

Anhang C

Finite Element Berechnung

Inhaltsverzeichnis

1	Angaben zur verwendeten Software	3
2	Das Modell der Finiten Element Berechnung	4
3	Ergebnisse der 3D-Berechnung	9
3.1	Schnittgrößen im Bogen	10
3.2	Schnittgrößen im Windportal	19
3.3	Schnittgrößen im Windverband	21
3.4	Schnittgrößen im maßgebenden Hänger	23
3.5	Schnittgrößen im Betonquerschnitt	25
3.6	Auflagerkräfte	35

1 Angaben zur verwendeten Software

Die gesamten Berechnungen der Schnittgrößen und Verformungen des Tragwerkes sollten anhand eines dreidimensionalen Modells erfolgen.

Aufgrund der Komplexität von Netzwerkbogenbrücken und dem Wunsch nach möglichst realistischen Ergebnissen, genügen übliche Stabwerkprogramme nicht mehr den Anforderungen. Die Fahrbahnplatte kann bei diesen Programmen nur aus Stäben generiert werden. Eine getrennte Berechnung des Betonquerschnittes mit einem Plattenprogramm und des Stahltragwerkes mit einem Stabwerkprogramm würde das Zusammenwirken von Stahlkonstruktion und Fahrbahnplatte nicht ausreichend genau erfassen.

Für die Berechnungen wurde das Softwarepaket der Firma ALGOR[®], Pittsburgh/ USA eingesetzt.

Die Software für Finite Element Berechnungen ermöglicht eine freie Generierung beliebiger Querschnitte. Eine Verknüpfung von Balken- bzw. Fachwerkelementen mit Würfelementen ist in jedem Knotenpunkt möglich.

Die Berechnungen erfordern jedoch erheblichen Zeitaufwand. Dies gilt besonders für die Schnittgrößenermittlung nach Theorie II. Ordnung, da diese in einem iterativen Prozess erfolgt.

Berechnungen nach Theorie II. Ordnung sind nur für die Stabilitätsuntersuchungen des Bogens unter Hängerausfall erforderlich. Diese wurden vereinfachend am zweidimensionalen Modell vorgenommen, um den Zeitaufwand zu minimieren. Alle anderen Berechnungen erfolgten am dreidimensionalen Modell nach Theorie I. Ordnung.

Zum Vergleich der Ergebnisse aus dem Ersatzstabverfahren wurde auch das Windportal nach Theorie II. Ordnung berechnet. Allerdings wurde für diese Berechnung das Stabwerkprogramm XRST der Firma D.I.E.[®] Software, Oberhausen/ Deutschland eingesetzt. Die Fahrbahnplatte wurde hier als Trägerrost modelliert.

Für weitere Untersuchungen in Bezug auf Schnittgrößen und Verformungen von Platten wurde das Modul XPLA von D.I.E.[®] Software verwendet.

Weitere Informationen zu der eingesetzten Software sind unter

<http://www.algor.com>

<http://www.die.de>

zu finden.

2 Das Modell der Finiten Element Berechnung

Die Koordinaten der Knotenpunkte von Bögen und Hängern entsprechen denen der Åkviksund-Netzwerkbrücke (vgl. Tabelle C-1).

Tveit, P. [7]
vgl. S. 75 u. 76

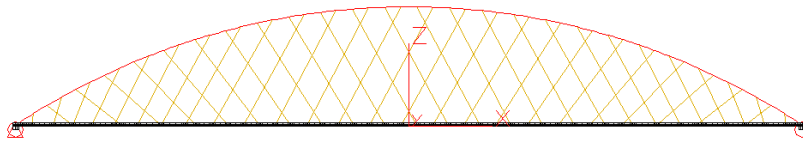


Abbildung C-1: Gesamtansicht des Berechnungsmodells

Der Bogen wurde mit Hilfe eines Polygonstabzuges aus Balkenelementen modelliert. Zwischen den Hängeranschlusspunkten wurden drei weitere Knoten eingefügt, um die Krümmung des Bogens möglichst exakt zu berücksichtigen.

Für die Verstärkung der Einspannung des Bogenfußpunktes wurden die beiden letzten Bogenelemente entfernt und durch neun sich auffächernde Balkenelemente ersetzt.

Als Hänger kommen Fachwerkelemente zum Einsatz. Der Hängerausfall bei bestimmten Lastfällen konnte durch Entfernen der entsprechenden Elemente und einer nachfolgenden Neuberechnung simuliert werden.

Die Streben des Windverbandes sind Fachwerkelemente. Der Riegel des Windportals ist als Balken definiert. Dieser und die zum Portal nächstgelegene Windstrebe haben aufgrund ihrer höheren Beanspruchung einen steiferen Querschnitt als die übrigen Windstreben.

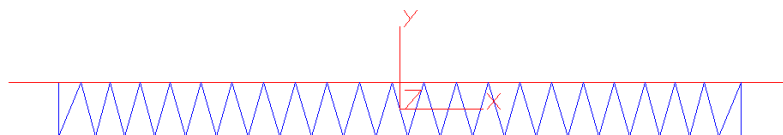


Abbildung C-2: Darstellung des Windverbandes

Die Fahrbahnplatte einschließlich der Randträger und Gehwegkragarme wurde als kompletter Betonquerschnitt generiert. Dabei wurde die Aufteilung der Würfelemente in Brückenquerrichtung so gewählt, dass eine genaue Platzierung der Flächen- und Einzellasten aus Verkehr möglich ist. In Brückenlängsrichtung wurde in den Bereichen der Hängerangriffspunkte eine Netzverfeinerung durchgeführt, um in diesen Punkten exaktere Ergebnisse zu erzielen. Die höhere Steifigkeit der Endquerträger konnte durch zusätzlich angefügte Elemente erreicht werden.

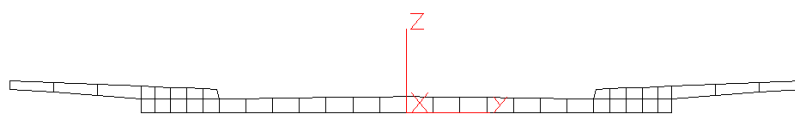


Abbildung C-3: FE-Netz des Fahrbahnquerschnitts

Die Lagerung des Tragwerkes erfolgt in mehreren Knotenpunkten des Betonquerschnitts, um die tatsächlich vorhandene flächige Auflagerung auf den Elastomerlagern möglichst genau zu simulieren. In Abbildung C-4 ist das allgemeine Lagerschema dargestellt.

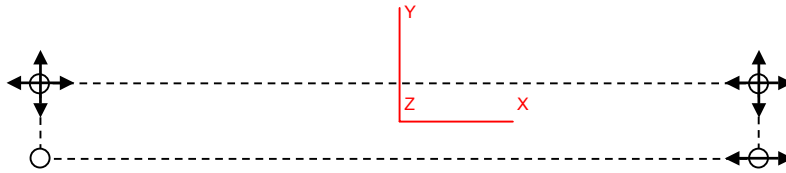


Abbildung C-4: Lagerschema

Die Verankerung der Hänger im Betonquerschnitt konnte aufgrund der zweischichtigen Elementanordnung im Bereich der Randträger annähernd in der Schwereachse des Betonquerschnittes erfolgen.

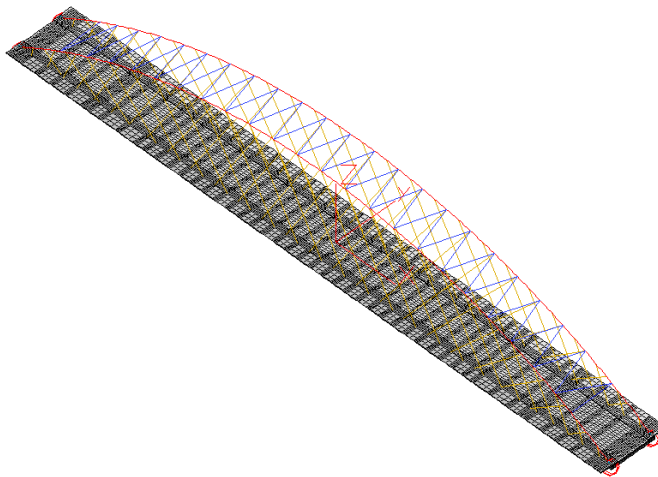


Abbildung C-5: Isometrie des Gesamtmodells

In den nachfolgenden Tabellen sind die verwendeten Koordinaten der untersuchten Netzwirkbogenbrücke zusammengefasst. Auf die Zwischenpunkte zur Unterteilung des Untergurtes wurde verzichtet, da in dem Modell für die Finite Element Berechnung durch die FE-Netzgenerierung des Untergurtes eine grundlegend andere Aufteilung erforderlich wurde. Die Definition der Knotenpunkte wird aus Abbildung C-6 ersichtlich.

