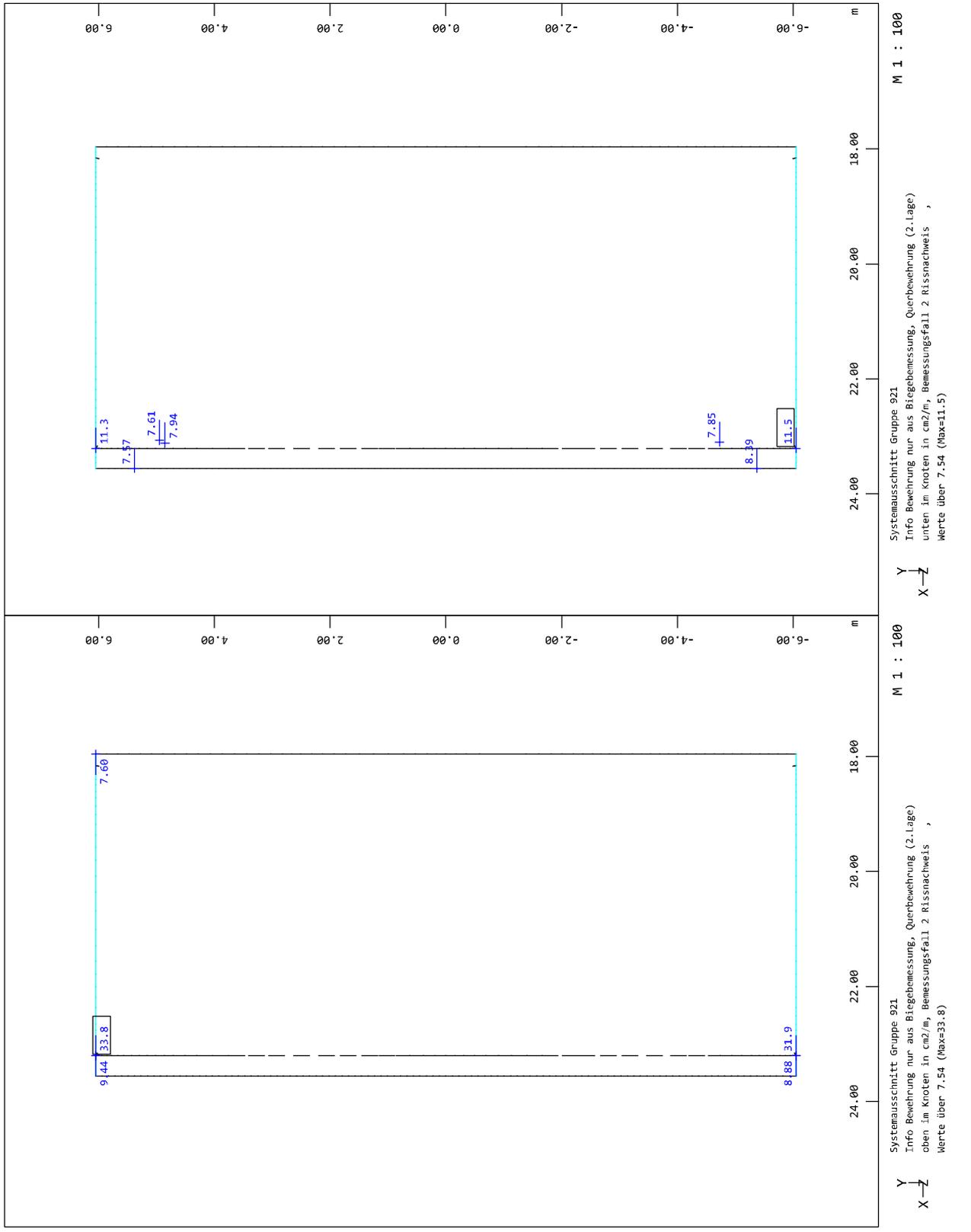




INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

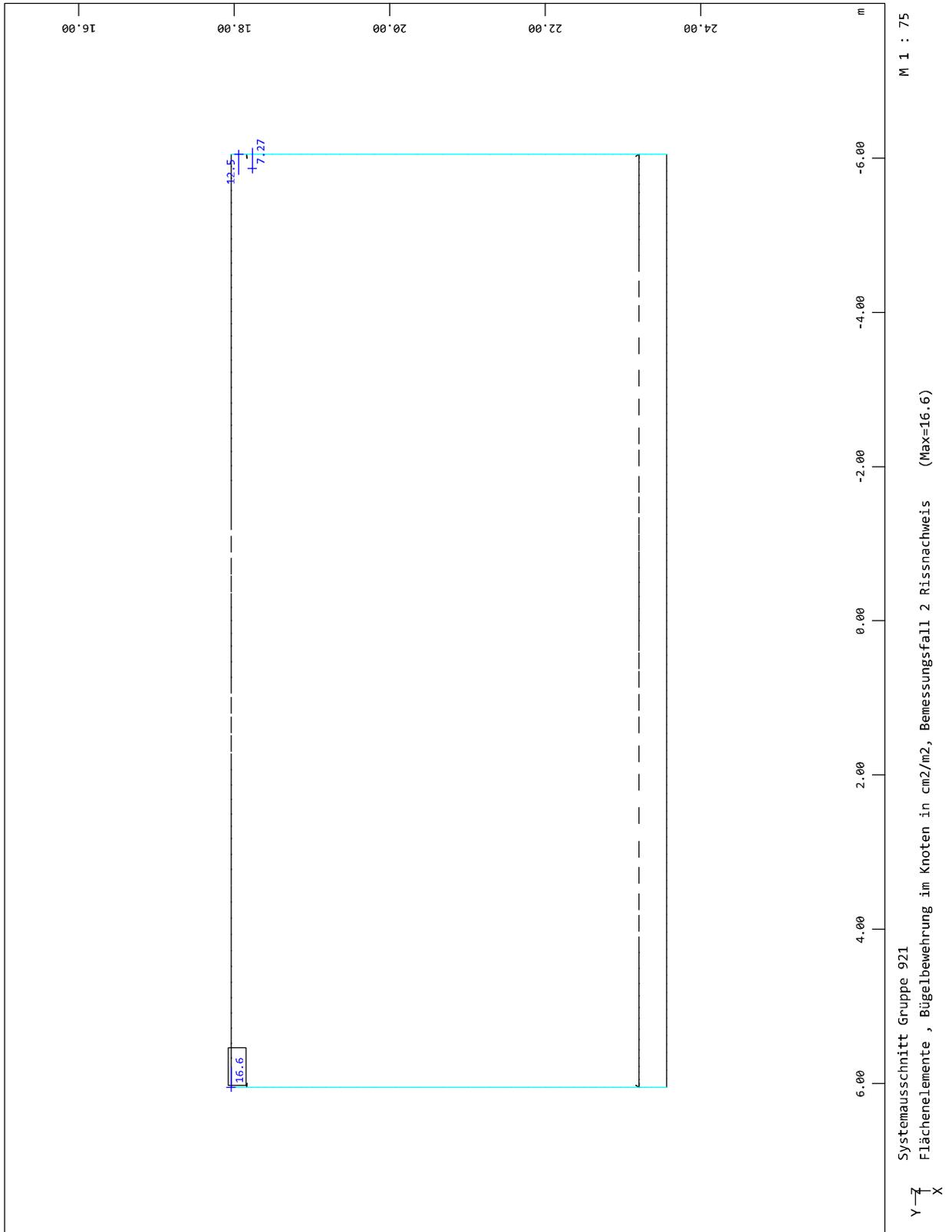
Seite 2.166



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

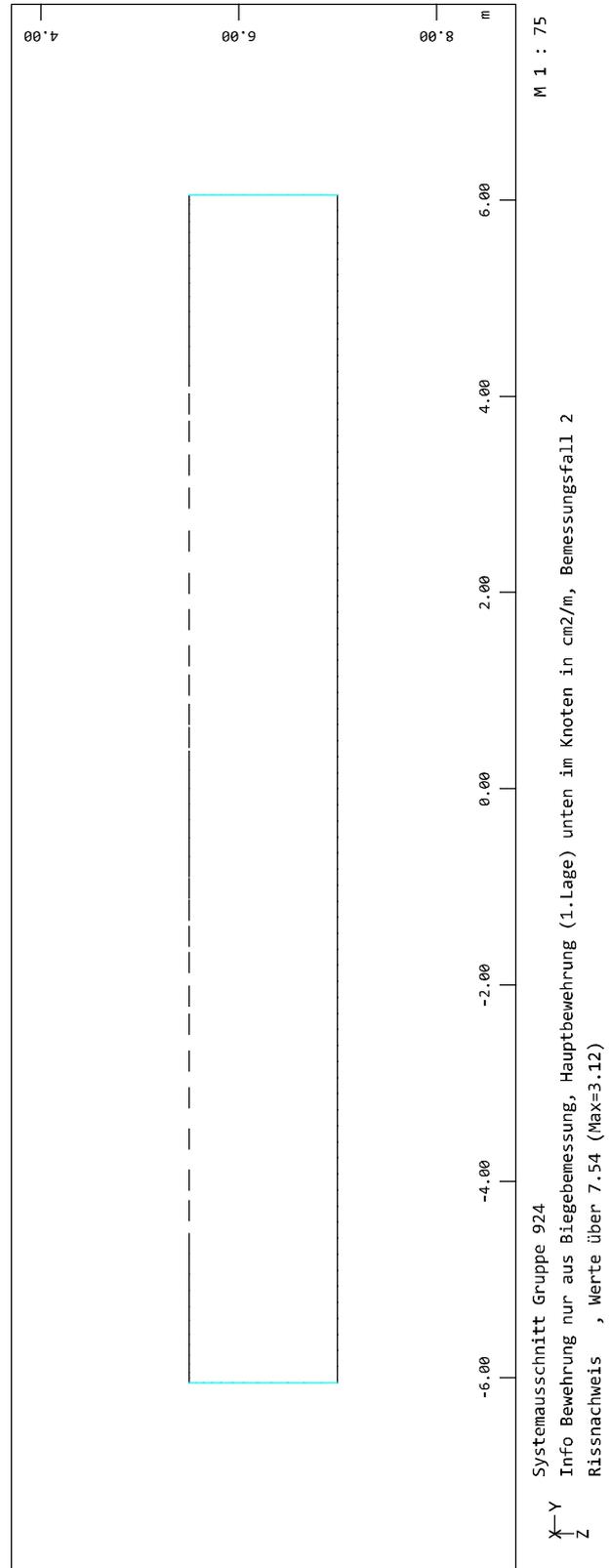
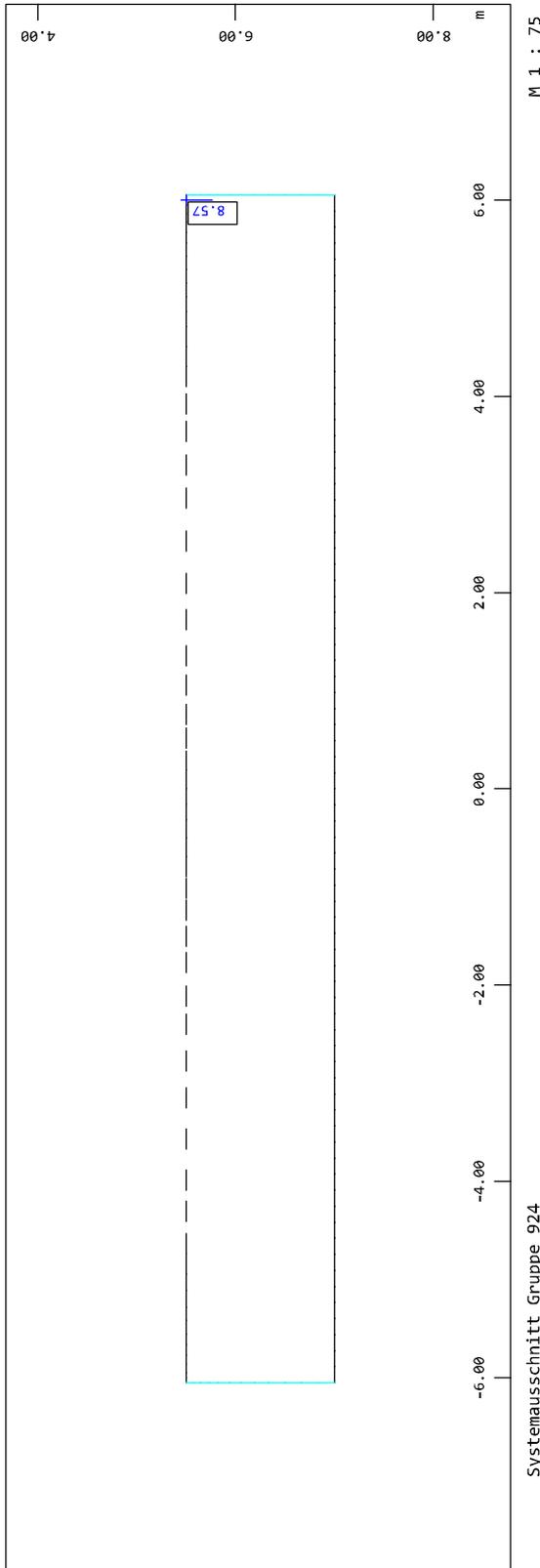
Seite 2.167



INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

SOFISTIK AG - www.sofistik.de



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

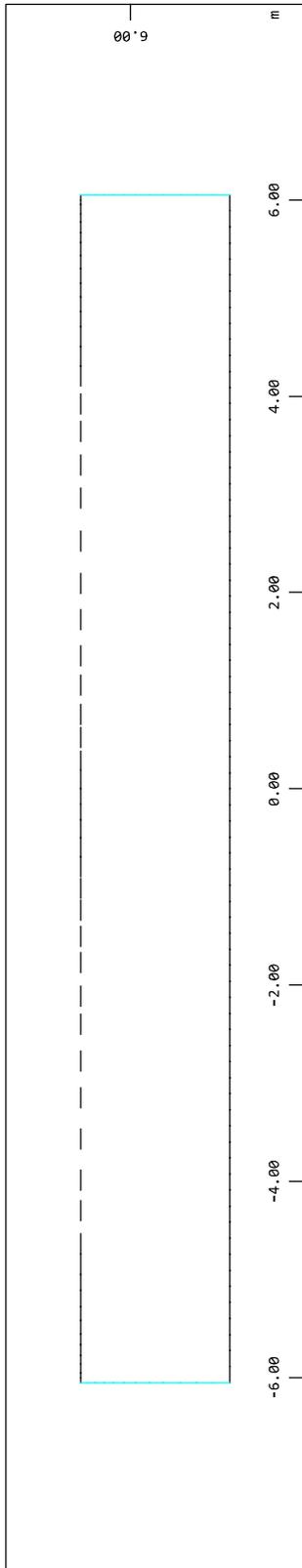
Seite 2.168



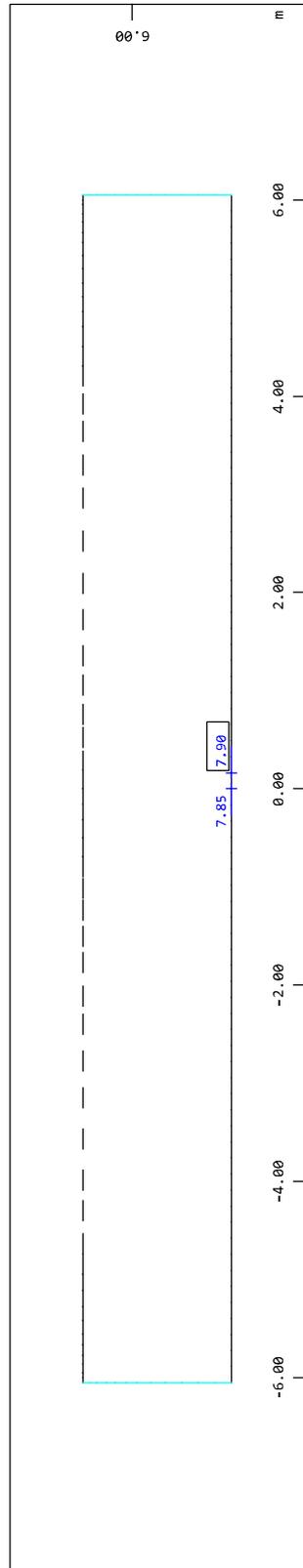
INGENIEURGRUPPE BAUEN * Besselstraße 16 * 68219 Mannheim (1086)
SOFISTIK 2018-5.0 WINGRAF - GRAFIK FUER FINITE ELEMENTE

020/2082/000 HWS Vicht - Auslassbauwerk V 4 Mulartshütte - LPH 3
Grafik Bemessung GZT

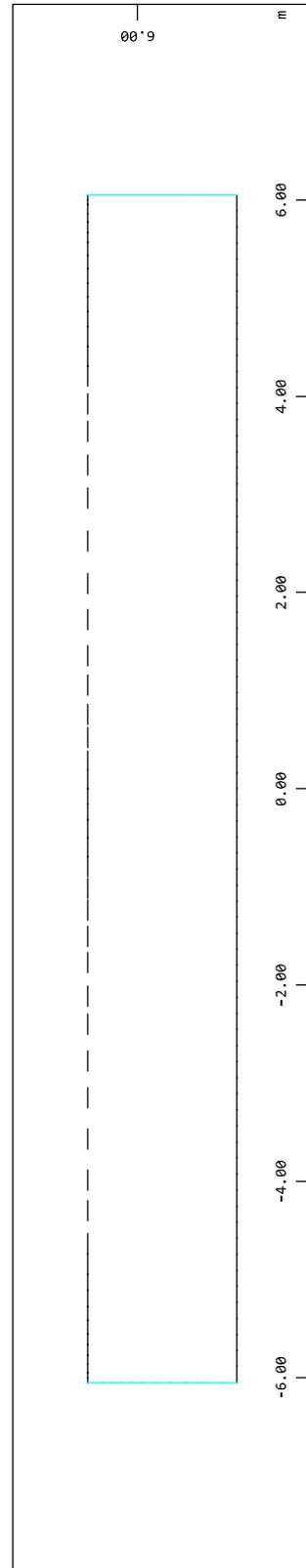
SOFISTIK AG - www.sofistik.de



Systemausschnitt Gruppe 924
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Querbewehrung (2.Lage) oben im Knoten in cm^2/m , Bemessungsfall 2
Rissnachweis , Werte über 7.54 (Max=6.11)



Systemausschnitt Gruppe 924
Info Bewehrung nur aus Biegebemessung, Querbewehrung (2.Lage) unten im Knoten in cm^2/m , Bemessungsfall 2
Rissnachweis , Werte über 7.54 (Max=7.90)



Systemausschnitt Gruppe 924
Flächenelemente , Bügelbewehrung im Knoten in cm^2/m^2 , Bemessungsfall 2 Rissnachweis (Max=0)

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

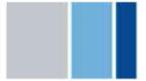
Aus der Auswertung der Bodenpressungen ist erkennbar, dass in allen Bemessungssituationen nur Druckspannungen auftreten. Der Nachweis der klaffenden Fuge ist erbracht.

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 V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 2.170



3 Hochwasserschutzwand entlang der L 238

3.1 Vorbemerkungen

Das Straßenniveau der L 238 liegt am Südrand des Hochwasserschutzdamms in einer Geländesenke und damit unterhalb des geplanten Dammkronenniveaus. Der augenscheinlichen Überflutungsgefährdung der L 238 wird durch eine Hochwasserschutzwand (HWS-Wand) begegnet.

Die Gründung der neu zu errichtenden Winkelstützwand erfolgt auf einer überschnittenen Bohrpfehlwand. Die Bohrpfehlwand dient neben der Gründung der Winkelstützwand als Unterläufigkeitsschutz.

Die Oberkante der Winkelstützwand befindet sich auf +282,65 mNN.

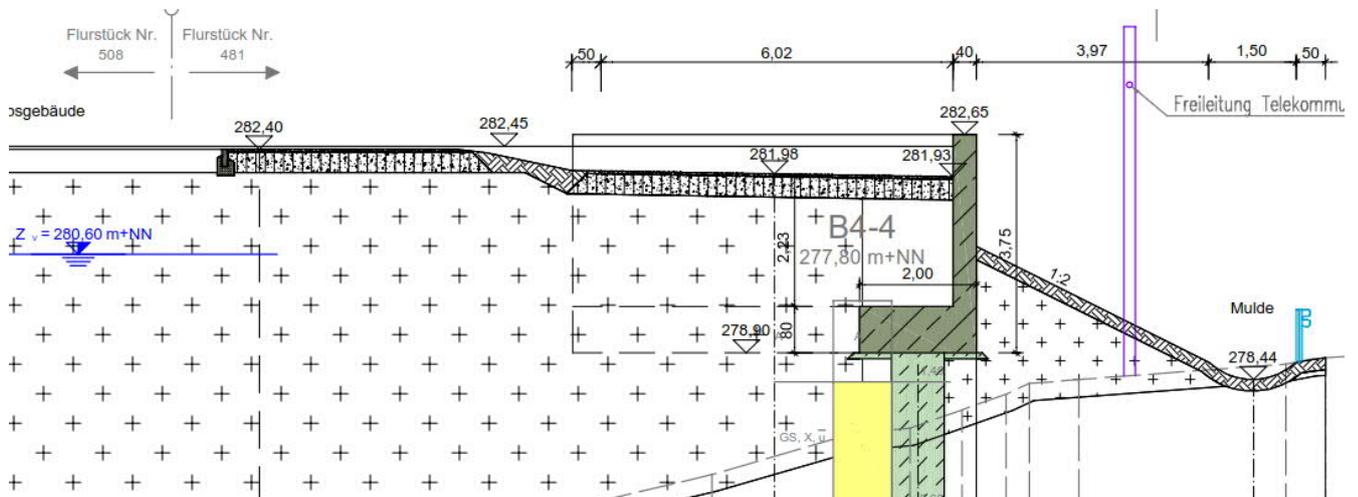


Bild 3.1: Auszug aus Objektplan Anlage 3.6, Station S 0+100 (max. Erdanschüttung wasserseitig)

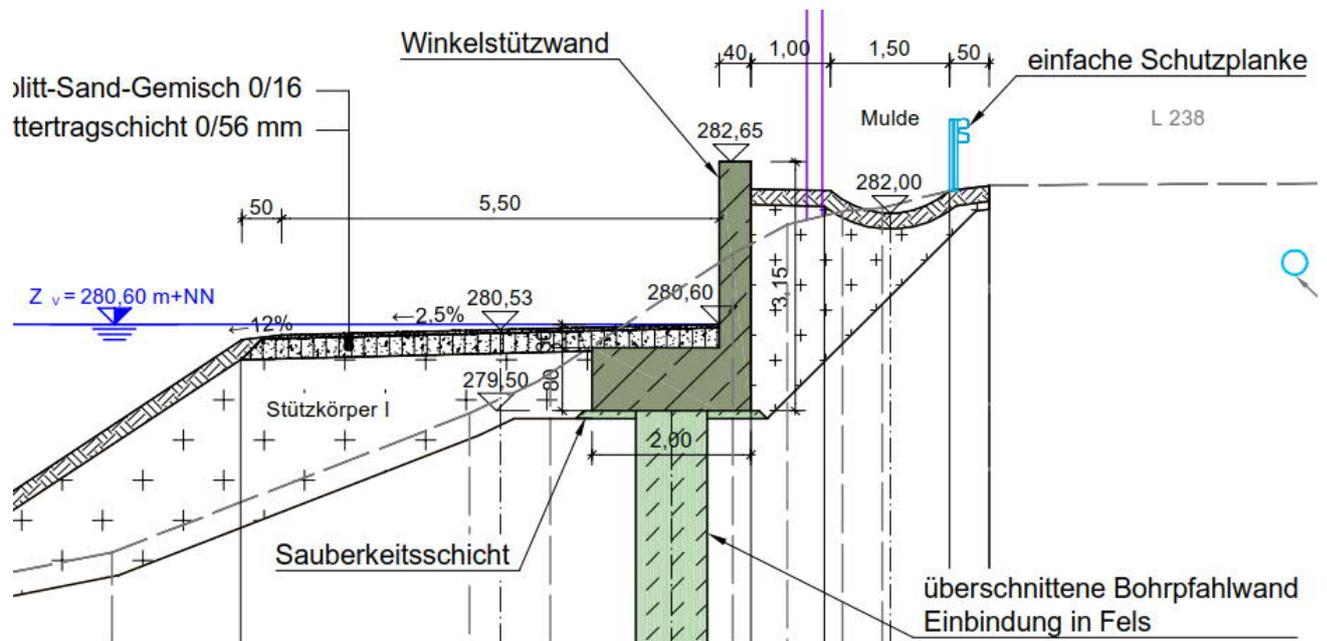


Bild 3.2: Auszug aus Objektplan Anlage 3.5, Station S 0+030 (max. Erdanschüttung luftseitig)

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 3.1

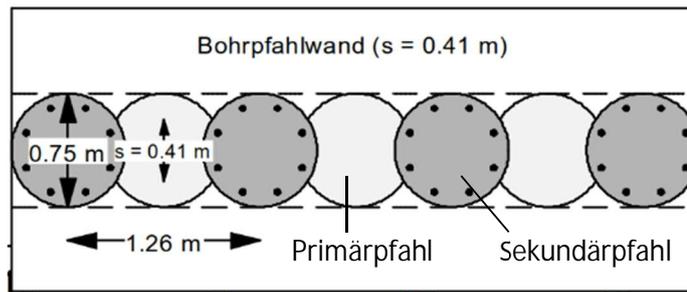


Bild 3.3: Grundriss geplante Bohrpfahlwand

Die Baugrube zur Erstellung der Winkelstützwand wird geböscht ausgeführt.

3.2 Lastannahmen

3.2.1 Eigengewicht

Das Eigengewicht der Winkelstützwand und der überschnittenen Bohrpfahlwand wird mit einer Wichte $\gamma = 25,0 \text{ kN/m}^3$ berücksichtigt.

3.2.2 Verkehrslast

- Belastung auf der L 238:
Auf der Landesstraße wird das Lastmodell LM1 der DIN EN 1991-2 angesetzt:
großflächige Ersatzflächenlast:
$$q_{LM1,k} = 2 \times 1,00 \times 300 / (3,00 \times 5,00) + 1,33 \times 9,00 = 52,0 \text{ kN/m}^2$$
- Belastung auf Wirtschaftsweg aus SLW 30: $q_{SLW30,k} = 16,7 \text{ kN/m}^2$

3.2.3 Erddruck

Es wird der Bodenaufbau der Erkundung B4-4 zugrunde gelegt und die Rechenwerte der Bodenkenngrößen gemäß dem geotechnischen Gutachten vom 05.01.2015 angesetzt (siehe auch Lastenheft, Abschnitt 2.2.1).

Die Winkelstützwand wird vollständig von einem neu aufgeschütteten Erdkörper umgeben. Der Berechnung der Winkelstützwand werden folgende Baugrundkennwerte zugrunde gelegt:

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

Als Erddruckansatz wird für die äußere Standsicherheit der aktive Erddruck gewählt. Für die Stahlbetonbemessung der Winkelstützwand (innere Standsicherheit) wird der Erdruchdruck angesetzt.

3.2.4 Wasserstände

Die Bemessungswasserstände werden den Objektplänen entnommen:

Mittelwasserstand	kein Wasserdruckansatz
Hochwasserstand	$Z_v = +280,60 \text{ mNN}$

3.2.5 Einwirkungen aus Erdbeben

Die Erdbebeneinwirkung wird über die Erhöhung des Erddruckbeiwerts berücksichtigt. Es ergibt sich eine Erhöhung von (siehe auch Lastenheft Abschnitt 3.4):

$$\Delta k = 0,100$$

3.3 Konstruktionsvorgaben Beton- und Stahlbetonbauteile

3.3.1 Betongüte und Expositionsklassen

Bauteil	Expositionsklasse	Festigkeitsentwicklung	Betongüte	Betonstahl
Winkelstützwand	XC4, XD3, XF4, WA	langsam	C30/37 (LP)	B500B
Primärpfahl	XC2, XF1, WF	≤ mittel	C25/30 (UW-Beton)	unbewehrt
Sekundärpfahl	XC2, XF1, WF	≤ mittel	C30/37 (UW-Beton)	B500B
Sauberkeitsschicht	X0		C25/30	unbewehrt

3.3.2 Betondeckung

Die Betondeckung der Winkelstützwand wird entsprechend ZTV-W LB 215, Teil 1, Abschnitt 4.4 der Winkelstützwand mit $c_{nom} = 50 + 10 = 60$ mm geplant.

Die Betondeckung der Sekundärpfähle wird mit $c_{nom} = 60 + 15 = 75$ mm geplant.

3.3.3 Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens

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:

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

Winkelstützwand - Bodenplatte

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

Winkelstützwand - aufgehende Wand

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



3.3.4 Rissbreitenbegrenzung

Die Mindestbewehrung für die Winkelstützwand in Längsrichtung 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 in der Bodenplatte wird mit $w_k = 0,25$ mm berücksichtigt (da Behinderung in Längsrichtung durch Bohrpfahlwand), in der Wand ebenfalls mit $w_k = 0,25$ mm.

Die ausgewiesene Bewehrung gilt für die Längsrichtung. Für die Querrichtung ist sie nicht maßgebend, da aufgrund der Bauteilabmessungen die Zwangskräfte aus dem Abfließen der Hydratationswärme gering sind.

Die Bauteile haben eine Dicke $h \leq 80$ cm. Der Nachweis wird mit Gleichung (7.1) geführt.

DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 7.3.2, Gl. (7.1):

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

Winkelstützwand - Bodenplatte:

Eingangsparameter:

Beton: C30/37	f_{ctm}	=	2,9 N/mm ²
	$f_{ct,eff}$	=	$0,75 \times 2,9 = 2,2$ N/mm ²
Beiwert k_c : k_c	=	1,0	(zentrischer Zwang)
Bauteilhöhe:	h	=	0,80 m
	$\Rightarrow k$	=	0,5
Rissbreite:	w_k	=	0,30 mm
Stabdurchmesser d_s :			$\emptyset 16$ mm, $\emptyset 20$ mm

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 16$ mm:

$$d_s^* = 16 \cdot \frac{2,9}{2,2} = 21,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{21,1}} = 201,9 \text{ N/mm}^2$$

Zulässige Stahlspannung bei $\emptyset 20$ mm:

$$d_s^* = 20 \cdot \frac{2,9}{2,2} = 26,7$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{26,4}} = 180,6 \text{ N/mm}^2$$

Mindestlängsbewehrung für den halben Querschnitt:

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 2,2 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (201,9 \times 2) = 21,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 20 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,500 \times 2,2 \times 0,80 \times 1,00 \times 10^4 / (180,6 \times 2) = 24,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Wahl: $\emptyset 20/12,5$ cm ($\cong 25,13$ cm²/m $\geq 24,1$ cm²/m ✓)



Winkelstützwand - aufgehende Wand:

Eingangsparameter:

Beton: C30/37 $f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$

$$f_{ct,eff} = 0,75 \times 2,9 = 2,2 \text{ N/mm}^2$$

Beiwert k_c : $k_c = 1,0$ (zentrischer Zwang)

Bauteilhöhe: $h = 0,40 \text{ m}$

$$\Rightarrow k = 0,74 \quad (0,8 - (h - 30)/50 \times 0,3)$$

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

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

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

$$d_s^* = 14 \cdot \frac{2,9}{2,2} = 18,7$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{18,7}} = 215,9 \text{ N/mm}^2$$

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

$$d_s^* = 16 \cdot \frac{2,9}{2,2} = 21,3$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k}{d_s^*}} = \sqrt{\frac{3,48 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{21,1}} = 201,9 \text{ N/mm}^2$$

Mindestlängsbewehrung für den halben Querschnitt:

$$\emptyset 14 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,740 \times 2,2 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (215,9 \times 2) = 14,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\emptyset 16 \text{ mm: } a_s = 1,0 \times 0,740 \times 2,2 \times 0,40 \times 1,00 \times 10^4 / (201,9 \times 2) = 15,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Wahl: $\emptyset 16/12,5 \text{ cm}$ ($\cong 16,08 \text{ cm}^2/\text{m} \geq 15,9 \text{ cm}^2/\text{m}$ ✓)

3.4 Nachweis der Winkelstützwand

3.4.1 Vorbemerkungen

In einem ersten Schritt wird die Winkelstützwand bemessen. Mit den sich ergebenden Schnittgrößen am Wandfuß erfolgt anschließend die Bemessung der Bohrpfehlwand.

Für die Winkelstützwand wird u.A. der Bauzustand „Verfüllung/Verdichtungserddruck“ berücksichtigt. Es wird eine leichte Verdichtung gemäß DIN 4085, Tabelle 5 angesetzt. Die Verfüllung hat von beiden Seiten zeitgleich zu erfolgen.

3.4.2 Bemessungssituationen

3.4.2.1 Ständige Bemessungssituation BS-P-1

Normalabfluss

maßgebender Schnitt: Station S 0+030 (max. Erdanschüttung luftseitig)

Eigengewicht

aktiver Erddruck für geotechnische Nachweise (äußere Standsicherheit)

Erdruchdruck für die Stahlbetonbemessung (innere Standsicherheit)

Wasserstand: kein Wasserdruckansatz

Verkehrslast auf L 238 $q_{LM1,k} = 52,0 \text{ kN/m}^2$

3.4.2.2 Ständige Bemessungssituation BS-P-2

Bemessungswasserstand Z_v

maßgebender Schnitt: Station S 0+100 (max. Erdanschüttung wasserseitig)

Eigengewicht

aktiver Erddruck für geotechnische Nachweise (äußere Standsicherheit)

Erdruchdruck für die Stahlbetonbemessung (innere Standsicherheit)

Wasserstand: $Z_v = +280,60 \text{ mNN}$

Verkehrslast auf Wirtschaftsweg $q_{SLW30,k} = 16,7 \text{ kN/m}^2$

3.4.2.3 Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-1

Verfüllung (Verdichtungserddruck)

maßgebender Schnitt: Station S 0+030 (max. Erdanschüttung luftseitig)

Eigengewicht

aktiver Erddruck + Verdichtungserddruck gemäß DIN 4085, Tabelle 5 mit $e_{vh} = 15 \text{ kN/m}^2$ (leichte Verdichtung mit Vibrationsplatte mit einer Betriebsmasse von $\leq 250 \text{ kg}$)

Wasserstand: kein Wasserdruckansatz

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 3.6



3.4.2.4 Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-2

Verfüllung (Verdichtungserddruck)

maßgebender Schnitt: Station S 0+100 (max. Erdanschüttung wasserseitig)

Eigengewicht

aktiver Erddruck + Verdichtungserddruck gemäß DIN 4085, Tabelle 5 mit $e_{vh} = 15 \text{ kN/m}^2$ (leichte Verdichtung mit Vibrationsplatte mit einer Betriebsmasse von $\leq 250 \text{ kg}$)

Wasserstand: kein Wasserdruckansatz

3.4.2.5 Bemessungssituation Erdbeben BS-E-1

Erdbeben bei Normalabfluss

maßgebender Schnitt: Station S 0+030 (max. Erdanschüttung luftseitig)

Eigengewicht

aktiver Erddruck inkl. Erhöhung aus Erdbeben mit $\Delta k = 0,100$

Wasserstand: kein Wasserdruckansatz

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

3.4.2.6 Bemessungssituation Erdbeben BS-E-2

Erdbeben bei Normalabfluss

maßgebender Schnitt: Station S 0+100 (max. Erdanschüttung wasserseitig)

Eigengewicht

aktiver Erddruck inkl. Erhöhung aus Erdbeben mit $\Delta k = 0,100$

Wasserstand: kein Wasserdruckansatz

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



3.4.3 Ständige Bemessungssituation BS-P-1

Eingangsparameter:

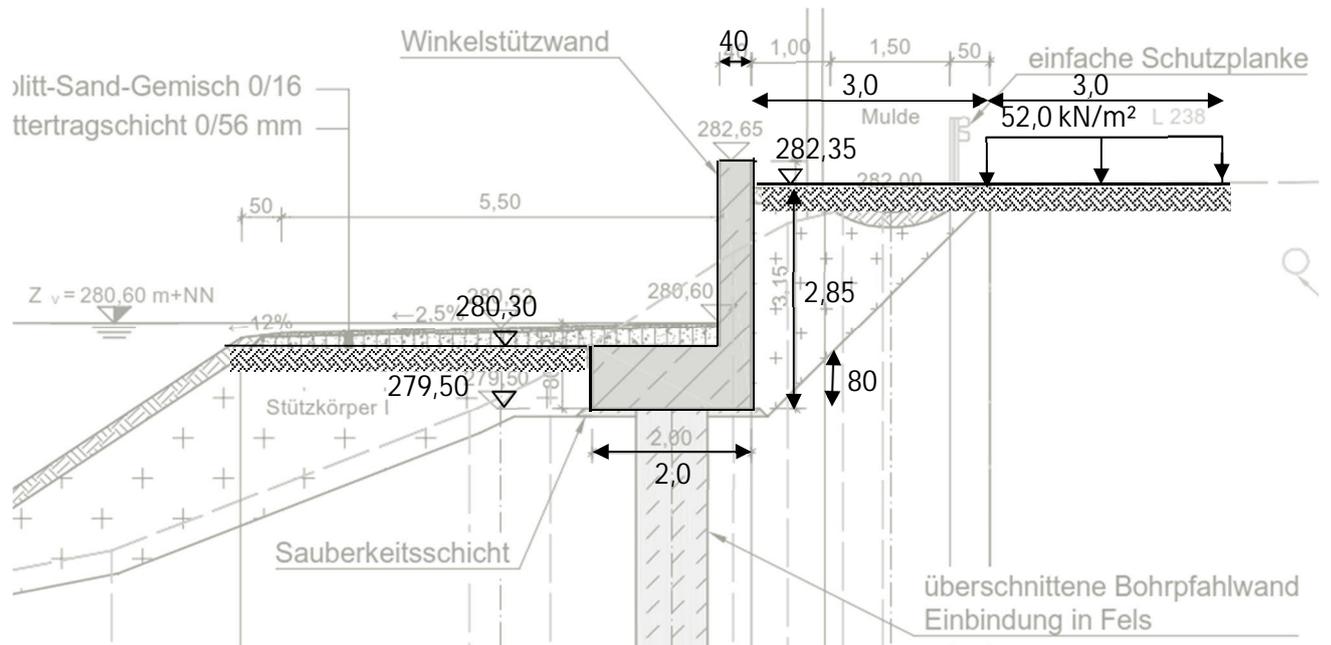


Bild 3.4: Lastbild BS-P-1, Station S 0+030

Wand-OK = +282,35 mNN (rechnerisch)

UK Wand = +279,50 mNN

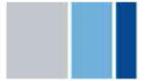
WS kein Wasserdruckansatz

Verkehrslast = 52,0 kN/m²

Erddruckansatz: aktiver Erddruck für geotechnische Nachweise (äußere Standsicherheit),
Erdruhedruck für die Stahlbetonbemessung (innere Standsicherheit)

Teilsicherheitsbeiwerte für BS-P

Programmausgabe GGU Cantilever siehe nachfolgende Seiten.



Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Winkelstützmauer

HWS Vicht, HRB V4, BS-P-1

Wandkopf = 282.35 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050
Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050

Baugrubensohle = 280.30 mNN

Grundwasserstand (rechts) = 260.01 mNN
Grundwasserstand (links) = 260.01 mNN

BS: DIN 1054: BS-P

Teilsicherheiten

gamma, g = 1.35

gamma, g, Ruhe = 1.20

gamma, q = 1.50

gamma, Ep = 1.40 (Gleiten)

Faktor(Ep) = 0.50 (Grundbruch)

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Nachweis Stahlbeton mit Erdruhedruck

Grenzzustand EQU:

gamma(G, dst) = 1.10

gamma(G, stb) = 0.90

gamma(Q, dst) = 1.50

Winkelstützmauer

gamma 25.00 kN/m³

E-Modul = 3.0000E+7 kN/m²

Vertikallast(g) = 0.00 kN/m

Vertikallast(q) = 0.00 kN/m

Horizontallast(g) = 0.00 kN/m

Horizontallast(q) = 0.00 kN/m

Moment(g) = 0.00 kN·m/m

Moment(q) = 0.00 kN·m/m

Fundamentlänge a = 85.00 m

Tiefe	links	rechts	Breite
[mNN]	[m]	[m]	[m]
282.350	-0.400	0.000	0.400
280.300	-0.400	0.000	0.400

Koordinaten Fundament

x	y
[m]	[mNN]
-0.400	280.300
-2.000	280.300
-2.000	279.500
0.000	279.500
0.000	280.300
0.000	280.300

Blocklasten

Nr.	sig(v)	sig(h)	x(links)	x(rechts)	Tiefe
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[mNN]
1	52.00	0.00	3.00	6.00	282.35

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

Nr.	sig(v)	sig(h)	x(links)	x(rechts)	Tiefe
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[mNN]
1	52.00	0.00	3.00	6.00	282.35

Nr.	y(oben)	y(mitte)	y(unten)	p(oben)	p(mitte)	p(unten)	Typ
[-]	[mNN]	[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
1	280.62	277.91	273.46	18.04	11.20	0.00	2 Verkehrslast

Erddruck für Blocklasten verwendet

für Stahlbetonbemessung

Blocklasten über Erhöhung mit dem Faktor: k0 / kah

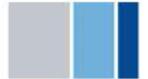
020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.10



Nr.	sig(v)	sig(h)	x(links)	x(rechts)	Tiefe
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[mNN]
1	52.00	0.00	3.00	6.00	282.35

Nr.	y(oben)	y(mitte)	y(unten)	p(oben)	p(mitte)	p(unten)	Typ
[-]	[mNN]	[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
1	280.62	277.91	273.46	32.29	20.05	0.00	2 Verkehrslast

Typ = 2 ==> dreieckförmig verteilt (Maximum oben)

Bodenkennwerte

Schicht	Tiefe	gam, k	gam', k	phi, k	c(p), k	c(a), k	d(p)/phi	d(a)/phi	Es
[-]	[mNN]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]
1	260.00	20.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.667	10.0

Aktive Erddruckbeiwerte auf Wand

bestimmt nach: DIN 4085

Ruhedruck

Tiefe	kagh	kach	phi, k	del ta	al pha	beta
[mNN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[°]
281.850	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
281.350	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.850	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.618	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.350	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.301	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.300	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte auf Ersatzwand

(del ta = mittlere Geländeneigung = 0.00 °)

Tiefe	kagh	kach	phi, k	del ta	al pha	beta
[mNN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[°]
281.850	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
281.350	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.850	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.618	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.350	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.301	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.300	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.850	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.501	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.500	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00

Aktive Erddruckordinaten auf Wand (g+q), k

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
282.350	280.618	0.000	49.612	0.00	0.00
280.618	280.301	49.612	51.352	0.00	0.00
280.301	279.501	51.352	55.743	0.00	0.00
279.501	277.905	55.743	64.500	0.00	0.00
277.905	273.461	64.500	88.894	0.00	0.00
273.461	260.010	88.894	223.400	0.00	0.00
260.010	260.000	223.400	223.450	0.00	0.00

Aktive Erddruckordinaten auf Ersatzwand (g+q), k

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
282.350	282.250	0.000	0.667	0.00	0.00
282.300	282.200	0.333	1.000	0.00	0.00
282.250	282.150	0.667	1.333	0.00	0.00
282.200	282.100	1.000	1.667	0.00	0.00
282.150	282.050	1.333	2.000	0.00	0.00
282.100	282.000	1.667	2.333	0.00	0.00
282.050	281.950	2.000	2.667	0.00	0.00
282.000	281.900	2.333	3.000	0.00	0.00
281.950	281.850	2.667	3.333	0.00	0.00
281.900	281.800	3.000	3.667	0.00	0.00
281.850	281.750	3.333	4.000	0.00	0.00
281.800	281.700	3.667	4.333	0.00	0.00
281.750	281.650	4.000	4.667	0.00	0.00
281.700	281.600	4.333	5.000	0.00	0.00

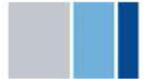
020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.11



281.650	281.550	4.667	5.333	0.00	0.00
281.600	281.500	5.000	5.667	0.00	0.00
281.550	281.450	5.333	6.000	0.00	0.00
281.500	281.400	5.667	6.333	0.00	0.00
281.450	281.350	6.000	6.667	0.00	0.00
281.400	281.300	6.333	7.000	0.00	0.00
281.350	281.250	6.667	7.333	0.00	0.00
281.300	281.200	7.000	7.667	0.00	0.00
281.250	281.150	7.333	8.000	0.00	0.00
281.200	281.100	7.667	8.333	0.00	0.00
281.150	281.050	8.000	8.667	0.00	0.00
281.100	281.000	8.333	9.000	0.00	0.00
281.050	280.950	8.667	9.333	0.00	0.00
281.000	280.900	9.000	9.667	0.00	0.00
280.950	280.850	9.333	10.000	0.00	0.00
280.900	280.804	9.667	10.309	0.00	0.00
280.850	280.757	10.000	10.619	0.00	0.00
280.804	280.711	10.309	10.928	0.00	0.00
280.757	280.664	10.619	11.238	0.00	0.00
280.711	280.618	10.928	29.589	0.00	0.00
280.664	280.564	11.238	29.811	0.00	0.00
280.618	280.511	29.589	30.034	0.00	0.00
280.564	280.457	29.811	30.256	0.00	0.00
280.511	280.404	30.034	30.478	0.00	0.00
280.457	280.350	30.256	30.700	0.00	0.00
280.404	280.301	30.478	30.903	0.00	0.00
280.350	280.300	30.700	30.907	0.00	0.00
280.301	280.250	30.903	31.115	0.00	0.00
280.300	280.200	30.907	31.322	0.00	0.00
280.250	280.150	31.115	31.529	0.00	0.00
280.200	280.100	31.322	31.737	0.00	0.00
280.150	280.050	31.529	31.944	0.00	0.00
280.100	280.000	31.737	32.151	0.00	0.00
280.050	279.950	31.944	32.358	0.00	0.00
280.000	279.900	32.151	32.566	0.00	0.00
279.950	279.850	32.358	32.773	0.00	0.00
279.900	279.800	32.566	32.980	0.00	0.00
279.850	279.750	32.773	33.187	0.00	0.00
279.800	279.700	32.980	33.393	0.00	0.00
279.750	279.651	33.187	33.600	0.00	0.00
279.700	279.601	33.393	33.807	0.00	0.00
279.651	279.551	33.600	34.014	0.00	0.00
279.601	279.501	33.807	34.220	0.00	0.00

Passive Erddruckbeiwerte

Faktor(E_p) = 0.50 (Grundbruch)

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

bestimmt nach: DIN 4085:2017 ger. GF

Schicht	kpgh	kpch	phi, k	del ta
[-]	[-]	[-]	[°]	[°]
1	3.000	3.464	30.000	0.00

Passive Erddruckordinaten mit:

Faktor(E_p) = 0.50 (Grundbruch)

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[mNN]	[mNN]	[kN/m²]	[kN/m²]
280.30	279.50	0.00	-23.97

Kräfte und Momente um linken unteren Fußpunkt der Wand (Dimension kN/m und kN·m/m)

(V positiv nach unten; H positiv nach links; M positiv im Uhrzeigersinn)

$x(\text{Fuß}) = -2.000 \text{ mNN}$ / $y(\text{Fuß}) = 279.500 \text{ mNN}$

$V, k(\text{Wand}) = 60.50$

$M, k(\text{Wand}) = 76.90$

$E_{ah, k, g} = 27.08$

$M_{aus, E_{ah, k, g}} = -25.72$

$E_{av, k, g} = 19.00$

$M_{aus, E_{av, k, g}} = -11.16$

$E_{av, k, g} = 0.00$

$M_{aus, E_{av, k, g}} = 0.00$

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.12



Eav, k, q = 0.00
M aus Eav, k, q = 0.00
Eph, d = -9.60
M aus Eph, d = 2.56
Epv, d = 0.00
M aus Epv, d = 0.00
Bodengewicht, k (rechts) = 0.00
M aus Bodengewicht, k (rechts) = 0.00
Bodengewicht, k (links) = 0.03
M aus Bodengewicht, k (links) = 0.03
V, k, g (Lasten) = 0.00
M aus V, k, g + M, k, g (Lasten) = 0.00
V, k, q (Lasten) = 0.00
M aus V, k, q + M, k, q (Lasten) = 0.00
H, k, g (Lasten) = 0.00
M aus H, k, g (Lasten) = 0.00
H, k, q (Lasten) = 0.00
M aus H, k, q (Lasten) = 0.00
V, k, g (Wasserdruck) = 0.00
M aus V, k, g (Wasserdruck) = 0.00

Summe V, k, g = 60.54
Summe V, k, q = 0.00
Summe H, k, g (ohne Eph) = 27.08
Summe H, k, q (ohne Eph) = 19.00
Summe M, k, g = 53.77
Summe M, k, q = -11.16

Summe Momente um Sohlmittelpunkt (SM):
x(SM) = -1.000 m / y(SM) = 279.500 mNN
M, k, g(SM) = -6.77
M, k, q(SM) = -11.16
Exzentrizität, k, g(SM) = -0.112 m
Exzentrizität, k, g+q(SM) = -0.296 m

Schnittgrößen (g+q), k

Tiefe	Q	M	N
[mNN]	[kN/m]	[kN·m/m]	[kN/m]
282.35	0.0	0.0	0.0
280.62	-15.7	-8.7	-17.3
280.30	-31.7	-16.2	-20.5

Verschiebungen (g+q), k (mit Fundamentverdrehung)

Tiefe	w
[mNN]	[mm]
282.35	-5.1
280.62	-2.0
280.30	-1.4

Kippstabilität

Maßgebend: g+q
Exzentrizität e(Fuß) = -0.296 m
b/6 = 0.333 m ; b/3 = 0.667 m
si g, k, 1/si g, k, 2(Fuß) = 53.3 / 7.2 kN/m²

Gleichzeitigkeit

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)

Wenn beim Nachweis der Gleichzeitigkeit Erdwiderstand angesetzt wird, gilt folgende Regelung:

Bei Flach- und Flächengründungen darf der Nachweis gegen unzutragliche Verschiebungen des Fundamentes in der Sohlfläche als erbracht angesehen werden, wenn bei mindestens mitteldicht gelagerten nichtbindigen Böden bzw. bei mindestens steifen bindigen Böden

- nicht mehr als zwei Drittel des charakteristischen Erdwiderstands in der Fundamentsohle sowie
- nicht mehr als ein Drittel des charakteristischen Erdwiderstands vor der Stirnseite des Fundamentkörpers zur Herstellung des Gleichgewichts der charakteristischen bzw. repräsentativen Kräfte parallel zur Sohlfläche erforderlich sind.

Maßgebend: g + q

$\mu_e(\text{Gleit}) = H, d / (V, k \cdot \tan(\phi) / \gamma(\text{Gleiten}) + E_p, d) =$
 $\mu_e(\text{Gleit}) = 65.1 / (60.5 \cdot \tan(30.0) / 1.10 + 26.2) = 1.121$

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.13

Passive Wandreibung (Gleichheit) / $\phi = -0.667$
 Korrekturfaktor = 1.912
 $E_{p,d} = 26.2$
 Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)
 $\mu_{e,k} = H_{k} / (2/3 \cdot V_{k} \cdot \tan(\phi) + 1/3 \cdot E_{p,k}) =$
 $\mu_{e,k} = 46.1 / (2/3 \cdot 60.5 \cdot \tan(30.0) + 1/3 \cdot 36.7) = 1.296$
 Korrekturfaktor = 1.912
 $E_{p,k} = 36.7 \text{ kN/m}$

Grundbruchsicherheit
 Maßgebend: = $g + q$
 $H_{k} = 0.00 \text{ kN/m}$
 $M_{k} = 15.37 \text{ kN/m}$
 $V_{k} = 60.54 \text{ kN/m}$
 $V_{d} = 0.00$

3.4.4 Ständige Bemessungssituation BS-P-2

Eingangsparameter:

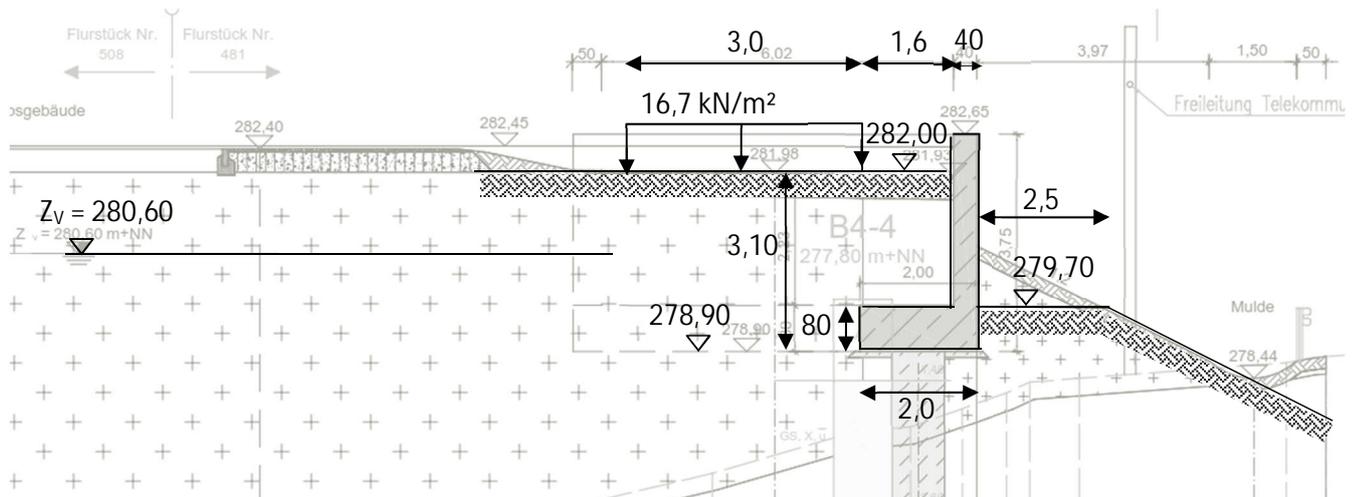


Bild 3.5: Lastbild BS-P-2, Station S 0+100

Wand-OK = +282,00 mNN (rechnerisch)

UK Wand = +278,90 mNN

WS = 280,60 mNN

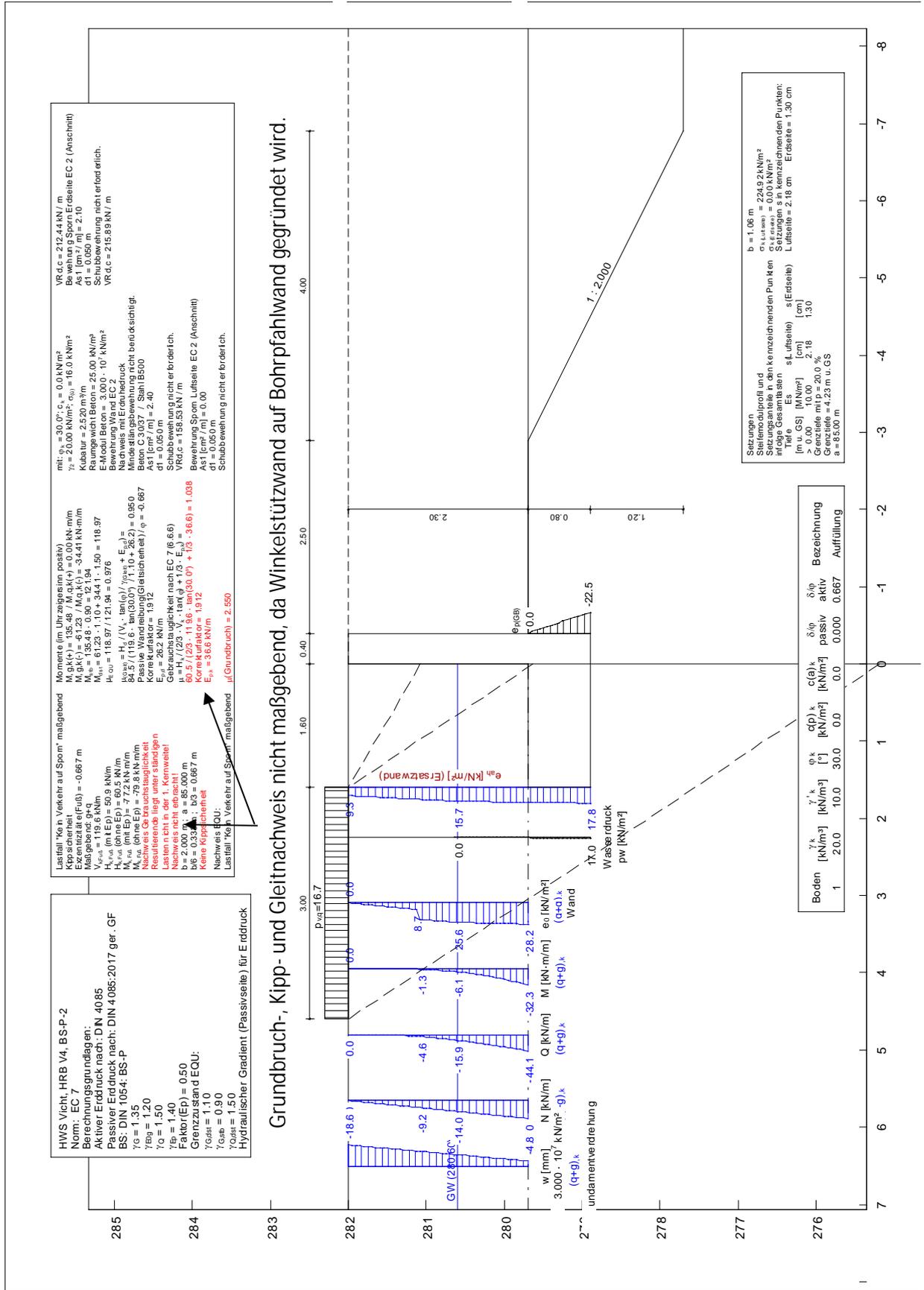
Verkehrslast = 16,7 kN/m²

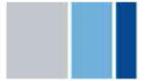
Erddruckansatz: aktiver Erddruck für geotechnische Nachweise (äußere Standsicherheit),
 Erdruhedruck für die Stahlbetonbemessung (innere Standsicherheit)

Teilsicherheitsbeiwerte für BS-P

Programmausgabe GGU Cantilever siehe nachfolgende Seiten.

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 3.14





Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Winkelstützmauer

HWS Vicht, HRB V4, BS-P-2

Wandkopf = 282.00 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050

Baugrubensohle = 279.70 mNN

Grundwasserstand (Erdseite) = 280.60 mNN

Grundwasserstand (Luftseite) = 260.01 mNN

BS: DIN 1054: BS-P

Teilsicherheiten

gamma, g = 1.35

gamma, g, Ruhe = 1.20

gamma, q = 1.50

gamma, Ep = 1.40 (Gleiten)

Faktor(Ep) = 0.50 (Grundbruch)

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Nachweis Stahlbeton mit Erdruhedruck

Grenzzustand EQU:

gamma(G, dst) = 1.10

gamma(G, stb) = 0.90

gamma(Q, dst) = 1.50

Winkelstützmauer

gamma 25.00 kN/m³

E-Modul = 3.0000E+7 kN/m²

Vertikallast(g) = 0.00 kN/m

Vertikallast(q) = 0.00 kN/m

Horizontallast(g) = 0.00 kN/m

Horizontallast(q) = 0.00 kN/m

Moment(g) = 0.00 kN·m/m

Moment(q) = 0.00 kN·m/m

Fundamentlänge a = 85.00 m

Tiefe	Luftseite	Erdseite	Breite
[mNN]	[m]	[m]	[m]
282.000	-0.400	0.000	0.400
279.700	-0.400	0.000	0.400

Koordinaten Fundament

x	y
[m]	[mNN]
-0.400	279.700
-0.400	279.700
-0.400	278.900
1.600	278.900
1.600	279.700
0.000	279.700

Bermen auf der Passivseite

Nr.	x1	x2	dh	Auflast
[-]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]
1	-2.90	-6.90	-2.00	0.00

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

Blocklasten

Nr.	sig(v)	sig(h)	x(Luftseite)	x(Erdseite)	Tiefe
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[mNN]
1	16.70	0.00	1.60	4.60	282.00

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

Nr.	sig(v)	sig(h)	x(Luftseite)	x(Erdseite)	Tiefe
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[mNN]

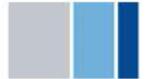
020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.16



Nr.	y(oben)	y(mi tte)	y(unte n)	p(oben)	p(mi tte)	p(unte n)	Typ
[-]	[mNN]	[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
1	282.00	282.00	277.56	9.33	9.33	0.00	2 Verkehrs last

Erdr uhdruk f ur Block lasten verwendet f ur Stahl beton bemessung

Block lasten u ber Erh ohung mit dem Faktor: k0 / kah

Nr.	sig(v)	sig(h)	x(Luftsei te)	x(Erdsei te)	Tiefe
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[mNN]
1	16.70	0.00	1.60	4.60	282.00

Nr.	y(oben)	y(mi tte)	y(unte n)	p(oben)	p(mi tte)	p(unte n)	Typ
[-]	[mNN]	[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
1	281.08	279.63	275.18	12.60	9.51	0.00	2 Verkehrs last

Typ = 2 ==> dreieckf ormig verteilt (Maximum oben)

Bodenkennwerte

Schicht	Tiefe	gam, k	gam', k	phi, k	c(p), k	c(a), k	d(p)/phi	d(a)/phi	Es
[-]	[mNN]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]
1	260.00	20.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.667	10.0

Aktive Erddruckbeiwerte auf Wand

bestimmt nach: DIN 4085

Ruhedruck

Tiefe	kagh	kach	phi, k	del ta	al pha	beta
[mNN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[°]
281.500	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
281.076	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
281.000	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.600	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.500	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.000	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
279.701	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
279.700	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte auf Ersatzwand

(del ta = mi ttl ere Gel andenei gung = 0.00 °)

Tiefe	kagh	kach	phi, k	del ta	al pha	beta
[mNN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[°]
281.500	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
281.076	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
281.000	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.600	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.500	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.000	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.701	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.700	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.629	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.500	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.000	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
278.951	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
278.901	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
278.900	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00

Aktive Erddruckordinaten auf Wand (g+q), k

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
282.000	281.076	0.000	21.837	0.00	0.00
281.076	280.600	21.837	25.581	0.00	0.00
280.600	279.701	25.581	37.143	0.00	8.49
279.701	279.629	37.143	38.063	8.99	9.00
279.629	278.951	38.063	46.783	9.71	16.00
278.951	278.901	46.783	47.434	16.49	16.49
278.901	275.754	47.434	87.911	16.99	47.97
275.754	275.185	87.911	95.228	48.46	53.63
275.185	260.010	95.228	322.850	54.15	205.41
260.010	260.000	322.850	322.900	205.90	205.90

Aktive Erddruckordinaten auf Ersatzwand (g+q), k

von	bis	oben	unten	Wasserdruck
-----	-----	------	-------	-------------

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.17



[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
282.000	281.900	9.331	9.787	0.00	0.00
281.950	281.850	9.559	10.016	0.00	0.00
281.900	281.800	9.787	10.244	0.00	0.00
281.850	281.750	10.016	10.472	0.00	0.00
281.800	281.700	10.244	10.701	0.00	0.00
281.750	281.650	10.472	10.929	0.00	0.00
281.700	281.600	10.701	11.158	0.00	0.00
281.650	281.550	10.929	11.386	0.00	0.00
281.600	281.500	11.158	11.614	0.00	0.00
281.550	281.450	11.386	11.843	0.00	0.00
281.500	281.400	11.614	12.071	0.00	0.00
281.450	281.350	11.843	12.299	0.00	0.00
281.400	281.300	12.071	12.528	0.00	0.00
281.350	281.250	12.299	12.756	0.00	0.00
281.300	281.200	12.528	12.985	0.00	0.00
281.250	281.150	12.756	13.213	0.00	0.00
281.200	281.100	12.985	13.441	0.00	0.00
281.150	281.050	13.213	13.670	0.00	0.00
281.100	281.000	13.441	13.898	0.00	0.00
281.050	280.950	13.670	14.126	0.00	0.00
281.000	280.900	13.898	14.355	0.00	0.00
280.950	280.850	14.126	14.583	0.00	0.00
280.900	280.800	14.355	14.812	0.00	0.00
280.850	280.750	14.583	15.040	0.00	0.00
280.800	280.700	14.812	15.268	0.00	0.00
280.750	280.650	15.040	15.497	0.00	0.00
280.700	280.600	15.268	15.725	0.00	0.00
280.650	280.550	15.497	16.287	0.00	0.00
280.600	280.500	15.725	16.848	0.00	0.50
280.550	280.450	16.287	17.410	0.50	1.00
280.500	280.400	16.848	17.972	1.00	1.50
280.450	280.350	17.410	18.534	1.50	2.00
280.400	280.300	17.972	19.095	2.00	2.50
280.350	280.250	18.534	19.657	2.50	3.00
280.300	280.200	19.095	20.219	3.00	3.50
280.250	280.150	19.657	20.780	3.50	4.00
280.200	280.100	20.219	21.342	4.00	4.50
280.150	280.050	20.780	21.904	4.50	5.00
280.100	280.000	21.342	22.465	5.00	5.50
280.050	279.950	21.904	23.025	5.50	6.00
280.000	279.900	22.465	23.585	6.00	6.50
279.950	279.851	23.025	24.145	6.50	7.00
279.900	279.801	23.585	24.705	7.00	7.50
279.851	279.751	24.145	25.265	7.50	7.99
279.801	279.701	24.705	25.824	7.99	8.49
279.751	279.700	25.265	25.836	8.49	8.99
279.701	279.650	25.824	26.397	8.99	9.00
279.700	279.600	25.836	26.959	9.00	9.50
279.650	279.550	26.397	27.521	9.50	10.00
279.600	279.500	26.959	28.082	10.00	10.50
279.550	279.450	27.521	28.644	10.50	11.00
279.500	279.400	28.082	29.206	11.00	11.50
279.450	279.350	28.644	29.768	11.50	12.00
279.400	279.300	29.206	30.329	12.00	12.50
279.350	279.250	29.768	30.891	12.50	13.00
279.300	279.200	30.329	31.453	13.00	13.50
279.250	279.150	30.891	32.014	13.50	14.00
279.200	279.100	31.453	32.576	14.00	14.50
279.150	279.050	32.014	33.138	14.50	15.00
279.100	279.000	32.576	33.700	15.00	15.50
279.050	278.951	33.138	34.245	15.50	16.00
279.000	278.901	33.700	34.813	16.00	16.49

Passive Erddruckbeiwerte

Faktor(E_p) = 0.50 (Grundbruch)

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

bestimmt nach: DIN 4085:2017 ger. GF

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht k_{pg} k_{pc} phi, k del ta

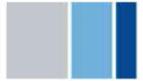
020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.18



[-] [-] [-] [°] [°]
1 3.000 3.464 30.000 0.00

Passive Erddruckordinaten mit:

Faktor(E_p) = 0.50 (Grundbruch)

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
279.70	279.63	0.00	-2.12
279.63	278.95	-2.12	-22.46
278.95	278.90	-22.46	-23.02

Kräfte und Momente um linken unteren Fußpunkt der Wand (Dimension kN/m und kN·m/m)

(V positiv nach unten; H positiv nach links; M positiv im Uhrzeigersinn)

$x(\text{Fuß}) = -0.400$ mNN / $y(\text{Fuß}) = 278.900$ mNN

$V, k(\text{Wand}) = 63.00$

$M, k(\text{Wand}) = 44.60$

$E_{ah}, k, q = 27.22$

$M \text{ aus } E_{ah}, k, q = -30.37$

$E_{ah}, k, q = 18.84$

$M \text{ aus } E_{ah}, k, q = -34.41$

$E_{av}, k, g = 0.00$

$M \text{ aus } E_{av}, k, g = 0.00$

$E_{av}, k, q = 0.00$

$M \text{ aus } E_{av}, k, q = 0.00$

$E_{ph}, d = -9.58$

$M \text{ aus } E_{ph}, d = 2.56$

$E_{pv}, d = 0.00$

$M \text{ aus } E_{pv}, d = 0.00$

Bodengewicht, k (Erdseite) = 73.60

$M \text{ aus Bodengewicht, k (Erdseite) = 88.32}$

Bodengewicht, k (Luftseite) = 0.00

$M \text{ aus Bodengewicht, k (Luftseite) = 0.00}$

$V, k, g (\text{Lasten}) = 0.00$

$M \text{ aus } V, k, g + M, k, g (\text{Lasten}) = 0.00$

$V, k, q (\text{Lasten}) = 0.00$

$M \text{ aus } V, k, q + M, k, q (\text{Lasten}) = 0.00$

$H, k, g (\text{Lasten}) = 0.00$

$M \text{ aus } H, k, g (\text{Lasten}) = 0.00$

$H, k, q (\text{Lasten}) = 0.00$

$M \text{ aus } H, k, q (\text{Lasten}) = 0.00$

$V, k, q (\text{Wasserdruck}) = -17.00$

$M \text{ aus } V, k, q (\text{Wasserdruck}) = -22.67$

$H, k, q (\text{Wasserdruck}) = 14.43$

$M \text{ aus } H, k, q (\text{Wasserdruck}) = -8.19$

Summe $V, k, g = 119.60$

Summe $V, k, q = 0.00$

Summe H, k, g (ohne Eph) = 41.65

Summe H, k, q (ohne Eph) = 18.84

Summe $M, k, g = 74.25$

Summe $M, k, q = -34.41$

Summe Momente um Sohlmittelpunkt (SM):

$x(\text{SM}) = 0.600$ m / $y(\text{SM}) = 278.900$ mNN

$M, k, g(\text{SM}) = -45.35$

$M, k, q(\text{SM}) = -34.41$

Exzentrizität, $k, g(\text{SM}) = -0.379$ m

Exzentrizität, $k, g+q(\text{SM}) = -0.667$ m

Ergebnisse für Lastfall "Kein Verkehr auf Sporn":

$V, k, g+q = 119.60$

$M, k, g+q(\text{SM}) = -79.76$

Exzentrizität, $k, g+q(\text{SM}) = -0.667$ m

Lastfall "Kein Verkehr auf Sporn" maßgebend

Schnittgrößen (g+q), k

Tiefe	Q	M	N
[mNN]	[kN/m]	[kN·m/m]	[kN/m]

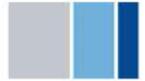
020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.19



282.00	0.0	0.0	0.0
281.08	-4.6	-1.3	-9.2
280.60	-15.9	-6.1	-14.0
279.70	-44.1	-32.3	-23.0

Verschiebungen (g+q), k (mit Fundamentverdrehung)

Tiefe [mNN]	w [mm]
282.00	-18.6
281.08	-13.0
280.60	-10.2
279.70	-4.8

Lastfall "Kein Verkehr auf Sporn" maßgebend

Kippstabilität

Maßgebend: g+q

Exzentrizität e(Fuß) = -0.667 m

b/6 = 0.333 m ; b/3 = 0.667 m

Keine Kippstabilität

Nachweis Gebrauchstauglichkeit

Resultierende liegt unter ständigen

Lasten nicht in der 1. Kernweite!

Nachweis nicht erbracht!

Gleichheit

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)

Wenn beim Nachweis der Gleichheit Erdwiderstand angesetzt wird, gilt folgende Regelung:

Bei Flach- und Flächengründungen darf der Nachweis gegen unzutragliche Verschiebungen

des Fundamentes in der Sohlfläche als erbracht angesehen werden, wenn bei mindestens

mitteldicht gelagerten nichtbindigen Böden bzw. bei mindestens steifen bindigen Böden

- nicht mehr als zwei Drittel des charakteristischen Gleitwiderstands in der Fundamentsohle sowie

- nicht mehr als ein Drittel des charakteristischen Erdwiderstands vor der Stirnseite des Fundamentkörpers

zur Herstellung des Gleichgewichts der charakteristischen bzw. repräsentativen Kräfte

parallel zur Sohlfläche erforderlich sind.

Maßgebend: g + q

$\mu_e(\text{Gleit}) = H, d / (V, k \cdot \tan(\phi) / \gamma(\text{Gleiten}) + E_p, d) =$

$\mu_e(\text{Gleit}) = 84.5 / (119.6 \cdot \tan(30.0) / 1.10 + 26.2) = 0.950$

Passive Wandreibung(Gleichheit) / $\phi = -0.667$

Korrekturfaktor = 1.912

$E_p, d = 26.2$

Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)

$\mu_e = H, k / (2/3 \cdot V, k \cdot \tan(\phi) + 1/3 \cdot E_p, k) =$

$\mu_e = 60.5 / (2/3 \cdot 119.6 \cdot \tan(30.0) + 1/3 \cdot 36.6) = 1.038$

Korrekturfaktor = 1.912

$E_p, k = 36.6 \text{ kN/m}$

Grundbruchstabilität

Maßgebend: = g + q

$H, k = 50.91 \text{ kN/m}$

$M, k = 77.20 \text{ kN/m}$

$V, k = 119.60 \text{ kN/m}$

$V, d = 161.46 \text{ kN/m}$

$R_n, d = 63.32 \text{ kN/m}$

a = 85.000 m

b = 2.000 m

b' = 0.634 m

Ausnutzungsgrad = 2.550

$\gamma(\text{Grundbruch}) = 1.400$

$\phi, k = 30.0^\circ$

c, k = 0.0 kN/m²

$\gamma_2 = 20.0 \text{ kN/m}^3$

$s_i(u) = 16.0 \text{ kN/m}^2$

$N(c_0) = 30.14 / N(d_0) = 18.40 / N(b_0) = 10.05$

$nue(c) = 1.004 / nue(d) = 1.004 / nue(b) = 0.997$

$i(c) = 0.293 / i(d) = 0.331 / i(b) = 0.190$

Böschungsneigung = 0.0 °

$I_{am}(c) = 1.000 / I_{am}(d) = 1.000 / I_{am}(b) = 1.000$

Sohlneigung = 0.0 °

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.20



$x_{si}(c) = 1.000$ / $x_{si}(d) = 1.000$ / $x_{si}(b) = 1.000$
Tiefenbeiwerte:
 $T(c) = 1.000$ / $T(d) = 1.000$

Nachweis EQU:

Lastfall "Kein Verkehr auf Sporn" maßgebend
Momente (im Uhrzeigersinn positiv)
 $M, g, k(+)$ = 135.48 / $M, q, k(+)$ = 0.00 kN·m/m
 $M, g, k(-)$ = -61.23 / $M, q, k(-)$ = -34.41 kN·m/m
 M, stb = 135.48 · 0.90 = 121.94
 M, dst = 61.23 · 1.10 + 34.41 · 1.50 = 118.97
 $\mu(EQU)$ = 118.97 / 121.94 = 0.976

Setzungen

Stei f emodul profil und
Setzungsanteile in den kennzeichnenden Punkten
infolge Gesamtlasten

Tiefe	Es	s(Luftseite)	s(Erdseite)
[m u. GS]	[MN/m ²]	[cm]	[cm]
> 0.00	10.00	2.18	1.30

Grenztiefe mit $p = 20.0$ %

Grenztiefe = 4.23 m u. GS

V, k = 119.60 kN/m

a = 85.00 m

b = 1.06 m

σ (Luftseite) = 224.92 kN/m²

σ (Erdseite) = 0.00 kN/m²

Setzungen in den kennzeichnenden Punkten:

Luftseite: s = 2.18 cm

Erdseite: s = 1.30 cm

Bewehrung Wand EC 2

Nachweis mit Erdruehdruk

Mindestla ngsbewehrung nicht beruecksichtigt.

