

AUSFÜHRUNGSPROJEKT

Hartmann Consulting AG

Bridge Fly – Over B.V.

Mini – Fly - Over

Statische Berechnung

Regensdorf, 30.01.2007



WÜST BAUINGENIEURE AG

Althardstrasse 10
8105 Regensdorf

Tel. 043 343 72 00
Fax 043 343 72 01

E-Mail info@wbi.ch
MwSt.-Nr. 105 994

Zertifiziertes
Managementsystem



ISO 9001
Reg.-Nr. 13153-01

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen.....	1
1.1	Normgrundlagen	1
2	Werkstoffe	1
2.1	Baustahl S 355:.....	1
2.2	Schrauben.....	1
3	Einwirkungen	2
3.1	Eigengewicht.....	2
3.2	Verkehrslast	2
	vertikale Belastungen.....	2
	horizontale Belastungen, Längsrichtung.....	2
	horizontale Belastungen Querrichtung	3
4	Nachweis Tragsicherheit Mittelplatte	3
4.1	Nachweis Mittelplatte	3
	Statisches Modell.....	3
	Nachweis Tragsicherheit.....	4
	Nachweis Gebrauchstauglichkeit.....	5
	Nachweis Tragsicherheit Anschlüsse (Schrauben).....	5
5	Ermüdungsnachweis Schweissnaht Fahrbahnplatte.....	6
5.1	Ermüdungsnachweis Fahrbahnplatte.....	6
5.2	Ermüdungsnachweis Schweissnaht.....	7
6	Nachweis Tragsicherheit für Horizontalkräfte am Gesamtsystem	8
6.1	Nachweis in Längsrichtung (Bremsen)	8
	Statisches System.....	8
	Nachweis Befestigung Konsolkopf	9
	Nachweis Schraubverbindungen Platte.....	9
6.2	Nachweis in Querrichtung.....	10
6.3	Nachweis in Quer- und Längsrichtung mit Berücksichtigung Reibung	10
Anhang.....		11



WÜST BAUINGENIEURE AG

Althardstrasse 10 Tel. 043 343 72 00
8105 Regensdorf Fax 043 343 72 01

E-Mail info@wbi.ch
MwSt.-Nr. 105 994

Rev.	erstellt / revidiert		geprüft		freigegeben	
	Datum	Vis.	Datum	Vis.	Datum	Vis.
●	28.11.06	Tr	28.11.06	Tr	28.11.06	tr
Projekt Nr./ Index			26075.000 EDV		Format DOC	

I:\Projekte WBI\26 000 - 26 999\26 075 Mini Fly Over\4_Bearbeitung\Dokumente_reg\Statische Berechnung.doc

1 GRUNDLAGEN

1.1 Normgrundlagen

Belastungsnormen:

ENV 1991-1: 1994 Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke Teil 1: Grundlagen der Tragwerksplanung

ENV 1991 – 3: 1995 Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke Teil 3: Verkehrslasten auf Brücken

NAD NVN 1991-3: 2002 Onwerpsgrondlagen en belastingen op constructies – Deel 3: Verkeersbelastingen op bruggen

prEN 1990: 2001 – 07 Grundlagen der Tragwerksplanung

Berechnungsnormen:

Eurocode 3 Bemessung und Konstruktion Stahlbauten
→ Swisscode SIA 263 Stahlbau, 2003

prEN 1992-1-1 Design of concrete structures
→ Swisscode SIA 262, Betonbau

2 WERKSTOFFE

Als Werkstoffe werden Stähle der Europäischen Normenreihen EN 10013 verwendet.

2.1 Baustahl S 355:

$$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{m1} = 1.05$$

$$E_a = 205'000 \text{ N/mm}^2$$

2.2 Schrauben

Als Schrauben werden ausschliesslich vorgespannte HV Schrauben verwendet.

SHV 10.9

$$f_{yb} = 900 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{u,b} = 1000 \text{ N/mm}^2$$

3 EINWIRKUNGEN

3.1 Eigengewicht

Das Eigengewicht wird aus den theoretischen Bauteilabmessungen ermittelt. $\gamma_{\text{Stahl}} = 78.5 \text{ kN/m}^3$.

3.2 Verkehrslast

vertikale Belastungen

Als Verkehrslast wird nach EC 1-3 das Lastmodell 1 angesetzt.