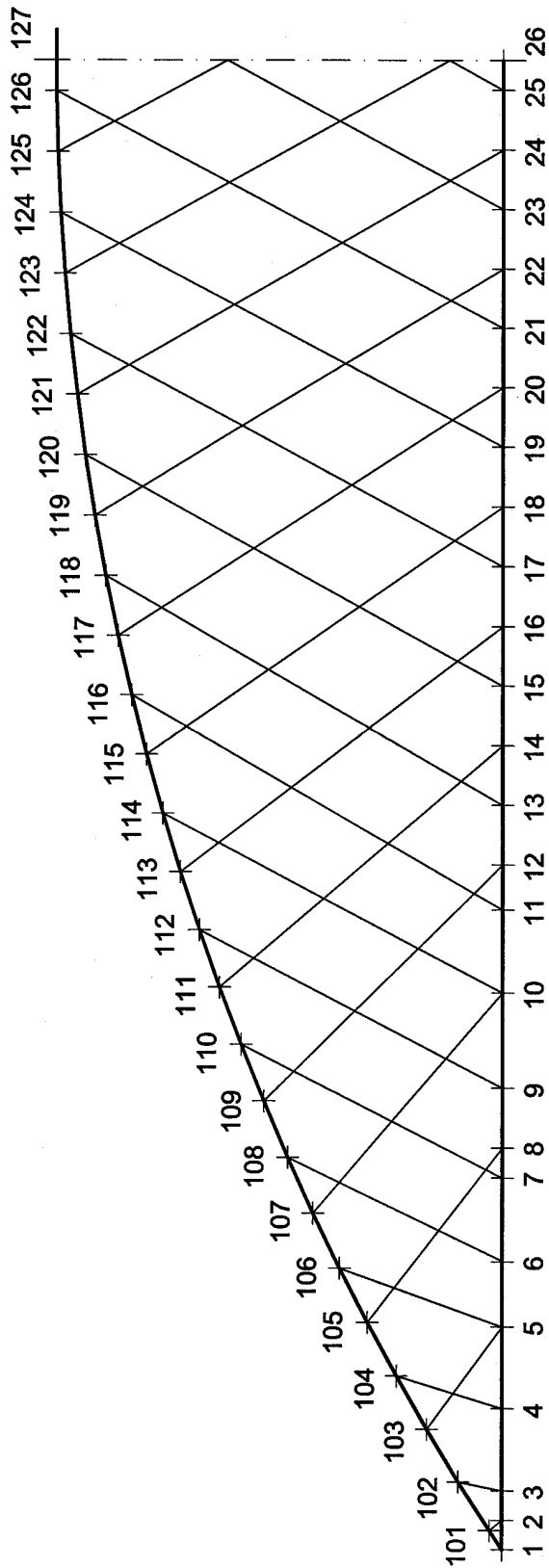


Abbildung C-6: Knotenpunktdefinition

Koordinaten der Knotenpunkte im Untergurt

Knotenpunkt	X-Wert [m]	Y-Wert [m]
1	-67,500	0,000
2	-66,150	0,000
3	-64,800	0,000
4	-61,088	0,000
5	-57,713	0,000
6	-54,388	0,000
7	-50,625	0,000
8	-49,275	0,000
9	-46,575	0,000
10	-42,525	0,000
11	-38,475	0,000
12	-36,450	0,000
13	-33,750	0,000
14	-31,050	0,000
15	-28,350	0,000
16	-25,650	0,000
17	-22,950	0,000
18	-20,250	0,000
19	-17,550	0,000
20	-14,850	0,000
21	-12,150	0,000
22	-9,450	0,000
23	-6,750	0,000
24	-4,050	0,000
25	-1,350	0,000
26	0,000	0,000

Tabelle C-1: Knotenpunktkoordinaten im Untergurt

Koordinaten der Knotenpunkte im Bogen

Knotenpunkt	X-Wert [m]	Y-Wert [m]
101	-66,6225	0,573075
102	-64,395	1,983
103	-62,019	3,409
104	-59,616	4,782
105	-57,186	6,100
106	-54,722	7,364
107	-52,232	8,573
108	-49,714	9,720
109	-47,176	10,814
110	-44,611	11,846
111	-42,019	12,825
112	-39,413	13,743
113	-36,781	14,607
114	-34,135	15,404
115	-31,469	16,146
116	-28,782	16,828
117	-26,089	17,442
118	-23,375	18,002
119	-20,655	18,502
120	-17,921	18,934
121	-15,181	19,305
122	-12,434	19,616
123	-9,673	19,865
124	-6,912	20,054
125	-4,150	20,183
126	-1,383	20,243
127	0,000	20,250

Tabelle C-2: Knotenpunktkoordinaten im Bogen

3 Ergebnisse der 3D-Berechnung

Die Ausgabedateien der Finiten Element Berechnung sind sehr umfangreich. Um den Datenumfang zu beschränken und mehr Übersichtlichkeit zu erreichen, wird auf einen Ausdruck der Ergebnisdateien verzichtet.

Nachfolgend sind die maßgebenden Schnittgrößen der zu bemessenden Tragwerksteile aufgeführt.

Die Bemessungskombinationen wurden für Stahlbeton nach ENV 1992-1, Kap. 2.1.2 und für Stahl nach ENV 1993-1-1, Kap. 2.2 u. 2.3 zusammengestellt.

Für ausgewählte Lastfälle sind die Schnittkraftdiagramme dargestellt.

3.1 Schnittgrößen im Bogen

Schnittgrößen im Bogen an der Stelle der maximalen Normalkraft N unter voller Belastung

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	Max N [MN]	Zug M_y [MNm]	Zug M_z [MNm]	Zug V_z [MN]	Zug V_y [MN]
01	1,35	-7,938	-0,108	0,001	0,103	0,001
03	1,0-1,5	-4,467	-0,072	-0,002	0,069	0,000
06	0,6-1,5	-0,133	0,005	0,117	-0,004	-0,026
$\sum S_k$		-12,538	-0,175	0,116	0,168	-0,024
$\sum S_d$		-17,536	-0,250	0,103	0,239	-0,021

Tabelle C-3: Schnittgrößen im Bogen (Vollast; Element 73)

Schnittgrößen im Bogen an der Stelle des maximalen Momentes M_y unter voller Belastung

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	Zug N [MN]	Max M_y [MNm]	Zug M_z [MNm]	Zug V_z [MN]	Zug V_y [MN]
01	1,35	-7,927	-0,141	0,006	0,110	0,001
03	1,0-1,5	-4,433	-0,089	0,001	0,071	0,000
06	0,6-1,5	-0,194	-0,005	-0,019	0,004	-0,044
$\sum S_k$		-12,554	-0,235	-0,012	0,186	-0,043
$\sum S_d$		-17,525	-0,328	-0,007	0,259	-0,038

Tabelle C-4: Schnittgrößen im Bogen (Vollast; Element 41)

Schnittgrößen im Bogen an der Stelle der maximalen Normalkraft N bei Hängerausfall unter Halblast

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	Max N [MN]	Zug M_y [MNm]	Zug M_z [MNm]	Zug V_z [MN]	Zug V_y [MN]
01	1,0	-7,217	-0,123	0,024	0,095	0,037
10	1,0-1,5	-3,739	-0,073	-0,013	0,056	-0,027
06	0,6-1,5	-0,201	-0,005	-0,019	0,005	0,045
$\sum S_k$		-11,157	-0,201	-0,008	0,156	0,055
$\sum S_d$		-13,006	-0,237	-0,013	0,183	0,037

Tabelle C-5: Schnittgrößen im Bogen (Halblast; Element 41)

Schnittgrößen im Bogen an der Stelle des maximalen Momentes M_y bei Hängerausfall unter Halblast

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	Zug N [MN]	Max M_y [MNm]	Zug M_z [MNm]	Zug V_z [MN]	Zug V_y [MN]
01	1,0	-7,205	-0,038	-0,010	0,117	0,000
10	1,0·1,5	-2,692	0,262	0,009	-0,074	0,000
06	0,6·1,5	0,050	0,002	0,000	0,001	0,000
$\sum S_k$		-9,847	0,225	0,000	0,044	0,000
$\sum S_d$		-11,198	0,356	0,004	0,007	0,000

Tabelle C-6: Schnittgrößen im Bogen (Halblast; Element 330)

Für die Untersuchungen des Lastfalls Halblast wurden die ständigen Lasten 1,0-fach angesetzt, da sie in diesem Fall als günstige Einwirkung betrachtet werden müssen.

In einigen europäischen Ländern ist im Winter das Fahren mit Spikes erlaubt, was zu einer stärkeren Abnutzung des Fahrbahnbelages führt. Aus diesem Grund wurde nur mit der halben Asphaltstärke gerechnet.

Schnittgrößen im Bogen an der Stelle des maximalen Momentes M_y bei Fahrzeuganprall in Fahrtrichtung

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	Zug N [MN]	Max M_y [MNm]
01	1,35	-7,903	-0,013
08	1,0·1,0	0,431	0,415
$\sum S_k$		-7,472	-0,428
$\sum S_d$		-10,238	-0,432

Tabelle C-7: Schnittgrößen im Bogen (Anprall; Element 13)

Schnittgrößen im Bogen an der Stelle des maximalen Momentes M_z bei Fahrzeuganprall quer zur Fahrtrichtung

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	Zug N [MN]	Max M_z [MNm]
01	1,35	-7,873	0,012
08	1,0·1,0	0,390	0,652
$\sum S_k$		-7,483	0,664
$\sum S_d$		-10,239	0,669

Tabelle C-8: Schnittgrößen im Bogen (Anprall; Element 1)

Torsionsmomente im Bogenfußpunkt

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	M_x [MNm]
01	1,35	0,491
05	1,0-1,5	7,760
ΣS_k		8,251
ΣS_d		12,303

Tabelle C-9: Torsionsmomente (Element 4)

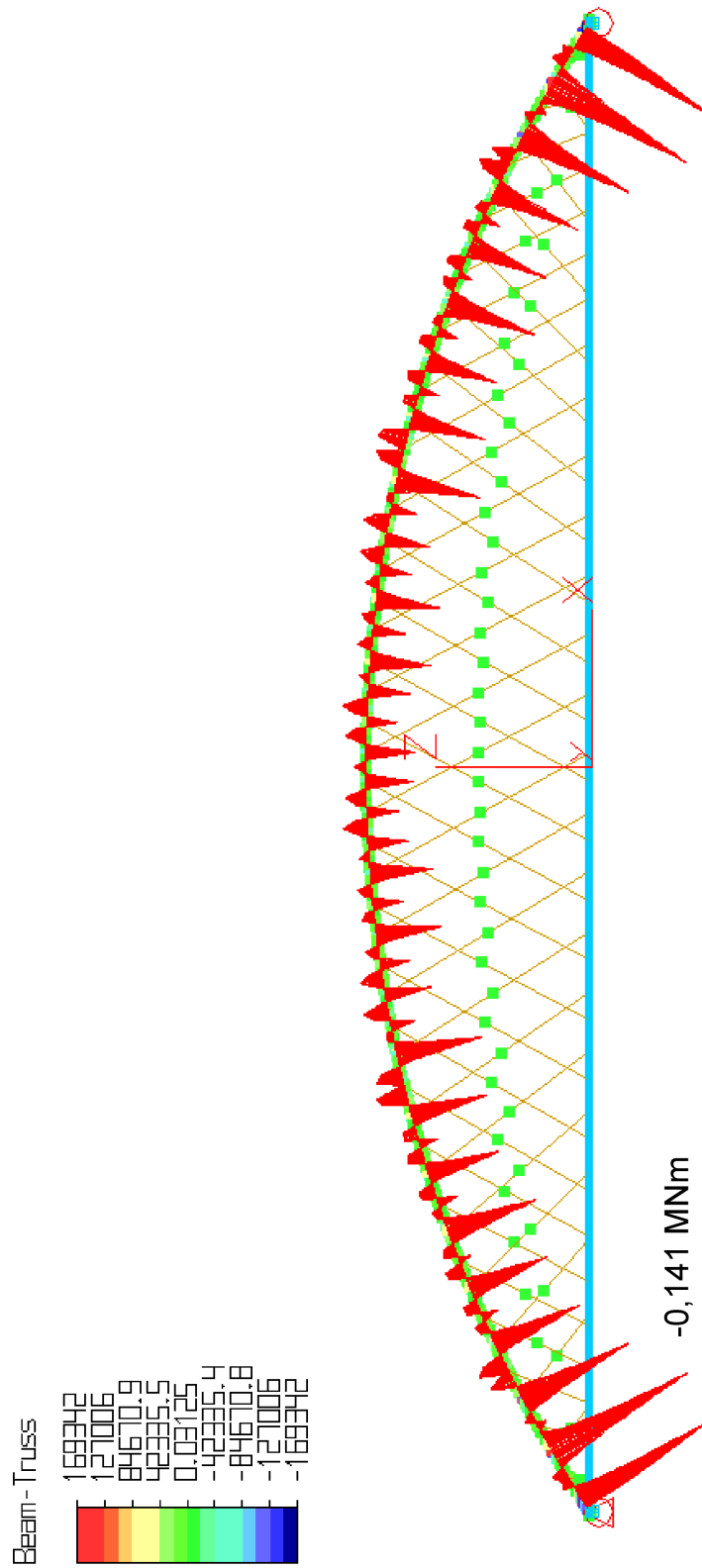


Abbildung C-7: Momente M_y im Bogen infolge ständiger Lasten unter Vollast (LF 01)