Tiefe = 279.70 m

Beton C 30/37 / Stahl B500

M, d = 42.4 kN · m / m

N, k = -23.0 kN / m

ϵ_{s2} [o/oo] = -1.2

ϵ_{s1} [o/oo] = 25.0

A_{s1} [cm² / m] = 2.40

Dicke = 0.400 m

d_1 = 0.050 m

$\sigma_1(I)$ = 1.53 / $\sigma_2(I)$ = -1.65 MN/m²

Tiefe = 279.70 m

Q, d = V_{Sd} = 58.2 kN / m

$VR_{d, max}$ = 1032.8 kN / m (z = 0.270 m)

(V_{Sd} / $VR_{d, max}$ = 0.0564)

Schubbewehrung nicht erforderlich.

$VR_{d, c}$ = 158.53 kN / m

Bewehrung Sporn Luftseite EC 2 (Anschnitt)

M, d = 0.0 kN · m / m

N, k = -13.4 kN / m

ϵ_{s2} [o/oo] = 0.0

ϵ_{s1} [o/oo] = 25.0

A_{s1} [cm² / m] = 0.00

Dicke = 0.800 m

d_1 = 0.050 m

$\sigma_1(I)$ = -0.02 / $\sigma_2(I)$ = -0.02 MN/m²

Q, d = V_{Sd} = 0.0 kN / m

$VR_{d, max}$ = 2410.1 kN / m (z = 0.630 m)

(V_{Sd} / $VR_{d, max}$ = 0.0000)

Schubbewehrung nicht erforderlich.

$VR_{d, c}$ = 212.44 kN / m

Bewehrung Sporn Erdseite EC 2 (Anschnitt)

M, d = -89.0 kN · m / m

N, k = -44.1 kN / m

ϵ_{s2} [o/oo] = -0.73

ϵ_{s1} [o/oo] = 25.00

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.21



$A_{s1} \text{ [cm}^2 \text{ / m]} = 2.10$
 Dicke = 0.800 m
 $d1 = 0.050 \text{ m}$
 $\sigma_1(1) = -0.89 \text{ / } \sigma_2(1) = 0.78 \text{ MN/m}^2$
 $Q_d = V_{Sd} = 70.9 \text{ kN / m}$
 $V_{Rd,max} = 2410.1 \text{ kN / m (z = 0.630 m)}$
 ($V_{Sd} / V_{Rd,max} = 0.0294$)
 Schubbewehrung nicht erforderlich.
 $V_{Rd,c} = 215.89 \text{ kN / m}$

Hydraulischer Gradient auf Passivseite für Erddruckberechnung verwendet !

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad hydraulische Grundbruchsicherheit = 0.00
 $\gamma(\text{Gewicht}) = 0.95$
 $\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.45$
 UK Schicht = 282.00

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !



3.4.5 Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-1

Eingangsparameter:

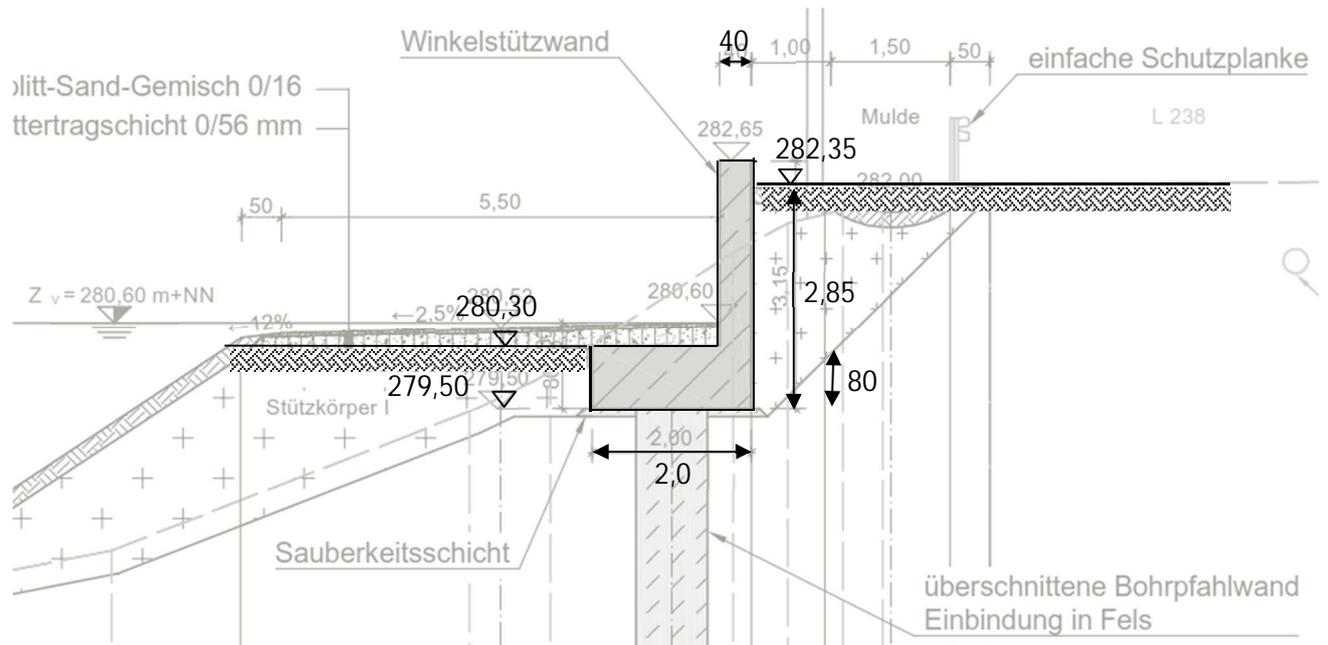


Bild 3.6: Lastbild BS-T-1, Station S 0+030

Wand-OK = +282,35 mNN (rechnerisch)

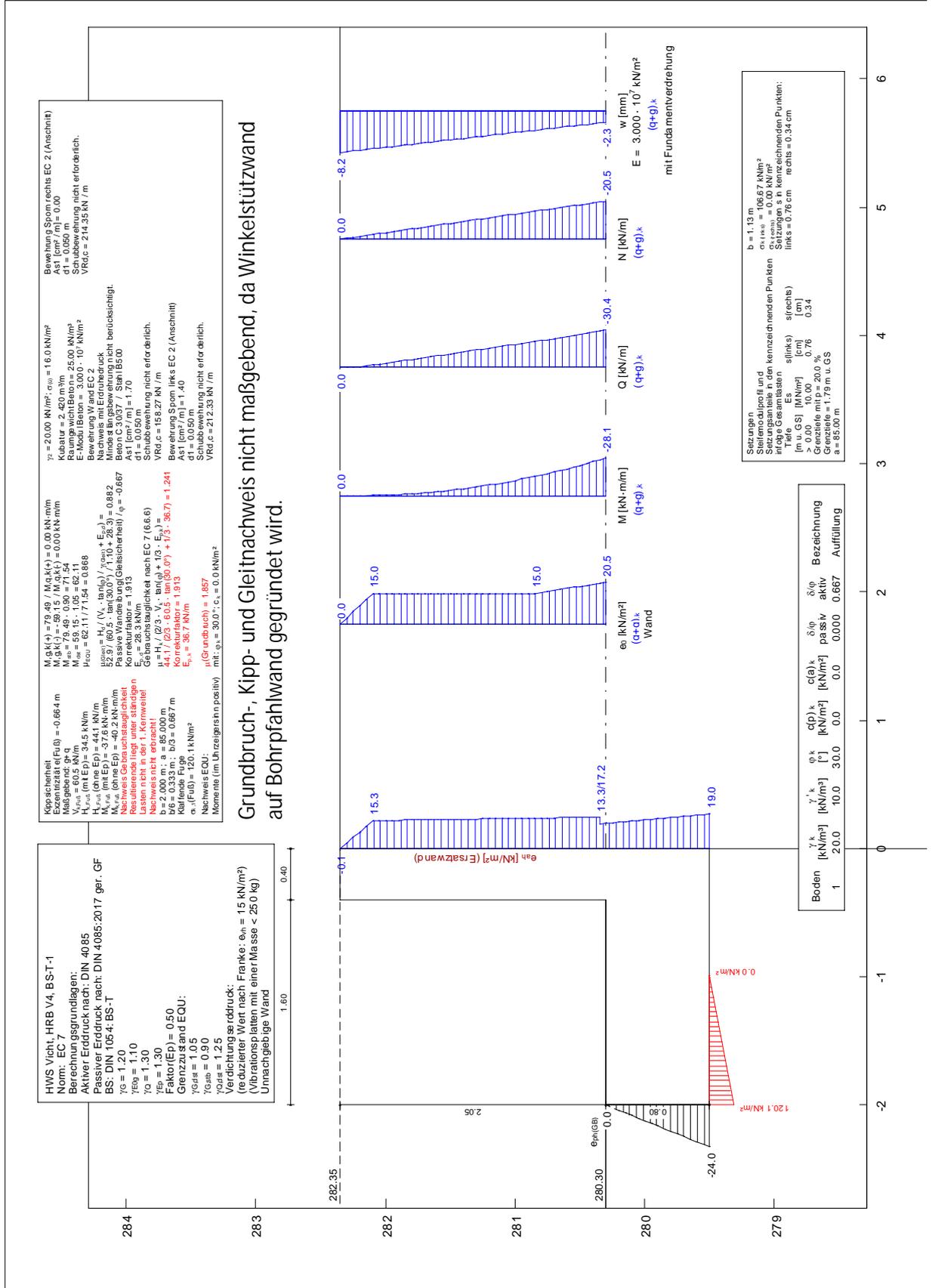
UK Wand = +279,50 mNN

WS kein Wasserdruckansatz

Erddruckansatz: aktiver Erddruck + Verdichtungserddruck gemäß DIN 4085, Tabelle 5 mit $e_{vh} = 15 \text{ kN/m}^2$ (leichte Verdichtung mit Vibrationsplatte mit einer Betriebsmasse von $\leq 250 \text{ kg}$)

Teilsicherheitsbeiwerte für BS-T

Programmausgabe GGU Cantilever siehe nachfolgende Seiten.



Grundbruch-, Kipp- und Gleitnachweis nicht maßgebend, da Winkelstützwand auf Bohrpfehlwand gegründet wird.



Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Winkelstützmauer

HWS Vicht, HRB V4, BS-T-1

Wandkopf = 282.35 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050

Baugrubensohle = 280.30 mNN

Grundwasserstand (rechts) = 260.01 mNN

Grundwasserstand (links) = 260.01 mNN

BS: DIN 1054: BS-T

Teilsicherheiten

$\gamma_g = 1.20$

$\gamma_{g, Ruhe} = 1.10$

$\gamma_q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$ (Gleiten)

Faktor(E_p) = 0.50 (Grundbruch)

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Nachweis Stahlbeton mit Erdruhedruck

Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G, dst} = 1.05$

$\gamma_{G, stb} = 0.90$

$\gamma_{Q, dst} = 1.25$

Winkelstützmauer

$\gamma_m = 25.00 \text{ kN/m}^3$

E-Modul = $3.0000E+7 \text{ kN/m}^2$

Vertikallast(g) = 0.00 kN/m

Vertikallast(q) = 0.00 kN/m

Horizontallast(g) = 0.00 kN/m

Horizontallast(q) = 0.00 kN/m

Moment(g) = 0.00 kN·m/m

Moment(q) = 0.00 kN·m/m

Fundamentlänge a = 85.00 m

Tiefe	links	rechts	Breite
[mNN]	[m]	[m]	[m]
282.350	-0.400	0.000	0.400
280.300	-0.400	0.000	0.400

Koordinaten Fundament

x	y
[m]	[mNN]
-0.400	280.300
-2.000	280.300
-2.000	279.500
0.000	279.500
0.000	280.300
0.000	280.300

Verdichtungserddruck nach DIN 4085: 2017

Verdichtungserddruck auch für Standsicherheitsnachweis angesetzt

(reduzierter Wert nach 4085: 2017: $e_{vh} = 15 \text{ kN/m}^2$)

(Vibrationsplatten mit einer Masse < 250 kg)

Unnachgebige Wand

Verwendete Bodenkennwerte:

Reibungswinkel $\phi, k = 30.00^\circ$

Wichte $\gamma_m, k = 20.00 \text{ kN/m}^3$

Aktiver Erddruck

Tiefe	$e_v(a)$
[mNN]	[kN/m ²]
282.35	0.00
282.10	13.60
280.35	3.83

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.25



Ruhedruck

Tiefe [mNN]	ev(0) [kN/m ²]
282.35	0.00
282.10	12.50
280.85	0.00

Bodenkennwerte

Schicht	Tiefe [-]	gam, k [kN/m ³]	gam', k [kN/m ³]	phi, k [°]	c(p), k [kN/m ²]	c(a), k [kN/m ²]	d(p)/phi [-]	d(a)/phi [-]	Es [MN/m ²]
1	260.00	20.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.667	10.0

Aktive Erddruckbeiwerte auf Wand
bestimmt nach: DIN 4085

Ruhedruck

Tiefe [mNN]	kagh [-]	kach [-]	phi, k [°]	del ta [°]	al pha [°]	beta [°]
282.100	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
281.850	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
281.350	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.850	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.350	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.301	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.300	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte auf Ersatzwand
(del ta = mittlere Geländeneigung = 0.00 °)

Tiefe [mNN]	kagh [-]	kach [-]	phi, k [°]	del ta [°]	al pha [°]	beta [°]
282.100	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
281.850	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
281.350	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.850	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.350	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.301	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.300	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.850	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.501	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.500	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00

Aktive Erddruckordinaten auf Wand (g+q), k

von [mNN]	bis [mNN]	oben [kN/m ²]	unten [kN/m ²]	Wasserdruck [kN/m ²]	
282.350	280.301	0.000	20.490	0.00	0.00
280.301	279.501	20.490	28.491	0.00	0.00
279.501	260.010	28.491	223.400	0.00	0.00
260.010	260.000	223.400	223.450	0.00	0.00

Aktive Erddruckordinaten auf Ersatzwand (g+q), k

von [mNN]	bis [mNN]	oben [kN/m ²]	unten [kN/m ²]	Wasserdruck [kN/m ²]	
282.350	282.299	-0.055	3.059	0.00	0.00
282.349	282.249	0.007	6.112	0.00	0.00
282.299	282.200	3.059	9.165	0.00	0.00
282.249	282.150	6.112	12.217	0.00	0.00
282.200	282.100	9.165	15.270	0.00	0.00
282.150	282.050	12.217	15.324	0.00	0.00
282.100	282.000	15.270	15.378	0.00	0.00
282.050	281.950	15.324	15.432	0.00	0.00
282.000	281.900	15.378	15.486	0.00	0.00
281.950	281.850	15.432	15.540	0.00	0.00
281.900	281.800	15.486	15.594	0.00	0.00
281.850	281.750	15.540	15.648	0.00	0.00
281.800	281.700	15.594	15.702	0.00	0.00
281.750	281.650	15.648	15.756	0.00	0.00
281.700	281.600	15.702	15.810	0.00	0.00
281.650	281.550	15.756	15.864	0.00	0.00
281.600	281.500	15.810	15.918	0.00	0.00
281.550	281.450	15.864	15.972	0.00	0.00

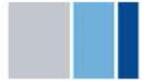
020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.26



281.500	281.400	15.918	16.025	0.00	0.00
281.450	281.350	15.972	16.079	0.00	0.00
281.400	281.300	16.025	16.133	0.00	0.00
281.350	281.250	16.079	16.187	0.00	0.00
281.300	281.200	16.133	16.241	0.00	0.00
281.250	281.150	16.187	16.295	0.00	0.00
281.200	281.100	16.241	16.349	0.00	0.00
281.150	281.050	16.295	16.403	0.00	0.00
281.100	281.000	16.349	16.457	0.00	0.00
281.050	280.950	16.403	16.511	0.00	0.00
281.000	280.900	16.457	16.565	0.00	0.00
280.950	280.850	16.511	16.619	0.00	0.00
280.900	280.800	16.565	16.673	0.00	0.00
280.850	280.750	16.619	16.727	0.00	0.00
280.800	280.700	16.673	16.781	0.00	0.00
280.750	280.650	16.727	16.835	0.00	0.00
280.700	280.600	16.781	16.889	0.00	0.00
280.650	280.550	16.835	16.943	0.00	0.00
280.600	280.500	16.889	16.997	0.00	0.00
280.550	280.450	16.943	17.051	0.00	0.00
280.500	280.400	16.997	17.105	0.00	0.00
280.450	280.350	17.051	17.159	0.00	0.00
280.400	280.301	17.105	13.660	0.00	0.00
280.350	280.300	13.333	13.667	0.00	0.00
280.301	280.250	13.660	14.000	0.00	0.00
280.300	280.200	13.667	14.333	0.00	0.00
280.250	280.150	14.000	14.667	0.00	0.00
280.200	280.100	14.333	15.000	0.00	0.00
280.150	280.050	14.667	15.333	0.00	0.00
280.100	280.000	15.000	15.667	0.00	0.00
280.050	279.950	15.333	16.000	0.00	0.00
280.000	279.900	15.667	16.333	0.00	0.00
279.950	279.850	16.000	16.667	0.00	0.00
279.900	279.800	16.333	16.999	0.00	0.00
279.850	279.750	16.667	17.332	0.00	0.00
279.800	279.700	16.999	17.664	0.00	0.00
279.750	279.651	17.332	17.997	0.00	0.00
279.700	279.601	17.664	18.329	0.00	0.00
279.651	279.551	17.997	18.662	0.00	0.00
279.601	279.501	18.329	18.994	0.00	0.00

Passive Erddruckbeiwerte

Faktor(E_p) = 0.50 (Grundbruch)

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

bestimmt nach: DIN 4085:2017 ger. GF

Schicht	kpgh	kpch	phi, k	del ta
[-]	[-]	[-]	[°]	[°]
1	3.000	3.464	30.000	0.00

Passive Erddruckkoordinaten mit:

Faktor(E_p) = 0.50 (Grundbruch)

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
280.30	279.50	0.00	-23.97

Kräfte und Momente um linken unteren Fußpunkt der Wand (Dimension kN/m und kN·m/m)

(V positiv nach unten; H positiv nach links; M positiv im Uhrzeigersinn)

x(Fuß) = -2.000 mNN / y(Fuß) = 279.500 mNN

V, k(Wand) = 60.50

M, k(Wand) = 76.90

Eah, k, q = 44.11

M aus Eah, k, q = -59.15

Eah, k, q = 0.00

M aus Eah, k, q = 0.00

Eav, k, g = 0.00

M aus Eav, k, g = 0.00

Eav, k, q = 0.00

M aus Eav, k, q = 0.00

Eph, d = -9.60

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.27



M aus Eph, d = 2.56
 Epv, d = 0.00
 M aus Epv, d = 0.00
 Bodengewicht, k (rechts) = 0.00
 M aus Bodengewicht, k (rechts) = 0.00
 Bodengewicht, k (links) = 0.03
 M aus Bodengewicht, k (links) = 0.03
 V, k, g (Lasten) = 0.00
 M aus V, k, g + M, k, g (Lasten) = 0.00
 V, k, q (Lasten) = 0.00
 M aus V, k, q + M, k, q (Lasten) = 0.00
 H, k, g (Lasten) = 0.00
 M aus H, k, g (Lasten) = 0.00
 H, k, q (Lasten) = 0.00
 M aus H, k, q (Lasten) = 0.00
 V, k, g (Wasserdruck) = 0.00
 M aus V, k, g (Wasserdruck) = 0.00

 Summe V, k, g = 60.54
 Summe V, k, q = 0.00
 Summe H, k, g (ohne Eph) = 44.11
 Summe H, k, q (ohne Eph) = 0.00
 Summe M, k, g = 20.34
 Summe M, k, q = 0.00

 Summe Momente um Sohlmittelpunkt (SM):
 x(SM) = -1.000 m / y(SM) = 279.500 mNN
 M, k, g(SM) = -40.19
 M, k, q(SM) = 0.00
 Exzentrizität, k, g(SM) = -0.664 m
 Exzentrizität, k, g+q(SM) = -0.664 m

Schnittgrößen (g+q), k

Tiefe	Q	M	N
[mNN]	[kN/m]	[kN·m/m]	[kN/m]
282.35	0.0	0.0	0.0
280.30	-30.4	-28.1	-20.5

Verschiebungen (g+q), k (mit Fundamentverdrehung)

Tiefe	w
[mNN]	[mm]
282.35	-8.2
280.30	-2.3

Kippstabilität

Maßgebend: g+q
 Exzentrizität e(Fuß) = -0.664 m
 b/6 = 0.333 m ; b/3 = 0.667 m
 Klaffende Fuge
 $\sigma_{k,1}(\text{Fuß}) = 120.1 \text{ kN/m}^2$
 Nachweis Gebrauchstauglichkeit
 Resultierende liegt unter ständigen
 Lasten nicht in der 1. Kernweite!
 Nachweis nicht erbracht!

Gleitsicherheit

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)

Wenn beim Nachweis der Gleitsicherheit Erdwiderstand angesetzt wird, gilt folgende Regelung:

Bei Flach- und Flächengründungen darf der Nachweis gegen unzuträgliche Verschiebungen des Fundamentes in der Sohlfläche als erbracht angesehen werden, wenn bei mindestens mitteldicht gelagerten nichtbindigen Böden bzw. bei mindestens steifen bindigen Böden

- nicht mehr als zwei Drittel des charakteristischen Erdwiderstands in der Fundamentsohle sowie
- nicht mehr als ein Drittel des charakteristischen Erdwiderstands vor der Stirnseite des Fundamentkörpers zur Herstellung des Gleichgewichts der charakteristischen bzw. repräsentativen Kräfte parallel zur Sohlfläche erforderlich sind.

Maßgebend: g + q

$\mu_e(\text{Gleit}) = H, d / (V, k \cdot \tan(\phi) / \gamma(\text{Gleiten}) + E_p, d) =$
 $\mu_e(\text{Gleit}) = 52.9 / (60.5 \cdot \tan(30.0) / 1.10 + 28.3) = 0.882$

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 3.28



Passive Wandreibung (Gleichheit) / $\phi = -0.667$
 Korrekturfaktor = 1.913
 $E_{p,d} = 28.3$
 Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)
 $\mu_{e,k} = H_{k} / (2/3 \cdot V_{k} \cdot \tan(\phi) + 1/3 \cdot E_{p,k}) =$
 $\mu_{e,k} = 44.1 / (2/3 \cdot 60.5 \cdot \tan(30.0) + 1/3 \cdot 36.7) = 1.241$
 Korrekturfaktor = 1.913
 $E_{p,k} = 36.7 \text{ kN/m}$

Grundbruchgleichheit

Maßgebend: $= g + q$
 $H_{k} = 34.51 \text{ kN/m}$
 $M_{k} = 37.63 \text{ kN/m}$
 $V_{k} = 60.54 \text{ kN/m}$
 $V_{d} = 72.64 \text{ kN/m}$
 $R_{n,d} = 39.12 \text{ kN/m}$
 $a = 85.000 \text{ m}$
 $b = 2.000 \text{ m}$
 $b' = 0.743 \text{ m}$
 Ausnutzungsgrad = 1.857
 $\gamma_{\text{Grundbruch}} = 1.300$
 $\phi_{k} = 30.0^\circ$
 $c_{k} = 0.0 \text{ kN/m}^2$
 $\gamma_{\text{ma2}} = 20.0 \text{ kN/m}^3$
 $\sigma(\dot{u}) = 16.0 \text{ kN/m}^2$
 $N(c_0) = 30.14 / N(d_0) = 18.40 / N(b_0) = 10.05$
 $nue(c) = 1.005 / nue(d) = 1.004 / nue(b) = 0.997$
 $i(c) = 0.139 / i(d) = 0.186 / i(b) = 0.080$
 Böschungsneigung = 0.0°
 $I_{am}(c) = 1.000 / I_{am}(d) = 1.000 / I_{am}(b) = 1.000$
 Sohlneigung = 0.0°
 $\xi(c) = 1.000 / \xi(d) = 1.000 / \xi(b) = 1.000$
 Tiefenbeiwerte:
 $T(c) = 1.000 / T(d) = 1.000$

Nachweis EQU:

Momente (im Uhrzeigersinn positiv)
 $M_{g,k(+)} = 79.49 / M_{q,k(+)} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $M_{g,k(-)} = -59.15 / M_{q,k(-)} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $M_{stb} = 79.49 \cdot 0.90 = 71.54$
 $M_{dst} = 59.15 \cdot 1.05 = 62.11$
 $\mu(\text{EQU}) = 62.11 / 71.54 = 0.868$

Setzungen

Stiefemodulprofil und
 Setzungsanteile in den kennzeichnenden Punkten
 infolge Gesamtlasten

Tiefe	Es	s(links)	s(rechts)
[m u. GS]	[MN/m ²]	[cm]	[cm]
> 0.00	10.00	0.76	0.34

Grenztiefe mit $p = 20.0\%$

Grenztiefe = 1.79 m u. GS

$V_{k} = 60.54 \text{ kN/m}$

$a = 85.00 \text{ m}$

$b = 1.13 \text{ m}$

$\sigma(\text{links}) = 106.67 \text{ kN/m}^2$

$\sigma(\text{rechts}) = 0.00 \text{ kN/m}^2$

Setzungen in den kennzeichnenden Punkten:

links: $s = 0.76 \text{ cm}$

rechts: $s = 0.34 \text{ cm}$

Bewehrung Wand EC 2

Nachweis mit Erdruchdruck

Mindestlängsbewehrung nicht berücksichtigt.

Tiefe = 280.30 m

Beton C 30/37 / Stahl B500

$M_{d} = 30.9 \text{ kN}\cdot\text{m} / \text{m}$

$N_{k} = -20.5 \text{ kN} / \text{m}$

$\epsilon_{ps}(c2) [\text{o}/\text{oo}] = -1.0$

$\epsilon_{ps}(s1) [\text{o}/\text{oo}] = 25.0$

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.29



$As1$ [cm² / m] = 1.70
 Dicke = 0.400 m
 $d1$ = 0.050 m
 $\sigma_1(I)$ = 1.11 / $\sigma_2(I)$ = -1.21 MN/m²
 Tiefe = 280.30 m
 Q, d = VSd = 33.4 kN / m
 VRd, max = 1032.8 kN / m (z = 0.270 m)
 (VSd / VRd, max = 0.0323)
 Schubbewehrung nicht erforderlich.
 VRd, c = 158.27 kN / m

Bewehrung Sporn links EC 2 (Anschnitt)
 M, d = -53.2 kN · m / m
 N, k = -12.5 kN / m
 $\epsilon_s(c2)$ [o/oo] = -0.4
 $\epsilon_p(s1)$ [o/oo] = 25.0
 $As1$ [cm² / m] = 1.40
 Dicke = 0.800 m
 $d1$ = 0.050 m
 $\sigma_1(I)$ = -0.51 / $\sigma_2(I)$ = 0.48 MN/m²
 Q, d = VSd = 31.3 kN / m
 VRd, max = 2410.1 kN / m (z = 0.630 m)
 (VSd / VRd, max = 0.0130)
 Schubbewehrung nicht erforderlich.
 VRd, c = 212.33 kN / m

Bewehrung Sporn rechts EC 2 (Anschnitt)
 M, d = 0.0 kN · m / m
 N, k = -30.4 kN / m
 $\epsilon_s(c2)$ [o/oo] = -0.09
 $\epsilon_p(s1)$ [o/oo] = 25.00
 $As1$ [cm² / m] = 0.00
 Dicke = 0.800 m
 $d1$ = 0.050 m
 $\sigma_1(I)$ = -0.04 / $\sigma_2(I)$ = -0.04 MN/m²
 Q, d = VSd = 0.0 kN / m
 VRd, max = 2410.1 kN / m (z = 0.630 m)
 (VSd / VRd, max = 0.0000)
 Schubbewehrung nicht erforderlich.
 VRd, c = 214.35 kN / m



3.4.6 Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-2

Eingangsparameter:

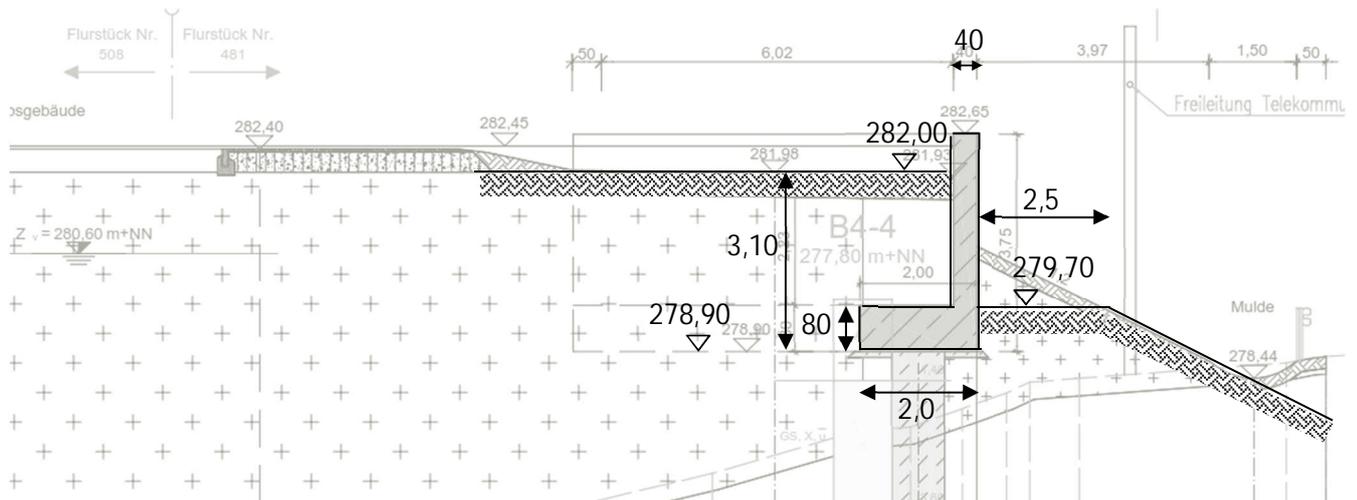


Bild 3.7: Lastbild BS-T-2, Station S 0+100

Wand-OK = +282,00 mNN (rechnerisch)

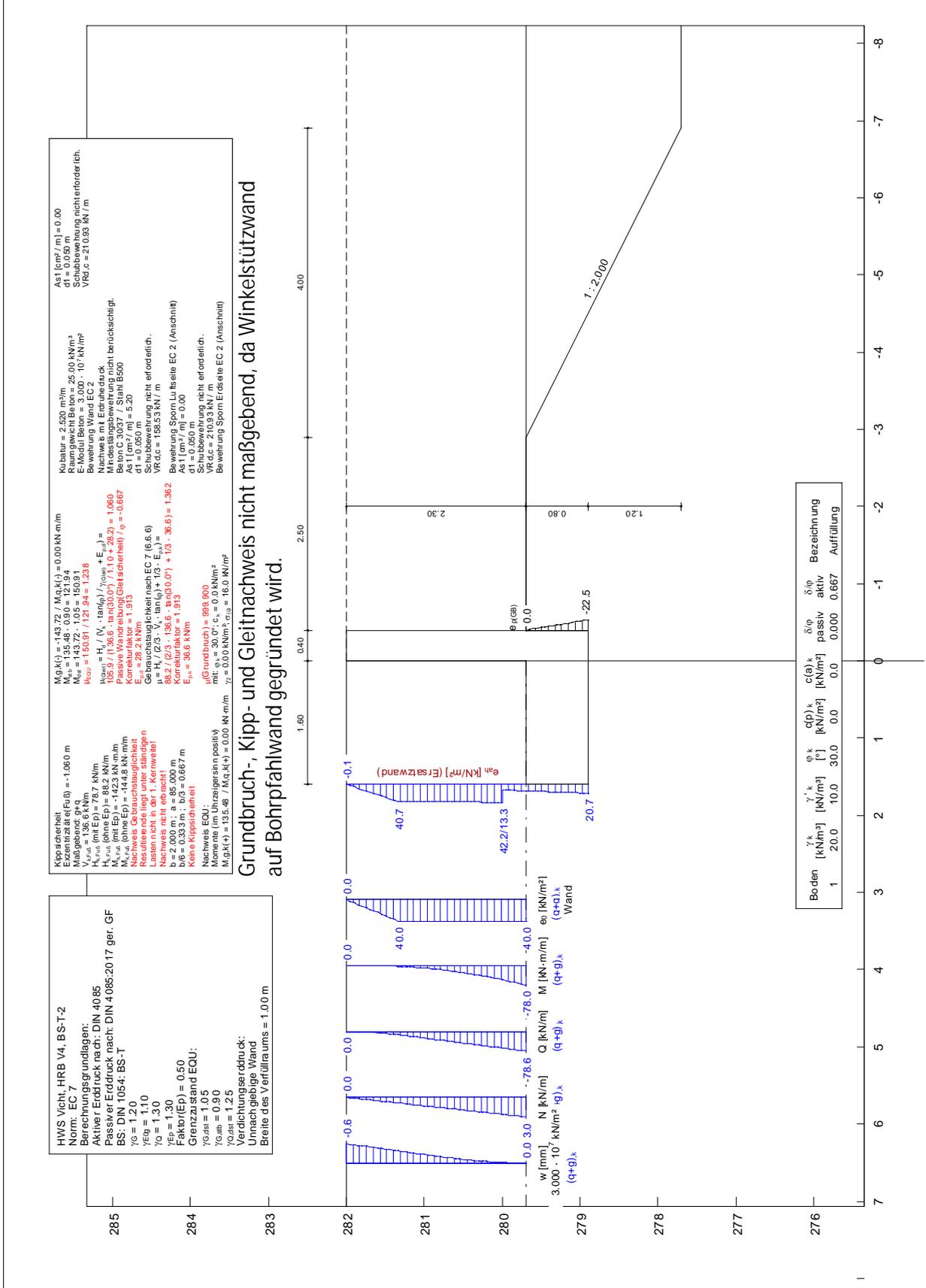
UK Wand = +278,90 mNN

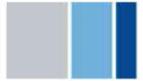
WS kein Wasserdruckansatz

Erddruckansatz: aktiver Erddruck + Verdichtungserddruck gemäß DIN 4085, Tabelle 5 mit $e_{vh} = 15 \text{ kN/m}^2$ (leichte Verdichtung mit Vibrationsplatte mit einer Betriebsmasse von $\leq 250 \text{ kg}$)

Teilsicherheitsbeiwerte für BS-T

Programmausgabe GGU Cantilever siehe nachfolgende Seiten.





Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Winkelstützmauer

HWS Vicht, HRB V4, BS-T-2

Wandkopf = 282.00 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050
Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050

Baugrubensohle = 279.70 mNN

Grundwasserstand (Erdseite) = 260.01 mNN
Grundwasserstand (Luftseite) = 260.01 mNN

BS: DIN 1054: BS-T

Teilsicherheiten

$\gamma_g = 1.20$

$\gamma_{g, Ruhe} = 1.10$

$\gamma_q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$ (Gleiten)

Faktor(E_p) = 0.50 (Grundbruch)

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Nachweis Stahlbeton mit Erdruhedruck

Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G, dst} = 1.05$

$\gamma_{G, stb} = 0.90$

$\gamma_{Q, dst} = 1.25$

Winkelstützmauer

$\gamma_m = 25.00 \text{ kN/m}^3$

E-Modul = $3.0000E+7 \text{ kN/m}^2$

Vertikallast(g) = 0.00 kN/m

Vertikallast(q) = 0.00 kN/m

Horizontallast(g) = 0.00 kN/m

Horizontallast(q) = 0.00 kN/m

Moment(g) = 0.00 kN·m/m

Moment(q) = 0.00 kN·m/m

Fundamentlänge a = 85.00 m

Tiefe	Luftseite	Erdseite	Breite
[mNN]	[m]	[m]	[m]
282.000	-0.400	0.000	0.400
279.700	-0.400	0.000	0.400

Koordinaten Fundament

x	y
[m]	[mNN]
-0.400	279.700
-0.400	279.700
-0.400	278.900
1.600	278.900
1.600	279.700
0.000	279.700

Bermen auf der Passivseite

Nr.	x1	x2	dh	Auflast
[-]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]
1	-2.90	-6.90	-2.00	0.00

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

Verdichtungserddruck nach DIN 4085: 2017

Verdichtungserddruck auch für Standsicherheitsnachweis angesetzt

Unnachgebige Wand

Breite des Verfüllraums = 1.00 m

Verwendete Bodenkennwerte:

Reibungswinkel $\phi, k = 30.00^\circ$

Wichte $\gamma_m, k = 20.00 \text{ kN/m}^3$

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.33



Aktiver Erddruck

Tiefe	ev(a)
[mNN]	[kN/m ²]
282.00	0.00
281.33	36.28
280.00	28.83

Ruhedruck

Tiefe	ev(0)
[mNN]	[kN/m ²]
282.00	0.00
281.33	33.33
278.00	0.00

Bodenkennwerte

Schicht	Tiefe	gam, k	gam', k	phi, k	c(p), k	c(a), k	d(p)/phi	d(a)/phi	Es
[-]	[mNN]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]
1	260.00	20.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.667	10.0

Aktive Erddruckbeiwerte auf Wand
bestimmt nach: DIN 4085

Ruhedruck

Tiefe	kagh	kach	phi, k	del ta	al pha	beta
[mNN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[°]
281.500	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
281.333	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
281.000	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.500	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.000	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
279.701	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
279.700	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte auf Ersatzwand

(del ta = mittlere Geländeneigung = 0.00 °)

Tiefe	kagh	kach	phi, k	del ta	al pha	beta
[mNN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[°]
281.500	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
281.333	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
281.000	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.500	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.000	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.701	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.700	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.500	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.000	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
278.951	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
278.901	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
278.900	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00

Aktive Erddruckordinaten auf Wand (g+q), k

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
282.000	279.701	0.000	40.000	0.00	0.00
279.701	278.951	40.000	40.000	0.00	0.00
278.951	278.901	40.000	40.000	0.00	0.00
278.901	275.754	40.000	62.463	0.00	0.00
275.754	260.010	62.463	219.900	0.00	0.00
260.010	260.000	219.900	219.950	0.00	0.00

Aktive Erddruckordinaten auf Ersatzwand (g+q), k

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
282.000	281.949	-0.054	3.059	0.00	0.00
281.999	281.899	0.007	6.111	0.00	0.00
281.949	281.849	3.059	9.162	0.00	0.00
281.899	281.799	6.111	12.214	0.00	0.00
281.849	281.750	9.162	15.266	0.00	0.00
281.799	281.700	12.214	18.318	0.00	0.00
281.750	281.650	15.266	21.370	0.00	0.00
281.700	281.600	18.318	24.422	0.00	0.00

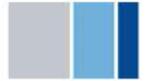
020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.34



281. 650	281. 550	21. 370	27. 474	0. 00	0. 00
281. 600	281. 500	24. 422	30. 526	0. 00	0. 00
281. 550	281. 444	27. 474	33. 924	0. 00	0. 00
281. 500	281. 389	30. 526	37. 322	0. 00	0. 00
281. 444	281. 333	33. 924	40. 720	0. 00	0. 00
281. 389	281. 286	37. 322	40. 771	0. 00	0. 00
281. 333	281. 238	40. 720	40. 822	0. 00	0. 00
281. 286	281. 190	40. 771	40. 874	0. 00	0. 00
281. 238	281. 143	40. 822	40. 925	0. 00	0. 00
281. 190	281. 095	40. 874	40. 977	0. 00	0. 00
281. 143	281. 048	40. 925	41. 028	0. 00	0. 00
281. 095	281. 000	40. 977	41. 079	0. 00	0. 00
281. 048	280. 950	41. 028	41. 133	0. 00	0. 00
281. 000	280. 900	41. 079	41. 187	0. 00	0. 00
280. 950	280. 850	41. 133	41. 241	0. 00	0. 00
280. 900	280. 800	41. 187	41. 295	0. 00	0. 00
280. 850	280. 750	41. 241	41. 349	0. 00	0. 00
280. 800	280. 700	41. 295	41. 403	0. 00	0. 00
280. 750	280. 650	41. 349	41. 457	0. 00	0. 00
280. 700	280. 600	41. 403	41. 511	0. 00	0. 00
280. 650	280. 550	41. 457	41. 565	0. 00	0. 00
280. 600	280. 500	41. 511	41. 619	0. 00	0. 00
280. 550	280. 450	41. 565	41. 673	0. 00	0. 00
280. 500	280. 400	41. 619	41. 727	0. 00	0. 00
280. 450	280. 350	41. 673	41. 781	0. 00	0. 00
280. 400	280. 300	41. 727	41. 835	0. 00	0. 00
280. 350	280. 250	41. 781	41. 889	0. 00	0. 00
280. 300	280. 200	41. 835	41. 943	0. 00	0. 00
280. 250	280. 150	41. 889	41. 997	0. 00	0. 00
280. 200	280. 100	41. 943	42. 051	0. 00	0. 00
280. 150	280. 050	41. 997	42. 105	0. 00	0. 00
280. 100	280. 000	42. 051	42. 159	0. 00	0. 00
280. 050	279. 950	42. 105	13. 666	0. 00	0. 00
280. 000	279. 900	13. 333	13. 998	0. 00	0. 00
279. 950	279. 851	13. 666	14. 330	0. 00	0. 00
279. 900	279. 801	13. 998	14. 662	0. 00	0. 00
279. 851	279. 751	14. 330	14. 994	0. 00	0. 00
279. 801	279. 701	14. 662	15. 327	0. 00	0. 00
279. 751	279. 700	14. 994	15. 333	0. 00	0. 00
279. 701	279. 650	15. 327	15. 667	0. 00	0. 00
279. 700	279. 600	15. 333	16. 000	0. 00	0. 00
279. 650	279. 550	15. 667	16. 333	0. 00	0. 00
279. 600	279. 500	16. 000	16. 667	0. 00	0. 00
279. 550	279. 450	16. 333	17. 000	0. 00	0. 00
279. 500	279. 400	16. 667	17. 333	0. 00	0. 00
279. 450	279. 350	17. 000	17. 667	0. 00	0. 00
279. 400	279. 300	17. 333	18. 000	0. 00	0. 00
279. 350	279. 250	17. 667	18. 333	0. 00	0. 00
279. 300	279. 200	18. 000	18. 667	0. 00	0. 00
279. 250	279. 150	18. 333	19. 000	0. 00	0. 00
279. 200	279. 100	18. 667	19. 333	0. 00	0. 00
279. 150	279. 050	19. 000	19. 667	0. 00	0. 00
279. 100	279. 000	19. 333	20. 000	0. 00	0. 00
279. 050	278. 951	19. 667	20. 324	0. 00	0. 00
279. 000	278. 901	20. 000	20. 661	0. 00	0. 00
278. 951	278. 900	20. 324	20. 667	0. 00	0. 00

Passive Erddruckbeiwerte

Faktor(E_p) = 0.50 (Grundbruch)

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

bestimmt nach: DIN 4085:2017 ger. GF

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	kpgh	kpch	phi , k	delta
[-]	[-]	[-]	[°]	[°]
1	3.000	3.464	30.000	0.00

Passive Erddruckkoordinaten mit:

Faktor(E_p) = 0.50 (Grundbruch)

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von bis oben unten

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.35



[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
279.70	278.95	0.00	-22.46
278.95	278.90	-22.46	-23.02

Kräfte und Momente um linken unteren Fußpunkt der Wand (Dimension kN/m und kN·m/m)
(V positiv nach unten; H positiv nach links; M positiv im Uhrzeigersinn)

$x(\text{Fuß}) = -0.400 \text{ mNN}$ / $y(\text{Fuß}) = 278.900 \text{ mNN}$

$V, k(\text{Wand}) = 63.00$

$M, k(\text{Wand}) = 44.60$

$E_{ah}, k, q = 88.23$

$M \text{ aus } E_{ah}, k, q = -143.72$

$E_{ah}, k, q = 0.00$

$M \text{ aus } E_{ah}, k, q = 0.00$

$E_{av}, k, g = 0.00$

$M \text{ aus } E_{av}, k, g = 0.00$

$E_{av}, k, q = 0.00$

$M \text{ aus } E_{av}, k, q = 0.00$

$E_{ph}, d = -9.58$

$M \text{ aus } E_{ph}, d = 2.56$

$E_{pv}, d = 0.00$

$M \text{ aus } E_{pv}, d = 0.00$

Bodengewicht, k (Erdseite) = 73.60

$M \text{ aus Bodengewicht, k (Erdseite)} = 88.32$

Bodengewicht, k (Luftseite) = 0.00

$M \text{ aus Bodengewicht, k (Luftseite)} = 0.00$

$V, k, g \text{ (Lasten)} = 0.00$

$M \text{ aus } V, k, g + M, k, g \text{ (Lasten)} = 0.00$

$V, k, q \text{ (Lasten)} = 0.00$

$M \text{ aus } V, k, q + M, k, q \text{ (Lasten)} = 0.00$

$H, k, g \text{ (Lasten)} = 0.00$

$M \text{ aus } H, k, g \text{ (Lasten)} = 0.00$

$H, k, q \text{ (Lasten)} = 0.00$

$M \text{ aus } H, k, q \text{ (Lasten)} = 0.00$

$V, k, g \text{ (Wasserdruck)} = 0.00$

$M \text{ aus } V, k, g \text{ (Wasserdruck)} = 0.00$

Summe $V, k, g = 136.60$

Summe $V, k, q = 0.00$

Summe $H, k, g \text{ (ohne Eph)} = 88.23$

Summe $H, k, q \text{ (ohne Eph)} = 0.00$

Summe $M, k, g = -8.24$

Summe $M, k, q = 0.00$

Summe Momente um Sohlmittelpunkt (SM):

$x(\text{SM}) = 0.600 \text{ m}$ / $y(\text{SM}) = 278.900 \text{ mNN}$

$M, k, g(\text{SM}) = -144.84$

$M, k, q(\text{SM}) = 0.00$

Exzentrizität, $k, g(\text{SM}) = -1.060 \text{ m}$

Exzentrizität, $k, g+q(\text{SM}) = -1.060 \text{ m}$

Schnittgrößen (g+q), k

Tiefe	Q	M	N
[mNN]	[kN/m]	[kN·m/m]	[kN/m]
282.00	0.0	0.0	0.0
279.70	-78.6	-78.0	-23.0

Verschiebungen (g+q), k

Tiefe	w
[mNN]	[mm]
282.00	-0.6
279.70	0.0

Kippseherheit

Maßgebend: g+q

Exzentrizität $e(\text{Fuß}) = -1.060 \text{ m}$

$b/6 = 0.333 \text{ m}$; $b/3 = 0.667 \text{ m}$

Keine Kippseherheit

Nachweis Gebrauchstauglichkeit

Resultierende liegt unter ständigem

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.36



Lasten nicht in der 1. Kernweite!
Nachweis nicht erbracht!

Gleitsicherheit

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)

Wenn beim Nachweis der Gleitsicherheit Erdwiderstand angesetzt wird, gilt folgende Regelung:

Bei Flach- und Flächengründungen darf der Nachweis gegen unzuträgliche Verschiebungen des Fundamentes in der Sohlfläche als erbracht angesehen werden, wenn bei mindestens

- nicht mehr als zwei Drittel des charakteristischen Gleitwiderstands in der Fundamentsohle sowie
- nicht mehr als ein Drittel des charakteristischen Erdwiderstands vor der Stirnseite des Fundamentkörpers zur Herstellung des Gleichgewichts der charakteristischen bzw. repräsentativen Kräfte parallel zur Sohlfläche erforderlich sind.

Maßgebend: $g + q$

$$\mu_{\text{Gleit}} = H_{\text{d}} / (V_{\text{k}} \cdot \tan(\phi) / \gamma_{\text{Gleit}} + E_{\text{p,d}}) =$$

$$\mu_{\text{Gleit}} = 105.9 / (136.6 \cdot \tan(30.0) / 1.10 + 28.2) = 1.060$$

$$\text{Passive Wandrohbung (Gleitsicherheit)} / \phi = -0.667$$

$$\text{Korrekturfaktor} = 1.913$$

$$E_{\text{p,d}} = 28.2$$

Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)

$$\mu_{\text{e}} = H_{\text{k}} / (2/3 \cdot V_{\text{k}} \cdot \tan(\phi) + 1/3 \cdot E_{\text{p,k}}) =$$

$$\mu_{\text{e}} = 88.2 / (2/3 \cdot 136.6 \cdot \tan(30.0) + 1/3 \cdot 36.6) = 1.362$$

$$\text{Korrekturfaktor} = 1.913$$

$$E_{\text{p,k}} = 36.6 \text{ kN/m}$$

Grundbruchsi cherheit

Maßgebend: $g + q$

$$H_{\text{k}} = 78.65 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{k}} = 142.28 \text{ kN/m}$$

$$V_{\text{k}} = 136.60 \text{ kN/m}$$

$$V_{\text{d}} = 163.93 \text{ kN/m}$$

$$R_{\text{n,d}} = 0.16 \text{ kN/m}$$

$$a = 85.000 \text{ m}$$

$$b = 2.000 \text{ m}$$

$$b' = -0.089 \text{ m}$$

$$\text{Ausnutzungsgrad} = 999.900$$

$$\gamma_{\text{Grundbruch}} = 1.300$$

$$\phi_{\text{k}} = 30.0^\circ$$

$$c_{\text{k}} = 0.0 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_2 = 0.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\sigma(\dot{u}) = 16.0 \text{ kN/m}^2$$

$$N(c_0) = 30.14 / N(d_0) = 18.40 / N(b_0) = 10.05$$

$$nue(c) = 1.010 / nue(d) = 1.009 / nue(b) = 0.995$$

$$i(c) = 0.683 / i(d) = 0.700 / i(b) = 0.585$$

$$\text{Böschungsneigung} = 0.0^\circ$$

$$I_{\text{am}}(c) = 1.000 / I_{\text{am}}(d) = 1.000 / I_{\text{am}}(b) = 1.000$$

$$\text{Sohlneigung} = 0.0^\circ$$

$$\xi(c) = 1.000 / \xi(d) = 1.000 / \xi(b) = 1.000$$

Tiefenbeiwerte:

$$T(c) = 1.000 / T(d) = 1.000$$

Nachweis EQU:

Momente (im Uhrzeigersinn positiv)

$$M_{\text{g,k}(+)} = 135.48 / M_{\text{q,k}(+)} = 0.00 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$M_{\text{g,k}(-)} = -143.72 / M_{\text{q,k}(-)} = 0.00 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$M_{\text{stb}} = 135.48 \cdot 0.90 = 121.94$$

$$M_{\text{dst}} = 143.72 \cdot 1.05 = 150.91$$

$$\mu(\text{EQU}) = 150.91 / 121.94 = 1.238$$

Bewehrung Wand EC 2

Nachweis mit Erdruhedruck

Mindestlängsbewehrung nicht berücksichtigt.

$$\text{Tiefe} = 279.70 \text{ m}$$

$$\text{Beton C 30/37} / \text{Stahl B500}$$

$$M_{\text{d}} = 85.8 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$$

$$N_{\text{k}} = -23.0 \text{ kN} / \text{m}$$

$$\epsilon_{\text{s}(c2)} [\text{o}/\text{oo}] = -1.9$$

$$\epsilon_{\text{p}(s1)} [\text{o}/\text{oo}] = 25.0$$

$$A_{\text{s1}} [\text{cm}^2 / \text{m}] = 5.20$$

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.37



Dicke = 0.400 m
 d1 = 0.050 m
 $\sigma_1(I) = 3.16 / \sigma_2(I) = -3.28 \text{ MN/m}^2$
 Tiefe = 279.70 m
 $Q, d = V_{Sd} = 86.5 \text{ kN / m}$
 $VR_{d, max} = 1032.8 \text{ kN / m} (z = 0.270 \text{ m})$
 $(V_{Sd} / VR_{d, max} = 0.0837)$
 Schubbewehrung nicht erforderlich.
 $VR_{d, c} = 158.53 \text{ kN / m}$

Bewehrung Sporn Luftseite EC 2 (Anschnitt)

$M, d = 0.0 \text{ kN} \cdot \text{m / m}$
 $N, d = 0.0 \text{ kN / m}$
 $\epsilon_{ps}(c2) [o/oo] = 0.0$
 $\epsilon_{ps}(s1) [o/oo] = 25.0$
 $As1 [\text{cm}^2 / \text{m}] = 0.00$
 Dicke = 0.800 m
 d1 = 0.050 m
 $\sigma_1(I) = 0.00 / \sigma_2(I) = 0.00 \text{ MN/m}^2$
 $Q, d = V_{Sd} = 0.0 \text{ kN / m}$
 $VR_{d, max} = 2410.1 \text{ kN / m} (z = 0.630 \text{ m})$
 $(V_{Sd} / VR_{d, max} = 0.0000)$
 Schubbewehrung nicht erforderlich.

$VR_{d, c} = 210.93 \text{ kN / m}$

Bewehrung Sporn Erdseite EC 2 (Anschnitt)

$M, d = 0.0 \text{ kN} \cdot \text{m / m}$
 $N, d = 0.0 \text{ kN / m}$
 $\epsilon_{ps}(c2) [o/oo] = 0.00$
 $\epsilon_{ps}(s1) [o/oo] = 25.00$
 $As1 [\text{cm}^2 / \text{m}] = 0.00$
 Dicke = 0.800 m
 d1 = 0.050 m
 $\sigma_1(I) = 0.00 / \sigma_2(I) = 0.00 \text{ MN/m}^2$
 $Q, d = V_{Sd} = 0.0 \text{ kN / m}$
 $VR_{d, max} = 2410.1 \text{ kN / m} (z = 0.630 \text{ m})$
 $(V_{Sd} / VR_{d, max} = 0.0000)$
 Schubbewehrung nicht erforderlich.

$VR_{d, c} = 210.93 \text{ kN / m}$

3.4.7 Bemessungssituation Erdbeben BS-E-1

Eingangsparameter:

Wand-OK = +282,35 mNN (rechnerisch)

UK Wand = +279,50 mNN

WS kein Wasserdruckansatz

Verkehrslast = 10,0 kN/m²

Erddruckansatz: aktiver Erddruck inkl. Erhöhung aus Erdbeben mit $\Delta k = 0,100$

Teilsicherheitsbeiwerte für BS-E

Programmausgabe GGU Cantilever siehe nachfolgende Seiten.



Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Winkelstützmauer

HWS Vicht, HRB V4, BS-T-1

Wandkopf = 282.35 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050
Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050

Baugrubensohle = 280.30 mNN

Grundwasserstand (rechts) = 260.01 mNN
Grundwasserstand (links) = 260.01 mNN

Erdbeben mit $k_h = 0.100$
Berücksichtigung Erdbeben:
- Horizontalbelastung aus $k_h \cdot E_{i\text{gengewicht}}(\text{Wand})$
- Erddruckbeiwerte verändern (EAU 1990)

BS: DIN 1054: BS-E
Teilsicherheiten
 $\gamma_g = 1.00$
 $\gamma_g, \text{Ruhe} = 1.00$
 $\gamma_q = 1.00$
 $\gamma_{Ep} = 1.00$ (Gleiten)
Faktor (E_p) = 0.50 (Grundbruch)
Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00
Nachweis Stahlbeton mit Erdruchdruck
Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stb} = 1.00$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$

Winkelstützmauer
 $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$
E-Modul = $3.0000E+7 \text{ kN/m}^2$
Vertikallast(g) = 0.00 kN/m
Vertikallast(q) = 0.00 kN/m
Horizontallast(g) = 0.00 kN/m
Horizontallast(q) = 0.00 kN/m
Moment(g) = 0.00 kN·m/m
Moment(q) = 0.00 kN·m/m
Fundamentlänge a = 85.00 m

Tiefe	links	rechts	Breite
[mNN]	[m]	[m]	[m]
282.350	-0.400	0.000	0.400
280.300	-0.400	0.000	0.400

Koordinaten Fundament

x	y
[m]	[mNN]
-0.400	280.300
-2.000	280.300
-2.000	279.500
0.000	279.500
0.000	280.300
0.000	280.300

Flächenlast $p = 10.00 \text{ kN/m}^2$ als ständige Last

Verdichtungserddruck nach DIN 4085:2017
Verdichtungserddruck auch für Standsicherheitsnachweis angesetzt
(reduzierter Wert nach 4085:2017: $e_{vh} = 15 \text{ kN/m}^2$)
(Vibrationsplatten mit einer Masse < 250 kg)
Unnachgiebige Wand
Verwendete Bodenkennwerte:
Reibungswinkel $\phi, k = 30.00^\circ$
Wichte $\gamma_{m,k} = 20.00 \text{ kN/m}^3$

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 3.40



Aktiver Erddruck

Tiefe	ev(a)
[mNN]	[kN/m ²]
282.35	0.00
282.10	13.60
280.35	3.83

Ruhedruck

Tiefe	ev(0)
[mNN]	[kN/m ²]
282.35	0.00
282.10	12.50
280.85	0.00

Bodenkennwerte

Schicht	Tiefe	gam, k	gam', k	phi, k	c(p), k	c(a), k	d(p)/phi	d(a)/phi	Es
[-]	[mNN]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]
1	260.00	20.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.667	10.0

Aktive Erddruckbeiwerte auf Wand
bestimmt nach: DIN 4085

Ruhedruck

Tiefe	kagh	kach	phi, k	del ta	al pha	beta
[mNN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[°]
282.100	0.535	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
281.850	0.535	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
281.350	0.535	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.850	0.535	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.350	0.535	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.301	0.535	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.300	0.535	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte auf Ersatzwand

(del ta = mittlere Geländeneigung = 0.00 °)

Tiefe	kagh	kach	phi, k	del ta	al pha	beta
[mNN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[°]
282.100	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
281.850	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
281.350	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.850	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.350	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.301	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.300	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.850	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.501	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.500	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00

Aktive Erddruckkoordinaten auf Wand (g+q), k

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
282.350	280.301	5.354	27.297	0.00	0.00
280.301	279.501	27.297	35.865	0.00	0.00
279.501	260.010	35.865	244.591	0.00	0.00
260.010	260.000	244.594	244.648	0.00	0.00

Aktive Erddruckkoordinaten auf Ersatzwand (g+q), k

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
282.350	282.299	3.911	7.089	0.00	0.00
282.349	282.249	3.973	10.205	0.00	0.00
282.299	282.200	7.089	13.320	0.00	0.00
282.249	282.150	10.205	16.436	0.00	0.00
282.200	282.100	13.320	19.552	0.00	0.00
282.150	282.050	16.436	19.669	0.00	0.00
282.100	282.000	19.552	19.786	0.00	0.00
282.050	281.950	19.669	19.903	0.00	0.00
282.000	281.900	19.786	20.020	0.00	0.00
281.950	281.850	19.903	20.137	0.00	0.00
281.900	281.800	20.020	20.255	0.00	0.00
281.850	281.750	20.137	20.372	0.00	0.00

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.41



281. 800	281. 700	20. 255	20. 489	0. 00	0. 00
281. 750	281. 650	20. 372	20. 606	0. 00	0. 00
281. 700	281. 600	20. 489	20. 723	0. 00	0. 00
281. 650	281. 550	20. 606	20. 841	0. 00	0. 00
281. 600	281. 500	20. 723	20. 958	0. 00	0. 00
281. 550	281. 450	20. 841	21. 075	0. 00	0. 00
281. 500	281. 400	20. 958	21. 192	0. 00	0. 00
281. 450	281. 350	21. 075	21. 309	0. 00	0. 00
281. 400	281. 300	21. 192	21. 427	0. 00	0. 00
281. 350	281. 250	21. 309	21. 544	0. 00	0. 00
281. 300	281. 200	21. 427	21. 661	0. 00	0. 00
281. 250	281. 150	21. 544	21. 778	0. 00	0. 00
281. 200	281. 100	21. 661	21. 895	0. 00	0. 00
281. 150	281. 050	21. 778	22. 013	0. 00	0. 00
281. 100	281. 000	21. 895	22. 130	0. 00	0. 00
281. 050	280. 950	22. 013	22. 247	0. 00	0. 00
281. 000	280. 900	22. 130	22. 364	0. 00	0. 00
280. 950	280. 850	22. 247	22. 481	0. 00	0. 00
280. 900	280. 800	22. 364	22. 599	0. 00	0. 00
280. 850	280. 750	22. 481	22. 716	0. 00	0. 00
280. 800	280. 700	22. 599	22. 833	0. 00	0. 00
280. 750	280. 650	22. 716	22. 950	0. 00	0. 00
280. 700	280. 600	22. 833	23. 067	0. 00	0. 00
280. 650	280. 550	22. 950	23. 185	0. 00	0. 00
280. 600	280. 500	23. 067	23. 302	0. 00	0. 00
280. 550	280. 450	23. 185	23. 419	0. 00	0. 00
280. 500	280. 400	23. 302	23. 536	0. 00	0. 00
280. 450	280. 350	23. 419	23. 653	0. 00	0. 00
280. 400	280. 301	23. 536	20. 216	0. 00	0. 00
280. 350	280. 300	19. 828	20. 224	0. 00	0. 00
280. 301	280. 250	20. 216	20. 621	0. 00	0. 00
280. 300	280. 200	20. 224	21. 017	0. 00	0. 00
280. 250	280. 150	20. 621	21. 414	0. 00	0. 00
280. 200	280. 100	21. 017	21. 811	0. 00	0. 00
280. 150	280. 050	21. 414	22. 207	0. 00	0. 00
280. 100	280. 000	21. 811	22. 604	0. 00	0. 00
280. 050	279. 950	22. 207	23. 000	0. 00	0. 00
280. 000	279. 900	22. 604	23. 397	0. 00	0. 00
279. 950	279. 850	23. 000	23. 793	0. 00	0. 00
279. 900	279. 800	23. 397	24. 189	0. 00	0. 00
279. 850	279. 750	23. 793	24. 584	0. 00	0. 00
279. 800	279. 700	24. 189	24. 980	0. 00	0. 00
279. 750	279. 651	24. 584	25. 375	0. 00	0. 00
279. 700	279. 601	24. 980	25. 771	0. 00	0. 00
279. 651	279. 551	25. 375	26. 166	0. 00	0. 00
279. 601	279. 501	25. 771	26. 562	0. 00	0. 00

Erdbebenanteile

von	bis	oben	unten
[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
282. 350	280. 301	1. 000	1. 000
280. 301	279. 501	1. 000	1. 000
279. 501	260. 010	1. 000	1. 000
260. 010	260. 000	1. 000	1. 000

Passive Erddruckbeiwerte

Faktor(Ep) = 0. 50 (Grundbruch)
Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1. 00
bestimmt nach: DIN 4085:2017 ger. GF

Schicht	kpgh	kpch	phi , k	del ta
[-]	[-]	[-]	[°]	[°]
1	2. 277	3. 464	30. 000	0. 00

Passive Erddruckkordinaten mit:

Faktor(Ep) = 0. 50 (Grundbruch)
Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1. 00

von	bis	oben	unten
[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
280. 30	279. 50	0. 00	-18. 20

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.42



Kräfte und Momente um linken unteren Fußpunkt der Wand (Dimension kN/m und kN·m/m)

(V positiv nach unten; H positiv nach links; M positiv im Uhrzeigersinn)

$x(\text{Fuß}) = -2.000 \text{ mNN} / y(\text{Fuß}) = 279.500 \text{ mNN}$

$V, k(\text{Wand}) = 60.50$

$M, k(\text{Wand}) = 76.90$

$E_{ah}, k, q = 60.55$

$M \text{ aus } E_{ah}, k, q = -80.13$

$E_{ah}, k, q = 0.00$

$M \text{ aus } E_{ah}, k, q = 0.00$

$E_{av}, k, g = 0.00$

$M \text{ aus } E_{av}, k, g = 0.00$

$E_{av}, k, q = 0.00$

$M \text{ aus } E_{av}, k, q = 0.00$

$E_{ph}, d = -7.29$

$M \text{ aus } E_{ph}, d = 1.94$

$E_{pv}, d = 0.00$

$M \text{ aus } E_{pv}, d = 0.00$

Bodengewicht, k (rechts) = 0.00

$M \text{ aus Bodengewicht, k (rechts) = 0.00}$

Bodengewicht, k (links) = 0.03

$M \text{ aus Bodengewicht, k (links) = 0.03}$

$V, k, g (\text{Lasten}) = 0.00$

$M \text{ aus } V, k, g + M, k, g (\text{Lasten}) = 0.00$

$V, k, q (\text{Lasten}) = 0.00$

$M \text{ aus } V, k, q + M, k, q (\text{Lasten}) = 0.00$

$H, k, g (\text{Lasten}) = 0.00$

$M \text{ aus } H, k, g (\text{Lasten}) = 0.00$

$H, k, q (\text{Lasten}) = 0.00$

$M \text{ aus } H, k, q (\text{Lasten}) = 0.00$

$V, k, g (\text{Wasserdruck}) = 0.00$

$M \text{ aus } V, k, g (\text{Wasserdruck}) = 0.00$

$H, k, q (\text{Erdbeben}) = 6.05$

$M \text{ aus } H, k, q (\text{Erdbeben}) = -11.91$

Summe $V, k, g = 60.54$

Summe $V, k, q = 0.00$

Summe $H, k, g (\text{ohne Eph}) = 66.61$

Summe $H, k, q (\text{ohne Eph}) = 0.00$

Summe $M, k, g = -13.17$

Summe $M, k, q = 0.00$

Summe Momente um Sohlmittelpunkt (SM):

$x(\text{SM}) = -1.000 \text{ m} / y(\text{SM}) = 279.500 \text{ mNN}$

$M, k, g(\text{SM}) = -73.71$

$M, k, q(\text{SM}) = 0.00$

Exzentrizität, k, g(SM) = -1.218 m

Exzentrizität, k, g+q(SM) = -1.218 m

Schnittgrößen (g+q), k

Tiefe	Q	M	N
[mNN]	[kN/m]	[kN·m/m]	[kN/m]
282.35	0.0	0.0	0.0
280.30	-44.9	-42.4	-20.5

Verschiebungen (g+q), k

Tiefe	w
[mNN]	[mm]
282.35	-0.3
280.30	0.0

Kipp sicherheit

Maßgebend: g+q

Exzentrizität e(Fuß) = -1.218 m

$b/6 = 0.333 \text{ m} ; b/3 = 0.667 \text{ m}$

Keine Kipp sicherheit

Nachweis Gebrauchstauglichkeit

Resultierende liegt unter ständigen

Lasten nicht in der 1. Kernweite!

Nachweis nicht erbracht!

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.43



Gleitsicherheit

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)

Wenn beim Nachweis der Gleitsicherheit Erdwiderstand angesetzt wird, gilt folgende Regelung:

Bei Flach- und Flächengründungen darf der Nachweis gegen unzutragliche Verschiebungen des Fundamentes in der Sohlfläche als erbracht angesehen werden, wenn bei mindestens mitteldicht gelagerten nichtbindigen Böden bzw. bei mindestens steifen bindigen Böden

- nicht mehr als zwei Drittel des charakteristischen Gleitwiderstands in der Fundamentsohle sowie
- nicht mehr als ein Drittel des charakteristischen Erdwiderstands vor der Stirnseite des Fundamentkörpers zur Herstellung des Gleichgewichts der charakteristischen bzw. repräsentativen Kräfte parallel zur Sohlfläche erforderlich sind.

Maßgebend: $g + q$

$$\mu_{e(Gleit)} = H_{,d} / (V_{,k} \cdot \tan(\phi_i) / \gamma_{(Gleit)} + E_{p,d}) =$$

$$\mu_{e(Gleit)} = 66.6 / (60.5 \cdot \tan(30.0) / 1.00 + 27.9) = 1.060$$

$$\text{Passive Wandrohbung(Gleitsicherheit)} / \phi_i = -0.667$$

$$\text{Korrekturfaktor} = 1.913$$

$$E_{p,d} = 27.9$$

Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)

$$\mu_e = H_{,k} / (2/3 \cdot V_{,k} \cdot \tan(\phi_i) + 1/3 \cdot E_{p,k}) =$$

$$\mu_e = 66.6 / (2/3 \cdot 60.5 \cdot \tan(30.0) + 1/3 \cdot 27.9) = 2.043$$

$$\text{Korrekturfaktor} = 1.913$$

$$E_{p,k} = 27.9 \text{ kN/m}$$

Grundbruchsi cherheit

Maßgebend: $g + q$

$$H_{,k} = 34.51 \text{ kN/m}$$

$$M_{,k} = 71.76 \text{ kN/m}$$

$$V_{,k} = 60.54 \text{ kN/m}$$

$$V_{,d} = 72.64 \text{ kN/m}$$

$$R_{n,d} = 0.07 \text{ kN/m}$$

$$a = 85.000 \text{ m}$$

$$b = 2.000 \text{ m}$$

$$b' = 0.743 \text{ m}$$

$$\text{Ausnutzungsgrad} = 999.900$$

$$\gamma_{(\text{Grundbruch})} = 1.000$$

$$\phi_{i,k} = 30.0^\circ$$

$$c_{,k} = 0.0 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_2 = 20.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\sigma(\dot{u}) = 16.0 \text{ kN/m}^2$$

$$N(c_0) = 30.14 / N(d_0) = 18.40 / N(b_0) = 10.05$$

$$nue(c) = 1.005 / nue(d) = 1.004 / nue(b) = 0.997$$

$$i(c) = 0.139 / i(d) = 0.186 / i(b) = 0.080$$

$$\text{Böschungsn ei gung} = 0.0^\circ$$

$$I_{am}(c) = 1.000 / I_{am}(d) = 1.000 / I_{am}(b) = 1.000$$

$$\text{Sohl n ei gung} = 0.0^\circ$$

$$x_{si}(c) = 1.000 / x_{si}(d) = 1.000 / x_{si}(b) = 1.000$$

Tiefenbeiwerte:

$$T(c) = 1.000 / T(d) = 1.000$$

Nachweis EQU:

Momente (im Uhrzeigersinn positiv)

$$M_{,g,k(+)} = 78.87 / M_{,q,k(+)} = 0.00 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$M_{,g,k(-)} = -92.04 / M_{,q,k(-)} = 0.00 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$M_{,stb} = 78.87 \cdot 1.00 = 78.87$$

$$M_{,dst} = 92.04 \cdot 1.00 = 92.04$$

$$\mu(\text{EQU}) = 92.04 / 78.87 = 1.167$$

Bewehrung Wand EC 2

Nachweis mit Erdruhedruck

Mindestlängsbewehrung nicht berücksichtigt.

$$\text{Tiefe} = 280.30 \text{ m}$$

$$\text{Beton C 30/37} / \text{Stahl B500}$$

$$M_{,d} = 42.4 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$$

$$N_{,k} = -20.5 \text{ kN} / \text{m}$$

$$\epsilon_{s(c2)} [o/oo] = -1.2$$

$$\epsilon_{s(s1)} [o/oo] = 25.0$$

$$A_{s1} [\text{cm}^2 / \text{m}] = 2.40$$

$$\text{Dicke} = 0.400 \text{ m}$$

$$d1 = 0.050 \text{ m}$$

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.44



$\sigma_1(l) = 1.54$ / $\sigma_2(l) = -1.64$ MN/m²
 Tiefe = 280.30 m
 $Q, d = V_{Sd} = 44.9$ kN / m
 $VR_{d, max} = 1032.8$ kN / m ($z = 0.270$ m)
 ($V_{Sd} / VR_{d, max} = 0.0435$)
 Schubbewehrung nicht erforderlich.
 $VR_{d, c} = 158.27$ kN / m

Bewehrung Sporn links EC 2 (Anschnitt)
 $M, d = 0.0$ kN · m / m
 $N, d = 0.0$ kN / m
 $\epsilon_p(c2)$ [o/oo] = 0.0
 $\epsilon_p(s1)$ [o/oo] = 25.0
 $As1$ [cm² / m] = 0.00
 Dicke = 0.800 m
 $d1 = 0.050$ m

$\sigma_1(l) = 0.00$ / $\sigma_2(l) = 0.00$ MN/m²
 $Q, d = V_{Sd} = 0.0$ kN / m
 $VR_{d, max} = 2410.1$ kN / m ($z = 0.630$ m)
 ($V_{Sd} / VR_{d, max} = 0.0000$)
 Schubbewehrung nicht erforderlich.
 $VR_{d, c} = 210.93$ kN / m

Bewehrung Sporn rechts EC 2 (Anschnitt)
 $M, d = 0.0$ kN · m / m
 $N, d = 0.0$ kN / m
 $\epsilon_p(c2)$ [o/oo] = 0.00
 $\epsilon_p(s1)$ [o/oo] = 25.00
 $As1$ [cm² / m] = 0.00
 Dicke = 0.800 m
 $d1 = 0.050$ m

$\sigma_1(l) = 0.00$ / $\sigma_2(l) = 0.00$ MN/m²
 $Q, d = V_{Sd} = 0.0$ kN / m
 $VR_{d, max} = 2410.1$ kN / m ($z = 0.630$ m)
 ($V_{Sd} / VR_{d, max} = 0.0000$)
 Schubbewehrung nicht erforderlich.
 $VR_{d, c} = 210.93$ kN / m

3.4.8 Bemessungssituation Erdbeben BS-E-2

Eingangsparameter:

Wand-OK = +282,00 mNN (rechnerisch)

UK Wand = +278,90 mNN

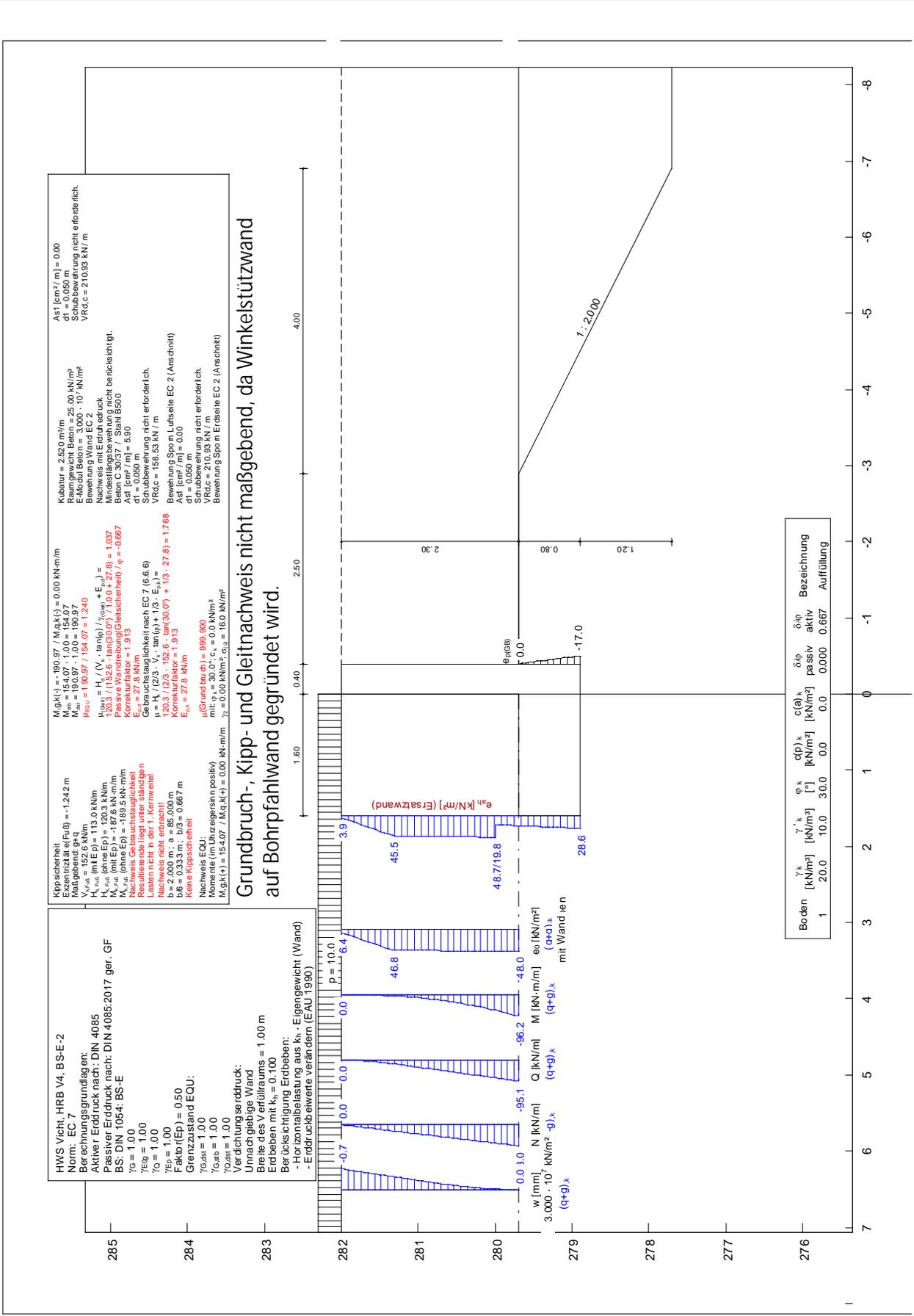
WS kein Wasserdruckansatz

Verkehrslast = 10,0 kN/m²

Erddruckansatz: aktiver Erddruck inkl. Erhöhung aus Erdbeben mit $\Delta k = 0,100$

Teilsicherheitsbeiwerte für BS-E

Programmausgabe GGU Cantilever siehe nachfolgende Seiten.





Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Winkelstützmauer

HWS Vicht, HRB V4, BS-E-2

Wandkopf = 282.00 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050
Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050

Baugrubensohle = 279.70 mNN

Grundwasserstand (Erdseite) = 260.01 mNN
Grundwasserstand (Luftseite) = 260.01 mNN

Erdbeben mit $k_h = 0.100$
Berücksichtigung Erdbeben:
- Horizontalbelastung aus $k_h \cdot E_i$ (Eigengewicht (Wand))
- Erddruckbeiwerte verändern (EAU 1990)

BS: DIN 1054: BS-E
Teilsicherheiten
 $\gamma_g = 1.00$
 $\gamma_g, \text{Ruhe} = 1.00$
 $\gamma_q = 1.00$
 $\gamma_{Ep} = 1.00$ (Gleiten)
Faktor (E_p) = 0.50 (Grundbruch)
Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00
Nachweis Stahlbeton mit Erdruchdruck
Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stb} = 1.00$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$

Winkelstützmauer
 $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$
E-Modul = $3.0000E+7 \text{ kN/m}^2$
Vertikal last (g) = 0.00 kN/m
Vertikal last (q) = 0.00 kN/m
Horizontal last (g) = 0.00 kN/m
Horizontal last (q) = 0.00 kN/m
Moment (g) = 0.00 kN·m/m
Moment (q) = 0.00 kN·m/m
Fundamentlänge a = 85.00 m

Tiefe	Luftseite	Erdseite	Breite
[mNN]	[m]	[m]	[m]
282.000	-0.400	0.000	0.400
279.700	-0.400	0.000	0.400

Koordinaten Fundament

x	y
[m]	[mNN]
-0.400	279.700
-0.400	279.700
-0.400	278.900
1.600	278.900
1.600	279.700
0.000	279.700

Bermen auf der Passivseite

Nr.	x1	x2	dh	Auflast
[-]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]
1	-2.90	-6.90	-2.00	0.00

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

Flächenlast $p = 10.00 \text{ kN/m}^2$ als ständige Last

Verdichtungsdruck nach DIN 4085: 2017

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.47



Verdichtungserddruck auch für Standsicherheitsnachweis angesetzt

Unnachgebige Wand

Breite des Verfüllraums = 1.00 m

Verwendete Bodenkennwerte:

Reibungswinkel $\phi, k = 30.00^\circ$

Wichte $\gamma_{m, k} = 20.00 \text{ kN/m}^3$

Aktiver Erddruck

Tiefe [mNN]	$e_v(a)$ [kN/m ²]
282.00	0.00
281.33	36.28
280.00	28.83

Ruhedruck

Tiefe [mNN]	$e_v(0)$ [kN/m ²]
282.00	0.00
281.33	33.33
278.00	0.00

Bodenkennwerte

Schicht	Tiefe [mNN]	$\gamma_{m, k}$ [kN/m ³]	$\gamma_{m', k}$ [kN/m ³]	ϕ, k [°]	$c(p), k$ [kN/m ²]	$c(a), k$ [kN/m ²]	$d(p)/\phi$ [-]	$d(a)/\phi$ [-]	E_s [MN/m ²]
1	260.00	20.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.667	10.0

Aktive Erddruckbeiwerte auf Wand

bestimmt nach: DIN 4085

Ruhedruck

Tiefe [mNN]	k_{agh} [-]	k_{ach} [-]	ϕ, k [°]	δ [°]	α [°]	β [°]
281.500	0.535	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
281.333	0.535	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
281.000	0.535	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.500	0.535	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
280.000	0.535	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
279.701	0.535	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00
279.700	0.535	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte auf Ersatzwand

($\delta =$ mittlere Geländeneigung = 0.00°)

Tiefe [mNN]	k_{agh} [-]	k_{ach} [-]	ϕ, k [°]	δ [°]	α [°]	β [°]
281.500	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
281.333	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
281.000	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.500	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
280.000	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.701	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.700	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.500	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
279.000	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
278.951	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
278.901	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00
278.900	0.397	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00

Aktive Erddruckordinaten auf Wand (g+q), k

von [mNN]	bis [mNN]	oben [kN/m ²]	unten [kN/m ²]	Wasserdruck [kN/m ²]	
282.000	279.701	5.354	46.984	0.00	0.00
279.701	278.951	46.984	47.516	0.00	0.00
278.951	278.901	47.516	47.551	0.00	0.00
278.901	275.754	47.551	72.245	0.00	0.00
275.754	260.010	72.245	240.843	0.00	0.00
260.010	260.000	240.846	240.900	0.00	0.00

Aktive Erddruckordinaten auf Ersatzwand (g+q), k

von [mNN]	bis [mNN]	oben [kN/m ²]	unten [kN/m ²]	Wasserdruck [kN/m ²]	
282.000	281.949	3.911	7.089	0.00	0.00
281.999	281.899	3.973	10.204	0.00	0.00

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.48



281. 949	281. 849	7. 089	13. 319	0. 00	0. 00
281. 899	281. 799	10. 204	16. 434	0. 00	0. 00
281. 849	281. 750	13. 319	19. 549	0. 00	0. 00
281. 799	281. 700	16. 434	22. 664	0. 00	0. 00
281. 750	281. 650	19. 549	25. 779	0. 00	0. 00
281. 700	281. 600	22. 664	28. 894	0. 00	0. 00
281. 650	281. 550	25. 779	32. 009	0. 00	0. 00
281. 600	281. 500	28. 894	35. 124	0. 00	0. 00
281. 550	281. 444	32. 009	38. 592	0. 00	0. 00
281. 500	281. 389	35. 124	42. 060	0. 00	0. 00
281. 444	281. 333	38. 592	45. 528	0. 00	0. 00
281. 389	281. 286	42. 060	45. 640	0. 00	0. 00
281. 333	281. 238	45. 528	45. 751	0. 00	0. 00
281. 286	281. 190	45. 640	45. 863	0. 00	0. 00
281. 238	281. 143	45. 751	45. 975	0. 00	0. 00
281. 190	281. 095	45. 863	46. 086	0. 00	0. 00
281. 143	281. 048	45. 975	46. 198	0. 00	0. 00
281. 095	281. 000	46. 086	46. 309	0. 00	0. 00
281. 048	280. 950	46. 198	46. 427	0. 00	0. 00
281. 000	280. 900	46. 309	46. 544	0. 00	0. 00
280. 950	280. 850	46. 427	46. 661	0. 00	0. 00
280. 900	280. 800	46. 544	46. 778	0. 00	0. 00
280. 850	280. 750	46. 661	46. 895	0. 00	0. 00
280. 800	280. 700	46. 778	47. 013	0. 00	0. 00
280. 750	280. 650	46. 895	47. 130	0. 00	0. 00
280. 700	280. 600	47. 013	47. 247	0. 00	0. 00
280. 650	280. 550	47. 130	47. 364	0. 00	0. 00
280. 600	280. 500	47. 247	47. 481	0. 00	0. 00
280. 550	280. 450	47. 364	47. 599	0. 00	0. 00
280. 500	280. 400	47. 481	47. 716	0. 00	0. 00
280. 450	280. 350	47. 599	47. 833	0. 00	0. 00
280. 400	280. 300	47. 716	47. 950	0. 00	0. 00
280. 350	280. 250	47. 833	48. 067	0. 00	0. 00
280. 300	280. 200	47. 950	48. 185	0. 00	0. 00
280. 250	280. 150	48. 067	48. 302	0. 00	0. 00
280. 200	280. 100	48. 185	48. 419	0. 00	0. 00
280. 150	280. 050	48. 302	48. 536	0. 00	0. 00
280. 100	280. 000	48. 419	48. 653	0. 00	0. 00
280. 050	279. 950	48. 536	20. 223	0. 00	0. 00
280. 000	279. 900	19. 828	20. 618	0. 00	0. 00
279. 950	279. 851	20. 223	21. 013	0. 00	0. 00
279. 900	279. 801	20. 618	21. 409	0. 00	0. 00
279. 851	279. 751	21. 013	21. 804	0. 00	0. 00
279. 801	279. 701	21. 409	22. 199	0. 00	0. 00
279. 751	279. 700	21. 804	22. 207	0. 00	0. 00
279. 701	279. 650	22. 199	22. 604	0. 00	0. 00
279. 700	279. 600	22. 207	23. 000	0. 00	0. 00
279. 650	279. 550	22. 604	23. 397	0. 00	0. 00
279. 600	279. 500	23. 000	23. 793	0. 00	0. 00
279. 550	279. 450	23. 397	24. 190	0. 00	0. 00
279. 500	279. 400	23. 793	24. 586	0. 00	0. 00
279. 450	279. 350	24. 190	24. 983	0. 00	0. 00
279. 400	279. 300	24. 586	25. 380	0. 00	0. 00
279. 350	279. 250	24. 983	25. 776	0. 00	0. 00
279. 300	279. 200	25. 380	26. 173	0. 00	0. 00
279. 250	279. 150	25. 776	26. 569	0. 00	0. 00
279. 200	279. 100	26. 173	26. 966	0. 00	0. 00
279. 150	279. 050	26. 569	27. 362	0. 00	0. 00
279. 100	279. 000	26. 966	27. 759	0. 00	0. 00
279. 050	278. 951	27. 362	28. 144	0. 00	0. 00
279. 000	278. 901	27. 759	28. 545	0. 00	0. 00
278. 951	278. 900	28. 144	28. 553	0. 00	0. 00

Erdbebenanteile

von [mNN]	bis [mNN]	oben [kN/m ²]	unten [kN/m ²]
282. 000	279. 701	1. 000	1. 000
279. 701	278. 951	1. 000	1. 000
278. 951	278. 901	1. 000	1. 000
278. 901	275. 754	1. 000	1. 000

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.49



275.754 260.010 1.000 1.000
260.010 260.000 1.000 1.000

Passive Erddruckbeiwerte

Faktor(Ep) = 0.50 (Grundbruch)

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

bestimmt nach: DIN 4085:2017 ger. GF

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	kpgh	kpch	phi, k	del ta
[-]	[-]	[-]	[°]	[°]
1	2.277	3.464	30.000	0.00

Passive Erddruckordinaten mit:

Faktor(Ep) = 0.50 (Grundbruch)

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[mNN]	[mNN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
279.70	278.95	0.00	-17.04
278.95	278.90	-17.04	-17.48

Kräfte und Momente um linken unteren Fußpunkt der Wand (Dimension kN/m und kN·m/m)

(V positiv nach unten; H positiv nach links; M positiv im Uhrzeigersinn)

x(Fuß) = -0.400 mNN / y(Fuß) = 278.900 mNN

V, k(Wand) = 63.00

M, k(Wand) = 44.60

Eah, k, q = 106.60

M aus Eah, k, q = -169.06

Eah, k, q = 0.00

M aus Eah, k, q = 0.00

Eav, k, g = 0.00

M aus Eav, k, g = 0.00

Eav, k, q = 0.00

M aus Eav, k, q = 0.00

Eph, d = -7.27

M aus Eph, d = 1.94

Epv, d = 0.00

M aus Epv, d = 0.00

Bodengewicht, k (Erdseite) = 73.60

M aus Bodengewicht, k (Erdseite) = 88.32

Bodengewicht, k (Luftseite) = 0.00

M aus Bodengewicht, k (Luftseite) = 0.00

V, k, q (Lasten) = 16.00

M aus V, k, q + M, k, q (Lasten) = 19.20

V, k, q (Lasten) = 0.00

M aus V, k, q + M, k, q (Lasten) = 0.00

H, k, g (Lasten) = 0.00

M aus H, k, g (Lasten) = 0.00

H, k, q (Lasten) = 0.00

M aus H, k, q (Lasten) = 0.00

V, k, g (Wasserdruck) = 0.00

M aus V, k, g (Wasserdruck) = 0.00

H, k, q (Erdbeben) = 13.66

M aus H, k, q (Erdbeben) = -21.91

Summe V, k, g = 152.60

Summe V, k, q = 0.00

Summe H, k, g (ohne Eph) = 120.26

Summe H, k, q (ohne Eph) = 0.00

Summe M, k, g = -36.90

Summe M, k, q = 0.00

Summe Momente um Sohlmittelpunkt (SM):

x(SM) = 0.600 m / y(SM) = 278.900 mNN

M, k, g(SM) = -189.51

M, k, q(SM) = 0.00

Exzentrizität, k, g(SM) = -1.242 m

Exzentrizität, k, g+q(SM) = -1.242 m

Schnittgrößen (g+q), k

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.50



Tiefe	Q	M	N
[mNN]	[kN/m]	[kN·m/m]	[kN/m]
282.00	0.0	0.0	0.0
279.70	-95.1	-96.2	-23.0

Verschiebungen (g+q), k

Tiefe	w
[mNN]	[mm]
282.00	-0.7
279.70	0.0

Kippstabilität

Maßgebend: g+q

Exzentrizität e(Fuß) = -1.242 m

b/6 = 0.333 m ; b/3 = 0.667 m

Keine Kippstabilität

Nachweis Gebrauchstauglichkeit

Resultierende liegt unter ständigen

Lasten nicht in der 1. Kernweite!

Nachweis nicht erbracht!

Gleitsicherheit

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)

Wenn beim Nachweis der Gleitsicherheit Erdwiderstand angesetzt wird, gilt folgende Regelung:

Bei Flach- und Flächengründungen darf der Nachweis gegen unzutragliche Verschiebungen des Fundamentes in der Sohlfläche als erbracht angesehen werden, wenn bei mindestens mitteldicht gelagerten nichtbindigen Böden bzw. bei mindestens steifen bindigen Böden

- nicht mehr als zwei Drittel des charakteristischen Gleitwiderstands in der Fundamentsohle sowie
- nicht mehr als ein Drittel des charakteristischen Erdwiderstands vor der Stirnseite des Fundamentkörpers zur Herstellung des Gleichgewichts der charakteristischen bzw. repräsentativen Kräfte parallel zur Sohlfläche erforderlich sind.

Maßgebend: g + q

$\mu_{e(Gleit)} = H, d / (V, k \cdot \tan(\phi) / \gamma_{Gleiten}) + E_{p, d} =$

$\mu_{e(Gleit)} = 120.3 / (152.6 \cdot \tan(30.0) / 1.00 + 27.8) = 1.037$

Passive Wandreibung(Gleitsicherheit) / $\phi = -0.667$

Korrekturfaktor = 1.913

$E_{p, d} = 27.8$

Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)

$\mu_e = H, k / (2/3 \cdot V, k \cdot \tan(\phi) + 1/3 \cdot E_{p, k}) =$

$\mu_e = 120.3 / (2/3 \cdot 152.6 \cdot \tan(30.0) + 1/3 \cdot 27.8) = 1.768$

Korrekturfaktor = 1.913

$E_{p, k} = 27.8$ kN/m

Grundbruchstabilität

Maßgebend: = g + q

$H, k = 78.65$ kN/m

$M, k = 187.56$ kN/m

$V, k = 152.60$ kN/m

$V, d = 163.93$ kN/m

$R_n, d = 0.16$ kN/m

a = 85.000 m

b = 2.000 m

b' = -0.089 m

Ausnutzungsgrad = 999.900

$\gamma_{\text{Grundbruch}} = 1.000$

$\phi_{, k} = 30.0^\circ$

c, k = 0.0 kN/m²

$\gamma_{2} = 0.0$ kN/m³

$\sigma(\ddot{u}) = 16.0$ kN/m²

$N(c_0) = 30.14 / N(d_0) = 18.40 / N(b_0) = 10.05$

$nue(c) = 1.010 / nue(d) = 1.009 / nue(b) = 0.995$

$i(c) = 0.683 / i(d) = 0.700 / i(b) = 0.585$

Böschungsneigung = 0.0°

$I_{am}(c) = 1.000 / I_{am}(d) = 1.000 / I_{am}(b) = 1.000$

Sohlneigung = 0.0°

$\xi(c) = 1.000 / \xi(d) = 1.000 / \xi(b) = 1.000$

Tiefenbeiwerte:

$T(c) = 1.000 / T(d) = 1.000$

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.51



Nachweis EQU:

Momente (im Uhrzeigersinn positiv)

$M, g, k(+)$ = 154.07 / $M, q, k(+)$ = 0.00 kN·m/m

$M, g, k(-)$ = -190.97 / $M, q, k(-)$ = 0.00 kN·m/m

M, stb = 154.07 · 1.00 = 154.07

M, dst = 190.97 · 1.00 = 190.97

$\mu(EQU)$ = 190.97 / 154.07 = 1.240

Bewehrung Wand EC 2

Nachweis mit Erdruehdruk

Mindestlaengsbewehrung nicht beruecksichtigt.

Tiefe = 279.70 m

Beton C 30/37 / Stahl B500

M, d = 96.2 kN · m / m

N, k = -23.0 kN / m

$\epsilon_p(c2)$ [o/oo] = -2.0

$\epsilon_p(s1)$ [o/oo] = 25.0

A_{s1} [cm² / m] = 5.90

Di cke = 0.400 m

$d1$ = 0.050 m

$\sigma_1(I)$ = 3.55 / $\sigma_2(I)$ = -3.67 MN/m²

Tiefe = 279.70 m

Q, d = VSd = 95.1 kN / m

VRd, max = 1032.8 kN / m (z = 0.270 m)

(VSd / VRd, max = 0.0921)

Schubbewehrung nicht erforderlich.

VRd, c = 158.53 kN / m

Bewehrung Sporn Luftseite EC 2 (Anschnitt)

M, d = 0.0 kN · m / m

N, d = 0.0 kN / m

$\epsilon_p(c2)$ [o/oo] = 0.0

$\epsilon_p(s1)$ [o/oo] = 25.0

A_{s1} [cm² / m] = 0.00

Di cke = 0.800 m

$d1$ = 0.050 m

$\sigma_1(I)$ = 0.00 / $\sigma_2(I)$ = 0.00 MN/m²

Q, d = VSd = 0.0 kN / m

VRd, max = 2410.1 kN / m (z = 0.630 m)

(VSd / VRd, max = 0.0000)

Schubbewehrung nicht erforderlich.

VRd, c = 210.93 kN / m

Bewehrung Sporn Erdseite EC 2 (Anschnitt)

M, d = 0.0 kN · m / m

N, d = 0.0 kN / m

$\epsilon_p(c2)$ [o/oo] = 0.00

$\epsilon_p(s1)$ [o/oo] = 25.00

A_{s1} [cm² / m] = 0.00

Di cke = 0.800 m

$d1$ = 0.050 m

$\sigma_1(I)$ = 0.00 / $\sigma_2(I)$ = 0.00 MN/m²

Q, d = VSd = 0.0 kN / m

VRd, max = 2410.1 kN / m (z = 0.630 m)

(VSd / VRd, max = 0.0000)

Schubbewehrung nicht erforderlich.

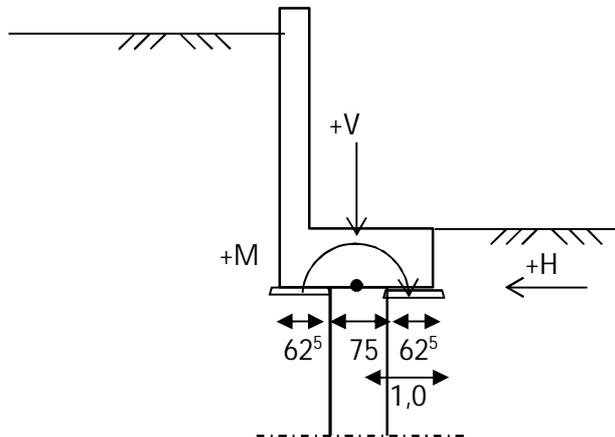
VRd, c = 210.93 kN / m



3.4.9 Zusammenstellung der Schnittgrößen für den Nachweis der Bohrpfahlwand

3.4.9.1 Ständige Bemessungssituation BS-P-1

Die Schnittgrößen werden aus der GGU-Berechnung, S. 3.12 entnommen. Diese beziehen sich auf den rechten unteren Fußpunkt der Wand.



Umrechnung auf Kräfte in der Mittelachse der Bohrpfähle:

Eigengewicht Winkelstützwand:	$V_{g,k,1}$	=	60,5 kN/m	
(obere 30 cm in GGU nicht modelliert)	$V_{g,k,2}$	=	$0,3 \times 0,4 \times 25 =$	3,0 kN/m
Moment:	$M_{g,k}$	=	$-25 \times (0,8 \times 2,35 \times (1,0 - 0,4/2))$	
		=	-37,6 kNm/m	

Erddruck:	$E_{ah,k,g}$	=	-27,1 kN/m
Moment:	$M_{E_{ah,k,g}}$	=	25,7 kNm/m
	$E_{ah,k,q}$	=	-19,0 kN/m
Moment:	$M_{E_{ah,k,q}}$	=	11,2 kNm/m

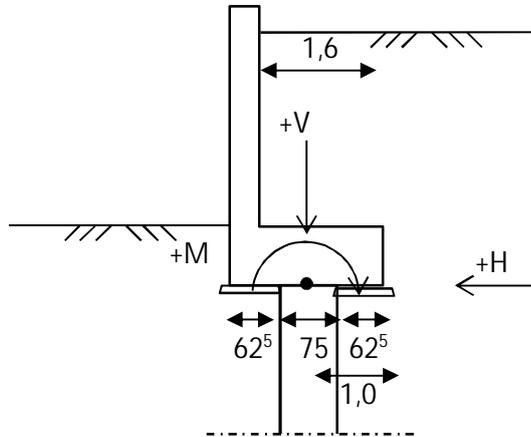
Zusammenfassung:

Vertikallasten:	$V_{g,k}$	=	$60,5 + 3,0$	=	63,5 kN/m
Horizontallasten:	$H_{g,k}$	=		=	-27,1 kN/m
	$H_{q,k}$	=		=	-19,0 kN/m
Momente:	$M_{g,k}$	=	$-37,6 + 25,7$	=	-11,9 kNm/m
	$M_{q,k}$	=		=	11,2 kNm/m



3.4.9.2 Ständige Bemessungssituation BS-P-2

Die Schnittgrößen werden aus der GGU-Berechnung, S. 3.19 entnommen. Diese beziehen sich auf den linken unteren Fußpunkt der Wand.



Umrechnung auf Kräfte in der Mittelachse der Bohrpfähle:

Eigengewicht Winkelstützwand:	$V_{g,k,1}$	=	63,0 kN/m	
(obere 65 cm in GGU nicht modelliert)	$V_{g,k,2}$	=	$0,65 \times 0,4 \times 25$	= 6,5 kN/m
Moment:	$M_{g,k}$	=	$-25 \times (0,8 \times 2,95 \times (1,0 - 0,4/2))$	= -47,2 kNm/m
Erddruck:	$E_{ah,k,g}$	=	27,2 kN/m	
Moment:	$M_{Eah,k,g}$	=	-30,4 kNm/m	
	$E_{ah,k,q}$	=	18,8 kN/m	
Moment:	$M_{Eah,k,q}$	=	-34,4 kNm/m	
Bodeneigengewicht:	$V_{g,k}$	=	73,6 kN/m	
Moment:	$M_{g,k}$	=	$73,6 \times 0,2$	= 14,7 kNm/m
Wasserdruck:	$V_{g,k}$	=	-17,0 kN/m	
Moment:	$M_{g,k}$	=	$-17,0 \times 0$	= 0,0 kNm/m
	$H_{g,k}$	=	14,4 kN/m	
Moment:	$M_{g,k}$	=	8,2 kNm/m	

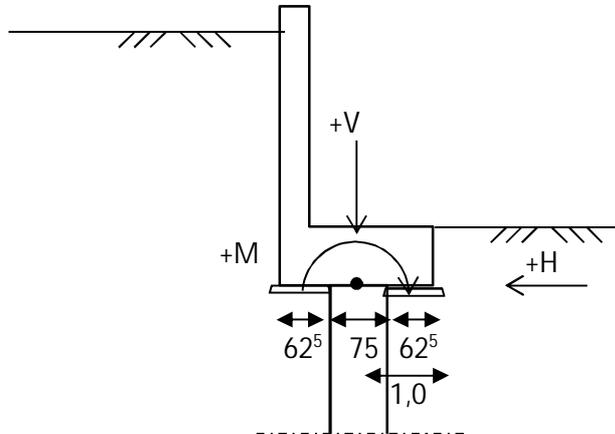
Zusammenfassung:

Vertikallasten:	$V_{g,k}$	=	$63,0 + 6,5 + 73,6 - 17$	= 126,1 kN/m
Horizontallasten:	$H_{g,k}$	=	$27,2 + 14,4$	= 41,6 kN/m
	$H_{q,k}$	=		18,8 kN/m
Momente:	$M_{g,k}$	=	$-47,2 + 14,7 + 8,2$	= -24,3 kNm/m
	$M_{q,k}$	=		-34,4 kNm/m



3.4.9.3 Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-1

Die Schnittgrößen werden aus der GGU-Berechnung, S. 3.27 entnommen. Diese beziehen sich auf den rechten unteren Fußpunkt der Wand.



Umrechnung auf Kräfte in der Mittelachse der Bohrpfähle:

Eigengewicht Winkelstützwand: $V_{g,k,1} = 60,5 \text{ kN/m}$
 (obere 30 cm in GGU nicht modelliert) $V_{g,k,2} = 0,3 \times 0,4 \times 25 = 3,0 \text{ kN/m}$
 Moment: $M_{g,k} = -25 \times (0,8 \times 2,35 \times (1,0 - 0,4/2)) = -37,6 \text{ kNm/m}$

Erddruck: $E_{ah,k,g} = -44,1 \text{ kN/m}$
 Moment: $M_{Eah,k,g} = 59,2 \text{ kNm/m}$

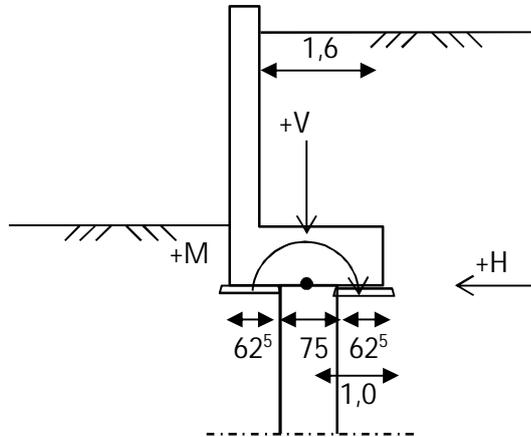
Zusammenfassung:

Vertikallasten: $V_{g,k} = 60,5 + 3,0 = 63,5 \text{ kN/m}$
 Horizontallasten: $H_{g,k} = -44,1 \text{ kN/m}$
 Momente: $M_{g,k} = -37,6 + 59,2 = 21,6 \text{ kNm/m}$



3.4.9.4 Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-2

Die Schnittgrößen werden aus der GGU-Berechnung, S. 3.36 entnommen. Diese beziehen sich auf den linken unteren Fußpunkt der Wand.



Umrechnung auf Kräfte in der Mittelachse der Bohrpfähle:

Eigengewicht Winkelstützwand: $V_{g,k,1} = 63,0 \text{ kN/m}$
 (obere 65 cm in GGU nicht modelliert) $V_{g,k,2} = 0,65 \times 0,4 \times 25 = 6,5 \text{ kN/m}$

Moment: $M_{g,k} = -25 \times (0,8 \times 2,95 \times (1,0 - 0,4/2)) = -47,2 \text{ kNm/m}$

Erddruck: $E_{ah,k,g} = 88,2 \text{ kN/m}$

Moment: $M_{Eah,k,g} = -143,7 \text{ kNm/m}$

Bodeneigengewicht: $V_{g,k} = 73,6 \text{ kN/m}$

Moment: $M_{g,k} = 73,6 \times 0,2 = 14,7 \text{ kNm/m}$

Zusammenfassung:

Vertikallasten: $V_{g,k} = 63,0 + 6,5 + 73,6 = 143,1 \text{ kN/m}$

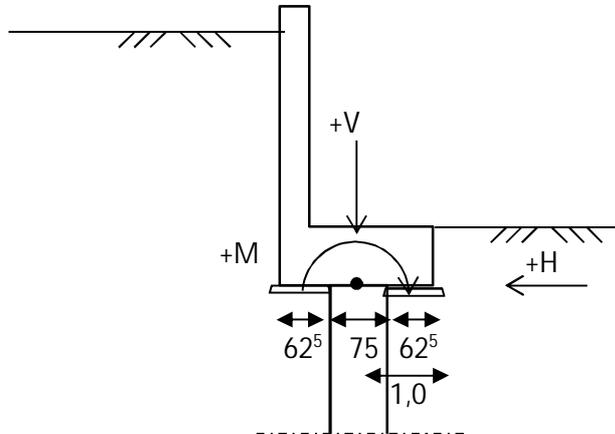
Horizontallasten: $H_{g,k} = 88,2 \text{ kN/m}$

Momente: $M_{g,k} = -47,2 - 143,7 + 14,7 = -176,2 \text{ kNm/m}$



3.4.9.5 Bemessungssituation Erdbeben BS-E-1

Die Schnittgrößen werden aus der GGU-Berechnung, S. 3.43 entnommen. Diese beziehen sich auf den rechten unteren Fußpunkt der Wand.



Umrechnung auf Kräfte in der Mittelachse der Bohrpfähle:

Eigengewicht Winkelstützwand: $V_{g,k,1} = 60,5 \text{ kN/m}$
 (obere 30 cm in GGU nicht modelliert) $V_{g,k,2} = 0,3 \times 0,4 \times 25 = 3,0 \text{ kN/m}$
 Moment: $M_{g,k} = -25 \times (0,8 \times 2,35 \times (1,0 - 0,4/2)) = -37,6 \text{ kNm/m}$

Erddruck: $E_{ah,k,g} = -60,6 \text{ kN/m}$
 Moment: $M_{Eah,k,g} = 80,1 \text{ kNm/m}$

Erdbeben: $H_{g,k} = -6,1 \text{ kN/m}$
 Moment: $M_{g,k} = 11,9 \text{ kNm/m}$

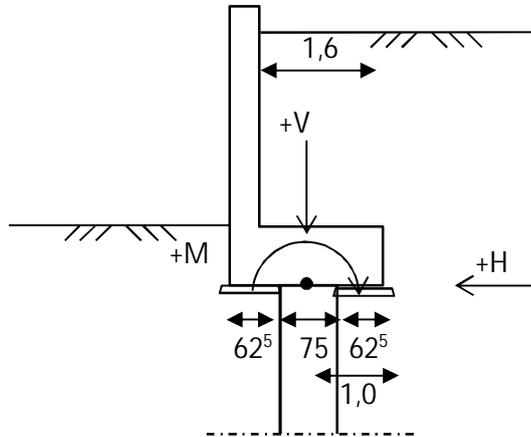
Zusammenfassung:

Vertikallasten: $V_{g,k} = 60,5 + 3,0 = 63,5 \text{ kN/m}$
 Horizontallasten: $H_{g,k} = -60,6 - 6,1 = -66,7 \text{ kN/m}$
 Momente: $M_{g,k} = -37,6 + 80,1 + 11,9 = 54,4 \text{ kNm/m}$



3.4.9.6 Bemessungssituation Erdbeben BS-E-2

Die Schnittgrößen werden aus der GGU-Berechnung, S. 3.50 entnommen. Diese beziehen sich auf den linken unteren Fußpunkt der Wand.



Umrechnung auf Kräfte in der Mittelachse der Bohrpfähle:

Eigengewicht Winkelstützwand: $V_{g,k,1} = 63,0 \text{ kN/m}$
 (obere 65 cm in GGU nicht modelliert) $V_{g,k,2} = 0,65 \times 0,4 \times 25 = 6,5 \text{ kN/m}$
 Moment: $M_{g,k} = -25 \times (0,8 \times 2,95 \times (1,0 - 0,4/2)) = -47,2 \text{ kNm/m}$

Erddruck: $E_{ah,k,g} = 106,6 \text{ kN/m}$
 Moment: $M_{Eah,k,g} = -169,1 \text{ kNm/m}$

Bodeneigengewicht: $V_{g,k} = 73,6 \text{ kN/m}$
 Moment: $M_{g,k} = 73,6 \times 0,2 = 14,7 \text{ kNm/m}$

Erdbeben: $H_{g,k} = 13,7 \text{ kN/m}$
 Moment: $M_{g,k} = -21,9 \text{ kNm/m}$

Zusammenfassung:

Vertikallasten: $V_{g,k} = 63,0 + 6,5 + 73,6 = 143,1 \text{ kN/m}$

Horizontallasten: $H_{g,k} = 106,6 + 13,7 = 120,3 \text{ kN/m}$

Momente: $M_{g,k} = -47,2 - 169,1 + 14,7 - 21,9 = -223,5 \text{ kNm/m}$

3.5 Nachweis der überschnittenen Bohrpfahlwand

3.5.1 Vorbemerkungen

Die Bohrpfahlwand befindet sich auf der gesamten Länge beidseitig im Erdreich. Die Baugrubensohle liegt auf Höhe der Bohrpfähle.

Der Nachweis der Bohrpfahlwand erfolgt unter Ansatz der Schnittgrößen am Wandfuß der Winkelstützwand (siehe Abschnitt 3.4.9).