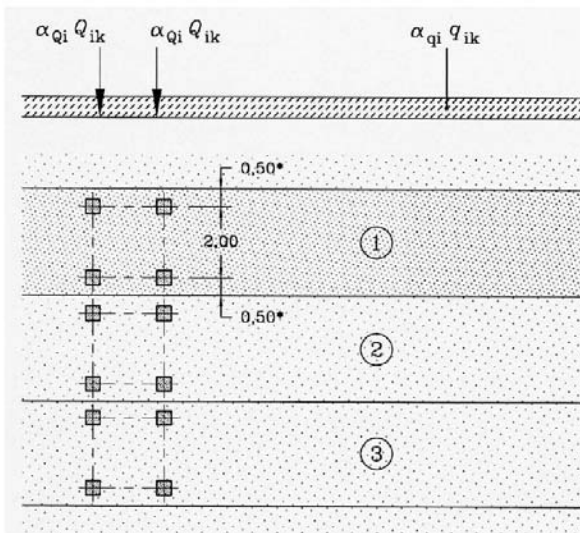


Abbildung 2.1.:
 Belastung der Fahrstreifen gemäß
 ENV1991-2

* mit $w_l = 3,00 \text{ m}$

(1) Fahrstreifen 1: $Q=300 \text{ kN}$; $q=9\text{kN/m}^2$

(2) Fahrstreifen 2: $Q=200 \text{ kN}$; $q=2,5 \text{ kN/m}^2$

(3) Fahrstreifen 3 : $Q=100 \text{ kN}$; $q=2,5 \text{ kN/m}^2$

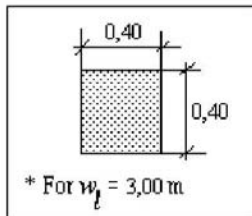


Abbildung 2.2.:
 zugehörige Radkontaktfläche

Für eine Radlast ergibt sich:

$$Q_{ik} = \frac{\alpha_{Q1} \cdot Q_{k1} \cdot \psi}{2 \cdot 0,4^2} = \frac{1,15 \cdot Q_{k1} \cdot \psi}{2 \cdot 0,4^2} = 946 \text{ kN/m}^2$$

Mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{Q,1} = 1,35$ ergibt sich $Q_d = 1277 \text{ kN}$

horizontale Belastungen, Längsrichtung

Die Bremslast gemäss EC1-3 4.4.1. greift auf der Plattenoberseite an und beträgt:

$$Q_{ik} = 0,6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot (2 \cdot Q_{k1}) \cdot \psi + 0,1 \cdot \alpha \cdot q_{k1} \cdot w_1 \cdot L \cdot \psi$$

Wobei der Anteil der Flächenlast vernachlässigt werden darf.

$$Q_{ik} = 0,6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot (2 \cdot Q_{k1}) \cdot \psi$$

$$Q_{ik} = 0,6 \cdot 1,15 \cdot (2 \cdot 300\text{kN}) \cdot 0,878 = 363\text{kN}$$

Nach NAD NVN EN 1991-3 4.3.2 beträgt ψ :

$$\psi = \left(\frac{\ln(v \cdot t)}{\ln(v \cdot T)} \right)^{0.45} = 0.878$$

Mit

$v = 1.5$ Mio LKW pro Jahr

$T = 5$ Jahre

$T = 1000$ Jahre

Gemäss NAD NVN EN 1991-3 beträgt $\alpha_{Q1} = 1.15$.

Mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{Q1} = 1.35$ ergibt sich $Q_d = 490$ kN

horizontale Belastungen Querrichtung

in Querrichtung werden 10 % der Vertikallasten angesetzt. Der Anteil der Flächenlasten wird wiederum vernachlässigt.

$$Q_{ik} = 0.1 \cdot \alpha_{Q1} \cdot (2 \cdot Q_{k1}) \cdot \psi = 61 \text{ kN}$$

Mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{Q1} = 1.35$ ergibt sich $Q_d = 82$ kN

