Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist an der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt (http://www.ub.tuwien.ac.at).

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology (http://www.ub.tuwien.ac.at/englweb/).

DIPLOMARBEIT
MASTER`S THESIS

KLAPPBRÜCKE LOBAU

Planung und Modellversuch

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des
akademischen Grades eines Diplom- Ingenieurs

unter der Leitung von
o.Univ.Prof. Dipl.Ing. Dr.-Techn. Johann KOLLEGGER, M.Eng.
Dipl.Ing. Susanne BLAIL
E212 - Institut für Tragkonstruktionen - Betonbau

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

erstellt von
David WIMMER
Matr.: 0225631
Fillgradergasse 15/9; 1060 Wien

Wien, Juni 2010 . . . . . .

Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei allen Menschen bedanken, die mich bei meinem Studium und bei der Erstellung dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Besonderer Dank gebührt meinen Eltern Hermann und Elisabeth, die mir das Studium ermöglicht haben und mir nicht nur finanzell, sondern auch menschlich immer zur Seite standen. Ich danke euch für euren Glauben an mich und für die Ermutigung, eine sinnvolle Ausbildung zu absolvieren. Ich danke auch meinen drei kleinen Geschwistern Marlene, Julia und Andreas.

Für die Bereitstellung des interessanten Diplomarbeitsthema möchte ich mich sehr herzlich bei o. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing Johann Kollegger bedanken. Durch die vielen Anregungen und konstruktiven Diskussionen war die Zeit der Diplomarbeitserstellung eine sehr lehrreiche. Vor allem für die großzügig zur Verfügung gestellte Zeit bei Fragen und Diskurs möchte ich mich bedanken.

Weiters möchte ich auch Dipl.-Ing. Susanne Blail für die außerordentlich gute Betreuung wärend der Diploarbeit danken, sowie allen Mitarbeitern des Instituts für Tragkonstruktionen - Betonbau, allen voran Fr. Edith Schotkowsky.

Herrn Oberstadtbaurat Dipl.-Ing. Peter Spandl von der Magistratsabteilung 29 - Brückenbau und Grundbau der Stadt Wien wird für die Anregung zur Durchführung eines Feldversuchs gedankt.

Kurzfassung

Der Radverkehr gewinnt in verkehrstechnischer, umweltverträglicher und touristischer Sicht immer mehr an Bedeutung. Im Zuge einer Machbarkeitsstudie der MA 29 – Brückenbau und Grundbau wurde eine alternative Streckenführung im Bereich des OMV Zentraltanklagers Lobau ausgearbeitet, welche zur Überquerung der Ölhafeneinfahrt ein Brückentragwerk benötigt. Diese Fuß- und Radwegbrücke soll eine Streckenvariante ermöglichen, die das gegenwärtige Gefährdungspotential für Radfahrer, durch die gemeinsame Benutzung eines Fahrbandes mit dem Schwerverkehr, minimiert. Weiters soll eine Streckenverkürzung erreicht werden und durch die Einbindung der landschaftlichen Gegebenheiten die Attraktivität, in Hinblick auf „Radfahren in der Natur“, steigen.

Aufgabe dieser Diplomarbeit ist es diese für die alternative Streckenführung benötigte Brücke zu entwerfen, die in keiner Weise den Schiffsverkehr einschränkt und gleichzeitig ohne wesentliche Höhenunterschiede der Radwegtrasse auskommt. Es entstand der Entwurf einer Klappbrücke, welche im Zuge der Diplomarbeit berechnet und wegen ihrer Einzigartigkeit in einem Modellversuch, der den Klappvorgang simuliert, erprobt wird.

Für die Bereitstellung der Hubenergie wurde ein Konzept entwickelt, welches den Anforderungen der ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit entspricht.

Die Diplomarbeit soll die Machbarkeit des neuen Klappmechanismus demonstrieren und eine Basis für die Entscheidung hinsichtlich der möglichen Realisierung des Projektes sein.

Abstract

Cycling is getting more and more important in an ecological, touristy and traffic avoiding way. In the course of a feasibility study, commissioned by the MA 29 – "Brückenbau und Grundbau", an alternative traffic routeing for the theme-cycle-path Danube on the premises of the OMV Zentraltanklager has been located. The new route requires a bridge to cross the port entrance and should prevent the current situation of the traffic lane being shared by cyclists and heavy-good vehicles. Furthermore, achieving a shortened cycle-path and increasing the attractiveness by integrating the landscape with regard to "cycling in the nature" is one of the primary targets.

The purpose of this master thesis is to design a bridge, which is necessary to realise the new cycle-path and to avoid creating a barrier for the shipping traffic without raising the height level of the bicycle route. In the course of this thesis the bridge construction is going to be calculated, built and tested in a field experiment. The experiment is essential, because of the singularity of this new lifting bridge. The draft is based on the concept of the new bridge construction method called "balanced lift method".

In order to lift the bridge deck in an ecological and economic way, a new concept of energy supply has been developed.

This master thesis should demonstrate the feasibility of this new lifting bridge method and should constitute a foundation for the decision to realise this project.

Inhaltsverzeichnis

I Einleitung **6**

II Grundlagen **8**

1 Radwegnetz Wien **8**

2 Der Donauradweg **10**

3 Der Donauradweg - Bereich Ölhafen Lobau **11**

3.1 Allgemeines und Grundlagen 11

3.2 Bestandsanalyse 11

3.3 Alternative Streckenführungen 14

3.4 Variante 1 - Radwegführung über die Ölhafenhalbinsel 15

3.4.1 Abschnitt 1 - Bestandsstrecke - 2150 m 15

3.4.2 Abschnitt 2 - neue Streckenführung - 1100 m 16

3.4.3 Abschnitt 3 - neue Streckenführung - 275 m 18

3.4.4 Abschnitt 4 - neue Streckenführung - 250 m 20

3.5 Variante 2 - Radwegführung über Wehr und Donauinsel 21

3.5.1 Abschnitt 1 - Bestandsstrecke - 2150 m 22

3.5.2 Abschnitt 2 und Abschnitt 3 - neue Streckenführung - 1840 m 22

3.5.3 Abschnitt 4 - neue Streckenführung - 150 m 22

4 Bewegliche Brücken **23**

4.1 Allgemeines 23

4.2 Hubbrücken 24

4.3 Klappbrücken 25

5 Brückenklappverfahren - Balanced Lift Method for Bridge Construction (BLM) 26

5.1 Einleitung 26

5.2 Formeln für den Klappvorgang 28

5.2.1 Druckstrebenvariante 28

5.2.2 Zugstrebenvariante 29

5.3 Feldversuche mit dem Brückenklappverfahren 29

III Klappbrücke Lobau 31

6 Beschreibung des vorliegenden Entwurfs 31

6.1 Aufgabenstellung und Situationsbeschreibung 31

6.1.1 Aufgabenstellung 31

6.1.2 Standortbeschreibung 32

6.2 Entwurfsstudien 38

6.2.1 Einleitung 38

6.2.2 Variante Zugstrebenbrücke 38

6.2.3 Bewertung der Zugstrebenvarianten 40

6.2.4 Variante Druckstrebenbrücke 41

6.2.5 Bewertung der Druckstrebenvarianten 43

6.2.6 Bewertung und Systemwahl 44

6.3 Ausgewählter Entwurf 46

6.3.1 Funktion der Fuß- und Radwegüberführung 48

6.3.2 Funktion der Schiffbarkeit 49

6.3.3 Lastabtragung im Betriebszustand 50
6.3.4 Hub- und Klappvorgang 54
6.3.5 Lastabtragung während des Hubvorganges 63
6.3.6 Konstruktionsdetails 64
6.3.7 Beleuchtungskonzept 75
6.3.8 Kostenschätzung 76
6.3.9 Brückenbetrieb 79

7 Berechnung des ausgewählten Entwurfs 82

7.1 Lastannahmen 82
7.1.1 Eigengewicht 82
7.1.2 Verkehrslasten 83
7.1.3 Außergewöhnliche Einwirkungen 84
7.1.4 Dynamische Einwirkungen durch Fußgänger 84
7.1.5 Klimatische Einwirkungen 84
7.2 Schnittgrößenermittlung 87
7.2.1 Kombinationsregeln für Fußgängerbrücken [11] 87
7.2.2 Kombinationsschema Klappbrücke Lobau 88
7.3 Nachweis der Tragfähigkeit 91
7.3.1 Nachweis der Beanspruchbarkeit der Querschnitte und Bauteile 91
7.3.2 Stabilitätsnachweis des Tragwerkes 93
7.3.3 Nachweis der Beanspruchbarkeit der Verbindungen 97
7.4 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit 101
7.4.1 Begrenzung der elastischen Dehnungen 101
7.4.2 Begrenzung der Verformung 101

7.4.3 Begrenzung der Eigenfrequenz 102
7.5 Berechnung der Hubkurve 104
7.5.1 Vereinfachte Abschätzung der Hubkkurve 104
7.5.2 RSTAB - Berechnung der Hubkkurve 111
7.5.3 Vergleich der Ergebnisse 114
7.6 Behälterdimensionierung 115
7.6.1 Bewegliche Wasserbehälter 115
7.6.2 Fixer Wassertank 117

IV Feldversuch Klappbrücke Lobau 118

8 Versuchsplanung 118

8.1 Versuchsgelände 118
8.2 Versuchsaufbau 118

9 Berechnung der versuchsrelevanten Parameter 123

9.1 Berechnung der Hubkurve 123
9.2 Behälterdimensionierung 125
9.2.1 Bewegliche Wasserbehälter 125
9.2.2 Fixer Wassertank 127
9.3 Tragsicherheitsnachweis 127
9.3.1 Nachweis der Beanspruchbarkeit der Querschnitte und Bauteile 128
9.3.2 Stabilitätsnachweis 129
9.3.3 Nachweis der Beanspruchbarkeit der Verbindungen 129

10 Ergebnis des Feldversuchs 139

10.1 Herstellung der Bauteile 139

10.2 Tragwerksmontage 139

10.3 Klappvorgang 151

10.4 Resümee 155

Teil I

Einleitung

Brückenbau hat eine lange Tradition und der Mut zu neuen Ideen führt immer wieder zu neuen innovativen Brückenbauverfahren, die den Brückenbau revolutionieren und weiterentwickeln.

Das Institut für Tragkonstruktionen - Betonbau an der Fakultät für Bauingenieurwesen der Technischen Universität Wien entwickelte ein neues Brückenbauverfahren, welches 2006 als Patent angemeldet wurde, das sogenannte Brückenklappverfahren.

Diese neue Methode zur Herstellung von Brückentragwerken und die Rahmenbedingungen einer Neutrassierung des Donauradweges im Bereich des Ölhafens Lobau (Wien) sind Basis für diesen Entwurf einer Klappbrücke für Fußgänger und Radfahrer.

In einer von der MA 29 –Brückenbau und Grundbau in Auftrag gegebenen Machbarkeitsstudie zur Findung einer alternativen Streckenführung des Donauradweges im Bereich des OMV Zentraltanklagers wurde eine Neutrassierung vorgeschlagen, die ein Brückentragwerk benötigt, um den neuen Radweg über die Ölhafeneinfahrt zu führen. Eine konventionelle Überbrückung der Hafeneinfahrt würde ein langes Rampenbauwerk oder ein Kreiselbauwerk benötigen, um das für die Schifffahrt notwendige Lichtraumprofil zu gewährleisten.

Auf Grund dieser Überlegungen kam es zu einem Entwurf einer Klappbrücke, die den Konfliktpunkt zwischen Rad- und Schiffsverkehr verhindert soll, ohne das Niveau des Donauradweges unnötig anzuheben. Der Klappmechanismus beruht auf dem vom Institut für Tragkonstruktionen – Betonbau entwickelten Brückenklappverfahren.

Eine weitere Besonderheit des Entwurfes stellt die Bereitstellung der notwendigen Hubenergie dar. Das Tragwerk wird durch das Gewicht beweglicher Wasserbehälter gehoben und gesenkt, die je nach Erfordernis befüllt oder ausgelassen werden. Dadurch entsteht eine Klappbrücke, deren Bewegungsablauf ohne Energiezufuhr funktioniert. Der Standort der Klappbrücke befindet sich in einem Naturschutz- und Erholungsgebiet. Nicht nur deswegen, sondern auch in Hinblick auf Ressourcenknappheit und Generationengerechtigkeit, ist eine ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit von großer Bedeutung. Die Klappbrücke Lobau entspricht durch die einfache und einzigartige Bereitstellung der Hubenergie diesen Anforderungen.

Die Einzigartigkeit dieser Brückenkonstruktion verlangt neben dem Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit eine genauere wissenschaftliche Untersuchung anhand eines Modellversuchs, welcher die Machbarkeit des nachhaltigen

Konstruktionsprinzips demonstrieren soll.

Aufgabe dieser Diplomarbeit ist neben der Berechnung und Nachweisführung des vorliegenden Entwurfs auch die Planung und Ausführung dieses Feldversuches. Ziel soll sein, weitere Aufschlüsse über den Klappmechanismus zu erhalten und Vergleiche zwischen theoretischer Berechnung und wirklichem Verhalten ziehen zu können.

Zusätzlich soll der Feldversuch die Machbarkeit einer solchen Klappbrücke demonstrieren und die verantwortlichen Behörden davon überzeugen in Zukunft auch auf neue Brückenbaumethoden zu setzen.

Teil II

Grundlagen

1 Radwegnetz Wien

Rad fahren wird immer beliebter und ist nicht nur mehr Freizeit- und Sportgerät, sondern ein konkurenzfähiges und leistungsstarkes Verkehrsmittel. Das Fahrad erfreut sich in Zeiten des ökologischen Sinneswandels steigender Beliebtheit und ist nicht nur in touristischer und freizeitlicher Sicht ein interessantes Fahrzeug. Im innerstädtischen Bereich ist das Fahrrad auf Distanzen bis zu fünf Kilometern das schnellste Verkehrsmittel[16]. Die Verkehrsplanung hat schon lange entdeckt, dass der Radverkehr ein nachhaltiges, energieeffizientes und leistungsfähiges Verkehrsmittel ist und deswegen gewinnt der Radwegebau immer mehr an Bedeutung.

Anhand des Beispiels der Entwicklung des Radwegnetzes der Stadt Wien kann man erkennen, wie viel in den letzten Jahren investiert wurde, um das Wegenetz für Radfahrer attraktiver und konkurrenzfähiger zu machen. Abb. 1 zeigt die Zunahme der Gesamtkilometer des Radwegnetzes in Wien in den letzten Jahren.

Jahr	Länge in km
1996	586
1997	652
1998	710
1999	798
2000	835
2001	867
2002	895
2003	919
2004	953
2005	1009
2006	1051
2007	1090
2008	1135

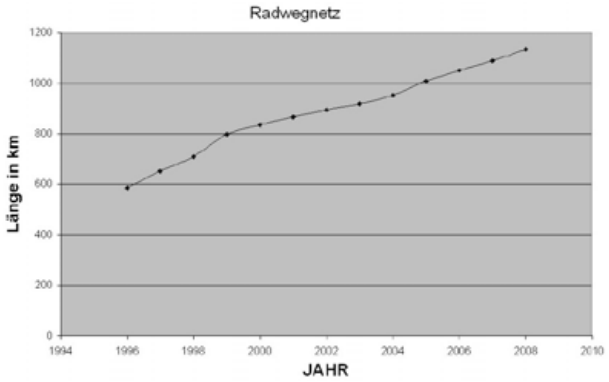


Abbildung 1: Entwicklung des Radwegnetzes in Wien [16]

Das Radwegnetz hatte Anfang der 1990er-Jahre in Wien 190 Kilometer Länge. 2006 könnte bereits eine Länge von über 1.000 Kilometer erreicht werden. Ein weiteres Ziel der Stadt Wien ist es, den Anteil des Radverkehrs, gemessen am gesamten Verkehrsaufkommen, von derzeit fünf Prozent auf acht Prozent zu erhöhen. Zu diesem Zweck setzt die Stadt auf Bewusstseinsbildung und den Ausbau des Radwegnetzes. Auf einzelnen Strecken erreicht der Radverkehrsanteil bereits 20 Prozent, wie beispielsweise in der Inneren Mariahilfer Straße. 2005 wurden am Opernring erstmals eine Million Radfahrerinnen und Radfahrer registriert [16].

Ergebnisse der Radverkehrszählung 2009 bestätigen, dass die im Masterplan "Ver-

kehr der Stadt Wien" festgelegten Konzepte greifen und in die richtige Richtung weisen. In einer von der MA 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung in Auftrag gegebenen Erhebung des Mobilitätsverhaltens der Bevölkerung der Stadt Wien, die mittels Haushaltsbefragung genaue Angaben zur Verkehrsmittelwahl liefert, heißt es, dass die Bewohner der Stadt Wien im Jahr 2008 an einem durchschnittlichen Tag 5,2 % aller Wege mit dem Fahrrad zurück legen. Gegenüber dem Vorjahr (4,6 % Radverkehrsanteil im Jahr 2007) ist dieser Wert um 13 % gestiegen. In Abb.2 erkennt man ein kontinuierliches Anwachsen des Radverkehrsanteils.[8]

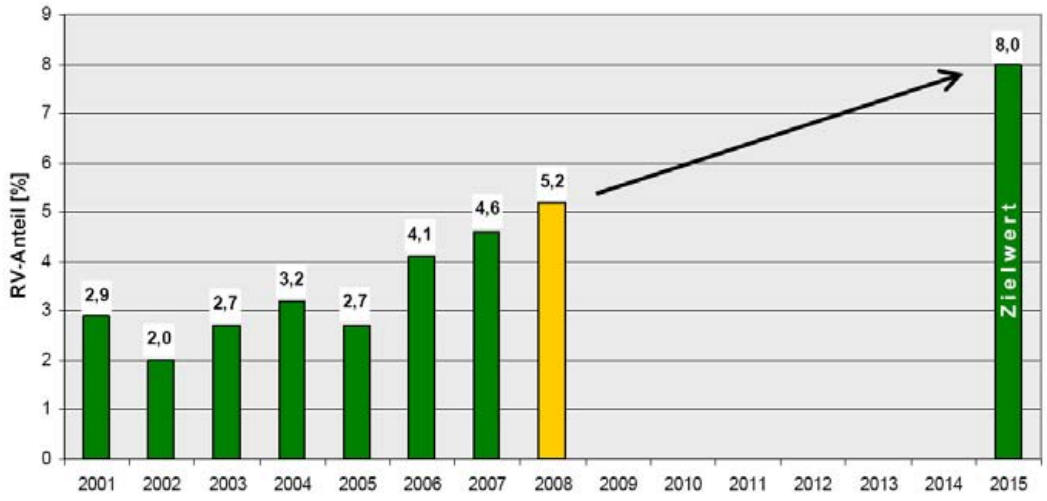


Abbildung 2: Entwicklung des Radverkehrsanteils in Wien 2001 bis 2015 [8]

In der vom Gemeinderat beschlossenen Fortschreibung des Masterplans "Verkehr der Stadt Wien" wurde das Ziel für den Radverkehr nachgeschärft, indem der angestrebte Radverkehrsanteil von 8 % bereits 2015 erreicht werden soll.

In der Zusammenfassung der Radverkehrserhebung Wien heißt es jedoch, dass sich Wien im Vergleich mit anderen Städten derzeit noch in einer „Aufbauphase" des Radverkehrsnetzes befindet. Auf dem eingeschlagenen Weg zur Akzeptanz des Fahrrades als Alltagsverkehrsmittel sollte also die laufende Verbesserung der Infrastruktur in den nächsten Jahren weiterhin am Programm stehen[8].

2 Der Donauradweg

Der Donauradweg ist Teil der europäischen Radweg-Route Euro Velo EV6 (Flussroute, vom Atlantik bis zum Schwarzen Meer) und führt von der Quelle im Schwarzwald bis zur Mündung am Schwarzen Meer. Der Radweg wird größtenteils beiderseits der Donau durch die Länder Rumänien, Bulgarien, Serbien, Kroatien, Ungarn, Slowakei, Österreich und Deutschland geführt und erfreut sich wegen seiner zahlreichen Sehenswürdigkeiten und Naturschutzgebiete großer Beliebtheit. Entlang der Donau befinden sich nicht nur bekannte Städte und einzigartige Landschaften von großer Vielfalt sondern auch viele Burgen, Klöster und kunstvolle Bauwerke. Damit ist der Donauradweg für den Wirtschaftszweig Tourismus von großer Bedeutung [5].

Durch Österreich führt der Radweg von Passau, wo der Inn und die Donau zusammen fließen, über Linz und Wien bis nach Bratislava. Er hat eine Länge von 434 km und eine Höhendifferenz von 181 m.

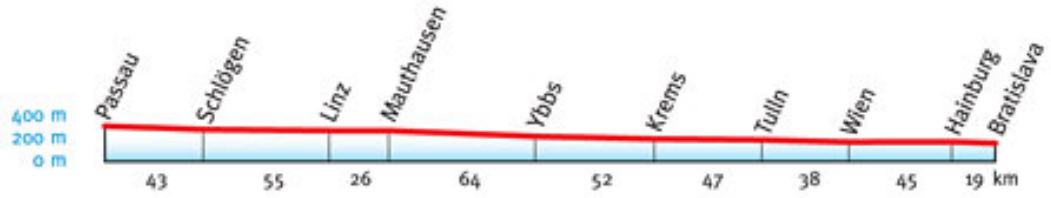


Abbildung 3: Längenschnitt Donauradweg [6]

Der 326 Kilometer lange Abschnitt von Passau nach Wien wird jährlich von ca. 300.000 Radfahrern befahren und ist damit der meist benützte Radweg Europas [5]. Vergleicht man die Zahl mit der in [14] angegebenen Zahl von 150.000 Radlern für das Jahr 1991, so kann man erkennen, dass der Radtourismus im Donauraum steigt. Die Strecke von Wien nach Bratislava wird etwas weniger genützt. Bei einer von der Stadt Linz durchgeführten Zwölf-Stunden-Zählung im Juli 2002 wurde festgestellt, dass sich viermal so viele Radfahrer Donau-abwärts bewegen als Donau-aufwärts Richtung Passau. Ein Grund für dieses Phänomen dürfte die in Abb.3 dargestellte Höhendifferenz sein [14].

3 Der Donauradweg - Bereich Ölhafen Lobau

3.1 Allgemeines und Grundlagen

Das folgende Kapitel befasst sich mit der Bestandsbeschreibung und Analyse der aktuellen Verkehrssituation des Donauradweges in Wien und vorwiegend im Bereich der Lobau. Es sollen die Probleme aufgezeigt und Vorschläge für eine alternative Streckenführung untersucht werden, die in Hinblick auf die Verkehrssicherheit und Attraktivität eine Verbesserung darstellen sollen. Als Grundlage für das folgende Kapitel dient eine von der MA29 - Brückenbau und Grundbau in Auftrag gegebene Machbarkeitsstudie der Ziviltechniker GmbH Robl Ingenieur - Consulting [7].

3.2 Bestandsanalyse

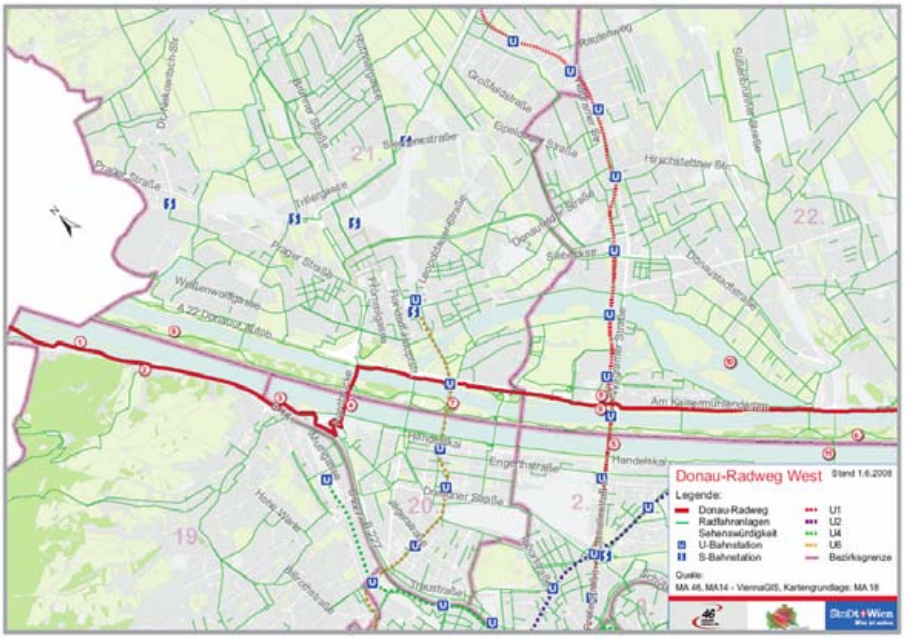


Abbildung 4: Donauradweg - Bereich Wien West [16]

Der Donauradweg führt von Tulln stromabwärts nach Wien und erreicht die Stadt am rechten Ufer der Donau. Im Bereich der Nordbrücke, eine Verbindung zwischen 20. und 21. Bezirk, siehe Abb.4, wechselt der Donauradweg über den Nordsteg auf die linke Seite der Neuen Donau. An dieser Stelle wird nicht nur die Donau sondern auch die 21 km lange und bis zu 250 m breite Donauinsel, die im Zuge einer Hochwasserregulierung in den Jahren 1972 - 1988 künstlich angelegt wurde, um im Hochwasserfall die Neue Donau als Entlastungsgerinne benützten zu können, gequert.

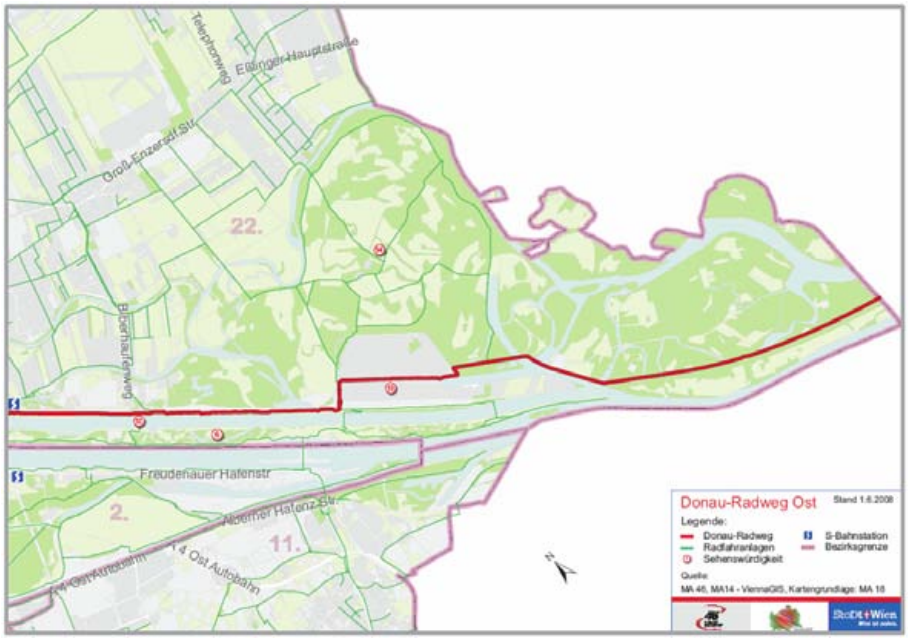


Abbildung 5: Donauradweg - Bereich Wien Ost[16]

Wie man in Abb.4 und Abb.5 erkennt wird der Donauradweg nun entlang des Hubertusdamms am linken Ufer der Neuen Donau bis Kreuzung Raffineriestraße / Lobgrundstraße geführt. In diesem Bereich queren weitere Brücken die Donau. Sie sind wichtige Verbindungen zwischen dem historischen Kern Wiens und dem neuen Wien. Dementsprechend bedeutend sind diese Brücken für den regionalen und überregionalen Verkehr. Dazu zählen die Floridsdorfer Brücke, Brigittenauer Brücke, Reichsbrücke, Donaustadtbrücke und Praterbrücke.

Abbildung 6: Die Donauinsel - Blickrichtung Nord-West

Ab Lobgrundstraße erfolgt die Streckenführung durch das OMV - Zentraltanklager - Lobau und weiter entlang des Damms, welcher den Ölhafen umgibt, in den Nationalpark Donauauen. Der Bau des Hafens Lobau war lange Zeit vom stark diskutierten Bau des Donau- Oder-Kanals abhängig und seit 1938 bestehen das Öllager, die Pipeline und die Bahntrasse. Der Ölhafen Lobau befindet sich im 22. Bezirk und diente als Schutz- und Winterhafen für Tankschiffe. Außerdem ist er Hauptumschlagplatz für Mineralölprodukte. Rohrleitungen für Erdgas oder Erdöl verbinden das Zentraltanklager mit der Raffinerie. Die Bahn bietet einen Zubringer durch die Station Frachtenbahnhof Lobau. Der Radweg quert in Dammlage den Donau-Oder-Kanal und führt entlang der Rückseite des Marchfeldschutzdamms, vorbei am Schwarzen Loch, nach Südosten in die untere Lobau.

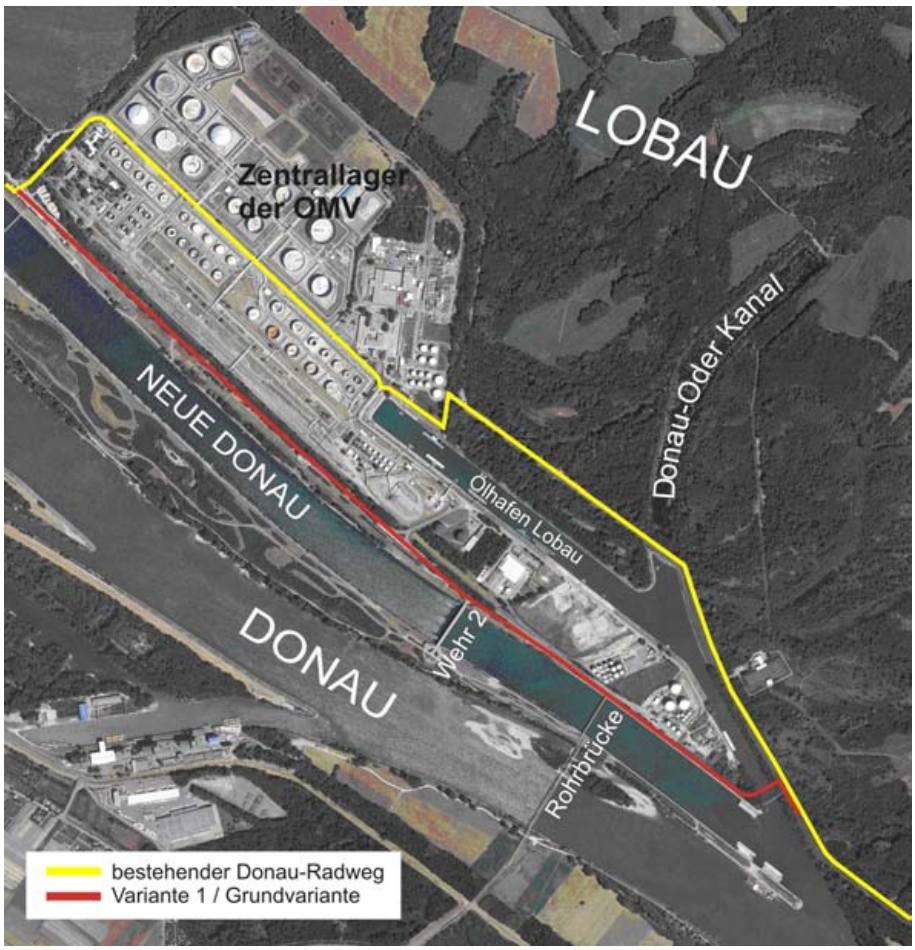


Abbildung 7: Übersicht Projektgebiet [7]

Die in Abb.7 dargestellte Übersicht des Projektgebietes zeigt die Führung des Radweges durch das OMV - Zentraltanklager - Lobau. Hier müssen Schwerverkehr und Radfahrer den selben Fahrstreifen benützen. Die Durchfahrt durch das Zentraltanklager und das damit verbundene Gefährdungspotential für Radfahrer und auch für den Betrieb des Tanklagers, waren Anlass für die Stadt Wien nach alternativen Streckenführungen zu suchen.

3.3 Alternative Streckenführungen

Um das in Abschnitt 1 beschriebene Ziel einer Steigerung des Radverkehrsanteils von 8 % bereits 2015 zu erreichen, bedarf es neben der Verbesserung der Infrastruktur auch einer Verbesserung der Attraktivität der Radwegsführung. Eine alternative Streckenführung sollte also nicht nur eine erhebliche Verbesserung in Hinblick auf die Verkehrssicherheit beinhalten, sondern auch jede Streckenverlängerung vermeiden, Niveau-Unterschiede und damit verbundene lange Steigungen verhindern und die Einbindung der landschaftlichen Gegebenheiten wahrnehmen.

Unter Berücksichtigung der Vorgaben wurden folgende zwei alternative Streckenführungen von der Ziviltechniker GmbH Robl Ingenieur - Consulting untersucht.

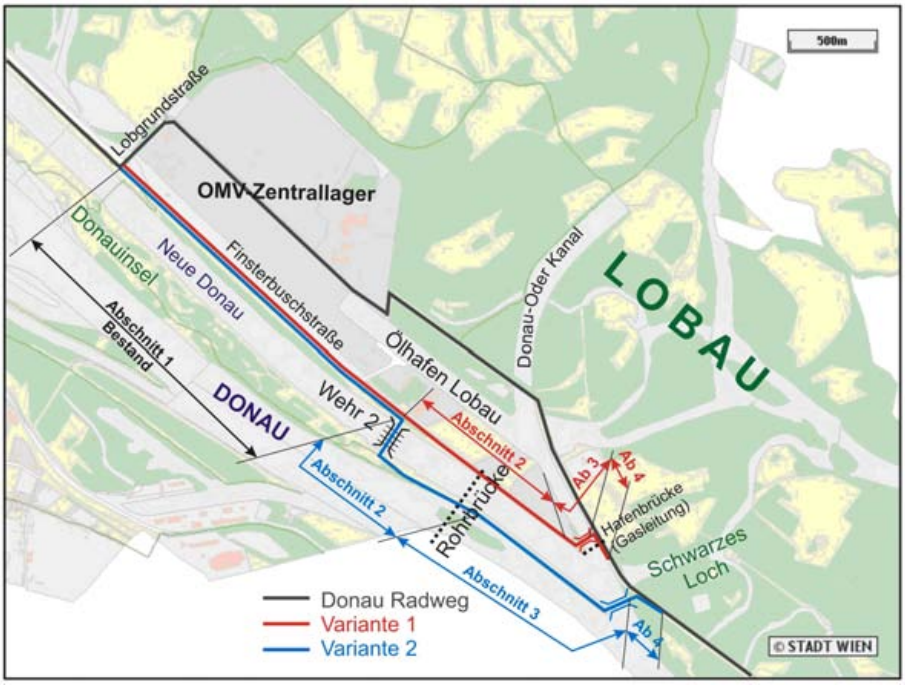


Abbildung 8: Übersicht alternative Streckenführung [7]

- VARIANTE 1: Alternative Radwegführung der MA 29 - Brückenbau und Grundbau mit geradliniger Fortführung am linken Ufer der Neuen Donau. Brückenquerung über die Ölhafeneinfahrt, kurze Radwegsführung auf dem Marchfeldschutzdamm und anschließende Einbindung in die Bestandsstrecke am Schwarzen Loch. Nähere Beschreibung unter Abschnitt 3.4
- VARIANTE 2: Alternative Streckenführung über das Wehr 2 der Neuen Donau und Fortführung auf der Donauinsel bis zum Inselspitz. Brückenschlag im Mündungsbereich der Neuen Donau auf die Seite Nationalpark Donauauen. Anschließende Einbindung in die bestehende Strecke. Nähere Beschreibung unter Abschnitt 3.5

3.4 Variante 1 - Radwegführung über die Ölhafenhalbinsel

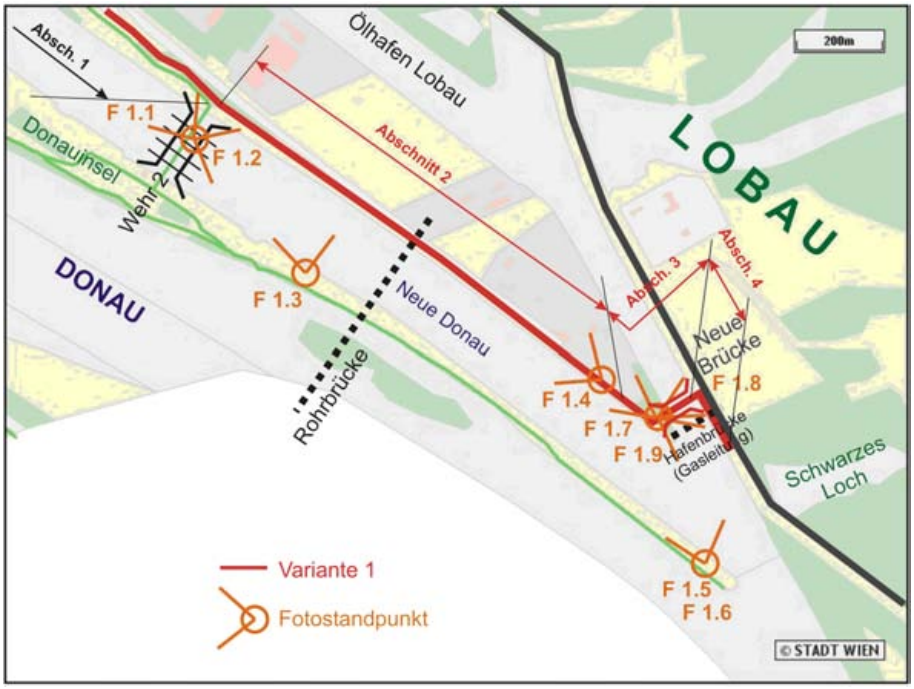


Abbildung 9: Übersicht Variante 1 [7]

Die folgende Variante teilt sich in vier Abschnitte.

3.4.1 Abschnitt 1 - Bestandsstrecke - 2150 m

Abbildung 10: Bestandsradweg - Blick Richtung Norden [7]

Der Bestandsradweg wird von Nordost kommend ab Lobgrundstraße geradlinig und parallel zur Finsterbuschstraße weitergeführt. Kurz vor dem Wehr 2 wird das Niveau auf das der Wehrbrücke angehoben (164,20 m ü.A.). In diesem Bereich ist maximal mit dem KFZ-Verkehr durch die Exekutive und Kontroll- und Revisionsfahrten des Magistrates zu rechnen. Mit erheblichen Fußgängerverkehr ist vor allem in den Sommermonaten zu rechnen. Dieser Abschnitt wird über einen bestehenden befestigten Weg geführt und es sind außer neuer Radwegbeschilderung und Bodenmarkierungen keine baulichen Maßnahmen zu treffen.

3.4.2 Abschnitt 2 - neue Streckenführung - 1100 m

In der Machbarkeitsstudie von [7] wurden 3 Varianten für diesen Abschnitt ausgearbeitet, die verschiedene Hochwassersicherheiten aufweisen. Die beiden angeführten hochwassersicheren Varianten würden aber erhebliche bauliche Maßnahemen erfordern. Eine wesentlich kostengünstigere Variante würde eine Streckenführung auf dem Niveau der bestehenden Uferbegleitstraße (155,00 m ü.A.) darstellen. Die jedoch nicht hochwassersichere Uferstraße könnte mit dementsprechender Bodenmarkierung als Rad- und Gehweg genützt werden, wie in Abb.11 rechts dargestellt. In diesem Fall müsste die bestehende Uferstraße jedoch aufgelassen bzw. gemeinsam genützt werden. Es wäre aber auch eine Variante umsetzbar, bei der die Streckenführung des Rad- und Gehweges neben der Uferstraße getrennt geführt wird, siehe Abb.11 links. Um die notwendige Höhendifferenz von 4,10 m für den Anschluss an den folgenden Abschnitt 3 gewährleisten zu können, muss jedoch in beiden Fällen eine aufgeständerte Anrampung mit einer Steigung von 4% vorgesehen werden.

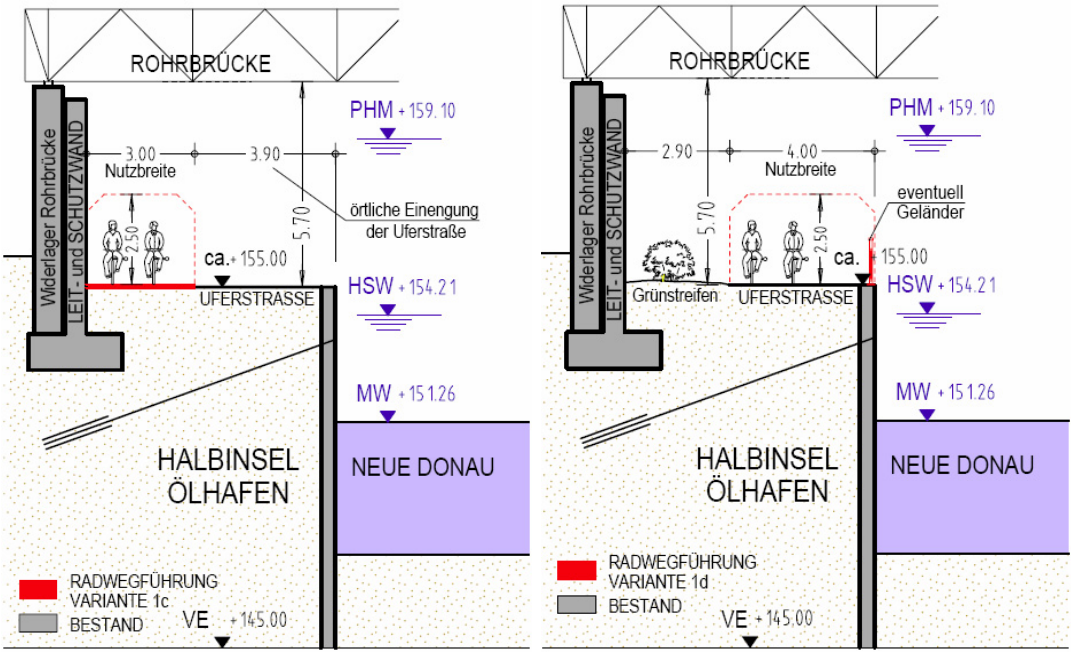


Abbildung 11: Querschnitt V1b - Unterquerung Rohrbrücke - Blickrichtung Strom abwärts [7]

Die geringeren Herstellungskosten, der Umstand, dass der Geh- und Radweg nicht durch bauliche Maßnahmen eingeschränkt würde und das extrem geringe Verkehrsaufkommen im Ausmaß von Revisions- und Kontrollfahrten, sind die wesentlichen Vorteile dieser Variante im Vergleich zu einer hochwassersicheren Ausführung. Als Nachteil würde sich der nicht vorhandene Hochwasserschutz und eine nicht vorhandene Absturzsicherung zur Neuen Donau erweisen.

Die baulichen Maßnahmen beschränken sich auf die für den Anschluss zu Abschnitt 3 notwendige Anrampung, steht aber in keiner Relation zur Aufständerung der gesamten Strecke, wie es eine hochwassersichere Variante erfordern würde. Bei einer gemeinsamen Benützung der bestehenden Uferbegleitstraße sind die geringsten Baukosten zu erwarten, es sollte jedoch eine Absturzsicherung zur Neuen Donau angestrebt werden. Für eine getrennte Variante ist eine Rodung des Grünstreifens durchzuführen. Weiters werden für die getrennte Rad- und Gehwegsführung Unterbau- und Fahrbahnarbeiten notwendig sein.

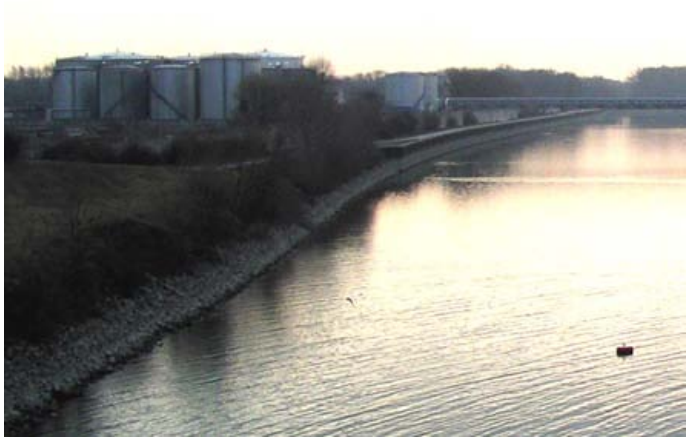


Abbildung 12: Abschnitt 2 - Blick Richtung Rohrbrücke [7]

Abbildung 13: Abschnitt 2 - Blick Stromaufwärts zur Rohrbrücke [7]

3.4.3 Abschnitt 3 - neue Streckenführung - 275 m

In diesem Abschnitt muss die Ölhafeneinfahrt überbrückt werden. Um das Lichtraumprofil der Schifffahrt zu gewährleisten, muss die neue Trasse auf das Niveau von 165,20 m ü.A. geführt werden. Das Höhenniveau am Ende des Abschnittes 2 beträgt 159,10 m ü.A. Nachdem die Leit- und Schutzwand gequert wird, muss ein Kreiselbauwerk mit einer abgewickelten Länge von 152,5 m errichtet werden, um das Brückenniveau mit einer Steigung von 4% zu erreichen. Der in Abb.14 ersichtliche 720° Kreisel könnte mit einer Geschosshöhe von 3,05 m, einem Innenradius von $\geq$12,20 m und einem Außenradius von $\geq$16,20m ausgeführt werden. Danach ist ein Brückentragwerk mit einer Spannweite von ca. 83,00 m zu errichten.

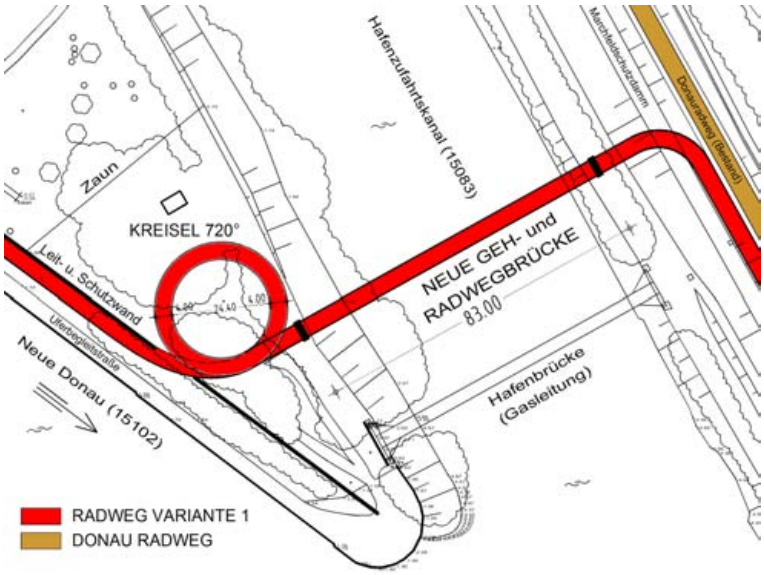


Abbildung 14: Brückenschlag mit Kreiselbauwerk [7]

Eine weitere Möglichkeit wäre, schon im Abschnitt 2 mit einem Rampenbauwerk mit einer Steigung von 4% zu beginnen, um das Brückenniveau von 165,20 m ü.A. zu erreichen, wie in Abb. 15 dargestellt. Dadurch würde die Strecke nicht unnötig verlängert werden.

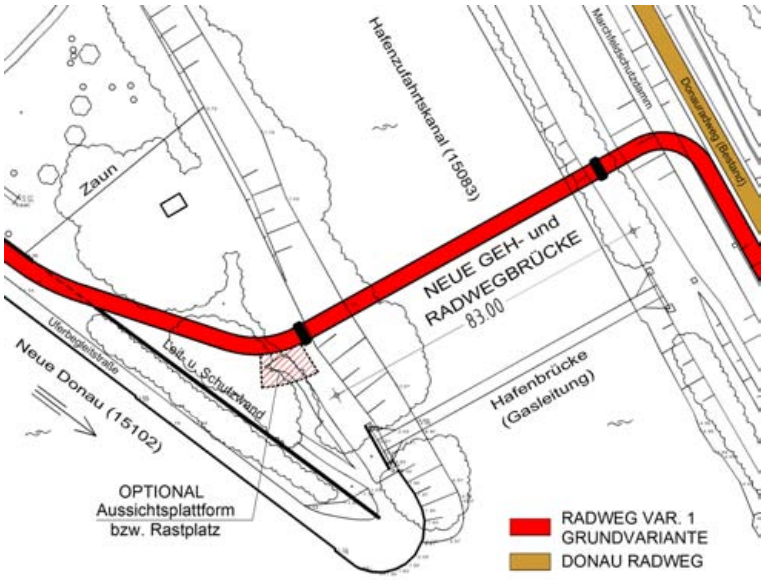


Abbildung 15: Brückenschlag mit Rampenbauwerk [7]

In diesem Bereich wären die meisten baulichen Maßnahmen der neuen Streckenführung notwendig. Abgesehen von dem Brückentragwerk mit einer ungefähren Stützweite von 83,00 m, würde ein Kreiselbauwerk zusätzliche umfangreiche bauliche Maßnahmen erfordern. Eine frühere Anrampung im Bereich des Abschnittes 2 erscheint hier sinnvoll. Wie man in der Abb. 17 und Abb. 18 erkennen kann, bestünde auf beiden Seiten der Ölhafeneinfahrt genügend Platz für die Situierung der Widerlager.

Abbildung 16: Blick von Donauinsel auf Hafenspitz [7]

Abbildung 17: Ende der Leit- u. Schutzwand am Hafenspitz [7]

Abbildung 18: bestehende Rohrbrücke [7]

3.4.4 Abschnitt 4 - neue Streckenführung - 250 m

Nach der Überbrückung der Ölhafeneinfahrt erreicht man am anderen Ufer den Nationalpark Donauauen, der Bestandteil des Natura-2000 Gebietes ist. Natura-2000 Gebiete sind länderübergreifende Schutzgebiete der Europäischen Union. In diesem letzten Abschnitt erfolgt die Einbindung in den bestehenden Donau-Radweg,

der hinter dem Marchfelder-Schutzdamm verläuft. Um die ca. 9,20 m Höhendifferenz zwischen Brückenniveau und bestehendem Radweg zu überwinden, müsste die Radwegeinbindung mittels Rampenbauwerk erfolgen. Dieses könnte bis zur Dammkrone des Marchfelder-Schutzdamms (OK. ca. 159,78 m ü.A.) als aufgeständertes Rampenbauwerk ausgeführt werden. Danach könnte der restliche Niveauunterschied durch eine Führung auf der Dammflanke des Schutzdamms überwunden werden. Bei Niveau 155,98 m ü.A. erfolgt die Einbindung in den bestehenden Donau-Radweg.

Durch das notwendige Brückenniveau, zur Gewährleistung der Durchfahrthöhe für den Schiffverkehr, ergäbe sich ein Höhenunterschied von ca. 9,2 m, welcher mittels Rampenbauwerk bzw. einer Führung auf der Dammflanke zu überwinden wäre. Eine aufgeständerte Rampe mit einer Neigung von 4% wie in Abschnitt 2 und 3 beschrieben, würde sich hier ebenfalls anbieten. Bei der Fundierung der Rampen wäre darauf zu achten, dass die Dichtheit des Marchfeldschutzdamms zu erhalten ist.

3.5 Variante 2 - Radwegführung über Wehr und Donauinsel

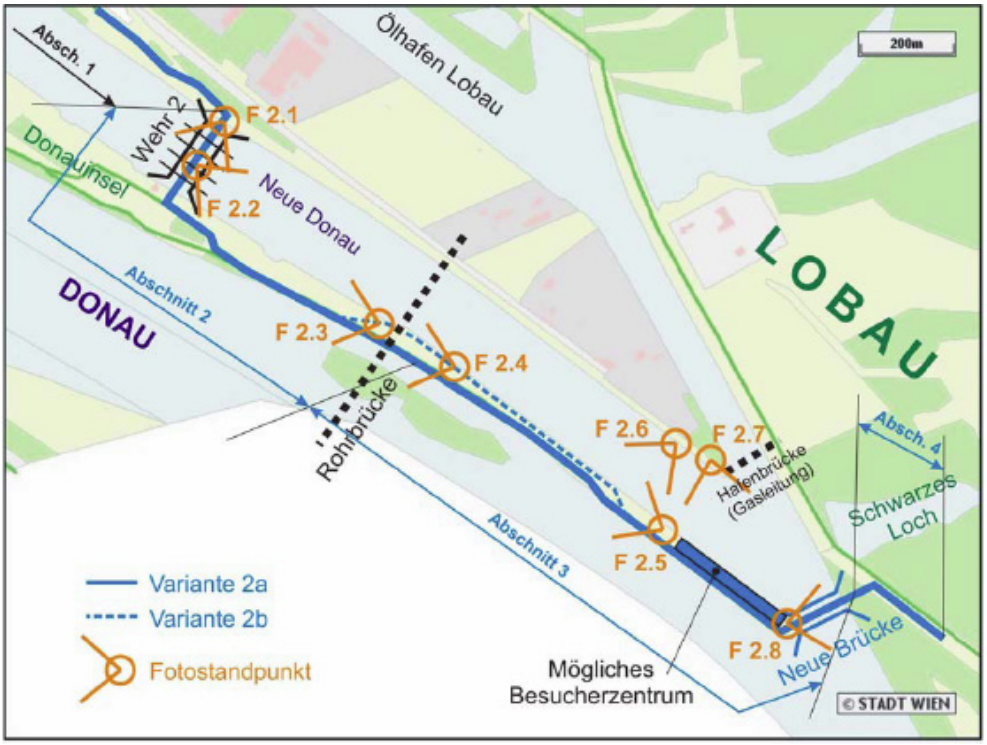


Abbildung 19: Übersicht Variante 2 [7]

Da die folgende Variante für die in dieser Diplomarbeit behandelte Klappbrücke nicht relevant ist, wird sie im Folgenden nur kurz beschrieben. Für genauere Infor-

mationen wird auf die Machbarkeitsstudie der Ziviltechniker GmbH Robl Ingenieur - Consulting [7] verwiesen.

3.5.1 Abschnitt 1 - Bestandsstrecke - 2150 m

Die Streckenführung ist mit der in Abschnitt.3.4.1 beschriebenen ident.