3.5.2 Bemessungssituationen

3.5.2.1 Ständige Bemessungssituation BS-P-1

Normalabfluss

maßgebender Schnitt: Station S 0+030

Eigengewicht

aktiver Erddruck

Wasserstand:

kein Wasserdruckansatz

Verkehrslast auf L 238

$$q_{LM1,k} = 52,0 \text{ kN/m}^2$$

OK Bohrpfahlwand

$$+279,50 \text{ mNN}$$

3.5.2.2 Ständige Bemessungssituation BS-P-2

Bemessungswasserstand Z_v

maßgebender Schnitt: Station S 0+100

Eigengewicht

aktiver Erddruck

Wasserstand:

$$Z_v = +280,60 \text{ mNN}$$

Verkehrslast auf Wirtschaftsweg

$$q_{SLW30,k} = 16,7 \text{ kN/m}^2$$

OK Bohrpfahlwand

$$+278,90 \text{ mNN}$$

3.5.2.3 Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-1

Mittelwasserstand mit Verdichtungserddruck auf Winkelstützwand

maßgebender Schnitt: Station S 0+030

Eigengewicht

aktiver Erddruck

Wasserstand:

kein Wasserdruckansatz

OK Bohrpfahlwand

$$+279,50 \text{ mNN}$$



3.5.2.4 Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-2

Mittelwasserstand mit Verdichtungserddruck auf Winkelstützwand

maßgebender Schnitt: Station S 0+100

Eigengewicht

aktiver Erddruck

Wasserstand: kein Wasserdruckansatz

OK Bohrpfahlwand +278,90 mNN

3.5.2.5 Bemessungssituation Erdbeben BS-E-1

Erdbeben bei Normalabfluss

maßgebender Schnitt: Station S 0+030

Eigengewicht

aktiver Erddruck inkl. Erhöhung aus Erdbeben mit $\Delta k = 0,100$

Wasserstand: kein Wasserdruckansatz

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

OK Bohrpfahlwand +279,50 mNN

3.5.2.5 Bemessungssituation Erdbeben BS-E-2

Erdbeben bei Normalabfluss

maßgebender Schnitt: Station S 0+100

Eigengewicht

aktiver Erddruck inkl. Erhöhung aus Erdbeben mit $\Delta k = 0,100$

Wasserstand: kein Wasserdruckansatz

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

OK Bohrpfahlwand +278,90 mNN



3.5.3 Ständige Bemessungssituation BS-P-1

Eingangsparameter:

Wand-OK = +279,50 mNN (beidseitig erdangeschüttet)

WS kein Wasserdruckansatz

Verkehrslast = 52,0 kN/m² auf L 238

Erddruckansatz: aktiver Erddruck

Erdauflast Aktivseite (Bereich Winkelstützwand, $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$):

$$g_{k,a} = (282,35 - 279,50) \times 20 = 57,0 \text{ kN/m}^2$$

Erdauflast Passivseite sichere Seite keine Erdauflast

Bohrpfahlkopflasten aus Abschnitt 3.4.9.1:

Vertikallasten: $V_{g,k} = 63,5 \text{ kN/m}$

Horizontallasten: $H_{g,k} = -27,1 \text{ kN/m}$

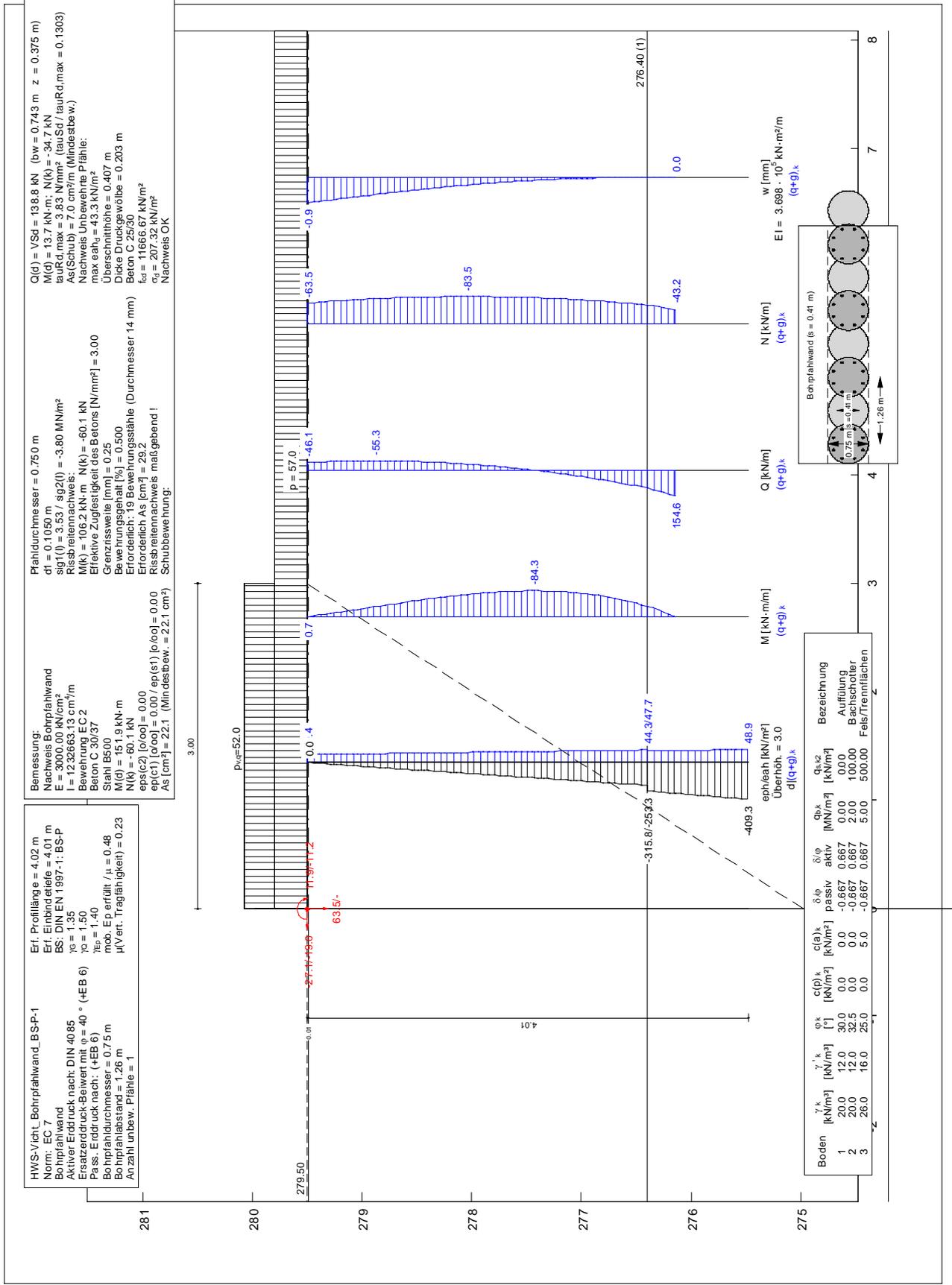
$H_{q,k} = -19,0 \text{ kN/m}$

Momente: $M_{g,k} = -11,9 \text{ kNm/m}$

$M_{q,k} = 11,2 \text{ kNm/m}$

Teilsicherheitsbeiwerte für BS-P

Programmausgabe GGU Retain siehe nachfolgende Seiten.



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.62



Bohrpfahl wand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

HWS-Vicht_Bohrpfahlwand_BS-P-1

Indizes:

d = Bemessungswert
k = charakteristisch
g = Ständig, einschließlich Wasserdruck
q = Veränderlich
g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck
w = Wasserdruck

Wandkopf = 279.50 mNHN

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m
Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 279.49 mNHN
Bohrpfahldurchmesser = 0.75 m
Bohrpfahlabstand = 1.26 m
Anzahl unbew. Pfähle = 1

Grundwasserstand (rechts) = 267.51 mNHN
Grundwasserstand (links) = 267.51 mNHN
Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teilsicherheiten

BS: DIN EN 1997-1: BS-P
gamma(G) = 1.35
gamma(Q) = 1.50
gamma(Ep) = 1.40
Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 57.00 kN/m²

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

Nr.	sig(v)	sig(h)	x(links)	x(rechts)	Tiefe
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[mNHN]
1	52.00	0.00	0.00	3.00	279.50

Nr.	y(oben)	y(mitte)	y(unten)	p(oben)	p(mitte)	p(unten)	Typ
[-]	[mNHN]	[mNHN]	[mNHN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
1	279.50	279.50	274.98	14.46	14.46	14.46	0 Verkehrslast

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Kraftränder

Momente (im Uhrzeigersinn positiv)

Horizontalkräfte (nach rechts positiv)

Vertikalkräfte (nach unten positiv)

Nr.	Tiefe	M, g, k	M, q, k	H, g, k	H, q, k	V, g, k	V, q, k
[-]	[mNHN]	[kN·m/m]	[kN·m/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	279.50	11.90	-11.20	-27.10	-19.00	63.50	0.00

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph, d = 474.96 kN/m (Epv, d = -175.75 kN/m)
Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh, d / Eph, d = 1.000
Bh(g+q), d = 474.96 kN/m
Bh, g, d = 268.71 kN/m
Bh, q, d = 206.25 kN/m
Bh, w, d = 0.00 kN/m

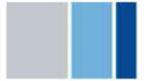
020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.63



Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch, k = 154.57 kN/m
Ch, g, k = 77.41 kN/m
Ch, q, k = 77.16 kN/m
Ch, w, k = 0.00 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	gam, k	gam', k	phi, k	c(pas), k	c(akt), k	d(p)/phi	d(a)/phi	qb, k	qs, k2
[-]	[mNHN]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]	[kN/m ²]
1	276.40	20.00	12.00	30.00	0.00	0.00	-0.667	0.667	0.00	0.00
2	274.20	20.00	12.00	32.50	0.00	0.00	-0.667	0.667	2.00	100.00
3	250.00	26.00	16.00	25.00	0.00	5.00	-0.667	0.667	5.00	500.00

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert mit phi = 40 ° (+ EB 6)
Ersatzerddruck-Beiwert kah wird angewendet, wenn Kohäsion <> 0.0.
Ersatzerddruck-Beiwert kah wird nur auf ständige Lasten angewendet.
bestimmt nach: (+ EB 6)

Schicht	UK	kagh	kach	phi, k	del ta	theta	kagh(40°)
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[-]
1	276.40	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98	0.179
2	274.20	0.251	0.866	32.500	21.68	57.46	0.179
3	250.00	0.346	1.043	25.000	16.68	53.00	0.179

Aktive Erddruckordinaten ([g+q], k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
279.500	279.490	30.384	30.440	0.00	0.00
279.490	278.493	30.440	36.009	0.00	0.00
278.493	278.095	36.009	38.237	0.00	0.00
278.095	277.496	38.237	41.578	0.00	0.00
277.496	277.447	41.578	41.857	0.00	0.00
277.447	276.500	41.857	47.148	0.00	0.00
276.500	276.400	47.148	47.705	0.00	0.00
276.400	276.146	44.284	45.558	0.00	0.00
276.146	274.977	45.558	36.955	0.00	0.00
274.977	274.200	36.955	40.851	0.00	0.00
274.200	267.510	51.122	111.240	0.00	0.00
267.510	250.000	111.240	208.070	0.00	0.00

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017 ger. GF

Schicht	UK	kpgh	kpch	phi, k	del ta	theta
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	276.40	5.739	6.960	30.000	-20.01	18.10
2	274.20	7.155	8.286	32.500	-21.68	16.35
3	250.00	3.909	5.182	25.000	-16.68	21.54

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.40

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
279.50	279.49	0.00	0.00
279.49	278.49	0.00	-81.73
278.49	278.09	-81.73	-114.42
278.09	277.50	-114.42	-163.45
277.50	277.45	-163.45	-167.54
277.45	276.50	-167.54	-245.18
276.50	276.40	-245.18	-253.35
276.40	276.15	-315.85	-341.81
276.15	274.98	-341.81	-461.27
274.98	274.20	-461.27	-540.72
274.20	267.51	-295.41	-781.09
267.51	250.00	-781.09	-1563.34

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
279.50	-85.7	-65.1	0.7

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.64



279.49	-86.1	-65.5	-1.4
278.49	-110.3	-72.0	-76.0
278.09	-112.5	-54.0	-101.5
277.50	-107.7	-5.0	-120.5
277.45	-106.9	0.2	-120.6
276.50	-78.5	135.2	-61.7
276.40	-74.1	153.3	-47.3
276.15	-53.0	220.2	0.0

Schnittgrößen (g, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
279.50	-63.5	-27.1	-11.9
279.49	-63.7	-27.3	11.6
278.49	-80.8	-29.8	-19.0
278.09	-84.9	-23.3	-29.8
277.50	-88.2	-5.6	-38.9
277.45	-88.3	-3.7	-39.1
276.50	-85.7	45.4	-21.2
276.40	-85.0	52.0	-16.4
276.15	-79.0	77.4	0.0

Schnittgrößen (q, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
279.50	0.0	-19.0	11.2
279.49	-0.1	-19.1	-11.4
278.49	-0.8	-21.2	-33.5
278.09	1.5	-15.0	-40.9
277.50	7.5	1.6	-45.3
277.45	8.2	3.4	-45.2
276.50	24.9	49.3	-22.0
276.40	27.1	55.4	-16.8
276.15	35.7	77.2	0.0

Schnittgrößen (w, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
279.50	0.0	0.0	0.0
279.49	0.0	0.0	0.0
278.49	0.0	0.0	0.0
278.09	0.0	0.0	0.0
277.50	0.0	0.0	0.0
277.45	0.0	0.0	0.0
276.50	0.0	0.0	0.0
276.40	0.0	0.0	0.0
276.15	0.0	0.0	0.0

Weggrößen ([g+q], k)

berechnet mit $EI = 3.698E+5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe	w
[m]	[mm]
279.50	-0.9
279.49	-0.9
279.49	-0.9
279.44	-0.9
278.54	-0.5
278.49	-0.4
278.49	-0.4
278.44	-0.4
278.14	-0.3
278.09	-0.3
278.09	-0.3
278.04	-0.3
277.55	-0.1
277.50	-0.1
277.50	-0.1
277.45	-0.1
277.45	-0.1
277.40	-0.1

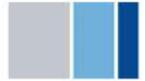
020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.65



276.55 0.0
276.50 0.0
276.50 0.0
276.45 0.0
276.45 0.0
276.40 0.0
276.40 0.0
276.35 0.0
276.20 0.0
276.15 0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]
phi, [g+q], k: 0.00000000
Theoretischer Fußpunkt = 276.146 m

Nachweis Bohrpfehlwand

E = 3000.00 kN/cm²

I = 1232663.13 cm⁴/m

Bewehrung EC 2

Beton C 30/37

Stahl B500

M(d) = 151.9 kN·m

N(k) = -60.1 kN

eps(c2) [o/oo] = 0.00

ep(c1) [o/oo] = 0.00 / ep(s1) [o/oo] = 0.00

As [cm²] = 22.1 (Mindestbew. = 22.1 cm²)

Pfeildurchmesser = 0.750 m

d1 = 0.1050 m

sig1(l) = 3.53 / sig2(l) = -3.80 MN/m²

Rissbreitennachweis:

M(k) = 106.2 kN·m N(k) = -60.1 kN

Effektive Zugfestigkeit des Betons [N/mm²] = 3.00

Grenzzrissweite [mm] = 0.25

Bewehrungsgehalt [%] = 0.500

Erforderlich: 19 Bewehrungsstäbe (Durchmesser 14 mm)

Erforderlich As [cm²] = 29.2

Rissbreitennachweis maßgebend !

Schubbewehrung:

Q(d) = VSd = 138.8 kN (bw = 0.743 m z = 0.375 m)

M(d) = 13.7 kN·m; N(k) = -34.7 kN

tauRd,max = 3.83 N/mm² (tauSd / tauRd,max = 0.1303)

As(Schub) = 7.0 cm²/m (Mindestbew.)

Nachweis unbewehrte Pfehle:

max eah,d = 43.3 kN/m²

Überschnittshöhe = 0.407 m

Dicke Druckgewölbe = 0.203 m

Beton C 25/30

f,cd = 11666.7 kN/m²

sigma(d) = 207.32 kN/m²

Nachweis OK

max M,d = 120.6 kN·m/m (Tiefe = 277.45 m)

Zugehörige Werte: N,d = -106.9 kN/m; Q,d = 0.2 kN/m; w,k = 0.1 mm

max Q,d = 220.2 kN·m/m (Tiefe = 276.15 m)

Zugehörige Werte: N,d = -53.0 kN/m; M,d = 0.0 kN·m/m; w,k = 0.0 mm

max N,d = 112.5 kN/m (Tiefe = 278.09 m)

Zugehörige Werte: Q,d = -54.0 kN/m; M,d = -101.5 kN·m/m; w,k = 0.4 mm

max w,k = 0.9 mm (Tiefe = 279.50 m)

Zugehörige Werte: N,d = -85.7 kN/m; Q,d = -65.1 kN/m; M,d = -0.7 kN·m/m

Vergrößerung der Einbindtiefe um 20.00 %

Einbindtiefe tg = 4.01 m

Profillänge = 4.02 m

Nachweis Summe V

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.66



Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

$$\text{Bedingung: } G, k + P_v, k + E_{av}, k + 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(C)) \geq (B_h, k - 0.5 \cdot Ch, k) \cdot \tan(\delta(p))$$

$$G, k = 65.24 \text{ kN/m}$$

$$P_v, k = 63.50 \text{ kN/m}$$

$$E_{av}, k = 48.61 \text{ kN/m (} E_{ah}, k = 132.45 \text{ kN/m)}$$

$$Ch, k = 154.57 \text{ kN/m}$$

$$B_v, k = -123.26 \text{ kN/m}$$

$$\delta(p) [^\circ] = -21.7$$

$$\delta(C) [^\circ] = 10.8$$

$$\text{Summe } V, k = 99.58 \text{ kN/m (Druck)}$$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit
(Eigene Erfahrungswerte)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (Links)

Bohrpfahlwand $D = 0.75 \text{ m}$

$$R, B_v, d = (B_h, k - 1/2 \cdot Ch, k) \cdot \tan(\delta(p)) / \gamma(E_p)$$

$$R, B_v, d = (333.12 - 1/2 \cdot 154.57) \cdot \tan(21.7^\circ) / 1.40 = 72.64 \text{ kN/m}$$

$$R, C_v, d = 1/2 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(C)) / \gamma(E_p)$$

$$R, C_v, d = 1/2 \cdot 154.57 \cdot \tan(21.7^\circ) / 1.40 = 21.94 \text{ kN/m}$$

Verhältniswert (min, max) = 0.00

$$q_b, k = 2.00 \text{ MN/m}^2$$

$$R_b, d = A \cdot q_b, k / \gamma(q_b, k) = 0.6487 \cdot 2.00 \cdot 1000 / 1.40 = 926.69 \text{ kN/m}$$

Mantelreibung

von	bis	qs, k [kN/m ²]	Bezeichnung
279.49	276.40	0.00	Auffüllung
276.40	275.48	100.00	Bachschotter

Mantelfläche (TF + dt1) von 276.15 bis 275.48 m = 1.000 m²/m/m ==> R, s_3, d

$$R, s_3, d = R, s_3, k / \gamma(q_s, k) = 66.88 / 1.40 = 47.77 \text{ kN/m}$$

$$R, d = R, B_v, d + R, C_v, d + R_b, d + R, s_3, d = 1069.05 \text{ kN/m}$$

Einwirkungen

$$V, d = G, d + E_{av}, d + P_v, d = 88.07 + 68.30 + 85.73 = 242.10 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V, d / R, d = 242.10 / 1069.05 = 0.23$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Hydraulische Grundbruchsicherheit

$$UK \text{ Schicht} = 279.50$$

$$\gamma(\text{Gewicht}) = 0.95$$

$$\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.45$$

$$\text{Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch} = 0.000$$

$$= 0.000 = (1.45 \cdot 0.00) / (0.95 \cdot 0.00)$$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich!

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

$$\text{Faktor Verkehrslasten } f_Q = 1.500 / 1.350 = 1.111$$

$$\text{Teilsicherheit (Grundbruch) } \gamma(R_v) = 1.400$$

$$\text{Breite} = 0.04 \text{ m}$$

$$\text{Gewicht } G, k \text{ (einschließlich Verkehr)} = 8.20 \text{ [kN/m]}$$

$$\text{(Verkehr erhöht mit Faktor} = 1.111)$$

$$E_{av}, k (\delta = 2/3 \cdot \phi) = 61.14 \text{ [kN/m]}$$

$$\text{Kohäsionskraft } K, k = 0.00 \text{ [kN/m]}$$

$$\text{Grundbruchlast } R_n, k = 40.55 \text{ [kN/m]}$$

Grundbruch mit:

$$\text{Reibungswinkel } \phi, k = 26.08 [^\circ]$$

$$\text{Kohäsion } c, k = 0.00 \text{ [kN/m}^2]$$

$$N_d = 11.960 / N_b = 5.365 / N_c = 22.389$$

$$s_{ig, \dot{u}} = 80.257 \text{ [kN/m}^2]$$

$$\mu_e = [G, k \cdot \gamma(G)] / [(R_n, k + K, k + E_{av}, k) / \gamma(R_v)] = 0.152$$

$$\mu_e = [8.20 \cdot 1.35] / [(40.55 + 0.00 + 61.14) / 1.400] = 0.152$$

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.67



3.5.4 Ständige Bemessungssituation BS-P-2

Eingangsparameter:

Wand-OK = +278,90 mNN (beidseitig erdangeschüttet)

Z_v = +280,60 mNN

Verkehrslast = 16,7 kN/m² auf Wirtschaftsweg

Erddruckansatz: aktiver Erddruck

Erdauflast Aktivseite (Bereich Winkelstützwand, $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$, $\gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$):

$$g_{k,a1} = (282,0 - 280,6) \times 20 + (280,6 - 278,9) \times 10 = 45,0 \text{ kN/m}^2$$

Wasserauflast Aktivseite:

$$g_{k,a2} = (280,60 - 278,90) \times 10 = 17,0 \text{ kN/m}^2$$

Erdauflast Passivseite sichere Seite keine Erdauflast

Bohrpfahlkopflasten aus Abschnitt 3.4.9.2:

Vertikallasten: $V_{g,k} = 126,1 \text{ kN/m}$

Horizontallasten: $H_{g,k} = 41,6 \text{ kN/m}$

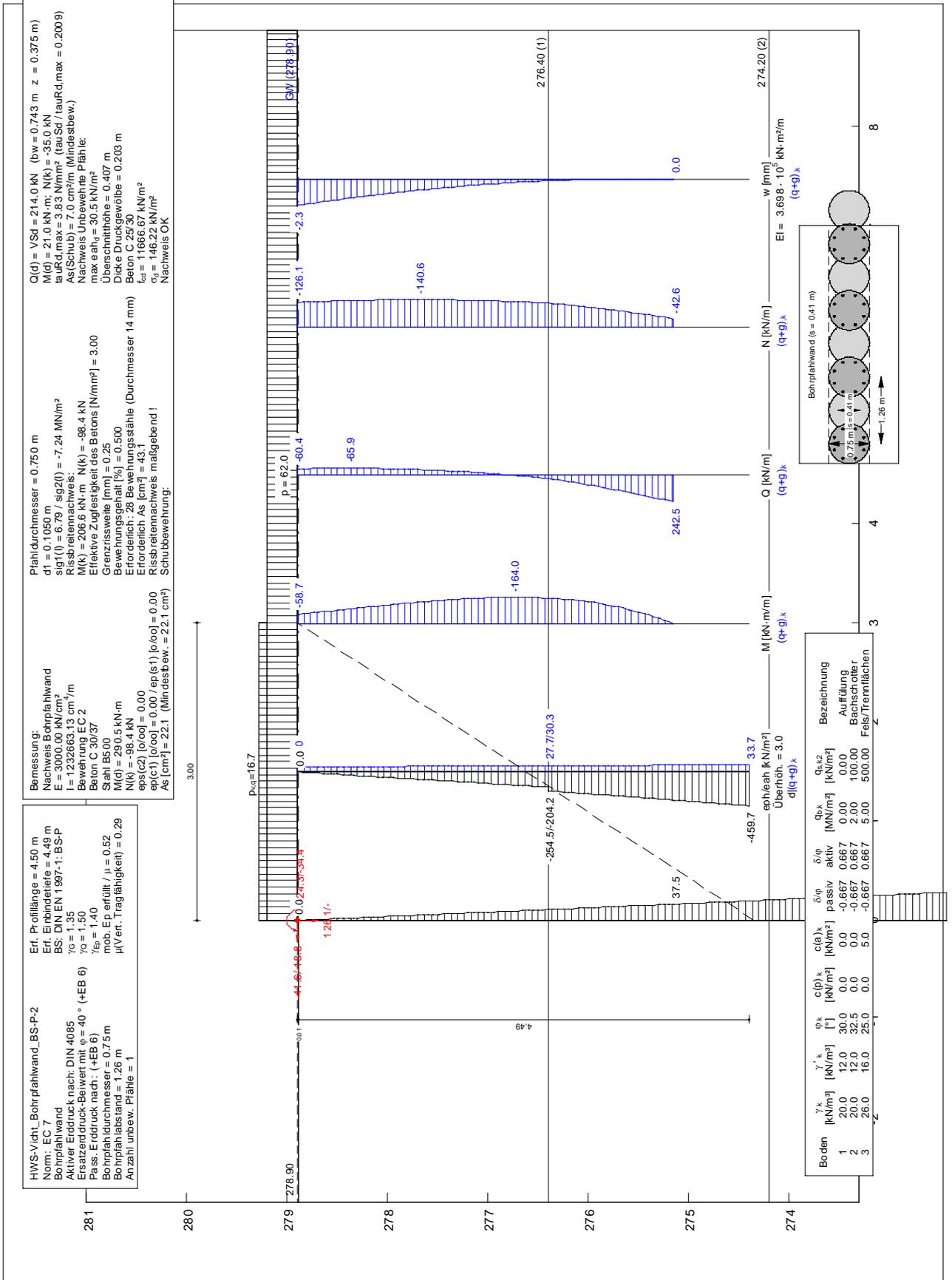
$H_{q,k} = 18,8 \text{ kN/m}$

Momente: $M_{g,k} = -24,3 \text{ kNm/m}$

$M_{q,k} = -34,4 \text{ kNm/m}$

Teilsicherheitsbeiwerte für BS-P

Programmausgabe GGU Retain siehe nachfolgende Seiten.



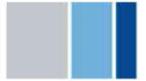
020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.69



Bohrpfahl wand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

HWS-Vicht_Bohrpfahlwand_BS-P-2

Indizes:

d = Bemessungswert
k = charakteristisch
g = Ständig, einschließlich Wasserdruck
q = Veränderlich
g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck
w = Wasserdruck

Wandkopf = 278.90 mNHN

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m
Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 278.89 mNHN
Bohrpfahldurchmesser = 0.75 m
Bohrpfahlabstand = 1.26 m
Anzahl unbew. Pfähle = 1

Grundwasserstand (rechts) = 278.90 mNHN
Grundwasserstand (links) = 267.51 mNHN
Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teilsicherheiten

BS: DIN EN 1997-1: BS-P
gamma(G) = 1.35
gamma(Q) = 1.50
gamma(Ep) = 1.40
Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 62.00 kN/m²

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

Nr.	sig(v)	sig(h)	x(links)	x(rechts)	Tiefe
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[mNHN]
1	16.70	0.00	0.00	3.00	278.90

Nr.	y(oben)	y(mitte)	y(unten)	p(oben)	p(mitte)	p(unten)	Typ
[-]	[mNHN]	[mNHN]	[mNHN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
1	278.90	278.90	274.34	4.63	4.63	4.63	0 Verkehrslast

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Kraftränder

Momente (im Uhrzeigersinn positiv)
Horizontalkräfte (nach rechts positiv)
Vertikalkräfte (nach unten positiv)

Nr.	Tiefe	M, g, k	M, q, k	H, g, k	H, q, k	V, g, k	V, q, k
[-]	[mNHN]	[kN·m/m]	[kN·m/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	278.90	-24.30	-34.40	-41.60	-18.80	126.10	0.00

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:
Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:
Eph, d = 653.93 kN/m (Epv, d = -251.46 kN/m)
Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh, d / Eph, d = 1.000
Bh(g+q), d = 653.93 kN/m
Bh, g, d = 491.98 kN/m
Bh, q, d = 161.95 kN/m
Bh, w, d = 103.78 kN/m

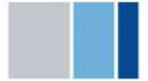
020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.70



Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch, k = 242.51 kN/m
Ch, g, k = 160.86 kN/m
Ch, q, k = 81.65 kN/m
Ch, w, k = 5.04 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	gam, k	gam', k	phi, k	c(pas), k	c(akt), k	d(p)/phi	d(a)/phi	qb, k	qs, k2
[-]	[mNHN]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]	[kN/m ²]
1	276.40	20.00	12.00	30.00	0.00	0.00	-0.667	0.667	0.00	0.00
2	274.20	20.00	12.00	32.50	0.00	0.00	-0.667	0.667	2.00	100.00
3	250.00	26.00	16.00	25.00	0.00	5.00	-0.667	0.667	5.00	500.00

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert mit phi = 40 ° (+ EB 6)
Ersatzerddruck-Beiwert kah wird angewendet, wenn Kohäsion <> 0.0.
Ersatzerddruck-Beiwert kah wird nur auf ständige Lasten angewendet.
bestimmt nach: (+ EB 6)

Schicht	UK	kagh	kach	phi, k	delta	theta	kagh(40°)
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[-]
1	276.40	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98	0.179
2	274.20	0.251	0.866	32.500	21.68	57.46	0.179
3	250.00	0.346	1.043	25.000	16.68	53.00	0.179

Aktive Erddruckordinaten ([g+q], k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
278.900	278.890	21.954	21.988	0.00	0.10
278.890	277.894	21.988	25.327	0.10	10.06
277.894	277.745	25.327	25.828	10.06	11.55
277.745	276.898	25.828	28.666	11.55	20.02
276.898	276.749	28.666	29.167	20.02	21.51
276.749	276.400	29.167	30.335	21.51	25.00
276.400	275.898	27.691	29.200	25.00	30.02
275.898	275.145	29.200	31.464	30.02	37.55
275.145	274.342	31.464	29.245	37.55	45.58
274.342	274.200	29.245	29.673	45.58	47.00
274.200	267.510	35.707	72.703	47.00	113.90
267.510	250.000	72.703	169.533	113.90	113.90

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017 ger. GF

Schicht	UK	kpgh	kpch	phi, k	delta	theta
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	276.40	5.739	6.960	30.000	-20.01	18.10
2	274.20	7.155	8.286	32.500	-21.68	16.35
3	250.00	3.909	5.182	25.000	-16.68	21.54

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.40

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
278.90	278.89	0.00	0.00
278.89	277.89	0.00	-81.66
277.89	277.74	-81.66	-93.91
277.74	276.90	-93.91	-163.32
276.90	276.75	-163.32	-175.57
276.75	276.40	-175.57	-204.15
276.40	275.90	-254.52	-305.81
275.90	275.15	-305.81	-382.75
275.15	274.34	-382.75	-464.83
274.34	274.20	-464.83	-479.39
274.20	267.51	-261.91	-747.58
267.51	250.00	-747.58	-1529.84

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
278.90	-170.2	-84.4	84.4

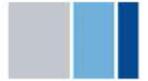
020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.71



278.89	-170.6	-84.7	-85.3
277.89	-189.3	-82.9	-174.1
277.74	-189.6	-77.1	-186.0
276.90	-179.7	-17.0	-229.2
276.75	-175.8	-1.6	-230.6
276.40	-164.3	40.0	-224.1
275.90	-126.7	143.7	-178.9
275.15	-51.6	339.6	0.0

Schnittgrößen (g, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
278.90	-126.1	-41.6	24.3
278.89	-126.3	-41.8	-24.7
277.89	-141.3	-43.5	-69.8
277.74	-142.2	-41.1	-76.1
276.90	-141.2	-14.0	-101.0
276.75	-139.9	-6.8	-102.6
276.40	-135.6	12.5	-101.7
275.90	-117.8	63.7	-83.0
275.15	-81.3	160.9	0.0

Schnittgrößen (q, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
278.90	0.0	-18.8	34.4
278.89	0.0	-18.8	-34.6
277.89	1.0	-16.1	-53.2
277.74	1.6	-14.5	-55.5
276.90	7.3	1.2	-61.9
276.75	8.7	5.1	-61.4
276.40	12.5	15.4	-57.9
275.90	21.6	38.4	-44.5
275.15	38.8	81.7	0.0

Schnittgrößen (w, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
278.90	0.0	0.0	0.0
278.89	0.0	0.0	0.0
277.89	1.7	-0.4	-0.1
277.74	2.3	-0.5	-0.2
276.90	6.8	-1.3	-0.9
276.75	7.9	-1.4	-1.1
276.40	10.7	-1.9	-1.7
275.90	17.1	0.5	-2.0
275.15	29.0	5.0	0.0

Weggrößen ([g+q], k)

berechnet mit $EI = 3.698E+5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe	w
[m]	[mm]
278.90	-2.3
278.89	-2.3
278.89	-2.3
278.84	-2.2
277.94	-1.2
277.89	-1.2
277.89	-1.2
277.84	-1.1
277.79	-1.1
277.74	-1.0
277.74	-1.0
277.69	-1.0
276.95	-0.4
276.90	-0.4
276.90	-0.4
276.85	-0.4
276.80	-0.3
276.75	-0.3

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.72



276.75 -0.3
276.70 -0.3
276.45 -0.2
276.40 -0.2
276.40 -0.2
276.35 -0.1
275.95 0.0
275.90 0.0
275.90 0.0
275.85 0.0
275.20 0.0
275.15 0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]
phi, [g+q], k: 0.00000000
Theoretischer Fußpunkt = 275.145 m

Nachweis Bohrpfehlwand

E = 3000.00 kN/cm²
I = 1232663.13 cm⁴/m
Bewehrung EC 2
Beton C 30/37
Stahl B500
M(d) = 290.5 kN·m
N(k) = -98.4 kN
eps(c2) [o/oo] = 0.00
ep(c1) [o/oo] = 0.00 / ep(s1) [o/oo] = 0.00
As [cm²] = 22.1 (Mindestbew. = 22.1 cm²)
Pfeildurchmesser = 0.750 m
d1 = 0.1050 m
sig1(l) = 6.79 / sig2(l) = -7.24 MN/m²
Rissbreitennachweis:
M(k) = 206.6 kN·m N(k) = -98.4 kN
Effektive Zugfestigkeit des Betons [N/mm²] = 3.00
Grenzrissweite [mm] = 0.25
Bewehrungsgehalt [%] = 0.500
Erforderlich: 28 Bewehrungsstäbe (Durchmesser 14 mm)
Erforderlich As [cm²] = 43.1
Rissbreitennachweis maßgebend!
Schubbewehrung:
Q(d) = VSd = 214.0 kN (bw = 0.743 m z = 0.375 m)
M(d) = 21.0 kN·m; N(k) = -35.0 kN
tauRd,max = 3.83 N/mm² (tauSd / tauRd,max = 0.2009)
As(Schub) = 7.0 cm²/m (Mindestbew.)
Nachweis unbewehrte Pfehle:
max eah,d = 30.5 kN/m²
Überschnittshöhe = 0.407 m
Dicke Druckgewölbe = 0.203 m
Beton C 25/30
f,cd = 11666.7 kN/m²
sigma(d) = 146.22 kN/m²
Nachweis OK

max M,d = 230.6 kN·m/m (Tiefe = 276.75 m)
Zugehörige Werte: N,d = -175.8 kN/m; Q,d = -1.6 kN/m; w,k = 0.3 mm

max Q,d = 339.6 kN·m/m (Tiefe = 275.15 m)
Zugehörige Werte: N,d = -51.6 kN/m; M,d = 0.0 kN·m/m; w,k = 0.0 mm

max N,d = 189.6 kN/m (Tiefe = 277.74 m)
Zugehörige Werte: Q,d = -77.1 kN/m; M,d = -186.0 kN·m/m; w,k = 1.4 mm

max w,k = 2.3 mm (Tiefe = 278.90 m)
Zugehörige Werte: N,d = -170.2 kN/m; Q,d = -84.4 kN/m; M,d = -84.4 kN·m/m

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %
Einbindetiefe tg = 4.49 m
Profillänge = 4.50 m

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 3.73



Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

$$\text{Bedingung: } G_{,k} + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot Ch_{,k} \cdot \tan(\delta(C)) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot Ch_{,k}) \cdot \tan(\delta(p))$$

$$G_{,k} = 73.03 \text{ kN/m}$$

$$P_{v,k} = 126.10 \text{ kN/m}$$

$$E_{av,k} = 38.55 \text{ kN/m (Eah,k = 102.47 kN/m)}$$

$$Ch_{,k} = 242.51 \text{ kN/m}$$

$$B_{v,k} = -182.99 \text{ kN/m}$$

$$\delta(p) [^\circ] = -21.7$$

$$\delta(C) [^\circ] = 10.8$$

$$\text{Summe } V_{,k} = 126.08 \text{ kN/m (Druck)}$$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Eigene Erfahrungswerte)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Bohrpfahlwand $D = 0.75 \text{ m}$

$$R_{,Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot Ch_{,k}) \cdot \tan(\delta(p)) / \gamma(E_p)$$

$$R_{,Bv,d} = (475.87 - 1/2 \cdot 242.51) \cdot \tan(21.7^\circ) / 1.40 = 100.68 \text{ kN/m}$$

$$R_{,Cv,d} = 1/2 \cdot Ch_{,k} \cdot \tan(\delta(C)) / \gamma(E_p)$$

$$R_{,Cv,d} = 1/2 \cdot 242.51 \cdot \tan(21.7^\circ) / 1.40 = 34.43 \text{ kN/m}$$