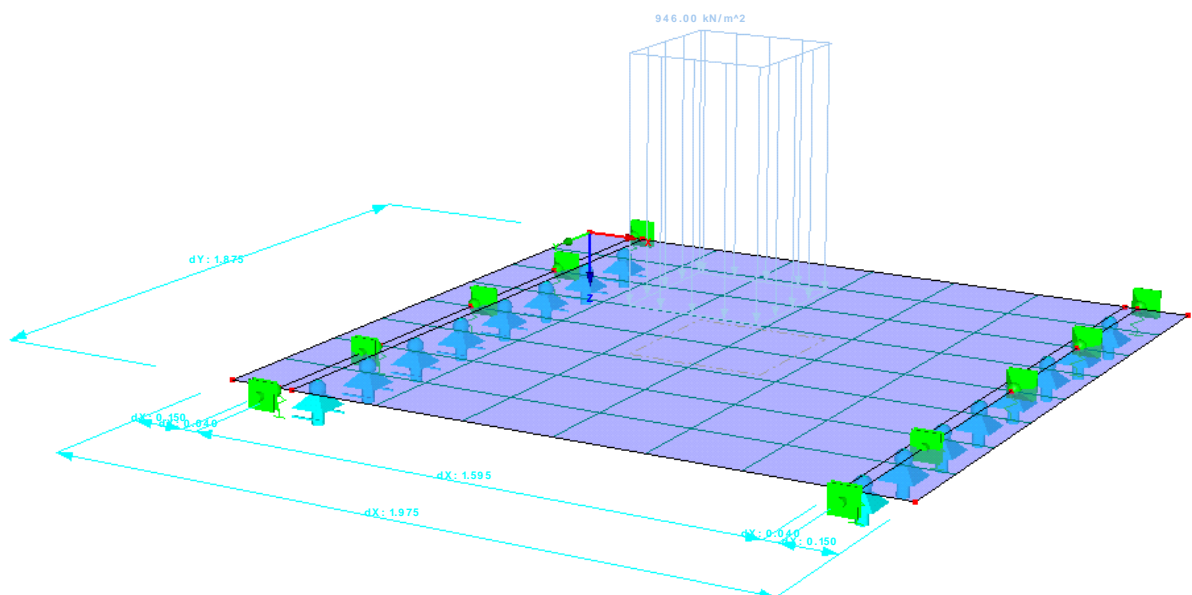
4 NACHWEIS TRAGSICHERHEIT MITTELPLATTE

4.1 Nachweis Mittelplatte

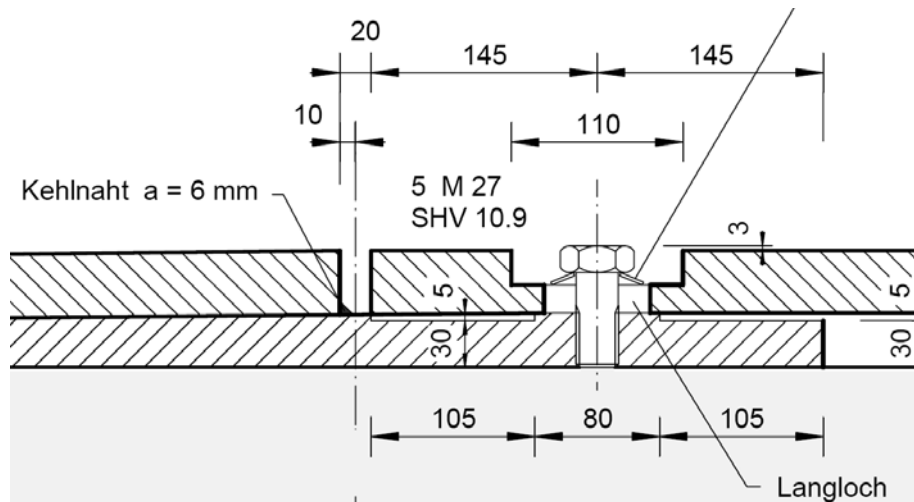
Statisches Modell

Das Statische Modell ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

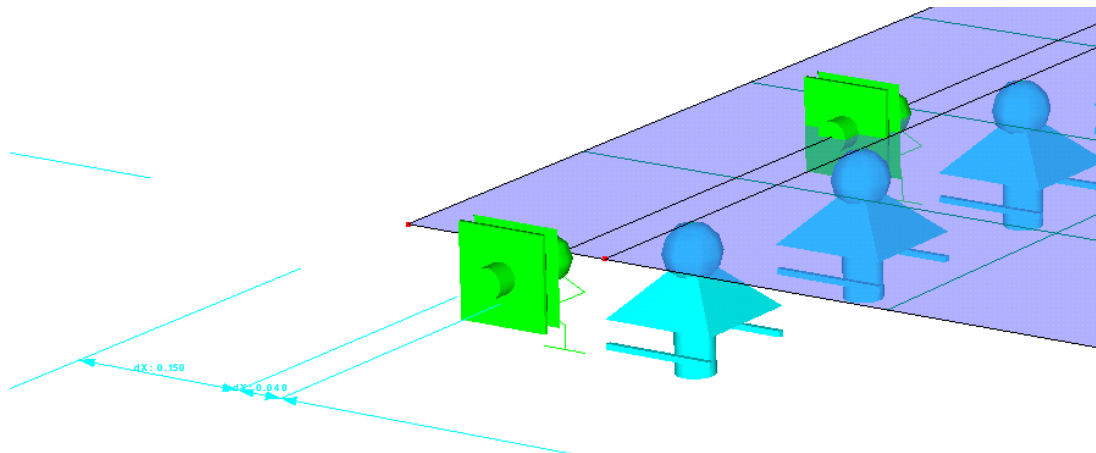
Die Platte wird mit den Abmessungen gemäss Plan modelliert. Die Platte 40 mm liegt auf der Platte auf der unteren Platte auf einer Breite von 80 mm auf. Die Lagerung wird als starres Linienlager am vorderen Rotationspunkt modelliert.