3.5.2 Abschnitt 2 und Abschnitt 3 - neue Streckenführung - 1840 m

In diesen Abschnitten könnte der Radweg entlang der Neuen Donau auf der Donauinsel als hochwassersichere oder nicht hochwassersichere Führung erfolgen, bis sie schlussendlich am Donauinselspitz endet. Um auf das andere Ufer zu gelangen, müsste ein Brückenbauwerk mit einer Spannweite von ca. 166,00 m errichtet werden, welches wiederum den Schiffverkehr nicht beeinträchtigen darf.

3.5.3 Abschnitt 4 - neue Streckenführung - 150 m

Nach der Überquerung müsste die Einbindung in den bestehenden Donau-Radweg mittels Rampenbauwerk erfolgen.

4 Bewegliche Brücken

4.1 Allgemeines

Bewegliche Brücken kommen überall dort zum Einsatz , wo Landverkehrswege und Schiffverkehrsweg einen Konfliktpunkt bilden. Ist die höhenmäßige Trassenänderung des Landverkehrsweges nicht möglich und die lichte Durchfahrtshöhe für die Schfffahrt nicht gegeben, müssen Bauwerke geschaffen werden, die durch Öffnen oder Schließen dem jeweiligen Verkehr eine Querung ermöglichen. Dadurch entstehen für die jeweiligen Verkehrswege Verzögerungen, die als erheblicher Nachteil von beweglichen Brücken gesehen werden. Deswegen werden diese nur dort zum Einsatz kommen, wo aus wirtschaftlichen und ästhetischen Gründen, zum Beispiel durch zu große Anrampungen oder Beeinträchtigung des Stadtbildes, eine konventionelle Brücke nicht möglich ist. Durch die Beeinträchtigung des jeweiligen Verkehrs durch die temporäre Sperre des Verkehrsweges kommt es zu wirtschaftlichen Verlusten. Deshalb wird versucht die Konstruktionsunterkante einer beweglichen Brücke möglichst hoch zu wählen, um die Brücke nur für große Schiffe öffnen zu müssen.

Um das Gewicht der beweglichen Tragwerksteile und dadurch die Hubenergie möglichst gering zu halten, werden bewegliche Brücken fast ausschließlich aus Stahl gefertigt.

Zu den beweglichen Brücken gehören:

- Hubbrücken
- Klappbrücken
- Drehbrücken
- Zugbrücken
- Rollbrücken

Dabei zählen Hub- und Klappbrücken zu den gängigsten Brücken. Ganzheitlich betrachtet sind bewegliche Brücken auf Grund ihres Bewegungsantriebes und Bewegungsablaufes neben der Funktion als Tragwerk auch große Maschinen. Deshalb müssen statische und dynamische Einwirkungen bei der Bemessung dieser Brücken besonders berücksichtigt werden. Um den reibungslosen Bewegungsmechanismus zu gewährleisten, sind Windkräfte während des Aufklappvorganges und generelle Bauteilverformungen besonders zu beachten.

Durch die immer modernere Technik im Schiffbau zeichnet sich in den letzten Jahrzehnten ein Trend zu immer größeren Containerschiffen ab. Es werden immer größere lichte Weiten und Durchfahrtshöhen in Hafenstädten und an schiffbaren

Flüßen gefordert. Dadurch entstehen oft Anforderungskriterien an Brückenbauwerk, die nur durch bewegliche Brücken erfüllt werden können.

Aber nicht nur der Schiffverkehr verändert sich, sondern auch der Landverkehr. Die enorme Zunahme des Straßenverkehrs in den letzten Jahrzehnten hat zur Folge, dass immer kürzere Öffnungszeiten der beweglichen Brücken gefordert werden. Deshalb spielt die Dauer des Öffnungsvorganges bei der Effektivität einer beweglichen Brücke eine große Rolle[9].

4.2 Hubbrücken

"Unter einer Hubrücke versteht man ein Tragwerk, das in lotrechter Richtung in eine beliebige, wenn auch nach oben begrenzte Höhe gehoben werden kann, [...], und naher wieder in die geschlossene Lage gesenkt wird"[10].

Durch einen Brückenantrieb und Zugseile wird das Tragwerk an den seitlich angeordneten Hubtürmen hochgezogen bzw. gesenkt. Der Antrieb erfolgt meist in Form von Winden, die Zugseile auf Seiltrommeln auf- bzw. abwickeln. Die Winden werden meist durch einen Elektromotor angetreiben. Ein hydraulischer Brückenantreib wird vorwiegend nur bei kleinen Hubhöhen eingesetzt.

Beim Tragwerk einer Hubbrücke handelt es sich vorwiegend um einen Einfelbalken. Also Tragwerksmaterial wird fast ausschließlich Stahl verwendet. Die Hubtürme werden, um Fundierungsschwierigkeiten und damit höhere Baukosten zu vermeiden, als leichte Stahlkonstruktionen ausgeführt. Bei kleineren Hubbrücken kommen aber auch Stahlbeton-Konstruktionen zum Einsatz.

Vorteile einer Hubbrücke

- Das statische System einer Hubbrücke ist im Gegensatz zu Klappbrücken simpel und die Lastabtragung des Eigengewichtes erfolgt während des Hubvorganges im Tragwerk beinahe gleich.
- Die Momentenbelastung einer Hubbrücke beträgt nur 25 % der Momentenbelastung einer auskragenden Klappbrücke mit gleicher Spannweite.
- Hubbrücken eignen sich für große Öffnungen.
- Für kleinere Schiffe muss die Hubbrücke nicht vollständig hochgezogen werden. Das bedeute eine geringere Öffnungszeit.

Nachteile einer Hubbrücke

- Die Hubtürme sind ästhetisch meist nicht anspruchsvoll.

- Durch die Hubtürme entstehen meist hohe Baukosten für die Fundierung, besonders bei schlechtem Baugrund.
- Die Hubseile und Seiltrommeln sind starkem Verschleiß ausgesetzt.

4.3 Klappbrücken

Die klassischen Klappbrücken mit fester Drehachse werden fast ausschließlich als Vollwand- oder Fachwerkträger aus Stahl hergestellt. Das statische System ist ein Kragträger, der entweder im geschlossenen Zustand am anderen Ufer aufliegt, oder sich in der Mitte mit einem gegenüberliegenden Kragträger zu einer Brücke vereint. In beiden Fällen muss ein Gegengewicht angebracht werden, damit der Schwerpunkt der Konstruktion möglichst in der Nähe der Drehachse liegt, um mit geringem Kraftanteil die Brücke heben zu können. Die Bereitstellung der erforderlichen Hubkraft erfolgt durch einen elektrischen oder hydraulischen Antrieb. Das Maschienenhaus für den Hubmechanismus liegt meist unter der Fahrbahn im Senkkasten des Gegengewichts.

Vorteile einer Klappbrücke

- Ein geringes Gesamtgewicht der Konstruktion.
- Wirtschaftliche Konstruktion für kleine Spannweiten.
- Ästehtisch anspruchsvoller als Hubbrücken, wegen des Entfalls der Hubtürme.

Nachteile einer Klappbrücke

- Große Widerlager in denen der Senkkasten für das Gegengewicht untergebracht werden muss.
- Aufwendige Verriegelungskonstruktionen im geschlossenen und geöffneten Zustand.
- Windkräfte während des Klappvorganges wirken sich äußerst negativ aus.

5 Brückenklappverfahren - Balanced Lift Method for Bridge Construction (BLM)

5.1 Einleitung

Das Brückenklappverfahren basiert auf einer Weiterentwicklung des Bogenklappverfahrens. Es handelt sich dabei um ein Herstellungsverfahren für Spann- und Stahlbetonbrücken. Um Kosten für ein Lehrgerüst zu sparen, wurde bereits 1943 von den Ingenieuren Breiffel, Gaston Le Marec und Medotte das Lehrgerüst des Bogens eingeklappt. Der erste Bogen wurde 1954 von Riccardo Morandi in Italien eingeklappt [4].

In den letzten Jahren wurde das Verfahren am Institut für Tragkonstruktionen - Betonbau der Technischen Universität Wien weiterentwickelt. Dem Brückenklappverfahren “BLM” wurde im Juni 2007 das Deutsche Patent erteilt wurde.

Wie beim Bogenklappverfahren wird beim “BLM” auf ein Lehrgerüst verzichtet. Im ersten Schritt werden die Pfeiler und danach die Brückenträger hergestellt. Die Neuerung ist, dass die Brückenträger in senkrechter Lage mittels Kletterschalung betoniert werden, was einen erheblichen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber der bisher gängigen Herstellungsverfahren, wie der Freivorbau oder das Taktschiebeverfahren, bringt. Dies gilt für einen vernünftigen Anwendungsbereich, also für Spannweiten in der Größenordnung von 50 - 250 m [2]. Nach der Fertigstellung der Brückenträger werden diese durch einen Klappvorgang in die horizontale Lage gebracht.

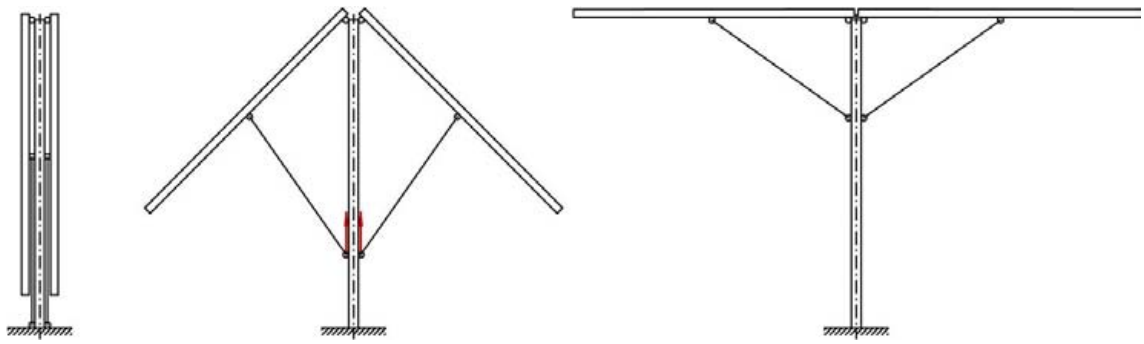


Abbildung 20: Prinzipskizze Druckstrebenvariante [2]

Es gibt zwei grundsätzliche Versionen des Herstellungsverfahrens. Eine Variante mit Druckstreben gemäß der Abb. 20 und eine Variante mit Zugstreben, siehe Abb. 21.

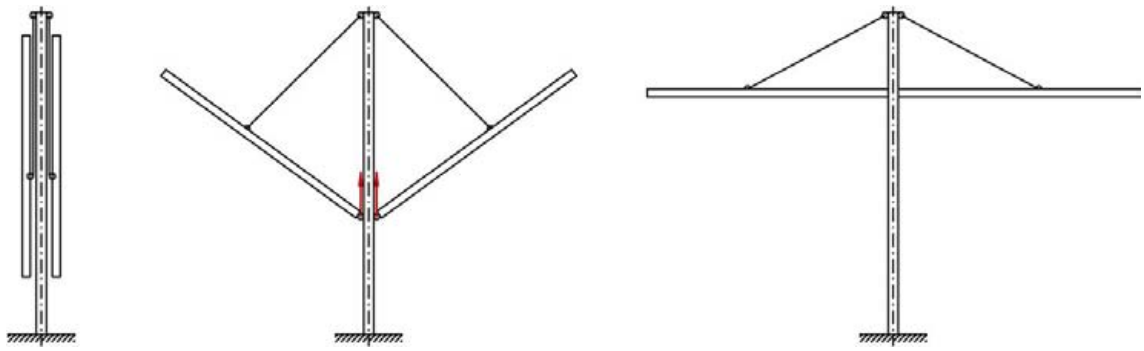


Abbildung 21: Prinzipskizze Zugstrebenvariante [2]

Bei beiden Varianten wird in Längsrichtung beiderseits der Pfeiler entsprechender Freiraum benötigt, um ohne Kollision den Aufklappvorgang gewährleiten zu können. Ist dieser Freiraum nicht vorhanden, kann eine Variante mit Hilfspylon zum Einsatz kommen, bei der die ebenfalls senkrecht hergestellten Brückenträger an einem temporären Hilfspfeiler heruntergezogen werden, siehe Achse 10 Abb. 22.

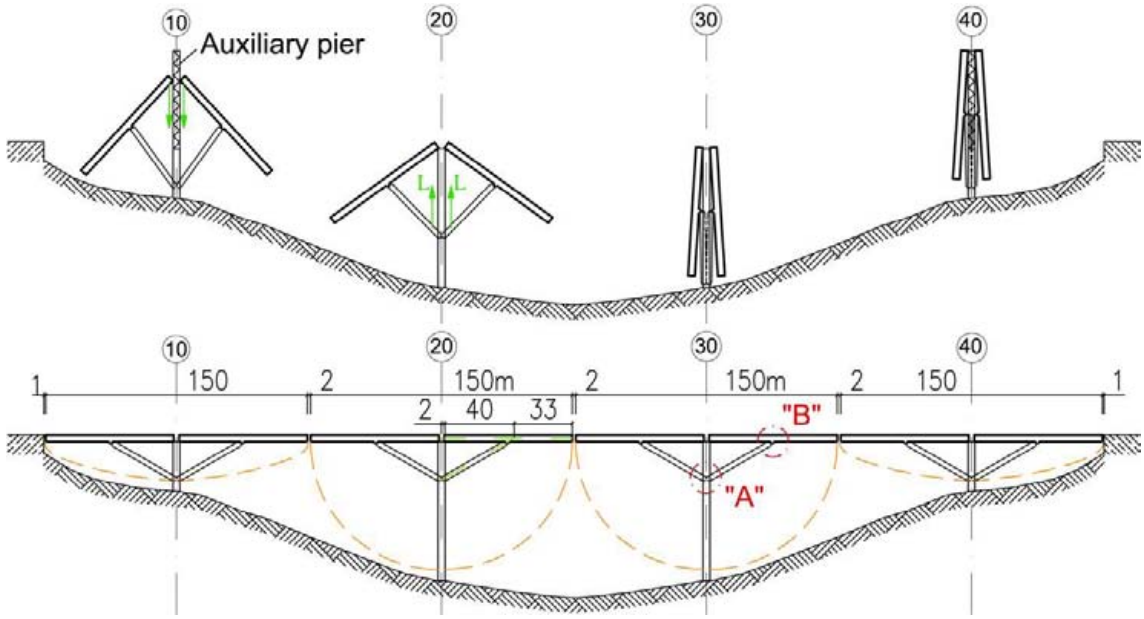


Abbildung 22: Taktweise Herstellung einer Talbrücke mittels “BLM” [4]

Die Spannweiten sind zwar verfahrensbedingt eingeschränkt, durch Anordnung mehrerer Felder ermöglicht sich aber ein breites Anwendungsspektrum. Wie in Abb. 22 dargestellt, eignet sich das Verfahren nicht nur für Einzelhindernisse, sondern auch für lange Talquerungen.

5.2 Formeln für den Klappvorgang

Im folgenden Abschnitt werden die allgemeinen Formeln für die auftretenden Kräfte während des Klappvorganges angegeben. Sie dienen als Basis für die spätere Berrechnung des Hubvorganges der Klappbrücke Lobau.

5.2.1 Druckstrebenvariante

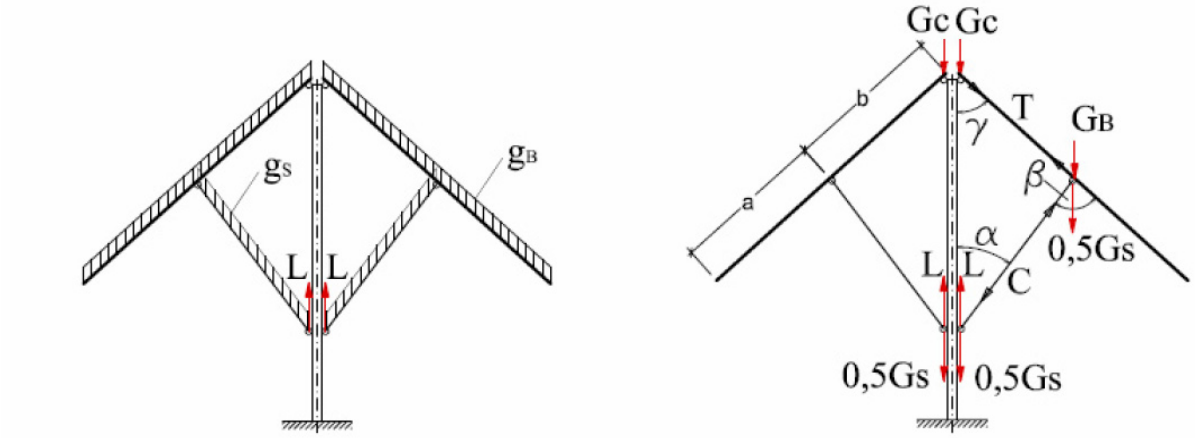


Abbildung 23: Statisches System der Druckstrebenvariante [2]

- Zugkraft im Brückentrager in Folge Eigengewicht während des Klappvorganges

$$T = (G_B + 0,5 \cdot G_S) \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \gamma)} \tag{1}$$

- Druckkraft in der Druckstrebe infolge Eigengewicht während des Klappvorganges

$$C = (G_B + 0,5 \cdot G_S) \cdot \frac{\sin \gamma}{\sin(\alpha + \gamma)} \tag{2}$$

- Hubkraft in Folge Eigengewicht während des Klappvorganges

$$L = 0,5 \cdot G_S + (G_B + 0,5 \cdot G_S) \cdot \frac{\cos \alpha \cdot \sin \gamma}{\sin(\alpha + \gamma)} \tag{3}$$

5.2.2 Zugstrebenvariante

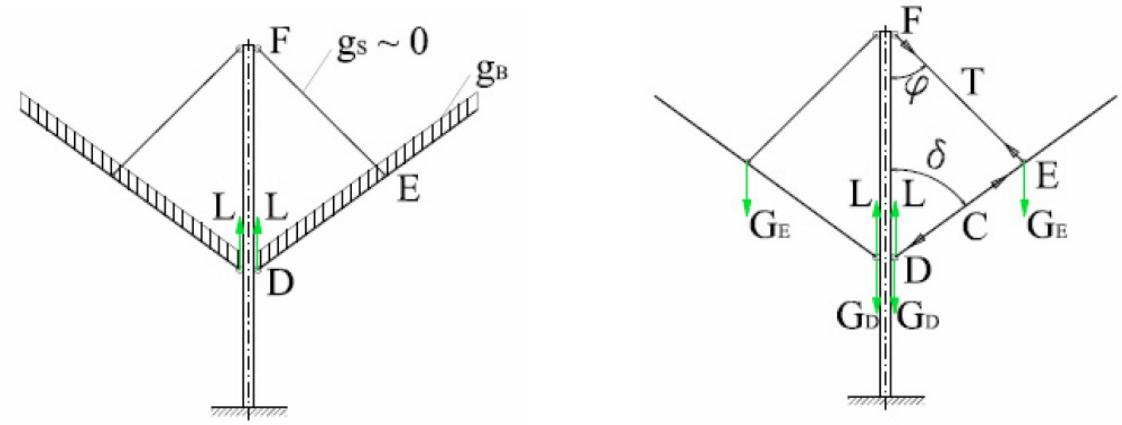


Abbildung 24: Statisches System der Zugstrebenvariante[2]

- Zugkraft im Zugkabel in Folge Eigengewicht während des Klappvorganges

$$T = G_E \cdot \frac{\sin \delta}{\sin(\delta + \varphi)} \tag{4}$$

- Druckkraft im Brückenträger in Folge Eigengewicht während des Klappvorganges

$$C = G_E \cdot \frac{\sin \varphi}{\sin(\delta + \varphi)} \tag{5}$$

- Hubkraft in Abhängigkeit der Klappwinkel

$$L = G_D + G_E \cdot \frac{\cos \alpha \cdot \sin \gamma}{\sin(\alpha + \gamma)} \tag{6}$$

5.3 Feldversuche mit dem Brückenklappverfahren

Dieser Abschnitt soll einen kleinen Einblick über die Art und Dimension der Feldversuche, die am Institut für Tragkonstruktionen mit dem Brückenklappverfahren durch geführt wurden, geben. Diese Feldversuche sind aus folgenden Gründen für diese Arbeit von Bedeutung:

- Der Klappmechanismus der neuen Radwegbrücke Lobau beruht auf dem der Druckstrebenvariante des Brückenklappverfahrens. Bei der Klappbrücke Lobau handelt es sich aber nicht, wie bei dem Brückenklappverfahren, um eine Herstellungsmethode, sondern um eine bewegliche Brücke, die mehrmals täglich geklappt wird. Ein weiterer Unterschied ist die Verwendung von Stahl als Tragwerksmaterial, um die erforderliche Hubkraft niedrig zu halten. Die Klappbrücke Lobau hat aber viele Ähnlichkeiten mit der Druckstrebenvariante des Brückenklappverfahrens. Sie stellt somit eine Weiterentwicklung für ein konkretes Anforderungsprofil dar.
- Die Feldversuche für die Klappbrücke Lobau finden in ähnlichen Größenordnungen am selben Versuchsgelände statt. Hierbei wird der bestehende Pylon wiederverwendet und der neue Feldversuch an den Bestand angepasst. Die Beschaffung der notwendigen Unterlagen, wie Schalungs- und Bewehrungspläne, sowie eine Vermessung des Bestandspylon war deshalb für die Planung der Feldversuche für die Klappbrücke Lobau von großer Bedeutung.

In Abb. 25 sind die Phasen des Aufklappvorganges dargestellt. Der Pylon wird für die Feldversuche der Klappbrücke Lobau wiederverwendet. Die Brückenträger und Druckstreben wurden demontiert.

Abbildung 25: Feldversuch Druckstrebenvariante “BLM” [2]

Teil III

Klappbrücke Lobau

6 Beschreibung des vorliegenden Entwurfs

6.1 Aufgabenstellung und Situationsbeschreibung

6.1.1 Aufgabenstellung

Wie bereits in Abschnitt 1 und Abschnitt 3.3 beschrieben, wird im Bereich des Ölhafens eine Verbesserung der Attraktivität und der Verkehrssituation für den Radverkehr verlangt, um das in Abschnitt 1 beschriebene Ziel einer Steigerung des Radverkehrsanteil zu erreichen. Eine alternative Streckenführung sollte also nicht nur eine erhebliche Verbesserung in Hinblick auf die Verkehrssicherheit beinhalten, sondern auch jede Streckenverlängerung vermeiden, Niveau-Unterschiede und damit verbundene lange Steigungen verhindern und die Einbindung der landschaftlichen Gegebenheiten wahrnehmen.

Für solch eine alternative Streckenführung des Donau-Radweges benötigt man ein Brückentragwerk, um die Ölhafeneinfahrt überqueren zu können. Um das geforderte Lichtraumprofil für den Schiffverkehr zu gewährleisten, gibt es die Möglichkeit mit einer konventionellen Brücke die lichte Höhe zu überspannen oder mit einer beweglichen Brücke, die im Bedarfsfall für den Schiffverkehr öffnet, die Hafeneinfahrt zu queren. Erstere bedarf langer und teurer Rampenbauwerke, da die Konstruktionsunterkante des Brückentragwerkes außerhalb des Lichraumprofils des Schiffverkehrs liegen muss und sich dadurch ein Höhenunterschied zum bestehenden Radweg von ca. 10,20 m ergibt. Da neuprojektierte Radwegsführungen mit einer maximalen Längssteigung von 3 % auszuführen sind, aber bei Rampenlängen kleiner 250 m Gesamtlänge 4 % zulässig sind, ergibt das für den Fall eines konventionellen Brückenschlags eine Rampenlänge von ca. 250 m beidseits der Brücke [1].

Bei einer beweglichen Brücke kann das Brückenniveau an das Umgebungsumfeld angepasst werden und kommt deswegen mit kürzeren bis gar keinen Rampenbauwerken aus.

Da sich auf der Lobauer Seite bekanntlich der Nationalpark Donauauen befindet, der Bestandteil des Natura-2000 Gebietes ist, sollte bei der Planung stets darauf geachtet werden, dass für eine zukünftige Durchführbarkeit ein nachhaltiges Konzept für den Betrieb der neuen Brücke von großer Bedeutung ist.

Die Magistratsabteilung MA 29 - Brückenbau und Grundbau hat die Anfertigung einer Machbarkeitsstudie für eine Klappbrücke für Fußgänger und Radfahrer be-

auftragt, um die Herstellungskosten für eine solche Klappbrücke zu eruieren und um in weiterer Folge die beiden Brückenvarianten gegenüberstellen zu können. Im Kapitel 6 soll der im Zuge einer Machbarkeitsstudie entstandene Entwurf einer Klappbrücke über die Ölhafeneinfahrt in der Lobau beschrieben und im anschließenden Kapitel berechnet werden.

6.1.2 Standortbeschreibung

6.1.2.1 Lage des Entwurfsbereichs

Abbildung 26: Luftbild des Entwurfsbereichs

Der Neubau der Klappbrücke Lobau soll anders als in Abschnitt 3.3 beschrieben nicht nörd-westlich der bestehenden Hafenbrücke (Gasleitung), sondern süd-östlich siehe Abb. 26 situiert werden. Das hat zwei einfache Gründe:

1. Die Konstruktionsunterkante der Klappbrücke befindet sich im Gegensatz zu einer konventionellen Brücke um 5,70 m niedriger, auf 159,50 m ü.A. Da das Rampenbauwerk bei einer Platzierung der Brücke nord-westlich der bestehenden Hafenbrücke, die Leit- und Schutzwand durchdringen müsste, ist diese Anordnung des Brückentragwerks ausgeschlossen oder nur mit erheblichen Baumaßnahmen zu bewerkstelligen.

2. Die Platzierung des neuen Tragwerks vor der alten bestehenden Gasleitungsbrücke hat den Vorteil, dass die Brücke bei der Querung als Aussichtsplattform dienen kann und somit eine uneingeschränkte Aussicht auf den Mündungsbereich der Neuen Donau besteht. Außerdem ist die Brücke beim Aufklappvorgang, dessen Einzigartigkeit eine Art Attraktion darstellt, von weitem zusehen und trägt damit zur Attraktivität der Strecke bei.

Abbildung 28: Ansicht des Entwurfsbereichs - Widerlager Ölhafen

Abbildung 27: Ansicht des Entwurfsbereichs - Widerlager Marchfeldschutzdamm

Der Entwurf der neuen Klappbrücke ist also parallel zur bestehenden Hafenbrücke und muss in diesem Bereich die ca. 60 m breite Hafeneinfahrt überbrücken. Die Konstrutionsunterkante befindet sich auf 159,48 m ü.A und ragt somit in das Lichtraumprofil des Schiffsverkehrs. Auf der Lobauer Seite befindet sich der Nationalpark Donauauen, der Bestandteil des Natura-2000 Gebietes ist und somit einen wesentlichen Grund für die Entwicklung eines nachhaltigen Konzepts für den Brückenbetrieb darstellt.

Abbildung 29: Ansicht des Entwurfsbereichs - Marchfeldschutzdamm

Abbildung 30: Lageplan Klappbrücke Lobau

In Abb. 30 ist der Lageplan des Projektgebietes dargestellt. Von Tulln kommend führt der neue Radweg, wie in Abschnitt 3.3 beschrieben, entlang der bestehenden Uferstraße und muss ca. 100 m vor dem Brückenwiderlager zur Leit- und Schutzwand hin verzogen werden, um durch das folgende Rampenbauwerk mit einer Neigung von 5% das erforderliche Brückenniveau zu erreichen. Die Verziehung ist notwendig, um den Betreib der Schiffsanlegestelle nicht durch Verbauung einzuschränken. Danach folgt das 100m lange Brückentragwerk, welches in Abschnitt 6.3 genauer beschrieben wird. Die Brücke wird auf zwei Widerlager und zwei Pylone gelagert, letztere befinden sich beiderseits am unteren Ende der Böschungen direkt am Ufer. Im aufgeklappten Zustand ist die gesamte Breite des Hafenzufahrtskanal frei. Auf der Seite Lobau endet die Brücke an der Dammkrone des Marchfeldschutzdamms, wodurch der Radweg direkt auf diesem weiter geführt werden kann und in den bestehenden Donau-Radweg mündet.

6.1.2.2 Trassierung

Um dem in der RVS 03.02.13 - Radverkehr[1] im Sinne der Förderung des Radverkehrs festgelegten Qualitätsstandard zu entsprechen, wurden folgende Werte gewählt:

- Kurvenradien: Im Regelfall sind 8 m anzuwenden. Auf Grund des fast rechtwinkeligen Anschlusses der Radwege an das Brückentragwerk, musste in diesen Bereichen jedoch ein Kurveninnenradius von 4,50 bzw. 5,00 m gewählt werden. Die dadurch geringere maximale Fahrgeschwindigkeit ist mit 15 km/h aber ausreichend.
- Querneigung: Eine ausreichende Entwässerung ist durch eine Querneigung von 1,5% für den gesamten Projektbereich gegeben.
- Kuppen und Wannen: Da die Neigungsunterschiede unter 6% bzw. die Rampe nicht steiler als 1:15 ist, sind keine Ausrundungen auszubilden.
- Steigungen: Bei Neutrassierungen sollten Steigungen von 3% nicht überschritten werden, da aber die geplante Rampe mit 90,00 m Länge und ca. 4,50 m Höhendifferenz unter den Grenzwerten für die maximale Länge der Steigung von 120,0 m und der maximalen Höhendifferenz von 6,00 m liegen, darf eine maximale Steigung von 5% vorgesehen werden.

6.1.2.3 Geländeprofil

In Abb. 31 ist das schematische Höhenprofil des Entwurfsbereiches, welches zu Beginn der Studie mittels Nivellment ermittelt wurde, dargestellt. Der Schnitt des Geländeprofils wurde direkt neben der bestehenden Hafenbrücke geführt. Auf der Lobauer Seite beträgt die Höhe des neuen Radweges, der entlang der Dammkrone des Marchfeldschutzdamms verläuft, 159,80 m ü.A. Auf der Halbinsel Ölhafen

befindet sich der Radweg auf dem Niveau von 155,00 m ü.A, darum muss mittels Rampenbauwerk, siehe Abb. 30, die Höhendifferenz überwunden werden. Die Breite des Hafenzufahrtskanals ist bei mittlerem Wasserstand ca. 60 m.

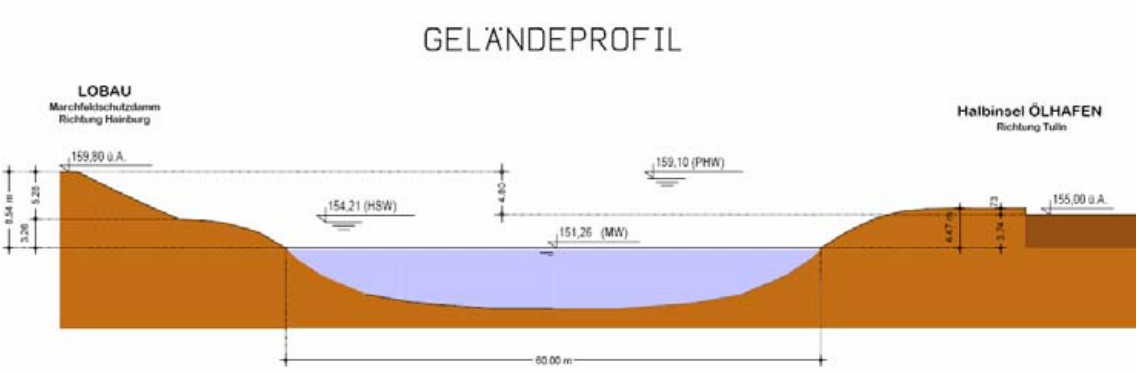


Abbildung 31: Höhenprofil des Entwurfsbereichs

6.1.2.4 Umgebung

Auf Grund der unmittelbaren Nähe der Brücke zum Nationalpark Donauauen ist eine Einbindung der Konstruktion in die landschaftlichen Gegebenheiten von großer Bedeutung. Sie verbindet den durch die Uferbefestigung und das Industriegelände der OMV ausgebauten Teil - die Halbinsel Ölhafen, mit dem, abgesehen vom Marchfeldschutzdamm, naturbelassenen Teil - die Lobau. Die Brücke stellt somit, durch ihren einerseits modernen und einzigartigen Klappmechanismus und andererseits durch ihre doch einfache Gesamtstruktur, nicht nur funktional eine Verbindung zwischen dem städtischen und ländlichen Raum dar.

Abbildung 32: Barbarabrücke

In unmittelbarer Nähe zum Projektgebiet, befindet sich die Barbara-Rohrbrücke, eine Gasleitungsbrücke, die die Donau zwischen der Lobau und der zu Schwechat

gehördenden Mannswörther Au überquert. Es handelt sich um ein neuartiges Hängebrückensytem und hat auf Grund ihrer hohen y-förmigen Pylone eine gewisse Gemeinsamkeit mit der Klappbrücke Lobau.

6.2 Entwurfsstudien

6.2.1 Einleitung

In der Entwurfsphase ging es nun darum, die in Abschnitt 6.1.1 beschriebenen Vorteile einer beweglichen Brücke, in einen konkreten Entwurf zu fassen. Es wurden vier Entwurfsvarianten entwickelt, die miteinander verglichen wurden. Um in Hinblick auf eine möglichst geringe Hubenergie Gewicht einzusparen, wurde auf die bisher im Zuge des Brückenklappverfahrens verwendeten Stahl-Beton-Tragwerke verzichtet und an deren Stelle ein Stahltragwerk gewählt. Dadurch sollte die Grundidee, die Hubenergie mittels beweglicher Wassertanks bereitzustellen, die je nach Erfordernis befüllt oder ausgelassen werden, umsetzbar sein. Die folgenden vier Entwurfsvarianten werden in den darauffolgenden Abschnitten kurz beschrieben und miteinander verglichen.

- Variante 01 “große Zugstrebenbrücke”
- Variante 02 “doppelklappbare Zugkabelbrücke”
- Variante 03 “fachwerkartige Druckstrebenbrücke 1”
- Variante 04 “fachwerkartige Druckstrebenbrücke 2”

6.2.2 Variante Zugstrebenbrücke

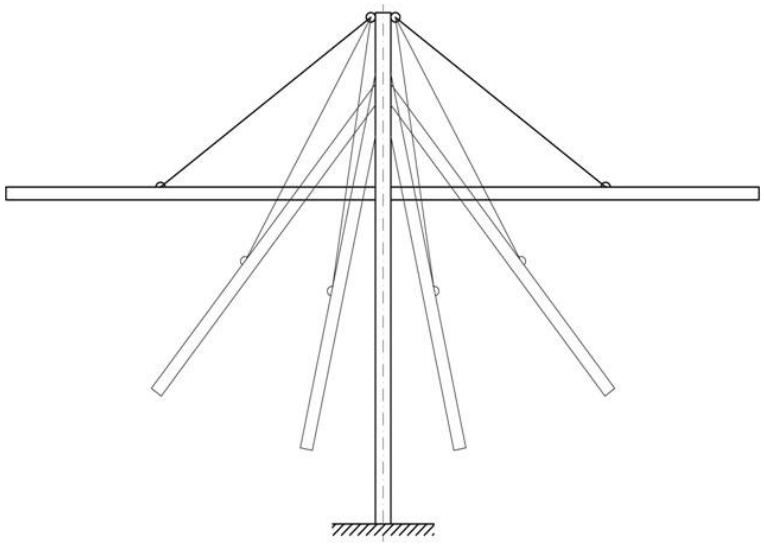


Abbildung 33: Klappmechanismus Zugstrebenvariante

Die beiden Zugstreben laufen am Pfeilerkopf zusammen und bilden einen Fixpunkt an dem die Brückenträger, wie bei einer Schrägseilbrücke, abgehängt werden. Die

beiden Enden der Brückenträger müssen mittels Radialgelenken miteinander verbunden und senkrecht entlang der Pfeilerachse geführt werden. Beim Klappvorgang drehen die beiden Träger in unterschiedliche Richtungen, deswegen muss der Knoten vollständig rotationsfähig sein. An diesem Punkt befindet sich auch die Befestigung der Hubkabel, mit der die Brückenträger in die gewünschte Position gebracht werden. Die gesamte Last des Tragwerks befindet sich somit im Pfeilerkopf.

6.2.2.1 Variante 01 "große Zugstrebenbrücke"

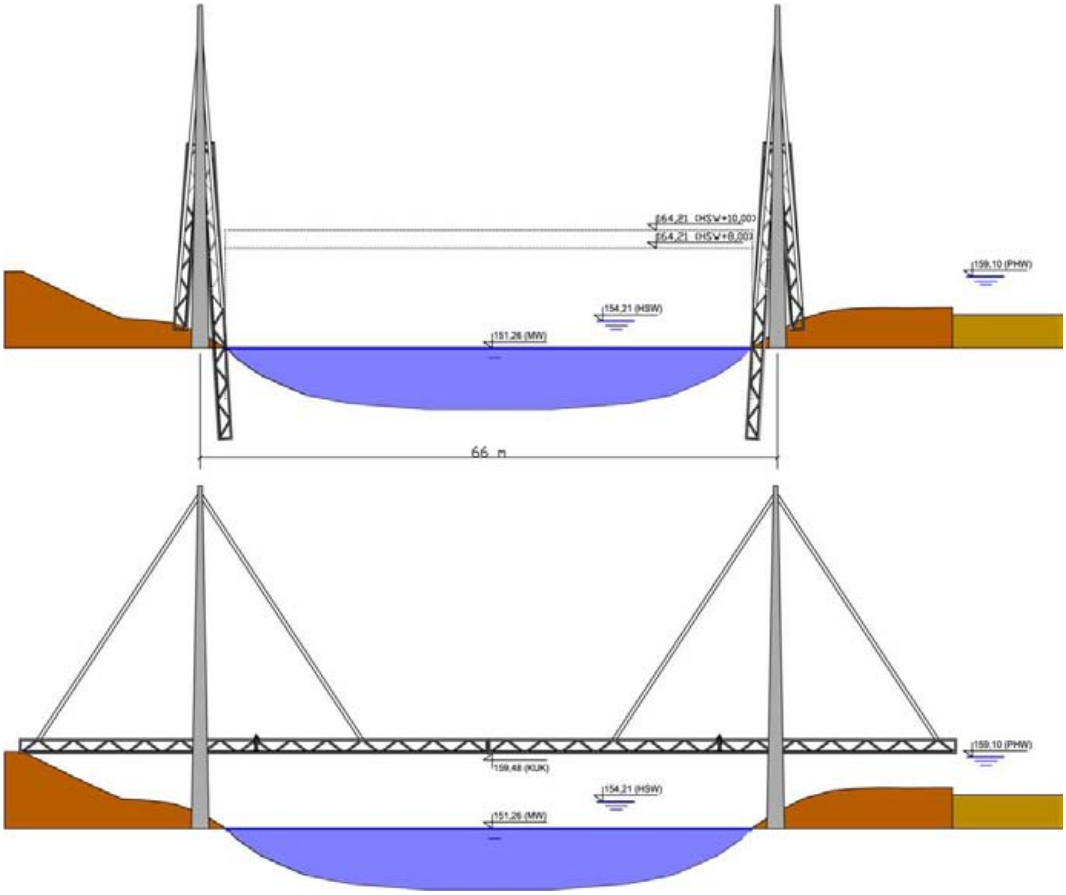


Abbildung 34: Klappmechanismus "große Zugstrebenbrücke"

Beiderseits des Hafenzufahrtskanals befindet sich ein mächtiger Pylon, an dessen Kopf Zugstreben befestigt sind, die das Brückentragwerk stützen. Durch Hubkabel, die in der senkrechten Achse der Pylone verlaufen und mit den beiden Brückenträgerenden gelenkig verbunden sind, wird die Brücke in die jeweils gewünschte Lage gehoben oder gesenkt. Wie man in Abb. 34 erkennen kann, ist diese Varinate eher für steile Täler und Schluchten geeignet. Im gegebenen Fall müsste der Brückenträgerspitz in den Kanal tauchen, um vollständig geöffnet werden zu können. Zusätzlich wäre ein enormer Erdaushub notwendig.

6.2.2.2 Variante 02 “doppelklappbare Zugkabelbrücke”

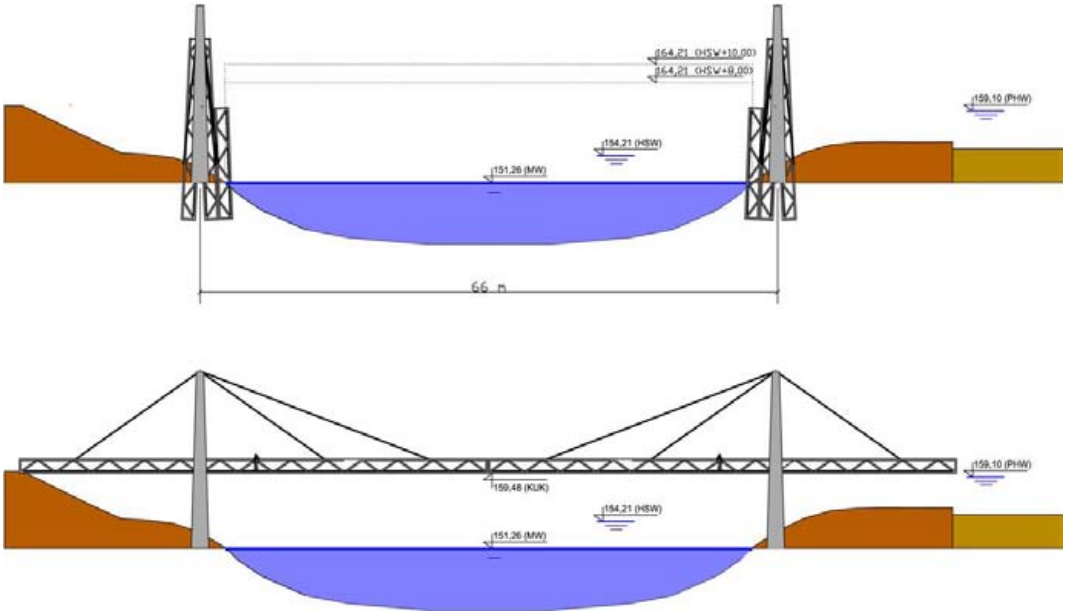


Abbildung 35: Klappmechanismus “doppelklappbare Zugkabelbrücke”

Beiderseits des Hafenzufahrtskanals befindet sich ein um einiges niedrigerer Pylon, an dessen Kopf wiederum die Zugstreben befestigt sind, die das Brückentragwerk stützen. Durch gleichzeitiges Senken der Brückenträgerenden und des vorderen Zugkabels wird das Tragwerk ausgeklappt. Trotz der zweifachen Teilung der Brücke ragt diese im aufgeklappten Zustand im Bereich der Ufer unter das Gelände. Auch hier wäre ein Eintauchen der Tragwerke in das Wasser notwendig, siehe Abb. 35.

6.2.3 Bewertung der Zugstrebenvarianten

6.2.3.1 Variante 01 “große Zugstrebenbrücke”

- Die “große Zugkabelbrücke” wirkt für eine Rad- und Fußgängerbrücke sehr elegant und passend. Durch die großen Pylone mit ihren Zugkabeln ist diese schon von weiter Ferne markant erkennbar.
- Während des Aufklappvorganges tauchen die Brückenträger in das Wasser ein. Im geöffneten Zustand ragen die Brückenträger weit in den Untergrund.
- Nachteil: Ein großer Erdaushub wäre für diese Variante notwendig und somit wird der Brückenentwurf als unwirtschaftlich beurteilt.

6.2.3.2 Variante 02 “doppelklappbare Zugkabelbrücke”

- Die “doppelklappbare Zugkabelbrücke” ist ein ästhetisch anspruchsvolles Konstruktionssystem für eine Rad- und Fußgängerbrücke.
- Für den Aufklappvorgang ist ein komplizierter Mechanismus notwendig, um das Tragwerk in die gewünschte Position zu befördern.
- Vorteil: Die Höhe der Pylone ist gering, somit passt sich die Brücke gut an das bestehende Gelände.
- Nachteil: Der doppelte Klappmechanismus wurde noch nicht, wie die anderen Systeme, bei Feldversuchen erprobt. Außerdem weist die Brücke auf Grund der vielen beweglichen Teile weniger Systemsteifigkeit auf. Auch bei dieser Variante wäre ein großer Erdaushub notwendig.

6.2.4 Variante Druckstrebenbrücke

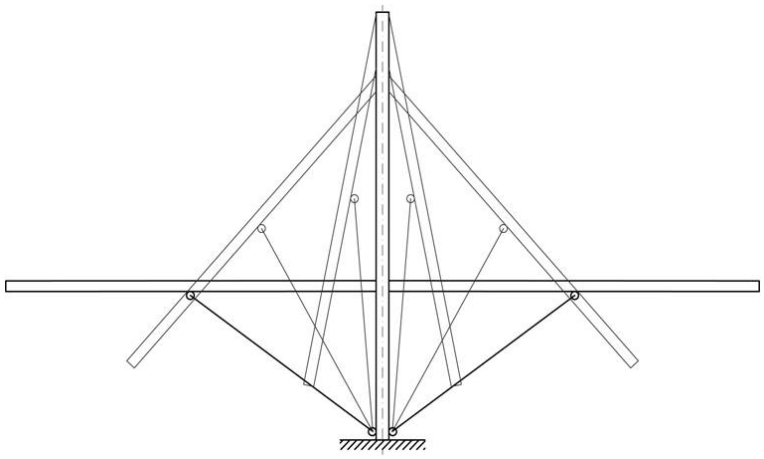


Abbildung 36: Klappmechanismus Druckstrebenvariante

Im Gegensatz zur Zugstrebenbrücke befindet sich der Fixpunkt, um den sich die beiden Druckstreben drehen, am Fußpunkt des Pfeilers. Die Brückenträger lagern gelenkig auf den Druckstreben. Die Lagerung muss vollständig rotationsfähig sein. Die Verbindung der Brückenträgerenden erfolgt ebenfalls mittels rotationsfähigen Radialgelenkslagern, die senkrecht entlang der Pfeilerachse geführt werden. Durch die senkrechte Bewegung dieses Knotens wird die Brücke in die gewünschte Lage gebracht. Anders als bei der Zugstrebenvariante wirkt der größere Anteil der Vertikalkräfte auf den Pfeilerfuß und somit direkt auf das Fundament. Dadurch wird der Pfeiler nicht durch das gesamte Brückengewicht beansprucht.

6.2.4.1 Variante 03 “fachwerkartige Druckstrebenbrücke 1”

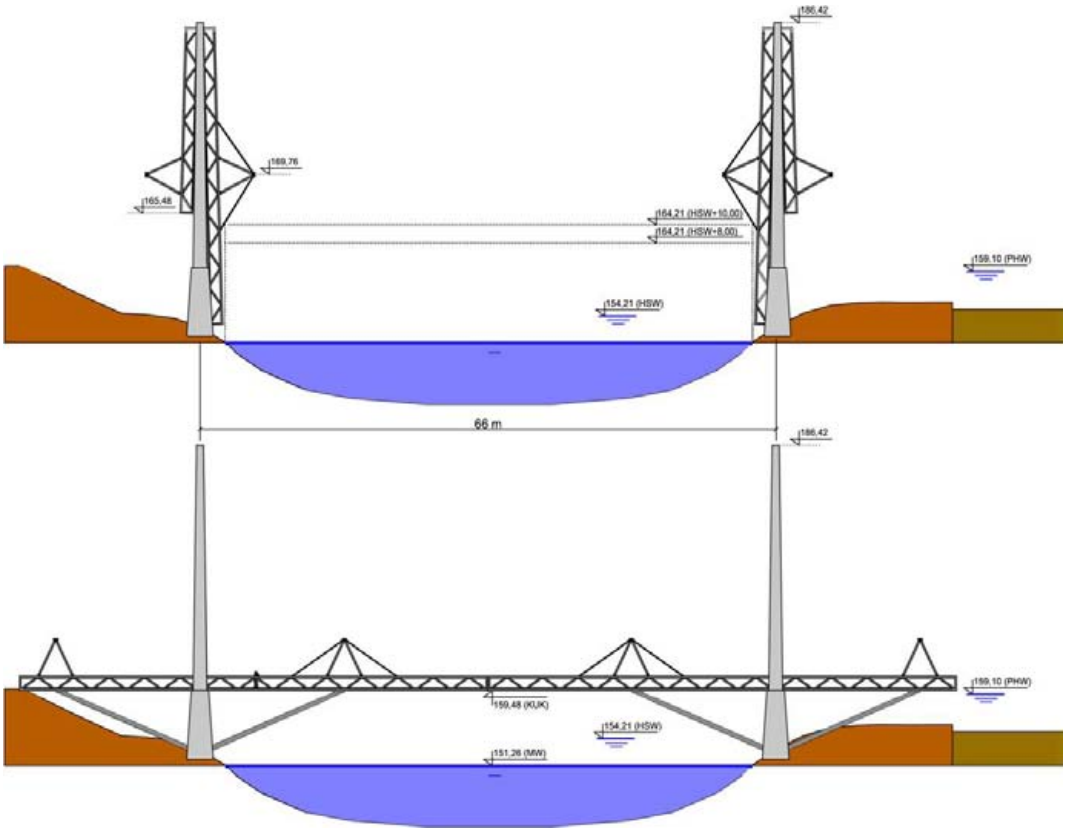


Abbildung 37: Klappmechanismus “fachwerkartige Druckstrebenbrücke 1”

Beiderseits des Hafenzufahrtskanals befindet sich ein mächtiger Pylon, an dessen Fuß Druckstreben befestigt sind, die das Brückentragwerk stützen. Die Hubkabel befinden sich in der senkrechten Achse der Pylone und sind an den gelenkig verbundenen Brückenträgerenden befestigt. Durch Heben und Senken dieses Knotens, wird die Brücke in die jeweils gewünschte Lage gebracht. Wie man in Abb. 37 erkennen kann, ist die Systemhöhe des Fachwerkträgers im Bereich der Stützung durch den Druckstab erheblich größer. Neben der höheren Systemsteifigkeit sollte dies zu folgendem Effekt führen. Am Schnittpunkt der Obergurte sollte ein Wassertank angebracht und damit der Aufklappvorgang unterstützt werden. Dieser Wassertank würde während des Aufklappvorganges, durch den Abstand zum Drehpunkt, ein untersützendes Moment ergeben. Diese Überlegungen brachten aber nicht den gewünschten Erfolg und deswegen, und wegen des eher unästhetischen Erscheinungsbildes, wurde die Idee verworfen.

6.2.4.2 Variante 04 “fachwerkartige Druckstrebenbrücke 2”

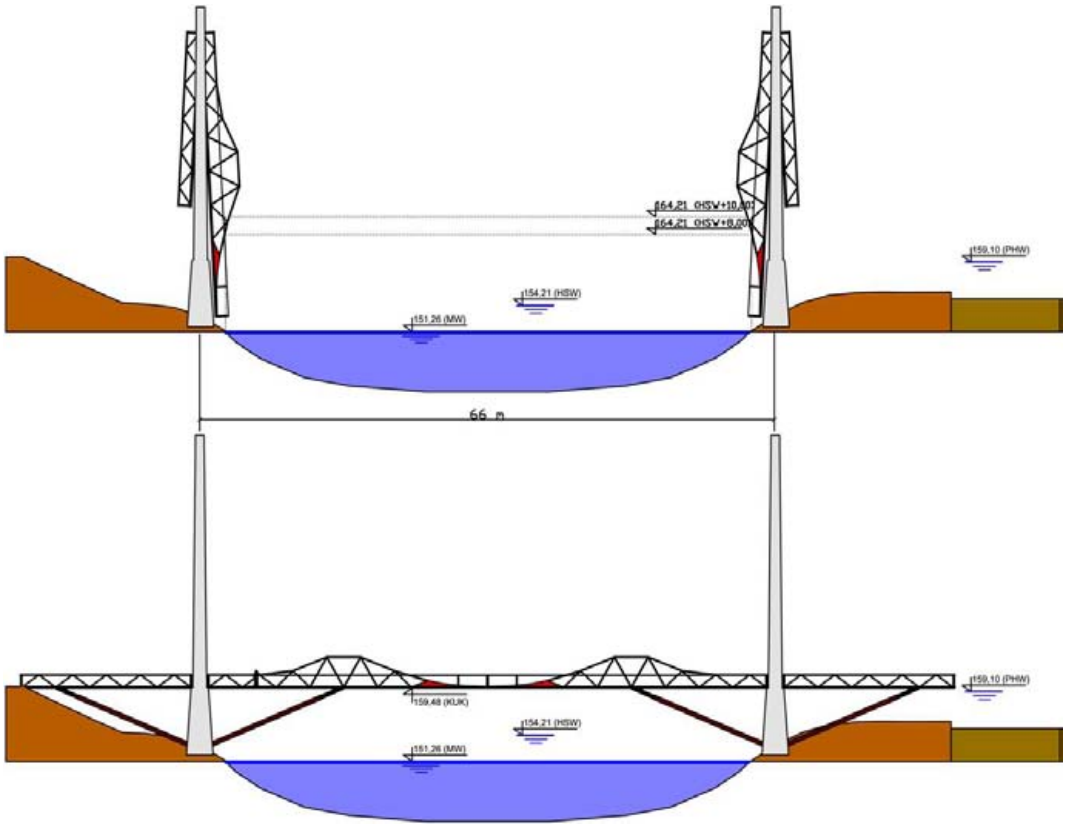


Abbildung 38: Klappmechanismus “fachwerkartige Druckstrebenbrücke 2”

Variante 04 ist eine Weiterentwicklung der Variante 03. Der Klappmechanismus und die Lagerungsbedingungen sind identisch. Der landseitige Brückenträger ist hinsichtlich seines statischen Systems ein Einfeldträger mit kurzem Kragarm. Die statische Höhe des Fachwerks ist in diesem Bereich konstant. Die Stützweite des wasserseitigen Kragarms weist die selbe Länge auf, wie die Feldweite. Aus diesem Grund wurde die statische Höhe des wasserseitigen Fachwerkträgers so gewählt, dass sie der Form der Momentenlinie entspricht, um die Systemsteifigkeit zu erhöhen und die dadurch die Durchbiegungen an der Kragarmspitze klein zu halten. Abb. 38 zeigt den Übergang des Fachwerkträgers in einen Hohlkastenquerschnitt. Abgesehen von der elegant wirkenden Ästhetik der zu einem Punkt zusammenlaufenden Kragarmspitzen, kann dadurch auch Gewicht am Kargarmende gespart werden.

6.2.5 Bewertung der Druckstrebenvarianten

6.2.5.1 Variante 03 “fachwerkartige Druckstrebenbrücke 1”

- Die Brückenträger der “fachwerkartigen Druckstrebenbrücke 1” wirken wie eine Montagekonstruktion.