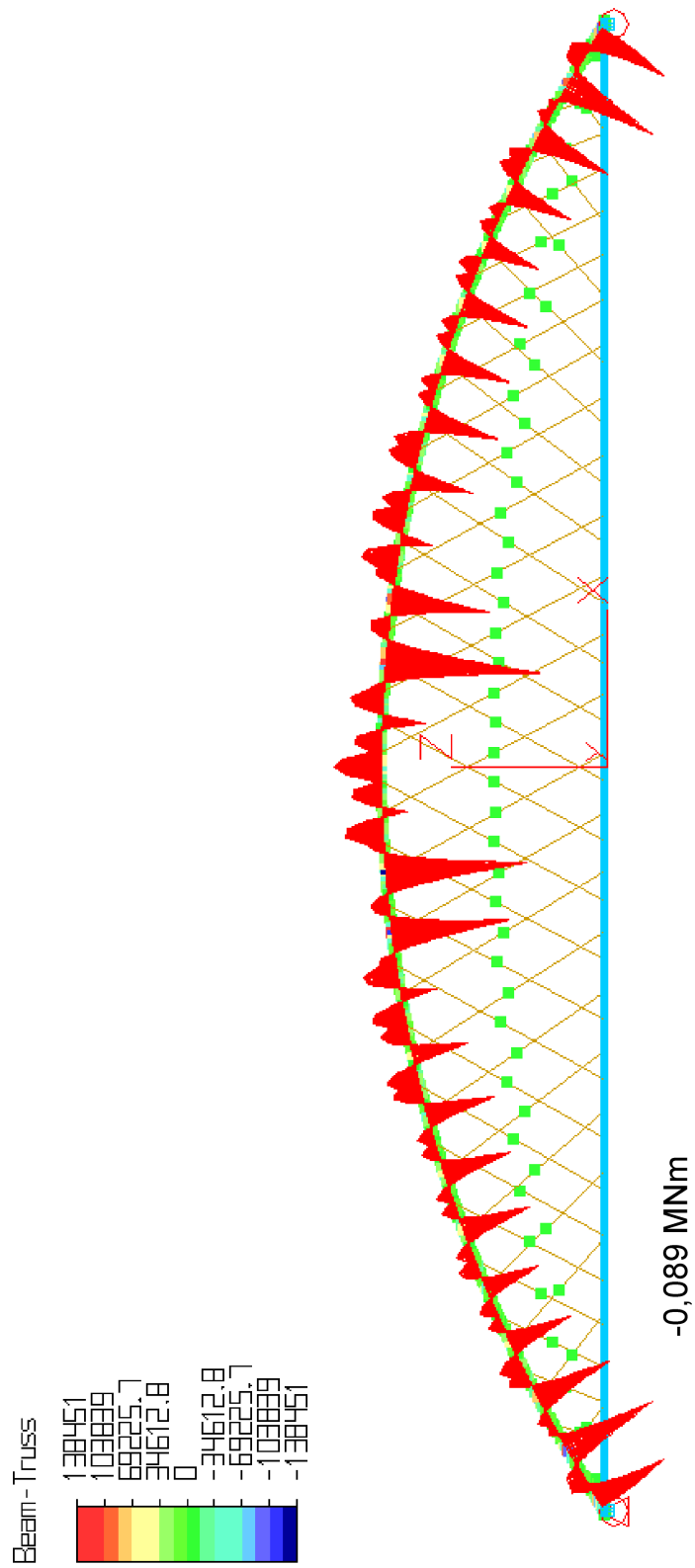


Abbildung C-8: Momente M_y im Bogen infolge Verkehrslast unter Volllast (LF 03)

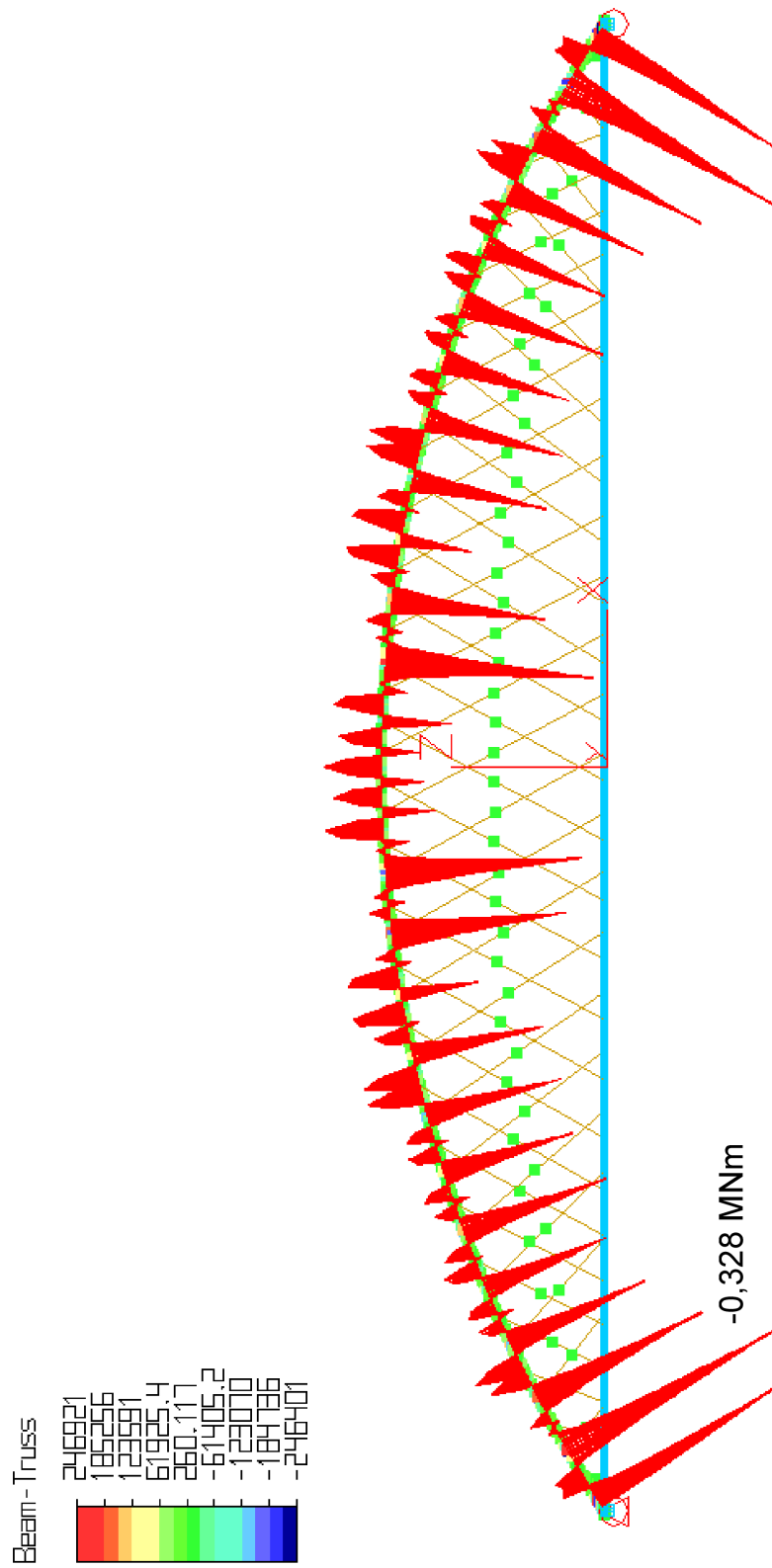


Abbildung C-9: Momente M_y im Bogen unter Volllast (Bemessungswert)