Die Verschraubungen erfolgt mit vorgespannten HV Schrauben und darunterliegenden Tellerfedern.



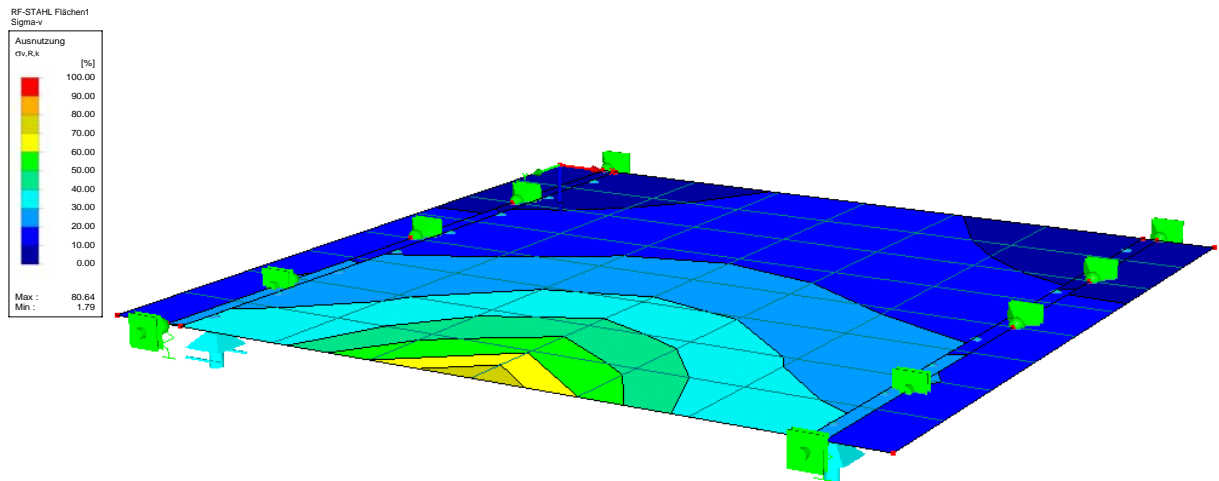
Die Verschraubungen werden als Federn modelliert. Die Federkonstante entspricht der Federkonstante der Tellerfeder und beträgt 9600 N/mm.



Nachweis Tragsicherheit

Die Tragsicherheit wird direkt mit dem Programm RFEM geführt. Es werden in Querrichtung die Laststellungen in Plattenmitte und am Plattenrand untersucht. In Längsrichtung ist die Radstellung in Plattenmitte massgebend.