- Die aufgesetzte Konstruktion über der Druckstrebe erscheint logisch, ergibt aber mit dem Brückenträger keine Einheit.
- Für den Aufklappvorgang werden hohe Pylone benötigt. Die Höhe muss mindestens der Länge der wasserseitigen Brückenträger entsprechen, um die Brücke öffnen und schließen zu können.
- Vorteil: Das Tragwerk stützt sich zum größten Teil auf das Fundament und nicht auf den Pylon.
- Vorteil: Aus statischer Sicht entspricht die Form der Brückenträger der Momentenlinie zufolge Eigengewicht. Die einfachen Brückenträger ermöglichen eine schnelle Herstellung und Montage.
- Nachteil: Das Tragwerk ist ästhetisch nicht anspruchsvoll.

6.2.5.2 Variante 04 "fachwerkartige Druckstrebenbrücke 2"

- Die "fachwerkartige Druckstrebenbrücke 2" entspricht der logischen Tragstruktur.
- Für den Aufklappvorgang werden hohe Pylone benötigt. Die Höhe muss mindestens der Länge der wasserseitigen Brückenträger entsprechen, um die Brücke öffnen und schließen zu können.
- Vorteil: Das Tragwerk stützt sich zum größten Teil auf das Fundament und nicht auf den Pylon.
- Vorteil: Aus statischer Sicht entspricht die Form der Brückenträger der Momentenlinie zufolge Eigengewicht.
- Vorteil: Die Konstruktion ist leicht und daher für den Klappvorgang gut geeignet.
- Vorteil: Das Tragwerk ist ästhetisch anspruchsvoll.

6.2.6 Bewertung und Systemwahl

Linienführung, Spannweiten und Geländehöhen sind bei allen vier Varianten gleich und könnten somit miteinander verglichen und für eine Systemwahl, bezüglich folgender Kriterien, herangezogen werden:

- Ästetik
- Klappmechanismus
- Effizienz der Tragwerkes

Auf Grund dieser Bewertungskriterien schien die Variante 04 “fachwerkartige Druckstrebenbrücke” für die Klappbrücke Lobau am besten geeignet. Architektonisch und statisch gesehen sind alle Kriterien für die Brücke erfüllt. Der Entwurf wird im folgenden Abschnitt 6.3 detailliert beschrieben.

6.3 Ausgewählter Entwurf

In diesem Abschnitt folgt eine detaillierte Beschreibung der Funktionsweise, der zu erwartenden Herstellungskosten und des Betriebes der Klappbrücke Lobau.

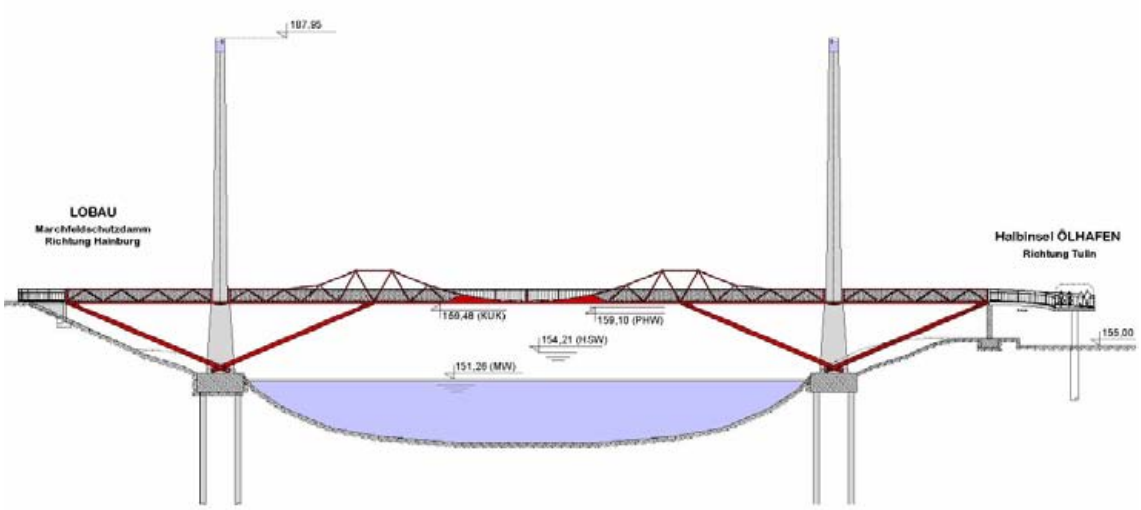


Abbildung 39: Längenschnitt/Ansicht Klappbrücke Lobau

Die Abb. 39 zeigt einen Längenschnitt bzw. eine Ansicht der Brücke in Blickrichtung Ölhafenausfahrt. Der Radweg quert den Ölhafenausfahrtskanal in einer Höhe von 159,83 m ü.A und mit einer Brückengesamtlänge von 100 m. Die größte Stützweite ist die Breite des Kanals und beträgt 60 m.

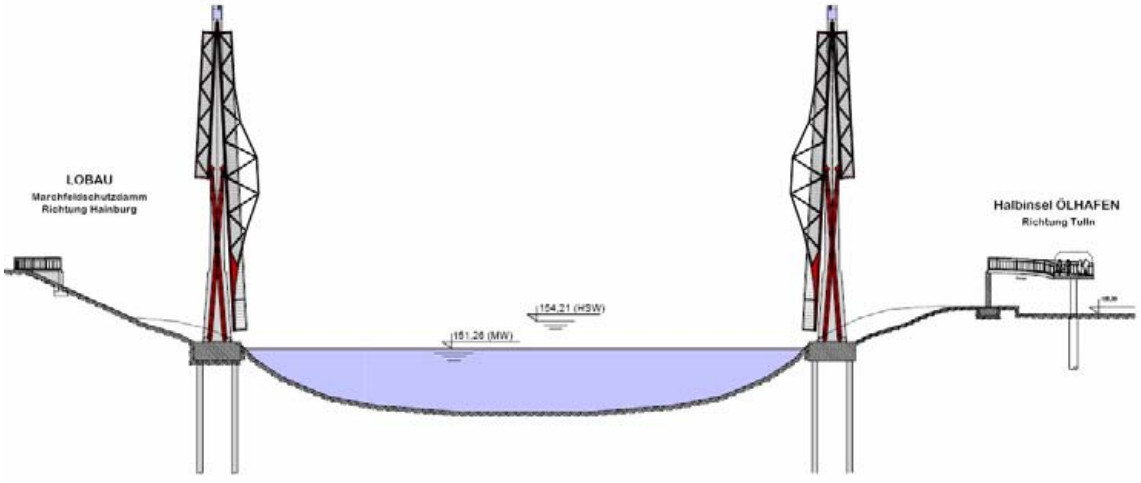


Abbildung 40: Längenschnitt/Ansicht - Brücke für Schiffsverkehr geöffnet

Das Brückentragwerk teilt sich, wie es auch bei klassischen Hubbrücken der Fall ist, in zwei getrennte Brückenteile, die im Bedarfsfall für den Schiffsverkehr geöffnet

werden, siehe Abb. 40. Jeder dieser Brückenträger lagert auf zwei Druckstreben und indirekt über Hubkabel auf einem Pylon. Das Widerlager auf der Seite Lobau und die Widerlagerwand auf der Seite Ölhafenhalbinsel dienen nur dem Anschluss des Radweges an die Brücke.

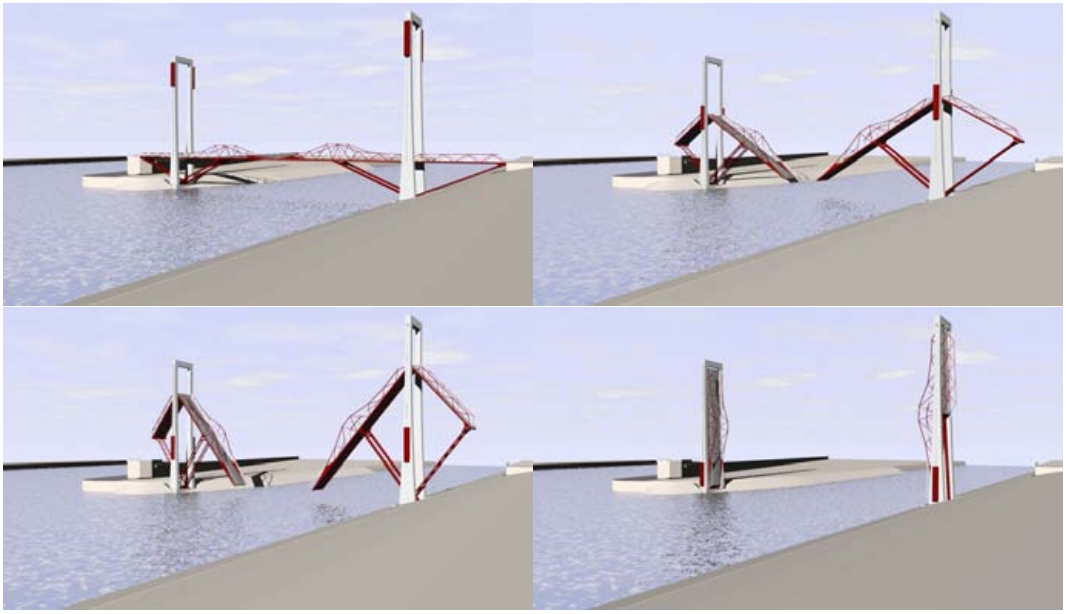


Abbildung 41: 3D-Ansicht Klappbrücke Lobau - Klappvorgang

Die beiden Pylone bilden jeweils in Brückenquerrichtung einen Rahmen, an dessen Innenseiten die Brückenträgerenden beim Hub- und Klappvorgang von einer im Pylon eingebauten Führungsschiene geleitet werden. Diese vertikal bewegliche und rotationsfähige Verbindung der beiden Brückenträger wird durch Hubkabel in die gewünschte Position gebracht und somit der Hub- und Klappmechanismus eingeleitet. Am Rahmenriegel, der gleichzeitig als Wassertank dient, erhalten die Hubkabel durch zwei Umlenkrollen jeweils eine Richtungsänderung um 90°. Von dem als Rahmenriegel ausgebildeten Wassertank wird Wasser in die nach den Umlenkrollen an den Hubkabel befestigten beweglichen Wasserbehälter geleitet und somit ein Gegengewicht erzeugt, dass die Brückenträger nach oben zieht. Für den umgekehrten Mechanismus wird das Wasser aus den beweglichen Wasserbehältern ausgelassen.

Technische Daten der Brücke:

- Pylonhöhe: 36 m
- ges. Brückenlänge: 100 m
- größte Stützweite: 66 m
- ges. Gewicht der beweglichen Tragkonstruktion: 57 to

- Konstruktionsunterkante Tragwerk, KUK: 159,48 m ü.A.
- Fahrbahnoberkante FOK: 159,83 m ü.A.

Abbildung 42: Lageplan Klappbrücke Lobau

6.3.1 Funktion der Fuß- und Radwegüberführung

Eine Hauptfunktion der Brücke ist den Fußgänger- und Radweg über den Ölhafenausfahrtskanal zu führen. Dazu wurde der Radweg in einer Höhe von 159,83 m ü.A laut Abb. 42 situiert. Die Fahrbahnbreite wurde im Einvernehmen mit der MA 29 - Brückenbau und Grundbau mit 4,00 m festgelegt. Die Fahrbahnentwässerung erfolgt von der Symmetriachse hin zu den Hauptträgern, mittels der in Abschnitt 6.1.2.2 festgelegten Querneigung von 1,5 %. Die anfallenden Wässer können durch eine 30 mm Entwässerungsöffnung in den darunterliegenden Hafeneinfahrtskanal fließen. Da die in Abschnitt 6.3.9 festgelegten Betriebszeiten den Einsatz von Räumfahrzeugen ausschließen und durch entsprechende Absperrungen dafür gesorgt wird, dass die Brücke auch von keinem anderen motorisierten Fahrzeug befahren werden kann, ist das anfallende Regenwasser durch keine Verunreinigen gefährdet und muss daher nicht dem örtlichen Kanalnetz zugeführt oder in Sickergruben gesammelt werden.

Ebenfalls in Rücksprache mit der MA 29 Brückenbau - Grundbau wurden die Handläufe, Absturzsicherungen und Radabweiser für Fußgänger, Radfahrer und

gehbehinderte Personen festgelegt. Der in ÖNORM B1600 geforderte oberste Handlauf kann auf Grund der identen Lage der Obergurte entfallen. Im Bereich des Regelquerschnitts II, siehe Abb. 44, muss in dieser Höhe ein Formrohr angebracht werden, welches gleichzeitig zur Befestigung der Absturznetze dient. Dazu wurden Edelstahlnetze mit einer Maschenweite von 40 mm zur Absturzsicherung zwischen den Fachwerkstäben angeordnet. Diese Edelstahlnetze haben den Vorteil, dass sie wenig Windangriffsfläche bieten und extrem leicht sind, ein wichtiges Kriterium für den Klapp- und Hubvorgang.

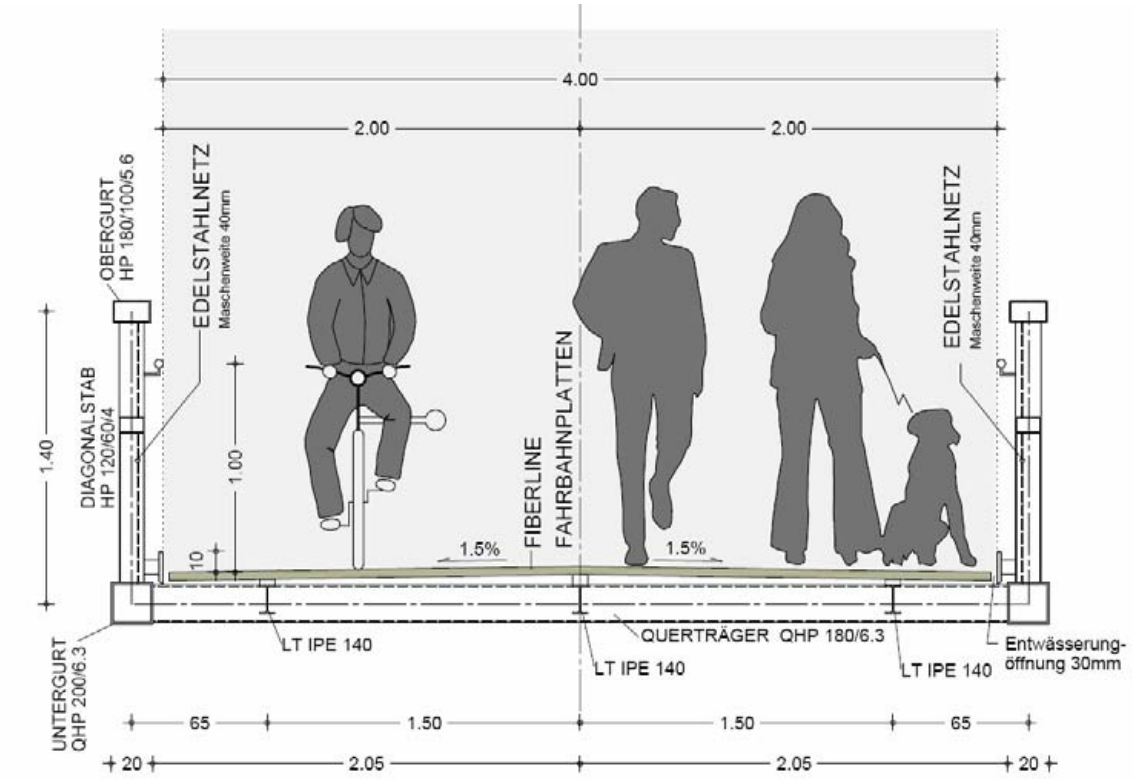


Abbildung 43: Regelquerschnitt I

6.3.2 Funktion der Schiffbarkeit

Eine zweite wesentliche Funktion der Brücke ist, die Schiffbarkeit des Ölhafenausfahrtskanals in keiner Weise zu beeinträchtigen. Durch die Trassenlegung in Höhe von 159,83 m ü.A würde ein Konfliktpunkt des Fußgänger- und Radweges mit dem Lichtraumprofil des Schiffsverkehrs entstehen, der durch eine Ausführung als Klappbrücke verhindert wird. In Abb. 40 ist ersichtlich, dass im geöffneten Zustand des Lichtraumprofil vollkommen frei ist. Eine Öffnung der Brücke wäre 3 - 4 mal täglich notwendig. Die damit verbundene kurzfristige Unterbrechung der Querungsmöglichkeit für den Fußgänger- und Radverkehr ist ein Nachteil, wird aber auf Grund der geringen Häufigkeit der Hubvorgänge in Kauf genommen. Durch eine entsprechende Regelung durch eine Signalanlage kann der Radfahrer bereits bei der Abzweigung der Lobgrundstraße darauf hingewiesen werden, die al-

te Bestandsstrecke des Donau - Radweges zu benützen, wenn er keinen Zeitverlust wünscht. Durch die Einzigartigkeit ihres Klappmechanismus stellt die Brücke auch eine Art Sehenswürdigkeit dar, und somit wird eine kurze Wartezeit nicht weiter als problematisch angesehen.

6.3.3 Lastabtragung im Betriebszustand

Die Verkehrslasten werden von den in Querrichtung gespannten Fahrbahnplatten der Firma Fiberline-Composites auf die drei Längsträger verteilt. Diese Fahrbahnplatten aus Faserverbundkunststoffen weisen eine hohe Steifigkeit auf und sind gleichzeitig extrem leicht. Das spezifische Eigengewicht der angefragten Fahrbahnplatten beträgt 0,25 kN/m^2. Die Form der Fahrbahnplatten muss die erforderliche Querneigung erzeugen. Für den Fußgänger- und Radverkehr ist eine bestimmte Oberflächenbeschaffenheit der Fahrbahn von größer Bedeutung, deshalb müssen die Fahrbahnplatten eine gewisse Rauhigkeit aufweisen, um auch bei nasser Fahrbahn genügend Halt zu geben. Die IPE 140 Längsträger sind an die im Abstand von 3.875 m liegenden Querträger gelenkig angeschlossen und bilden einen Trägerrost. Die Querträger sind quadratische Formrohre QHP 180/6,3 und sind biegesteif an den Haupträger angeschlossen.

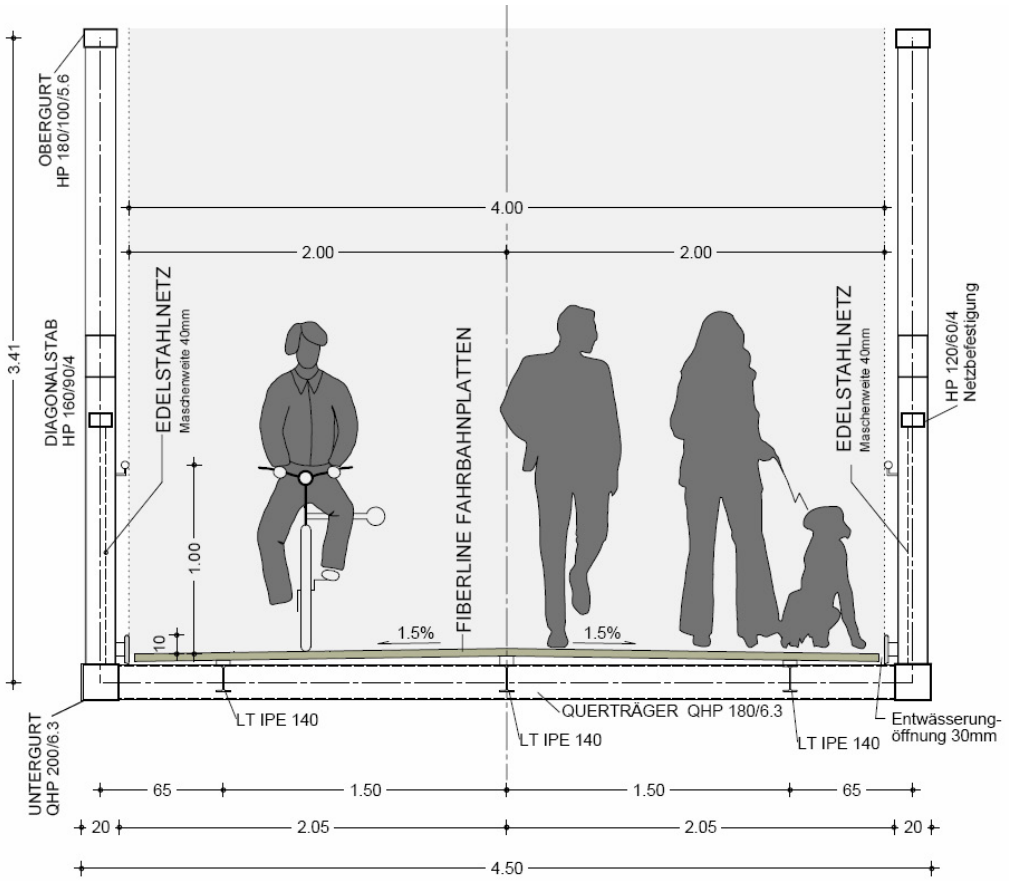


Abbildung 44: Regelquerschnitt II

In Brückenlängsrichtung werden die Lasten von den Fachwerksträgern abgeleitet. Zusammen mit dem biegesteif angeschlossenen Trägerrost bildet sich ein offener Trogquerschnitt mit einer statischen Höhe von 1,40 m im Feld, siehe Abb. 43, und 3,41 m an den Stützstellen, siehe Abb. 44. Die gesamte Brücke teilt sich in vier Brückenträger, jeweils ein Einfeldträger landseitig und ein Einfeldträger mit Kragarm wasserseitig. Die Form des wasserseitigen Brückenträgers wurde der Momentenlinie in Folge Eigengewicht angepasst, um die Durchbiegungen an den Kragarmspitzen zu minimieren. In Abb. 39 erkennt man im Bereich der Kragarmspitzen den Übergang von einem Fachwerkträgerquerschitt in einen Hohlkastenquerschnitt mit veränderlicher Höhe. Dadurch wird einer Gewichtsreduktion erreicht. Die Länge des wasserseitigen Kragarms weist jene Stützweite auf, damit der wasserseitige Brückenträger im geschlossenen Zustand ausbalanciert ist. Die Lasten in Folge Eigengewicht werden also zum größten Teil vom Druckstab abgetragen bzw. entsteht eine Zugkraft, die im Verbindungsknoten der beiden Brückenträger in Brückenlängsrichtung am Pylon angreift. Eine genauere Beschreibung der auftretenden Kräfteverläufe und Auflagerreaktionen während des Brückenbetriebes und des Aufklappvorganges folgt in Abschnitt 6.3.4 und Abschnitt 7.

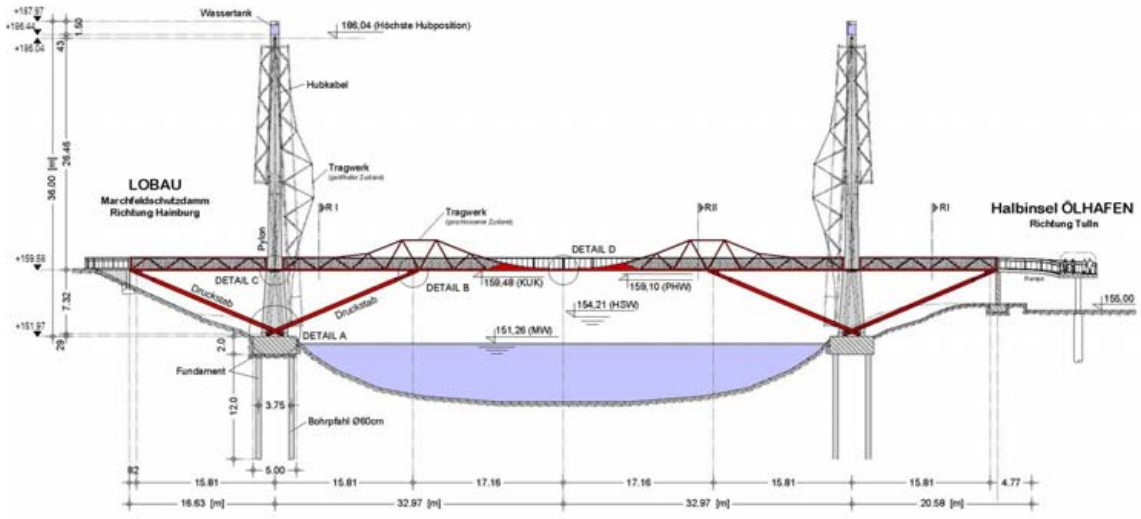


Abbildung 45: Längenschnitt/Ansicht Klappbrücke Lobau

Die Fachwerkträger bestehen aus folgenden Querschnitten:

- Obergurt:
  - Rechteckiges Hohlprofil HP 180/100/5,6
- Untergurt:
  - quadratisches Hohlprofil QHP 200/6,3 - im Regelbereich
  - quadratisches Hohlprofil QHP 200/10 - im Bereich des wasserseitigen Brückenträgers zwischen Pylon und Druckstrebenansschluss

- Diagonalstab:
  - Rechteckiges Hohlprofil HP 120/60/4 - im Regelbereich
  - Rechteckiges Hohlprofil HP 160/90/4 - im Bereich über dem Druckstrebenanschluss

Die Stäbe werden stumpf gestoßen und biegesteif angeschweißt. Bei der Querschnittswahl wurde darauf geachtet, dass der Diagonalstab stets eine geringere Breite als der anzuschließende Stab aufweist, damit ohne Anarbeitung die Stäbe mittels Kehlnähte verbunden werden können. Dadurch entsteht eine kostengünstige Verbindung, außerdem ist ein durchgehender Ober- und Untergurt ästhetisch anspruchsvoll.

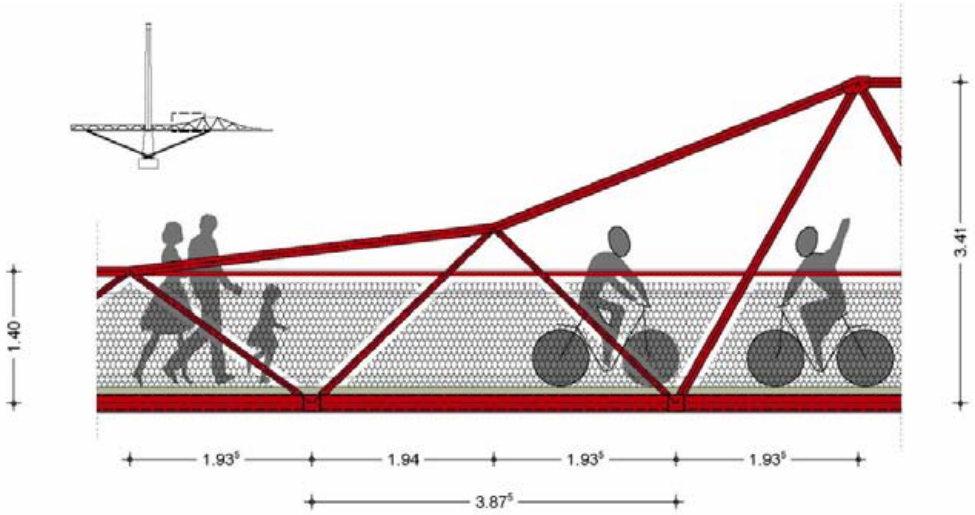


Abbildung 46: Detailansicht - Übergang von Regelquerschnitt I in Regelquerschnitt II

Abb. 46 zeigt den Übergang des Obergurtes und der Diagonalstäbe von Regelquerschnitt I in Regelquerschnitt II. Das in der Höhe von 1,40 m weiterlaufende Formrohr dient als Weiterführung des obersten Handlaufes und zur Befestigung der Absturzsicherung.

Die Brückenträger lagern jeweils auf einem landseitigen und wasserseitigen Druckstab. Abb. 47 a) zeigt den wasserseitigen Druckstab zwischen den beiden Pylonstielen. In Abb. 47 b) und Abb. 47 c) sind die Druckstäbe maßstäblich abgebildet. Ein wichtiges Kriterium für den Hubvorgang ist die Tatsache, dass sich die beiden Druckstreben beim Klappvorgang nicht gegenseitig behindern. Darum wurde der wasserseitige Druckstab als Rahmen ausgebildet. Um Gewicht zu sparen wurde von der ursprünglichen Variante, die Stäbe als geschlossenen Kastenquerschnitt auszubilden, abgesehen und Gitterstäbe angeordnet. Beide Stäbe sind am Fundament und am Tragwerk vollkommen rotationsfähig angeschlossen und ermöglichen somit eine Starrkörperbewegung während des Klappvorganges.

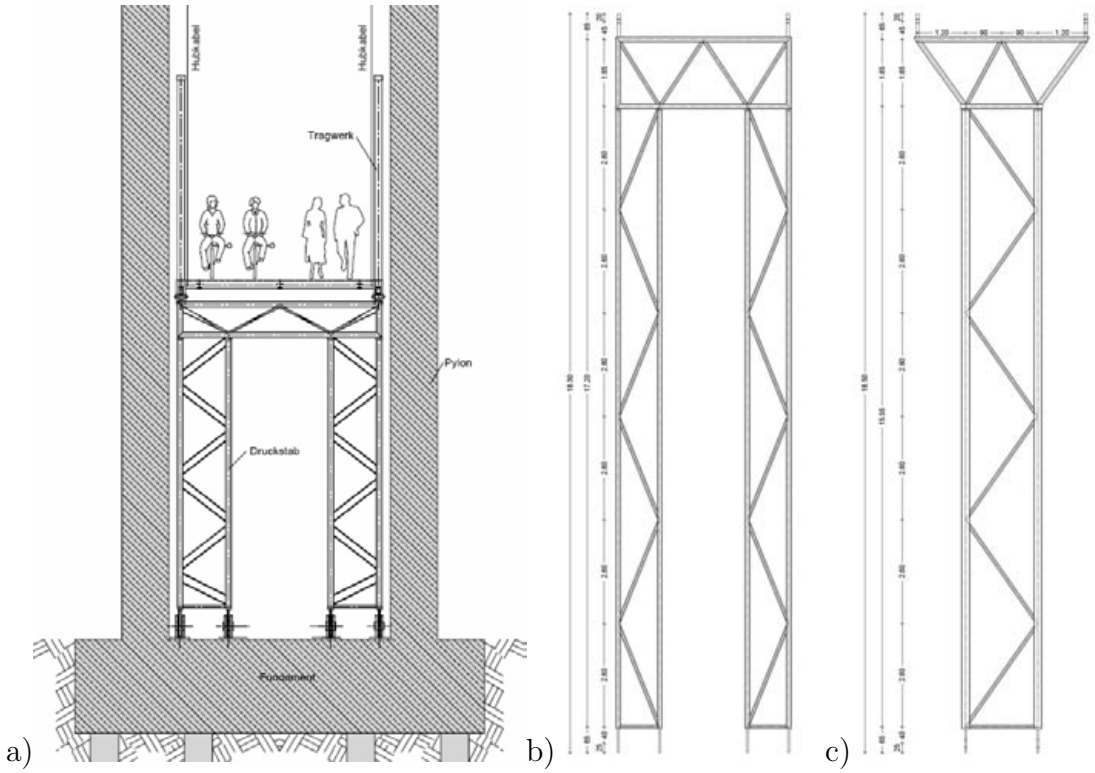


Abbildung 47: a) Schnitt durch Pylonachse - b) wasserseitiger Druckstab - c) landseitiger Druckstab

Die Druckstreben bestehen aus folgenden Querschnitten:

- wasserseitiger Druckstab:
  - Rahmenriegel:
    - umlaufender Rahmenstab - geschweißter Kastenquerschnitt 360/120/8
    - Diagonalstab - geschweißter Kastenquerschnitt 280/120/8
  - Rahmenstiel:
    - Vertikalstab - geschweißter Kastenquerschnitt 460/120/8
    - Diagonalstab - geschweißter Kastenquerschnitt 300/80/8
- landseitiger Druckstab:
  - Querriegel:
    - umlaufender Querriegelstab - geschweißter Kastenquerschnitt 360/120/8
    - Diagonalstab - geschweißter Kastenquerschnitt 280/120/8
  - Druckstrebe:
    - Vertikalstab - geschweißter Kastenquerschnitt 460/120/8
    - Diagonalstab - geschweißter Kastenquerschnitt 300/80/8

Die Stäbe werden wie beim Tragwerk stumpf gestoßen und biegesteif angeschweißt. Bei der Querschnittswahl wurde ebenfalls darauf geachtet, dass die Diagonalstäbe stets eine geringere Breite als die anzuschließenden Stäbe aufweisen, damit ohne Anarbeitung die Stäbe mittels Kehlnähten verbunden werden können. Dadurch entsteht eine kostengünstige Verbindung.

Während der Funktion der Brücke als Geh - und Radwegüberführung, wird der größte Teil der Lasten durch die Druckstreben direkt in das Fundament geleitet. Nur ein geringer Anteil stützt sich im Bereich der Verbindung der Brückenträger auf den Pylon. Dieser wird somit im Betriebszustand nur durch sein Eigengewicht, das Gewicht der Wasserbehälter und den angreifenden Wind belastet. Die in allen Abbildungen dargestellten Fundamente wurden nur überschlagsmäßig berechnet und schematisch gezeichnet. Eine genauere Untersuchung in Hinblick auf Unterspülung der Fundamente und der Bemessungsituation im Hochwasserfall ist im Fall der Verwirklichung des Projektes unumgänglich.

6.3.4 Hub- und Klappvorgang

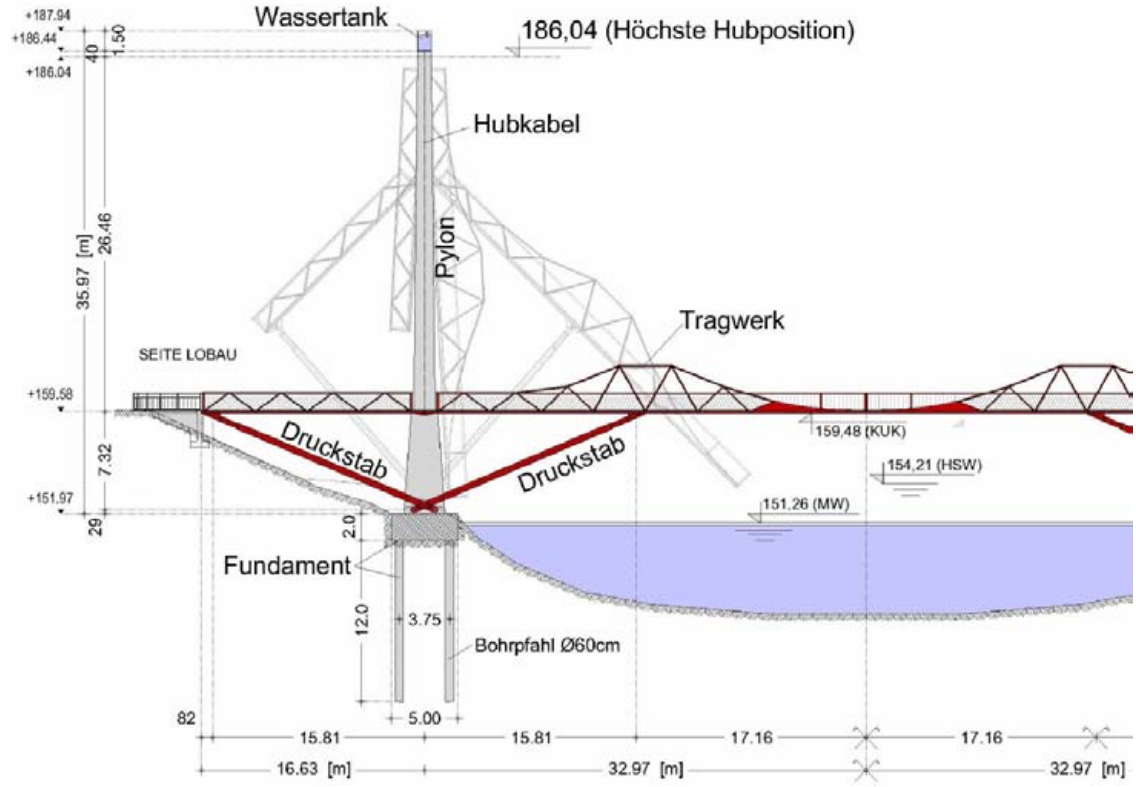


Abbildung 48: Aufklappvorgang

Bei der Klappbrücke Lobau handelt es sich um eine Kombination von Hub- und Klappbrücke. Der Klappmechanismus beruht auf dem Prinzip des Brückenklappverfahrens, welches von O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Johann KOLLEGGER

und Dipl.-Ing. Susanne Blail vom Institut für Tragkonstruktionen -Betonbau an der Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Wien entwickelt und 2006 als Patent angemeldet wurde. Im Gegensatz zum Brückenklappverfahren, das ein Herstellungsverfahren für Stahlbeton-Brücken ist, soll der Klappmechanismus der Klappbrücke Lobau eine permanente Bewegung der Brücke ermöglichen.

Um das Lichtraumprofil für den Schiffsverkehr frei zu bekommen, werden die beiden Brückenträger, wie bereits in den vorhergehenden Abschnitten beschrieben, mittels Hubkabeln in die vertikale Position gezogen. Die Druckstreben sind an ihren Verbindungsknoten vollkommen rotationsfähig gelagert und bilden auch während ihrer Starrkörberbewegung stets einen Drehpunkt für die Brückenträger. Für die Bewegung von der vertikalen Position in die horizontale Position muss die Hubkraft einfach reduziert werden und das Eigengewicht der Konstruktion zieht die Konstruktion nach unten. Das Funktionsprinzip ähnelt dem eines umgekehrten Regenschirms.

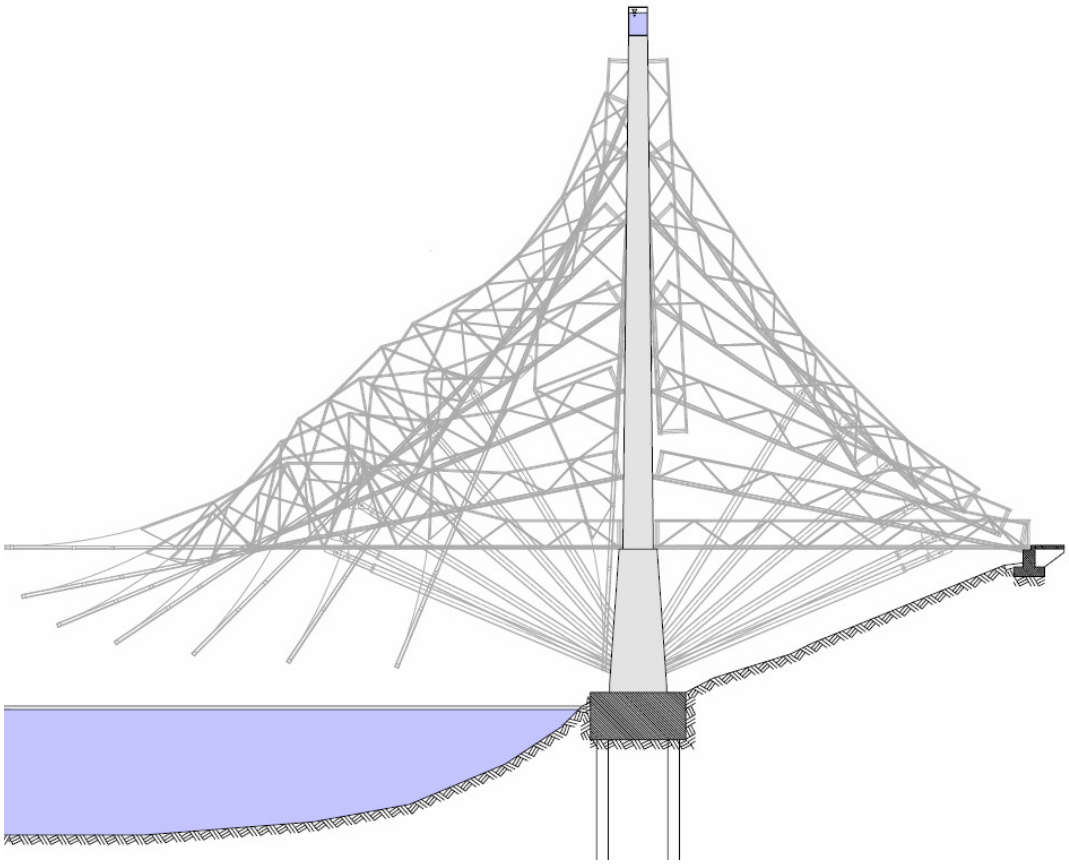


Abbildung 49: Bewegungsraum während des Klappvorganges

Ein wichtiges Anforderungskriterium ist, die kollisionsfreie Bewegung der Tragwerksteile zu ermöglichen. Darum wurde die Geometrie der gesamten Brücke an das Gelände und die Parameter der Trassierung angepasst. Abb. 7 zeigt den kollisionsfreien Bewegungsablauf einer Brückenhälfte. Die Tragwerksteile berühren in

keiner Position des Klappvorganges das umliegende Gelände. Besondere Anforderungen bestehen aber in der Ausbildung der Knoten für die Verbindung der beiden Brückenhälften und dem Anschluss zum Widerlager.

6.3.4.1 Nachhaltiges Konzept

Die Klappbrücke Lobau soll in einem Naturschutz- und Erholungsgebiet errichtet werden. Deswegen ist das Thema Nachhaltigkeit von großer Bedeutung. Um ein nachhaltiges Konzept für den Brückenbetrieb zu erreichen, wurden folgende Kriterien an die Planung gestellt:

- möglichst geringes Hubgewicht
- und damit eine möglichst geringe Hubenergie.
- Einfachheit der Konstruktion
- und damit geringe Bereitstellung von Ressourcen bei der Herstellung
- und geringer technischer Aufwand während des Betriebes.
- Bereitstellung der Hubenergie möglichst durch erneuerbare Energie.

Durch die Wahl des Klappverfahrens und der damit verbundenen ausbalancierten Brückenträger wurde das Hubgewicht so gering als möglich gehalten. Um die erforderliche Hubenergie bereitzustellen, könnte das Tragwerk mittels Winden und einem entsprechenden Motor in die vertikale Position gebracht werden. Durch Anordnung der Hubkabel als Flaschenzug könnte die Hubenergie minimiert werden.

Dieser Ansatz wurde aber aus folgenden Gründen nicht weiter verfolgt: Erstens handelt es sich hier eher um ein maschinenbauliches Problem und zweitens ist die Forderung die Hubenergie mittels erneuerbarer Energie bereitzustellen, durch den Einsatz von Elektro- oder Verbrennungsmotoren nicht gegeben. Natürlich könnten diesbezüglich Lösungen gefunden werden, aber in dieser Arbeit wurde ein ganz anderes Konzept verfolgt.

Da der Hubkraftverlauf, wie in Abschnitt 6.3.4.2 genauer beschrieben, auf Grund der Geometrie nicht linear ist, muss beim Hubvorgang die Hubkraft dem Hubkraftverlauf entsprechend angepasst werden. Zusätzlich müsste die Leistung einer Winde mit einem Fixpunkt durch den Anstieg der potentiellen Energie beim Hubvorgang steigen, je höher man das Tragwerk hebt. Mit einem Gegengewicht, dessen Masse veränderlich ist und je nach Position und erforderlicher Hubkraft dieser entgegenwirkt, würde man die Problematik entschärfen. Es wurde daher ein Konzept mit zwei beweglichen Wasserbehältern entwickelt, die von einem am Pylonkopf fixierten Wassertank gespeist werden. Mit Hilfe des Prinzips der kommunizierenden

Gefäße werden die beweglichen Wasserbehälter kontinuierlich gefüllt. Somit entsteht für jede Position immer das erforderliche Gegengewicht. Für den Schließvorgang der Brücke werden die Behälter ausgelassen und das Gegengewicht reduziert sich. Das Prinzip ist einfach und muss nur durch entsprechende Schlauchleitungen und Steuerung der Wasserstände ergänzt werden. Dazu wurde ein Feldversuch, der im Teil IV beschrieben wird, durchgeführt, um nähere Erkenntnisse über den gesamten Vorgang zu erhalten.

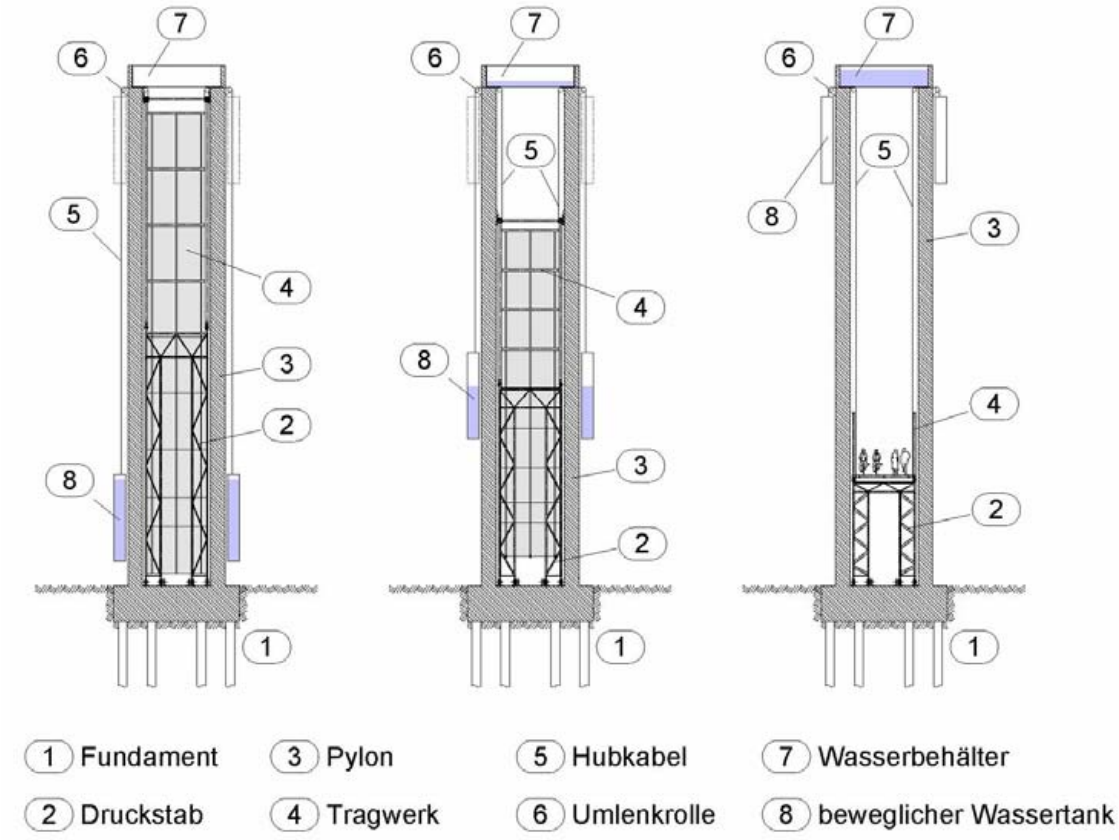


Abbildung 50: Schnitt durch Pylon - Aufklappvorgang

Der fixe Wassertank muss durch eine Pumpe mit neuem Wasser befüllt werden. Eine Öffnung der Brücke ist nur 3 - 4 mal täglich notwendig, darum ist die Anforderung an die Leistung der Pumpe, auf Grund der langen Füllphasen, relativ gering. Die notwendige Energie kann durch eine Photovoltaik-Anlage bereitgestellt werden und somit entspricht die Brücke den Anforderungen der Nachhaltigkeit.

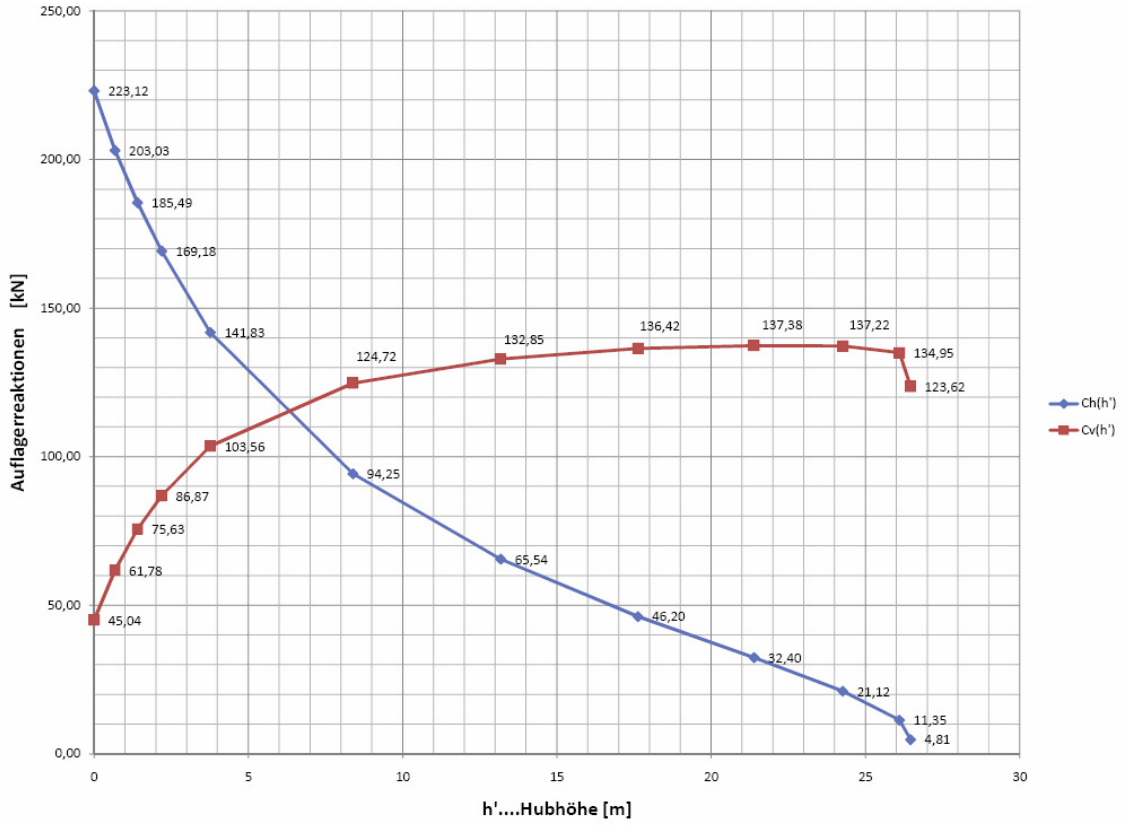


Abbildung 51: Hubkraftkurve Klappbrücke Lobau

6.3.4.2 Die Hubkurve

In Abschnitt 7 werden die im Betriebszustand und während des Klappvorganges auftretenden Kräfte an den Auflagerpunkten berechnet. Im Gegensatz zu konventionellen Brückensystemen treten bei der Klappbrücke Lobau Auflagerkräfte in Folge Eigengewicht auf, die sich während des Klappvorganges in Abhängigkeit der Hubhöhe, verändern. Abb. 51 zeigt den für die Klappbrücke Lobau charakteristischen Kräfteverlauf in Abhängigkeit der Hubhöhe. $C_h(h')$ steht für die Auflagerreaktion in Brückenlängsrichtung, also die horizontal wirkende Auflagerkraft, und $C_v(h')$ für die erforderliche Hubkraft, also die vertikal wirkende Auflagerkraft.

$C_h(h')$.....horizontale Auflagerreaktion Das Diagramm zeigt eine hohe Zugkraft in Brückenlängsrichtung im geschlossenen Zustand, ein Effekt der auf der unsymmetrischen Form der wasser- und landseitigen Brückenträger beruht. Wären die beiden Träger identisch, würden sich die Zugkräfte gegenseitig aufheben. Der Brückenträger zwischen Pylon und Druckstabanschluss bildet gemeinsam mit dem Druckstab eine Art Konsole. Das Moment aus dem Eigengewicht des Kragarms erzeugt eine Zugkraft im Brückenträger und eine Druckkraft im Druckstab. Die Differenz zwischen den Zugkräften im land- und wasserseitigen Brückenträger muss also der Zugkraft in Folge des Momentes durch das Eigengewicht des Kragarms entsprechen.

Wird nun das Brückentagwerk geklappt, verringert sich der Hebelarm der das Moment in Folge Kragarmgewicht erzeugt. Gleichzeitig vergrößert sich der Abstand der Auflagerpunkte und das rückdrehende Moment wird größer, wodurch sich die resultierenden Druck- bzw Zugkräfte verkleinern. Das erklärt den raschen Abfall der Kraft $C_h(h')$ in Abb. 51.