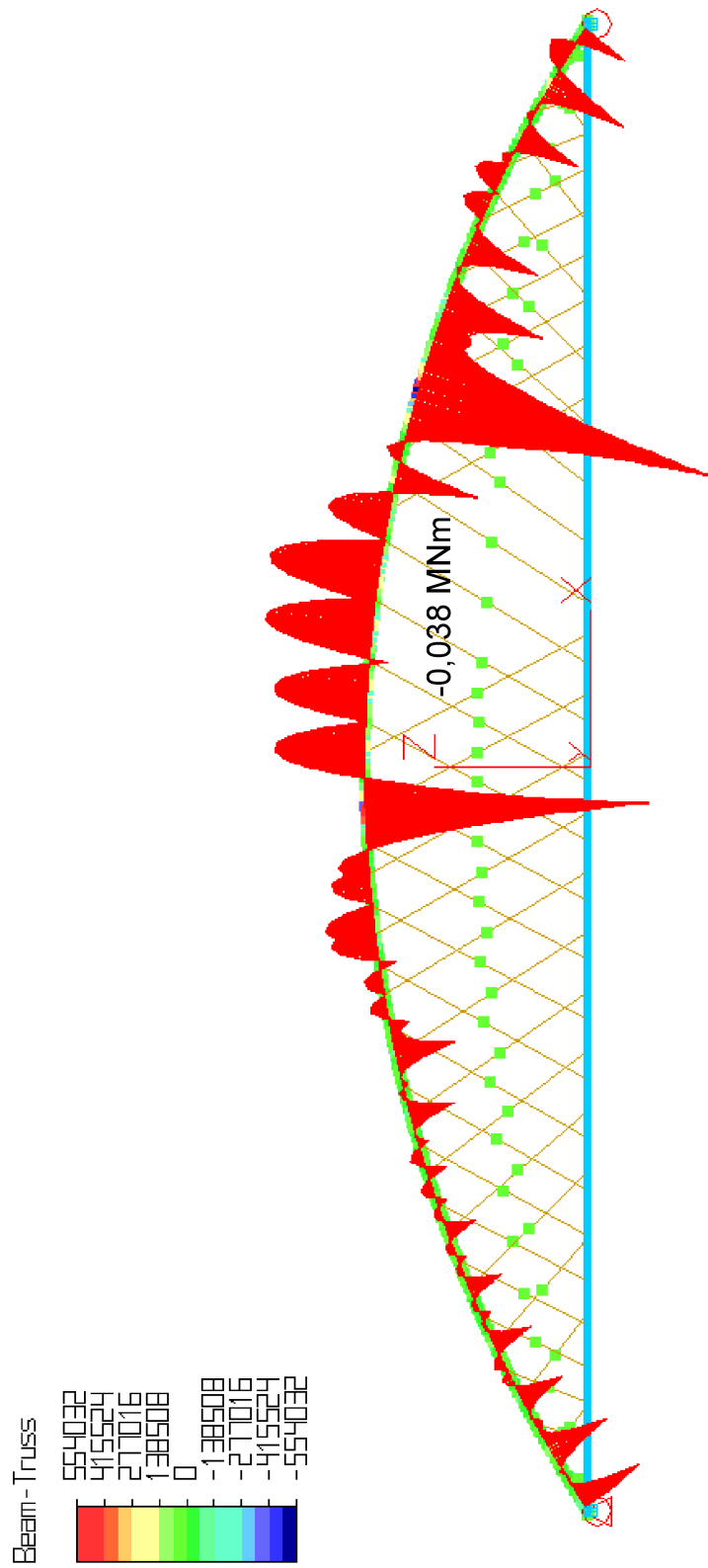


Abbildung C-10: Momente M_y im Bogen infolge ständiger Lasten unter Halblast (LF 01)

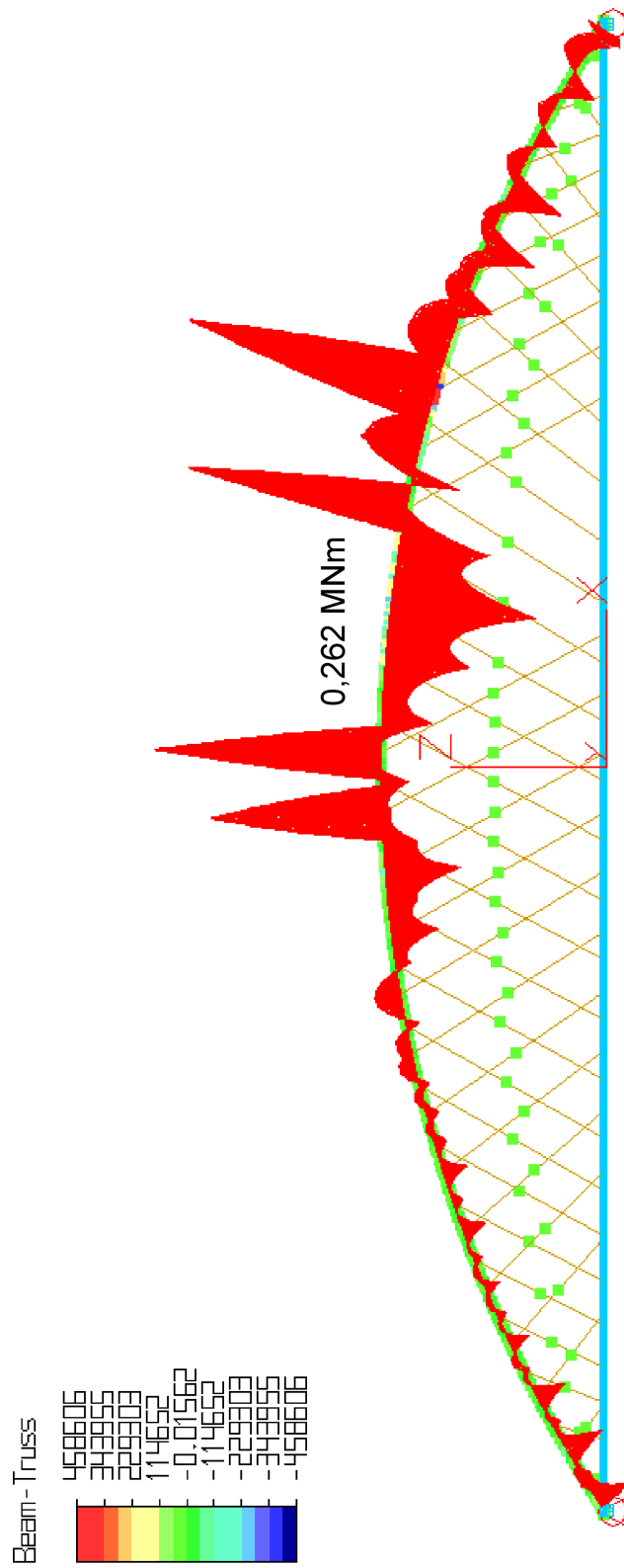


Abbildung C-11: Momente M_y im Bogen infolge Verkehrslast unter Halblast (LF 10)

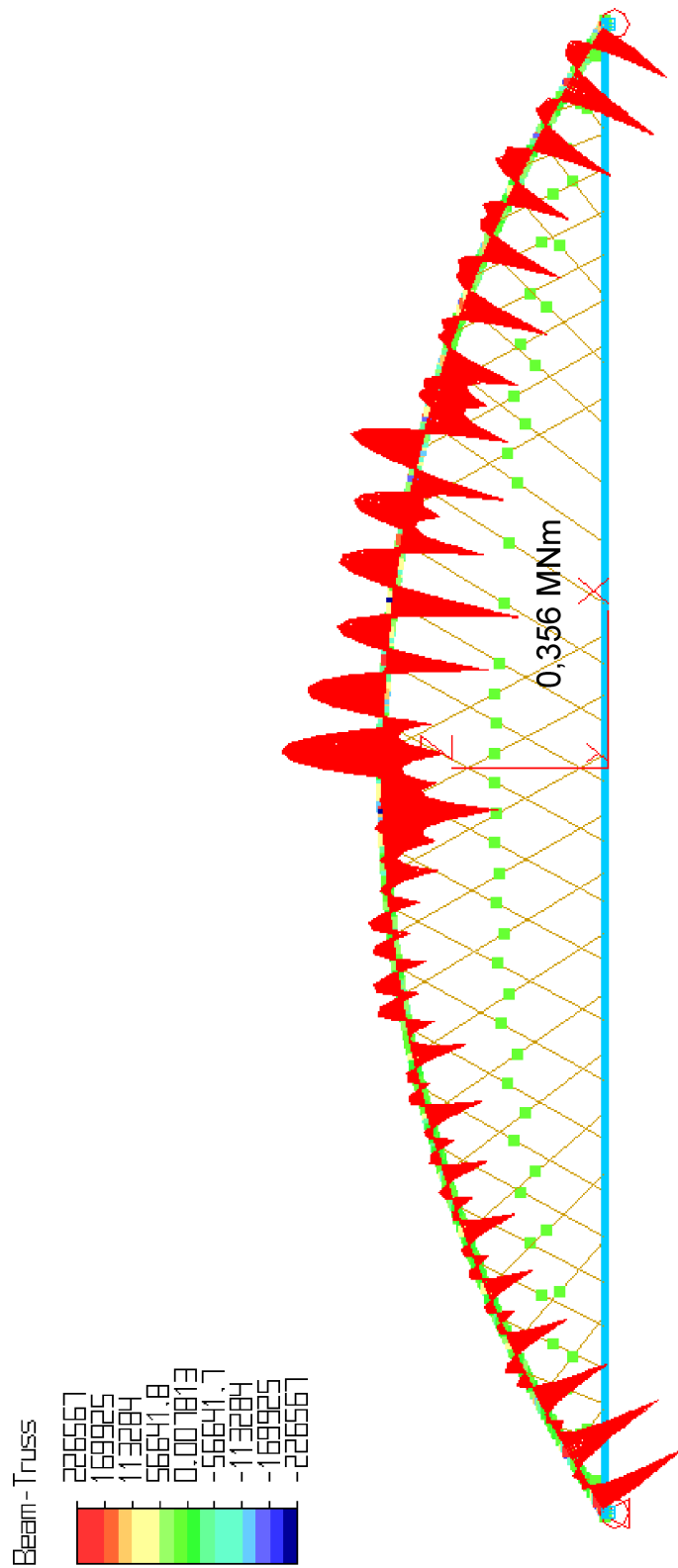


Abbildung C-12: Momente M_y im Bogen unter Halblast (Bemessungswert)

3.2 Schnittgrößen im Windportal

Schnittgrößen im Bogenfußpunkt (Portal, Stiel 1) für maximales Moment M_z infolge Windeinwirkung

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	Zug N [MN]	Max M_z [MNm]	Zug V_y [MN]
01	1,35	-7,856	0,011	0,003
05	1,0-1,5	0,364	0,533	0,097
$\sum S_k$		-7,492	0,544	0,100
$\sum S_d$		-10,060	0,814	0,149

Tabelle C-10: Schnittgrößen im Windportal (Stiel 1; Element 2)

Schnittgrößen im Bogenfußpunkt (Portal, Stiel 2) für maximales Momente M_z infolge Windeinwirkung

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	Zug N [MN]	Max M_z [MNm]	Zug V_y [MN]
01	1,35	-7,873	-0,122	-0,001
05	1,0-1,5	-0,363	0,552	0,087
$\sum S_k$		-8,236	0,430	0,086
$\sum S_d$		-11,172	0,664	0,129

Tabelle C-11: Schnittgrößen im Windportal (Stiel 2; Element 4)

Schnittgrößen im Portalriegel für maximales Momente M_y infolge Windeinwirkung

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	Zug N [MN]	Max M_y [MNm]	Zug V_y [MN]
01	1,35	-0,011	0,000	0,000
05	1,0-1,5	-0,139	0,005	0,001
$\sum S_k$		-0,150	0,005	0,001
$\sum S_d$		-0,224	0,007	0,002

Tabelle C-12: Schnittgrößen im Windportal (Riegel)