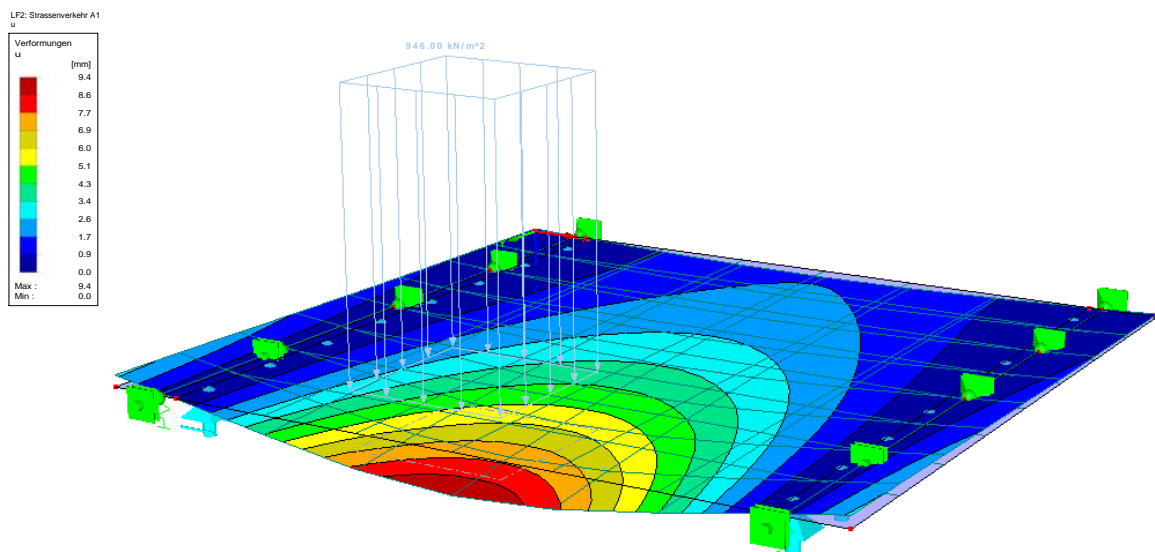
Der Nachweis der Tragsicherheit erfolgt über die Vergleichsspannung. Die maximale Auslastung beträgt 81% (Vergleichsspannung σ_v).



Nachweis Gebrauchstauglichkeit

Die maximale Durchbiegungen in Plattenmitte beträgt $w = 0.7 \cdot 9 = 6.3 \text{ mm}$

- für die ungünstigste Laststellung
- für häufige Lastfälle (Reduktionsbeiwert für häufige Lastfälle $\psi_1 = 0.7$).



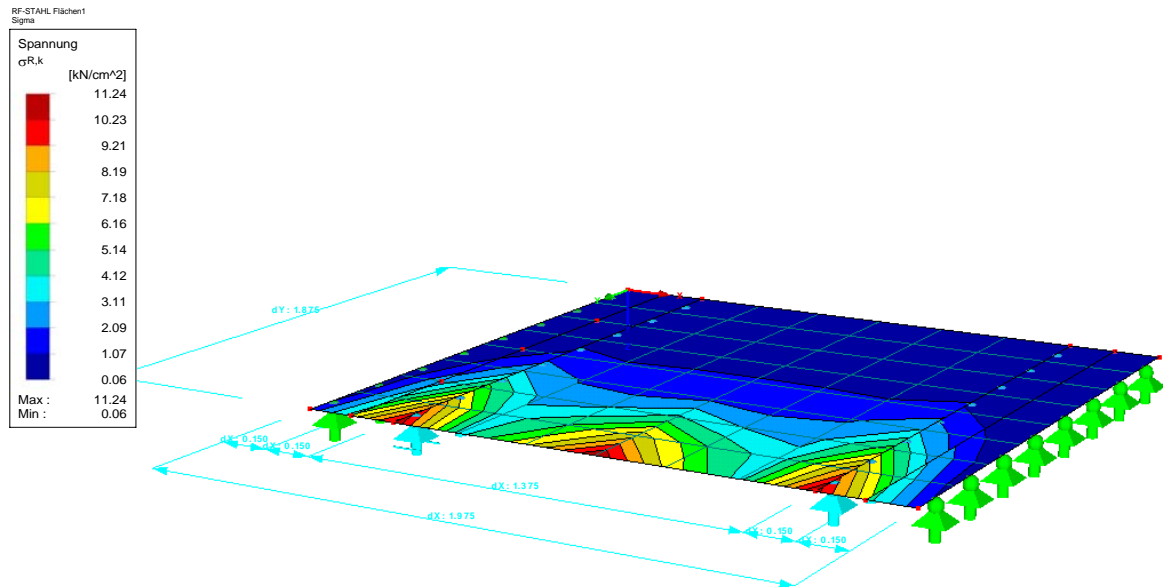
Eine Durchbiegung von 6.3 mm kann toleriert werden.