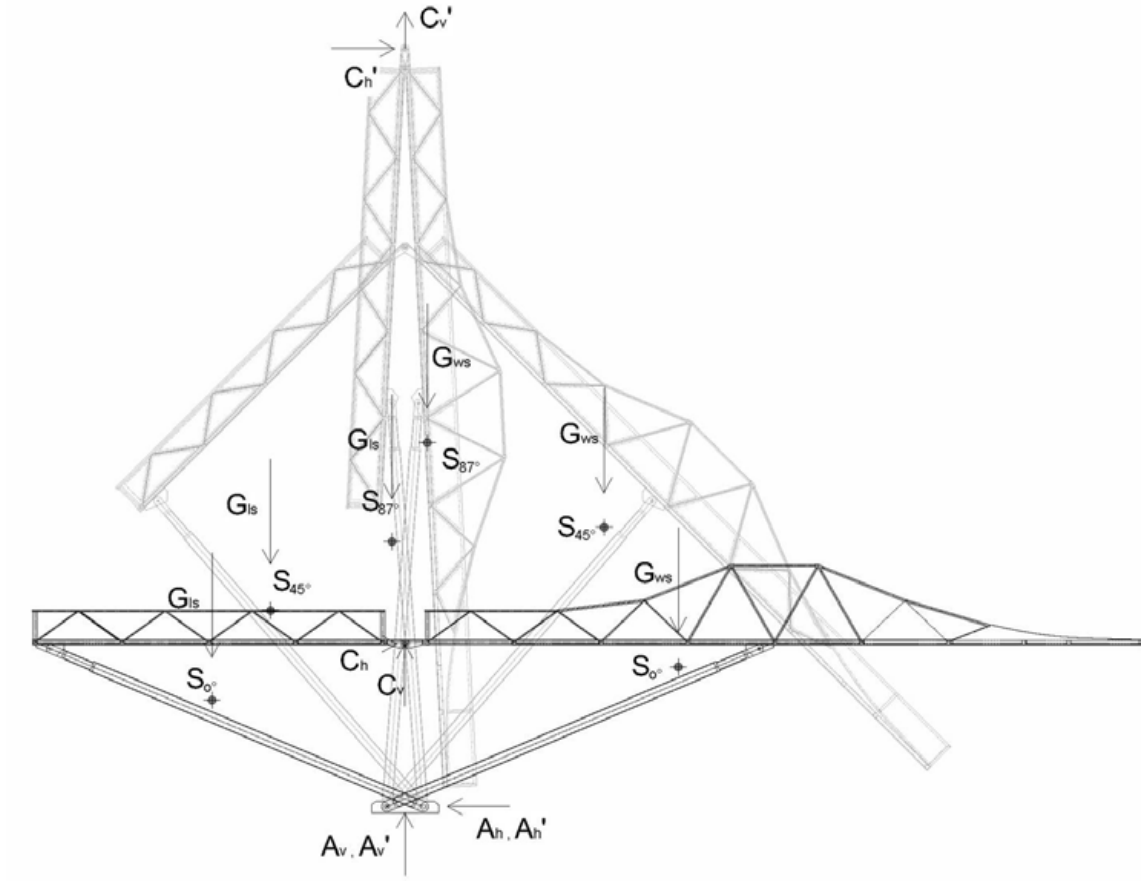


Abbildung 52: Schwerpunktlagen

$C_v(h')$**.....vertikale Auflagerreaktion = erforderliche Hubkraft** Der Verlauf von $C_v(h')$ ist dem der erforderlichen Hubkraft gleich zu setzen. Unter der Annahme, dass im geschlossenen Zustand der wasserseitige Brückenträger ausbalanciert ist, tritt dennoch eine Auflagerkraft auf, die aus dem landseitigen Brückenträger stammt. Der darauf folgende Anstieg der Hubkraft beruht zum einen auf der Vertikalkomponente der Zugkraft, die in Richtung der Brückenträger-Längsachse wirkt und zum anderen auf Rückstellkräften, die durch exzentrische Lage der Schwerpunkte der einzelnen Bauteile zu den Systemachsen entstehen. Durch den zuletzt genannten Effekt entsteht auch der Abfall der Hubkraft gegen Ende des Hubvorganges. Der Schwerpunkt der wasserseitigen Konstruktion erreicht im Lauf des Hubvorganges jenen Punkt, an dem er sich genau vertikal über dem Drehpunkt befindet. Ab diesem Zeitpunkt erzeugt die Gewichtskraft ein unterstützendes Moment, das mit dem Klappvorgang wirkt. Die Folge ist ein Abfallen der erforderlichen Hubkraft.

Durch den für die Klappbrücke Lobau charakteristischen Verlauf der Auflagerreaktionen im Verbindungsknoten C entstehen wichtige Aspekte, die für den Hubvorgang von Bedeutung sind. Die Hubkraft, die durch die $C_v(h')$- Kurve in Abb. 51 beschrieben wird, ist in Abhängigkeit der Hubhöhe veränderlich. Durch die Wahl eines Gegengewichtes, welches höhenabhängig zunimmt, kann diesem Effekt gut gegengesteuert werden. Aber der Abfall gegen Ende des Hub- und Klappvorganges stellt ein Problem dar. Um die Brücke in diesen Bereich zu heben, bedarf es des maximalen Hubgewichts, das heißt die beweglichen Wasserbehälter sind bereits vollständig gefüllt und ziehen mit dieser Gewichtskraft das Tragwerk nach oben. Durch den nachfolgenden Abfall der erforderlichen Hubkraft entsteht eine Differenz zwischen erforderlicher und vorhandener Hubkraft, die eine Beschleunigung hervorrufen würde, welche das Tragwerk ungebremst gegen das oberste Auflager prallen ließe. Diese Situation muss durch entsprechende Vorkehrungen und Abfangsysteme verhindert werden. Eine Möglichkeit wäre, die Wasserbehälter nach dem Erreichen des maximalen Wasserstandes im Tank, um die Menge zu entleeren, die dem Abfall der erforderlichen Hubkraft entspricht. Eine andere Möglichkeit bestünde darin, eine Feder anzuordnen, die der auftretenden Differenzkraft entgegenwirkt. Für den Entwurf, der in dieser Arbeit behandelt wird, wurde eine solche Feder berechnet.

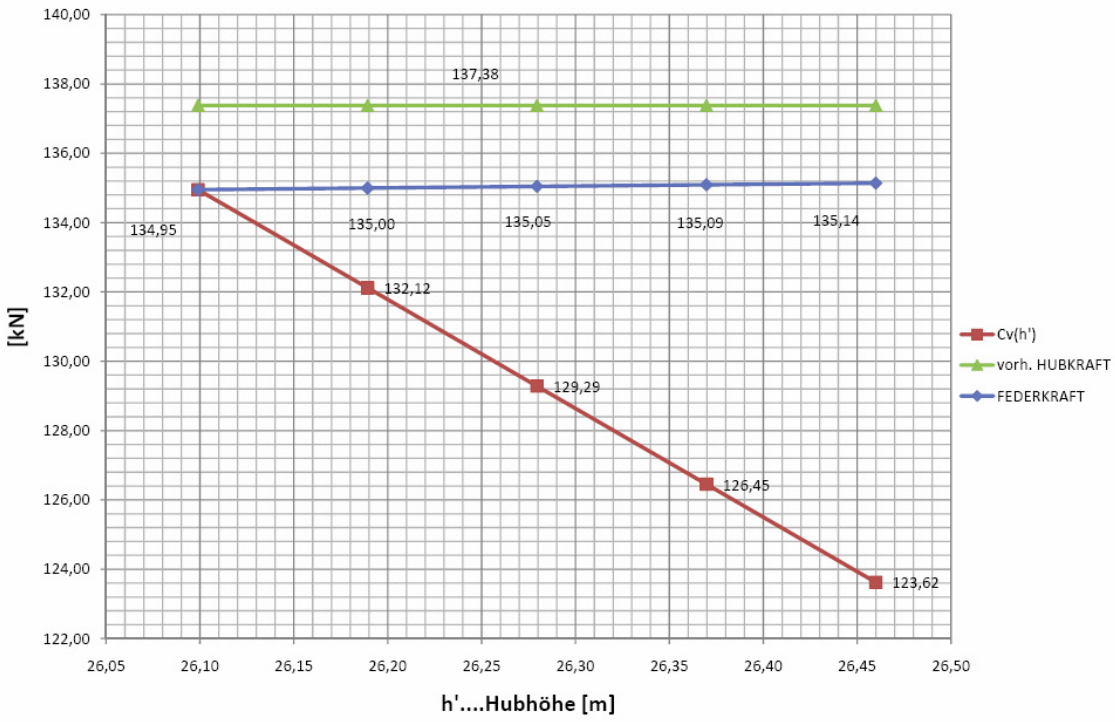


Abbildung 53: Federkraft zur Dämpfung des Hubvorganges

Abb. 53 zeigt den Verlauf der Federkraft, die dem Abfall der erforderlichen Hubkraft entgegenwirkt. Die Differenz zwischen vorhandener Hubkraft und Federkraft ist verschwindend gering und kann dem Auflager zugemutet werden. Sie entsteht durch die Tatsache, dass die maximal erforderliche Hubkraft bei einer Hubhöhe von

ca. 21,75 m auftritt. Demnach müsste die Feder eine Länge von ca. 4,75 m haben, um die Differenz zu eliminieren, eine konstruktiv eher schwer lösbare Problematik.

Eine weitere Charakteristik ist der schnelle Anstieg der erforderlichen Hubkraft und eine hohe Horizontalkraft in Brückenlängsrichtung mit anschließend schnellem Abfall zu Beginn des Hub- und Klappvorganges. Der steile Anstieg der Hubkraft im Bereich der ersten Meter der Hubhöhe stellt eigentlich kein Problem dar. Dies bedeutet nur, dass der Klappvorgang zu Beginn langsamer erfolgt, da die beweglichen Wasserbehälter erst das nötige Gewicht erlangen müssen, um das Tragwerk zu heben. Ab ca. einem Drittel der Hubhöhe würde der Klappvorgang schneller ablaufen. Außerdem muss darauf geachtet werden, dass das Gewicht der leeren Behälter nicht das der erforderlichen Anfangshubkraft überschreitet, da das Tragwerk sonst im Betriebszustand gegen Abheben gesichert werden müsste. Die Differenz zwischen maximal erforderlicher Hubkraft und Anfangshubkraft ist demnach die bereitzustellende Wassermenge.

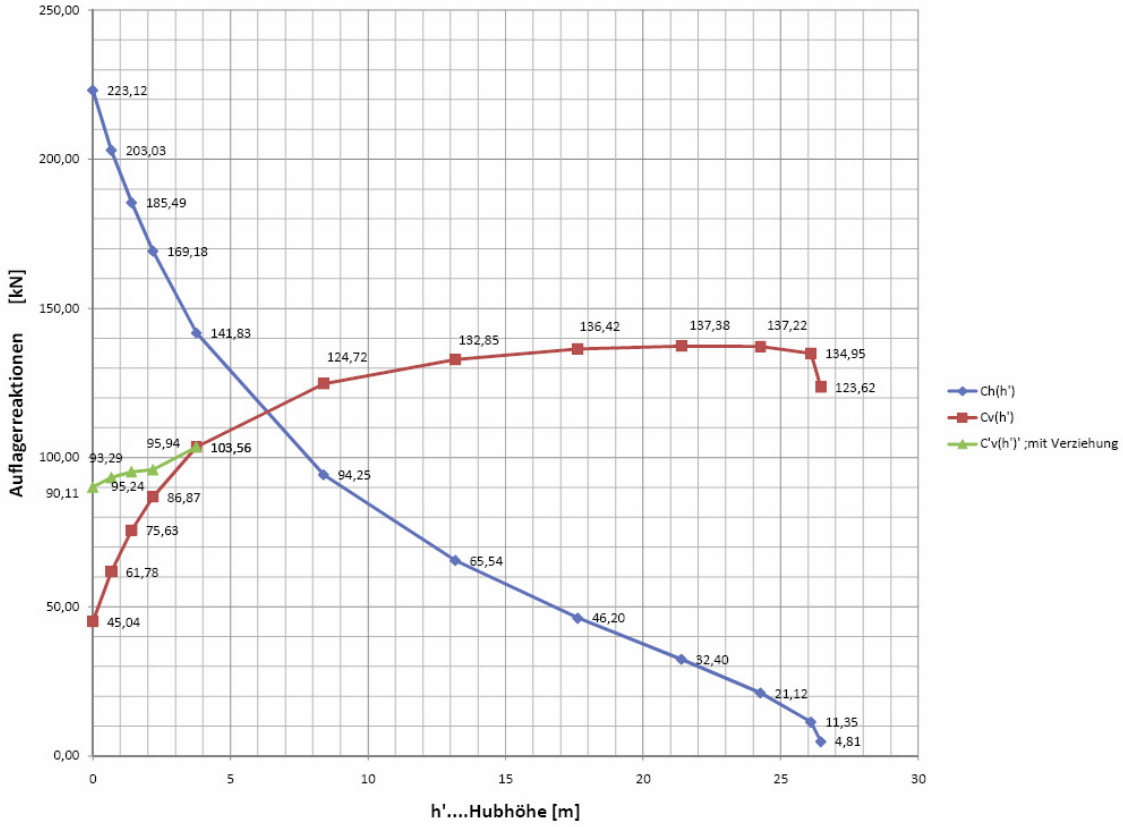


Abbildung 54: Hubkraftkurve bei Verziehung der Führungsschiene

Aus diesen Aspekten ergibt sich nun folgende Überlegung:

Einführung einer Verziehung der Führungsschiene Die Tatsache, dass die Horizontalkraft zu Beginn ein Maximum aufweist und die Anfangshubkraft einen Bruchteil davon beträgt, führte zu der Überlegung, sich diese für den Hubvorgang

zu Nutzen zu machen. Durch eine Verziehung der Führungsschiene kann die Tangentenneigung, die im Normalfall 0° beträgt, angehoben werden. Dadurch liefert die Horizontalkraft eine vertikale Komponente, die die Anfangshubkraft erhöht. In Abb. 55 ist die Verziehung der Führungsschiene, wie sie beim Feldversuch eingebaut wurde, abgebildet. Das nebenstehende Krafteck zeigt die Erhöhung der Hubkraft durch die Vertikalkomponente der Horizontalkraft. Die Kräfte sind abhängig von der Neigung der Tangente und der Hubhöhe. Die Tangentenneigung ist abhängig vom Radius der Verziehung und der Hubhöhe. Dadurch entsteht eine Funktion der erhöhten Hubkraft, die nur von der Hubhöhe abhängig ist. Berechnet man nun die Auflagerreaktionen mit den geänderten Randbedingungen einer Verziehung, erhält man zu Beginn des Hubvorganges eine abgeflachte Kurve der Hubkraft. Der Verlauf ist in Abb. 54 durch die Kurve $C'_v(h')$ dargestellt.

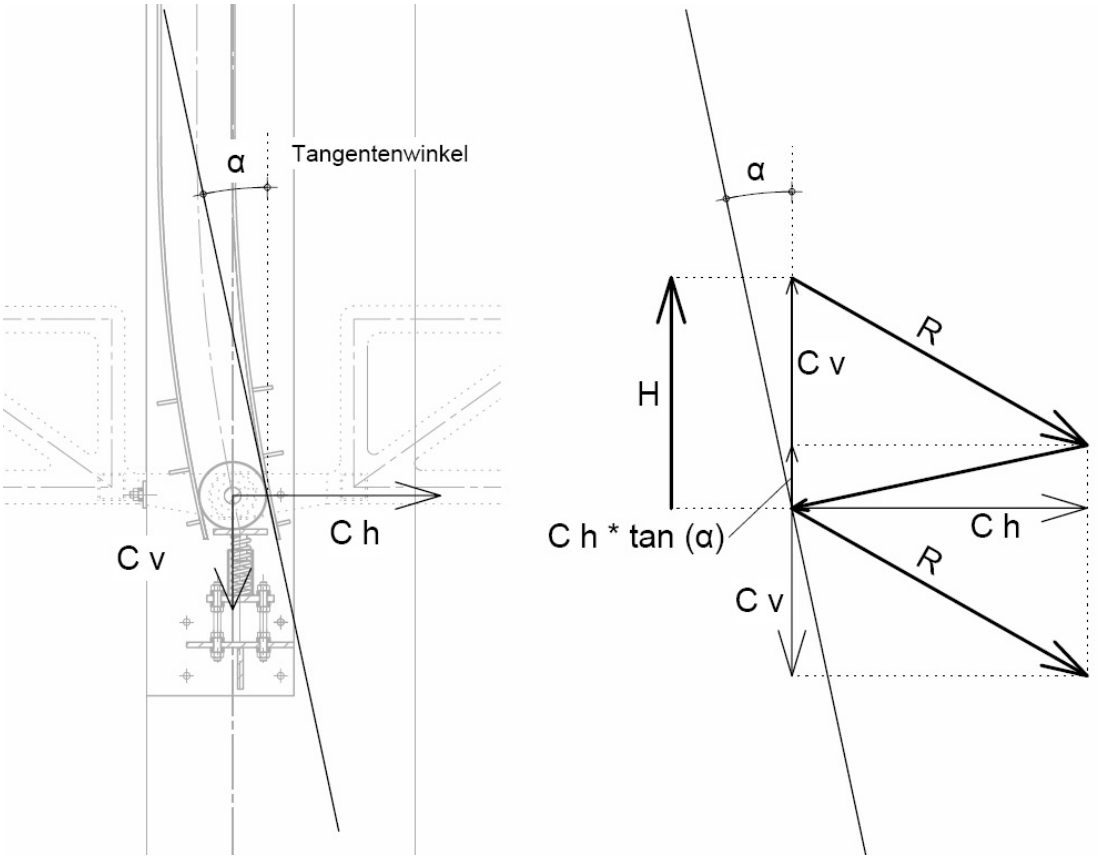


Abbildung 55: Erhöhung der Hubkraft durch Verziehung der Führungsschiene

Es entstehen folgende Vorteile:

- Die Differenz zwischen Anfangshubkraft und maximal erforderlicher Hubkraft ist geringer.
- Das Gewicht der leeren beweglichen Wasserbehälter kann größer sein.
- Dadurch ist das notwendige veränderliche Gegengewicht kleiner, als im Fall ohne Verziehung. Die erforderliche Wassermenge ist also geringer.

- Durch die geringere Wassermenge benötigt man weniger Energie für die Speisung des fixen Wassertanks.
- Die benötigte Zeit für den Hubvorgang wird verringert, da sie von der Durchflussgeschwindigkeit der Schlauchleitungen abhängig ist.
- Trotz Anordnung eines schwereren beweglichen Behälters kann eine größere Reserve eingeplant werden, die das Tragwerk im Betriebszustand, ohne zusätzliche Vorkehrungen oder Mechanismen, gegen Abheben sichert.

6.3.5 Lastabtragung während des Hubvorganges

Während des Hubvorganges ändert sich der Angriffspunkt der Kräfte aus dem Tragwerk, wodurch die vertikale Beanspruchung am Pylonkopf in Abhängigkeit der Hubhöhe zunimmt. Die im Betriebszustand im Verbindungsknoten der beiden Brückenträgerenden angreifende Horizontalkraft $C_h(h')$ erzeugt ein Moment, welches den Pylonquerschnitt im Bereich der Fundamentoberkante belastet. Der in Abb. 51 und Abb. 54 dargestellte Verlauf der Horizontalkraft erweist sich in Hinblick auf das Moment als günstig, da die Kraft mit zunehmender Hubhöhe abnimmt. Das Einspannmoment nimmt demnach ebenfalls ab, wie die Abb.56 beweist.

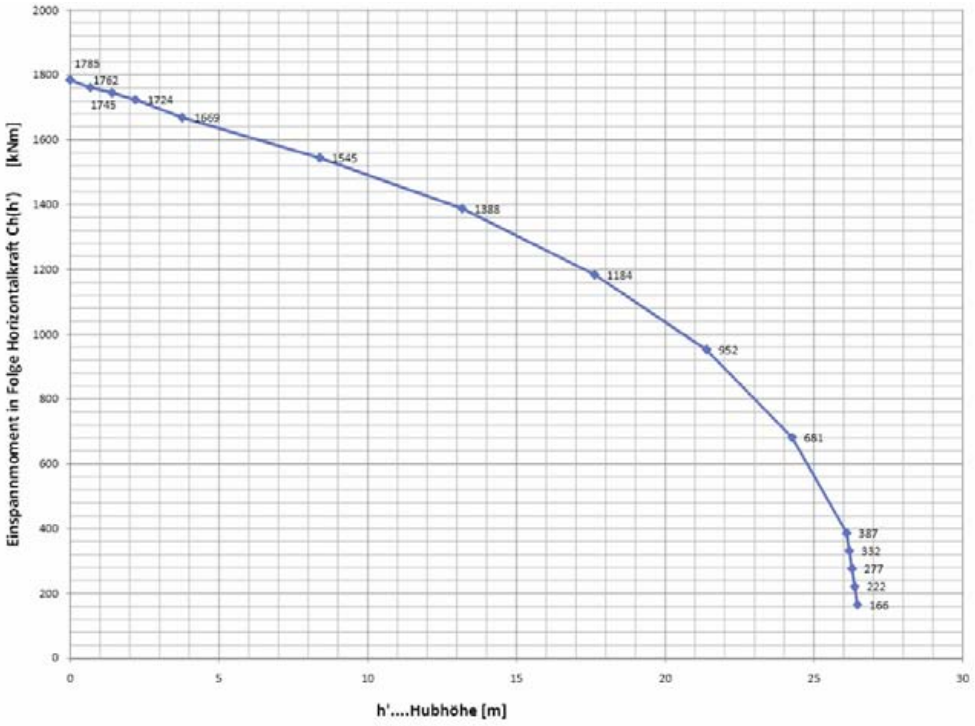


Abbildung 56: Momentenbeanspruchung des Fundamentes in Abhängigkeit der Hubhöhe

Eine wesentlich ungünstigere Beanspruchung erfolgt durch die im aufgeklappten Zustand angreifenden Windkräfte in Richtung Brückenlängsachse. Die Fahrbahn

des Brückentragwerks stellt in vertikaler Position eine große Windangriffsfläche dar. Darum wurden die Drehachsen der beiden Druckstäbe nicht im Schnittpunkt der Pylonachse, sondern exzentrisch und gegeneinander verschoben angeordnet. Dadurch bilden der jeweilige Brückenträger und Druckstab einen Dreigelenksbogen mit etwas mehr Systemsteifigkeit, als bei zentrischer Anordnung der Drehachsen. Die Auflagerreaktionen in Folge Windbeanspruchung erzeugen ein Einspannmoment im Bereich der Fundamentoberkante. Um die notwendige Einspannung gewährleisten zu können, werden die Lasten mittels Bohrpfählen in den Baugrund abgeleitet.

6.3.6 Konstruktionsdetails

Das für den Schiffsverkehr notwendige Freimachen des Lichtraumprofils erfordert bekanntlich eine Klappung des Tragwerkes in eine vertikale Lage. Die Starrkörperbewegung der einzelnen Tragwerksteile stellt gewisse Anforderungen an die Verbindungsknoten. Eine Lastübertragung muss zu jedem Zeitpunkt und in jeder Position des Klappvorganges gegeben sein. Gleichzeitig müssen die Verbindungen vollkommen rotationsfähig ausgebildet werden, um die Bewegung der Brücke zu ermöglichen. Zudem sollen die Verbindungen möglichst wartungsfrei sein.

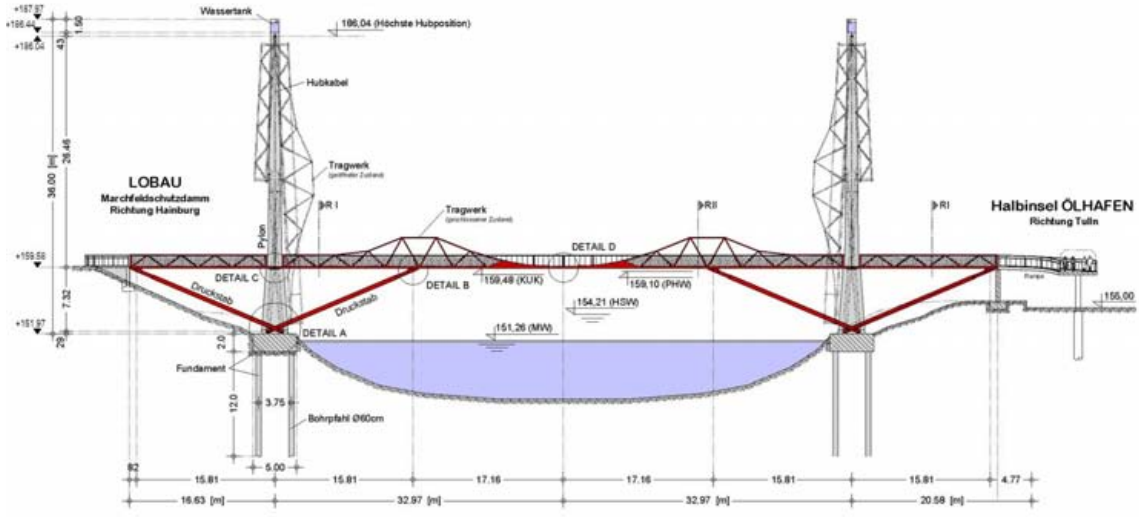


Abbildung 57: Längsschnitt/Ansicht Klappbrücke Lobau

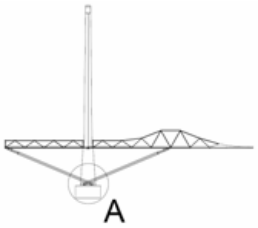
Um die Verbindung der einzelnen Bauteile beschreiben zu können, wurden folgende Detailknoten definiert:

- KNOTENDETAIL A - Anschluss der Druckstreben an das Fundament - Drehachse der Druckstreben
- KNOTENDETAIL B - Verbindungsknoten Druckstrebe - Brückenträger

- KNOTENDETAIL C - Verbindungsknoten land- und wasserseitiger Brückenträger - Anschluss der Hubkabel
- KNOTENDETAIL D - Verbindungsknoten der beiden Brückenhälften - Fahrbahnübergang

Für die rotationsfähigen Knoten wurden für diesen Entwurf Radialgelenklager der Firma WSW - Wälzlager verwendet. Diese Lager bestehen aus nicht rostendem Stahl und einem wartungsfreien Composite-Material, bestehend aus Kunststoff-Feingewebe mit gleichmäßig eingemischten Festschmierstoffen. Die Composite- Gelenklager mit Niro-Außenring wurden speziell für Anwendungen in der Offshore-Industrie und im Stahl- Wasserbau entwickelt. Diese Lager sind beständig gegen Wasser und Meerwasser [3].

6.3.6.1 KNOTENDETAIL A



Im Knotendetail A erfolgt die kraftschlüssige Verbindung der Druckstreben mit dem Fundament. Die Kräfte werden über ein Radialgelenklager und einen Bolzen mit einem Durchmesser von 160 mm in die Auflagerböcke geleitet. Diese Auflagerböcke bestehen aus zwei Blechen mit einer Stärke von jeweils 60 mm, die an eine Fußplatte angeschweißt werden. Der Bolzen muss im Auflagerbock lagegesichert werden und sitzt somit rotationsfest in den Blechen. Das Radialgelenklager ist im Anschlussblech des Druckstabes eingebaut. Somit entsteht eine Drehachse für die jeweiligen Druckstreben. Das Anschlussblech mit einer Stärke von 80 mm wird an ein Lastverteilungsblech mit der Stärke 80 mm angeschweißt, welches die Aufgabe hat, die aus den Druckstreben kommenden Kräfte in das Anschlussblech zu leiten. Um eine kraftschlüssige Verbindung zum Fundament zu erreichen, werden Ankerbolzen angeordnet, die im Fundament einbetoniert werden. Anders als in Abb. 58 und Abb. 59 dargestellt, müssen durch die Ankerbolzen Bauabweichungen ausgeglichen werden können, die in Folge der Bauteiltoleranzen und Herstellungsungenauigkeiten entstehen. Dazu werden die Auflagerböcke durch Auskeilen in die gewünschte Lage gebracht und anschließend wird die entstandene Distanz zur Fundamentoberkante mit Vergussmörtel ausgegossen. Abb. 59 zeigt den Anschluss von einem der beiden Rahmenstiele des wasserseitigen Druckstabes in Querrichtung. Um die gesamte Verbindung des Tragwerks mit dem Fundament herzustellen, werden vier Auflagerböcke für den wasserseitigen Druckstab und zwei Auflagerböcke für den landseitigen Druckstab benötigt.

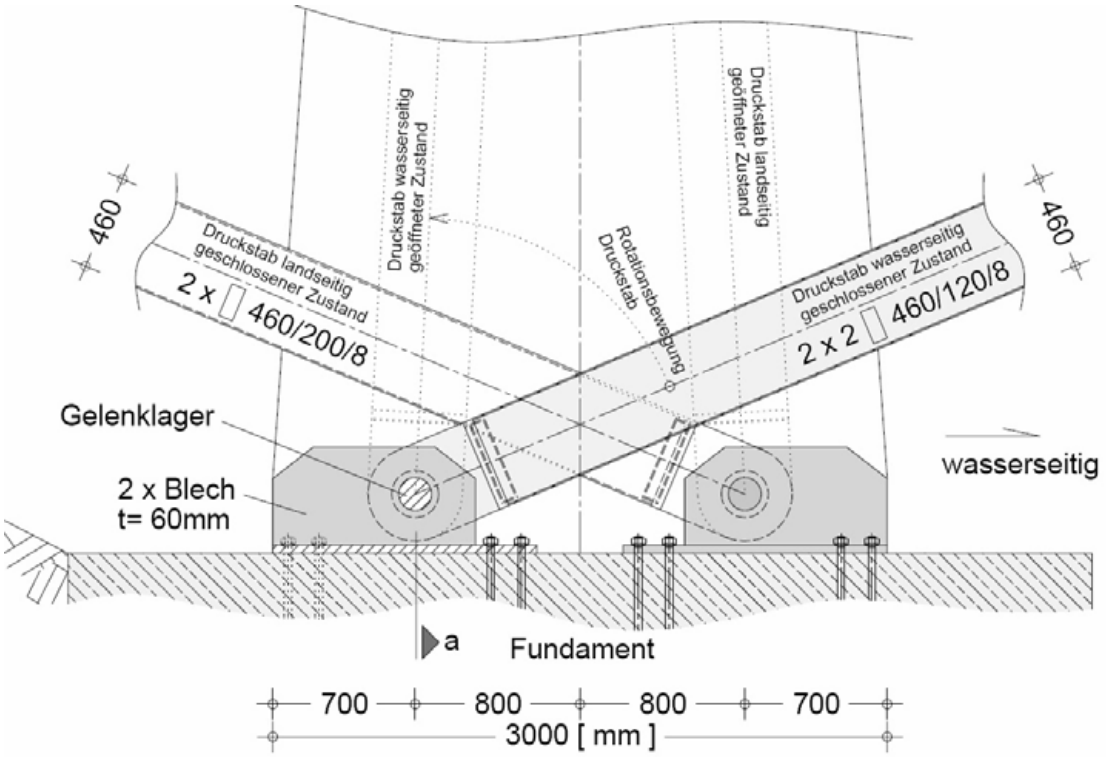


Abbildung 58: Knoten A - Auflagerdetail

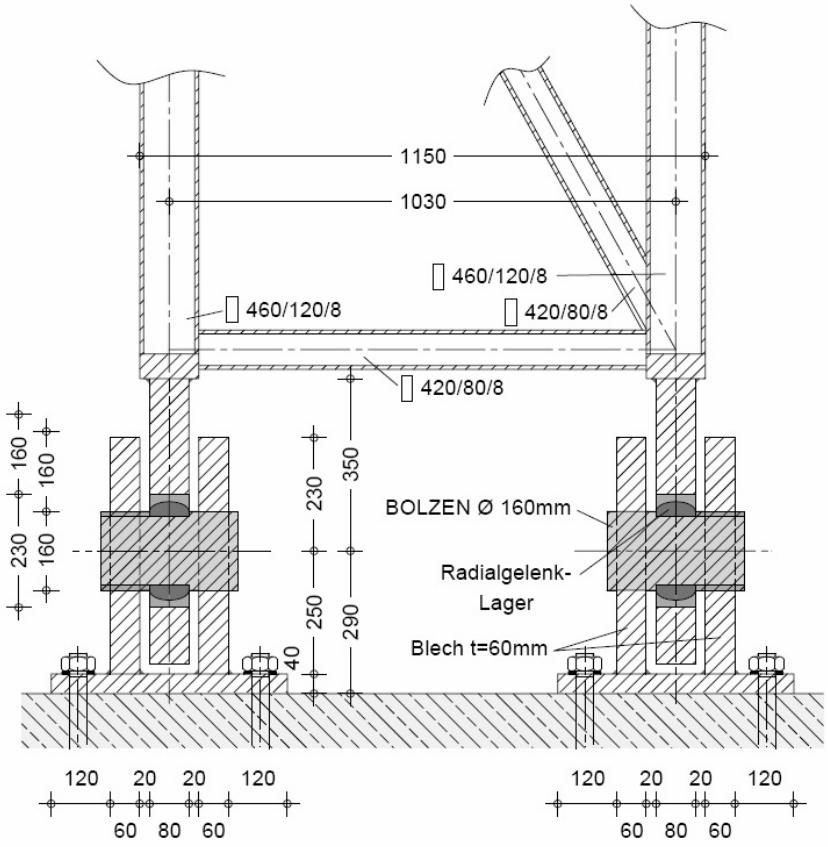
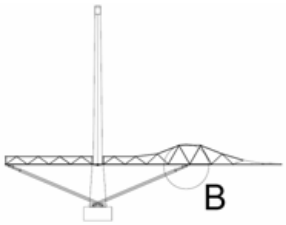


Abbildung 59: Knoten A - Schnitt a-a

Die Druckstreben werden überkreuzt angeordnet, um im aufgeklappten Zustand eine größere aussteifende Wirkung des Dreigelenkbogens ("Brückenträger - Druckstab") zu erhalten. Das ergibt eine gegenseitige Verschiebung der jeweiligen Drehachsen des wasser- und landseitigen Druckstabes von 1600 mm.

Für die rotationsfähige Verbindung des Druckstabes mit dem Auflagerbock wurden Radialgelenklager GE160XT-2RS der Firma WSW - Wälzlager vorgesehen. Diese wartungsfreien Lager können eine Normalkraft von 2400 kN bei dynamischer und 4800 kN bei statischer Beanspruchung übertragen.

6.3.6.2 KNOTENDETAIL B



Die Lasten aus dem Brückentragwerk werden im Detailknoten B in den Druckstab geleitet. Abb. 60 zeigt die Verbindung des wasserseitigen Brückenträgers mit dem Druckstab. Das Anschlussdetail des landseitigen Brückenträgers basiert auf dem selben Funktionsprinzip, nur die Geometrie ist etwas anders.

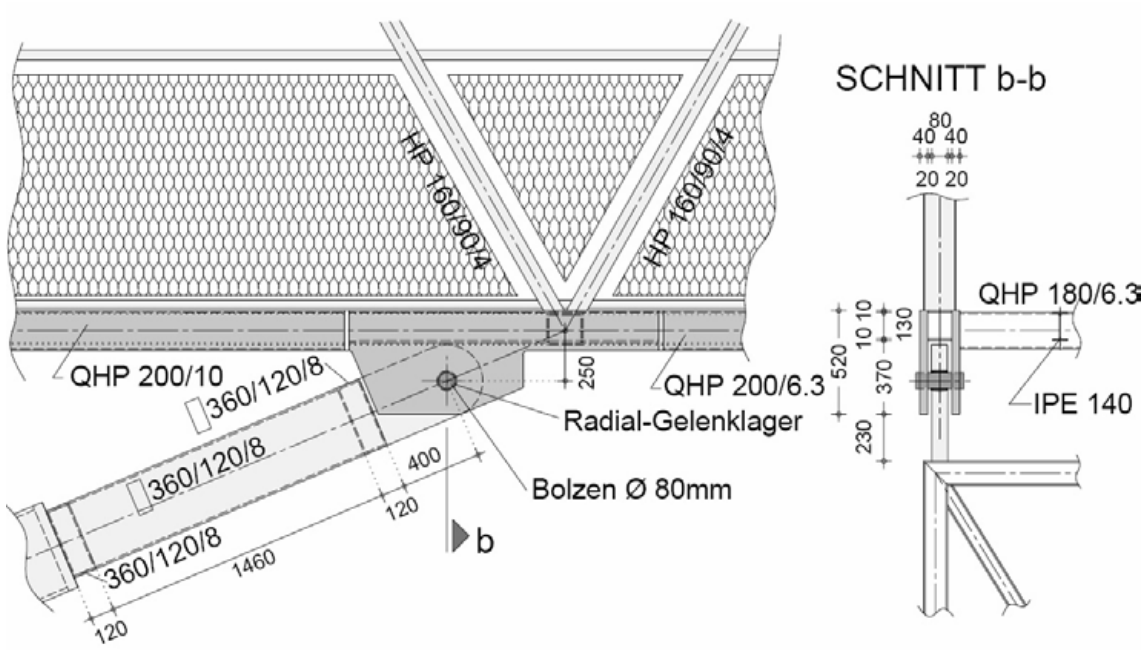


Abbildung 60: Knoten B - Ansicht Druckstreben-Brückenträger-Verbindung - Schnitt b-b - Darstellung im geschlossenen Zustand

Die Lasteinleitung erfolgt über zwei Bleche mit einer Stärke von jeweils 40 mm,

welche durch 10 mm Bleche ausgesteift werden. Dadurch entsteht ein Kastenquerschnitt mit verlängerten Stegblechen. Dieser Querschnitt ersetzt im Bereich des Knotens den Untergurt des Fachwerkträgers.

Mittels Bolzen mit einem Durchmesser von 80 mm und einem Radialgelenklager erfolgt der Kraftschluss mit dem Anschlussblech des Druckstabes. Der Bolzen muss lagegesichert werden und sitzt fest in den beiden Stegblechen des Untergurtes. Für die rotationsfähige Verbindung der Bauteile wurde ein wartungsfreies Radialgelenklager GE80ET-2RS der Firma WSW - Wälzlager vorgesehen. Es kann eine Normalkraft von 705 kN bei dynamischer und 1410 kN bei statischer Beanspruchung übertragen.

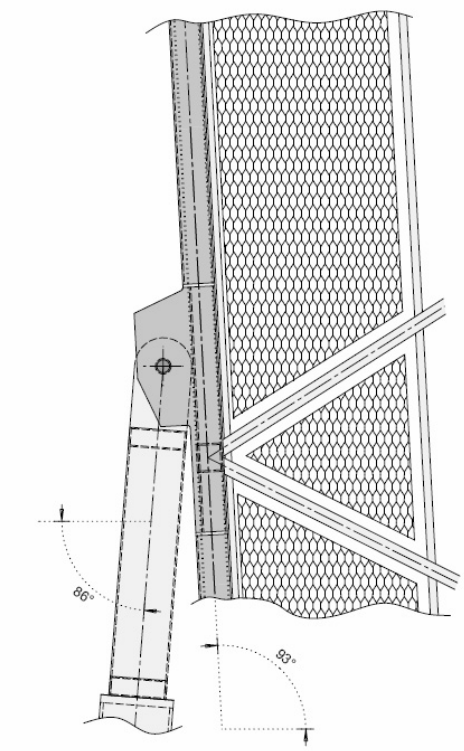


Abbildung 61: Knoten B - Ansicht Druckstreben-Brückenträger-Verbindung - Darstellung im geöffneten Zustand

Betrachtet man die Abb. 60 und Abb. 61 etwas genauer, fällt einem die exzentrische Positionierung der Drehachse in Bezug auf die Schwerachse des Untergurtes auf.

Die exzentrische Anordnung des Radialgelenklagers hat folgende Gründe:

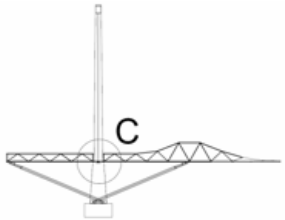
- Vereinfachung der Knotenausbildung im Bereich des Anschlusses der Diagonalstäbe an den Untergurt des Fachwerkträgers
- Durch die horizontale Exzentrizität ist der Brückenträger im Betriebszustand ausbalanciert.

- Geometrische Randbedingungen: Im aufgeklappten Zustand, siehe Abb. 61, würde bei zentrischer Anordnung des Drehpunktes in der Schwerachse des Untergurtes, der Druckstab mit dem Untergurt und den Quer- und Längsträgern kollidieren, außer der Klappwinkel bliebe im aufgeklappten Zustand dementsprechend geringer. Dadurch würde aber das Tragwerk in das Lichtraumprofil des Schiffsverkehrs ragen.

Letzteres ist auch der Grund für die Verjüngung des Rahmenriegels des Druckstabes. Dort kommen nur Profile mit einer Höhe von 360 mm zum Einsatz, um bei maximal möglichem Klappwinkel die kleinste Exzentrizität zu erhalten.

In Abb. 60 kann man erkennen, dass das Profil des Untergurtes rechts vom Knoten B eine größere Blechdicke aufweist als links davon. Da in diesem Bereich eine hohe Zugkraft im Untergurt wirkt, wurde hier der Querschnitt des Profils vergrößert.

6.3.6.3 KNOTENDETAIL C



Im Knotendetail C werden die beiden Brückenträgerenden miteinander verbunden. Die Kraftübertragung erfolgt mittels Radialgelenklager und einem Bolzen mit einem Durchmessers von 150 mm.

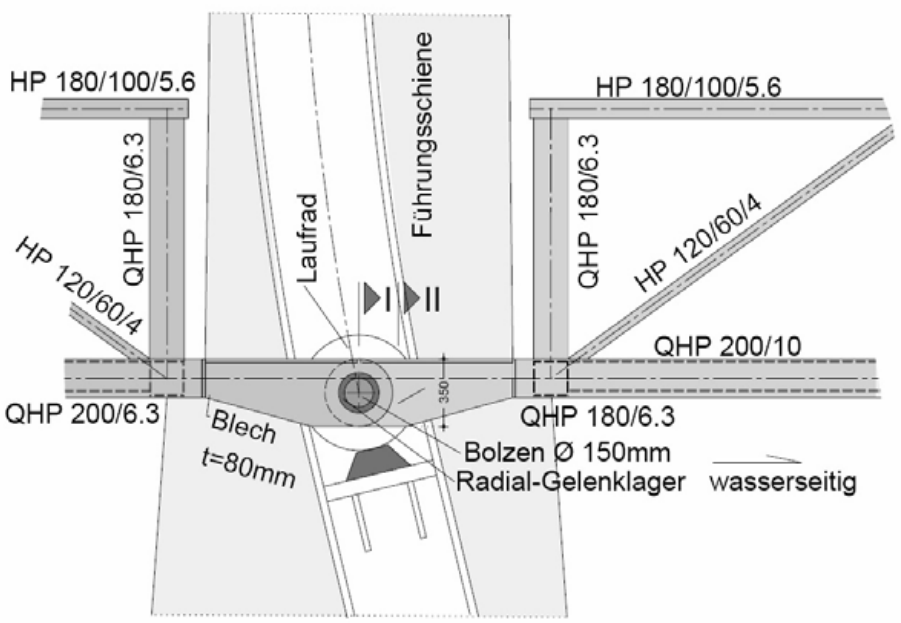


Abbildung 62: Knoten C - Verbindung der Brückenträgerenden - Ansicht Pylon Innenseite

Auf dem Bolzen befindet sich ebenfalls die Hubkabelbefestigung und ein Laufrad, welches in einer Führungsschiene, die im Pylon verankert ist, läuft. Die Führungsschiene ist im unteren Bereich mit einer Verziehung versehen, um die in Abschnitt 6.3.4 erwähnten Vorteile zu erreichen, aber vor allem um ein Abheben des Tragwerkes im Betriebzustand zu verhindern. Das Laufrad sitzt auf einem Dämpfungslager, welches in Abb. 62 nur schematisch dargestellt ist. Da der Drehpunkt des Detailknotens B 1000 mm vom Schnittpunkt der Fachwerkstäbe entfernt angeordnet ist, wird das Anschlussblech gevoutet, um die Kräfte einleiten zu können. Das Anschlussblech mit einer Stärke von 80 mm und das Aussteifungsblech mit einer Stärke von 10 mm bilden einen T-Querschnitt, siehe Abb. 63 Schnitt II-II.

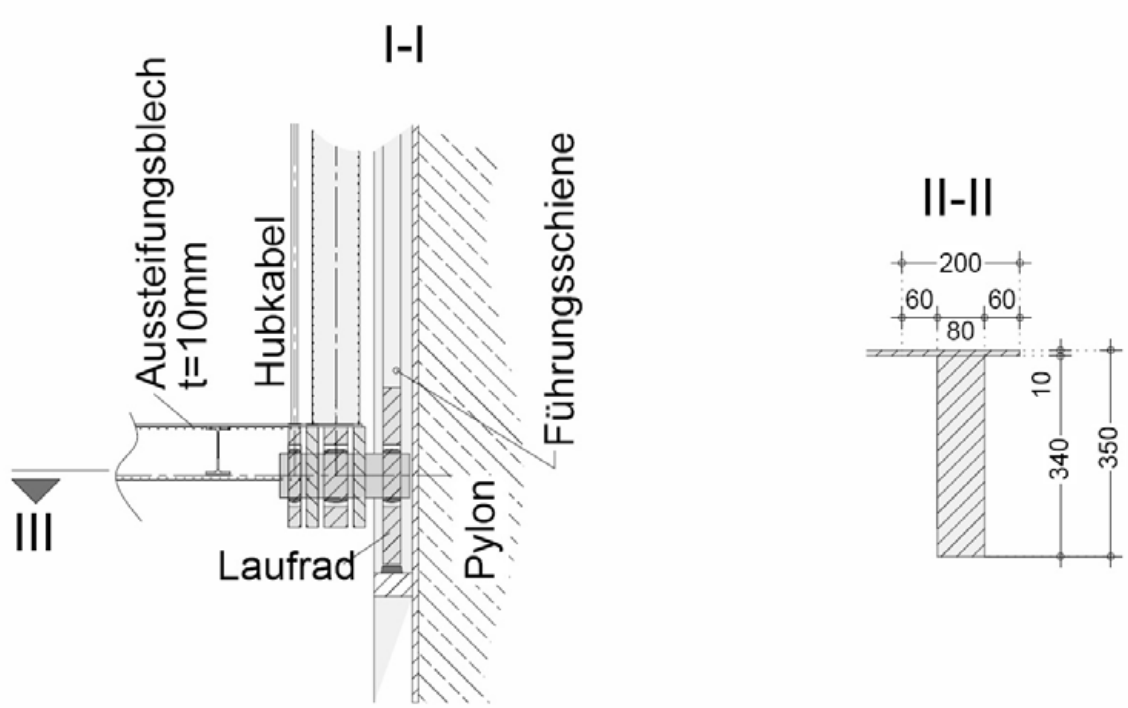


Abbildung 63: Knoten C - Schnitt I-I und Schnitt II-II

Der Bolzen, die Radialgelenklager, die Anschlussbleche der Brückenträger, die Hubkabelbefestigung und das Laufrad bilden gemeinsam eine rotationsfähige Verbindung der einzelnen Bauteile. Durch die unterschiedlichen Angriffspunkte der Kräfte in den einzelnen Komponenten der Verbindung, würde sich das Laufrad aus der Führung drehen und einen Aufklappvorgang unmöglich machen. Um dies zu verhindern wird ein in Querrichtung wirkendes Aussteifungsblech angeordnet, welches den Kraftschluss zwischen den in den beiden Pylonstielen befestigten rotationsfähigen Verbindungen herstellt. Eine einfachere Lösung dieses Problems wäre, die beiden Bolzen axial miteinander zu verbinden. Diese Idee wurde aber wegen der komplizierteren Montage verworfen.

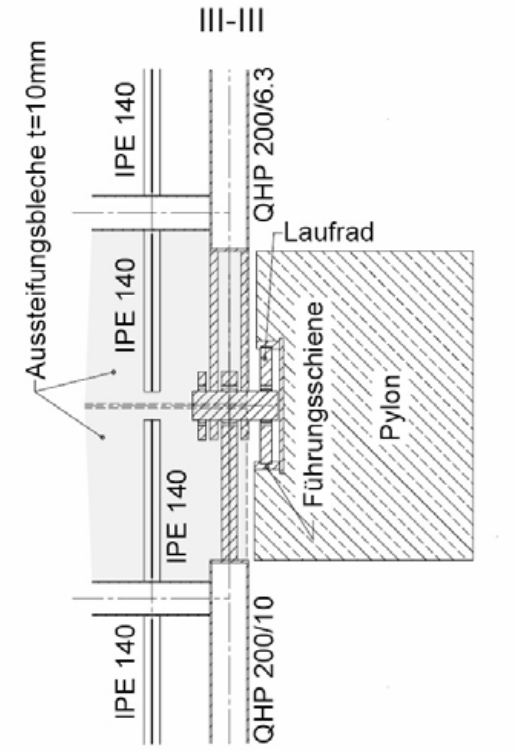
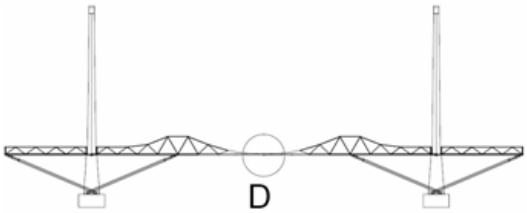


Abbildung 64: Knoten C - Schnitt III-III bzw. Grundriss-Ausschnitt

Die Aussteifungsbleche der jeweiligen Brückenträger und die darauf montierten Fahrbahnplatten, die in den Abbildungen nicht eingezeichnet sind, weisen im Betriebzustand einen Abstand von 20 mm zueinander auf. Das muss den Anforderungen eines Fahrbahnüberganges für Radfahrer genügen.

6.3.6.4 KNOTENDETAIL D



Für die Verbindung der beiden Brückentragwerke muss im Knotendetail D ein Fahrbahnübergang geschaffen werden. Eine Anforderung an das Anschlussdetail ist eine möglichst einfache und wartungsfreie Verbindung zu schaffen. Weiters muss die Verbindung den Unterschied der verschiedenen Durchbiegungen der beiden Brückentragwerke bei antimetrischer Belastung ausgleichen und die Längsverschiebungen aus Temperaturbeanspruchungen aufnehmen können.

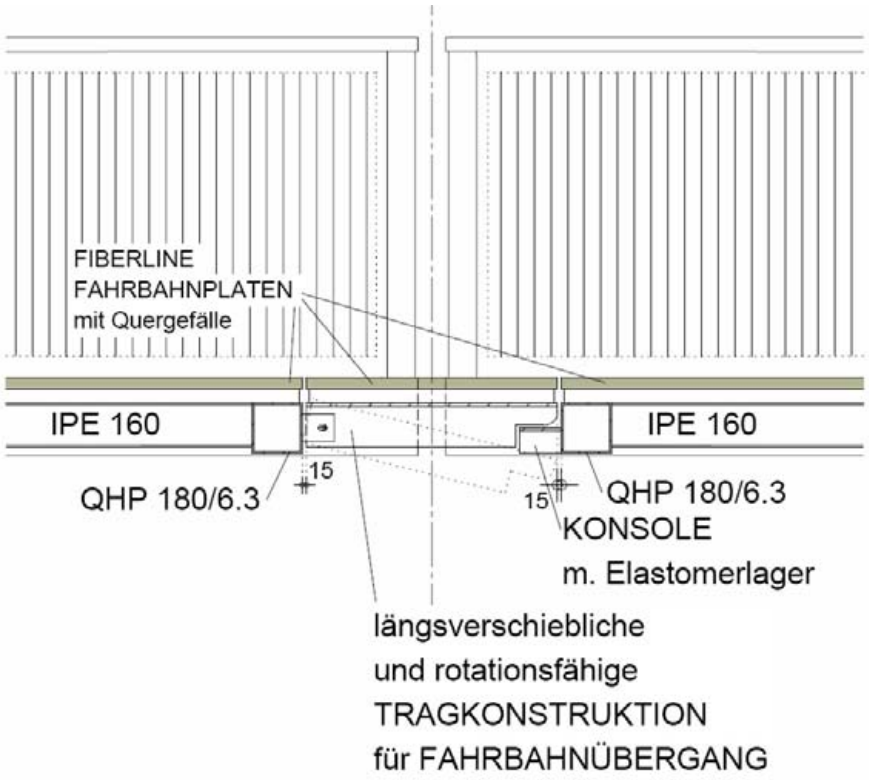


Abbildung 65: Knoten D - Schnitt d-d - Fahrbahnübergang

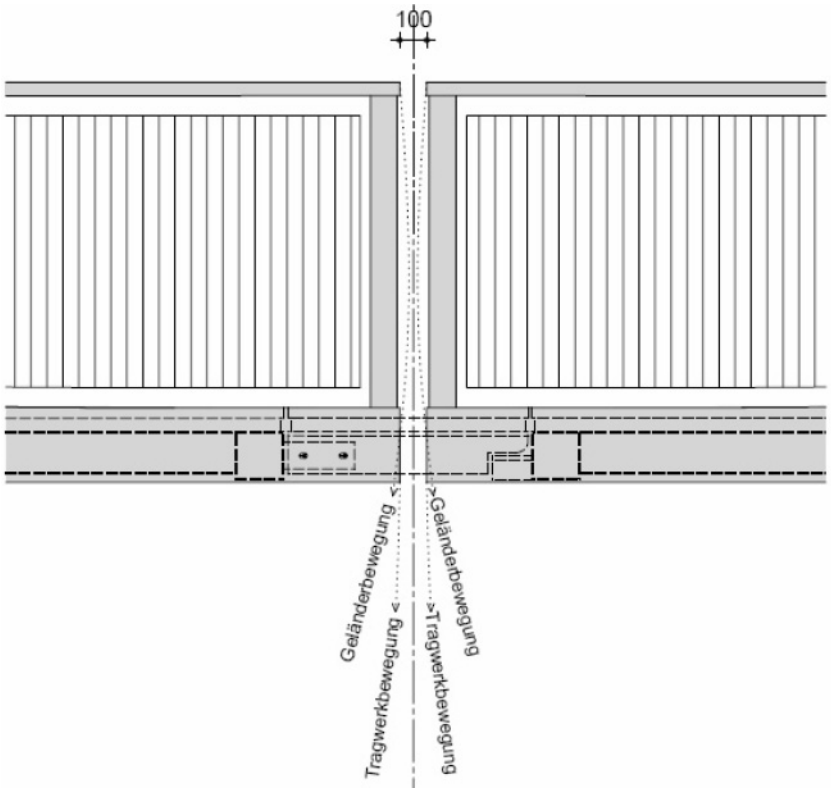


Abbildung 66: Knoten D - Ansicht

Dazu wurde folgendes Verbindungsdetail konstruiert. Die Brückenhauptträger enden im Abstand von 100 mm voneinander. Dadurch können sie sich während des Aufklappvorganges kollisionsfrei aneinander vorbei bewegen, wie die Ansicht in Abb. 66 verdeutlicht. An einem der beiden Brückenträger werden am Querträger Fahnenbleche angeschweißt, die eine längsverschiebliche und bis zu einem gewissen Grad rotationsfähige Tragkonstruktion für den Fahrbahnübergang tragen. Diese auskragende Konstruktion kann sich durch eine freie Lagerung am anderen Brückenträger und einen Langlochanschluss in Längsrichtung um 30 mm verschieben. Durch die Anordnung von nur einer Schraubenverbindung je Stegblech wird eine gewisse Rotation der Verbindung zugelassen und somit können unterschiedliche Durchbiegungen der Brückenträger ausgeglichen werden. Die auskragende Tragkonstruktion des Fahrbahnüberganges besteht aus einem Deckblech und Stegblechen, die gemeinsam eine orthotrope Platte bilden.