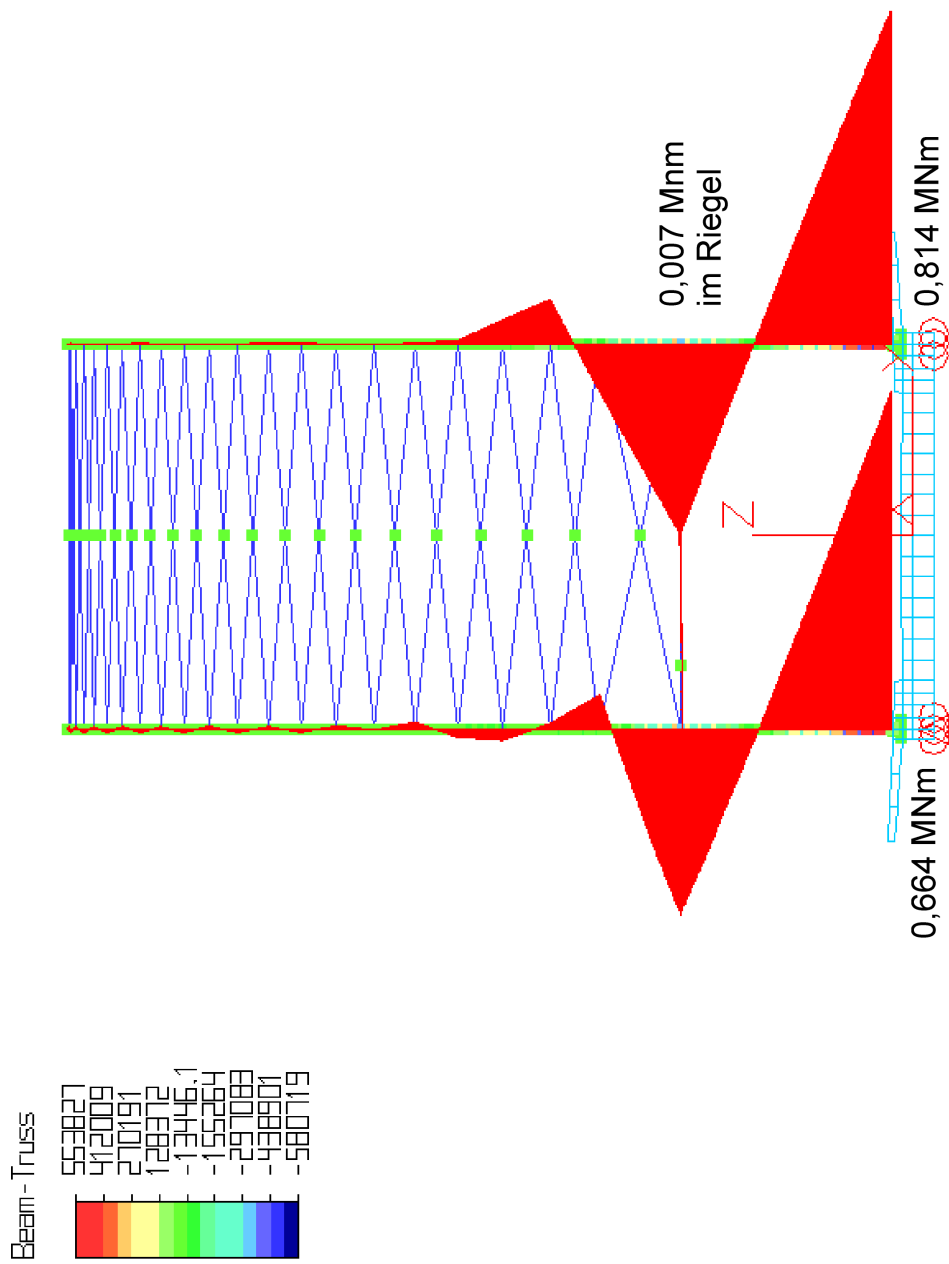


Abbildung C-13: Momente M_z im Windportal (Bemessungswert)

3.3 Schnittgrößen im Windverband

Normalkräfte im Windverband aus maximaler Windeinwirkung

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	N_1^* [MN]	N_2^{**} [MN]
01	1,35	-0,012	-0,002
05	1,0-1,5	-0,309	-0,197
$\sum S_k$		-0,319	-0,198
$\sum S_d$		-0,477	-0,297

Tabelle C-13: Schnittgrößen im Windverband

Normalkräfte im Windverband aus realistischer Windeinwirkung und Verkehrslast auf einer Brückenhälfte

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	N_1^* [MN]	N_2^{**} [MN]
01	1,35	-0,012	-0,002
06	1,0-1,5	-0,159	-0,102
09	0,6-1,5	-0,005	-0,001
$\sum S_k$		-0,176	-0,105
$\sum S_d$		-0,259	-0,156

Tabelle C-14: Schnittgrößen im Windverband

Aus den Werten ist ersichtlich, dass die Einwirkungskombination mit dem maximalen Windansatz maßgebend wird. Die Reaktionen aus Belastung nur einen Brückenhälfte (Torsionslast) sind gering.

Die Unterscheidung zwischen N^* bzw. N^{**} hat ihren Ursprung in einer unterschiedlichen Profilwahl für die Windstreben. N^* bezieht sich hierbei auf die dem Portalriegel am nächsten angeordnete Windstrebe, für die ein stärkeres Profil eingesetzt wird. Der Maximalwert der übrigen Windstreben ist durch N^{**} gekennzeichnet.

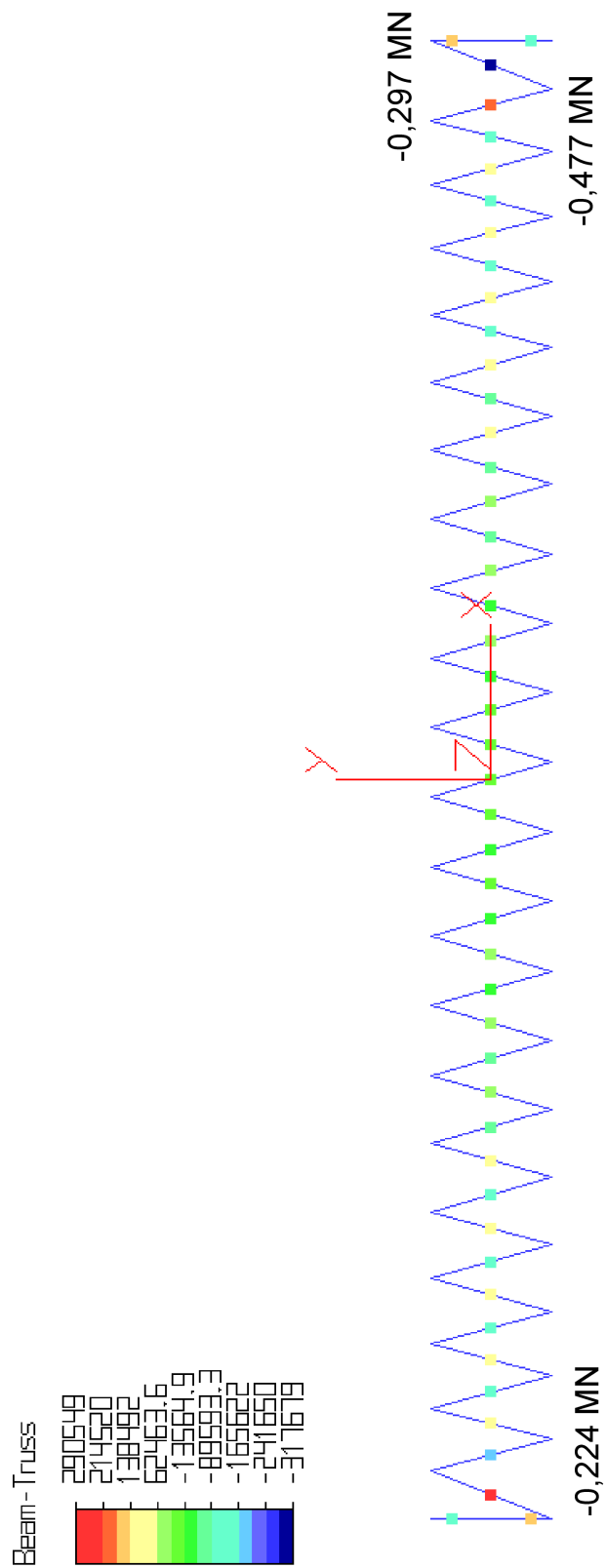


Abbildung C-14: Normalkräfte N im Windverband (Bemessungswerte)

3.4 Schnittgrößen im maßgebenden Hänger

Normalkräfte im maximal beanspruchten Hänger für die Bemessung im Grenzzustand der Tragsicherheit

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	N [MN]
01	1,35	0,283
07	1,0-1,5	0,333
06	0,6-1,5	0,001
$\sum S_k$		0,616
$\sum S_d$		0,882

Tabelle C-15: Schnittgrößen im Hänger

Normalkräfte im maximal beanspruchten Hänger für die Untersuchungen zur Ermüdung

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	N_{\min} [MN]	N_{\max} [MN]
01	1,0	0,283	0,283
05	1,0	-0,046	0,064
$\sum S_k$		0,237	0,346

Tabelle C-16: Schnittgrößen im Hänger (Ermüdung)