Nachweis Tragsicherheit Anschlüsse (Schrauben)

Durch die Verwendung von Tellerfedern ergibt sich eine fast gelenkige Lagerung der Platte. Die Schraubenbelastung hängt im wesentlichen von den Steifigkeitsverhältnis Feder und Platte zusammen. Die resultierende Zugkraft für die Schraube beträgt $Z = 5.8 \text{ kN}$. Dies ergibt eine Spannungsdifferenz in der Schraube infolge Verkehr (ohne dynamische Effekte) von

$$\Delta\sigma = \frac{Z}{A_s} = \frac{5800}{459} = 12.6 \text{ N/mm}^2$$

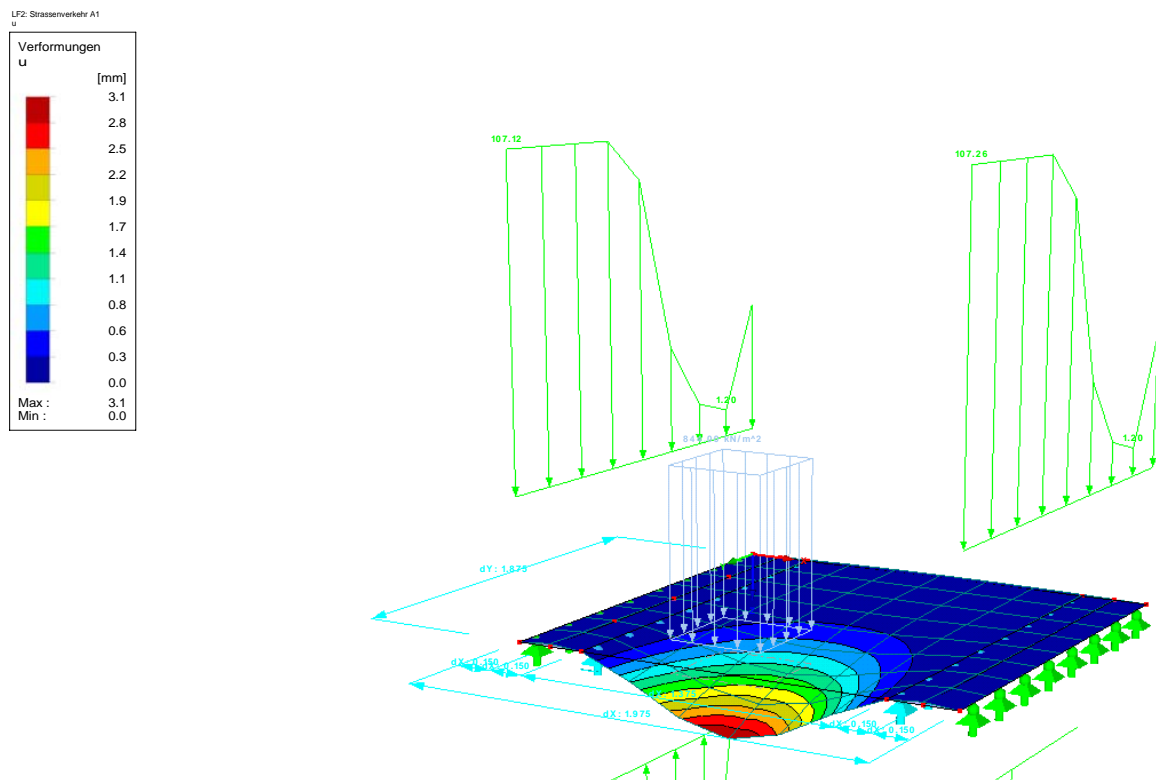
Dies führt nicht zu Ermüdungsproblemen.



$$\Delta\sigma_c = 140 \text{ N/mm}^2$$

Die Ermüdungsbeanspruchung liegt unter der Dauerfestigkeit $0.8 \cdot \Delta\sigma_c = 112 \text{ N/mm}^2$