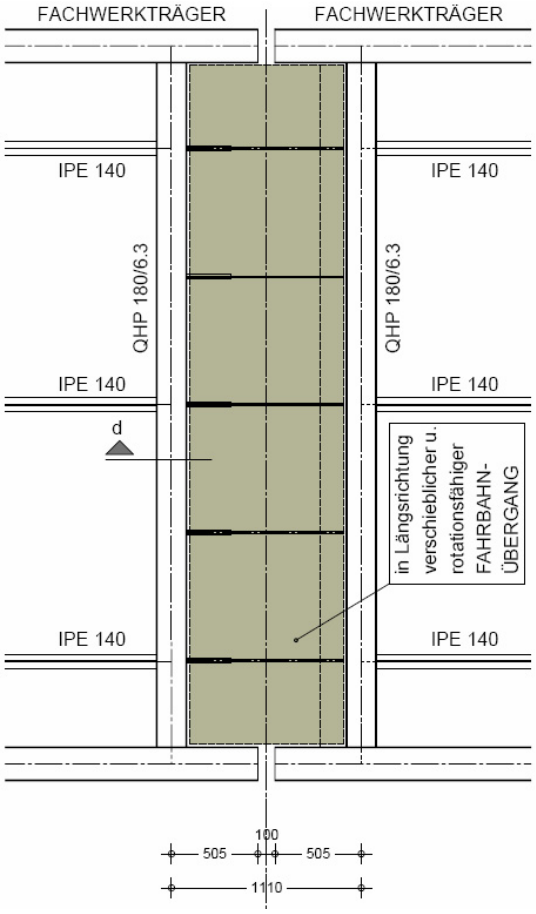


Abbildung 67: Knoten D - Grundriss

Um diese doch relativ einfache Verbindung der Brückenträger zu ermöglichen, muss beim Klappvorgang die Bewegung der beiden Brückentragwerke unterschiedlich eingeleitet und abgeschlossen werden. Beim Aufklappen und Schließen muss immer der Brückenträger, auf dem sich die Auflagerkonsole für den Fahrbahnübergang befindet, den Klappvorgang beginnen bzw. beenden.

6.3.7 Beleuchtungskonzept

6.3.7.1 Sicherheit im öffentlichen Raum

Ein wesentliches Kriterium für die Benutzbarkeit des öffentlichen Raumes ist die Sicherheit. Angsträume schaffen bei Personen mit erhöhtem Sicherheitsbedürfnis, wie Kinder, Frauen oder älteren Menschen, ein Gefühl der Unsicherheit und schränken die Bewegungsfreiheit ein. Deshalb fordert die Stadt Wien schon bei der Planung Angsträume durch entsprechende Beleuchtungskonzepte zu verhindern. Folgende Maßnahmen zur Verbesserung der Chancengleichheit in der Mobilität ("Gender Mainstreaming") werden gefordert:

- Vermeidung ausschließlicher Beleuchtung der Fahrbahn
- Verstärkte Berücksichtigung der Ausleuchtung von Gehsteigen - Problemzonen sind mittig abgehängte Straßenbeleuchtungen und Beleuchtungen bei Alleen.

Ein detailliertes Beleuchtungskonzept für die Klappbrücke Lobau sollte diesen Anforderungen entsprechen und mit der MA 23 - "Abteilung Wien leuchtet" ausgearbeitet werden.

6.3.7.2 Konzept Klappbrücke Lobau

Auf Grund der Tatsache, dass sich die Brücke in einer sehr abgelegenen Lage befindet und der Radweg bis jetzt kaum bis gar nicht ausgeleuchtet ist, wäre es eher unsinnig die Brücke alleine mit einer entsprechenden Beleuchtung auszurüsten. Außerdem widerspräche eine aufwendige und energieintensive Beleuchtung dem Grundsatz, eine Brücke mit nachhaltigem Enerigeaufwand zu betreiben. Da auf Grund des geringen bis kaum vorhandenen Radverkehrs in den Nachtstunden eine Öffnung der Brücke, wie in Abschnitt 6.3.9 beschrieben, in dieser Zeit zur Diskussion steht, könnte auf eine Beleuchtung vollkommen verzichtet werden und somit der Energieverbrauch für den Brückenbetrieb auf ein Minimum gebracht werden.

Eine beiden Grundsätzen entsprechende Lösung für das Beleuchtungskonzept müsste mit der MA 23 - "Abteilung Wien leuchtet" auch in Hinblick auf die nächtlichen Radfahrerzahlen ausgearbeitet werden.

Die Pylonspitzen sind auf jeden Fall durch Leuchtsignale zu kennzeichnen, um eine Erkennung bei Nacht und Nebel für den Flugverkehr zu gewährleisten.

6.3.8 Kostenschätzung

Im Zuge der Arbeit wurde eine detaillierte Schätzung der zu erwartenden Baukosten durchgeführt. Die Massen wurden laut den Plänen im Anhang ermittelt. Die Pauschal- und Einheitspreise der einzelnen Positionen in Tab.1 wurden durch konkrete Firmenangebote eruiert. Dadurch ist eine aussagekräftige Kostenschätzung für die Klappbrücke Lobau gegeben und kann mit der Kostenschätzung einer konventionellen Brücke verglichen werden. Für den Vergleich wurde auch eine mögliche Beleuchtung eingerechnet.

Tab. 1 zeigt die Nettobaukosten für die Klappbrücke Lobau. Die Kosten wurden laut den Angeboten der Firmen Swietelsky BauGmbH, Kreische Stahl- und Rohrbau GmbH, Seilerei Wüstner GmbH und der Firma Fiberline-Composites eingesetzt.

KOSTENSCHÄTZUNG KLAPPBRÜCKE LOBAU						
	Gruppe	Untergruppe	Menge	EH	[€/EH]	Ges. Kosten [€]
Betonbauarbeiten	**1. Baustellengemeinkosten** (inkl. Kran für Tragwerksmontage)					**205.576,37 €**
	2. Erdarbeiten (Bodenabtrag)					**1.434,20 €**
	3. Gründungsarbeiten (Baugrubenaushub, Offene Wasserhaltung, Spundbohlen, prov. Aussteifungen)					**104.281,36 €**
	4. Beton- und Stahlbeton- und Mauerungsarbeiten (inkl. Bewehrung, Schalung und Gerüstung)					**178.985,35 €**
	5. Sondergründungen (Pfähle)					**71.977,92 €**
						562.255,20 €
Stahlbauarbeiten	**6. Stahlbau**					**385.288,45 €**
	6.1.	Stahltragwerk fertigen	61,217	t	2.800,00	171.407,04 €
	6.2.	Montage Stahltragwerk, Probelauf, Inst.-Regelung	1,000	PA	100.000,00	100.000,00 €
	6.3.	Schweißnahtprüfung	1,000	PA	34.281,41	34.281,41 €
	6.4.	Führungsschiene u. Wassertanks fertigen u. mont.	10,000	t	2.300,00	23.000,00 €
	6.5.	Edelstahl Rundrahmen für Montage Netze	585,000	m	60,00	35.100,00 €
	6.6.	Geländer fertigen und montieren	430,000	m	50,00	21.500,00 €
	7. Brückenausrüstung					**80.000,00 €**
	7.1.	Seil- Konstruktion, Sonstiges	1,000	PA	40.000,00	40.000,00 €
	7.2.	Beleuchtung	1,000	PA	40.000,00	40.000,00 €
	7.3.	Effektbeleuchtung (optional)	0,000	PA	0,00	0,00 €
						465.288,45 €
	8. Fahrbahnherstellung					**51.600,00 €**
	8.1.	Fiberline-Fahrbahnplatten fertigen u. montieren	430,000	m²	120,00	51.600,00 €
						51.600,00 €
	GESAMTKOSTEN/BAUKOSTEN KLAPPBRÜCKE LOBAU					**1.079.143,65 €**

Tabelle 1: Kostenschätzung der Klappbrücke Lobau

In Tab. 2 ist der Vergleich zwischen den Baukosten der Klappbrücke Lobau und einem konventionellen Brückentragwerk dargestellt. Die Kosten für die konventionelle Brücke wurden der Machbarkeitsstudie der Ziviltechniker GmbH Robl Ingenieur - Consulting [**?**] entnommen und in vergleichbaren Positionen zusammengefasst.

Bauteil	Klappbrücke	Konventionelle Balkenbrücke	
Rampe - Halbinsel Ölhafen	€ 316.800,00	€ 1.020.800,00	
Brückentragwerk (ohne Beleuchtung)	€ 1.039.143,65	€ 1.320.000,00	
Rampe – Lobau Marchfeldschutzdamm	0	€ 616.000,00	
Beleuchtung Brückentragwerk	€ 40.000,00	€ 40.000,00	
Beleuchtung Rampe	0	0	
Baukostensumme	€ 1.395.943,65	€ 2.996.800,00	
Baustellenkosten	(inkludiert in Brückentragwerk)	€ 198.000,00	(Brücke 15 %)
(Rampe 15 %)	€ 47.520,00	€ 245.520,00	(Rampe 15%)
(Beleuchtung 15%)	€ 6.000,00	€ 6.000,00	(Beleuchtung 15%)
Zwischensumme	€ 1.449.463,65	€ 3.446.320,00	
Unvorhergesehenes (Brücke 20%)	€ 207.828,73		
(Rampe 8%)	€ 29.145,60	€ 272.025,60	(Brücke+Rampe 8 %)
Zwischensumme	€ 1.686.437,98	€ 3.718.345,60	
Planung und Begleitmaßnahmen 10%	€ 168.643,80	€ 371.834,56	
Nettosumme	€ 1.855.081,78	€ 4.090.180,16	
Umsatzsteuer 20%	€ 371.016,36	€ 818.036,03	
Gesamtsumme	**€ 2.226.098,13**	**€ 4.908.216,19**	

Tabelle 2: Kostenvergleich Klappbrücke Lobau - konventionelles Brückentragwerk

Der Kostenvergleich berücksichtigt die Herstellungskosten für das Brückentragwerk und die erforderlichen Rampenbauwerke. Es wurden ebenfalls Positionen für Unvorhergesehenes, Planung und Begleitmaßnahmen eingerechnet. Die gesamten Bruttobaukosten der Klappbrücke Lobau betragen somit € 2.226.098,13. Die Baukosten einer konventionellen Balkenbrücke sind um 220,49 % höher als die der Klappbrücke und betragen € 4.908.216,19. Der Hauptteil des Kostenunterschiedes ist auf das höhere Brückenniveau der konventionellen Lösung zurückzuführen. Die dadurch erforderlichen längeren Rampenbauwerke machen den größten Teil der Differenz aus. Damit bewahrheitet sich die Annahme, dass bei einer Ausführung als Klappbrücke und der dadurch besseren Anpassung an das Geländeprofil, die Herstellungskosten minimiert werden können.

Bauteil	Klappbrücke	Konventionelle Balkenbrücke	
Rampe - Halbinsel Ölhafen	€ 338.976,00	€ 1.092.256,00	
Brückentragwerk (ohne Beleuchtung)	€ 1.039.143,65	€ 1.412.400,00	
Rampe – Lobau Marchfeldschutzdamm	0	€ 659.120,00	
Beleuchtung Brückentragwerk	€ 40.000,00	€ 40.000,00	
Beleuchtung Rampe	0	0	
Baukostensumme	€ 1.418.119,65	€ 3.203.776,00	
Baustellenkosten	(inkludiert in Brückentragwerk)	€ 211.860,00	(Brücke 15 %)
(Rampe 15 %)	€ 50.846,40	€ 262.706,40	(Rampe 15%)
(Beleuchtung 15%)	€ 6.000,00	€ 6.000,00	(Beleuchtung 15%)
Zwischensumme	€ 1.474.966,05	€ 3.684.342,40	
Unvorhergesehenes (Brücke 20%)	€ 207.828,73		
(Rampe 8%)	€ 31.185,79	€ 291.067,39	(Brücke+Rampe 8 %)
Zwischensumme	€ 1.713.980,57	€ 3.975.409,79	
Planung und Begleitmaßnahmen 10%	€ 171.398,06	€ 397.540,98	
Nettosumme	€ 1.885.378,63	€ 4.372.950,77	
Umsatzsteuer 20%	€ 377.075,73	€ 874.590,15	
Gesamtsumme	**€ 2.262.454,36**	**€ 5.247.540,93**	

Tabelle 3: Preissteigerung laut Baukostenindex

Berücksichtigt man die Tatsache, dass die Kosten für eine konventionelle Balkenbrücke von der Ziviltechniker GmbH Robl Ingenieur - Consulting [**?**] im Jahr 2006 ermittelt wurden und der Preis laut Baukostenindex gemäß der Angaben von Sta-

tistik Austria [15] um 7 % gestiegen ist, ergibt sich noch ein viel größerer Baukostenunterschied, wie Tab. 3 beweist.

Die Kostenschätzungen betreffen nur die Herstellungskosten und inkludieren somit weder die Instandhaltungkosten für beide Varianten, noch die Betriebskosten, die durch die Anstellung eines Brückenwärters bei der Klappbrücke Lobau anfallen würden. Tab. 4 zeigt die durch eine Anstellung eines Brückenwärters entstehenden Betriebskosten pro Jahr. Die Personalkosten wurden für die in Abschnitt 6.3.9 festgelegten Betriebszeiten ermittelt.

Monate	Betrieb [Stunden/Tag]	Betrieb [Tage/Monat]	Betrieb [Stunden/Monat]	Betriebskosten * [Kosten/Monat]	
März	12,00	31	372,00	€ 14.880,00	
April	12,00	30	360,00	€ 14.400,00	
Mai	16,00	31	496,00	€ 19.840,00	
Juni	16,00	30	480,00	€ 19.200,00	
Juli	16,00	31	496,00	€ 19.840,00	
August	16,00	31	496,00	€ 19.840,00	
September	12,00	30	360,00	€ 14.400,00	
Oktober	12,00	31	372,00	€ 14.880,00	
		∑ Std. bzw. €/Jahr:	3432,00	€ 137.280,00	
+ Sonstiges (Heizung, Wasser, WC)				€ 10.000,00	
				€ 147.280,00	~ € 150.000,00

* Stundensatz von 40 € (beeinhaltet alle Sozialleistungen und Abgaben)

Tabelle 4: Kostenschätzung der Betriebskosten

Dadurch entsteht ein Kostenfaktor, der bei einer konventionellen Brücke nicht anfällt.

Geht man von einem Zinsniveau von 5 % aus, würde sich die Stadt Wien bei Realisierung der Klappbrücke Lobau pro Jahr

$$5.247.540,93 - 2.262.454,36 = 2.985.086,57 \text{ €} \tag{7}$$

$$2.985.086,57 \text{ €} \cdot 0,05 = 149.250 \text{ €} \tag{8}$$

149.250 € an Zinsen ersparen. Die Zinsersparnis entspricht ungefähr den jährlichen Lohn- und Gehaltskosten für den Brückenwärter und es könnte somit ein Arbeitsplatz geschaffen werden.

6.3.9 Brückenbetrieb

6.3.9.1 Betriebszeiten der Klappbrücke Lobau

Der nächtliche Radverkehr am Donau - Radweg im Bereich des Ölhafens Lobau ist gering bis kaum vorhanden. Generell ist der Radverkehr in den Sommermonaten am stärksten und in den Wintermonaten extrem gering. Auf Grund dieser Tatsache wurden mögliche Betriebszeiten festgelegt, die in Tab. 5 angegeben sind. Die notwendige Besetzung des Brückenbedienstandes wird auf die intensiven Radverkehrszeiten begrenzt und wäre in den restlichen Zeiten nicht gerechtfertigt. Dadurch können Personalkosten eingespart werden. Außerdem kann der Klappmechanismus durch die einfache Verwendung von Wasser betrieben werden und muss nicht als geschlossenes und frostsichers System ausgeführt werden, was die Kosten wiederum niedrig hält.

Monate	Betriebszeiten
November	geschlossen
Dezember	
Jänner	
Februar	
März	8:00 - 20:00 Uhr
April	
Mai	6:00 - 22:00 Uhr
Juni	
Juli	
August	
September	8:00 - 20:00 Uhr
Oktober	

Tabelle 5: Betriebszeiten der Klappbrücke Lobau

Die Betriebszeiten sind dem saisonalen Radverkehr angepasst und die Brücke ist während der Nachtstunden geschlossen, also für den Schiffsverkehr ohne ansonsten notwendige Anmeldung passierbar.

Für die Zeiten in denen kein Rad- und Fußgängerverkehr möglich ist, müssen die wenigen Fußgänger und Radfahrer rechtzeitig vorgewarnt werden, um auf den bestehenden Donau - Radweg, der durch das OMV Zentraltanklager führt, ausweichen zu können.

6.3.9.2 Brückenbedienstand

Für die Bedienung der Klappbrücke Lobau ist ein Brückenwärter vor Ort notwendig, um eine Öffnung und Schließung der Brücke ohne Gefährdung von Radfahrern, Fußgängern und Schiffen zu gewährleisten. Der Brückenwärter muss demnach di-

rekte Sicht auf die Brücke, die Wasserstraße und die angeschlossenen Radwege haben. Eine Situierung des Brückenbedienstandes auf der Ölhafenhalbinsel direkt am Hafenspitz würde sich anbieten.

Die Schiffe müssen sich per Funk beim Brückenwärter anmelden. Dieser leitet nach dem Auslösen der Warnsignale für den Fußgänger und Radfahrer und der Vergewisserung, dass sich niemand auf der Brücke befindet, den Klappmechanismus ein.

Zur Aufwertung des Brückenstandortes für die Besucher des Nationalparks Donauauen könnte ein Gastronomiebetrieb und eine Aussichtsplattform am Hafenspitz errichtet werden. Die dadurch entstehende Einkehrmöglichkeit für Radfahrer und Wanderer könnte die Attraktivität der alternativen Streckenführung steigern und die Attraktion des Klappvorganges noch mehr in den Mittelpunkt stellen. Die Betreiber des Gastronomiebetriebes könnten gleichzeitig den Brückenbedienstand beaufsichtigen.

6.3.9.3 Signale für die Schifffahrt

Anordnung von roten und grünen Signalen an der Brücke für die Schifffahrt. Wenn Verkehrssignale mit rotem, grünem Licht oder anderen Signale gegeben werden, müssen diese befolgt werden. Die Anweisungen des Brückenwärters für den Verkehr haben Priorität vor festbestimmten Licht- und Schallsignalen.

Folgende Vorsignale müssen vorhanden sein:

- ein einfaches Vorsignal für die Ausfahrt
- weiße Lichter für die Einfahrt
  - Taktlicht - Brückenträger im aufgeklappten Zustand - Lichtraumprofil frei für Schifffahrt
  - Festlicht - Brückenträger im geschlossenen Zustand - Lichtraumprofil für Schifffahrt geschlossen

Die Vorsignale müssen jeweils einige hundert Meter vor der Ein- und Ausfahrt des Kanals angebracht werden. Die Lichtsignale sollten mit LED Technik ausgestattet werden, um ein umständliches Austauschen durchgebrannter Glühlampen zu vermeiden.

6.3.9.4 Signale für den Geh- und Radweg

Durch die Öffnung des Tragwerkes für den Schiffsverkehr entsteht eine kurzfristige Unterbrechung der Querungsmöglichkeit für den Fußgänger- und Radverkehr. Durch eine entsprechende Regelung einer Signalanlage kann der Radfahrer bereits

bei der Kreuzung der Lobgrundstraße / Raffineriestraße darauf hingewiesen werden, die alte Bestandsstrecke des Donau - Radweges zu benützen, wenn er keinen Zeitverlust wünscht. Auf der Lobauer Seite muss ein dementsprechender Hinweis im Bereich des Anschlusses an den bestehenden Donau - Radweg angebracht werden. Besonders wichtig ist eine gut ersichtliche Beschilderung und Anzeige in den Monaten, in denen die Brücke für den Rad- und Fußgängerverkehr geschlossen ist.

6.3.9.5 Sperre für motorisierte Fahrzeuge

Im unteren Bereich des Rampenbauwerkes und im Bereich des Anschlusses an den bestehenden Donau - Radweg auf der Lobauer Seite muss eine entsprechende Sperre für alle motorisierten Fahrzeuge vorgesehen werden. Das Tragwerk ist nicht für die Benützung durch motorisierte Fahrzeuge ausgelegt.

6.3.9.6 Notfallbetrieb

Bei möglichen auftretenden Störungen des Klappmechanismus muss die Brücke in aufgeklappte Position gebracht werden können, bis die Defekte behoben worden sind. Dafür muss ein Notfallseilzug angeordnet werden, um in diesem Fall das Lichtraumprofil der Schifffahrt frei zu bekommen.

7 Berechnung des ausgewählten Entwurfs

Die folgenden Abschnitte befassen sich mit der Berechnung der auftretenden Schnittkräfte im Betriebszustand und während des Klappvorganges, so wie mit der Nachweisführung in Hinblick auf die Tragfähigkeit und die Gebrauchstauglichkeit. Alle Lastannahmen basieren auf den Angaben der Normenreihen EN 1990 [11] und EN 1991 [12]. Mit Hilfe des Nachweises der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit wurde das Brückentragwerk für den Betriebszustand dimensioniert. Danach wurde der erforderliche Hubkraftverlauf mittels zweier getrennter Berechnungsarten ermittelt und miteinander verglichen. Mit der ermittelten Hubkraftkurve konnten die erforderlichen Wasserbehälter, die Pylone und die Fundamente berechnet werden.

7.1 Lastannahmen

7.1.1 Eigengewicht

7.1.1.1 Eigengewicht der Tragkonstruktion

Die Lasten in Folge des Eigengewichtes der Tragkonstruktion werden vom Statikprogramm RSTAB automatisch durch die Definition von Querschnitten und Materialien berechnet. Es wurde ein Stahl S235 JO G2 mit folgenden Materialkennwerten gewählt:

- Elastizitätsmodul ....E = 21000,00 kN/cm^2
- Schubmodul ....G = 8100,00 kN/cm^2
- Spezifisches Gewicht ....γ= 78,50 kN/m^3
- Wärmeausdehnungskoeffizient ....α= 1,20 $\cdot 10^{-5}$ $°C^{-1}$

7.1.1.2 Fahrbahnaufbau

Es werden Fahrbahnplatten der Firma Fiberline-Composites verwendet. Diese Fahrbahnplatten aus Faserverbundkunststoffen weisen eine hohe Steifigkeit auf und sind gleichzeitig extrem leicht. Das spezifische Eigengewicht der angefragten Fahrbahnplatten beträgt 0,25 kN/m^2.

$$g_k = 0,25\ kN/m^2$$

7.1.2 Verkehrslasten

Die Verkehrslasten wurden gemäß EN 1991-2 Abschnitt 5 - Einwirkungen für Fußgängerwege, Radwege und Fußgängerbrücken [12] angesetzt.

7.1.2.1 Lastmodell gleichmäßig verteilte Last

Der empfohlene Wert beträgt $q_k = 5,00\,kN/m^2$, kann aber laut Formel

$$q_k = 2,0 + \frac{120}{L+30}\ kN/m^2 \tag{9}$$

$$q_k \geq 2,50\,kN/m^2$$

$$q_k \geq 5,00\,kN/m^2$$

abgemindert werden.

Damit ergibt sich bei einer maximalen Stützweite von 66,00 m eine abgeminderte Gleichlast von:

$$q_k = 3,25\,kN/m^2$$

.

7.1.2.2 Konzentrierte Einzellast

Der charakteristische Wert der Einzellast beträgt $Q_k = 10,00\,kN$ und hat eine quadratische Aufstandsfläche mit einer Seitenlänge von 0,10 m.

7.1.2.3 Dienstfahrzeuge

Dienstfahrzeuge wurden auf Grund der Festlegungen in Abschnitt 6.3.9 nicht berücksichtigt.

7.1.2.4 Horizontallasten

Bei Fußgängerbrücken ist eine Horizontalkraft q_k zu berücksichtigen, die entlang der Achse des Brückenoberbaus auf der Oberkante des Belages wirkt. Sie beträgt 10 % der gleichmäßig verteilten Last.

$$q_k = 0,325\ kN/m^2$$

7.1.3 Außergewöhnliche Einwirkungen

Außergewöhnliche Belastungen wurden in der vorliegenden Berechnung nicht berücksichtigt. Ein Anprallen eines Schiffs an den Pylon bei höheren Wasserständen wäre noch zu untersuchen. Die Brückenträger sind durch ihre Positionierung zwischen den Pylonen vor seitlichem Schiffsanprall geschützt.

Die unplanmäßige Anwesenheit von Fahrzeugen auf der Brücke ist durch entsprechende bauliche Absperrungen auszuschließen.

7.1.4 Dynamische Einwirkungen durch Fußgänger

Ein Fußgänger erzeugt folgende gleichzeitig wirkende periodische Kräfte:

- vertikal wirkende mit einer Frequenz, deren Bandbreite zwischen 1 und 3 Hz liegt.
- horizontal wirkende mit einer Frequenz, deren Bandbreite zwischen 0,5 und 1,5 Hz liegt.

7.1.5 Klimatische Einwirkungen

7.1.5.1 Windbeanspruchung

Die Windlasten wurden gemäß EN 1991-4 Abschnitt 8 - Windeinwirkungen auf Brücken [12] angesetzt.

Standort: Lobau / Wien

Basisgeschwindigkeitsdruck:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \mathrm{v_b}^2 = 0,46\ kN/m^2 \tag{10}$$

Böengeschwindigkeitsdruck, mit z = 9 m:

$$q_{b(z)} = q_b \cdot 2,1 \cdot (\frac{z}{10})^{0,24} = 0,942\ kN/m^2 \tag{11}$$

Kraftbeiwert in Brückenquerrichtung:

$c_{f,x} = 1,50$

Kraftbeiwert in Vertikalrrichtung:

$c_{f,z} = 0,90$

Windlastfaktor:

$$C_x = c_e \cdot c_{f,x} = \frac{0,942}{0,46} \cdot 1,5 = 3,07 \tag{12}$$

$$C_z = c_e \cdot c_{f,z} = \frac{0,942}{0,46} \cdot 10,9 = 1,84 \tag{13}$$

Das ergibt folgende Windbelastungen:

- auf Fachwerkstäbe des Brückenträgers (Brückenquerrichtung):

$$w_k = b \cdot C \cdot q_b = 0,2 \cdot 3,07 \cdot 0,46 = 0,285\ kN/m \tag{14}$$

- auf Druckstreben:

$$w_k = b \cdot C \cdot q_b = 0,46 \cdot 3,07 \cdot 0,46 = 0,65\ kN/m \tag{15}$$

- auf Fahrbahn in Vertikalrichtung:

$$w_k = C \cdot q_b = 1,84 \cdot 0,46 = 0,85\ kN/m^2 \tag{16}$$

7.1.5.2 Temperaturbeanspruchung

Die Lasten in Folge Temperatureinwirkungen wurden gemäß EN 1991-5 Abschnitt 6 - Temperatureinwirkungen bei Brücken [12] angesetzt.

Standort: Lobau / Wien

Seehöhe: 159,83 m ü.A

$T_{max} = 38,8 - 0,0059 \cdot 159,83 = 37,9$ °C

$T_{min} = -26$ °C

Änderung des konstanten Temperaturanteils der Brücken

$$\triangle T_{N,con} = T_0 - T_{min} = 10 - (-26) = 36\ °C \tag{17}$$

$$\triangle T_{N,exp} = T_{max} - T_0 = 37,9 - 10 = 27,9\ °C \tag{18}$$

Gesamte Schwankung des konstanten Temperaturanteils der Brücke

$$\triangle T_N = T_{max} - T_{min} = 37,9 - (-26) = 63,9\ °C \tag{19}$$

Veränderliche Temperaturanteile

$$\triangle T_{M,heat} = 18\ °C \tag{20}$$

$$\triangle T_{M,cool} = 13\ °C \tag{21}$$

7.1.5.3 Schneelasten

Schneelasten sind auf Grund der in Abschnitt 6.3.9 festgelegten Betriebszeiten nicht anzusetzen. Die Brücke ist über die Wintermonate in vertikaler Position und bietet dadurch keine Angriffsfläche für eine Belastung in Folge Schnee.

7.2 Schnittgrößenermittlung

Die Schnittkräfte werden durch eine elastische Tragwerksberechnung mit dem Statikprogramm RSTAB der Firma Ing.-Software DLUBAL GmbH ermittelt. RSTAB ist ein Programm zur Berechnung von ebenen und räumlichen Stabtragwerken. Ein Zusatzmodul erlaubt einen Spannungsnachweis, der auf dem Prinzip des Vergleichs vorhandener Spannungen mit Grenzspannnungen beruht.

Die Schnittgrößen und Spannungszustände werden für das halbe Brückentragwerk am Stabwerksmodell, siehe Abb. 68, berechnet. Eine detaillierte Auflistung der Ergebnisse der Schnittgrößenberechnung befindet sich im Anhang .

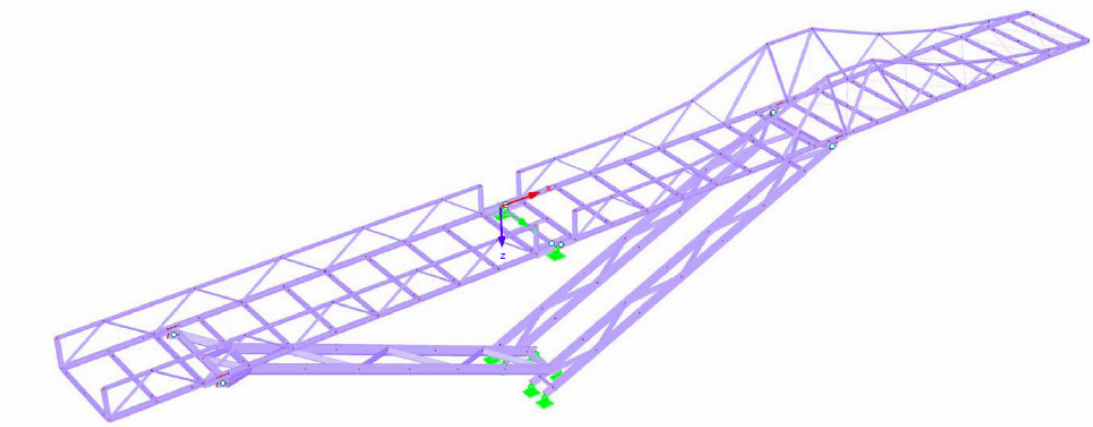


Abbildung 68: Stabwerksmodell Klappbrücke Lobau

7.2.1 Kombinationsregeln für Fußgängerbrücken [11]

- Die Verkehrslasten aus der konzentrierten Last Q_k brauchen nicht mit einer anderen veränderlichen Einwirkung kombiniert werden.
- Einwirkungen aus Wind und Temperatur sind nicht gleichzeitig zu berücksichtigen

Bei der Schnittgrößenberechnung wurden die Lastfallkombinationen mit den Zahlenwerten der ψ-Faktoren gemäß Tab. 6 und laut folgenden Formeln zusammen gestellt.

Charakteristische Kombination

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{ " + " } P \text{ " + " } Q_{k,1} \text{ " + " } \sum_{i\geq 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \tag{22}$$

Häufige Kombination

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{ ” + ” } P \text{ ” + ” } \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} \text{ ” + ” } \sum_{i\geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \tag{23}$$

Kombination von Einwirkungen bei ständigen oder vorübergehenden Bemessungssituationen:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \text{ ” + ” } \gamma_P \cdot P \text{ ” + ” } \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} \text{ ” + ” } \sum_{i\geq 1} \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \tag{24}$$

Einwirkung	Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Verkehrslasten	gr1	0,40	0,40	0
	Q_{fwk}	0	0	0
	gr2	0	0	0
Windkräfte	F_{Wk}	0,3	0,2	0
Temperatur	T_k	0,6[a]	0,6	0,5
Schneelasten	$Q_{Sn,k}$ (während der Bauausführung)	0,8	—	0
Lasten aus Bauausführung	Q_c	1,0		1,0

[a] Der empfohlene Zahlenwert für ψ_0 für thermische Einwirkungen kann für die Grenzzustände der Tragfähigkeit EQU, STR und GEO in den meisten Fällen auf 0 abgemindert werden. Siehe auch Eurocodes für die Bemessung.

Tabelle 6: Kombinationsbeiwerte ψ laut EN 1990/A1 - Tabelle A.2.2 [11]

Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Bemessungswerte der Einwirkungen lauten gemäß EN 1990/A1 - Tabelle A2.4(A)

$\gamma_{G,\,sup} = 1,05$ möglich ; gewählt $\gamma_{G,\,sup} = 1,35$

$\gamma_Q = 1,35$ für Einwirkung aus Fußgängerverkehr

$\gamma_Q = 1,50$ für alle anderen Einwirkungen

7.2.2 Kombinationsschema Klappbrücke Lobau

Dieser Abschnitt soll einen Überblick über das Kombinationsschema geben, mit dem die RSTAB - Berechnungen durchgeführt wurden. Tab. 7 zeigt die definierten Lastfälle. In Tab. 9 sind die einzelnen Lastfälle in Lastfallgruppen zusammengefasst. Hier werden die einzelnen Lastkombinationen definiert und mit den jeweiligen

Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerten versehen. In der Spalte 2 der Tab. 9 ist die jeweilige Bezeichnung der Lastfallgruppen angegeben, wobei "f" den führenden Anteil der veränderlichen Einwirkungen $Q_{k,1}$ kennzeichnet. Um den Überblick im Programm nicht zu verlieren und um sofort die maximalen Werte der jeweiligen Schnittkräfte zu erhalten, wurden die Lastfallgruppen zu Lastfallkombinationen zusammengefasst. Die laut Tab. 8 zusammengesetzten Lastfallkombinationen werfen jeweils die größten Werte für die charakteristische Kombination, die häufige Kombination und die Bemessungskombination aus. Diese Werte werden für die entsprechenden Nachweise herangezogen. Ein detaillierte Auflistung der Ergebnisse befindet sich im Anhang.

LASTFÄLLE

LF-Nr.	LF-Bezeichnung	LF-Faktor	Eigenschaften des Lastfalls	Eigengewicht	Berechnungs-Theorie
1	Eigengewicht und Aufbau	1.0000	Ständig	1.00	I. Ordnung
2	Wind	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
3	VERKEHRSLAST VERTIKAL LINKS	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
4	VERKEHRSLAST VERTIKAL RECHTS	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
5	TEMPERATUR UNGLEICHMÄSSIG	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
6	TEMPERATUR GLEICHMÄSSIG	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung

Tabelle 7: Lastfälle

LASTFALLKOMBINATIONEN

LK Nr.	LK-Bezeichnung	Kombinationskriterium
1	Charakteristische Werte	LG1 oder LG2 oder LG3 oder LG4 oder LG5 oder LG6 oder LG7 oder LG8 oder LG9 oder LG10 oder LG11 oder LG12 oder LG13 oder LG14 oder LG15 oder LG16 oder LG17 oder LG18
2	Maßgebende Lastfallkombination	LG101 oder LG102 oder LG103 oder LG104 oder LG105 oder LG106 oder LG107 oder LG108 oder LG109 oder LG110 oder LG111 oder LG112 oder LG113 oder LG114 oder LG115 oder LG116 oder LG117 oder LG118
3	Häufige Lastfallkombination	LG201 oder LG202 oder LG203 oder LG204 oder LG205 oder LG206 oder LG207 oder LG208 oder LG209 oder LG210 oder LG211 oder LG212 oder LG213 oder LG214 oder LG215 oder LG216 oder LG217 oder LG218

Tabelle 8: Lastfallkombinationen

LASTFALLGRUPPEN

LG Nr.	LG-Bezeichnung	Faktor	Lastfälle in LG	Berechnungs-Theorie
1	LG C1 EG+gesQf+W	1.0000	LF1 + 0.3*LF2 + LF3 + LF4	II. Ordnung
2	LG C2 EG+gesQ+Wf	1.0000	LF1 + LF2 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4	II. Ordnung
3	LG C3 EG+linksQf+W	1.0000	LF1 + 0.3*LF2 + LF3	II. Ordnung
4	LG C4 EG+rechtsQf+W	1.0000	LF1 + 0.3*LF2 + LF4	II. Ordnung
5	LG C5 EG+linksQ+Wf	1.0000	LF1 + LF2 + 0.4*LF3	II. Ordnung
6	LG C6 EG+rechtsQ+Wf	1.0000	LF1 + LF2 + 0.4*LF4	II. Ordnung
7	LG C7 EG+gesQf+TU	1.0000	LF1 + LF3 + LF4 + 0.6*LF5	II. Ordnung
8	LG C8 EG+linksQf+TU	1.0000	LF1 + LF3 + 0.6*LF5	II. Ordnung
9	LG C9 EG+rechtsQf+TU	1.0000	LF1 + LF4 + 0.6*LF5	II. Ordnung
10	LG C10 EG+gesQ+TUf	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4 + LF5	II. Ordnung
11	LG C11 EG+linksQ+TUf	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + LF5	II. Ordnung
12	LG C12 EG+rechtsQ+TUf	1.0000	LF1 + 0.4*LF4 + LF5	II. Ordnung
13	LG C13 EG+gesQf+TG	1.0000	LF1 + LF3 + LF4 + 0.6*LF6	II. Ordnung
14	LG C14 EG+linksQf+TG	1.0000	LF1 + LF3 + 0.6*LF6	II. Ordnung
15	LG C15 EG+rechtsQf+TG	1.0000	LF1 + LF4 + 0.6*LF6	II. Ordnung
16	LG C16 EG+gesQ+TGf	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4 + LF6	II. Ordnung
17	LG C17 EG+linksQ+TGf	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + LF6	II. Ordnung
18	LG C18 EG+rechtsQ+TGf	1.0000	LF1 + 0.4*LF4 + LF6	II. Ordnung
101	LG D1 EG+gesQf+W	1.0000	1.35*LF1 + 0.45*LF2 + 1.35*LF3 + 1.35*LF4	II. Ordnung
102	LG D2 EG+gesQ+Wf	1.0000	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + 0.54*LF3 + 0.54*LF4	II. Ordnung
103	LG D3 EG+linksQf+W	1.0000	1.35*LF1 + 0.45*LF2 + 1.35*LF3	II. Ordnung
104	LG D4 EG+rechtsQf+W	1.0000	1.35*LF1 + 0.45*LF2 + 1.35*LF4	II. Ordnung
105	LG D5 EG+linksQ+Wf	1.0000	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + 0.54*LF3	II. Ordnung
106	LG D6 EG+rechtsQ+Wf	1.0000	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + 0.54*LF4	II. Ordnung
107	LG D7 EG+gesQf+TU	1.0000	1.35*LF1 + 1.35*LF3 + 1.35*LF4 + 0.9*LF5	II. Ordnung
108	LG D8 EG+linksQf+TU	1.0000	1.35*LF1 + 1.35*LF3 + 0.9*LF5	II. Ordnung
109	LG D9 EG+rechtsQf+TU	1.0000	1.35*LF1 + 1.35*LF4 + 0.9*LF5	II. Ordnung
110	LG D10 EG+gesQ+TUf	1.0000	1.35*LF1 + 0.54*LF3 + 0.54*LF4 + 1.5*LF5	II. Ordnung
111	LG D11 EG+linksQ+TUf	1.0000	1.35*LF1 + 0.54*LF3 + 1.5*LF5	II. Ordnung
112	LG D12 EG+rechtsQ+TUf	1.0000	1.35*LF1 + 0.54*LF4 + 1.5*LF5	II. Ordnung
113	LG D13 EG+gesQf+TG	1.0000	1.35*LF1 + 1.35*LF3 + 1.35*LF4 + 0.9*LF6	II. Ordnung
114	LG D14 EG+linksQf+TG	1.0000	1.35*LF1 + 1.35*LF3 + 0.9*LF6	II. Ordnung
115	LG D15 EG+rechtsQf+TG	1.0000	1.35*LF1 + 1.35*LF4 + 0.9*LF6	II. Ordnung
116	LG D16 EG+gesQ+TGf	1.0000	1.35*LF1 + 0.54*LF3 + 0.54*LF4 + 1.5*LF6	II. Ordnung
117	LG D17 EG+linksQ+TGf	1.0000	1.35*LF1 + 0.54*LF3 + 1.5*LF6	II. Ordnung
118	LG D18 EG+rechtsQ+TGf	1.0000	1.35*LF1 + 0.54*LF4 + 1.5*LF6	II. Ordnung
201	LG H1 EG+gesQf+W	1.0000	LF1 + 0.2*LF2 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4	II. Ordnung
202	LG H2 EG+gesQ+Wf	1.0000	LF1 + 0.3*LF2 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4	II. Ordnung
203	LG H3 EG+linksQf+W	1.0000	LF1 + 0.2*LF2 + 0.4*LF3	II. Ordnung
204	LG H4 EG+rechtsQf+W	1.0000	LF1 + 0.2*LF2 + 0.4*LF4	II. Ordnung
205	LG H5 EG+linksQ+Wf	1.0000	LF1 + 0.3*LF2 + 0.4*LF3	II. Ordnung
206	LG H6 EG+rechtsQ+Wf	1.0000	LF1 + 0.3*LF2 + 0.4*LF4	II. Ordnung
207	LG H7 EG+gesQf+TU	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4 + 0.6*LF5	II. Ordnung
208	LG H8 EG+linksQf+TU	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.6*LF5	II. Ordnung
209	LG H9 EG+rechtsQf+TU	1.0000	LF1 + 0.4*LF4 + 0.6*LF5	II. Ordnung
210	LG H10 EG+gesQ+TUf	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4 + 0.6*LF5	II. Ordnung
211	LG H11 EG+linksQ+TUf	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.6*LF5	II. Ordnung
212	LG H12 EG+rechtsQ+TUf	1.0000	LF1 + 0.4*LF4 + 0.6*LF5	II. Ordnung
213	LG H13 EG+gesQf+TG	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4 + 0.6*LF6	II. Ordnung
214	LG CH4 EG+linksQf+TG	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.6*LF6	II. Ordnung
215	LG H15 EG+rechtsQf+TG	1.0000	LF1 + 0.4*LF4 + 0.6*LF6	II. Ordnung
216	LG H16 EG+gesQ+TGf	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4 + 0.6*LF6	II. Ordnung
217	LG H17 EG+linksQ+TGf	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.6*LF6	II. Ordnung
218	LG H18 EG+rechtsQ+TGf	1.0000	LF1 + 0.4*LF4 + 0.6*LF6	II. Ordnung

Tabelle 9: Lastfallgruppen

7.3 Nachweis der Tragfähigkeit

Für das Tragwerk sind folgende Nachweise zu führen:

- Nachweis der Beanspruchbarkeit der Querschnitte
- Nachweis der Beanspruchbarkeit der Bauteile
- Stabilitätsnachweis des Tragwerkes
- Nachweis der Beanspruchbarkeit der Verbindungen
- Lagesicherung

Es wurde ein Baustahl S235 JO G2 gewählt. Die verwendeten Profile und Bleche dürfen nur warmgefertigt sein.

Die charakteristischen Nennwerte der Erzeugnisse sind:

- Streckgrenze
  $f_y = 235\ N/mm^2$ für $t < 40\ mm$
  $f_y = 215\ N/mm^2$ für $40 \leq t < 100\ mm$
- Zugfestigkeit
  $f_u = 360\ N/mm^2$ für $t < 40\ mm$
  $f_u = 340\ N/mm^2$ für $40 \leq t < 100\ mm$

Teilsicherheitsbeiwerte der Beanspruchbarkeit sind:

$\gamma_{M0} = 1,0$

$\gamma_{M1} = 1,1$

$\gamma_{M2} = 1,25$

$\gamma_{M5} = 1,00$

7.3.1 Nachweis der Beanspruchbarkeit der Querschnitte und Bauteile

Im Zuge der RSTAB - Berechnung wurde eine Spannungsanalyse durchgeführt. Die Spannungen in Folge der Biegemomente, Querkräfte und Normalkräfte wurden für jeden Querschnitt des Stabwerkmodells ermittelt und mit den Grenzspannungen des Werkstoffes verglichen.

Jeder Querschnitt hat in jedem kritischen Punkt folgende Gleichungen zu erfüllen:

$$\sigma_{x,Ed} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \tag{25}$$

$$\sigma_{z,Ed} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \tag{26}$$

$$\tau_{Ed} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \tag{27}$$

$$\sigma_V = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \cdot \sigma_{z,Ed} + 3 \cdot \tau_{Ed}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \tag{28}$$

Um die Ausnutzung der einzelnen Querschnitte zu erhalten und die Bauteile optimieren zu können, wurde eine Ausnutzungsgrad n berechnet, der die Bedingung

$$n = \frac{f_{Ed,(\sigma_{x,Ed}\,,\sigma_{z,Ed}\,,\tau_{Ed}\,,\sigma_V)}}{f_{Rd,(f_{yd})}} \leq 1,0 \tag{29}$$

erfüllen muss. Das gesamte Tragwerk wurde laut dieser Bedingung optimiert. Im Zuge der Optimierung wurde ein Systemwechsel durchgeführt. Die in Abschnitt 6.3.3 beschriebene Lastabtragung mittels Längsträger wurde geändert. Durch die zusätzliche Anordnung von Querträgern in der Mitte der Untergurtstäbe konnte ein bessere Ausnutzung der Querträger erreicht werden und zusätzlich das Hubgewicht minimiert werden. Zwar werden die Untergurtstäbe nun zusätzlich durch Querbiegung beansprucht, aber der Verlauf der Spannungen, der in Abb. 69 dargestellt ist, zeigt, dass in jedem kritischen Punkt die Ausnutzung kleiner als 100 % ist.

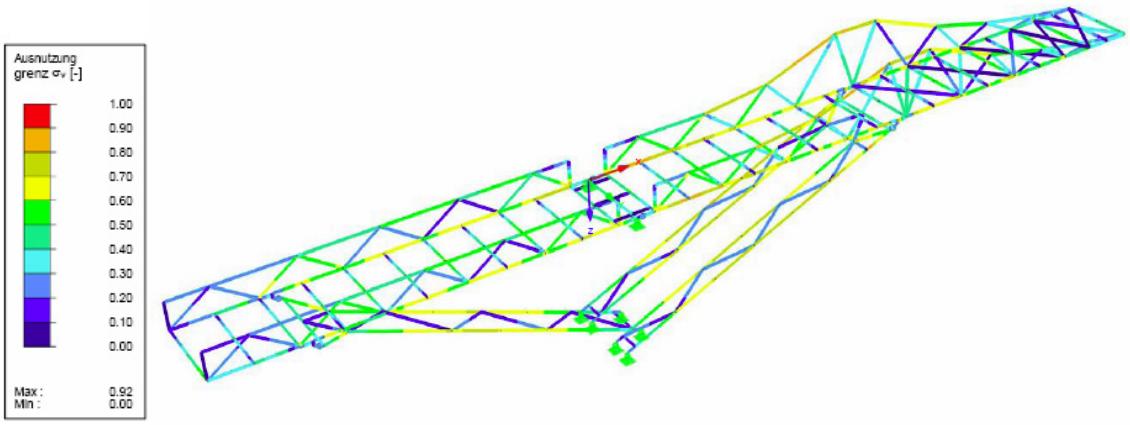


Abbildung 69: Ergebnisverlauf Spannungsnachweis

Stellvertretend für alle Querschnitte und Bauteile folgt der Nachweis des maximal beanspruchten Querschnittes der Tragkonstruktion.

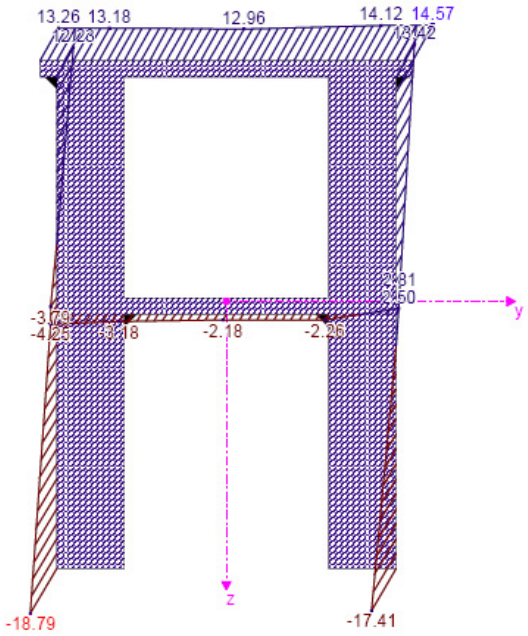


Abbildung 70: Spannungsverteilung Untergurtquerschnitt - Knoten B

Die maximalen Spannungen treten im Untergurtquerschnitt des Knoten B auf. Abb. 70 zeigt die maximalen Spannungen an der maßgebenden Stelle. Die Ausnutzung des Querschnittes beträgt im Grenzzustand der Tragfähigkeit

$$n = \frac{\sigma_{x,Ed}}{\frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = \frac{18,79\,kN/cm^2}{21,5\,kN/cm^2} = 0,88 \leq 1,0 \tag{30}$$

und somit ist der Nachweis der Beanspruchbarkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit erbracht. Die Vergleichsspannungen sind in diesem Querschnitt kleiner als die maximale Spannung $\sigma_{x,Ed}$.

Eine detaillierte Auflistung der Einzelergebnisse der Spannungen und Grenzspannungen für die einzelnen Querschnitte befindet sich in Anhang.

7.3.2 Stabilitätsnachweis des Tragwerkes

Um den Stabilitätsnachweis zu erbringen, müssen druckbeanspruchte Bauteile in Hinblick auf seitliches Ausweichen der Stäbe untersucht werden. Dazu wurde mittels RSTAB - Berechnung ein Biegeknicknachweis geführt. Stellvertretend für alle

druckbeanspruchten Bauteile wird in der Folge der Biegeknicknachweis am herausgelösten, wasserseitigen Druckstab nach dem Einzelstabnachweis laut EN 1993-1-1 [13], nationale Erläuterung und Ergänzung, geführt. Der wasserseitige Druckstab ist ein Rahmentragwerk mit zwei Rahmenstielen, die jeweils eine Gitterstütze bilden. Der Nachweis wird um die schwache Achse der Gitterstütze geführt, da der Rahmenstiel hier über die ganze Länge ausknicken kann. Das bedeutet, es muss der Nachweis um die y-Achse des folgenden Querschnittes erbracht werden.

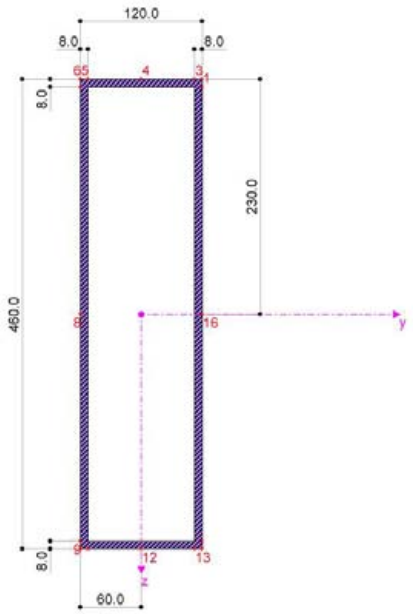


Abbildung 71: Querschnitt des herausgelösten Einzelstabes

Der Stab hat eine Knicklänge von $L_{cr} = 15,525\ m$. Die einwirkenden Bemessungsschnittgrößen sind:

$$M_{y,Ed} = 78,17\ kNm$$

$$N_{Ed} = 600\ kN$$

Aus den in Abb. 72 angeführten Querschnittswerten kann

$$i_y = 15,43\ cm$$

$$\bar{\lambda_y} = \frac{L_{cr}}{i_y} \cdot \frac{1}{93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}}} = \frac{15,525}{0,1543 \cdot 93,9} = 1,07 \tag{31}$$

berechnet werden. Daraus folgt ein Abminderungsfaktor $\chi_y = 0,58$ für die Knickspannungslinie c. Die Querschnittswiderstände berechnen sich zu:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{90,24 \cdot 23,5}{1,0} = 2120,64\ kN \tag{32}$$

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{90,24 \cdot 23,5}{1,1} = 1927,85\ kN \tag{33}$$

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1222,46 \cdot 23,5}{1,1} = 261,16\ kNm \tag{34}$$

$$M_{N,Rd,y} = M_{pl,Rd,y} \cdot \left[1 - \left(\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}\right)^2\right] = 261,16 \cdot \left[1 - \left(\frac{600}{2120,64}\right)^2\right] = 240,26\ kNm \tag{35}$$

Damit ergeben sich folgende Beiwerte

$$n_y = \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} = \frac{600}{0,58 \cdot 1927,85} = 0,5366 \tag{36}$$

$$k_y = 1 + \left(\bar{\lambda_y} - 0,2\right) \cdot n_y = 1,46684 \leq 1 + 0,8 \cdot n_y \tag{37}$$

$$k_y = 1 + 0,8 \cdot n_y = 1,4293 \tag{38}$$

$$C_{my} = 0,9$$

und der Biegeknicknachweis kann wie folgt geführt werden:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} + k_y \cdot \frac{C_{my} \cdot M_{y,Ed}}{M_{N,Rd,y}} = \frac{600}{0,58 \cdot 1927,85} + 1,4293 \cdot \frac{0,9 \cdot 78,17}{240,26} = 0,955 < 1,0 \tag{39}$$

Somit ist der Stabilitätsnachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit erbracht.

QUERSCHNITTSWERTE TO 460/120/8/8/8/8

Querschnittwert-Bezeichnung	Symbol	Wert	Einheit	
Profilhöhe	a	460.0	mm	
Profilhöhe	h	460.0	mm	
Profilbreite	b	120.0	mm	
Wanddicke links	t_{al}	8.0	mm	
Wanddicke rechts	t_{ar}	8.0	mm	
Wanddicke oben	t_{bo}	8.0	mm	
Wanddicke unten	t_{bu}	8.0	mm	
Querschnittsfläche	A	90.24	cm^2	
Schubfläche	A_y	8.38	cm^2	
Schubfläche	A_z	66.96	cm^2	
Kernfläche	A_k	506.24	cm^2	
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades)	I_y	21478.10	cm^4	
Trägheitsmoment (Flächenmoment 2. Grades)	I_z	2462.00	cm^4	
Polares Trägheitsmoment	I_p	23940.10	cm^4	
Trägheitsradius	i_y	154.3	mm	
Trägheitsradius	i_z	52.2	mm	
Polarer Trägheitsradius	i_p	162.9	mm	
Querschnittsgewicht	G	70.8	kg/m	
Mantelfläche	U	1.160	m^2/m	
Torsionsträgheitsmoment	I_t	7289.58	cm^4	
Wölbwiderstand bezogen auf M	I_ω	175094.00	cm^6	
Widerstandsmoment	W_y	933.83	cm^3	
Widerstandsmoment	W_z	410.33	cm^3	
Wölbwiderstandsmoment	W_ω	-2294.95	cm^4	
Statisches Moment	$S_{y,max}$	305.62	cm^3	
Statisches Moment	$S_{z,max}$	113.86	cm^3	
Wölbordinate	ω_{max}	76.30	cm^2	
Wölbfläche (Flächenmoment 1. Grades mit ω)	$S_{\omega,max}$	516.77	cm^4	
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,y,max}$	1222.46	cm^3	
Plastisches Widerstandsmoment	$W_{pl,z,max}$	455.42	cm^3	
Plastischer Formbeiwert	$\alpha_{pl,y,max}$	1.309		
Plastischer Formbeiwert	$\alpha_{pl,z,max}$	1.110		
Knicklinie nach DIN	$KL_{y,DIN}$	a		
Knicklinie nach DIN	$KL_{z,DIN}$	a		
Knicklinie nach EN	$KL_{y,EN}$	a		
Knicklinie nach EN	$KL_{z,EN}$	a		
Knicklinie nach EN für Stahl S 460	$KL_{y,EN,S460}$	a_0		
Knicklinie nach EN für Stahl S 460	$KL_{z,EN,S460}$	a_0		

Abbildung 72: Querschnittswerte

Analog zu der vorhergehenden Berechnung wurde der Biegeknicknachweis für alle druckbeanspruchten Bauteile durchgeführt. Abb. 73 zeigt den Verlauf der Ausnutzungsgrade des Biegeknicknachweises am gesamten Tragwerk. An keiner Stelle des Tragwerkes werden 100% erreicht.