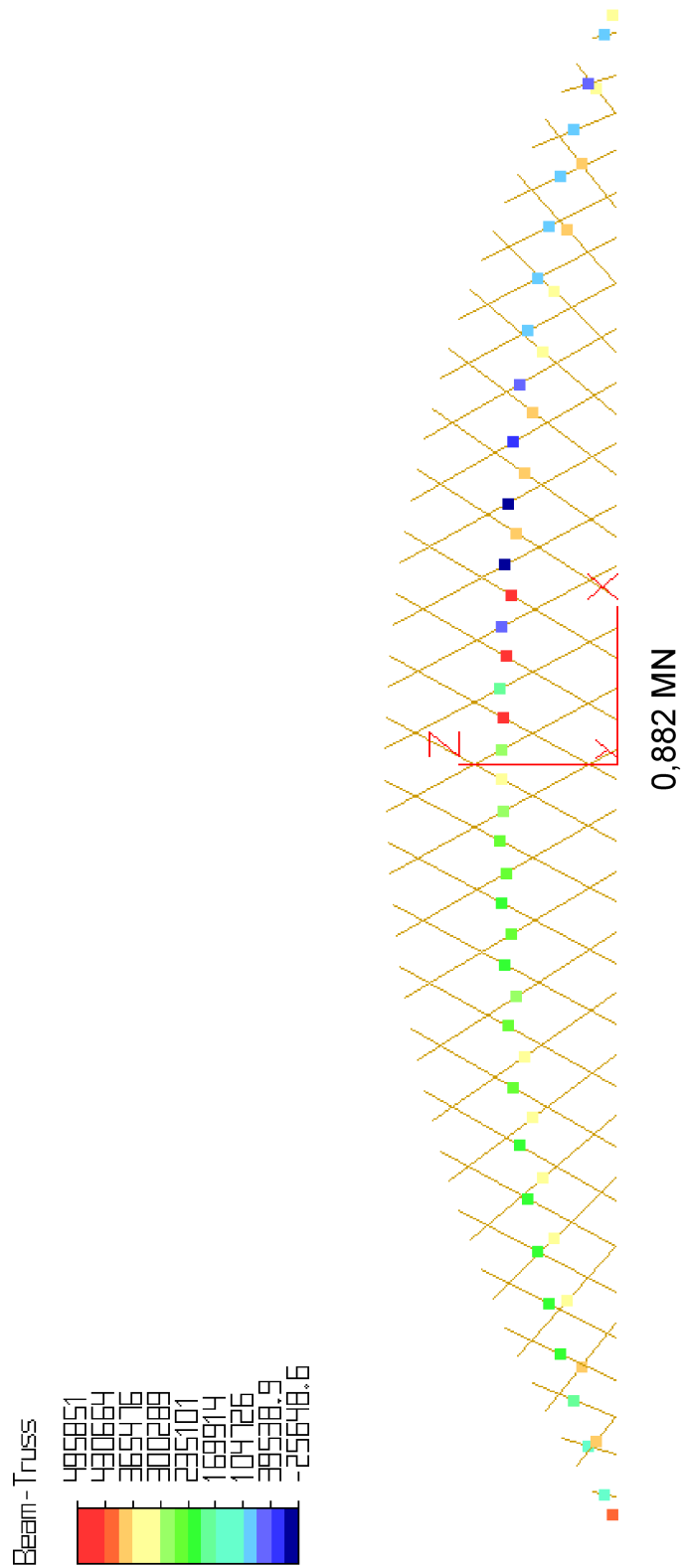


Abbildung C-15: Normalkraft bei maximaler Hängerbelastung (Bemessungswert)

3.5 Schnittgrößen im Betonquerschnitt

Die Software für die Finiten Element Berechnungen gibt für den Querschnitt der Fahrbahnplatte keine Schnittgrößen aus. Die Ausgabe der Berechnungsergebnisse erfolgt nur über Spannungen jedes Knotenpunktes der Würfelemente.

Für die Bemessung des Betonquerschnittes sind jedoch die Schnittgrößen im Untergurt erforderlich.

Die Normalkraft konnte sehr leicht durch Aufstellen des Gleichgewichts am Gesamtsystem errechnet werden, da die Schnittgrößen des Bogens und der Hänger bekannt waren.

Die Momente längs und quer zur Brückenachse wurden aus den ausgegebenen Spannungen an Plattenober- bzw. Plattenunterkante ermittelt.

Berechnung der Gesamtnormalkraft im Untergurt

In nachfolgender Tabelle sind die Schnittgrößen von Bogen und Hänger bei einem Schnitt durch das Gesamttragwerk aufgeführt.

LF	N_B [MN]	H_1 [MN]	H_2 [MN]	H_3 [MN]	H_4 [MN]
01	-7,503	0,181	0,180	0,178	0,179
03	-4,652	0,157	0,171	0,231	0,223

Tabelle C-17: Schnittgrößen im Gesamtsystem (Schnitt Mitte)

Neigungswinkel der Hänger:

$$\alpha_1 = 61,9^\circ$$

$$\alpha_2 = 60,7^\circ$$

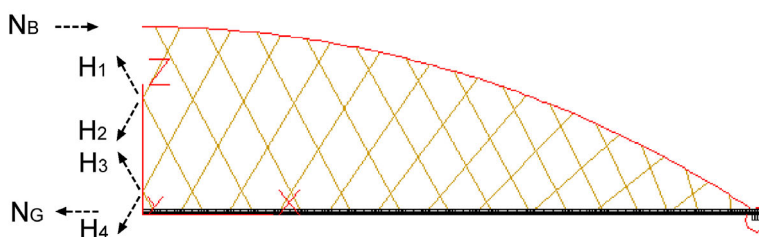


Abbildung C-16: Schnitt durch das Gesamtsystem

$$N_G = - [N_B + (H_1 + H_2) \cdot \cos \alpha_1 + (H_3 + H_4) \cdot \cos \alpha_2]$$

Getrennt für die maßgebenden Lastfälle ergibt sich daraus die Zugkraft im Untergurt.

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	N [MN]
01	1,35	7,159
03	1,0·1,5	4,276
$\sum S_k$		11,434
$\sum S_d$		16,078

Tabelle C-18: Normalkräfte im Untergurt

Berechnung der Momente im Untergurt

Beispielhaft ist nachfolgend die Umrechnungsmethode der Spannungen für die Feldmomente in Plattenquerrichtung gezeigt. Für alle weiteren Momente wurde analog verfahren. Auf eine Ausführung wird jedoch verzichtet. Für alle weiteren untersuchten Schnitte sind nur die ermittelten Momente angegeben.

Es gilt:

$$M = \frac{1}{2}(\sigma_u - \sigma_o) \cdot W \quad \text{mit } W = \frac{b \cdot d^2}{6}$$

Die Plattendicke d beträgt in der Fahrbahnmitte 0,3 m.

Die geringen Spannungsdifferenzen zwischen Ober- und Unterseite lassen auf einen Spannungsanteil aus Normalkraft schließen. Für die Plattenmitte ergibt sich die Normalkraft zu $N_{sd} = 279 \text{ kN/m}$ was einer Spannung von $0,9 \text{ N/mm}^2$ entspricht. Dieser relativ kleine Wert kann bei der Bemessung vernachlässigt werden.

Spannungen und Querbiegemomente für die Bemessung der erforderlichen Bewehrung auf der Plattenunterseite

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	σ_o [MN/m ²]	σ_u [MN/m ²]	M_Q [MNm/m]
01	1,35	-5,465	5,510	0,082
02	1,0·1,5	-12,692	13,893	0,199
$\sum S_k$				0,282
$\sum S_d$				0,410

Tabelle C-19: Querbiegemomente Plattenmitte

Eine Lastkombination, die in Plattenmitte negative Momente hervorruft ist nicht vorhanden.

Querbiegemomente für die Bemessung der erforderlichen Bewehrung im Kragarmanschnitt

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	M_Q [MNm/m]
<u>01</u>	1,35	<u>-0,017</u>
<u>03</u>	1,0·1,5	<u>-0,047</u>
04a	1,0·1,5	-0,012
04b	1,0·1,5	-0,038
04c	1,0·1,0	-0,036
04d	1,0·1,0	-0,031
$\sum S_k$		-0,063
$\sum S_d$		-0,093

Tabelle C-20: Momente Kragarmanschnitt

Die maßgebende Kombination ist unterstrichen.

Längsbiegemomente für die Fahrbahnbemessung in Plattenmitte

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	M_L [MNm/m]
01	1,35	0,020
02	1,0·1,5	0,147
$\sum S_k$		0,167
$\sum S_d$		0,247

Tabelle C-21: Längsmomente Plattenmitte

Längsbiegemomente für die Kragarmbemessung

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	M_L [MNm/m]
<u>01</u>	1,35	<u>0,000</u>
04b	1,0·1,5	0,007
04c	1,0·1,0	0,009
<u>04d</u>	1,0·1,0	<u>0,012</u>
$\sum S_k$		0,012
$\sum S_d$		0,012

Tabelle C-22: Längsmomente Kragarm

Längsbiegemomente im Randträger zwischen den Hängern

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	M_L [MNm/m]
01	1,35	0,016
03	1,0-1,5	0,142
$\sum S_k$		0,158
$\sum S_d$		0,234

Tabelle C-23: Längsmomente Randträger (Feld)

Längsbiegemomente im Randträger im Hängerbereich

LF	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	M_L [MNm/m]
01	1,35	-0,029
03	1,0-1,5	-0,048
$\sum S_k$		-0,077
$\sum S_d$		-0,112

Tabelle C-24: Längsmomente Randträger (Stützung)

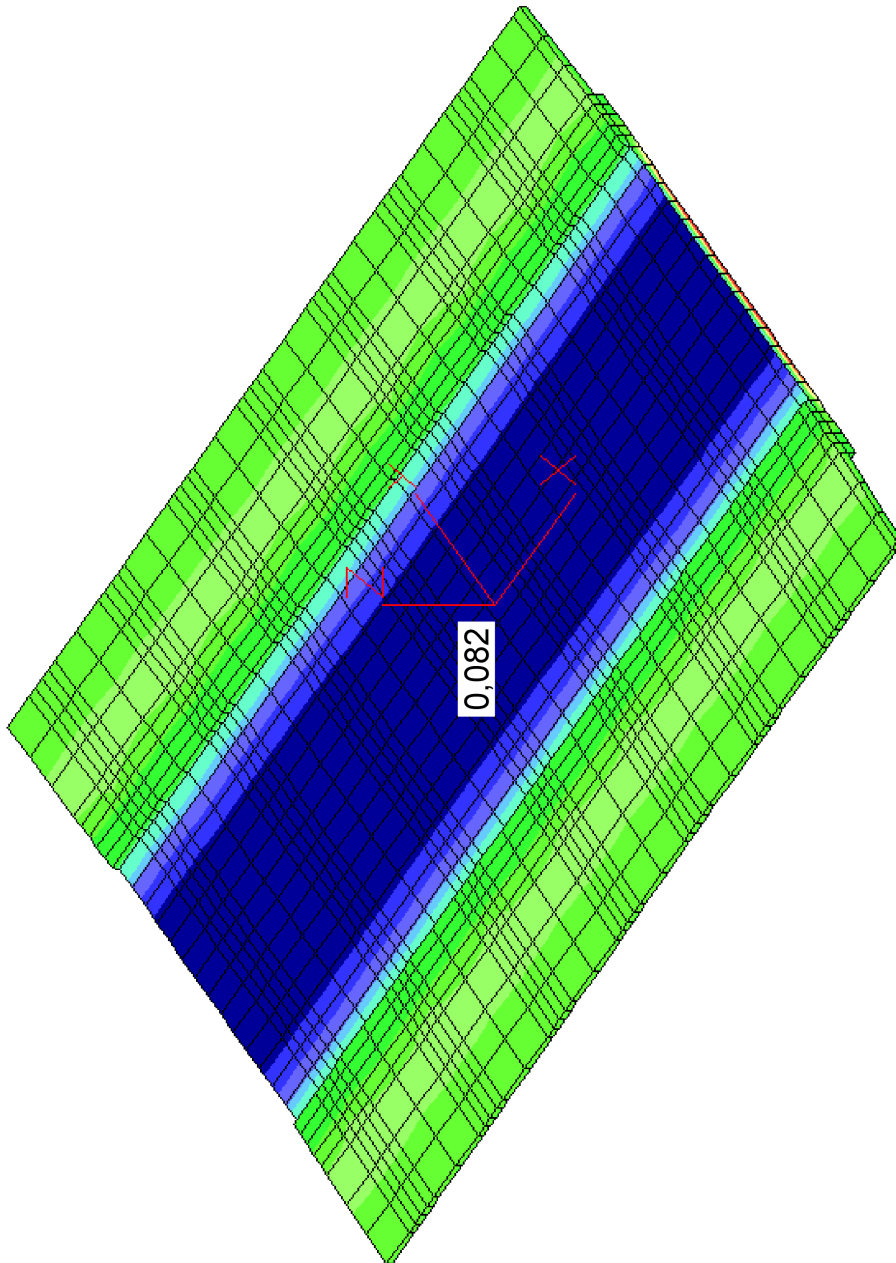


Abbildung C-17: Querbiegemomente in Fahrbahnplatte infolge Eigengewicht [MNm/m]