Verhältnswert (min, max) = 0.00

$$q_{b,k} = 2.00 \text{ MN/m}^2$$

$$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma(q_{b,k}) = 0.6487 \cdot 2.00 \cdot 1000 / 1.40 = 926.69 \text{ kN/m}$$

Mantelreibung

von	bis	qs, k [kN/m ²]	Bezeichnung
278.89	276.40	0.00	Auffüllung
276.40	274.40	100.00	Bachschotter

Mantelfläche (TF + dt1) von 275.15 bis 274.40 m = 1.000 m²/m/m ==> R_{s3,d}

$$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma(q_{s,k}) = 74.89 / 1.40 = 53.49 \text{ kN/m}$$

$$R_{,d} = R_{,Bv,d} + R_{,Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 1115.30 \text{ kN/m}$$

Einwirkungen

$$V_{,d} = G_{,d} + E_{av,d} + P_{v,d} = 98.60 + 53.03 + 170.24 = 321.86 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V_{,d} / R_{,d} = 321.86 / 1115.30 = 0.29$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Hydraulische Grundbruchsi cherheit

UK Schicht = 278.90

$$\gamma(\text{Gewicht}) = 0.95$$

$$\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.45$$

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000

$$= 0.000 = (1.45 \cdot 0.00) / (0.95 \cdot 0.00)$$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchsi cherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

$$\text{Faktor Verkehrslasten } f_Q = 1.500 / 1.350 = 1.111$$

$$\text{Teilsicherheit (Grundbruch) } \gamma(R_v) = 1.400$$

Breite = 0.04 m

$$\text{Gewicht } G_{,k} \text{ (einschließlich Verkehr)} = 7.54 \text{ [kN/m]}$$

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.111)

$$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \phi) = 48.16 \text{ [kN/m]}$$

$$\text{Kohäsionskraft } K_{,k} = 0.00 \text{ [kN/m]}$$

$$\text{Grundbruchlast } R_{n,k} = 44.99 \text{ [kN/m]}$$

Grundbruch mit:

$$\text{Reibungswinkel } \phi_{,k} = 26.00 [^\circ]$$

$$\text{Kohäsion } c_{,k} = 0.00 \text{ [kN/m}^2]$$

$$N_d = 11.857 / N_b = 5.296 / N_c = 22.258$$

$$\sigma_{\dot{u}} = 89.870 \text{ [kN/m}^2]$$

$$\mu_e = [G_{,k} \cdot \gamma(G)] / [(R_{n,k} + K_{,k} + E_{av,k}) / \gamma(R_v)] = 0.153$$

$$\mu_e = [7.54 \cdot 1.35] / [(44.99 + 0.00 + 48.16) / 1.400] = 0.153$$

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.74



3.5.5 Vorübergehende Bemessungssituation BS-T-1

Eingangsparameter:

Wand-OK = +279,50 mNN (beidseitig erdangeschüttet)

WS kein Wasserdruckansatz

Erddruckansatz: aktiver Erddruck einschließlich Verdichtungserddruck auf die Winkelstützwand

Erdauflast Aktivseite (Bereich Winkelstützwand, $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$):

$$g_{k,a} = (282,35 - 279,50) \times 20 = 57,0 \text{ kN/m}^2$$

Erdauflast Passivseite sichere Seite keine Erdauflast

Bohrpfahlkopflasten aus Abschnitt 3.4.9.3:

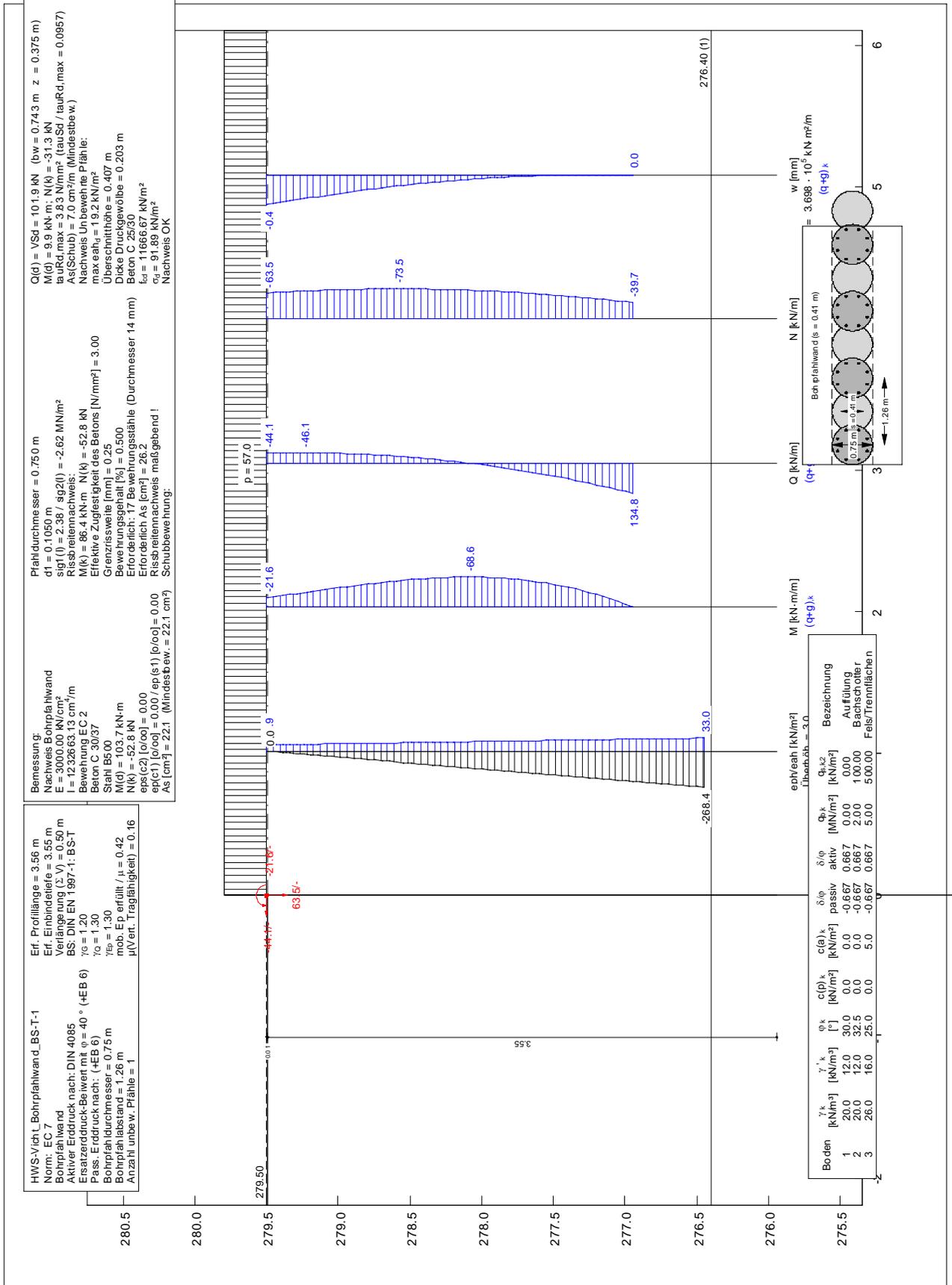
Vertikallasten: $V_{g,k} = 63,5 \text{ kN/m}$

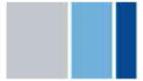
Horizontallasten: $H_{g,k} = -44,1 \text{ kN/m}$

Momente: $M_{g,k} = 21,6 \text{ kNm/m}$

Teilsicherheitsbeiwerte für BS-T

Programmausgabe GGU Retain siehe nachfolgende Seiten.





Bohrpfahl wand

=====

Teil sicherheitskonzept (EC 7)

HWS-Vicht_Bohrpfahlwand_BS-T-1

Indizes:

d = Bemessungswert
k = charakteristisch
g = Ständig, einschließlich Wasserdruck
q = Veränderlich
g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck
w = Wasserdruck

Wandkopf = 279.50 mNHN

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m
Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 279.49 mNHN
Bohrpfahl durchmesser = 0.75 m
Bohrpfahl abstand = 1.26 m
Anzahl unbew. Pfähle = 1

Grundwasserstand (rechts) = 267.51 mNHN
Grundwasserstand (links) = 267.51 mNHN
Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teil sicherheiten

BS: DIN EN 1997-1: BS-T
gamma(G) = 1.20
gamma(Q) = 1.30
gamma(Ep) = 1.30
Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 57.00 kN/m²

Kraftränder

Momente (im Uhrzeigersinn positiv)
Horizontalkräfte (nach rechts positiv)
Vertikalkräfte (nach unten positiv)

Nr.	Tiefe	M, g, k	M, q, k	H, g, k	H, q, k	V, g, k	V, q, k
[-]	[mNHN]	[kN·m/m]	[kN·m/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	279.50	-21.60	0.00	-44.10	0.00	63.50	0.00

Art des Fußlagers:

Profil länge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:
Eph, d = 285.23 kN/m (Epv, d = -103.87 kN/m)
Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh, d / Eph, d = 1.000
Bh(g+q), d = 285.23 kN/m
Bh, g, d = 285.23 kN/m
Bh, q, d = 0.00 kN/m
Bh, w, d = 0.00 kN/m

Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch, k = 134.84 kN/m
Ch, g, k = 134.84 kN/m
Ch, q, k = 0.00 kN/m
Ch, w, k = 0.00 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	gam, k	gam', k	phi, k	c(pas), k	c(akt), k	d(p)/phi	d(a)/phi	qb, k	qs, k2
[-]	[mNHN]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]	[kN/m ²]
1	276.40	20.00	12.00	30.00	0.00	0.00	-0.667	0.667	0.00	0.00
2	274.20	20.00	12.00	32.50	0.00	0.00	-0.667	0.667	2.00	100.00
3	250.00	26.00	16.00	25.00	0.00	5.00	-0.667	0.667	5.00	500.00

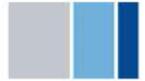
020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.77



Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert mit $\phi = 40^\circ$ (+ EB 6)

Ersatzerddruck-Beiwert k_{ah} wird angewendet, wenn Kohäsion $<> 0.0$.

Ersatzerddruck-Beiwert k_{ach} wird nur auf ständige Lasten angewendet.

bestimmt nach: (+ EB 6)

Schicht	UK	k_{agh}	k_{ach}	ϕ, k	δ	θ	$k_{agh}(40^\circ)$
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[-]
1	276.40	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98	0.179
2	274.20	0.251	0.866	32.500	21.68	57.46	0.179
3	250.00	0.346	1.043	25.000	16.67	53.00	0.179

Aktive Erddruckordinaten ($[g+q], k$)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]
279.500	279.490	15.924	15.979	0.00	0.00
279.490	278.593	15.979	20.992	0.00	0.00
278.593	278.493	20.992	21.549	0.00	0.00
278.493	278.095	21.549	23.776	0.00	0.00
278.095	277.496	23.776	27.118	0.00	0.00
277.496	276.948	27.118	30.181	0.00	0.00
276.948	276.400	30.181	33.244	0.00	0.00
276.400	274.200	29.824	40.851	0.00	0.00
274.200	267.510	51.122	111.240	0.00	0.00
267.510	250.000	111.240	208.070	0.00	0.00

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017 ger. GF

Schicht	UK	k_{pgh}	k_{pch}	ϕ, k	δ	θ
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	276.40	5.739	6.960	30.000	-20.01	18.10
2	274.20	7.155	8.286	32.500	-21.68	16.35
3	250.00	3.909	5.182	25.000	-16.67	21.54

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheits Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m²]	[kN/m²]
279.50	279.49	0.00	0.00
279.49	278.59	0.00	-79.21
278.59	278.49	-79.21	-88.01
278.49	278.09	-88.01	-123.22
278.09	277.50	-123.22	-176.02
277.50	276.95	-176.02	-224.43
276.95	276.40	-224.43	-272.84
276.40	274.20	-340.14	-582.31
274.20	267.51	-318.14	-841.17
267.51	250.00	-841.17	-1683.60

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
279.50	-76.2	-52.9	25.9
279.49	-76.5	-53.1	-26.5
278.59	-88.2	-37.5	-72.0
278.49	-88.1	-31.7	-75.4
278.09	-84.4	-0.4	-82.3
277.50	-70.1	70.9	-62.7
276.95	-47.7	161.8	0.0

Schnittgrößen (g, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
279.50	-63.5	-44.1	21.6
279.49	-63.7	-44.3	-22.0
278.59	-73.5	-31.2	-60.0
278.49	-73.4	-26.4	-62.9
278.09	-70.4	-0.3	-68.6
277.50	-58.4	59.0	-52.2

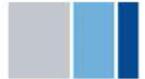
020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.78



276.95 -39.7 134.8 0.0

Schnittgrößen (q, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
279.50	0.0	0.0	0.0
279.49	0.0	0.0	0.0
278.59	0.0	0.0	0.0
278.49	0.0	0.0	0.0
278.09	0.0	0.0	0.0
277.50	0.0	0.0	0.0
276.95	0.0	0.0	0.0

Schnittgrößen (w, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
279.50	0.0	0.0	0.0
279.49	0.0	0.0	0.0
278.59	0.0	0.0	0.0
278.49	0.0	0.0	0.0
278.09	0.0	0.0	0.0
277.50	0.0	0.0	0.0
276.95	0.0	0.0	0.0

Weggrößen ([g+q], k)

berechnet mit $EI = 3.698E+5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe	w
[m]	[mm]
279.50	-0.4
279.49	-0.4
279.49	-0.4
279.44	-0.4
278.64	-0.2
278.59	-0.2
278.59	-0.2
278.54	-0.1
278.54	-0.1
278.49	-0.1
278.49	-0.1
278.44	-0.1
278.14	-0.1
278.09	-0.1
278.09	-0.1
278.04	-0.1
277.55	0.0
277.50	0.0
277.50	0.0
277.45	0.0
277.00	0.0
276.95	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi, [g+q], k: 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 276.948 m

Nachweis Bohrpfehlwand

$E = 3000.00 \text{ kN/cm}^2$

$I = 1232663.13 \text{ cm}^4/\text{m}$

Bewehrung EC 2

Beton C 30/37

Stahl B500

$M(d) = 103.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$N(k) = -52.8 \text{ kN}$

$\epsilon_{ps}(c2) [o/oo] = 0.00$

$\epsilon_{p}(c1) [o/oo] = 0.00 / \epsilon_{p}(s1) [o/oo] = 0.00$

$A_s [\text{cm}^2] = 22.1$ (Mindestbew. = 22.1 cm²)

Pfehl Durchmesser = 0.750 m

$d1 = 0.1050 \text{ m}$

$\sigma_{g1}(l) = 2.38 / \sigma_{g2}(l) = -2.62 \text{ MN/m}^2$

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.79



Rissbreitenachweis:

$M(k) = 86.4 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $N(k) = -52.8 \text{ kN}$
 Effektive Zugfestigkeit des Betons $[N/mm^2] = 3.00$
 Grenzzugweite $[mm] = 0.25$
 Bewehrungsgehalt $[\%] = 0.500$
 Erforderlich: 17 Bewehrungsstäbe (Durchmesser 14 mm)
 Erforderlich $A_s [cm^2] = 26.2$
 Rissbreitenachweis maßgebend !

Schubbewehrung:

$Q(d) = V_{Sd} = 101.9 \text{ kN}$ ($b_w = 0.743 \text{ m}$ $z = 0.375 \text{ m}$)
 $M(d) = 9.9 \text{ kN}\cdot\text{m}$; $N(k) = -31.3 \text{ kN}$
 $\tau_{Rd,max} = 3.83 \text{ N/mm}^2$ ($\tau_{Sd} / \tau_{Rd,max} = 0.0957$)
 $A_s(\text{Schub}) = 7.0 \text{ cm}^2/\text{m}$ (Mindestbew.)

Nachweis unbewehrte Pfähle:

$\max e_{ah,d} = 19.2 \text{ kN/m}^2$
 Überschneithöhe = 0.407 m
 Dicke Druckgewölbe = 0.203 m
 Beton C 25/30
 $f_{cd} = 11666.7 \text{ kN/m}^2$
 $\sigma_{gd}(d) = 91.89 \text{ kN/m}^2$
 Nachweis OK

$\max M_{d} = 82.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 278.09 m)
 Zugehörige Werte: $N_{d} = -84.4 \text{ kN/m}$; $Q_{d} = -0.4 \text{ kN/m}$; $w_{k} = 0.1 \text{ mm}$

$\max Q_{d} = 161.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 276.95 m)
 Zugehörige Werte: $N_{d} = -47.7 \text{ kN/m}$; $M_{d} = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_{k} = 0.0 \text{ mm}$

$\max N_{d} = 88.2 \text{ kN/m}$ (Tiefe = 278.59 m)
 Zugehörige Werte: $Q_{d} = -37.5 \text{ kN/m}$; $M_{d} = -72.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_{k} = 0.2 \text{ mm}$

$\max w_{k} = 0.4 \text{ mm}$ (Tiefe = 279.50 m)
 Zugehörige Werte: $N_{d} = -76.2 \text{ kN/m}$; $Q_{d} = -52.9 \text{ kN/m}$; $M_{d} = -25.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindtiefe um 20.00 %

Einbindtiefe $t_g = 3.55 \text{ m}$
 Profillänge = 3.56 m
 Verlängerung (Summe V) = 0.50 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung: $G_{k} + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot Ch_{k} \cdot \tan(\delta_{ta}(C)) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot Ch_{k}) \cdot \tan(\delta_{ta}(p))$

$G_{k} = 49.63 \text{ kN/m}$
 $P_{v,k} = 63.50 \text{ kN/m}$
 $E_{av,k} = 21.42 \text{ kN/m}$ ($E_{ah,k} = 58.82 \text{ kN/m}$)
 $Ch_{k} = 134.84 \text{ kN/m}$
 $B_{v,k} = -86.59 \text{ kN/m}$
 $\delta_{ta}(p) [^\circ] = -20.0$
 $\delta_{ta}(C) [^\circ] = 10.0$
 Summe $V_{k} = 84.39 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Eigene Erfahrungswerte)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Bohrpfahlwand $D = 0.75 \text{ m}$
 $R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot Ch_{k}) \cdot \tan(\delta_{ta}(p)) / \gamma_{ep}$
 $R_{Bv,d} = (237.77 - 1/2 \cdot 134.84) \cdot \tan(20.0^\circ) / 1.30 = 47.72 \text{ kN/m}$
 $R_{Cv,d} = 1/2 \cdot Ch_{k} \cdot \tan(\delta_{ta}(C)) / \gamma_{ep}$
 $R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 134.84 \cdot \tan(20.0^\circ) / 1.30 = 18.89 \text{ kN/m}$

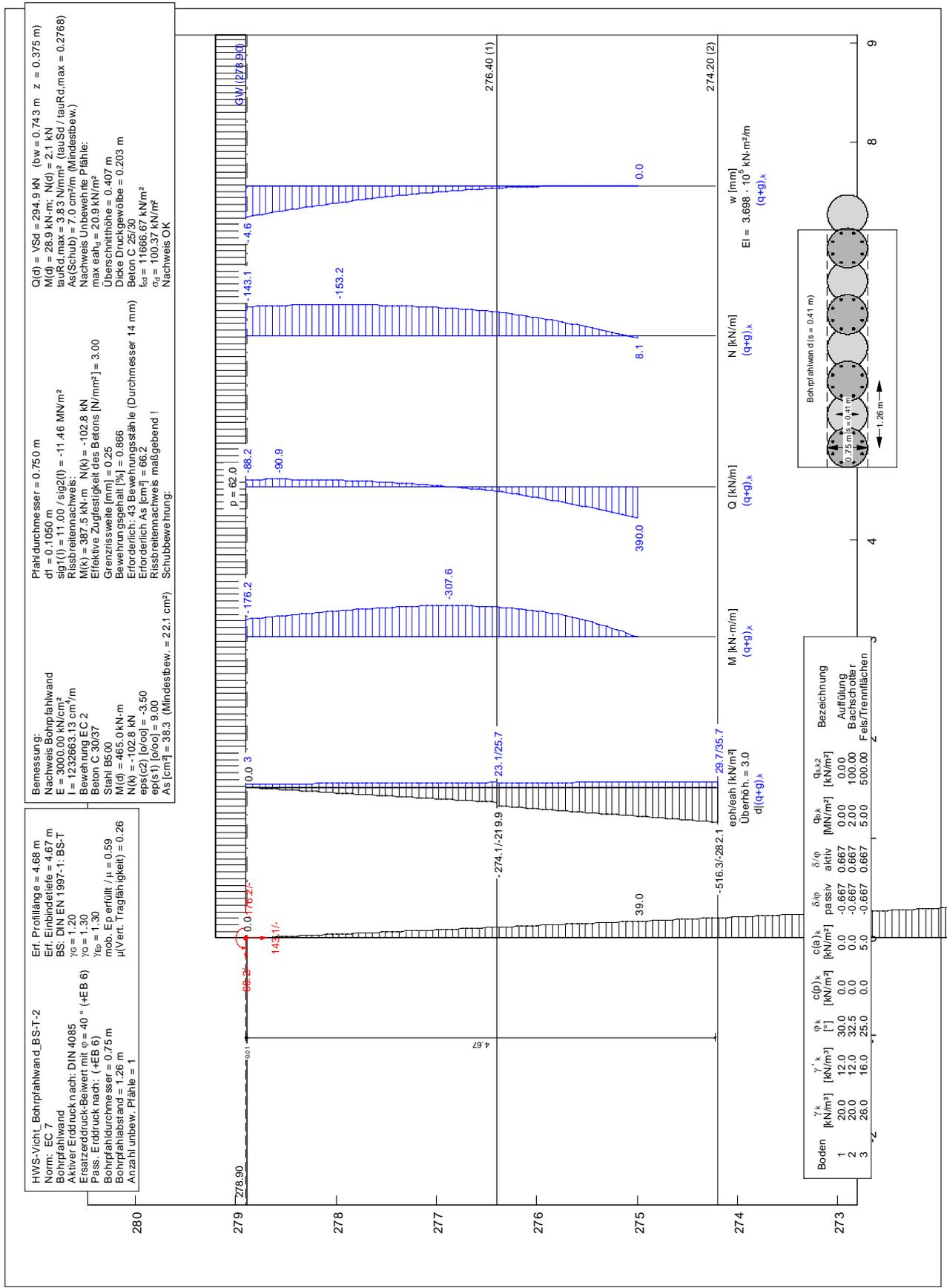
Verhältnswert (min, max) = 0.00

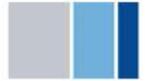
$q_{b,k} = 2.00 \text{ MN/m}^2$
 $R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.6487 \cdot 2.00 \cdot 1000 / 1.40 = 926.69 \text{ kN/m}$

Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k} [kN/m^2]$	Bezeichnung
279.49	276.40	0.00	Auffüllung

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 3.80





Bohrpfahl wand

=====

Teil sicherheitskonzept (EC 7)

HWS-Vicht_Bohrpfahlwand_BS-T-2

Indizes:

d = Bemessungswert
k = charakteristisch
g = Ständig, einschließlich Wasserdruck
q = Veränderlich
g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck
w = Wasserdruck

Wandkopf = 278.90 mNHN

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m
Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 278.89 mNHN
Bohrpfahldurchmesser = 0.75 m
Bohrpfahlabstand = 1.26 m
Anzahl unbew. Pfähle = 1

Grundwasserstand (rechts) = 278.90 mNHN
Grundwasserstand (links) = 267.51 mNHN
Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teilsicherheiten

BS: DIN EN 1997-1: BS-T
gamma(G) = 1.20
gamma(Q) = 1.30
gamma(Ep) = 1.30
Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 62.00 kN/m²

Kraftränder

Momente (im Uhrzeigersinn positiv)
Horizontalkräfte (nach rechts positiv)
Vertikalkräfte (nach unten positiv)

Nr.	Tiefe	M, g, k	M, q, k	H, g, k	H, q, k	V, g, k	V, q, k
[-]	[mNHN]	[kN·m/m]	[kN·m/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	278.90	-176.20	0.00	-88.20	0.00	143.10	0.00

Art des Fußlagers:

Profil länge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph, d = 765.33 kN/m (Epv, d = -295.09 kN/m)
Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh, d / Eph, d = 1.000
Bh(g+q), d = 765.33 kN/m
Bh, g, d = 765.33 kN/m
Bh, q, d = 0.00 kN/m
Bh, w, d = 96.86 kN/m

Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch, k = 390.04 kN/m
Ch, g, k = 390.04 kN/m
Ch, q, k = 0.00 kN/m
Ch, w, k = 5.37 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	gam, k	gam', k	phi, k	c(pas), k	c(akt), k	d(p)/phi	d(a)/phi	qb, k	qs, k2
[-]	[mNHN]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]	[kN/m ²]
1	276.40	20.00	12.00	30.00	0.00	0.00	-0.667	0.667	0.00	0.00
2	274.20	20.00	12.00	32.50	0.00	0.00	-0.667	0.667	2.00	100.00
3	250.00	26.00	16.00	25.00	0.00	5.00	-0.667	0.667	5.00	500.00

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.83



Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert mit $\phi = 40^\circ$ (+ EB 6)

Ersatzerddruck-Beiwert k_{ah} wird angewendet, wenn Kohäsion $<> 0.0$.

Ersatzerddruck-Beiwert k_{ach} wird nur auf ständige Lasten angewendet.

bestimmt nach: (+ EB 6)

Schicht	UK	k_{agh}	k_{ach}	ϕ, k	δ	θ	$k_{agh}(40^\circ)$
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[-]
1	276.40	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98	0.179
2	274.20	0.251	0.866	32.500	21.68	57.46	0.179
3	250.00	0.346	1.043	25.000	16.68	53.00	0.179

Aktive Erddruckordinaten ($[g+q], k$)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
278.900	278.890	17.320	17.354	0.00	0.10
278.890	277.994	17.354	20.359	0.10	9.06
277.994	277.894	20.359	20.693	9.06	10.06
277.894	276.898	20.693	24.032	10.06	20.02
276.898	276.400	24.032	25.701	20.02	25.00
276.400	275.900	23.057	24.561	25.00	30.00
275.900	275.000	24.561	27.267	30.00	39.00
275.000	274.200	27.267	29.673	39.00	47.00
274.200	267.510	35.707	72.703	47.00	113.90
267.510	250.000	72.703	169.533	113.90	113.90

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017 ger. GF

Schicht	UK	k_{pgh}	k_{pch}	ϕ, k	δ	θ
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	276.40	5.739	6.960	30.000	-20.01	18.10
2	274.20	7.155	8.286	32.500	-21.68	16.35
3	250.00	3.909	5.182	25.000	-16.68	21.54

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheits Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
278.90	278.89	0.00	0.00
278.89	277.99	0.00	-79.15
277.99	277.89	-79.15	-87.94
277.89	276.90	-87.94	-175.89
276.90	276.40	-175.89	-219.86
276.40	275.90	-274.10	-329.13
275.90	275.00	-329.13	-428.21
275.00	274.20	-428.21	-516.27
274.20	267.51	-282.05	-805.09
267.51	250.00	-805.09	-1647.52

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
278.90	-171.7	-105.8	211.4
278.89	-172.0	-106.0	-212.5
277.99	-183.8	-95.5	-307.2
277.89	-183.6	-90.7	-316.5
276.90	-164.4	-2.9	-369.1
276.40	-143.3	68.2	-353.6
275.90	-98.3	189.5	-290.1
275.00	9.7	468.0	0.0

Schnittgrößen (g, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
278.90	-143.1	-88.2	176.2
278.89	-143.3	-88.4	-177.1
277.99	-153.2	-79.6	-256.0
277.89	-153.0	-75.6	-263.7
276.90	-137.0	-2.4	-307.6

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.84



276.40	-119.4	56.8	-294.6
275.90	-81.9	158.0	-241.8
275.00	8.1	390.0	0.0

Schnittgrößen (q, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
278.90	0.0	0.0	0.0
278.89	0.0	0.0	0.0
277.99	0.0	0.0	0.0
277.89	0.0	0.0	0.0
276.90	0.0	0.0	0.0
276.40	0.0	0.0	0.0
275.90	0.0	0.0	0.0
275.00	0.0	0.0	0.0

Schnittgrößen (w, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
278.90	0.0	0.0	0.0
278.89	0.0	0.0	0.0
277.99	1.4	-0.3	-0.1
277.89	1.7	-0.4	-0.2
276.90	6.8	-1.4	-1.0
276.40	10.6	-2.1	-1.9
275.90	17.0	0.2	-2.4
275.00	31.4	5.4	0.0

Weggrößen ([g+q], k)

berechnet mit $EI = 3.698E+5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe	w
[m]	[mm]
278.90	-4.6
278.89	-4.5
278.89	-4.5
278.84	-4.4
278.04	-2.6
277.99	-2.5
277.99	-2.5
277.94	-2.4
277.94	-2.4
277.89	-2.3
277.89	-2.3
277.84	-2.2
276.95	-0.9
276.90	-0.8
276.90	-0.8
276.85	-0.8
276.45	-0.4
276.40	-0.4
276.40	-0.4
276.35	-0.3
275.95	-0.1
275.90	-0.1
275.90	-0.1
275.85	-0.1
275.05	0.0
275.00	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

ϕ , [g+q], k: 0.00000000

Theoretischer Fußpunkt = 275.000 m

Nachweis Bohrpfehlwand

$E = 3000.00 \text{ kN/cm}^2$

$I = 1232663.13 \text{ cm}^4/\text{m}$

Bewehrung EC 2

Beton C 30/37

Stahl B500

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.85



$M(d) = 465.0 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $N(k) = -102.8 \text{ kN}$
 $\text{eps}(c2) [\text{o}/\text{oo}] = -3.50$
 $\text{ep}(s1) [\text{o}/\text{oo}] = 9.00$
 $A_s [\text{cm}^2] = 38.3$ (Mindestbew. = 22.1 cm^2)
 Pfahl durchmesser = 0.750 m
 $d1 = 0.1050 \text{ m}$
 $\text{sig}1(l) = 11.00 / \text{sig}2(l) = -11.46 \text{ MN/m}^2$
 Rissbreitennachweis:
 $M(k) = 387.5 \text{ kN}\cdot\text{m}$ $N(k) = -102.8 \text{ kN}$
 Effektive Zugfestigkeit des Betons $[\text{N/mm}^2] = 3.00$
 Grenzzrissweite $[\text{mm}] = 0.25$
 Bewehrungsgehalt $[\%] = 0.866$
 Erforderlich: 43 Bewehrungsstäbe (Durchmesser 14 mm)
 Erforderlich $A_s [\text{cm}^2] = 66.2$
 Rissbreitennachweis maßgebend !
 Schubbewehrung:
 $Q(d) = V_{Sd} = 294.9 \text{ kN}$ ($b_w = 0.743 \text{ m}$ $z = 0.375 \text{ m}$)
 $M(d) = 28.9 \text{ kN}\cdot\text{m}$; $N(d) = 2.1 \text{ kN}$
 $\text{tau}_{Rd, \text{max}} = 3.83 \text{ N/mm}^2$ ($\text{tau}_{Sd} / \text{tau}_{Rd, \text{max}} = 0.2768$)
 $A_s(\text{Schub}) = 7.0 \text{ cm}^2/\text{m}$ (Mindestbew.)
 Nachweis unbewehrte Pfähle:
 $\text{max eah}, d = 20.9 \text{ kN/m}^2$
 Überschnitthöhe = 0.407 m
 Dicke Druckgewölbe = 0.203 m
 Beton C 25/30
 $f_{cd} = 11666.7 \text{ kN/m}^2$
 $\text{si gma}(d) = 100.37 \text{ kN/m}^2$
 Nachweis OK

max $M, d = 369.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 276.90 m)
 Zugehörige Werte: $N, d = -164.4 \text{ kN/m}$; $Q, d = -2.9 \text{ kN/m}$; $w, k = 0.8 \text{ mm}$

max $Q, d = 468.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 275.00 m)
 Zugehörige Werte: $N, d = 9.7 \text{ kN/m}$; $M, d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w, k = 0.0 \text{ mm}$

max $N, d = 183.8 \text{ kN/m}$ (Tiefe = 277.99 m)
 Zugehörige Werte: $Q, d = -95.5 \text{ kN/m}$; $M, d = -307.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w, k = 3.0 \text{ mm}$

max $w, k = 4.6 \text{ mm}$ (Tiefe = 278.90 m)
 Zugehörige Werte: $N, d = -171.7 \text{ kN/m}$; $Q, d = -105.8 \text{ kN/m}$; $M, d = -211.4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindtiefe um 20.00%
 Einbindtiefe $t_g = 4.67 \text{ m}$
 Profillänge = 4.68 m

Nachweis Summe V
 Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.
 Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands
 Bedingung: $G, k + P_v, k + E_{av, k} + 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\text{del ta}(C)) \geq (B_h, k - 0.5 \cdot Ch, k) \cdot \tan(\text{del ta}(p))$
 $G, k = 75.86 \text{ kN/m}$
 $P_v, k = 143.10 \text{ kN/m}$
 $E_{av, k} = 33.59 \text{ kN/m}$ ($E_{ah, k} = 89.00 \text{ kN/m}$)
 $Ch, k = 390.04 \text{ kN/m}$
 $B_v, k = -248.04 \text{ kN/m}$
 $\text{del ta}(p) [^\circ] = -21.7$
 $\text{del ta}(C) [^\circ] = 10.8$
 Summe $V, k = 119.31 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit
 (Eigene Erfahrungswerte)
 Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)
 Bohrpfahlwand $D = 0.75 \text{ m}$
 $R, B_v, d = (B_h, k - 1/2 \cdot Ch, k) \cdot \tan(\text{del ta}(p)) / \text{gamma}(E_p)$
 $R, B_v, d = (643.29 - 1/2 \cdot 390.04) \cdot \tan(21.7^\circ) / 1.30 = 137.07 \text{ kN/m}$
 $R, C_v, d = 1/2 \cdot Ch, k \cdot \tan(\text{del ta}(C)) / \text{gamma}(E_p)$
 $R, C_v, d = 1/2 \cdot 390.04 \cdot \tan(21.7^\circ) / 1.30 = 59.63 \text{ kN/m}$

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.86



Verhältniswert (min, max) = 0.00

$q_{b,k} = 2.00 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma(q_{b,k}) = 0.6487 \cdot 2.00 \cdot 1000 / 1.40 = 926.69 \text{ kN/m}$

Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k} \text{ [kN/m}^2\text{]}$	Bezeichnung
278.89	276.40	0.00	Auffüllung
276.40	274.22	100.00	Bachschotter

Mantelfläche (TF + dt1) von 275.00 bis 274.22 m = 1.000 m²/m/m ==> $R_{s3,d}$

$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma(q_{s,k}) = 77.80 / 1.40 = 55.57 \text{ kN/m}$

$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 1178.96 \text{ kN/m}$

Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 91.04 + 40.30 + 171.72 = 303.06 \text{ kN/m}$

==> $\mu = V_d / R_d = 303.06 / 1178.96 = 0.26$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Hydraulische Grundbruchsicherheit

UK Schicht = 278.90

$\gamma(\text{Gewicht}) = 0.95$

$\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.45$

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000

= 0.000 = $(1.45 \cdot 0.00) / (0.95 \cdot 0.00)$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten $f_Q = 1.300 / 1.200 = 1.083$

Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma(R_v) = 1.300$

Breite = 0.04 m

Gewicht G_k (einschließlich Verkehr) = 6.93 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

$E_{av,k} (\text{delta} = 2/3 \cdot \phi) = 42.36 \text{ [kN/m]}$

Kohäsionskraft $K_k = 0.00 \text{ [kN/m]}$

Grundbruchlast $R_{n,k} = 46.73 \text{ [kN/m]}$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel $\phi_k = 26.00 \text{ [}^\circ\text{]}$

Kohäsion $c_k = 0.00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

$N_d = 11.857 / N_b = 5.296 / N_c = 22.258$

$\sigma_{g,\dot{u}} = 93.360 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

$\mu_e = [G_k \cdot \gamma(G)] / [(R_{n,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma(R_v)] = 0.121$

$\mu_e = [6.93 \cdot 1.20] / [(46.73 + 0.00 + 42.36) / 1.300] = 0.121$



3.5.7 Bemessungssituation Erdbeben BS-E-1

Eingangsparameter:

Wand-OK = +279,50 mNN (beidseitig erdangeschüttet)

WS kein Wasserdruckansatz

Verkehrslast = 10,0 kN/m²

Erddruckansatz: aktiver Erddruck inkl. Erhöhung aus Erdbeben mit $\Delta k = 0,100$

Erdauflast Aktivseite (Bereich Winkelstützwand, $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$):

$$g_{k,a} = (282,35 - 279,50) \times 20 = 57,0 \text{ kN/m}^2$$

Erdauflast Passivseite sichere Seite keine Erdauflast

Bohrpfahlkopflasten aus Abschnitt 3.4.9.5:

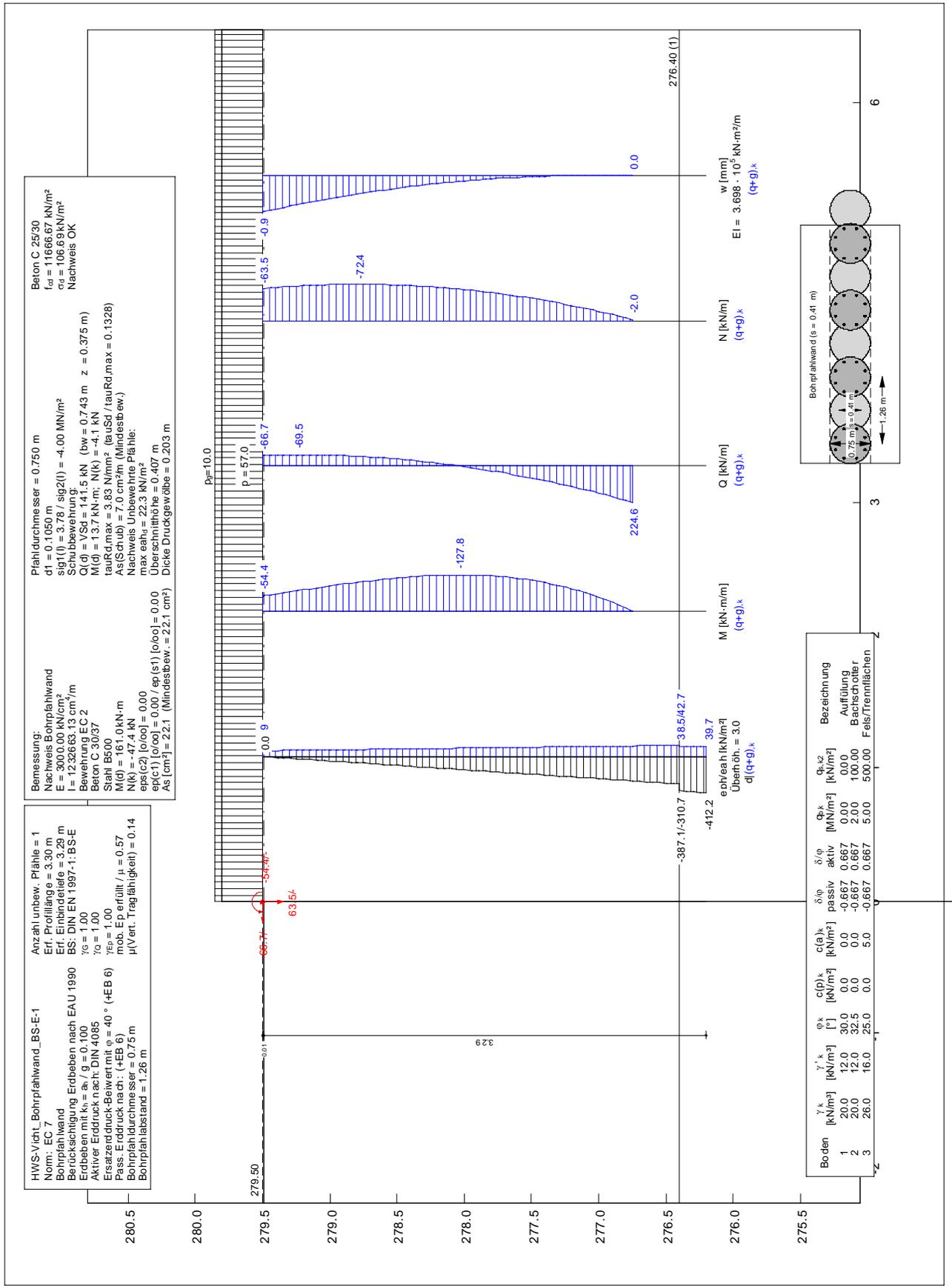
Vertikallasten: $V_{g,k} = 63,5 \text{ kN/m}$

Horizontallasten: $H_{g,k} = -66,7 \text{ kN/m}$

Momente: $M_{g,k} = 54,4 \text{ kNm/m}$

Teilsicherheitsbeiwerte für BS-T

Programmausgabe GGU Retain siehe nachfolgende Seiten.