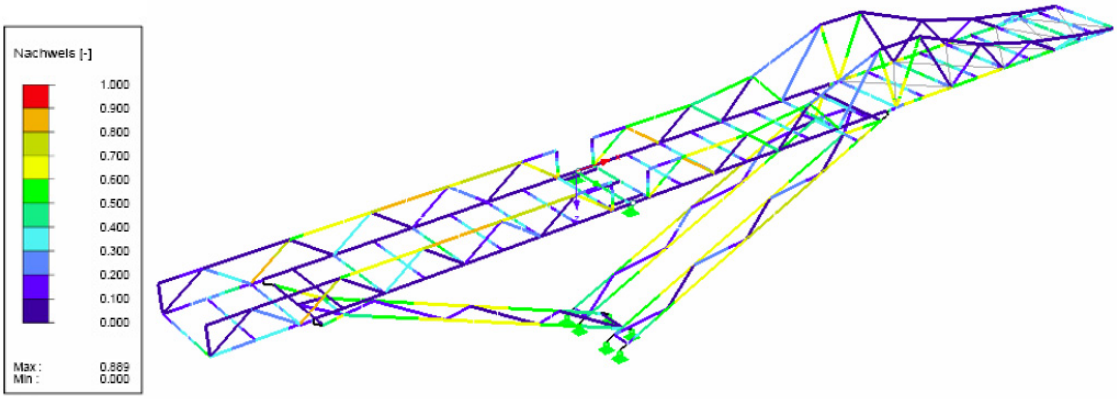


Abbildung 73: Ergebnisverlauf Biegeknicknachweis

7.3.3 Nachweis der Beanspruchbarkeit der Verbindungen

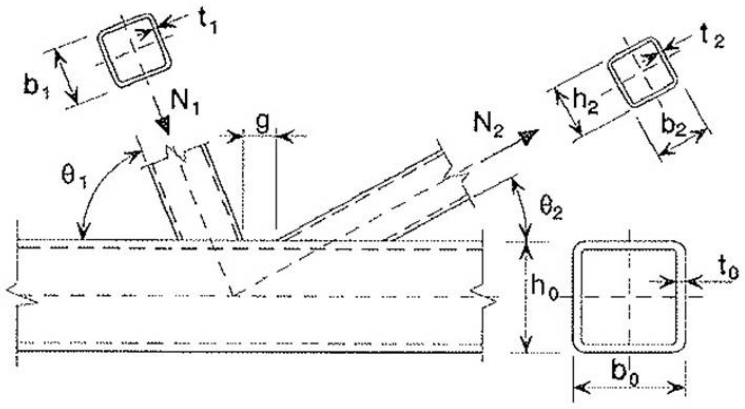


Abbildung 74: Systemskizze Knotenanschluss

Stellvertetend für alle Fachwerksknoten, wird der Nachweis der Anschüsse der Vertikalstäbe an den Untergurt gemäß EN 1993-1-8 Tabelle 7.12 [13] geführt. Der betrachtete Knoten befindet sich am wasserseitigen Brückenträger links des Knoten B, siehe Abb. 75.

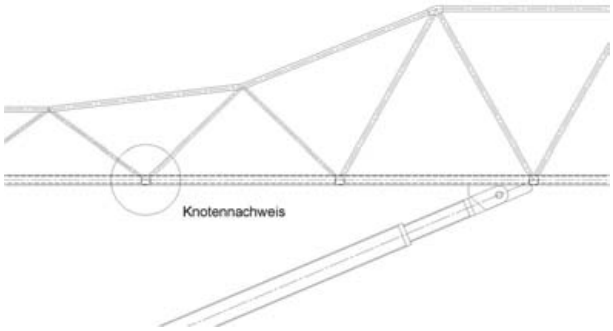


Abbildung 75: betrachteter Knoten

Die maßgebenden Schnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind

$N_{1,Ed} = -74,28\ kN$

$\Theta_1 = 35,85°$

$N_{2,Ed} = +121,94\ kN$

$\Theta_2 = 43,42°$

$N_{0,Ed} = +600,56\ kN$

$V_{Ed} = N_{1,Ed} \cdot \sin(\Theta_1) + N_{2,Ed} \cdot \sin(\Theta_2) = 40,31\ kN$

Aus den Querschnittswerten für RHP 120/60/4 und QHP 200/10 ergibt sich:

$b_1 = b_2 = 12,0\ cm;\ h_1 = h_2 = 6,0\ cm;\ t_i = 0,4\ cm$

$b_0 = h_0 = 20,0\ cm;\ t_0 = 1,0\ cm$

Aus der Geometrie der Verbindungsknoten ergibt sich:

$g = 2,0\ cm\ ;\ \alpha = \sqrt{\frac{1}{1+\frac{4g^2}{3t_0^2}}} = 0,39736\ ;\ A_v = (2h_0 + \alpha b_0) \cdot t_o = 47,95\ cm^2$

Die Beiwerte sind:

$b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot \frac{t_0}{t_i} \cdot b_i = 15,0\ cm\ ;\ b_{e,p} = \frac{10}{b_0 \cdot t_0} \cdot b_i = 6,0\ cm\ ;$

$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{74,28}{13,5 \cdot 23,5 \cdot \frac{1}{1,0}} = 0,2341$

$$k_{n,Druck} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{1,0} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,2341}{1,0} = 1,206$$

$$k_{n,Zug} = 1,0$$

7.3.3.1 Versagen des Gurtstabes:

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\Theta)} \cdot \left(\frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0}\right) / \gamma_{M5} = 193,862\ kN \tag{40}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 \cdot k_n \cdot f_y \cdot t_0^2}{\sin(\Theta)} \cdot \left(\frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0}\right) / \gamma_{M5} = 136,93\ kN \tag{41}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{74,28}{193,862} = 0,38 \leq 1,0 \tag{42}$$

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} = \frac{121,94}{136,93} = 0,89 \leq 1,0 \tag{43}$$

7.3.3.2 Schubversagen des Gurtstabes:

$$Vpl, Rd = \frac{A \cdot b}{(b+h)} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 497,936\ kN$$

$$N_{1,Rd} = \frac{\cdot f_y \cdot A_v \cdot}{\sqrt{3} \cdot \sin(\Theta)} / \gamma_{M5} = 1110,830\ kN \tag{44}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{\cdot f_y \cdot A_v \cdot}{\sqrt{3} \cdot \sin(\Theta)} / \gamma_{M5} = 946,506\ kN \tag{45}$$

$$N_{0,Rd} = \left[(A_0 - A_v) f_y + A_v \cdot f_y \cdot \sqrt{1 - (V_{Ed}/V_{pl,Rd})^2} \right] / \gamma_{M5} = 1721,2\ kN \tag{46}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{74,28}{1110,830} = 0,07 \leq 1,0 \tag{47}$$

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} = \frac{121,94}{946,506} = 0,13 \leq 1,0 \tag{48}$$

$$\frac{N_{0,Ed}}{N_{0,Rd}} = \frac{600,56}{1721,2} =, 35 \leq 1,0 \tag{49}$$

7.3.3.3 Versagen der Strebe:

$$N_{1,Rd} = f_y \cdot t_i \cdot (2h_i - 4t_i + b_i + b_{eff}) / \gamma_{M5} = 351,56\ kN \tag{50}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,2,Rd}} = \frac{74,28}{351,56} = 0,21 \leq 1,0 \tag{51}$$

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{1,2,Rd}} = \frac{121,94}{351,56} = 0,35 \leq 1,0 \tag{52}$$

7.3.3.4 Durchstanzen:

$$N_{1,Rd} = \frac{f_y \cdot t_0}{\sqrt{3} \sin(\Theta)} \cdot \left(\frac{2h_i}{\sin(\Theta)} + b_i + b_{e,p} \right) / \gamma_{M5} = 891,662\ kN \tag{53}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{f_y \cdot t_0}{\sqrt{3}\sin(\Theta)} \cdot \left(\frac{2h_i}{\sin(\Theta)} + b_i + b_{e,p} \right) / \gamma_{M5} = 699,933\ kN \tag{54}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,2,Rd}} = \frac{74,28}{891,662} = 0,08 \leq 1,0 \tag{55}$$

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{1,2,Rd}} = \frac{121,94}{699,933} = 0,17 \leq 1,0 \tag{56}$$

7.4 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

In der Regel sind folgende Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit zu erfüllen:

7.4.1 Begrenzung der elastischen Dehnungen

Es ist zu gewährleisten, dass keine übermäßigen plastischen Fließerscheinungen auftreten und keine Abweichungen von der Sollform durch bleibende Verformungen entstehen. Durch die in Abschnitt 7.3 geführten Nachweise, welche die Spannungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit durch die Streckgrenze begrenzen, sind auch die Nachweise

$$\sigma_{x,Ed,ser} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M,ser}} \tag{57}$$

$$\sigma_{z,Ed,ser} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M,ser}} \tag{58}$$

$$\tau_{Ed,ser} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,ser}} \tag{59}$$

$$\sigma_{V,ser} = \sqrt{\sigma^2_{x,Ed,ser} + \sigma^2_{z,Ed,ser} - \sigma_{x,Ed,ser} \cdot \sigma_{z,Ed,ser} + 3 \cdot \tau_{Ed,ser}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M,ser}} \tag{60}$$

erfüllt.

7.4.2 Begrenzung der Verformung

Es dürfen keine Einengungen des Lichtraumprofils auftreten. Die Verformungen dürfen keine Rissbildung in den Fahrbahnbelägen hervorrufen.

Die maximale vertikale Durchbiegung in Folge häufiger Lastfallkombination beträgt $w_{tot} = 66,5\ mm$. Diese stellt sich, wie man in Abb. 76 erkennen kann, am Kragarmspitz ein. Die maximale seitliche Verformung beträgt am Kragarmspitz $u_{y,max} = 17,6\ mm$.

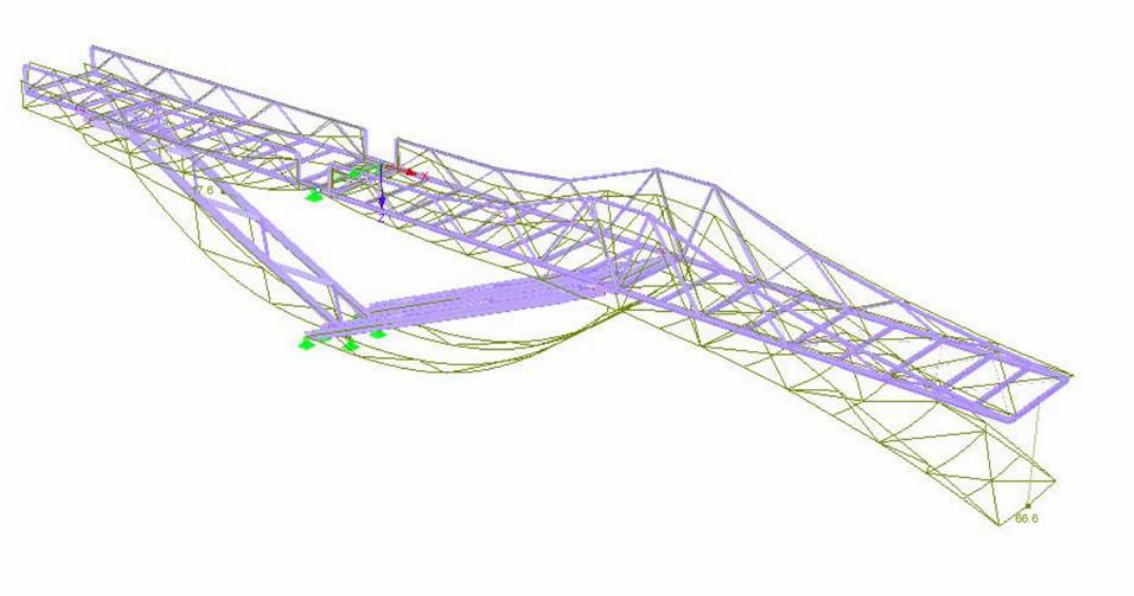


Abbildung 76: Verformung des Tragwerkes; [mm]

Die maximale vertikale Durchbiegung in Folge Eigengewicht beträgt $w_{max,EG} = 20,4\ mm$. Wird nun der Kragarm mit einer Überhöhung in der Größenordnung der Durchbiegung in Folge Eigengewicht angefertigt, beträgt die maximale Durchbiegung:

$$w_{max} = w_{tot} - w_{max,EG} = 46,1\ mm \mathrel{\hat{\simeq}} \frac{L_{St}}{370} \tag{61}$$

Die Länge des Kragarms beträgt $Lst = 17,05\ m$. Die Grenzwerte für die maximalen Durchbiegungen sollten mit dem Auftraggeber abgestimmt werden.

7.4.3 Begrenzung der Eigenfrequenz

Zur Vermeidung von Schwingungen in Folge Verkehr oder Wind, die für Fußgänger nicht akzeptabel sind, gelten folgende Komfortkriterien:

- maximale Beschleunigung von 0,7 m/s^2 für vertikale Schwingungen
- maximale Beschleunigung von 0,2 m/s^2 für horizontale Schwingungen bei normaler Nutzung
- maximale Beschleunigung von 0,4 m/s^2 für außergewöhnliche Menschenansammlungen

Der Nachweis muss erbracht werden, wenn die Grundfrequenz des Überbaus kleiner ist als:

- 5 Hz für Vertikalschwingungen
- 2,5 Hz für Horizontalschwingungen

Die 1. Eigenfrequenz des wasserseitigen Brückenträgers liegt laut RSTAB - Berechnung bei 2,475 Hz und die des landseitigen Brückenträgers bei 2,66 Hz. Eine genauere dynamische Untersuchung ist im Falle der Realisierung des Projektes unumgänglich, wurde aber in dieser Arbeit nicht weiter verfolgt. Gegebenenfalls sind Schwingungstilger vorzusehen.

7.5 Berechnung der Hubkurve

Zur Berechnung der erforderlichen Hubkraft, die von der Hubhöhe abhängig und somit zeitlich variabel ist, wurden zwei Berechnungsarten durchgeführt. Auf Basis der in Abschnitt 5.2 angegebenen Formeln wurde zunächst der Hubkraftverlauf mit einer vereinfachten Berechnung abgeschätzt. Da diese Berechnung keine Exzentrizitäten der Tragwerksteile berücksichtigt, sondern die Belastungen nur durch Knotengewichte eingehen und da während der Planungsphase mehrmals Querschnittsänderungen erfolgten, wurde eine zweite Berechnung mittels RSTAB durchgeführt. Durch diese Berechnung werden die Auflagerreaktionen und Kräfteverläufe exakt erfasst.

7.5.1 Vereinfachte Abschätzung der Hubkkurve

Abb. 77 zeigt das statische System des Brückenklappverfahrens angepasst an die Randbedingungen der Klappbrücke Lobau.

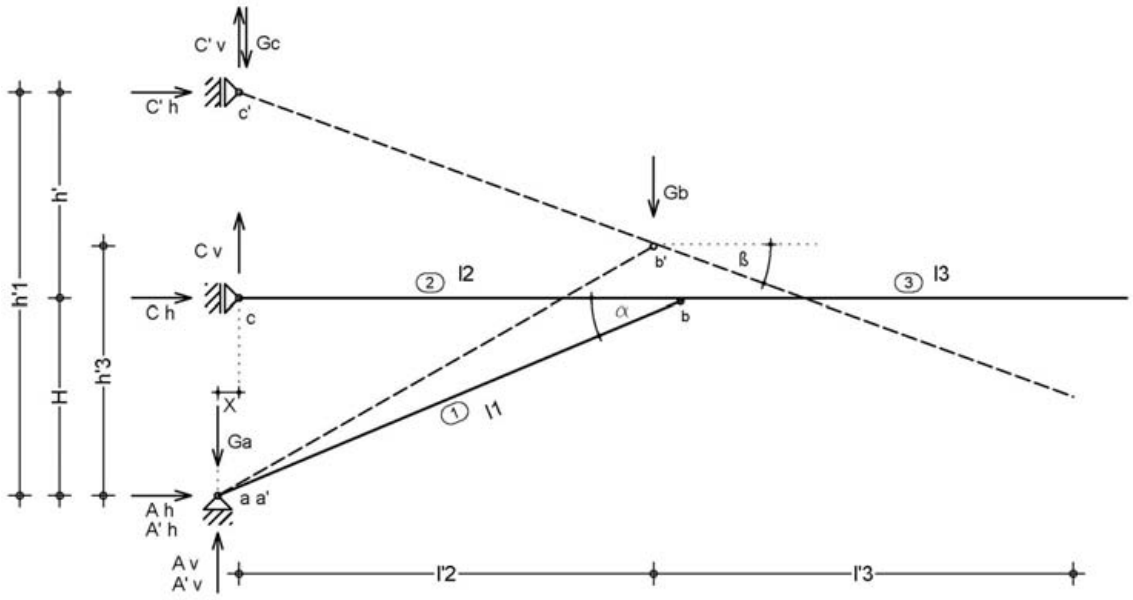


Abbildung 77: Statisches System Klappvorgang

Aus den geometrischen Randbedingungen

$$l_2' = l_2 \cdot \cos(\beta) \tag{62}$$

$$l_2' = l_1 \cdot \cos(\alpha) - X \tag{63}$$

$$h' = l_1 \cdot \sin(\alpha) - H + l_2 \cdot \sin(\beta) \tag{64}$$

und der Bedingung

$$l_2' = l_2'$$

$$l_2 \cdot \cos(\beta) = l_1 \cdot \cos(\alpha) - X \tag{65}$$

lässt sich α in Abhängigkeit von β ausdrücken:

$$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{l_2 \cdot \cos(\beta) + X}{l_1}\right) \tag{66}$$

Setzt man nun in die geometrischen Randbedingungen ein, erhält man folgende Gleichungen:

$$h_3' = l_1 \cdot \sin\left[\cos^{-1}\left(\frac{l_2 \cdot \cos(\beta) + X}{l_1}\right)\right] \tag{67}$$

$$h' = h_3' - H + l_2 \cdot \sin(\beta) \tag{68}$$

$$h' = l_1 \cdot \sin\left[\cos^{-1}\left(\frac{l_2 \cdot \cos(\beta) + X}{l_1}\right)\right] - H + l_2 \cdot \sin(\beta) \tag{69}$$

$$l_2' = l_2 \cdot \cos(\beta) \tag{70}$$

$$l_3' = l_3 \cdot \cos(\beta) \tag{71}$$

Demnach sind l_2'; l_3'; h_1'; h_3' Funktionen von β.

Bildet man nun die Gleichgewichtsbedingungen, die in jedem Zustand des Klappvorganges gelten müssen und schreibt sie in folgender Weise

$$\begin{pmatrix} \sum M_a = 0 \\ \sum M_c = 0 \\ \sum M_{b,u} = 0 \\ \sum M_{b,o} = 0 \\ \sum V = 0 \\ \sum H = 0 \end{pmatrix} = R \cdot \begin{pmatrix} A_v \\ C_v \\ A_h \\ C_h \\ G_a \\ G_b \\ G_c \\ G_d \end{pmatrix} \tag{72}$$

$$R = \begin{bmatrix} 0 & -X & 0 & -h'_1 & 0 & X + l'_2 & X & X + l'_2 + l'_3 \\ X & 0 & -h'_1 & 0 & -X & l'_2 & 0 & X + l'_2 + l'_3 \\ X + l'_2 & 0 & -h'_3 & 0 & -X - l'_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & l'_2 & 0 & -h'_1 - h'_3 & 0 & 0 & -l'_2 & l'_3 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{73}$$

lässt sich das Gleichungssystem nach A_v, C_v, A_h und $C_h$auflösen. Die für den Hubvorgang interessanten Auflagerreaktion C_h und C_v sind

$$C_h = \frac{[G_b \cdot l'_2 + G_d \cdot (l'_2 + l'_3)] \cdot (X + l'_2)}{(h'_1 - h'_3) \cdot X + h'_1 \cdot l'_2} \tag{74}$$

$$C_v = \frac{(G_b + G_c + G_d) \cdot (h'_1 - h'_3) \cdot X + G_{b\cdot} (h'_1 - h'_3) \cdot l'_2 + G_d \cdot [h'_1 \cdot l'_2 - h'_3 \cdot (l'_2 + l'_3)]}{(h'_1 - h'_3) \cdot X + h'_1 \cdot l'_2} \tag{75}$$

Die Auflagerreaktion, die nur vom Klappwinkel β, also indirekt von der Hubhöhe h' abhängig sind, lassen sich in einer Excel-Berechnung tabellarisch berechnen.

Die Knotengewichte wurden wie folgt zusammen gesetzt:

$G_a = \frac{G_{l_1}}{2}$

$G_b = \frac{G_{l_1}}{2} + \frac{G_{l_2}}{2} + \frac{G_{l_3}}{2}$

$G_c = \frac{G_{l_2}}{2}$

$G_d = \frac{G_{l_3}}{2}$

In einer Excel - Berechnung wurden laut den vorhergehenden Formeln die Auflagerreaktionen für den wasserseitigen Brückenträger, siehe Tab. 10 , und den landseitigen Brückenträger, siehe Tab. 11, ermittelt.

H=	7,329 m	GA=	38,80 kN
X=	0,800 m	GB=	87,60 kN
l1=	18,247 m	GC=	27,88 kN
l2=	15,910 m	GD=	20,91 kN
l3=	17,050 m		

β	β	H+h'	h'	l2'	l3'	H'	Av	Ah	Cv	Ch
0,00 °	**0,000 rad**	**7,329 m**	**0,000 m**	**15,910 m**	**17,050 m**	**7,329 m**	**169,73 kN**	**298,51 kN**	**5,47 kN**	**298,51 kN**
2,25 °	0,039 rad	7,982 m	0,653 m	15,898 m	17,037 m	7,357 m	159,01 kN	272,83 kN	16,11 kN	272,83 kN
4,50 °	0,079 rad	8,688 m	1,359 m	15,861 m	16,997 m	7,440 m	150,11 kN	249,27 kN	24,94 kN	249,27 kN
6,75 °	0,118 rad	9,445 m	2,116 m	15,800 m	16,932 m	7,575 m	142,76 kN	227,81 kN	32,23 kN	227,81 kN
9,00 °	0,157 rad	10,249 m	2,920 m	15,714 m	16,840 m	7,760 m	136,72 kN	208,38 kN	38,22 kN	208,38 kN
11,25 °	**0,196 rad**	**11,094 m**	**3,765 m**	**15,604 m**	**16,722 m**	**7,990 m**	**131,76 kN**	**190,86 kN**	**43,14 kN**	**190,86 kN**
13,50 °	0,236 rad	11,973 m	4,644 m	15,470 m	16,579 m	8,259 m	127,69 kN	175,11 kN	47,18 kN	175,11 kN
15,75 °	0,275 rad	12,881 m	5,552 m	15,313 m	16,410 m	8,563 m	124,33 kN	160,95 kN	50,50 kN	160,95 kN
18,00 °	0,314 rad	13,812 m	6,483 m	15,131 m	16,216 m	8,896 m	121,57 kN	148,23 kN	53,24 kN	148,23 kN
20,25 °	0,353 rad	14,759 m	7,430 m	14,927 m	15,996 m	9,253 m	119,27 kN	136,77 kN	55,51 kN	136,77 kN
22,50 °	**0,393 rad**	**15,718 m**	**8,389 m**	**14,699 m**	**15,752 m**	**9,629 m**	**117,35 kN**	**126,44 kN**	**57,41 kN**	**126,44 kN**
24,75 °	0,432 rad	16,682 m	9,353 m	14,449 m	15,484 m	10,021 m	115,75 kN	117,09 kN	58,99 kN	117,09 kN
27,00 °	0,471 rad	17,647 m	10,318 m	14,176 m	15,192 m	10,424 m	114,39 kN	108,60 kN	60,33 kN	108,60 kN
29,25 °	0,511 rad	18,609 m	11,280 m	13,881 m	14,876 m	10,835 m	113,24 kN	100,87 kN	61,46 kN	100,87 kN
31,50 °	0,550 rad	19,563 m	12,234 m	13,566 m	14,538 m	11,250 m	112,25 kN	93,79 kN	62,43 kN	93,79 kN
33,75 °	**0,589 rad**	**20,507 m**	**13,178 m**	**13,229 m**	**14,177 m**	**11,668 m**	**111,40 kN**	**87,29 kN**	**63,26 kN**	**87,29 kN**
36,00 °	0,628 rad	21,436 m	14,107 m	12,871 m	13,794 m	12,084 m	110,66 kN	81,30 kN	63,98 kN	81,30 kN
38,25 °	0,668 rad	22,348 m	15,019 m	12,494 m	13,390 m	12,498 m	110,01 kN	75,75 kN	64,61 kN	75,75 kN
40,50 °	0,707 rad	23,239 m	15,910 m	12,098 m	12,965 m	12,907 m	109,44 kN	70,59 kN	65,16 kN	70,59 kN
42,75 °	0,746 rad	24,108 m	16,779 m	11,683 m	12,520 m	13,308 m	108,92 kN	65,78 kN	65,65 kN	65,78 kN
45,00 °	**0,785 rad**	**24,952 m**	**17,623 m**	**11,250 m**	**12,056 m**	**13,702 m**	**108,46 kN**	**61,27 kN**	**66,08 kN**	**61,27 kN**
47,25 °	0,825 rad	25,768 m	18,439 m	10,800 m	11,574 m	14,085 m	108,04 kN	57,02 kN	66,47 kN	57,02 kN
49,50 °	0,864 rad	26,555 m	19,226 m	10,333 m	11,073 m	14,457 m	107,65 kN	53,02 kN	66,83 kN	53,02 kN
51,75 °	0,903 rad	27,311 m	19,982 m	9,850 m	10,556 m	14,816 m	107,28 kN	49,23 kN	67,16 kN	49,23 kN
54,00 °	0,942 rad	28,033 m	20,704 m	9,352 m	10,022 m	15,162 m	106,94 kN	45,62 kN	67,47 kN	45,62 kN
56,25 °	**0,982 rad**	**28,721 m**	**21,392 m**	**8,839 m**	**9,472 m**	**15,493 m**	**106,60 kN**	**42,18 kN**	**67,76 kN**	**42,18 kN**
58,50 °	1,021 rad	29,373 m	22,044 m	8,313 m	8,909 m	15,808 m	106,26 kN	38,89 kN	68,04 kN	38,89 kN
60,75 °	1,060 rad	29,988 m	22,659 m	7,774 m	8,331 m	16,107 m	105,92 kN	35,73 kN	68,32 kN	35,73 kN
63,00 °	1,100 rad	30,564 m	23,235 m	7,223 m	7,741 m	16,388 m	105,57 kN	32,69 kN	68,60 kN	32,69 kN
65,25 °	1,139 rad	31,100 m	23,771 m	6,661 m	7,138 m	16,652 m	105,20 kN	29,75 kN	68,89 kN	29,75 kN
67,50 °	**1,178 rad**	**31,595 m**	**24,266 m**	**6,088 m**	**6,525 m**	**16,896 m**	**104,78 kN**	**26,90 kN**	**69,21 kN**	**26,90 kN**
69,75 °	1,217 rad	32,049 m	24,720 m	5,507 m	5,901 m	17,122 m	104,32 kN	24,13 kN	69,55 kN	24,13 kN
72,00 °	1,257 rad	32,459 m	25,130 m	4,916 m	5,269 m	17,328 m	103,77 kN	21,43 kN	69,95 kN	21,43 kN
74,25 °	1,296 rad	32,827 m	25,498 m	4,319 m	4,628 m	17,514 m	103,10 kN	18,79 kN	70,43 kN	18,79 kN
76,50 °	1,335 rad	33,150 m	25,821 m	3,714 m	3,980 m	17,679 m	102,25 kN	16,20 kN	71,03 kN	16,20 kN
78,75 °	**1,374 rad**	**33,428 m**	**26,099 m**	**3,104 m**	**3,326 m**	**17,824 m**	**101,11 kN**	**13,65 kN**	**71,83 kN**	**13,65 kN**
81,00 °	1,414 rad	33,662 m	26,333 m	2,489 m	2,667 m	17,948 m	99,50 kN	11,12 kN	72,97 kN	11,12 kN
83,25 °	1,453 rad	33,850 m	26,521 m	1,870 m	2,004 m	18,050 m	97,00 kN	8,61 kN	74,72 kN	8,61 kN
85,50 °	1,492 rad	33,992 m	26,663 m	1,248 m	1,338 m	18,131 m	92,56 kN	6,07 kN	77,82 kN	6,07 kN
87,00 °	**1,518 rad**	**34,062 m**	**26,733 m**	**0,833 m**	**0,892 m**	**18,173 m**	**87,04 kN**	**4,33 kN**	**81,68 kN**	**4,33 kN**

Tabelle 10: vereinfachte Berechnung der Auflagerreaktionen - wasserseitiger Brückenträger

H=	7,329 m	GA=	21,74 kN
X=	0,800 m	GB=	49,61 kN
I1=	18,247 m	GC=	27,88 kN
I2=	15,910 m	GD=	0,00 kN
I3=	4,440 m		

β	β	H+h'	h'	l2'	l3'	H'	Av	Ah	Cv	Ch
0,00 °	**0,000 rad**	**7,329 m**	**0,000 m**	**15,910 m**	**4,440 m**	**7,329 m**	**71,35 kN**	**113,12 kN**	**27,88 kN**	**113,12 kN**
2,25 °	0,039 rad	7,982 m	0,653 m	15,898 m	4,437 m	7,357 m	**67,29 kN**	**103,39 kN**	**31,95 kN**	**103,39 kN**
4,50 °	0,079 rad	8,688 m	1,359 m	15,861 m	4,426 m	7,440 m	**63,91 kN**	**94,46 kN**	**35,32 kN**	**94,46 kN**
6,75 °	0,118 rad	9,445 m	2,116 m	15,800 m	4,409 m	7,575 m	**61,13 kN**	**86,33 kN**	**38,10 kN**	**86,33 kN**
9,00 °	0,157 rad	10,249 m	2,920 m	15,714 m	4,385 m	7,760 m	**58,84 kN**	**78,97 kN**	**40,39 kN**	**78,97 kN**
11,25 °	**0,196 rad**	**11,094 m**	**3,765 m**	**15,604 m**	**4,355 m**	**7,990 m**	**56,96 kN**	**72,33 kN**	**42,27 kN**	**72,33 kN**
13,50 °	0,236 rad	11,973 m	4,644 m	15,470 m	4,317 m	8,259 m	**55,42 kN**	**66,36 kN**	**43,81 kN**	**66,36 kN**
15,75 °	0,275 rad	12,881 m	5,552 m	15,313 m	4,273 m	8,563 m	**54,15 kN**	**60,99 kN**	**45,08 kN**	**60,99 kN**
18,00 °	0,314 rad	13,812 m	6,483 m	15,131 m	4,223 m	8,896 m	**53,10 kN**	**56,17 kN**	**46,13 kN**	**56,17 kN**
20,25 °	0,353 rad	14,759 m	7,430 m	14,927 m	4,166 m	9,253 m	**52,23 kN**	**51,83 kN**	**47,00 kN**	**51,83 kN**
22,50 °	**0,393 rad**	**15,718 m**	**8,389 m**	**14,699 m**	**4,102 m**	**9,629 m**	**51,50 kN**	**47,91 kN**	**47,73 kN**	**47,91 kN**
24,75 °	0,432 rad	16,682 m	9,353 m	14,449 m	4,032 m	10,021 m	**50,89 kN**	**44,37 kN**	**48,33 kN**	**44,37 kN**
27,00 °	0,471 rad	17,647 m	10,318 m	14,176 m	3,956 m	10,424 m	**50,38 kN**	**41,15 kN**	**48,85 kN**	**41,15 kN**
29,25 °	0,511 rad	18,609 m	11,280 m	13,881 m	3,874 m	10,835 m	**49,94 kN**	**38,22 kN**	**49,28 kN**	**38,22 kN**
31,50 °	0,550 rad	19,563 m	12,234 m	13,566 m	3,786 m	11,250 m	**49,57 kN**	**35,54 kN**	**49,66 kN**	**35,54 kN**
33,75 °	**0,589 rad**	**20,507 m**	**13,178 m**	**13,229 m**	**3,692 m**	**11,668 m**	**49,25 kN**	**33,08 kN**	**49,98 kN**	**33,08 kN**
36,00 °	0,628 rad	21,436 m	14,107 m	12,871 m	3,592 m	12,084 m	**48,97 kN**	**30,81 kN**	**50,26 kN**	**30,81 kN**
38,25 °	0,668 rad	22,348 m	15,019 m	12,494 m	3,487 m	12,498 m	**48,72 kN**	**28,70 kN**	**50,51 kN**	**28,70 kN**
40,50 °	0,707 rad	23,239 m	15,910 m	12,098 m	3,376 m	12,907 m	**48,50 kN**	**26,75 kN**	**50,73 kN**	**26,75 kN**
42,75 °	0,746 rad	24,108 m	16,779 m	11,683 m	3,260 m	13,308 m	**48,31 kN**	**24,93 kN**	**50,92 kN**	**24,93 kN**
45,00 °	**0,785 rad**	**24,952 m**	**17,623 m**	**11,250 m**	**3,140 m**	**13,702 m**	**48,13 kN**	**23,22 kN**	**51,10 kN**	**23,22 kN**
47,25 °	0,825 rad	25,768 m	18,439 m	10,800 m	3,014 m	14,085 m	**47,97 kN**	**21,61 kN**	**51,25 kN**	**21,61 kN**
49,50 °	0,864 rad	26,555 m	19,226 m	10,333 m	2,884 m	14,457 m	**47,83 kN**	**20,09 kN**	**51,40 kN**	**20,09 kN**
51,75 °	0,903 rad	27,311 m	19,982 m	9,850 m	2,749 m	14,816 m	**47,69 kN**	**18,65 kN**	**51,54 kN**	**18,65 kN**
54,00 °	0,942 rad	28,033 m	20,704 m	9,352 m	2,610 m	15,162 m	**47,55 kN**	**17,29 kN**	**51,67 kN**	**17,29 kN**
56,25 °	**0,982 rad**	**28,721 m**	**21,392 m**	**8,839 m**	**2,467 m**	**15,493 m**	**47,43 kN**	**15,98 kN**	**51,80 kN**	**15,98 kN**
58,50 °	1,021 rad	29,373 m	22,044 m	8,313 m	2,320 m	15,808 m	**47,30 kN**	**14,74 kN**	**51,93 kN**	**14,74 kN**
60,75 °	1,060 rad	29,988 m	22,659 m	7,774 m	2,169 m	16,107 m	**47,17 kN**	**13,54 kN**	**52,06 kN**	**13,54 kN**
63,00 °	1,100 rad	30,564 m	23,235 m	7,223 m	2,016 m	16,388 m	**47,04 kN**	**12,39 kN**	**52,19 kN**	**12,39 kN**
65,25 °	1,139 rad	31,100 m	23,771 m	6,661 m	1,859 m	16,652 m	**46,90 kN**	**11,27 kN**	**52,33 kN**	**11,27 kN**
67,50 °	**1,178 rad**	**31,595 m**	**24,266 m**	**6,088 m**	**1,699 m**	**16,896 m**	**46,74 kN**	**10,19 kN**	**52,49 kN**	**10,19 kN**
69,75 °	1,217 rad	32,049 m	24,720 m	5,507 m	1,537 m	17,122 m	**46,56 kN**	**9,14 kN**	**52,67 kN**	**9,14 kN**
72,00 °	1,257 rad	32,459 m	25,130 m	4,916 m	1,372 m	17,328 m	**46,35 kN**	**8,12 kN**	**52,87 kN**	**8,12 kN**
74,25 °	1,296 rad	32,827 m	25,498 m	4,319 m	1,205 m	17,514 m	**46,10 kN**	**7,12 kN**	**53,13 kN**	**7,12 kN**
76,50 °	1,335 rad	33,150 m	25,821 m	3,714 m	1,036 m	17,679 m	**45,78 kN**	**6,14 kN**	**53,45 kN**	**6,14 kN**
78,75 °	**1,374 rad**	**33,428 m**	**26,099 m**	**3,104 m**	**0,866 m**	**17,824 m**	**45,35 kN**	**5,17 kN**	**53,88 kN**	**5,17 kN**
81,00 °	1,414 rad	33,662 m	26,333 m	2,489 m	0,695 m	17,948 m	**44,74 kN**	**4,21 kN**	**54,49 kN**	**4,21 kN**
83,25 °	1,453 rad	33,850 m	26,521 m	1,870 m	0,522 m	18,050 m	**43,79 kN**	**3,26 kN**	**55,44 kN**	**3,26 kN**
85,50 °	1,492 rad	33,992 m	26,663 m	1,248 m	0,348 m	18,131 m	**42,11 kN**	**2,30 kN**	**57,12 kN**	**2,30 kN**
87,00 °	**1,518 rad**	**34,062 m**	**26,733 m**	**0,833 m**	**0,232 m**	**18,173 m**	**40,01 kN**	**1,64 kN**	**59,21 kN**	**1,64 kN**

Tabelle 11: vereinfachte Berechnung der Auflagerreaktionen - landseitiger Brückenträger

In einer weiteren Excel- Berechnung wurden die Auflagerreaktionen der beiden Brückenträger zusammengefasst und somit ergeben sich die endgültigen Auflagerreaktionen am verschieblichen Knoten C, siehe Tab. 12. Die vertikale Auflagerreaktion $C_v(h')$ entspricht der erforderlichen Hubkraft für die Klappbrücke Lobau. Führt man nun die in Abschnitt 6.3.4 beschriebene Verziehung der Führungsschie-

ne ein, erhält man eine veränderte Hubkraftkurve. Die Einrechnung der Verziehung, die in Tab. 12 in den letzten beiden Spalten erfolgt, berechnet sich laut folgender Formel und Abb. 55:

$$H_{erf} = C_{v(h')} + C_{h(h')} \cdot \tan(\alpha) \tag{76}$$

mit α.....*Tangentenwinkel*.

Auflagerreaktionen - Gesamtes Brückentragwerk						
h'	Av	Ah	Cv	Ch	Tangentenwinkel	Herf=
0,00 m	241,08 kN	185,39 kN	33,34 kN	185,39 kN	11,421 °	70,80 kN
0,65 m	226,29 kN	169,44 kN	48,06 kN	169,44 kN	8,922 °	74,66 kN
1,36 m	214,02 kN	154,81 kN	60,26 kN	154,81 kN	6,146 °	76,93 kN
2,12 m	203,90 kN	141,48 kN	70,33 kN	141,48 kN	3,332 °	78,57 kN
2,92 m	195,57 kN	129,42 kN	78,60 kN	129,42 kN	0,302 °	79,28 kN
3,76 m	188,72 kN	118,54 kN	85,40 kN	118,54 kN	0,000 °	85,40 kN
4,64 m	183,11 kN	108,75 kN	90,99 kN	108,75 kN	0,000 °	90,99 kN
5,55 m	178,48 kN	99,96 kN	95,58 kN	99,96 kN	0,000 °	95,58 kN
6,48 m	174,66 kN	92,06 kN	99,37 kN	92,06 kN	0,000 °	99,37 kN
7,43 m	171,50 kN	84,94 kN	102,51 kN	84,94 kN	0,000 °	102,51 kN
8,39 m	168,86 kN	78,53 kN	105,13 kN	78,53 kN	0,000 °	105,13 kN
9,35 m	166,64 kN	72,72 kN	107,33 kN	72,72 kN	0,000 °	107,33 kN
10,32 m	164,77 kN	67,45 kN	109,18 kN	67,45 kN	0,000 °	109,18 kN
11,28 m	163,18 kN	62,64 kN	110,75 kN	62,64 kN	0,000 °	110,75 kN
12,23 m	161,82 kN	58,25 kN	112,09 kN	58,25 kN	0,000 °	112,09 kN
13,18 m	160,65 kN	54,21 kN	113,24 kN	54,21 kN	0,000 °	113,24 kN
14,11 m	159,63 kN	50,49 kN	114,24 kN	50,49 kN	0,000 °	114,24 kN
15,02 m	158,73 kN	47,04 kN	115,12 kN	47,04 kN	0,000 °	115,12 kN
15,91 m	157,94 kN	43,84 kN	115,88 kN	43,84 kN	0,000 °	115,88 kN
16,78 m	157,23 kN	40,85 kN	116,57 kN	40,85 kN	0,000 °	116,57 kN
17,62 m	156,60 kN	38,05 kN	117,18 kN	38,05 kN	0,000 °	117,18 kN
18,44 m	156,01 kN	35,41 kN	117,73 kN	35,41 kN	0,000 °	117,73 kN
19,23 m	155,48 kN	32,93 kN	118,23 kN	32,93 kN	0,000 °	118,23 kN
19,98 m	154,97 kN	30,57 kN	118,70 kN	30,57 kN	0,000 °	118,70 kN
20,70 m	154,49 kN	28,33 kN	119,14 kN	28,33 kN	0,000 °	119,14 kN
21,39 m	154,02 kN	26,20 kN	119,56 kN	26,20 kN	0,000 °	119,56 kN
22,04 m	153,56 kN	24,15 kN	119,97 kN	24,15 kN	0,000 °	119,97 kN
22,66 m	153,10 kN	22,19 kN	120,38 kN	22,19 kN	0,000 °	120,38 kN
23,24 m	152,61 kN	20,30 kN	120,79 kN	20,30 kN	0,000 °	120,79 kN
23,77 m	152,09 kN	18,48 kN	121,22 kN	18,48 kN	0,000 °	121,22 kN
24,27 m	151,52 kN	16,71 kN	121,69 kN	16,71 kN	0,000 °	121,69 kN
24,72 m	150,88 kN	14,99 kN	122,22 kN	14,99 kN	0,000 °	122,22 kN
25,13 m	150,12 kN	13,31 kN	122,83 kN	13,31 kN	0,000 °	122,83 kN
25,50 m	149,20 kN	11,67 kN	123,56 kN	11,67 kN	0,000 °	123,56 kN
25,82 m	148,03 kN	10,06 kN	124,48 kN	10,06 kN	0,000 °	124,48 kN
26,10 m	146,46 kN	8,48 kN	125,71 kN	8,48 kN	0,000 °	125,71 kN
26,33 m	144,24 kN	6,91 kN	127,46 kN	6,91 kN	0,000 °	127,46 kN
26,52 m	140,78 kN	5,35 kN	130,16 kN	5,35 kN	0,000 °	130,16 kN
26,66 m	134,67 kN	3,77 kN	134,94 kN	3,77 kN	0,000 °	134,94 kN
26,73 m	127,05 kN	2,69 kN	140,90 kN	2,69 kN	0,000 °	140,90 kN

Tabelle 12: vereinfachte Berechnung der Auflagerreaktionen - gesamtes Brückentragwerk - Berücksichtigung der Verziehung

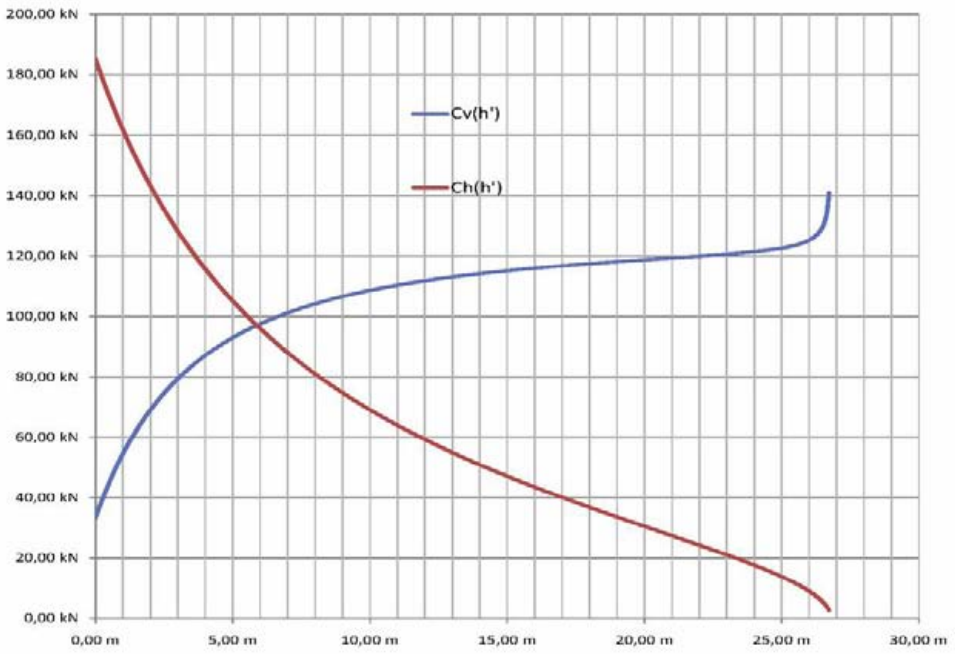


Abbildung 78: Hubkraftkurve - vereinfachte Berechnung

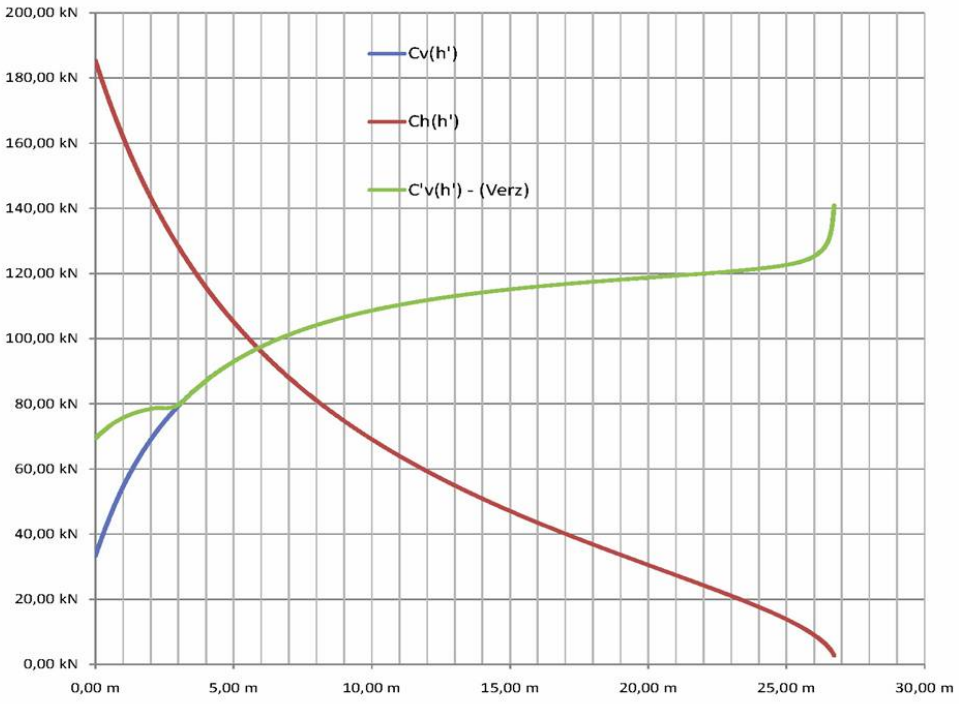


Abbildung 79: Hubkraftkurve - vereinfachte Berechnung - unter Berücksichtigung der Verziehung

7.5.2 RSTAB - Berechnung der Hubkkurve

Um auf die laufenden Änderungen während des Planungsprozesses besser reagieren zu können, aber um vor allem genauere Ergebnisse zu erhalten, wurde eine zweite Berechnung mittels dem Stabwerksprogramm RSTAB durchgeführt. Die Berechnung erfasst alle Exzentrizitäten und somit die richtigen Werte für die Auflagerreaktionen. Weiters kann in jeder Position des Hubvorganges eine Spannungs- und Biegeknickanalyse analog zur vorhergehenden Berechnung im Betriebszustand durchgeführt und der Angriff einer Windkraft während des Hubvorganges simuliert werden.

Dazu wurde das Berechnungsmodell laut den geometrischen Randbedingungen zunächst in 2,25°-Schritten bis $\beta = 11,25°$ geklappt und jeweils die Auflagerreaktionen, Schnittkräfte und Spannungen ermittelt. Da sich die Hubkurve, wie es sich schon bei der vereinfachten Berechnungsmethode abgezeichnet hat, am Anfang markanter verändert und mit zunehmender Hubhöhe abflacht, wurde der weitere Verlauf in 11,25°-Schritten berechnet. Zum Schluss erfolgt eine Klappung um 8,25° bis ein Klappwinkel von $\beta = 87°$ erreicht wird.

Die RSTAB-Ergebnisse für die Auflagerreaktionen in Folge Eigengewicht wurden in Tab. 13 zusammengefasst.

AUFLAGERKRÄFTE KNOTEN C			
Hub - Höhe (h') [m]	Hebewinkel [°]	Lagerkräfte [kN]	
		$C_{h(h')}$	$C_{v(h')}$
0	0	223,12	45,04
0,6765	2,25	203,03	61,78
1,40745	4,5	185,49	75,63
2,18931	6,75	169,18	86,87
3,765	11,25	141,83	103,56
8,389	22,5	94,25	124,72
13,178	33,75	65,54	132,85
17,628	45	46,20	136,42
21,392	56,25	32,40	137,38
24,266	67,5	21,12	137,22
26,10	78,75	11,35	134,95
26,19	80,81	9,72	132,12
26,28	82,88	8,08	129,29
26,37	84,94	6,45	126,45
26,46	87,00	4,81	123,62

Tabelle 13: Auflagerreaktionen - Hubvorgang

Daraus lässt sich folgende charakteristische Hubkurve darstellen.

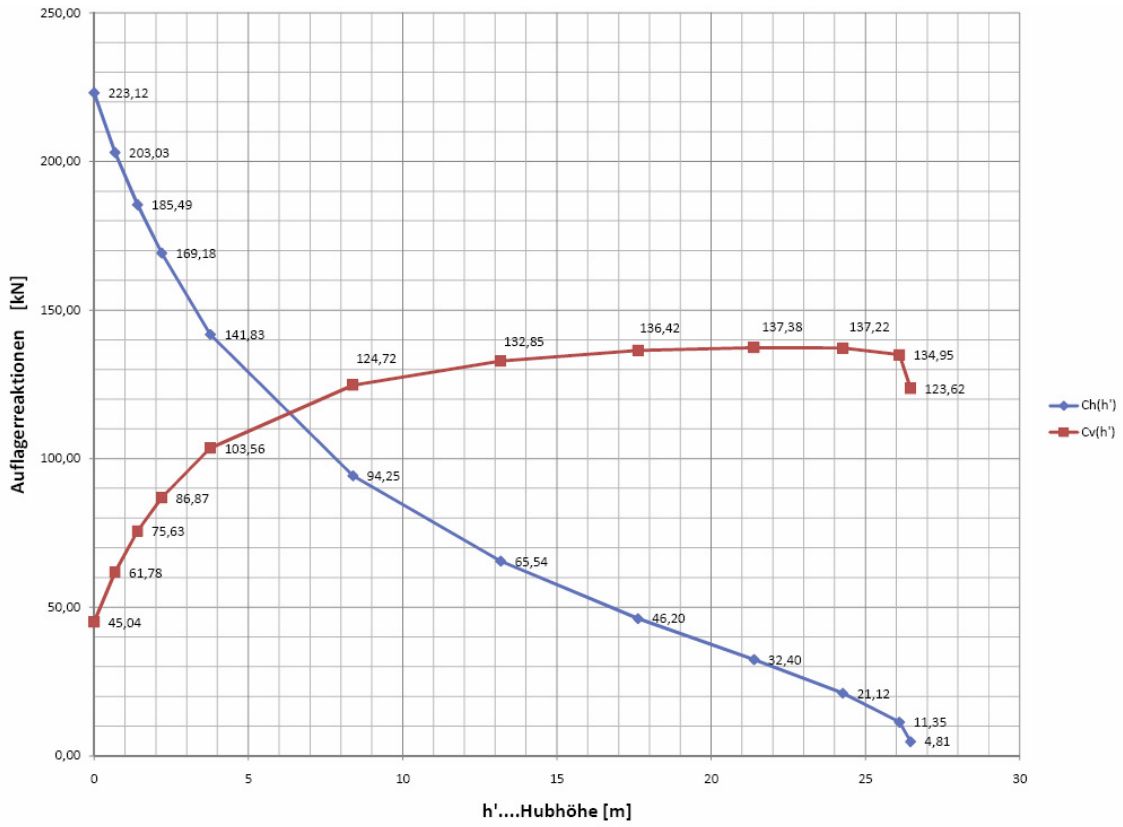


Abbildung 80: Hubkraftkurve Klappbrücke Lobau

Führt man wie in Abschnitt 7.5.1 eine Verziehung der Führungsschiene ein, und berechnet die erforderliche Hubkraft mit

$$H_{erf} = C_{v(h')} + C_{h(h')} \cdot \tan(\alpha) \tag{77}$$

α.....*Tangentenwinkel.*

dann erhält man eine veränderte Hubkraftkurve. In den letzten beiden Spalten der Tab. 14 wird die erforderliche Hubkraft unter Berücksichtigung der Führungsschienenverziehung berechnet. Die Verziehung erfolgt in den ersten 3 Metern der Hubhöhe und wird mit einem Radius von 15,15 m versehen. Danach wird die Führungsschiene senkrecht weitergeführt. Die Achse ist somit 30 cm zur Ausgangsposition des Laufrades im Betriebszustand versetzt. Die daraus resultierenden Tangentenwinkel wurden grafisch ermittelt.

AUFLAGERKRÄFTE KNOTEN C					
Hub - Höhe (h') [m]	Hebewinkel [°]	Lagerkräfte [kN]		Verziehung	
		$C_{h(h')}$	$C_{v(h')}$	T-Winkel [°]	$C'_{v(h')}$ [kN]
0	0	223,12	45,04	11,4212	90,11
0,6765	2,25	203,03	61,78	8,82	93,29
1,40745	4,5	185,49	75,63	6,03	95,24
2,18931	6,75	169,18	86,87	3,07	95,94
3,765	11,25	141,83	103,56	0,00	103,56
8,389	22,5	94,25	124,72	0,00	124,72
13,178	33,75	65,54	132,85	0,00	132,85
17,628	45	46,20	136,42	0,00	136,42
21,392	56,25	32,40	137,38	0,00	137,38
24,266	67,5	21,12	137,22	0,00	137,38
26,10	78,75	11,35	134,95	0,00	137,38
26,19	80,81	9,72	132,12	0,00	137,38
26,28	82,88	8,08	129,29	0,00	137,38
26,37	84,94	6,45	126,45	0,00	137,38
26,46	87,00	4,81	123,62	0,00	137,38

Tabelle 14: Auflagerreaktionen - Hubvorgang - Einrechnung der Verziehung

Der Verlauf der Auflagerreaktionen wird im folgenden Diagramm dargestellt.