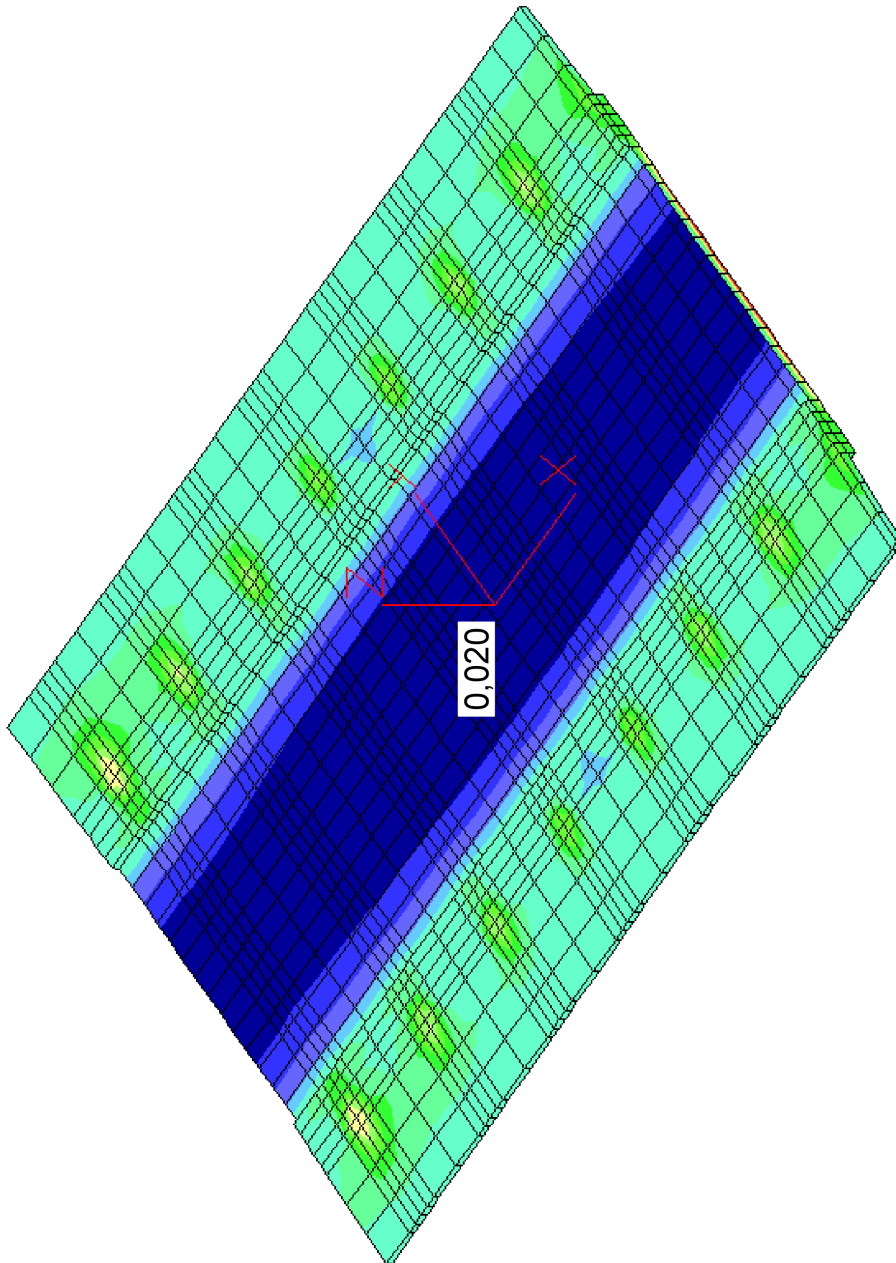


Abbildung C-18: Längsbiegemomente in der Fahrbahnplatte infolge Eigengewicht [MNm/m]

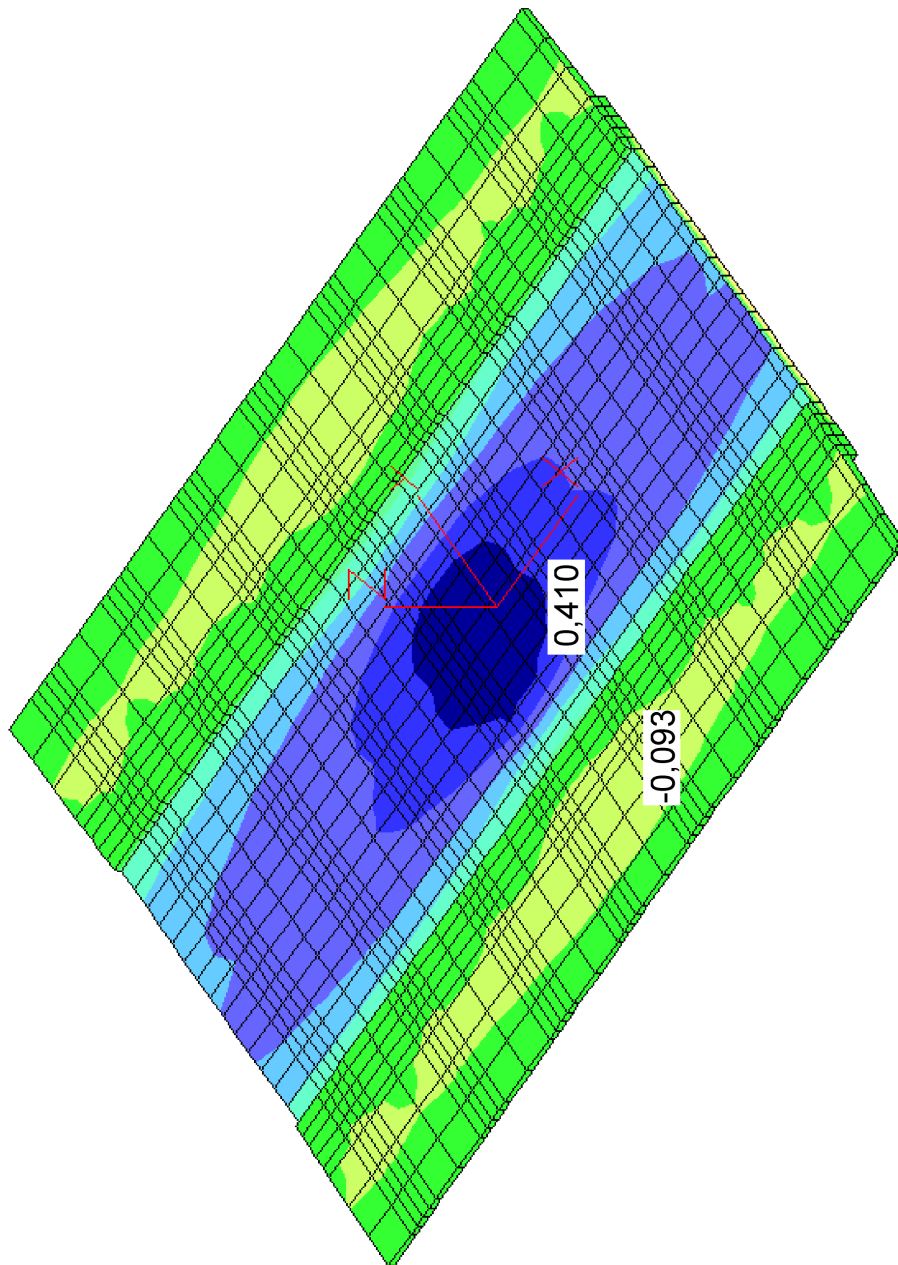


Abbildung C-19: Querbiegemomente in Fahrbahn und Kragarmanschnitt (Bemessungswert) [MNm/m]