5.2 Ermüdungsnachweis Schweissnaht



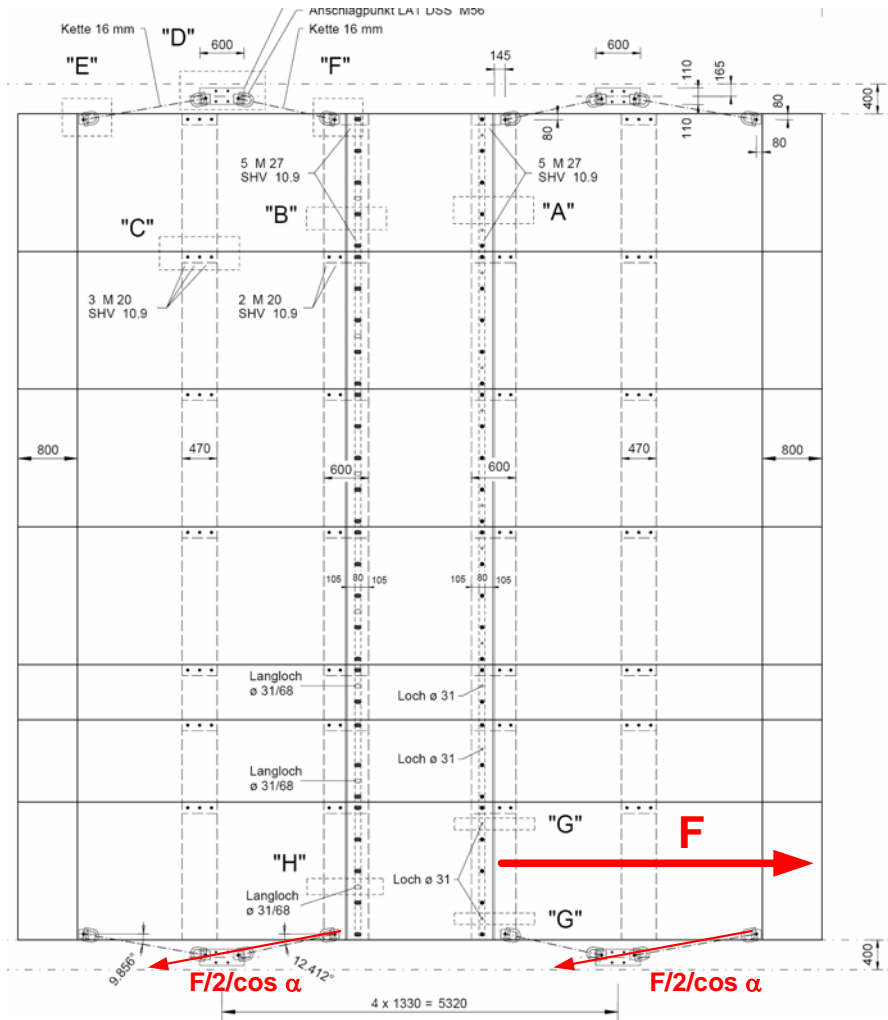
Es resultiert eine Auflagerkraft von 112 kN/m.

Die Schweissnaht wird mit einer Spannung ca. $\Delta\sigma = 112/6 = 18.6 \text{ N/mm}^2$ beansprucht. Dies ergibt eine zulässige Kerbgruppe $\Delta\sigma_c = 18.6/0.8 = 23.25 \text{ N/mm}^2$. Es führt zu keinen Ermüdungsproblemen in der Schweissnaht.

6 NACHWEIS TRAGSICHERHEIT FÜR HORIZONTALKRÄFTE AM GESAMTSYSTEM

6.1 Nachweis in Längsrichtung (Bremsen)

Statisches System



Annahmen:

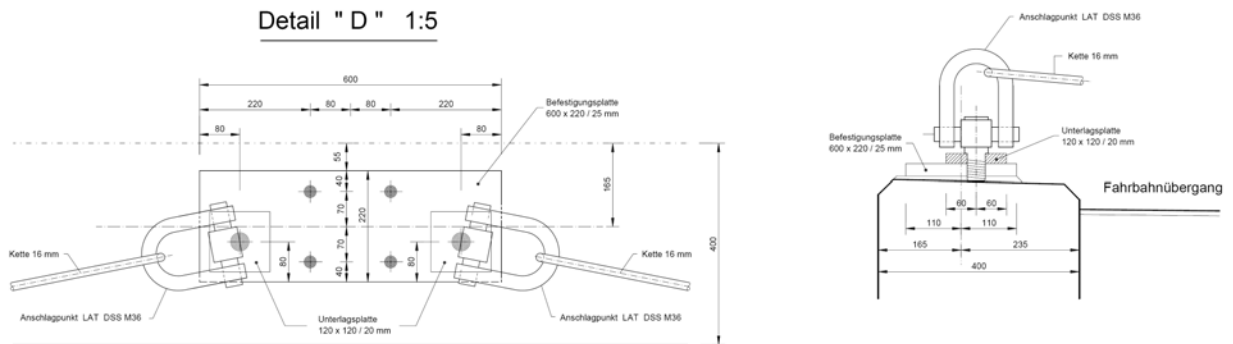
- Die horizontale Bremslast wird auf die gesamte Platte übertragen
- Die Bremslast wird von 2 Seilen aufgenommen. → insgesamt sind 4 Seile vorhanden. Die Annahme liegt deutlich auf der sicheren Seite.
- Die Reibung wird vernachlässigt¹.