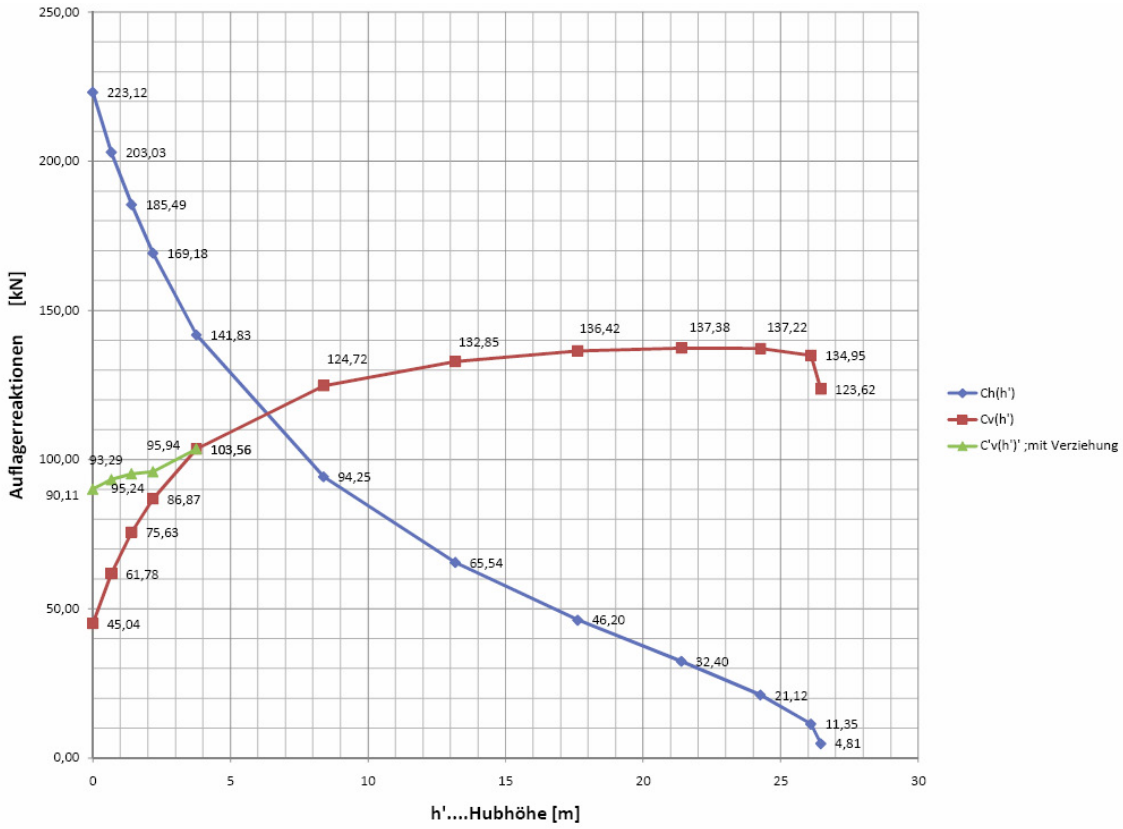


Abbildung 81: Hubkraftkurve Klappbrücke Lobau

7.5.3 Vergleich der Ergebnisse

Stellt man nun die Ergebnisse der beiden Berechnungsarten gegenüber, können folgende Schlüsse gezogen werden:

- Die maximal erforderliche Hubkraft ist beinahe ident. Die Abweichung beträgt 2,5 %
- Die maximal erforderliche Anfangshubkraft ist nicht ident. Die Abweichungen sind groß und bewegen sich im Bereich von 20 - 35 %.
- Die beiden Verläufe der Auflagerreaktionen sind somit nicht gleich, was auf die in der RSTAB - Berechnung berücksichtigte Exzentrizität der Schwerpunkte zu den Drehachsen zurückzuführen ist.
- Der Abfall der erforderlichen Hubkraft am Ende des Aufklappvorganges, wie es bei der RSTAB - Berechnung der Fall ist, tritt bei der händischen Berechnung nicht auf. Es erfolgt gar ein Anstieg der erforderlichen Hubkraft, was der Wirklichkeit nicht entsprechen kann.
- Die Ergebnisse aus der RSTAB - Berechnung sind genauer und sind wirklichkeitsnaher.
- Die Ergebnisse der vereinfachten Berechnung sind zwar in der Größenordnung der RSTAB - Berechnung und für eine erste Abschätzung der zu erwartenden Auflagerreaktionen geeignet, können den tatsächlichen Verlauf aber nicht abschätzen und sind deshalb für eine genaue Berechnung und Dimensionierung der Behälter, der Führungsschiene und des Pylons nicht geeignet.

7.6 Behälterdimensionierung

7.6.1 Bewegliche Wasserbehälter

Die erforderliche Hubkraft wird durch ein Gegengewicht erzeugt, welches sich aus einem fixen und einem veränderlichen Gewichtsanteil zusammensetzt. Für die Bereitstellung der Hubenergie soll nur soviel Wasser verwendet werden, damit die Brücke gehoben werden kann. Die Pumpenleistung für die Speisung des fixierten Wassertanks soll so niedrig wie möglich gehalten werden. Gleichzeitig soll kein Abheben des Tragwerks im Betriebszustand auftreten, das heißt das Gewicht der beweglichen Wasserbehälter $G_T + \triangle G_T$ muss kleiner als 90,11 kN abzüglich einer Reserve gegen Abheben sein.

- $G_T + \triangle G_T$ .....fixer Gewichtsanteil bestehend aus Behältergewicht und Zusatzmasse
- $\triangle H_w$ .....veränderlicher Gewichtsanteil durch Befüllen der Behälter. Enthält eine Reserve gegen Abheben des Tragwerks im Betriebszustand.

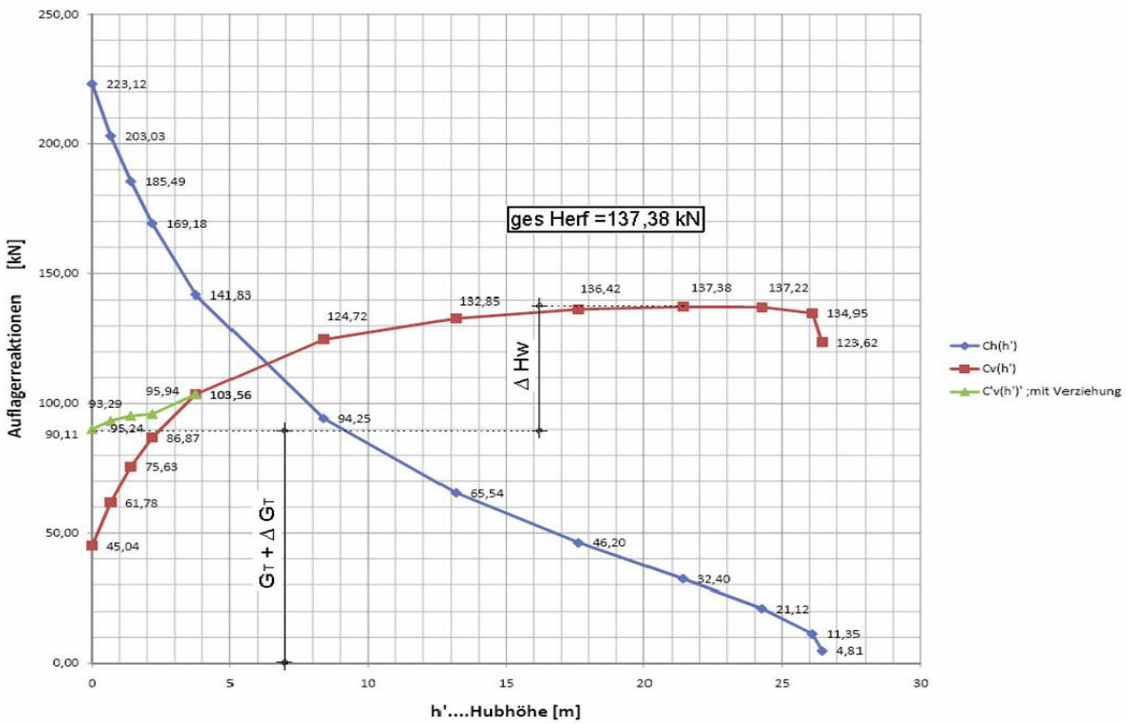


Abbildung 82: Ermittlung der Behältervolumina

Folgende Bedingung muss gelten:

$$\sum G_T + \sum \triangle G_T < 90,11\ kN - \triangle R \tag{78}$$

Das erforderliche Behältervolumen für die beiden beweglichen Wasserbehälter ergibt sich aus der Bedingung:

$$\sum \triangle H_W > 137,59\ kN - (90,11\ kN - \triangle R) \tag{79}$$

Für einen Wasserbehälter bei einer Gesamtreserve von 20 kN ergibt sich das erforderliche veränderliche Wassergewicht mit:

$$\triangle H_{W,erf} = \frac{137,59\ kN - (90,11\ kN - 20\ kN)}{2} = 33,74\ kN \hat{=} 3374\ kg \hat{=} 3374\ l \hat{=} 3,374\ m^3 \tag{80}$$

Es wird folgender Rechteckbehälter gewählt: $5000/1000/750.....t = 15mm$

Das ergibt ein Behältergewicht von

$$G_T = [2 \cdot (5 \cdot 1 + 5 \cdot 0,75) + 1 \cdot 0,75] \cdot 0,015 \cdot 78,5 = 21,49\ kN\ \blacksquare \tag{81}$$

Mit einer Erhöhung von 20 % für eventuelle Aussteifungen und Befestigungsmaterial ergibt sich das Behältergewicht zu

$$G_T = 1,2 \cdot [2 \cdot (5 \cdot 1 + 5 \cdot 0,75) + 1 \cdot 0,75] \cdot 0,015 \cdot 78,5 = 25,79\ kN \tag{82}$$

und ein Füllvolumen von

$$V_T = (5,0 - 0,015) \cdot (1,0 - 2 \cdot 0,015) \cdot (0,75 - 2 \cdot 0,015) = 3,481\ m^3 \tag{83}$$

$$V_T > \triangle H_W$$

Bringt man eine Zusatzmasse von $\triangle G_T = 950\ kg$ an jeden beweglichen Wasserbehälter an, bekommt man ein gesamtes Gegengewicht von:

$$H_{vorh} = 2 \cdot \triangle H_W + 2 \cdot G_T + 2 \cdot \triangle G_T = 2 \cdot 33,75 + 2 \cdot 25,79 + 2 \cdot 9,5 = 138,08\ kN \tag{84}$$

$$H_{vorh} = 138,08\ kN\ >\ H_{erf} = 137,5\ kN \tag{85}$$

Die vorhanden Reserve gegen Abheben des Tragwerks im Betriebszustand beträgt 19,53 kN.

7.6.2 Fixer Wassertank

Für die Bereitstellung der Wassermenge für den Hubvorgang wird ein Wasserbehälter mit den Abmessungen 6120/1500/1000.....$t = 20mm$ gewählt. Das Fassungsvermögen dieses Wassertanks beträgt:

$$V_{T,vorh} = (6,12 - 0,02 \cdot 2) \cdot (1,5 - 0,02) \cdot (1,0 - 0,02 \cdot 2) = 8,64\ m^{\mathbf{3}} \tag{86}$$

$$V_{T,vorh} = 8,64\ m^{\mathbf{3}} > V_{T,erf} = 2 \cdot \triangle H_T = 6,962\ m^{\mathbf{3}} \tag{87}$$

Teil IV

Feldversuch Klappbrücke Lobau

Die Klappbrücke Lobau ist eine bisher einzigartige Brückenkonstruktion und ihr Klappmechanismus wurde bisher noch nie in der Praxis getestet. Zwar wurden am Institut für Tragkonstruktionen - Betonbau Feldversuche zum Brückenklappverfahren durchgeführt, siehe Abschnitt 5.3, aber Erkenntnisse über einen sich wiederholenden Klappmechanismus im Sinne einer beweglichen Brücke sind noch nicht vorhanden. Darum wurde im Zuge dieser Arbeit ein Feldversuch geplant und ausgeführt, um nähere Informationen über das Verhalten während des Klappvorganges zu erhalten.

8 Versuchsplanung

8.1 Versuchsgelände

Um die erklärten Ziele zu erreichen, wurde ein Modellversuch geplant, der den bereits in Abschnitt 5.3 beschriebenen Pfeiler des Brückenklappverfahrens wiederverwendet. Der Pfeiler befindet sich auf den Aspanggründen, einem Versuchsgelände der Technischen Universität Wien. Anhand dieses Pfeilers soll eine Hälfte der Klappbrücke Lobau in einem entsprechenden Maßstab geklappt werden.

Die Maße der Schalungs- und Bewehrungspläne des Pfeilers wurden bei einer Begehung vor Ort nachgemessen. Es wurden keine relevanten Ungenauigkeiten festgestellt. Die Geometrie des bestehenden Pfeilers ist in Plan 04 im Anhang und in Abb. 83 dargestellt. Es handelt sich um eine Stahlbeton - Fertigteilstütze mit den Abmessungen 110/40 cm, die mittels Fußplatte mit einer Stärke von 40 mm mit dem Fundament verbunden ist. Bis zu einer Höhe von 6,265 m ist die Stütze in zwei Stiele mit den Abmessungen 25/40 cm geteilt. Der Zwischnraum beträgt 60 cm. Im oberen Teil sind 4 Hüllrohre mit einem Durchmesser von jeweils 75 mm einbetoniert worden.

8.2 Versuchsaufbau

Die Tragwerksteile sollten dem Entwurf der Klappbrücke Lobau so ähnlich als möglich sein, deswegen wurde ein Stahltragwerk für den Versuch vorgesehen. Da der bestehende Pfeiler nicht auf die Geometrie der Klappbrücke ausgelegt wurde, mussten für den Längen-, Höhen- und Breitenmaßstab unterschiedliche Werte verwendet werden:

- Längen- und Höhenmaßstab M 1 : 5,6
- Breitenmaßstab M 1 : 9

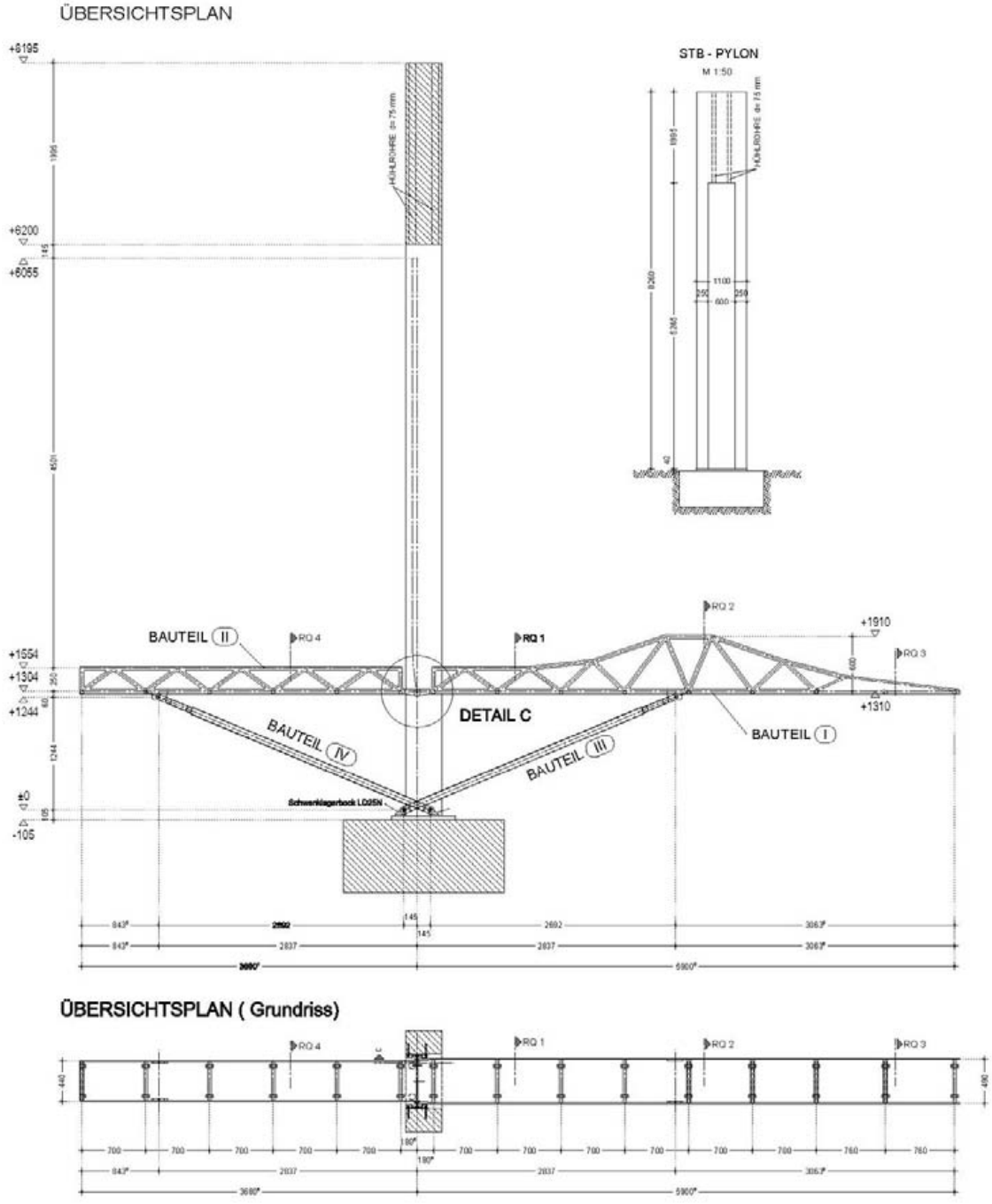


Abbildung 83: Feldversuch - Pylonschnitte - Grundriss

Auf Grund der verschiedenen Maßstäbe und der dadurch entstehenden erforderlichen Geometrien, konnten manche Querschnitte nicht maßstabsgetreu skaliert werden. Das Fachwerk der Hauptträger wurde aus Blechen mit einer Stärke von

10 mm herausgeschnitten. Auch bei den Drucksteben wurden andere Querschnitte verwendet. Hier konnten auf Grund der Beschränktheit der gängigen Stahlbauprofile keine Gitterstäbe angeordnet werden. Das Tragwerk ist also in manchen Bauteilen überdimensioniert, was für den Klappvorgang eine größeres Hubgewicht bedeutet.

Der Aufbau und die Anordnung der Bauteile findet analog zu dem der Klappbrücke Lobau statt. Die Abmessungen der einzelnen Tragwerksteile sind ausführlich in den Plänen 04 - 06 im Anhang beschrieben. Anhand der Pläne wurden die einzelnen Stahlbaubauteile gefertigt. Es musste während der konstruktiven Durchbildung der Konstruktion stets darauf geachtet werden, wie das Tragwerk montiert wird und wie sich auftretende Ungenauigkeiten der Herstellung und des Bestandes ausgleichen lassen. Auch hier wurde so manches Blech der Anschlussknoten überdimensioniert, um die Verformung durch die hohe Temperatureinwirkung beim Schweißen gering zu halten. Die Berechnung der relavanten Bauteile erfolgte einerseits mittels RSTAB - Berechnung und andererseits mittels Nachweis einzelner Verbindungen, siehe Abschnitt 9. Im ersten Schritt wurden die Führungsschienen an den Bestandspfeiler angebracht, justiert und mit Steckankern befestigt.

Die Bauteile des Brückentragwerkes wurden zunächst, wie in Abb. 83 dargestellt, im geschlossenen Zustand montiert. Alle beweglichen Knotenverbindungen wurden mittels Radialgelenklagern und entsprechenden Bolzen kraftschlüssig verbunden.

Um das Tragwerk zu heben, werden, wie beim Entwurf für die Klappbrücke Lobau, ein fixer und zwei bewegliche Wasserbehälter angeordnet. Die beweglichen Wasserbehälter werden mittels einer Schlauchleitung mit dem fixen Wassertank, der am Pfeilerkopf angebracht wird, verbunden und von diesem gespeist. Der fixe Wassertank wird zunächst mit einer dritten Schlauchleitung befüllt, welche beim Erreichen der notwendigen Wassermenge mittels Schwimmer abriegelt. Später soll diese Schlauchleitung mit einer Pumpe, die mit Photovoltaik betrieben wird, ergänzt werden.

An den beweglichen Behältern befinden sich beim Ein- und Auslass zwangsgesteuerte Magnetventile. Diese können mittels elektonischer Steuerung einzeln geöffnet und geschlossen werden. Die Füllung der Behälter basiert auf dem Prinzip der kommunizierenden Gefäße. Die beweglichen Wasserbehälter sind durch Hubkabeln, die am Pfeilerkopf durch jeweils zwei Umlenkrollen eine Richtungsänderung erhalten, mit dem Tragwerk verbunden. In Abb. 84 ist der Aufbau dargestellt.

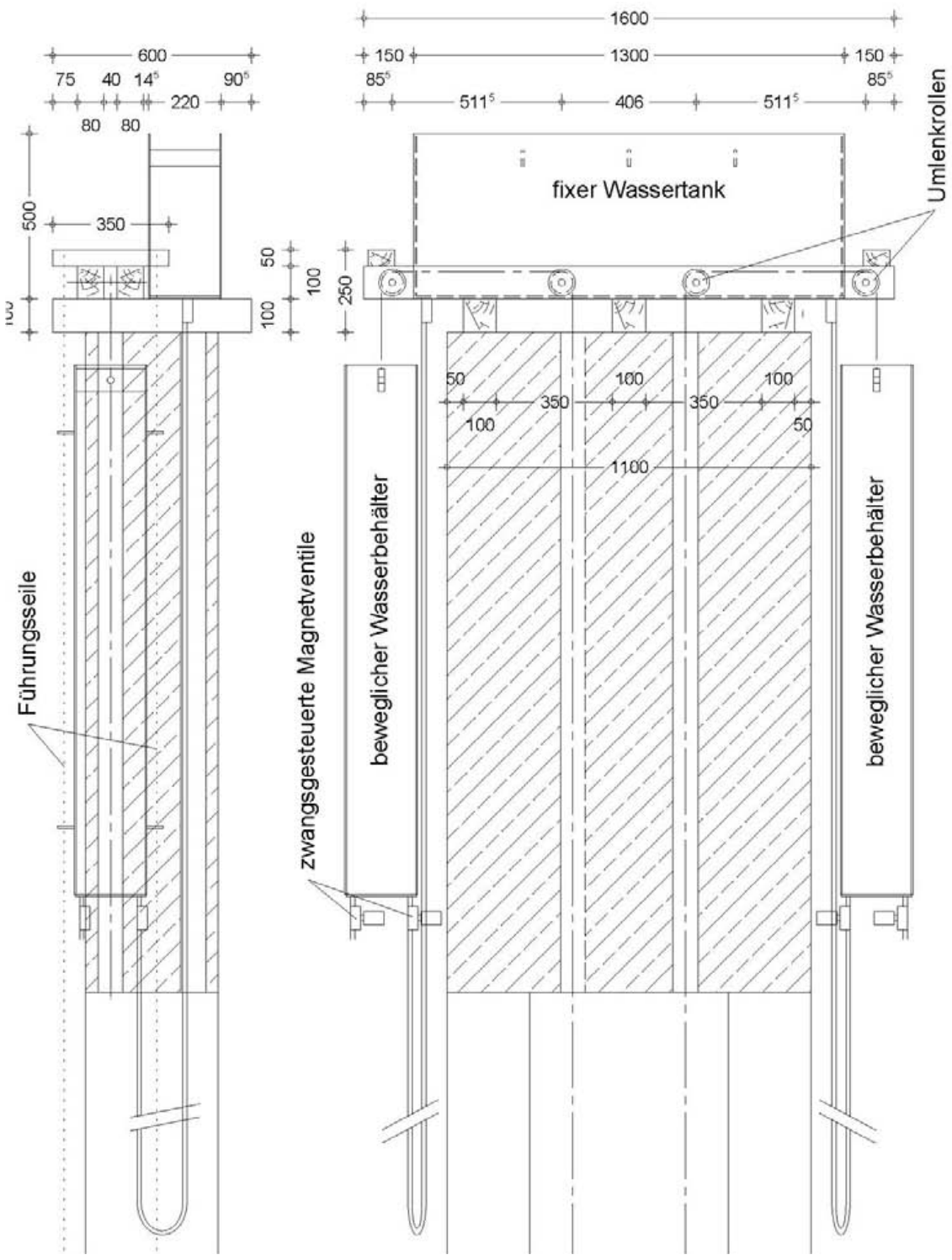


Abbildung 84: Anordnung der Wasserbehälter - Schlauchleitungssystem

Für eine möglichst reibungsfreie Verbindung wurde im Verbindungsknoten C eine Welle angeordnet, welche die einzelnen Bauteile kraftschlüssig und vollkommen rotationsfähig miteinander verbindet, siehe Abb. 85. Dadurch können sich die einzelnen Bauteile auf der Welle drehen und entlang der Führungsschiene hochgehoben und gesenkt werden.

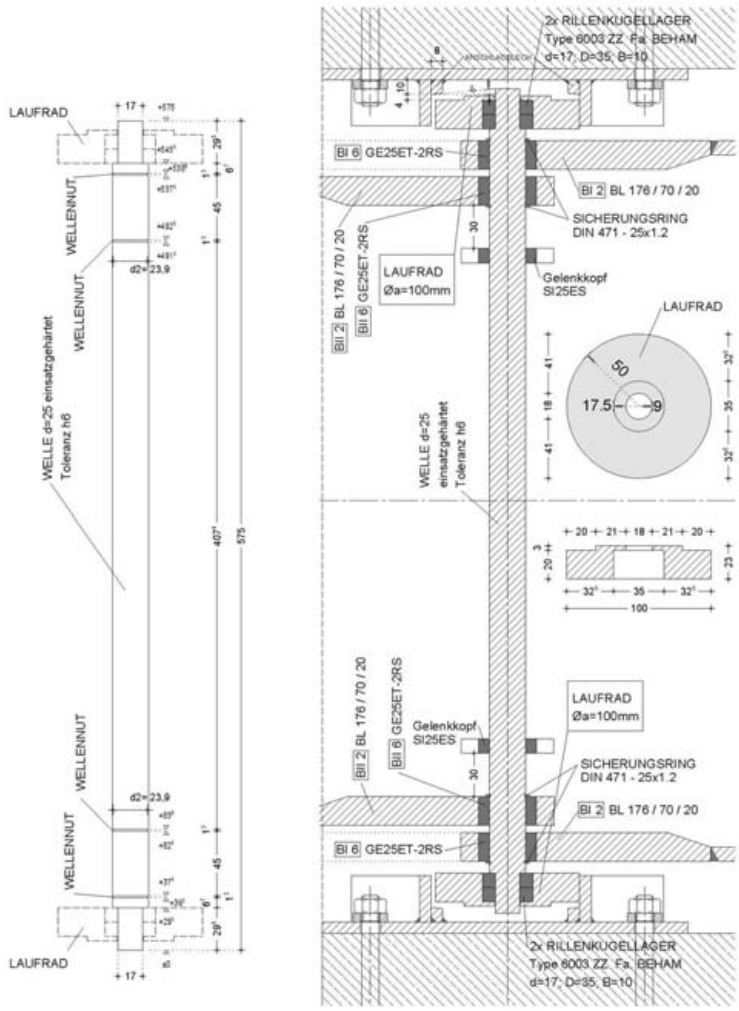


Abbildung 85: Tragwerksaufhängung Knoten C

Werden nun die Magnetventile der beweglichen Wasserbehälter geöffnet, fließt das Wasser vom fixen in den beweglichen Wassertank und das Hubgewicht steigt. Dadurch wird der Gleichgewichtszustand des Tragwerks gestört und die Brücke hebt sich. Die Wasserbehälter sind so dimensioniert, dass sie bei vollständiger Befüllung die erforderliche Hubkraft überschreiten und so das Tragwerk bis in die gewünschte Lage öffnen. Um ein ungleichmäßiges Befüllen der beweglichen Wasserbehälter auszuschließen, wurde jeweils ein Wasserstandsmesser eingebaut. Auf einem Stab aus nicht leitendem Material wurden zwei Drähte nebeneinander aufgewickelt und lackiert. Dadurch entsteht ein Kondensator, der durch die Änderung des Wasserstandes auch seine Kapazität verändert, welche gemessen werden kann. Bei unterschiedlicher Befüllung der Behälter tritt somit ein Kapazitätsunterschied auf und das Magnetventil des schwereren Behälters wird durch die elektronische Steuerung geschlossen. So kann eine ungleiche Befüllung der Wasserbehälter ausgeschlossen werden.

9 Berechnung der versuchsrelevanten Parameter

9.1 Berechnung der Hubkurve

Die Berechnung der Hubkurve erfolgt mittels RSTAB - Berechnung. Das skalierte Stabwerksmodell mit den geänderten Querschnitten wurde für die Lastfälle Eigengewicht Tragwerk, Eigengewicht Tragwerk + Fahrbahnbelag und Gesamtgewicht + Windlast berechnet. Das System wurde gemäß der Hubwinkel in Tab. 15 geklappt und die Auflagerreaktionen ermittelt. In einer Excel - Berechnung wurden die für den Hubkraftverlauf relevanten Auflagerreaktionen zusammengefasst.

Lastfall Eigengewicht Tragwerk + Fahrbahnbelag						
Hubhöhe	Hubwinkel	Lagerkräfte [kN]		Verziehung		
h' [m]	[°]	Ch(h')	Cv(h')	Tangentenw.	$H_{zusätzl}$ [kN]	C'v(h') [kN]
0	0	2,98	0,54	11,42	0,60	1,14
0,28	5	2,44	1,06	6,06	0,26	1,32
0,61	10	2,00	1,42	0,00	0,00	1,42
0,96	15	1,64	1,64	0,00	0,00	1,64
1,34	20	1,38	1,79	0,00	0,00	1,79
1,73	25	1,16	1,88	0,00	0,00	1,88
2,11	30	0,99	1,94	0,00	0,00	1,94
2,48	35	0,84	1,98	0,00	0,00	1,98
2,84	40	0,72	2,00	0,00	0,00	2,00
3,18	45	0,62	2,02	0,00	0,00	2,02
3,85	56,25	0,44	2,04	0,00	0,00	2,04
4,35	67,5	0,29	2,02	0,00	0,00	2,02
4,66	78,75	0,16	1,94	0,00	0,00	1,94
4,76	87	0,08	1,54	0,00	0,00	1,54

Lastfall Eigengewicht Tragwerk						
Hubhöhe	Hubwinkel	Lagerkräfte [kN]		Verziehung		
h' [m]	[°]	Ch(h')	Cv(h')	Tangentenw.	$H_{zusätzl}$ [kN]	C'v(h') [kN]
0	0	2,28	0,42	11,42	0,46	0,88
0,28	5	1,86	0,88	6,06	0,20	1,08
0,61	10	1,54	1,16	0,00	0,00	1,16
0,96	15	1,26	1,34	0,00	0,00	1,34
1,34	20	1,06	1,46	0,00	0,00	1,46
1,73	25	0,90	1,54	0,00	0,00	1,54
2,11	30	0,76	1,58	0,00	0,00	1,58
2,48	35	0,66	1,62	0,00	0,00	1,62
2,84	40	0,56	1,64	0,00	0,00	1,64
3,18	45	0,48	1,64	0,00	0,00	1,64
3,85	56,25	0,34	1,66	0,00	0,00	1,66
4,35	67,5	0,22	1,63	0,00	0,00	1,63
4,66	78,75	0,12	1,54	0,00	0,00	1,54
4,76	87	0,06	1,12	0,00	0,00	1,12

Tabelle 15: Auflagerreaktionen - Hubvorgang Feldversuch - Einrechnung der Verziehung

In Abb. 86 ist die charakteristische Hubkraftkurve abgebildet. Sie beschreibt die auftretenden Auflagerkräfte im Verbindungsknoten C.

$C_h(h')$....horizontale Auflagerkraft in Abhängigkeit der Hubhöhe

$C_v(h')$....vertikale Auflagerkraft in Abhängigkeit der Hubhöhe

$C'_v(h')$....vertikale Auflagerkraft in Abhängigkeit der Hubhöhe, mit Einrechnung der Verziehung

$C_v(h')Tragwerk$....vertikale Auflagerkraft in Abhängigkeit der Hubhöhe, Lastfall Tragwerk

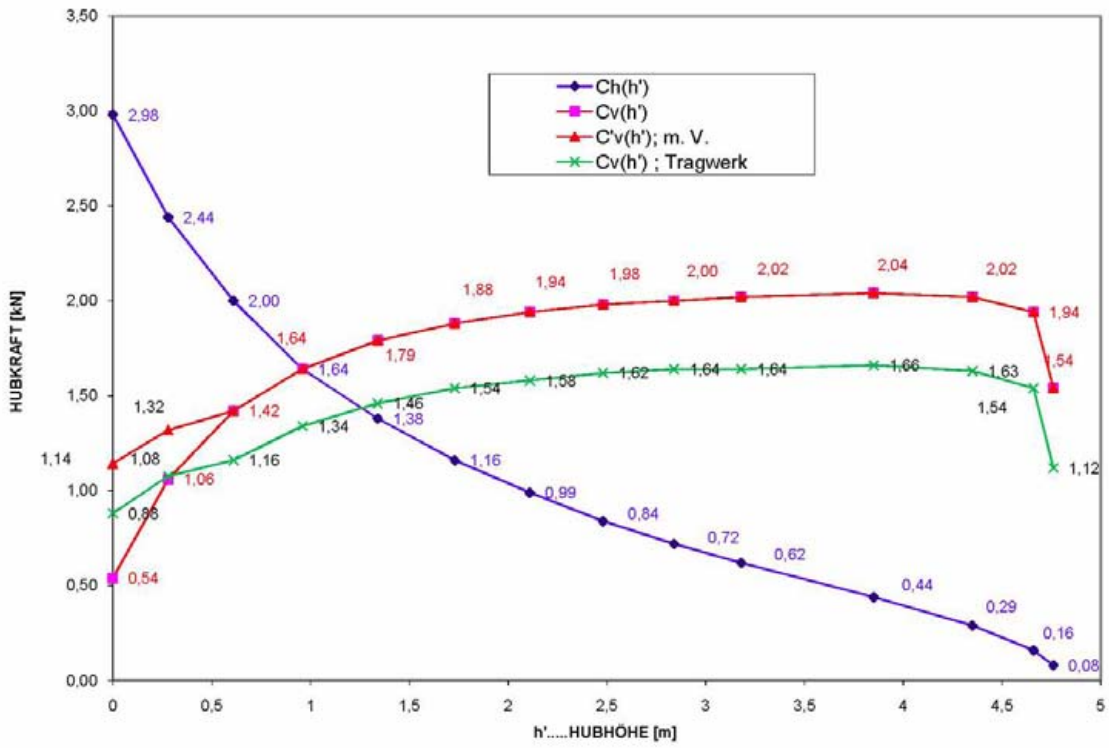


Abbildung 86: Hubkraftkurve Feldversuch

Der Verlauf der Auflagerreaktionen des Feldversuchs ist analog zum Verlauf der Klappbrücke Lobau, nur die auftretenden Kräfte sind geringer und der Abfall am Ende des Hubvorganges ist größer. Damit ist die Modellierung der Klappbrücke gut gelungen und das Modell sollte sich gleich verhalten wie die Klappbrücke Lobau. Der Feldversuch stellt somit einen aussagekräftigen Versuch des Klappmechanismus dar.

9.2 Behälterdimensionierung

9.2.1 Bewegliche Wasserbehälter

Die Berechnung der beweglichen Wasserbehälter erfolgt analog zu der Berechnung in Abschnitt 7.6. Das Gewicht der beweglichen Wasserbehälter plus Zusatzgewicht $G_T + \triangle G_T$ muss kleiner als 108 kg sein. Das Gewicht der beweglichen Wasserbehälter G_T muss kleiner als 88 kg sein.

- $G_T + \triangle G_T$ ..... fixer Gewichtsanteil bestehend aus Behältergewicht und Zusatzmasse
- $\triangle H_w$ ..... veränderlicher Gewichtsanteil durch Befüllen der Behälter

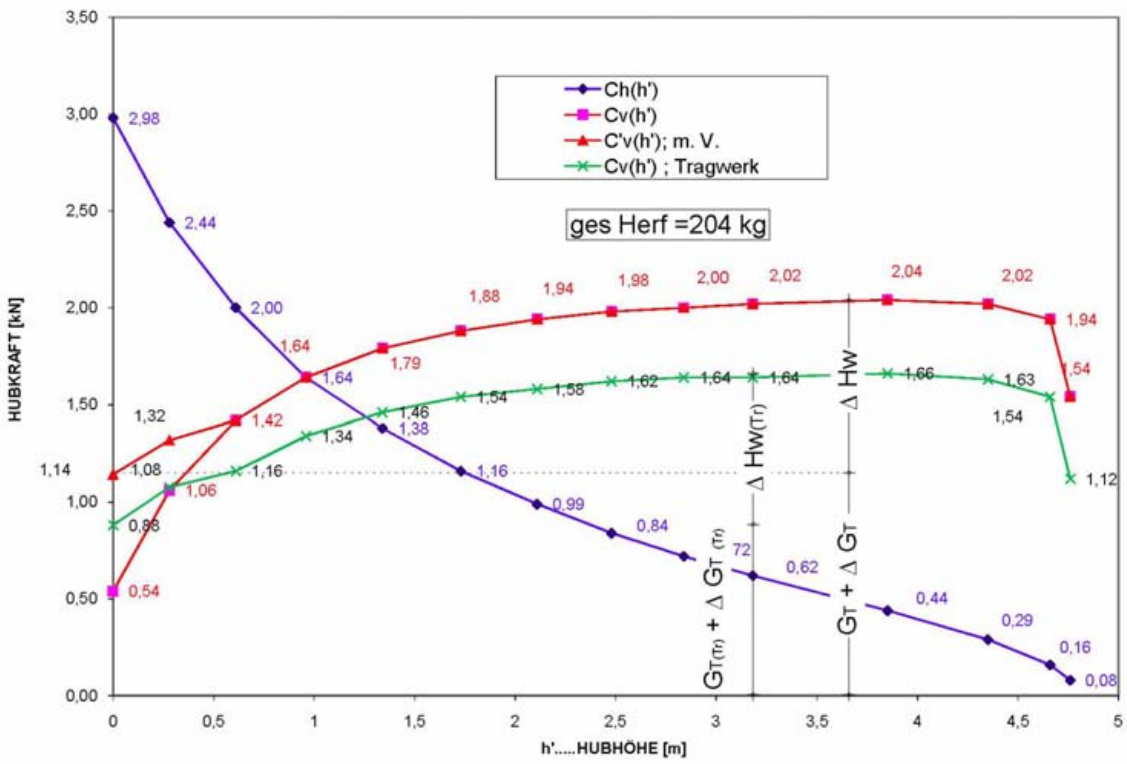


Abbildung 87: Ermittlung der Behältervolumina

Folgende Bedingungen müssen gelten:

$$\sum G_T + \sum \triangle G_T < 108\ kg \tag{88}$$

$$\sum G_T < 88\ kg \tag{89}$$

Das erforderliche Behältervolumen für die beiden beweglichen Wasserbehälter ergibt sich aus der Bedingung:

$$\sum \triangle H_W > 204\ kg - 108\ kg = 98\ kg \tag{90}$$

Für einen Wasserbehälter ergibt sich das erforderliche veränderliche Wassergewicht mit:

$$\triangle H_{W,erf} = \frac{204\ kg - 108\ kg}{2} = 48\ kg \hat{=} 48\ l \hat{=} 0,048\ m^3 \tag{91}$$

Es wird folgender Behälter gewählt:

Geschweißtes Stahlrohr $\emptyset_{außen} = 219,1\ mm;\ \emptyset_{innen} = 210,1\ mm;\ \mathrm{t} = 4,5\ mm;\ g = 23,81\ kg/m;\ l = 1600\ mm$

Das ergibt ein Behältergewicht von

$$G_T = 1,6 \cdot 23,81 = 38,096\ kg\ \blacksquare \tag{92}$$

Mit einer Erhöhung von 5 % für Boden und Befestigungsmaterial ergibt sich das Behältergewicht zu

$$G_T = 1,05 \cdot 38,096 = 40,0\ kg \tag{93}$$

und ein Füllvolumen von

$$V_T = \frac{0,2101^2 \cdot \Pi}{4} \cdot 1,6 = 0,05547\ m^3 \tag{94}$$

$$V_T > \triangle H_W$$

Füllt man die Behälter bis zu einer Höhe von 1,4 m, erhält man ein veränderliches Wassergewicht von:

$$\triangle H_{W,erf} = \frac{0,2101^2 \cdot \Pi}{4} \cdot 1,4 = 0,048537\ m^3 \hat{=} 48,537\ kg \hat{=} 48,537\ l \tag{95}$$

Bringt man eine Zusatzmasse von $\triangle G_T = 14\ kg$ an jeden beweglichen Wasserbehälter an, bekommt man ein gesamtes Gegengewicht von:

$$H_{vorh} = 2 \cdot \triangle H_W + 2 \cdot G_T + 2 \cdot \triangle G_T = 2 \cdot 48,537 + 2 \cdot 40 + 2 \cdot 14 = 205,07\ kg \quad (96)$$

$$H_{vorh} = 205,07\ kg\ >\ H_{erf} = 204\ kg \quad (97)$$

Die Behälter können aber bis zu einem Wasserstand von 1,6 m gefüllt werden, dadurch ist eine gewisse Reserve gegeben.

9.2.2 Fixer Wassertank

Für die Bereitstellung der Wassermenge für den Hubvorgang wird ein Wasserbehälter mit den Abmessungen 1300/500/220.....$t = 5\ mm$ gewählt. Das Fassungsvermögen dieses Wassertanks beträgt:

$$V_{T,vorh} = (1,3 - 0,005 \cdot 2) \cdot (0,5 - 0,005) \cdot (0,22 - 0,005 \cdot 2) = 0,1341\ m^3 \quad (98)$$

$$V_{T,vorh} = 0,1341\ m^3 > V_{T,erf} = 2 \cdot \triangle H_T = 0,097074\ m^3 \quad (99)$$

9.3 Tragsicherheitsnachweis

Für das Tragwerk wurde ein Spannungs- und Biegeknicknachweis analog zum Tragsicherheitsnachweis in Abschnitt 7.3 geführen. Das Versuchsmodell wird nur durch das Eigengewicht der Konstruktion und der Fahrbahnplatten belastet. Zusätzlich wurden noch Lastfälle für Wind- und Temperatureinwirkungen berücksichtigt. Die Tragsicherheitsnachweise wurden für jede Position des Klappvorganges geführt.

Das verwendete Material ist ein Baustahl S235 JO G2.

Die charakteristischen Nennwerte der Erzeugnisse sind:

- Streckgrenze
  $f_y = 235\ N/mm^2$ für $t < 40\ mm$
  $f_y = 215\ N/mm^2$ für $40 \leq t < 100\ mm$
- Zugfestigkeit
  $f_u = 360\ N/mm^2$ für $t < 40\ mm$
  $f_u = 340\ N/mm^2$ für $40 \leq t < 100\ mm$

Teilsicherheitsbeiwerte der Beanspruchbarkeit sind:

$\gamma_{M0} = 1,0$

$\gamma_{M1} = 1,1$

$\gamma_{M2} = 1,25$

$\gamma_{M5} = 1,00$

9.3.1 Nachweis der Beanspruchbarkeit der Querschnitte und Bauteile

Im Zuge der RSTAB - Berechnung wurde eine Spannungsanalyse durchgeführt. Die Spannungen in Folge der Biegemomente, Querkräfte und Normalkräfte wurden für jeden Querschnitt des Stabwerkmodells ermittelt und mit den Grenzspannungen des Werkstoffes verglichen.

Jeder Querschnitt hat in jedem kritischen Punkt folgende Gleichungen zu erfüllen:

$$\sigma_{x,Ed} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \tag{100}$$

$$\sigma_{z,Ed} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \tag{101}$$

$$\tau_{Ed} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \tag{102}$$

$$\sigma_V = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \cdot \sigma_{z,Ed} + 3 \cdot \tau_{Ed}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \tag{103}$$

Um die Ausnutzung der einzelnen Querschnitte zu erhalten und die Bauteile optimieren zu können, wurde eine Ausnutzungsgrad n berechnet, der die Bedingung

$$n = \frac{f_{Ed,(\sigma_{x,Ed}\,,\,\sigma_{z,Ed}\,,\,\tau_{Ed}\,,\,\sigma_V)}}{f_{Rd,(f_{yd})}} \leq 1,0 \tag{104}$$

erfüllen muss. Die Bauteile des Tragwerkes sind generell überdimensioniert und die Ausnutzung befindet sich in der Regel im Bereich von 9 - 30 %. Nur vereinzelt erreichen die vorhanden Spannungen 66 % der Grenzspannungen. Der Verlauf der Spannungen ist in Abb. 88 dargestellt.

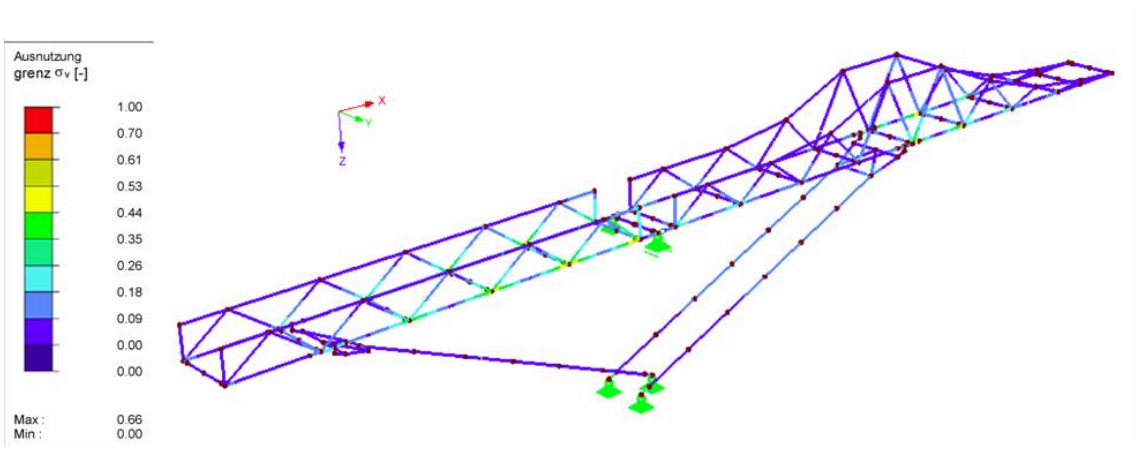


Abbildung 88: Ergebnisverlauf Spannungsnachweis

Auf Grund der generellen Überdimensionierung des Modells wird auf eine genaue Auflistung der RSTAB - Ergebnisse im Anhang verzichtet.

9.3.2 Stabilitätsnachweis

Im Zuge der RSTAB - Berechnung wurde ein Stabilitätsnachweis durchgeführt. Das Versuchsmodell ist ausreichend gegen Stabilitätsverlust gesichert. Auf Grund der Überdimensionierung des Modells wird auch hier auf eine genaue Auflistung im Anhang verzichtet.

9.3.3 Nachweis der Beanspruchbarkeit der Verbindungen

9.3.3.1 Knoten A

Es folgt die Dimensionierung der Fußplatte BIII 3, welche die Kräfte in das Anschlussblech BIII 1 einleitet und eine Dimensionierung des erforderlichen Bolzens. Die Lageböcke und Schwenklager für die Druckstäbe wurden auf Grund der Bolzendimension ausgewählt. Die auftretenden Kräfte können von diesen Bauteilen leicht aufgenommen werden. Die Auflagerkräfte sind in Abhängigkeit der Hubhöhe veränderlich. Die maßgebenden Einwirkungen sind:

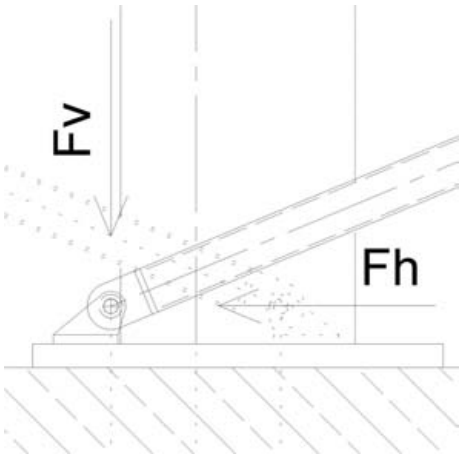


Abbildung 89: Knoten A - Einwirkung wasserseitiger Druckstab

$F_{v,k} = 4,30\ kN$

$F_{h,k} = 9,14\ kN$

Die maximal einwirkende Normalkraft beträgt somit:

$$N_{Ed} = \sqrt{F_{v,k}^2 + F_{h,k}^2} \cdot 1,4 = 14,14\ kN \tag{105}$$

Dimensionierung des Blechs BIII 3

Laut den Abmessungen in Abb. 90 ergibt sich für das betrachtete Blech näherungsweise folgendes Biegemoment:

$$M_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{4} \cdot \frac{b}{2} = \frac{14,14}{4} \cdot \frac{14}{2} = 24,75\ kNcm \tag{106}$$

Daraus ergibt sich :

$$W_{erf} = \frac{h \cdot t_{erf}^2}{6} = \frac{8,0 \cdot t_{erf}^2}{6}\ cm^3 \tag{107}$$

$$\sigma_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{W_{erf}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \tag{108}$$

$$t_{erf} = \sqrt{\frac{M_{Ed} \cdot 6}{h \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}}} = \sqrt{\frac{24,75 \cdot 6}{8,0 \cdot \frac{23,5}{1,0}}} = 0,889\ cm \tag{109}$$

Das Blech BIII 3 wurde somit mit einer Stärke t=10 mm gewählt.

Dimensionierung des Bolzens

Laut den Abmessungen in Abb. 90 ergibt sich für den betrachteten Bolzen näherungsweise folgendes Biegemoment:

$$M_{Ed} = \frac{N_{Ed} \cdot l}{4} = \frac{14,14 \cdot 4,0}{4} = 14,14\ kNcm \tag{110}$$

Daraus ergibt sich :

$$W_{erf} = \frac{\Pi \cdot d_{erf}^3}{32}\ cm^3 \tag{111}$$

$$\sigma_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{W_{erf}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \tag{112}$$

$$t_{erf} = \sqrt[3]{\frac{M_{Ed} \cdot 32}{\Pi \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}}} = \sqrt[3]{\frac{14,14 \cdot 32}{\Pi \cdot \frac{23,5}{1,0}}} = 1,83\ cm \tag{113}$$

Der Durchmesser des Bolzen wurde mit einer Stärke t=25 mm gewählt. Der Nachweis gegen Abscheren ergibt:

$$N_{Ed} = 14,14\ kN\ <\ \frac{0,6 \cdot f_u \cdot \frac{2,5^2 \cdot \Pi}{4}}{\gamma_{M2}} = 84,82\ kN \tag{114}$$

Die Radialgelenkslager sind für größere Belastungen als die auftretenden Kräfte ausgelegt.

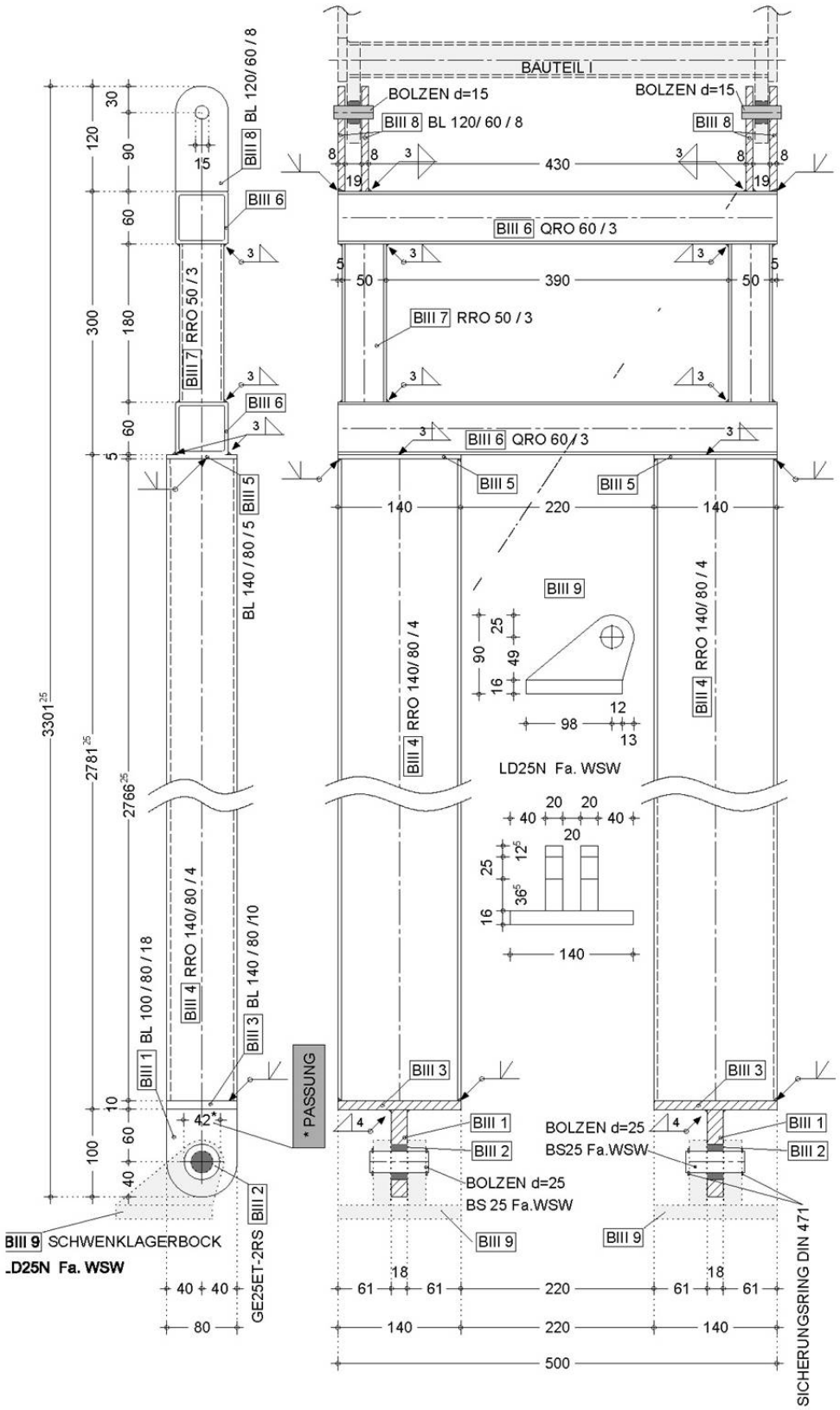


Abbildung 90: wasserseitiger Druckstab Feldversuch

9.3.3.2 Knoten B

Dimensionierung des Bolzens

Laut den Abmessungen in Abb. 90 ergibt sich für den betrachteten Bolzen näherungsweise folgendes Biegemoment:

$$M_{Ed} = \frac{N_{Ed} \cdot l}{4} = \frac{7,11 \cdot 2,7}{4} = 4,80\ kNcm \tag{115}$$

Daraus ergibt sich :

$$W_{erf} = \frac{\Pi \cdot d_{erf}^3}{32}\ cm^3 \tag{116}$$

$$\sigma_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{W_{erf}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \tag{117}$$

$$t_{erf} = \sqrt[3]{\frac{M_{Ed} \cdot 32}{\Pi \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}}} = \sqrt[3]{\frac{4,8 \cdot 32}{\Pi \cdot \frac{23,5}{1,0}}} = 1,627\ cm \tag{118}$$

Der Durchmesser des Bolzen wurde mit einer Stärke t=15 mm gewählt. Der Nachweis gegen Abscheren ergibt:

$$N_{Ed} = 7,11\ kN\ <\ \frac{0,6 \cdot f_u \cdot \frac{1,5^2 \cdot \Pi}{4}}{\gamma_{M2}} = 30,54\ kN \tag{119}$$

Die Radialgelenkslager sind für größere Belastungen als die auftretenden Kräfte ausgelegt.