Bohrpfahl wand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

HWS-Vicht_Bohrpfahlwand_BS-E-1

Indizes:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 279.50 mNHN

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 279.49 mNHN

Bohrpfahldurchmesser = 0.75 m

Bohrpfahlabstand = 1.26 m

Anzahl unbew. Pfähle = 1

Grundwasserstand (rechts) = 267.51 mNHN

Grundwasserstand (links) = 267.51 mNHN

Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teilsicherheiten

BS: DIN EN 1997-1: BS-E

gamma(G) = 1.00

gamma(Q) = 1.00

gamma(Ep) = 1.00

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 57.00 kN/m²

Lasten (einstufig begrenzt)

Nr.	sigma	x(links)	Tiefe	y(oben)	y(unten)	Verkehrslast
[-]	[kN/m ²]	[m]	[mNHN]	[mNHN]	[mNHN]	[-]
1	10.00	0.00	279.50	279.50	279.49	kein

Kraftträger

Momente (im Uhrzeigersinn positiv)

Horizontalkräfte (nach rechts positiv)

Vertikalkräfte (nach unten positiv)

Nr.	Tiefe	M, g, k	M, q, k	H, g, k	H, q, k	V, g, k	V, q, k
[-]	[mNHN]	[kN·m/m]	[kN·m/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	279.50	-54.40	0.00	-66.70	0.00	63.50	0.00

Art des Fußlagers:

Profil länge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph, d = 377.73 kN/m (Epv, d = -137.56 kN/m)

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh, d / Eph, d = 1.000

Bh(g+q), d = 377.73 kN/m

Bh, g, d = 377.73 kN/m

Bh, q, d = 0.00 kN/m

Bh, w, d = 0.00 kN/m

Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch, k = 224.60 kN/m

Ch, g, k = 224.60 kN/m

Ch, q, k = 0.00 kN/m

Ch, w, k = 0.00 kN/m

Bodenkennwerte

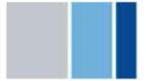
020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.90



Schicht	UK	gam, k	gam', k	phi, k	c(pas), k	c(akt), k	d(p)/phi	d(a)/phi	qb, k	qs, k2
[-]	[mNHN]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]	[kN/m ²]
1	276.40	20.00	12.00	30.00	0.00	0.00	-0.667	0.667	0.00	0.00
2	274.20	20.00	12.00	32.50	0.00	0.00	-0.667	0.667	2.00	100.00
3	250.00	26.00	16.00	25.00	0.00	5.00	-0.667	0.667	5.00	500.00

Berücksichtigung Erdbeben nach EAU 1990
Erdbeben mit kh = 0.100

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert mit phi = 40 ° (+ EB 6)

Ersatzerddruck-Beiwert kah wird angewendet, wenn Kohäsion <> 0.0.

Ersatzerddruck-Beiwert kah wird nur auf ständige Lasten angewendet.

bestimmt nach: (+ EB 6)

(Erdbeben wird in kagh berücksichtigt)

Schicht	UK	kagh	kach	phi, k	del ta	theta	kagh(40°)
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[-]
1	276.40	0.331	0.921	30.000	20.01	55.98	0.179
2	274.20	0.299	0.866	32.500	21.68	57.46	0.179
3	267.51	0.407	1.043	25.000	16.68	53.00	0.179
4	250.00	0.427	1.043	25.000	16.68	53.00	0.179

Aktive Erddruckordinaten ([g+q], k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
279.500	279.494	18.884	22.237	0.00	0.00
279.494	279.490	22.237	22.264	0.00	0.00
279.490	278.792	22.264	26.887	0.00	0.00
278.792	278.493	26.887	28.868	0.00	0.00
278.493	278.045	28.868	31.841	0.00	0.00
278.045	277.496	31.841	35.473	0.00	0.00
277.496	276.749	35.473	40.427	0.00	0.00
276.749	276.400	40.427	42.738	0.00	0.00
276.400	274.200	38.529	51.670	0.00	0.00
274.200	267.510	65.147	135.891	0.00	0.00
267.510	250.000	142.885	262.479	0.00	0.00

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017 ger. GF

(Erdbeben wird in kpgh berücksichtigt)

Schicht	UK	kpgh	kpch	phi, k	del ta	theta
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	276.40	5.027	6.960	30.000	-20.01	18.10
2	274.20	6.264	8.286	32.500	-21.68	16.35
3	250.00	3.273	5.182	25.000	-16.68	21.54

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.00

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
279.49	279.49	0.00	0.00
279.49	278.79	0.00	-70.15
278.79	278.49	-70.15	-100.22
278.49	278.04	-100.22	-145.32
278.04	277.50	-145.32	-200.44
277.50	276.75	-200.44	-275.60
276.75	276.40	-275.60	-310.68
276.40	274.20	-387.11	-662.72
274.20	267.51	-362.28	-957.88
267.51	250.00	-915.62	-1832.62

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
279.50	-63.5	-66.7	54.4
279.49	-63.6	-66.8	-54.8
279.49	-63.7	-66.9	-55.1
278.79	-72.4	-59.6	-101.9
278.49	-71.0	-42.5	-117.3

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.91



278.04	-63.2	-1.1	-127.8
277.50	-44.3	75.2	-108.8
276.75	-2.0	224.6	0.0

Schnittgrößen (g, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
279.50	-63.5	-66.7	54.4
279.49	-63.6	-66.8	-54.8
279.49	-63.7	-66.9	-55.1
278.79	-72.4	-59.6	-101.9
278.49	-71.0	-42.5	-117.3
278.04	-63.2	-1.1	-127.8
277.50	-44.3	75.2	-108.8
276.75	-2.0	224.6	0.0

Schnittgrößen (q, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
279.50	0.0	0.0	0.0
279.49	0.0	0.0	0.0
279.49	0.0	0.0	0.0
278.79	0.0	0.0	0.0
278.49	0.0	0.0	0.0
278.04	0.0	0.0	0.0
277.50	0.0	0.0	0.0
276.75	0.0	0.0	0.0

Schnittgrößen (w, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
279.50	0.0	0.0	0.0
279.49	0.0	0.0	0.0
279.49	0.0	0.0	0.0
278.79	0.0	0.0	0.0
278.49	0.0	0.0	0.0
278.04	0.0	0.0	0.0
277.50	0.0	0.0	0.0
276.75	0.0	0.0	0.0

Weggrößen ([g+q], k)

berechnet mit $EI = 3.698E+5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe	w
[m]	[mm]
279.50	-0.9
279.50	-0.9
279.50	-0.9
279.49	-0.9
279.49	-0.9
279.49	-0.9
279.49	-0.9
279.44	-0.9
278.84	-0.5
278.79	-0.5
278.79	-0.5
278.74	-0.5
278.54	-0.3
278.49	-0.3
278.49	-0.3
278.44	-0.3
278.09	-0.2
278.04	-0.2
278.04	-0.2
277.99	-0.1
277.55	0.0
277.50	0.0
277.50	0.0
277.45	0.0
276.80	0.0
276.75	0.0



Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi, [g+q], k: 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 276.749 m

Nachweis Bohrpfahlwand

$E = 3000.00 \text{ kN/cm}^2$

$I = 1232663.13 \text{ cm}^4/\text{m}$

Bewehrung EC 2

Beton C 30/37

Stahl B500

$M(d) = 161.0 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$N(k) = -47.4 \text{ kN}$

$\epsilon_p(c2) [o/oo] = 0.00$

$\epsilon_p(c1) [o/oo] = 0.00 / \epsilon_p(s1) [o/oo] = 0.00$

$A_s [\text{cm}^2] = 22.1$ (Mindestbew. = 22.1 cm²)

Pfahldurchmesser = 0.750 m

$d_1 = 0.1050 \text{ m}$

$\sigma_1(I) = 3.78 / \sigma_2(I) = -4.00 \text{ MN/m}^2$

Schubbewehrung:

$Q(d) = V_{Sd} = 141.5 \text{ kN}$ ($b_w = 0.743 \text{ m}$ $z = 0.375 \text{ m}$)

$M(d) = 13.7 \text{ kN}\cdot\text{m}; N(k) = -4.1 \text{ kN}$

$\tau_{Rd,max} = 3.83 \text{ N/mm}^2$ ($\tau_{Sd} / \tau_{Rd,max} = 0.1328$)

$A_s(\text{Schub}) = 7.0 \text{ cm}^2/\text{m}$ (Mindestbew.)

Nachweis unbewehrte Pfähle:

$\max e_{ah,d} = 22.3 \text{ kN/m}^2$

Überschnittthöhe = 0.407 m

Dicke Druckgewölbe = 0.203 m

Beton C 25/30

$f_{cd} = 11666.7 \text{ kN/m}^2$

$\sigma(d) = 106.69 \text{ kN/m}^2$

Nachweis OK

$\max M, d = 127.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 278.04 m)

Zugehörige Werte: $N, d = -63.2 \text{ kN/m}; Q, d = -1.1 \text{ kN/m}; w, k = 0.2 \text{ mm}$

$\max Q, d = 224.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 276.75 m)

Zugehörige Werte: $N, d = -2.0 \text{ kN/m}; M, d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}; w, k = 0.0 \text{ mm}$

$\max N, d = 72.4 \text{ kN/m}$ (Tiefe = 278.79 m)

Zugehörige Werte: $Q, d = -59.6 \text{ kN/m}; M, d = -101.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}; w, k = 0.5 \text{ mm}$

$\max w, k = 0.9 \text{ mm}$ (Tiefe = 279.50 m)

Zugehörige Werte: $N, d = -63.5 \text{ kN/m}; Q, d = -66.7 \text{ kN/m}; M, d = -54.4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

Einbindetiefe $t_g = 3.29 \text{ m}$

Profillänge = 3.30 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße

nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung: $G, k + P_v, k + E_{av, k} + 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(C)) \geq (B_h, k - 0.5 \cdot Ch, k) \cdot \tan(\delta(p))$

$G, k = 53.51 \text{ kN/m}$

$P_v, k = 63.50 \text{ kN/m}$

$E_{av, k} = 31.37 \text{ kN/m}$ ($E_{ah, k} = 86.13 \text{ kN/m}$)

$Ch, k = 224.60 \text{ kN/m}$

$B_v, k = -137.45 \text{ kN/m}$

$\delta(p) [^\circ] = -20.0$

$\delta(C) [^\circ] = 10.0$

Summe $V, k = 71.60 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Eigene Erfahrungswerte)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Bohrpfahlwand $D = 0.75 \text{ m}$

$R, B_v, d = (B_h, k - 1/2 \cdot Ch, k) \cdot \tan(\delta(p)) / \gamma(E_p)$

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.93



$$R_{Bv,d} = (377.43 - 1/2 \cdot 224.60) \cdot \tan(20.0^\circ) / 1.00 = 96.55 \text{ kN/m}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot Ch,k \cdot \tan(\delta(C)) / \gamma(Ep)$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 224.60 \cdot \tan(20.0^\circ) / 1.00 = 40.90 \text{ kN/m}$$

Verhältniswert (min, max) = 0.00

$$q_{b,k} = 2.00 \text{ MN/m}^2$$

$$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma(q_{b,k}) = 0.6487 \cdot 2.00 \cdot 1000 / 1.40 = 926.69 \text{ kN/m}$$

Mantelreibung

von	bis	qs, k [kN/m ²]	Bezeichnung
279.49	276.40	0.00	Auffüllung
276.40	276.20	100.00	Bachschotter

Mantelfläche (TF + dt1) von 276.75 bis 276.20 m = 1.000 m²/m/m ==> R_{s3,d}

$$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma(q_{s,k}) = 19.94 / 1.40 = 14.24 \text{ kN/m}$$

$$R_{d} = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 1078.38 \text{ kN/m}$$

Einwirkungen

$$V_{d} = G_{d} + E_{av,d} + P_{v,d} = 53.51 + 31.37 + 63.50 = 148.37 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V_{d} / R_{d} = 148.37 / 1078.38 = 0.14$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Hydraulische Grundbruchsicherheit

$$UK \text{ Schicht} = 279.50$$

$$\gamma(\text{Gewicht}) = 0.95$$

$$\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.45$$

$$\text{Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch} = 0.000$$

$$= 0.000 = (1.45 \cdot 0.00) / (0.95 \cdot 0.00)$$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

$$\text{Faktor Verkehrslasten } f_Q = 1.000 / 1.000 = 1.000$$

$$\text{Teilsicherheit (Grundbruch) } \gamma(R_v) = 1.000$$

$$\text{Breite} = 0.04 \text{ m}$$

$$\text{Gewicht } G_{k} \text{ (einschließlich Verkehr)} = 5.55 \text{ [kN/m]}$$

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.000)

$$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \phi) = 35.76 \text{ [kN/m]}$$

$$\text{Kohäsionskraft } K_{k} = 0.00 \text{ [kN/m]}$$

$$\text{Grundbruchlast } R_{n,k} = 33.36 \text{ [kN/m]}$$

Grundbruch mit:

$$\text{Reibungswinkel } \phi_{k} = 26.08 \text{ [}^\circ\text{]}$$

$$\text{Kohäsion } c_{k} = 0.00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$N_d = 11.962 / N_b = 5.366 / N_c = 22.391$$

$$\sigma_{g,\dot{u}} = 65.937 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$\mu_e = [G_{k} \cdot \gamma(G)] / [(R_{n,k} + K_{k} + E_{av,k}) / \gamma(R_v)] = 0.080$$

$$\mu_e = [5.55 \cdot 1.00] / [(33.36 + 0.00 + 35.76) / 1.000] = 0.080$$

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.94



3.5.8 Bemessungssituation Erdbeben BS-E-2

Eingangsparameter:

Wand-OK = +278,90 mNN (beidseitig erdangeschüttet)

WS kein Wasserdruckansatz

Verkehrslast = 10,0 kN/m²

Erddruckansatz: aktiver Erddruck inkl. Erhöhung aus Erdbeben mit $\Delta k = 0,100$

Erdauflast Aktivseite (Bereich Winkelstützwand, $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$):

$$g_{k,a1} = (282,0 - 278,9) \times 20 = 62,0 \text{ kN/m}^2$$

Erdauflast Passivseite sichere Seite keine Erdauflast

Bohrpfahlkopflasten aus Abschnitt 3.4.9.6:

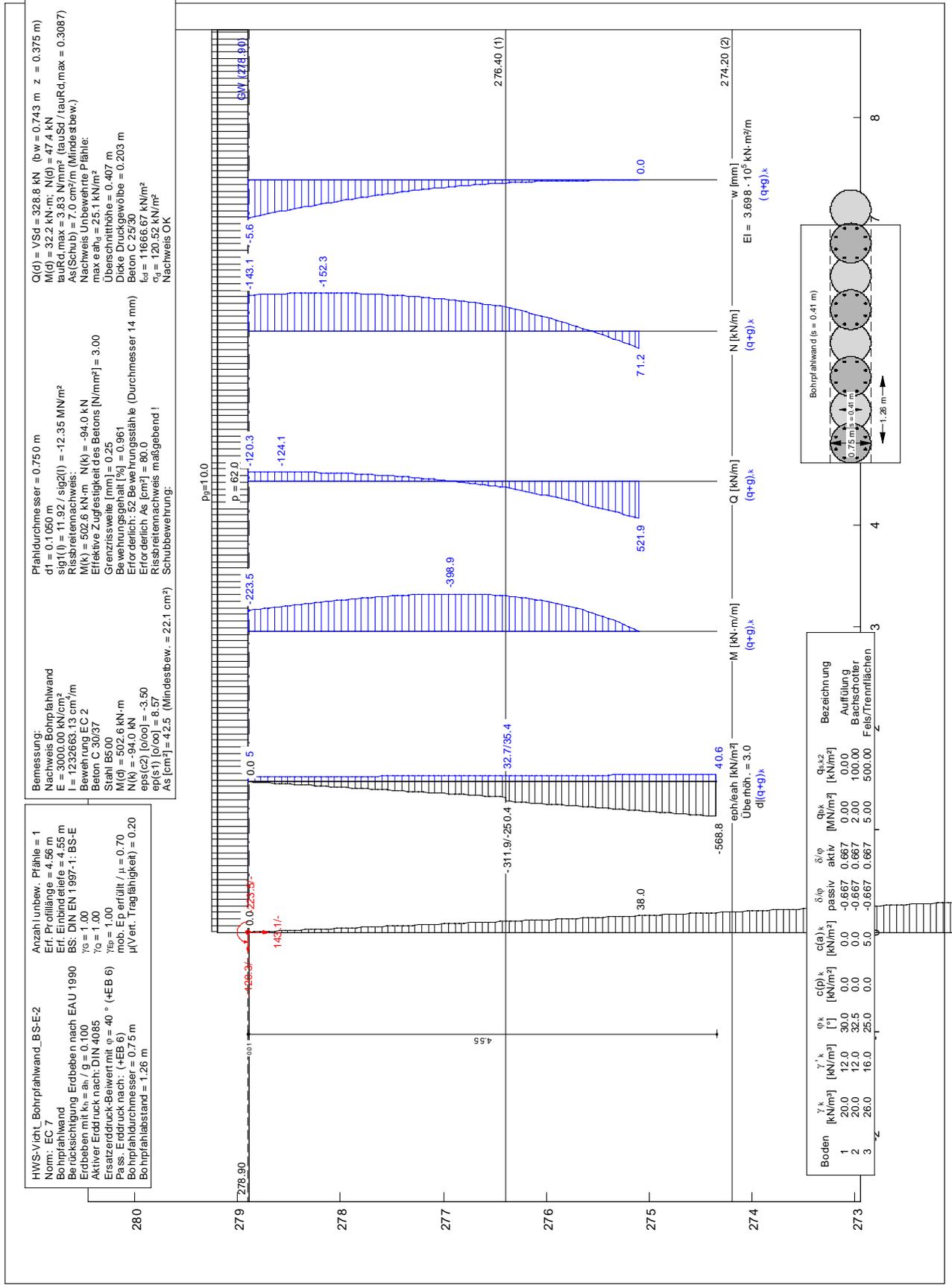
Vertikallasten: $V_{g,k} = 143,1 \text{ kN/m}$

Horizontallasten: $H_{g,k} = 120,3 \text{ kN/m}$

Momente: $M_{g,k} = -223,5 \text{ kNm/m}$

Teilsicherheitsbeiwerte für BS-T

Programmausgabe GGU Retain siehe nachfolgende Seiten.



020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.96



Bohrpfahl wand

=====

Teil sicherheitskonzept (EC 7)

HWS-Vicht_Bohrpfahlwand_BS-E-2

Indizes:

d = Bemessungswert
k = charakteristisch
g = Ständig, einschließlich Wasserdruck
q = Veränderlich
g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck
w = Wasserdruck

Wandkopf = 278.90 mNHN

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m
Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 278.89 mNHN
Bohrpfahldurchmesser = 0.75 m
Bohrpfahlabstand = 1.26 m
Anzahl unbew. Pfähle = 1

Grundwasserstand (rechts) = 278.90 mNHN
Grundwasserstand (links) = 267.51 mNHN
Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teil sicherheiten

BS: DIN EN 1997-1: BS-E
gamma(G) = 1.00
gamma(Q) = 1.00
gamma(Ep) = 1.00
Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 62.00 kN/m²

Lasten (einstufig begrenzt)

Nr.	sigma	x(links)	Tiefe	y(oben)	y(unten)	Verkehrslast
[-]	[kN/m ²]	[m]	[mNHN]	[mNHN]	[mNHN]	[-]
1	10.00	0.00	278.90	278.90	278.89	nein

Kraftträger

Momente (im Uhrzeigersinn positiv)
Horizontalkräfte (nach rechts positiv)
Vertikalkräfte (nach unten positiv)

Nr.	Tiefe	M, g, k	M, q, k	H, g, k	H, q, k	V, g, k	V, q, k
[-]	[mNHN]	[kN·m/m]	[kN·m/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	278.90	-223.50	0.00	-120.30	0.00	143.10	0.00

Art des Fußlagers:

Profil länge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph, d = 823.08 kN/m (Epv, d = -316.78 kN/m)
Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh, d / Eph, d = 1.000
Bh(g+q), d = 823.08 kN/m
Bh, g, d = 823.08 kN/m
Bh, q, d = 0.00 kN/m
Bh, w, d = 76.17 kN/m

Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch, k = 521.89 kN/m
Ch, g, k = 521.89 kN/m
Ch, q, k = 0.00 kN/m
Ch, w, k = 5.13 kN/m

Bodenkennwerte

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.97



Schicht	UK	gam, k	gam', k	phi, k	c(pas), k	c(akt), k	d(p)/phi	d(a)/phi	qb, k	qs, k2
[-]	[mNHN]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]	[kN/m ²]
1	276.40	20.00	12.00	30.00	0.00	0.00	-0.667	0.667	0.00	0.00
2	274.20	20.00	12.00	32.50	0.00	0.00	-0.667	0.667	2.00	100.00
3	250.00	26.00	16.00	25.00	0.00	5.00	-0.667	0.667	5.00	500.00

Berücksichtigung Erdbeben nach EAU 1990
Erdbeben mit kh = 0.100

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert mit phi = 40 ° (+ EB 6)

Ersatzerddruck-Beiwert kah wird angewendet, wenn Kohäsion <> 0.0.

Ersatzerddruck-Beiwert kah wird nur auf ständige Lasten angewendet.

bestimmt nach: (+ EB 6)

(Erdbeben wird in kagh berücksichtigt)

Schicht	UK	kagh	kach	phi, k	del ta	theta	kagh(40°)
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[-]
1	276.40	0.347	0.921	30.000	20.01	55.98	0.179
2	274.20	0.320	0.866	32.500	21.68	57.46	0.179
3	250.00	0.449	1.043	25.000	16.68	53.00	0.179

Aktive Erddruckordinaten ([g+q], k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
278.900	278.894	20.542	23.881	0.00	0.06
278.894	278.890	23.884	23.900	0.06	0.10
278.890	278.193	25.050	27.956	0.10	7.07
278.193	277.894	27.956	29.201	7.07	10.06
277.894	276.948	29.201	33.145	10.06	19.52
276.948	276.898	33.145	33.353	19.52	20.02
276.898	276.400	33.353	35.428	20.02	25.00
276.400	275.900	32.684	34.606	25.00	30.00
275.900	275.100	34.606	37.682	30.00	38.00
275.100	274.200	37.682	41.143	38.00	47.00
274.200	267.510	51.757	99.250	47.00	113.90
267.510	250.000	100.486	226.263	113.90	113.90

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017 ger. GF

(Erdbeben wird in kpgh berücksichtigt)

Schicht	UK	kpgh	kpch	phi, k	del ta	theta
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	276.40	5.027	6.960	30.000	-20.01	18.10
2	274.20	6.264	8.286	32.500	-21.68	16.35
3	250.00	3.270	5.182	25.000	-16.68	21.54

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.00

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
278.89	278.89	0.00	0.00
278.89	278.19	0.00	-70.10
278.19	277.89	-70.10	-100.14
277.89	276.95	-100.14	-195.28
276.95	276.90	-195.28	-200.28
276.90	276.40	-200.28	-250.36
276.40	275.90	-311.94	-374.58
275.90	275.10	-374.58	-474.81
275.10	274.20	-474.81	-587.56
274.20	267.51	-321.19	-916.79
267.51	250.00	-875.46	-1791.53

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
278.90	-143.1	-120.3	223.5
278.89	-143.2	-120.4	-224.2
278.89	-143.3	-120.5	-224.7
278.19	-152.3	-116.7	-309.9

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.98



277.89	-150.9	-102.0	-342.7
276.95	-125.3	-3.6	-398.9
276.90	-123.1	3.8	-398.9
276.40	-95.9	89.4	-376.6
275.90	-41.4	233.1	-297.1
275.10	71.2	521.9	0.0

Schnittgrößen (g, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
278.90	-143.1	-120.3	223.5
278.89	-143.2	-120.4	-224.2
278.89	-143.3	-120.5	-224.7
278.19	-152.3	-116.7	-309.9
277.89	-150.9	-102.0	-342.7
276.95	-125.3	-3.6	-398.9
276.90	-123.1	3.8	-398.9
276.40	-95.9	89.4	-376.6
275.90	-41.4	233.1	-297.1
275.10	71.2	521.9	0.0

Schnittgrößen (q, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
278.90	0.0	0.0	0.0
278.89	0.0	0.0	0.0
278.89	0.0	0.0	0.0
278.19	0.0	0.0	0.0
277.89	0.0	0.0	0.0
276.95	0.0	0.0	0.0
276.90	0.0	0.0	0.0
276.40	0.0	0.0	0.0
275.90	0.0	0.0	0.0
275.10	0.0	0.0	0.0

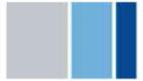
Schnittgrößen (w, k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
278.90	0.0	0.0	0.0
278.89	0.0	0.0	0.0
278.89	0.0	0.0	0.0
278.19	0.8	-0.2	-0.1
277.89	1.7	-0.4	-0.1
276.95	6.5	-1.2	-0.9
276.90	6.8	-1.3	-0.9
276.40	10.7	-2.0	-1.7
275.90	17.1	0.4	-2.1
275.10	29.8	5.1	0.0

Weggrößen ([g+q], k)

berechnet mit $EI = 3.698E+5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe	w
[m]	[mm]
278.90	-5.6
278.90	-5.6
278.90	-5.6
278.89	-5.6
278.89	-5.6
278.89	-5.6
278.89	-5.6
278.84	-5.4
278.24	-3.7
278.19	-3.6
278.19	-3.6
278.14	-3.4
277.94	-2.9
277.89	-2.8
277.89	-2.8
277.84	-2.7
277.00	-1.1



276.95 -1.0
 276.95 -1.0
 276.90 -0.9
 276.90 -0.9
 276.85 -0.9
 276.45 -0.4
 276.40 -0.4
 276.40 -0.4
 276.35 -0.4
 275.95 -0.1
 275.90 -0.1
 275.90 -0.1
 275.85 -0.1
 275.15 0.0
 275.10 0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]
 phi, [g+q], k: 0.00000000
 Theoretischer Fußpunkt = 275.100 m

Nachweis Bohrpfahlwand

E = 3000.00 kN/cm²
 I = 1232663.13 cm⁴/m
 Bewehrung EC 2
 Beton C 30/37
 Stahl B500
 M(d) = 502.6 kN·m
 N(k) = -94.0 kN
 eps(c2) [o/oo] = -3.50
 ep(s1) [o/oo] = 8.57
 As [cm²] = 42.5 (Mindestbew. = 22.1 cm²)
 Pfahl durchmesser = 0.750 m
 d1 = 0.1050 m
 sig1(I) = 11.92 / sig2(I) = -12.35 MN/m²
 Rissbreitennachweis:
 M(k) = 502.6 kN·m N(k) = -94.0 kN
 Effektive Zugfestigkeit des Betons [N/mm²] = 3.00
 Grenzzrissweite [mm] = 0.25
 Bewehrungsgehalt [%] = 0.961
 Erforderlich: 52 Bewehrungsstäbe (Durchmesser 14 mm)
 Erforderlich As [cm²] = 80.0
 Rissbreitennachweis maßgebend !
 Schubbewehrung:
 Q(d) = VSd = 328.8 kN (bw = 0.743 m z = 0.375 m)
 M(d) = 32.2 kN·m; N(d) = 47.4 kN
 tauRd,max = 3.83 N/mm² (tauSd / tauRd,max = 0.3087)
 As(Schub) = 7.0 cm²/m (Mindestbew.)
 Nachweis unbewehrte Pfähle:
 max eah,d = 25.1 kN/m²
 Überschnitthöhe = 0.407 m
 Dicke Druckgewölbe = 0.203 m
 Beton C 25/30
 f,cd = 11666.7 kN/m²
 si gma(d) = 120.52 kN/m²
 Nachweis OK

max M,d = 398.9 kN·m/m (Tiefe = 276.95 m)
 Zugehörige Werte: N,d = -125.3 kN/m; Q,d = -3.6 kN/m; w,k = 1.0 mm

max Q,d = 521.9 kN·m/m (Tiefe = 275.10 m)
 Zugehörige Werte: N,d = 71.2 kN/m; M,d = 0.0 kN·m/m; w,k = 0.0 mm

max N,d = 152.3 kN/m (Tiefe = 278.19 m)
 Zugehörige Werte: Q,d = -116.7 kN/m; M,d = -309.9 kN·m/m; w,k = 3.6 mm

max w,k = 5.6 mm (Tiefe = 278.90 m)
 Zugehörige Werte: N,d = -143.1 kN/m; Q,d = -120.3 kN/m; M,d = -223.5 kN·m/m

020/2082/000	HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte	
LP3: Entwurfsplanung	Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung	Seite 3.100



Vergrößerung der Einbindtiefe um 20.00 %
Einbindtiefe $t_g = 4.55 \text{ m}$
Profillänge = 4.56 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

$$\text{Bedingung: } G, k + P_v, k + E_{av}, k + 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(C)) \geq (B_h, k - 0.5 \cdot Ch, k) \cdot \tan(\delta(p))$$

$$G, k = 73.92 \text{ kN/m}$$

$$P_v, k = 143.10 \text{ kN/m}$$

$$E_{av}, k = 45.68 \text{ kN/m} \quad (E_{ah}, k = 121.26 \text{ kN/m})$$

$$Ch, k = 521.89 \text{ kN/m}$$

$$B_v, k = -321.62 \text{ kN/m}$$

$$\delta(p) [^\circ] = -21.7$$

$$\delta(C) [^\circ] = 10.8$$

$$\text{Summe } V, k = 94.69 \text{ kN/m (Druck)}$$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Eigene Erfahrungswerte)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Bohrpfahlwand $D = 0.75 \text{ m}$

$$R, B_v, d = (B_h, k - 1/2 \cdot Ch, k) \cdot \tan(\delta(p)) / \gamma(E_p)$$

$$R, B_v, d = (835.65 - 1/2 \cdot 521.89) \cdot \tan(21.7^\circ) / 1.00 = 228.44 \text{ kN/m}$$

$$R, C_v, d = 1/2 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(C)) / \gamma(E_p)$$

$$R, C_v, d = 1/2 \cdot 521.89 \cdot \tan(21.7^\circ) / 1.00 = 103.72 \text{ kN/m}$$

Verhältniswert (min, max) = 0.00

$$q_b, k = 2.00 \text{ MN/m}^2$$

$$R_b, d = A \cdot q_b, k / \gamma(q_b, k) = 0.6487 \cdot 2.00 \cdot 1000 / 1.40 = 926.69 \text{ kN/m}$$

Mantelreibung

von	bis	q_s, k [kN/m ²]	Bezeichnung
278.89	276.40	0.00	Auffüllung
276.40	274.34	100.00	Bachschotter

Mantelfläche (TF + dt1) von 275.10 bis 274.34 m = 1.000 m²/m/m ==> $R_{s3, d}$

$$R_{s3, d} = R_{s3, k} / \gamma(q_s, k) = 75.80 / 1.40 = 54.14 \text{ kN/m}$$

$$R_d = R_{B_v, d} + R_{C_v, d} + R_b, d + R_{s3, d} = 1313.00 \text{ kN/m}$$

Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av, d} + P_v, d = 73.92 + 45.68 + 143.10 = 262.70 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 262.70 / 1313.00 = 0.20$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Hydraulische Grundbruchsicherheit

UK Schicht = 278.90

$$\gamma(\text{Gewicht}) = 0.95$$

$$\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.45$$

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000

$$= 0.000 = (1.45 \cdot 0.00) / (0.95 \cdot 0.00)$$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich!

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

$$\text{Faktor Verkehrslasten } f_Q = 1.000 / 1.000 = 1.000$$

$$\text{Teilsicherheit (Grundbruch) } \gamma(R_v) = 1.000$$

Breite = 0.04 m

$$\text{Gewicht } G, k \text{ (einschließlich Verkehr)} = 7.20 \text{ [kN/m]}$$

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.000)

$$E_{av}, k (\delta = 2/3 \cdot \phi) = 51.64 \text{ [kN/m]}$$

$$\text{Kohäsionskraft } K, k = 0.00 \text{ [kN/m]}$$

$$\text{Grundbruchlast } R_n, k = 45.61 \text{ [kN/m]}$$

Grundbruch mit:

$$\text{Reibungswinkel } \phi, k = 26.00 [^\circ]$$

$$\text{Kohäsion } c, k = 0.00 \text{ [kN/m}^2]$$

$$N_d = 11.858 / N_b = 5.297 / N_c = 22.259$$

$$\sigma_{g, \dot{u}} = 91.110 \text{ [kN/m}^2]$$

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.101



$$\mu_e = [G, k \cdot \gamma(G)] / [(R_{n, k} + K, k + E_{av, k}) / \gamma(R_v)] = 0.074$$

$$\mu_e = [7.20 \cdot 1.00] / [(45.61 + 0.00 + 51.64) / 1.000] = 0.074$$

020/2082/000

HWS an der Vicht, HRB V4 Mulartshütte

LP3: Entwurfsplanung

Neubau Auslassbauwerk - Statische Berechnung

Seite 3.102



4 Überschlägige Ermittlung der Betonstahlmengen

Für die Bauwerke wurden die Bewehrungsstahlmengen, Güte B500B, überschlägig ermittelt.

Auslassbauwerk: ca. 650,0 t

Hochwasserschutzwand: ca. 80,0 t (Winkelstützwand + Bohrpfahlwand)