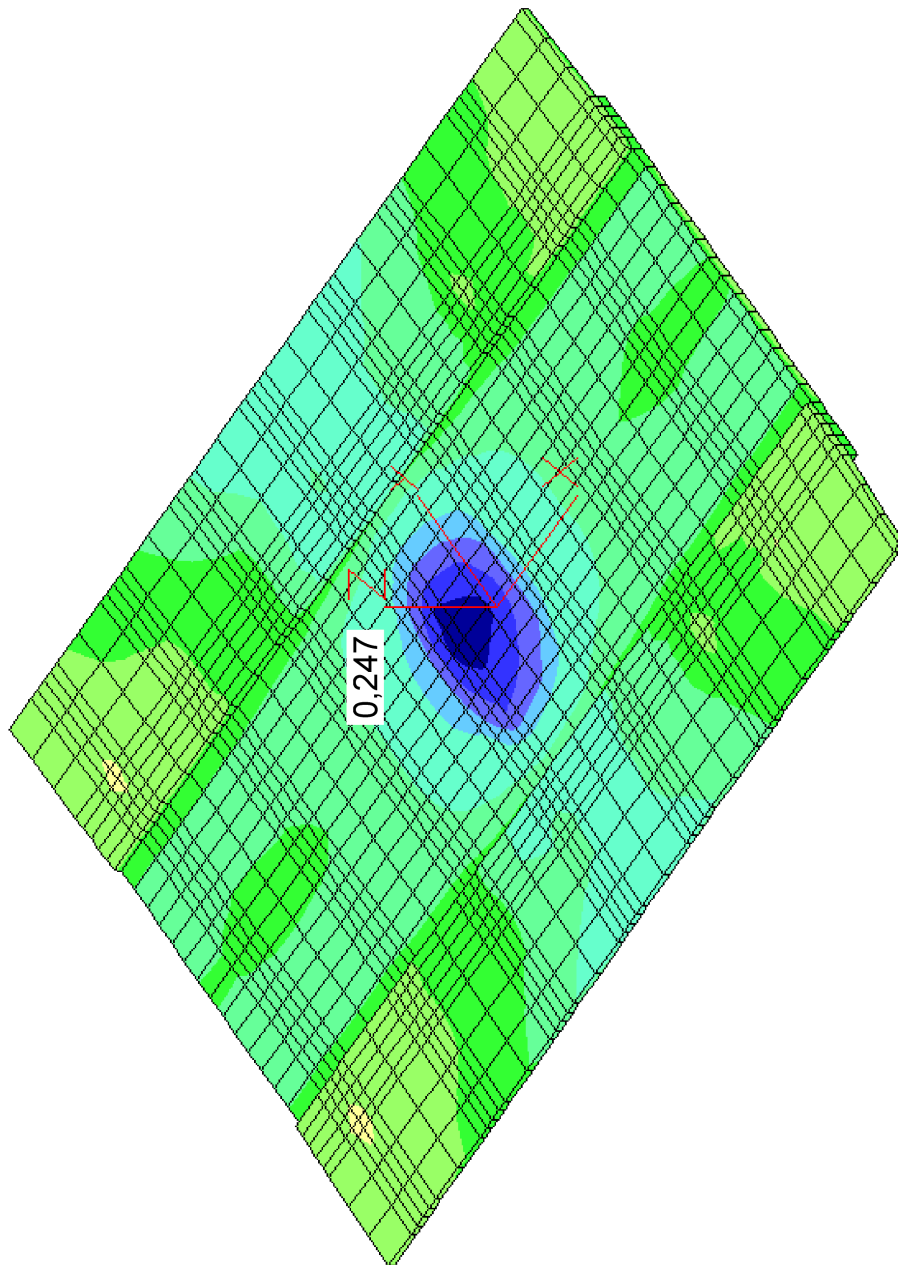


Abbildung C-20: Längsbiegemomente in der Fahrbahn (Bemessungswert) [MNm/m]

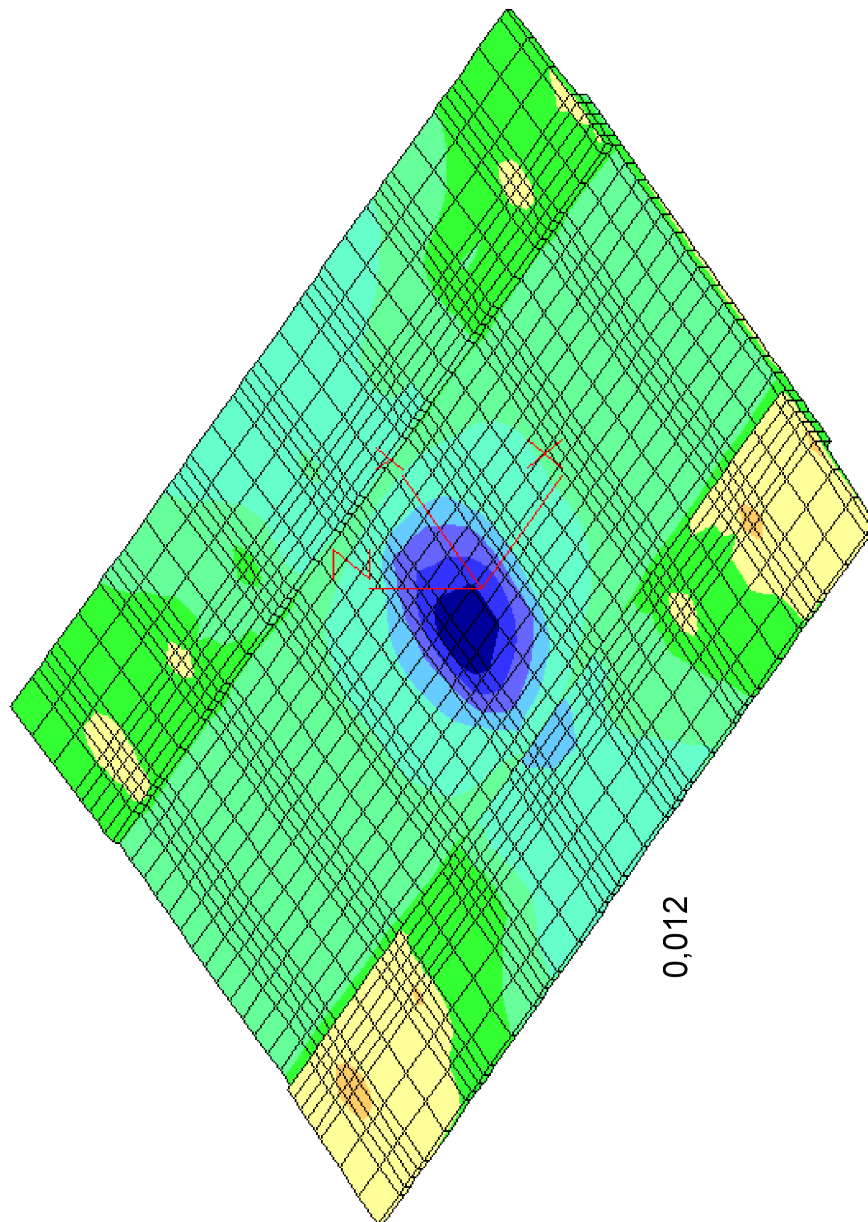


Abbildung C-21: Längsbiegemomente im Kragarm (Bemessungswert) [MNm/m]

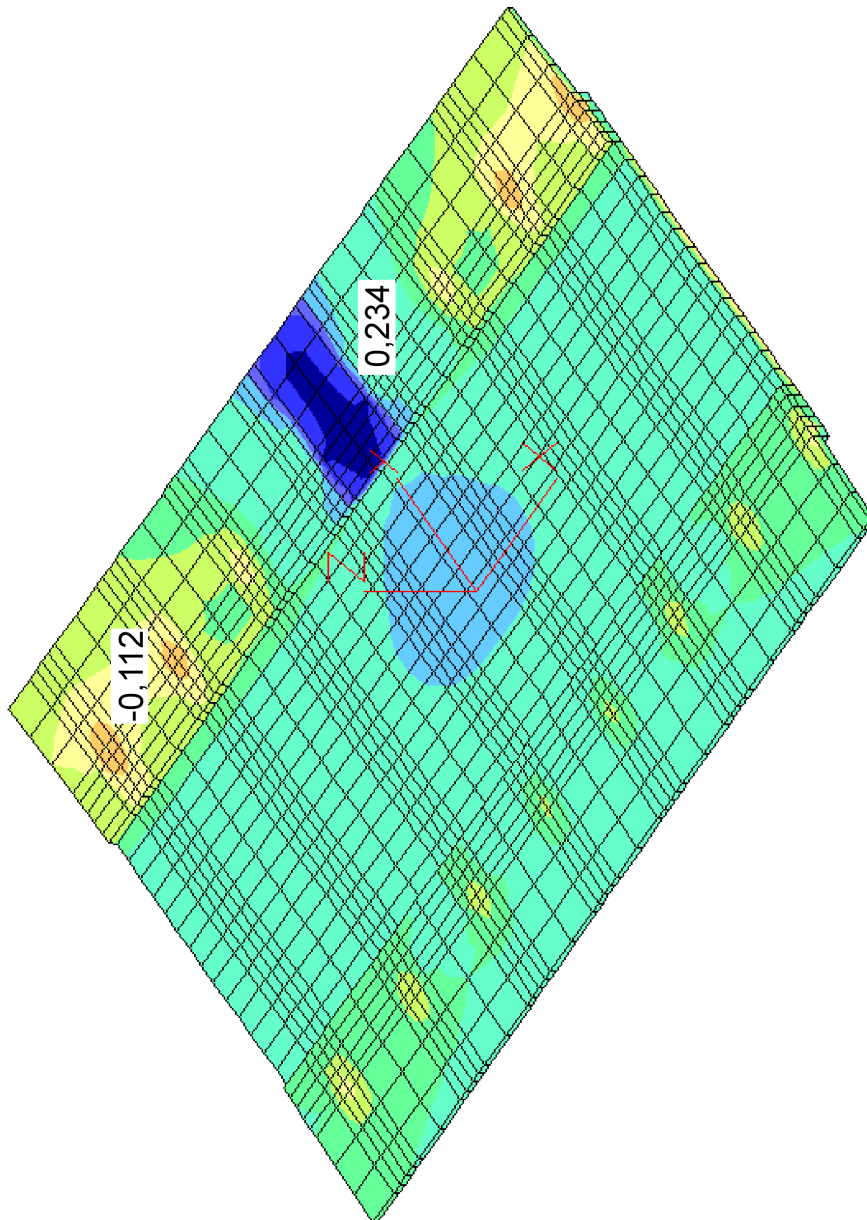


Abbildung C-22: Längsbiegemomente im Randträger (Bemessungswert) [MNm/m]

3.6 Auflagerkräfte

Die ungünstigste Laststellung für die Auflagerkraft F_z ergibt sich bei Überfahrt des Schwerlastwagens über den Endquerträger. Die Laststellung in Querrichtung erfolgt gemäß Lastfall 03.

Eine abhebende Kraft ist aufgrund der äußeren statischen Bestimmtheit des Tragwerkes nicht zu erwarten.

Maximale Auflagerkräfte

Last	$\Psi_0 \cdot \gamma_i$	F_z [MN]
Ständige Lasten	1,35	4,687
Verkehr	1,0 · 1,5	2,769
$\sum S_k$		7,456
$\sum S_d$		10,481

Tabelle C-25: Auflagerkräfte

Durch die Anordnung von je zwei Lagern an jedem theoretischen Auflagerpunkt wird eine Einspannwirkung des Bogens und des Endquerträgers erreicht. Dies wirkt sich für beide Bauteile günstig aus.

Durch die beidseitige Einspannung des Endquerträgers kommt es bei mittiger Fahrstreifenanordnung zu einer unterschiedlichen Lagerbelastung. Die jeweils innenliegenden Lager werden zusätzlich belastet, die äußeren Lager werden entlastet. Ähnlich verhält es sich bei Windbelastung des Bogens und dem damit verbundenen Einspannmoment.

Die zusätzliche Kraft kann über die Summe aus Einspannmoment M_E des Endquerträgers und Einspannmoment M_W mit dem Lagerabstand a berechnet werden.

$$F = \frac{M_E + M_W}{a} = \frac{1,714 \text{ MNm} + 0,299 \text{ MNm}}{1,26 \text{ m}} = 1,59 \text{ MN}$$

Addiert man diesen Wert zur Auflagerkraft der Laststellung mit mittiger Fahrstreifenaufteilung hinzu, ergibt sich eine geringere Auflagerkraft als bei der zuvor aufgeführten Laststellung.