Die Bremslast F_d beträgt 490 kN.

¹ Für die Aufnahme der gesamten Bremslast durch Reibung wäre ein Reibungskoeffizient von $490/1121 = 0.43$ erforderlich.

Nachweis Befestigung Konsolkopf

Detail " D " 1:5



Nachweis Schrauben:

Vorhanden in der Leitplankenbefestigung 4 M24 FK 8.8.

Scherwiderstand pro Schraube:

$$F_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{u,b} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \cdot 800 \cdot 352}{1.25} = 135 \text{ kN}$$

Von den 4 Schrauben muss folgende Kraft aufgenommen werden:

$$F_{d,tot} = \frac{F_d}{2 \cdot \cos \alpha} = \frac{490}{2 \cdot \cos 15} = 254 \text{ kN}$$

$$\alpha = 15^\circ$$

Der Widerstand beträgt $F_{Rd} = 4 \cdot 135 = 540 \text{ kN}$

Sicherheit > 2

Nachweis Beton:

Für den Widerstand werden nur die beiden hinten liegenden Schrauben berücksichtigt, da diese einen genügen grossen Randabstand aufweisen.

Der Nachweis wird gemäss Hilti Handbuch der Befestigungstechnik geführt:

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,c}^0 \cdot f_{B,V} \cdot f_{AR,V} \cdot f_{\beta,V} = 18.5 \cdot 1.22 \cdot 2.97 \cdot 2.0 = 134 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c}^0 = 18.5 \text{ kN}$$

$$f_{AR,V} = \frac{3 \cdot c + s}{6 \cdot c_{min}} \cdot \sqrt{\frac{c}{c_{min}}} = \frac{3 \cdot 310 + 160}{6 \cdot 105} \cdot \sqrt{\frac{310}{105}} = 2.97$$

$$f_{B,V} = 1.22 \rightarrow \text{Annahme C30/37}$$

$$f_{\beta,V} = 2.0$$

$$F_{d,tot} = 254 \text{ kN} < F_{Rd} = 2 V_{Rd,c} = 268 \text{ kN}$$

Nachweis Schraubverbindungen Platte

Für die Kraftübertragung von einer Platte zur anderen stehen im Minimum 5 M20 10.9 zur Verfügung. Abscheren oder Lochleibung wird nicht massgebend. Der Sicherheitsfaktor beträgt > 2.0

Ermüdung der Schrauben wird nicht massgebend die Bremslasten vorwiegend über Reibung abgetragen werden.

6.2 Nachweis in Querrichtung

Grundsätzlich wird die Reibung vernachlässigt. Für die Belastung in Querrichtung wird eine Abschätzung des erforderlichen Reibungskoeffizienten durchgeführt.

Das Gesamtgewicht der Stahlkonstruktion beträgt für eine Breite von 9m $G_{k,tot} = 379$ kN

Zusammen mit der Vertikallast aus Verkehr ergibt sich

$$F_d = \gamma_{G,inf} \cdot G_k + \gamma_{Q-1} \cdot \alpha_{Q1} \cdot 2 \cdot Q_{k1} \cdot \psi = 0.8 \cdot 379 + 1.35 \cdot 1.15 \cdot 2 \cdot 300 \cdot 0.878 = 1121 \text{ kN}$$

$$F_R = \mu F_d$$

$$\mu_{erf} \geq \frac{F_R}{F_d} = \frac{82}{1121} = 0.073$$

6.3 Nachweis in Quer- und Längsrichtung mit Berücksichtigung Reibung

Annahme: $\mu = 0.5 \rightarrow$

$$F_d = \sqrt{490^2 + 82^2} = 496 \text{ kN}$$

$$F_{d,h} = 496 \text{ kN} < \mu \cdot F_{d,v} = 0.5 \cdot 1121 \text{ kN} = 561 \text{ kN}$$

Unter der Annahme von $\mu = 0.5$ kann der Tragsicherheitsnachweis in Horizontalrichtung erbracht werden. Auf die Verankerungen kann verzichtet werden.

(Wagner Biro hat bei der Berechnung einen Reibbeiwert von 0.5 angenommen)

ANHANG