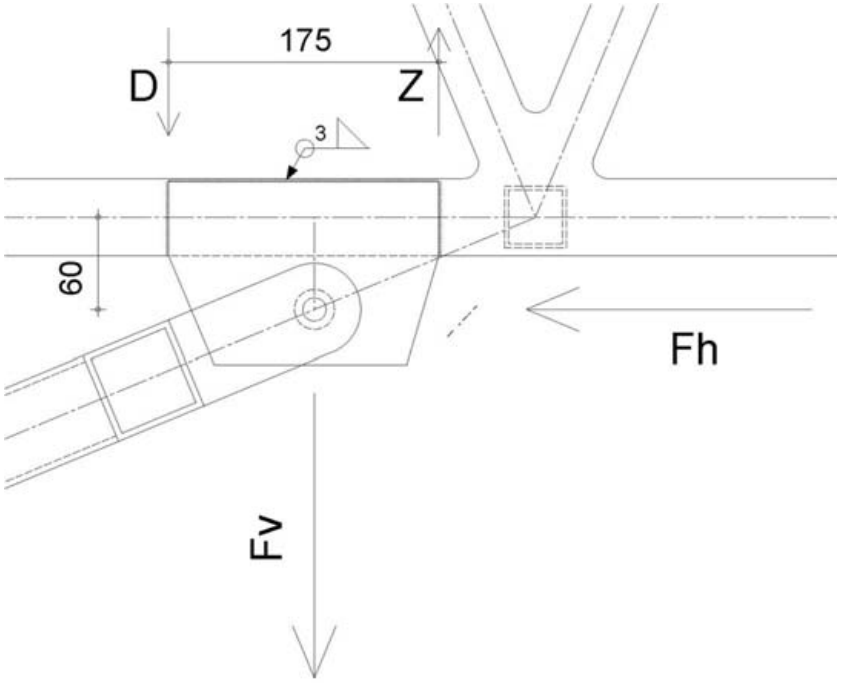


Abbildung 91: Knoten B - Einwirkung auf Anschlussbleche BIII 8

Nachweis des Blechs BIII 8

Da die Bleche BIII 8 durch die Anordnung von Sicherungsringen nicht seitlich ausknicken können und durch die Wahl t= 8mm die Kraftübertragung gegeben ist, muss nur die Lasteinleitung durch die Schweißnähte nachgewiesen werden. Laut den Abmessungen in Abb. 90 und Abb. 91 ergibt sich für die Schweißnähte des betrachteten Blechs näherungsweise folgende Einwirkung:

$$Z_{Ed} = \left(F_v + \frac{F_h \cdot 6,0}{17,5}\right) \cdot \gamma_F = \left(4,3 + \frac{9,14 \cdot 6,0}{17,5}\right) \cdot 1,4 = 10,41\ kN \tag{120}$$

Der Nachweis der Lasteinleitung

$$F_{w,Rd} = \sum a_w \cdot \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 4,5 \cdot 20,79 = 93,55\ kN \tag{121}$$

$$\frac{Z_{Ed}}{F_{w,Rd}} = 0,111 \leq 1,0 \tag{122}$$

ist somit erfüllt.

9.3.3.3 Knoten C

Dimensionierung des Bolzens

Laut den Abmessungen in Abb. 85 und den Einwirkungen aus Abb. 86 ergibt sich für den betrachteten Bolzen ein Momentenverlauf gemäß Abb. 92.

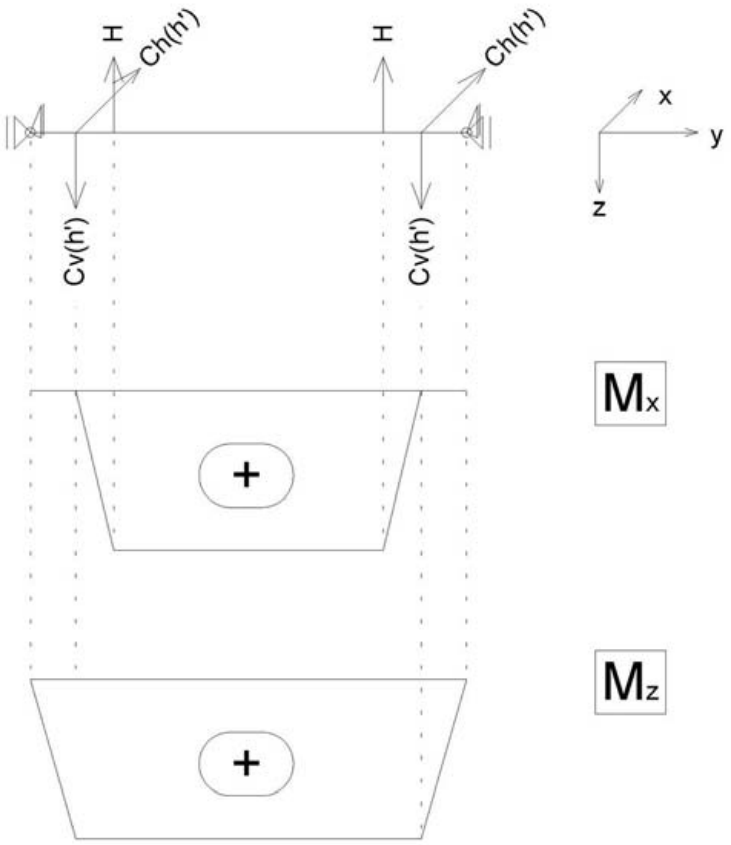


Abbildung 92: Knoten C - Momentenverlauf im Bolzen

Die maximalen Biegemomente berechnen sich wie folgt:

$C_h(h') = \frac{2,98}{2} = 1,49\ kN$

$C_v(h') = H = \frac{2,04}{2} = 1,02\ kN$

$$M_{Ed,x} = 1,4 \cdot C_v(h') \cdot 5,0 = 7,14\ kNcm \tag{123}$$

$$M_{Ed,z} = 1,4 \cdot C_h(h') \cdot 6,0 = 12,516\ kNcm \tag{124}$$

Aus der Bedingung

$$\frac{M_{Ed,z}}{W_{erf}} + \frac{M_{Ed,z}}{W_{erf}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \tag{125}$$

$$\frac{M_{Ed,z}}{\frac{d_{erf}^3 \cdot \Pi}{32}} + \frac{M_{Ed,z}}{\frac{d_{erf}^3 \cdot \Pi}{32}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \tag{126}$$

ergibt sich ein erforderlicher Bolzendurchmesser von $d_{erf} = 1,982\ cm$. Es wurde ein Bolzendurchmesser von $d = 25\ mm$ gewählt.

9.3.3.4 Führungsschiene

Die Führungsschiene wird in den Bereichen, in denen keine Steifenbleche angeordnet wurden, wie ein Kragarm belastet. Da sich die maximale Horizontalkraft welche die Führungsschiene belastet im unteren Bereich befindet, wurden hier mehrere Steifenbleche vorgesehen. Dadurch entsteht zusätzlich eine Durchlaufwirkung des Bleches. Die Annahmen der statischen Systeme sind Näherungslösungen, liegen aber auf der sicheren Seite. Abb. 93 zeigt die Belastung der Schiene bei maximal möglicher Exzentrizität des Lastangriffes. In Abb. 94 ist das statische System im unteren Bereich, wo die Steifenbleche konzentrieter angeordnet wurden, dargestellt. Da die Horizontalkraft mit der Hubhöhe stark abnimmt, ergibt der Lastangriff im untersten Feld die maximalen Schnittkräfte.

$C_h(h') = \frac{2,98}{2} = 1,49\ kN$

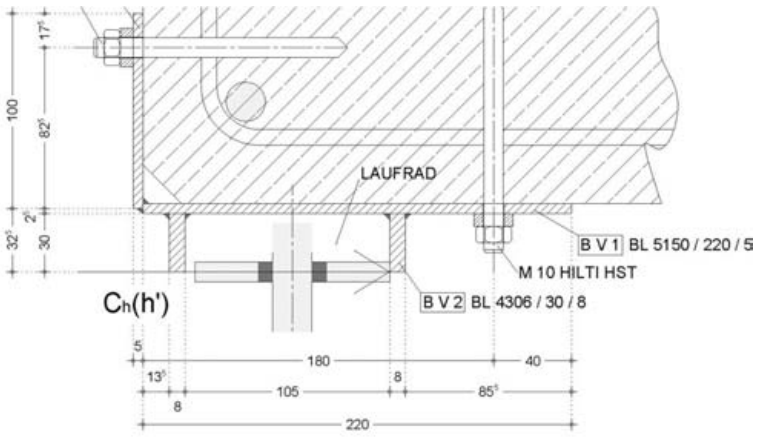


Abbildung 93: Führungsschiene - Belastung als Kragarm

Das Moment gemäß der Belastung in Abb. 93 ergibt sich zu

$$M_{Ed} = -1,4 \cdot C_v(h') \cdot 3,0 = -6,256\ kNcm \tag{127}$$

Daraus ergibt sich:

$b_{eff} = 2 \cdot 3,0 = 6,0\ cm$

$$W_{erf} = \frac{b_{eff} \cdot t_{erf}^2}{6} = \frac{2 \cdot 3,0 \cdot t_{erf}^2}{6}\ cm^3 \tag{128}$$

$$\sigma_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{W_{erf}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \tag{129}$$

$$t_{erf} = \sqrt{\frac{M_{Ed} \cdot 6}{h \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}}} = \sqrt{\frac{6,256 \cdot 6}{2 \cdot 3,0 \cdot \frac{23,5}{1,0}}} = 0,516\ cm \tag{130}$$

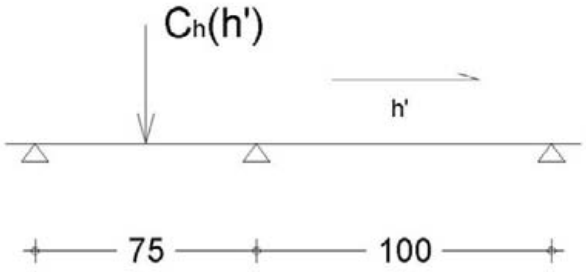


Abbildung 94: Führungsschiene - Belastung als Durchlaufträger

Das Moment gemäß der Belastung in Abb. 94 ergibt sich zu

$$M_{Ed} = 1,4 \cdot C_v(h') \cdot \frac{3}{16} \cdot 7,5 = 2,93\ kNcm \tag{131}$$

Daraus ergibt sich:

$b_{eff} = 3,0\ cm$

$$W_{erf} = \frac{b_{eff} \cdot t_{erf}^2}{6} = \frac{3,0 \cdot t_{erf}^2}{6}\ cm^3 \tag{132}$$

$$\sigma_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{W_{erf}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \tag{133}$$

$$t_{erf} = \sqrt{\frac{M_{Ed} \cdot 6}{h \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}}} = \sqrt{\frac{2,93 \cdot 6}{3,0 \cdot \frac{23,5}{1,0}}} = 0,50\ cm \tag{134}$$

Es wurde eine Blechstärke von 8 mm gewählt.

10 Ergebnis des Feldversuchs

10.1 Herstellung der Bauteile

Die einzelnen Bauteile wurden gemäß der Pläne 04 - 06 im Anhang von der Fa. Kreische Stahl- und Rohrbau GmbH vorgefertigt und mit einem Korrosionsschutz versehen. In mehreren Besprechnungen vor Ort wurden einige Konstruktionsdetails verbessert.

Abbildung 95: Herstellung der einzelnen Bauteile

Danach wurden die wetterbeständigen Tragwerksteile auf das Versuchsgelände geliefert.

10.2 Tragwerksmontage

Im ersten Schritt wurden die Führungsschienen an den bestehenden Pfeiler montiert. Nach der Vorfertigung und dem Zusammenbau der Holzkonstruktion zur Befestigung des fixen Wassertanks und der Installation der notwendigen Schlauchleitungen und Schlauchleitungsanschlüsse, wurde die Tragkonstruktion samt Wassertank auf den Pfeiler gehoben und befestigt.

Abbildung 96: Montage des fixen Wasserbehälters

An der Tragkonstruktion befinden sich auch die Umlenkrollen, welche den Hubkabeln eine Richtungsänderung ermöglichen.

Abbildung 97: Umlenkrollen

Danach wurden die beiden Brückenträger eingehoben und mittels Verbindungswelle, siehe Abb. 99, miteinander verbunden.

Abbildung 98: Montage der Brückenträger und Druckstreben

Abbildung 99: Verbindungswelle Knoten C

Im nächsten Schritt wurden die Brückenträger mit der Verbindungswelle in der Führungsschiene eingefädelt und in die gewünschte horizontale Lage gebracht. Nach dem Ausrichten der Tragwerksteile konnten die Dämpfungslager, siehe Abb. 100, eingebaut werden und die Brückenträger exakt waagrecht justiert werden.

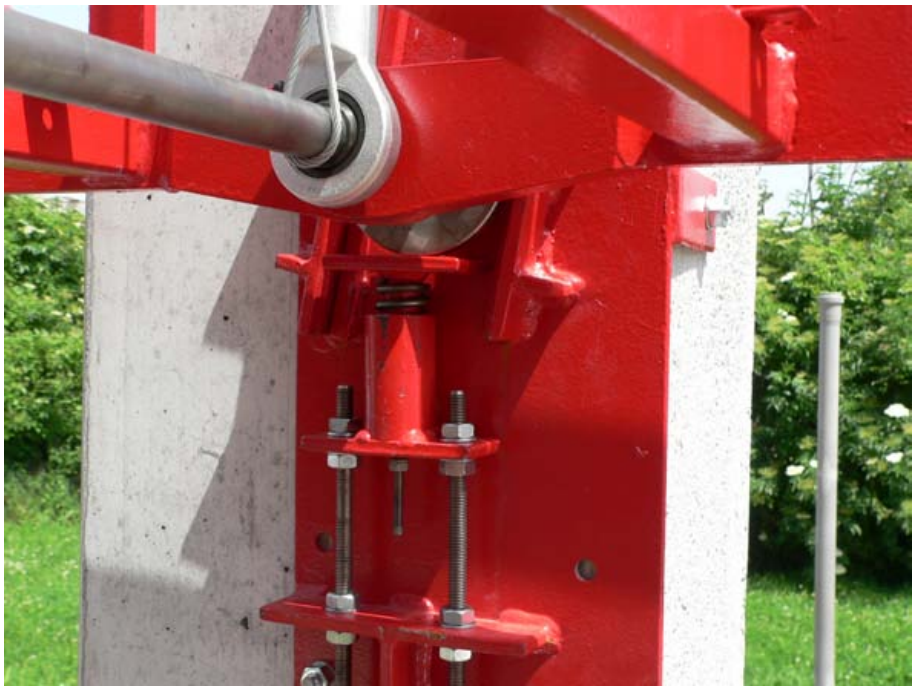


Abbildung 100: Dämpfungslager

Im Anschluss wurden die Druckstreben mit den Brückenträgern verbunden.

Abbildung 101: Montage der Brückenträger und Druckstreben

Am Fußpunkt der Druckstreben mussten die Schwenklager und Lagerböcke mittels Ankerbolzen an der bestehenden Fußplatte des Pfeilers befestigt werden. Dazu

wurden die erforderlichen Löcher in die Stahlplatte gebohrt und nach exaktem Ausrichten der Druckstreben die Schwenklager und Lagerböcke mit dem Bestand verbunden, siehe Abb. 102.

Abbildung 102: Druckstreben Befestigung am Bestand

Abb. 103 - Abb. 106 zeigen die Knotendetails B der einzelnen Druckstreben - Brückenträger - Verbindungen.

Abbildung 103: Ansicht Knoten B - wasserseitiger Druckstab

Abbildung 104: Knoten B - wasserseitiger Druckstab

Abbildung 105: Ansicht Knoten B - landseitiger Druckstab

Abbildung 106: Knoten B - landseitiger Druckstab

Um in einem ersten Versuch die Rotationsfähigkeit der Bauteile zu testen, wurde das Tragwerk mittels Hubzug einmal nach oben und unten geklappt.

Abbildung 107: Erster Test der Rotationsfähigkeit der Bauteile

Abbildung 108: Erster Test der Rotationsfähigkeit der Bauteile

Abbildung 109: Erster Test der Rotationsfähigkeit der Bauteile

Abbildung 110: Erster Test der Rotationsfähigkeit der Bauteile

Abbildung 111: Tragwerk im geöffneten Zustand

Abbildung 112: Tragwerk im geöffneten Zustand

Die ersten Tests ergaben, dass sich das Tragwerk beim Klappvorgang wie erwartet verhält.

Nun können die beweglichen Wasserbehälter, die Magnetventile, die Schlauchlei-

tungen und die notwendige Elektronik montiert und installiert werden.

Abbildung 113: Montage der beweglichen Wasserbehälter

Abbildung 114: Schlauchanschluss - Magnetventile

10.3 Klappvorgang

Die nächsten Abbildungen zeigen den endgültigen Aufklappvorgang. Das Tragwerk wird nur durch die Befüllung der beweglichen Wasserbehälter aufgeklappt.

Abbildung 115: Aufklappvorgang - Brücke geschlossen

Abbildung 116: Aufklappvorgang

Abbildung 117: Aufklappvorgang

Abbildung 118: Aufklappvorgang

Abbildung 119: Aufklappvorgang

Abbildung 120: Aufklappvorgang

Abbildung 121: Aufklappvorgang

Abbildung 122: Aufklappvorgang

Abbildung 123: Aufklappvorgang - Brücke geöffnet

Der Aufklappvorgang verlief wie erwartet. Am Anfang muss ein großer Gewichtsunterschied in den Behältern erzeugt werden, darum ging der Vorgang zunächst sehr langsam voran. Außerdem baute sich auf Grund der Reibung im Verbindungsknoten C ein gewisser Widerstand auf. Erst als dieser Widerstand überbrückt wurde, klappte das Tragwerk plötzlich sehr schnell auf. Danach öffnete sich die Brücke wieder kontinuierlich. Für einen gleichmäßigeren Aufklappvorgang sollte die Reibung im Verbindungsknoten C durch entsprechende Maßnahmen, wie Schmierung der Gelenke, minimiert werden. Durch oftmaliges Auf- und Zuklappen der Brücke wird die Reibung ebenfalls kleiner.

10.4 Resümee

Durch den Feldversuch wurde die Machbarkeit des Klappvorganges eindeutig demonstriert. Alle Annahmen in Hinblick auf Behältergewicht und veränderlichem Wassergewicht, sowie der errechnenten Hubkräfte, erwiesen sich als richtig und die Grundidee, eine Brücke mit möglichst geringem Energieverbrauch heben zu können, wurde somit verwirklicht. Durch die geschickte Anordnung der Drehpunkte konnte das Hubgewicht sehr gering gehalten werden. Somit konnte die Brücke mit weniger als 50 l Wasser je beweglichem Behälter gehoben werden. Diese geringe Wassermenge kann durch eine Pumpe, welche durch eine Photovoltaik - Anlage mit Strom gespeist wird, in den fixen Wassertank befördert werden und somit funktioniert die Klappbrücke ohne externe Energieversorgung. Dadurch ist ein nachhaltiges Konzept für den Brückenbetrieb gegeben.

Literatur

[1] RVS 03.02.13: *Radverkehr*; Juni 2001.

[2] Susanne Blail: *Machbarkeitsstudie für das Brückenklappverfahren*; Diplomarbeit; Technische Universität Wien; 2007.

[3] WSW Wälzlager Wolfgang Streich GmbH & Co: *http://www.wsw-waelzlager.de/*; gelesen am 10.11.2009.

[4] Phillipp Egger: *Alternativentwurf der Andelsbachtalbrücke*; Diplomarbeit; Technische Universität Wien; 2008.

[5] OÖ. Tourismus Technologie GmbH: *Der Donauradweg*; *http://www.danube.at/*; gelesen 05.12.2009.

[6] OÖ. Tourismus Technologie GmbH: *Donauradweg - Natur und Kultur am Strom*; *http://www.radfahren.at/*; gelesen 05.12.2009.

[7] Robl Ingenieur Consulting Ziviltechniker GmbH: *Machbarkeitsstudie - Radwegbrücke Schwarzes Loch*; Magistratsabteilung 29 - Brückenbau und Grundbau; 2005.

[8] Snizek + Partner Verkehrsplaungs GmbH: *Radverkehrserhebung Wien*; Magistratsabteilung 18 - Stadtentwicklung und Stadtplaung; 2009.

[9] Thomas Gruber: *Hub- und Klappbrücken*; *Bakkalaureatsarbeit*; 2009.

[10] A Hawaranek: *Bewegliche Brücken - Berechnung und Konstruktion*; Springer - Verlag Berlin; 1936.

[11] Österreichisches Normungsinstitut: *ÖNORM EN 1990*; 2003.

[12] Österreichisches Normungsinstitut: *ÖNORM EN 1991*; 2003.

[13] Österreichisches Normungsinstitut: *ÖNORM EN 1993*; 2007.

[14] Daniel Robl: *Bestandsanalyse und Verbesserungsvorschläge zur Inanspruchnahme des regionalen Wirtschaftspotentials durch den Fahrradtourismus am Beispiel des Donauradweges*; Diplomarbeit; Technische Universität Wien; 2002.

[15] STATISTIK AUSTRIA Bundesanstalt Statistik Österreich: *Baukostenindex für den Brückenbau, aktuelle Messzahlen Basisjahr 2005*; 17.05.2010.

[16] Magistratsabteilung 46 Verkehrsorganisation und technische Verkehrsangelegenheiten: *Radfahren in Wien*; *http://www.wien.gv.at/verkehr/organisation/*; gelesen am 01.01.2010.

Abbildungsverzeichnis

1 Entwicklung des Radwegnetzes in Wien [16] 8

2 Entwicklung des Radverkehrsanteils in Wien 2001 bis 2015 [8] . . . 9

3 Längenschnitt Donauradweg [6] 10

4 Donauradweg - Bereich Wien West [16] 11

5 Donauradweg - Bereich Wien Ost[16] 12

6 Die Donauinsel - Blickrichtung Nord-West 12

7 Übersicht Projektgebiet [7] 13

8 Übersicht alternative Streckenführung [7] 14

9 Übersicht Variante 1 [7] 15

10 Bestandsradweg - Blick Richtung Norden [7] 15

11 Querschnitt V1b - Unterquerung Rohrbrücke - Blickrichtung Strom abwärts [7] 16

12 Abschnitt 2 - Blick Richtung Rohrbrücke [7] 17

13 Abschnitt 2 - Blick Stromaufwärts zur Rohrbrücke [7] 17

14 Brückenschlag mit Kreiselbauwerk [7] 18

15 Brückenschlag mit Rampenbauwerk [7] 19

16 Blick von Donauinsel auf Hafenspitz [7] 19

17 Ende der Leit- u. Schutzwand am Hafenspitz [7] 20

18 bestehende Rohrbrücke [7] 20

19 Übersicht Variante 2 [7] 21

20 Prinzipskizze Druckstrebenvariante [2] 26

21 Prinzipskizze Zugstrebenvariante [2] 27

22 Taktweise Herstellung einer Talbrücke mittels “BLM” [4] 27

23 Statisches System der Druckstrebenvariante [2] 28
24 Statisches System der Zugstrebenvariante[2] 29
25 Feldversuch Druckstrebenvariante “BLM” [2] 30
26 Luftbild des Entwurfsbereichs 32
28 Ansicht des Entwurfsbereichs - Widerlager Ölhafen 33
27 Ansicht des Entwurfsbereichs - Widerlager Marchfeldschutzdamm . 33
29 Ansicht des Entwurfsbereichs - Marchfeldschutzdamm 34
30 Lageplan Klappbrücke Lobau 34
31 Höhenprofil des Entwurfsbereichs 36
32 Barbarabrücke 36
33 Klappmechanismus Zugstrebenvariante 38
34 Klappmechanismus “große Zugstrebenbrücke” 39
35 Klappmechanismus “doppelklappbare Zugkabelbrücke” 40
36 Klappmechanismus Druckstrebenvariante 41
37 Klappmechanismus “fachwerkartige Druckstrebenbrücke 1” 42
38 Klappmechanismus “fachwerkartige Druckstrebenbrücke 2” 43
39 Längenschnitt/Ansicht Klappbrücke Lobau 46
40 Längenschnitt/Ansicht - Brücke für Schiffsverkehr geöffnet 46
41 3D-Ansicht Klappbrücke Lobau - Klappvorgang 47
42 Lageplan Klappbrücke Lobau 48
43 Regelquerschnitt I 49
44 Regelquerschnitt II 50
45 Längenschnitt/Ansicht Klappbrücke Lobau 51
46 Detailansicht - Übergang von Regelquerschnitt I in Regelquerschnitt II 52

47 a) Schnitt durch Pylonachse - b) wasserseitiger Druckstab - c) landseitiger Druckstab 53

48 Aufklappvorgang 54

49 Bewegungsraum während des Klappvorganges 55

50 Schnitt durch Pylon - Aufklappvorgang 57

51 Hubkraftkurve Klappbrücke Lobau 58

52 Schwerpunktlagen 59

53 Federkraft zur Dämpfung des Hubvorganges 60

54 Hubkraftkurve bei Verziehung der Führungsschiene 61

55 Erhöhung der Hubkraft durch Verziehung der Führungsschiene . . . 62

56 Momentenbeanspruchung des Fundamentes in Abhängigkeit der Hubhöhe 63

57 Längsschnitt/Ansicht Klappbrücke Lobau 64

58 Knoten A - Auflagerdetail 66

59 Knoten A - Schnitt a-a 66

60 Knoten B - Ansicht Druckstreben-Brückenträger-Verbindung - Schnitt b-b - Darstellung im geschlossenen Zustand 67

61 Knoten B - Ansicht Druckstreben-Brückenträger-Verbindung - Darstellung im geöffneten Zustand 68

62 Knoten C - Verbindung der Brückenträgerenden - Ansicht Pylon Innenseite 70

63 Knoten C - Schnitt I-I und Schnitt II-II 71

64 Knoten C - Schnitt III-III bzw. Grundriss-Ausschnitt 72

65 Knoten D - Schnitt d-d - Fahrbahnübergang 73

66 Knoten D - Ansicht 73

67 Knoten D - Grundriss 74

68 Stabwerksmodell Klappbrücke Lobau 87

69 Ergebnisverlauf Spannungsnachweis 92

70 Spannungsverteilung Untergurtquerschnitt - Knoten B 93

71 Querschnitt des herausgelösten Einzelstabes 94

72 Querschnittswerte 96

73 Ergebnisverlauf Biegeknicknachweis 96

74 Systemskizze Knotenanschluss 97

75 betrachteter Knoten 97

76 Verformung des Tragwerkes; [mm] 102

77 Statisches System Klappvorgang 104

78 Hubkraftkurve - vereinfachte Berechnung 110

79 Hubkraftkurve - vereinfachte Berechnung - unter Berücksichtigung der Verziehung 110

80 Hubkraftkurve Klappbrücke Lobau 112

81 Hubkraftkurve Klappbrücke Lobau 113

82 Ermittlung der Behältervolumina 115

83 Feldversuch - Pylonschnitte - Grundriss 119

84 Anordnung der Wasserbehälter - Schlauchleitungssystem 121

85 Tragwerksaufhängung Knoten C 122

86 Hubkraftkurve Feldversuch 124

87 Ermittlung der Behältervolumina 125

88 Ergebnisverlauf Spannungsnachweis 129

89 Knoten A - Einwirkung wasserseitiger Druckstab 130

90 wasserseitiger Druckstab Feldversuch 132

91 Knoten B - Einwirkung auf Anschlussbleche BIII 8 134

92 Knoten C - Momentenverlauf im Bolzen 135

93 Führungsschiene - Belastung als Kragarm 136
94 Führungsschiene - Belastung als Durchlaufträger 137
95 Herstellung der einzelnen Bauteile 139
96 Montage des fixen Wasserbehälters 140
97 Umlenkrollen 140
98 Montage der Brückenträger und Druckstreben 141
99 Verbindungswelle Knoten C 141
100 Dämpfungslager 142
101 Montage der Brückenträger und Druckstreben 142
102 Druckstreben Befestigung am Bestand 143
103 Ansicht Knoten B - wasserseitiger Druckstab 143
104 Knoten B - wasserseitiger Druckstab 144
105 Ansicht Knoten B - landseitiger Druckstab 144
106 Knoten B - landseitiger Druckstab 145
107 Erster Test der Rotationsfähigkeit der Bauteile 145
108 Erster Test der Rotationsfähigkeit der Bauteile 146
109 Erster Test der Rotationsfähigkeit der Bauteile 146
110 Erster Test der Rotationsfähigkeit der Bauteile 147
111 Tragwerk im geöffneten Zustand 148
112 Tragwerk im geöffneten Zustand 149
113 Montage der beweglichen Wasserbehälter 150
114 Schlauchanschluss - Magnetventile 150
115 Aufklappvorgang - Brücke geschlossen 151
116 Aufklappvorgang 151

117 Aufklappvorgang 152

118 Aufklappvorgang 152

119 Aufklappvorgang 153

120 Aufklappvorgang 153

121 Aufklappvorgang 154

122 Aufklappvorgang 154

123 Aufklappvorgang - Brücke geöffnet 155

Tabellenverzeichnis

1 Kostenschätzung der Klappbrücke Lobau 76

2 Kostenvergleich Klappbrücke Lobau - konventionelles Brückentragwerk 77

3 Preissteigerung laut Baukostenindex 77

4 Kostenschätzung der Betriebskosten 78

5 Betriebszeiten der Klappbrücke Lobau 79

6 Kombinationsbeiwerte ψ laut EN 1990/A1 - Tabelle A.2.2 [11] . . . 88

7 Lastfälle 89

8 Lastfallkombinationen 89

9 Lastfallgruppen 90

10 vereinfachte Berechnung der Auflagerreaktionen - wasserseitiger Brückenträger 107

11 vereinfachte Berechnung der Auflagerreaktionen - landseitiger Brückenträger 108

12 vereinfachte Berechnung der Auflagerreaktionen - gesamtes Brückentragwerk - Berücksichtigung der Verziehung 109

13 Auflagerreaktionen - Hubvorgang 111

14 Auflagerreaktionen - Hubvorgang - Einrechnung der Verziehung . . 113

15 Auflagerreaktionen - Hubvorgang Feldversuch - Einrechnung der Verziehung 123

ANHANG

STATISCHE BERECHNUNG

KLAPPBRÜCKE LOBAU

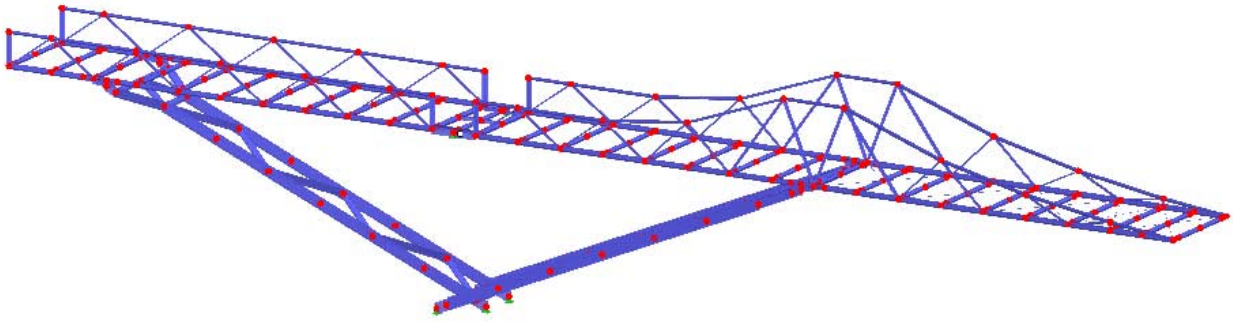
Planung und Modellversuch

STATISCHE BERECHNUNG

BAUVORHABEN KLAPPBRÜCKE LOBAU

BAUHERR INSTITUT FÜR TRAGKONSTRUKTIONEN

ERSTELLER WIMMER DAVID



INHALT

	Basisangaben	2
	Struktur	**2**
	Materialien	2
	Querschnitte	2
	Stabendgelenke	3
	Stabexzentrizitäten	3
	Knotenlager	3
	Belastung	**4**
	Lastfälle	4
	LF 1 - Eigengewicht und Aufbau	4
	LF 2 - Wind	5
	LF 3 - VERKEHRSLAST VERTIKAL LI	5
	LF 4 - VERKEHRSLAST VERTIKAL R	5
	LF 5 - TEMPERATUR UNGLEICHMÄ	6
	LF 6 - TEMPERATUR GLEICHMÄSSI	6
	Lastfallgruppen	**6**
	Lastfallkombinationen	**7**
	Ergebnisse - Lastfälle, LF-Gruppen	**8**
	Querschnitte - Schnittgrößen	8
Grafik	Verformungen u, LF1: Eigengewicht u	11
	Ergebnisse - LF-Kombinationen	**11**
	Querschnitte - Schnittgrößen	11
	Knoten - Lagerkräfte	14
Grafik	LK1: Charakteristische Werte	16
Grafik	Verformungen u, LK3: Häufige Lastfall	17

INHALT

	STAHL	**18**
	FA1 - Spannungsanalyse	18
	Basisangaben	18
	Details	18
	Materialien	18
	Querschnitte	18
	Ergebnisse	19
	Spannungen querschnittsweise	19
	Maßgebende Schnittgrößen stabweis	20
	Stückliste stabweise	24
Grafik	STAHL - Stäbe Sigma-v, FA1	25
	KAPPA	**26**
	FA1 - Biegeknicknachweis	26
	Basisangaben	26
	Details	26
	Materialien	26
	Querschnitte	26
	Ergebnisse	26
	Nachweise querschnittsweise	26
Grafik	KAPPA - Stäbe Nachweis, FA1	34
	FA1 - Dynamische Analyse	35
	Basisangaben	35
	Ergebnisse	35
	Eigenwerte und Eigenfrequenzen	35

BASISANGABEN

BERECHNUNGSART

☒ Statik
☒ Nachweis
☒ Dynamik

☒ Theorie I. Ordnung (lineare Berechnung)
☒ Theorie II. Ordnung (nichtlinear nach Timoshenko)
☐ Theorie großer Verschiebungen (nichtlinear nach Newton-Raphson)
☐ Durchschlagproblem (nichtlinear nach Newton-Raphson)

☒ Lastfälle
☒ LF-Gruppen
☒ LF-Kombinationen

☒ Bemessungsfälle
☒ Dynamikfälle
☐ Knickfiguren

STRUKTURKENNWERTE

☐ 1D-Durchlaufträger
☐ 2D-Stabwerk
☒ 3D-Stabwerk
☐ Trägerrost

258 Knoten
2 Materialien
26 Querschnitte
2 Stabendgelenke
0 Stabteilungen

390 Stäbe
0 Seilstäbe
0 Voutenstäbe
0 El. gebet. Stäbe
0 Stabzüge

MATERIALIEN

Material Nr.	Material-Bezeichnung	Elast.-Modul E [kN/cm²]	Schubmodul G [kN/cm²]	Sp. Gewicht γ [kN/m³]	Wärmedehnz. α [1/°C]	Beiwert γ_M [-]
1	Baustahl S 235 | DIN 18800: 1990-11	21000.00	8100.00	78.50	1.2000E-05	1.100
2	Baustahl S 235 J2 G3 | EN 10025: 1994-03	21000.00	8100.00	78.50	1.2000E-05	1.100

QUERSCHNITTE

Quers. Nr.	Querschnitts-Bezeichnung	Mater. Nr.	I_T [cm⁴] A [cm²]	I_y [cm⁴] A_y [cm²]	I_z [cm⁴] A_z [cm²]
1	QRO 200x6,3	2	4660.00 47.80	2960.00 20.51	2960.00 20.51
2	RRO 180x100x5.6	2	1150.00 29.30	1240.00 7.42	496.00 17.87
3	QRO 180x10	2	5040.00 65.40	3090.00 28.74	3090.00 28.74
4	RRO 120x60x4	2	199.00 13.50	247.00 2.99	82.70 8.54
5	RRO 160x90x6.3	2	899.00 28.90	943.00 7.45	383.00 17.72
6	QRO 160x6,3	2	2330.00 37.70	1460.00 16.31	1460.00 16.31
7	IPE 160	2	3.62 20.10	869.00 10.17	68.30 7.33
8	QRO 100x4	2	357.00 15.20	233.00 6.43	233.00 6.43
9	TO 460/120/8/8/8/8	2	7289.58 90.24	21478.07 8.38	2462.00 66.96
11	TS 350/200/20/80/10	2	5422.67 304.00	34609.49 148.65	2741.33 227.72
12	TO 300/80/8/8/8/8	2	1955.32 58.24	5783.30 5.41	659.59 43.30
13	KASTEN(B) 220/10/40/300/120/ 10/150/5/5	2	6363.64 266.00	20784.46 29.36	16188.66 200.95
14	TO 160/180/12/12/12/12	2	4731.73 75.84	2873.91 34.73	3473.40 28.98
15	Rechteck 80/800	2	12793.18 640.00	341333.34 533.33	3413.33 533.33
16	Rechteck 80/460	2	6990.57 368.00	64890.67 306.67	1962.67 306.67
17	Rechteck 80/360	2	5284.01	31104.00	1536.00

QUERSCHNITTE

Quers. Nr.	Querschnitts-Bezeichnung	Mater. Nr.	I_T [cm⁴] A [cm²]	I_y [cm⁴] A_y [cm²]	I_z [cm⁴] A_z [cm²]
17			288.00	240.00	240.00
18	KASTEN(B) 220/10/40/200/120/10/50/5/5	2	5938.20 186.00	6808.45 31.78	10961.99 125.08
19	QRO 200x10	2	7020.00 73.40	4340.00 32.08	4340.00 32.08
20	TO 180/180/10/10/10/10	2	4935.67 68.00	3286.67 28.47	3286.67 28.47
21	Kreis 15	2	0.50 1.77	0.25 1.50	0.25 1.50
22	HE-A 120	2	6.02 25.30	606.00 16.02	231.00 4.86
23	TO 300/80/8/8/8/8	2	1955.32 58.24	5783.30 5.41	659.59 43.30
24	TO 360/120/8/8/8/8	2	5375.33 74.24	11376.09 9.69	1959.39 52.32
25	TO 300/120/8/8/8/8	2	4249.64 64.64	7147.87 10.69	1657.82 43.33
26	TO 280/80/8/8/8/8	1	1795.62 55.04	4821.47 5.64	617.95 40.40
27	TO 300/80/8/8/8/8	1	1955.32 58.24	5783.30 5.41	659.59 43.30

STABENDGELENKE

Gelenk Nr.	Bezugs-system	Axial/Quer-Gelenk bzw. Feder [kN/m] N	V_y	V_z	Momentengelenk bzw. Feder [kNm/rad] M_T	M_y	M_z
1	Lokal x,y,z	☐	☐	☐	☐	☒	☒
2	Lokal x,y,z	☐	☐	☐	☐	☒	☒

STABEXZENTRIZITÄTEN

Exz. Nr.	Bezugs-system	Stabanfang - Exzentrizität [mm] $e_{i,X}$	$e_{i,Y}$	$e_{i,Z}$	Stabend - Exzentrizität [mm] $e_{j,X}$	$e_{j,Y}$	$e_{j,Z}$	Kommentar
1	Global	0.0	0.0	46.7	0.0	0.0	46.7	

KNOTENLAGER

Lager Nr.	Knoten Nr.	Lagerdrehung [°] Folge	um X	um Y	um Z	Lagerung bzw. Feder [kN/m] [kNm/rad] $u_{X'}$	$u_{Y'}$	$u_{Z'}$	$\varphi_{X'}$	$\varphi_{Y'}$	$\varphi_{Z'}$
1	68-71,79,83,89,90 Gelenkig	ZYX	0.00	0.00	0.00	☒	☒	☒	☐	☐	☒

LASTFÄLLE

LF-Nr.	LF-Bezeichnung	LF-Faktor	Eigenschaften des Lastfalls	Eigengewicht	Berechnungs-Theorie
1	Eigengewicht und Aufbau	1.0000	Ständig	1.00	I. Ordnung
2	Wind	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
3	VERKEHRSLAST VERTIKAL LINKS	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
4	VERKEHRSLAST VERTIKAL RECHTS	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
5	TEMPERATUR UNGLEICHMÄSSIG	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
6	TEMPERATUR GLEICHMÄSSIG	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung

LF1
Eigengewicht und Aufbau

STABLASTEN

LF1

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr. An Stabs. Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	140,142	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	0.213	kN/m
2	Stäbe	141	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	0.425	kN/m
4	Stäbe	125,127	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	0.213	kN/m
5	Stäbe	126	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	0.425	kN/m
6	Stäbe	152-154	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.185	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
9	Stäbe	155	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.185	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
10	Stäbe	175-177,191, 202-204,216, 217,241-243, 266,267,275, 299-301,314-316,366-368, 370-372,375,381	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.369	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
13	Stäbe	178,205,218, 244,276,302, 317,369,373, 374,376,380,382	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.369	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
22	Stäbe	223-226,284-28	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.368	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
30	Stäbe	264,265,268	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.370	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
35	Stäbe	269	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.370	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
50	Stäbe	327-330	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.322	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
54	Stäbe	334-336	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.276	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
57	Stäbe	339-341	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.138	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
60	Stäbe	342	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.138	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
61	Stäbe	365	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.276	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
73	Stäbe	377,383	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.369	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
78	Stäbe	2-5	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.184	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
82	Stäbe	21-23	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.370	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
85	Stäbe	24	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.370	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
86	Stäbe	54-57	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.368	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
90	Stäbe	72-74,93-95,104 106,163,164, 174,277,278, 292,307,322	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.369	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
93	Stäbe	75,96,162,189, 293,294,308, 321,323	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.369	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
101	Stäbe	113-115	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.185	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
104	Stäbe	116	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.185	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
117	Stäbe	309,400	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	0.369	kN/m
	Aus Flächenlast p: 0.190 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								

LF2
Wind

STABLASTEN LF2

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr. An Stabs. Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	156,159,160, 165,173,179, 187,192,194, 206,208,219, 221,227,235, 240,254,256, 262,270,272, 274,280,282, 288,290,295, 297,303,305, 310,312,318, 324,325,337, 338,358,360, 362,363,378, 385,387,389	Kraft	Konstant	Y	Projektion Y	p	-0.285	kN/m
11	Stäbe	331	Kraft	Konstant	Y	Wahre Länge	p	-0.285	kN/m
234	Stäbe	6,9,10,12,17,19, 25,27,33,35,46, 49,58,60,65,70, 76,81,86,97,99, 107,110,111, 117,391,393, 395,397,398	Kraft	Konstant	Y	Wahre Länge	p	-0.285	kN/m
235	Stäbe	150,171,185, 200,214,233	Kraft	Konstant	Y	Wahre Länge	p	-0.650	kN/m
236	Stäbe	250	Kraft	Konstant	Y	Wahre Länge	p	-0.510	kN/m
237	Stäbe	52,68,79,91,102, 120	Kraft	Konstant	Y	Wahre Länge	p	-0.650	kN/m
238	Stäbe	41	Kraft	Konstant	Y	Wahre Länge	p	-0.510	kN/m

LF3
VERKEHRSLAST VERTIKAL LINKS

STABLASTEN LF3

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr. An Stabs. Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	125,127,140,142	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	3.738	kN/m
2	Stäbe	126,141	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	5.525	kN/m
3	Stäbe	54-56,223-225	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	5.985	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
6	Stäbe	57,226	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	5.985	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
7	Stäbe	72-74,93-95,104 106,163,164, 174-177,191, 202-204,216, 217,241-243, 266,267,275, 277,278,292	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	5.997	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
10	Stäbe	75,96,162,178, 189,205,218, 244,276,293	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	5.997	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
18	Stäbe	113-115,152-15	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	2.999	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
21	Stäbe	116,155	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	2.999	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
59	Stäbe	321,323,380, 382,383,400	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	7.181	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
60	Stäbe	322,381	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	7.181	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								

LF4
VERKEHRSLAST VERTIKAL RECHTS

STABLASTEN LF4

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr. An Stabs. Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	2-4	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	2.987	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
4	Stäbe	5	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	2.987	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
5	Stäbe	21-23,264,265, 268	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	4.836	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
8	Stäbe	24,269	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	4.836	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
13	Stäbe	284-286	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	5.985	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
16	Stäbe	287	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	5.985	kN/m

LF4
VERKEHRSLAST VERTIKAL RECHTS

STABLASTEN LF4

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr. An Stabs. Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter Symbol	Wert	Einheit
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
17	Stäbe	294,307,308, 374-376	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	5.997	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
18	Stäbe	299-301,309, 314-316,366-368,370-372,377	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	5.997	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
21	Stäbe	302,317,369,373	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	5.997	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
29	Stäbe	327,329,330	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	5.238	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
30	Stäbe	328	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	5.238	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
33	Stäbe	334-336	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	4.479	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
36	Stäbe	339-341	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	2.239	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
39	Stäbe	342	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	2.239	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								
40	Stäbe	365	Kraft	Konstant	Z	Wahre Länge	p	4.479	kN/m
	Aus Flächenlast p: 3.095 kN/m ^{2} (Richtung: 'z')								

LF5
TEMPERATUR UNGLEICHMÄSSIG

STABLASTEN LF5

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr. An Stabs. Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	132,138-142, 152-155,161, 165,175-178, 188,192,202-205,215,219, 223-226,239, 240,255,256, 262,264,265, 268,269,271, 272,279,280, 284-287,291, 295,299-302, 306,310,314-317,320,325, 333,338-342, 357-364,378, 379,384-389	T-Differenz	Konstant	z	Wahre Länge	ΔT	20.0	°C
							H	200.0	mm
2	Stäbe	2-5,11,12,18,19, 21-24,26-33,36, 37,45,46,54-57, 61,65,72-75,82, 86,93-96,103, 107,113-116, 125-129,132-136,390-399	T-Änderung	Konstant	x	Wahre Länge	T	20.0	°C

LF6
TEMPERATUR GLEICHMÄSSIG

STABLASTEN LF6

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr. An Stabs. Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	1-12,16-41,45-61,65-82,86-103 107-161,165-173,175-188, 192-215,219-240,245-265, 268-274,279-291,295-306, 310-320,324-333,337-342, 357-364,378, 379,384-399	T-Differenz	Konstant	y	Wahre Länge	ΔT	36.0	°C
							H	200.0	mm

LASTFALLGRUPPEN

LG Nr.	LG-Bezeichnung	Faktor	Lastfälle in LG	Berechnungs-Theorie
1	LG C1 EG+gesQf+W	1.0000	LF1 + 0.3*LF2 + LF3 + LF4	II. Ordnung
2	LG C2 EG+gesQ+Wf	1.0000	LF1 + LF2 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4	II. Ordnung
3	LG C3 EG+linksQf+W	1.0000	LF1 + 0.3*LF2 + LF3	II. Ordnung
4	LG C4 EG+rechtsQf+W	1.0000	LF1 + 0.3*LF2 + LF4	II. Ordnung
5	LG C5 EG+linksQ+Wf	1.0000	LF1 + LF2 + 0.4*LF3	II. Ordnung
6	LG C6 EG+rechtsQ+Wf	1.0000	LF1 + LF2 + 0.4*LF4	II. Ordnung
7	LG C7 EG+gesQf+TU	1.0000	LF1 + LF3 + LF4 + 0.6*LF5	II. Ordnung
8	LG C8 EG+linksQf+TU	1.0000	LF1 + LF3 + 0.6*LF5	II. Ordnung
9	LG C9 EG+rechtsQf+TU	1.0000	LF1 + LF4 + 0.6*LF5	II. Ordnung
10	LG C10 EG+gesQ+TUf	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4 + LF5	II. Ordnung
11	LG C11 EG+linksQ+TUf	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + LF5	II. Ordnung
12	LG C12 EG+rechtsQ+TUf	1.0000	LF1 + 0.4*LF4 + LF5	II. Ordnung
13	LG C13 EG+gesQf+TG	1.0000	LF1 + LF3 + LF4 + 0.6*LF6	II. Ordnung
14	LG C14 EG+linksQf+TG	1.0000	LF1 + LF3 + 0.6*LF6	II. Ordnung
15	LG C15 EG+rechtsQf+TG	1.0000	LF1 + LF4 + 0.6*LF6	II. Ordnung
16	LG C16 EG+gesQ+TGf	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4 + LF6	II. Ordnung
17	LG C17 EG+linksQ+TGf	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + LF6	II. Ordnung
18	LG C18 EG+rechtsQ+TGf	1.0000	LF1 + 0.4*LF4 + LF6	II. Ordnung
101	LG D1 EG+gesQf+W	1.0000	1.35*LF1 + 0.45*LF2 + 1.35*LF3 + 1.35*LF4	II. Ordnung
102	LG D2 EG+gesQ+Wf	1.0000	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + 0.54*LF3 + 0.54*LF4	II. Ordnung
103	LG D3 EG+linksQf+W	1.0000	1.35*LF1 + 0.45*LF2 + 1.35*LF3	II. Ordnung
104	LG D4 EG+rechtsQf+W	1.0000	1.35*LF1 + 0.45*LF2 + 1.35*LF4	II. Ordnung
105	LG D5 EG+linksQ+Wf	1.0000	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + 0.54*LF3	II. Ordnung
106	LG D6 EG+rechtsQ+Wf	1.0000	1.35*LF1 + 1.5*LF2 + 0.54*LF4	II. Ordnung
107	LG D7 EG+gesQf+TU	1.0000	1.35*LF1 + 1.35*LF3 + 1.35*LF4 + 0.9*LF5	II. Ordnung
108	LG D8 EG+linksQf+TU	1.0000	1.35*LF1 + 1.35*LF3 + 0.9*LF5	II. Ordnung
109	LG D9 EG+rechtsQf+TU	1.0000	1.35*LF1 + 1.35*LF4 + 0.9*LF5	II. Ordnung
110	LG D10 EG+gesQ+TUf	1.0000	1.35*LF1 + 0.54*LF3 + 0.54*LF4 + 1.5*LF5	II. Ordnung
111	LG D11 EG+linksQ+TUf	1.0000	1.35*LF1 + 0.54*LF3 + 1.5*LF5	II. Ordnung
112	LG D12 EG+rechtsQ+TUf	1.0000	1.35*LF1 + 0.54*LF4 + 1.5*LF5	II. Ordnung
113	LG D13 EG+gesQf+TG	1.0000	1.35*LF1 + 1.35*LF3 + 1.35*LF4 + 0.9*LF6	II. Ordnung
114	LG D14 EG+linksQf+TG	1.0000	1.35*LF1 + 1.35*LF3 + 0.9*LF6	II. Ordnung
115	LG D15 EG+rechtsQf+TG	1.0000	1.35*LF1 + 1.35*LF4 + 0.9*LF6	II. Ordnung
116	LG D16 EG+gesQ+TGf	1.0000	1.35*LF1 + 0.54*LF3 + 0.54*LF4 + 1.5*LF6	II. Ordnung
117	LG D17 EG+linksQ+TGf	1.0000	1.35*LF1 + 0.54*LF3 + 1.5*LF6	II. Ordnung
118	LG D18 EG+rechtsQ+TGf	1.0000	1.35*LF1 + 0.54*LF4 + 1.5*LF6	II. Ordnung
201	LG H1 EG+gesQf+W	1.0000	LF1 + 0.2*LF2 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4	II. Ordnung
202	LG H2 EG+gesQ+Wf	1.0000	LF1 + 0.3*LF2 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4	II. Ordnung
203	LG H3 EG+linksQf+W	1.0000	LF1 + 0.2*LF2 + 0.4*LF3	II. Ordnung
204	LG H4 EG+rechtsQf+W	1.0000	LF1 + 0.2*LF2 + 0.4*LF4	II. Ordnung
205	LG H5 EG+linksQ+Wf	1.0000	LF1 + 0.3*LF2 + 0.4*LF3	II. Ordnung
206	LG H6 EG+rechtsQ+Wf	1.0000	LF1 + 0.3*LF2 + 0.4*LF4	II. Ordnung
207	LG H7 EG+gesQf+TU	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4 + 0.6*LF5	II. Ordnung
208	LG H8 EG+linksQf+TU	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.6*LF5	II. Ordnung
209	LG H9 EG+rechtsQf+TU	1.0000	LF1 + 0.4*LF4 + 0.6*LF5	II. Ordnung
210	LG H10 EG+gesQ+TUf	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4 + 0.6*LF5	II. Ordnung
211	LG H11 EG+linksQ+TUf	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.6*LF5	II. Ordnung
212	LG H12 EG+rechtsQ+TUf	1.0000	LF1 + 0.4*LF4 + 0.6*LF5	II. Ordnung
213	LG H13 EG+gesQf+TG	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4 + 0.6*LF6	II. Ordnung
214	LG CH4 EG+linksQf+TG	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.6*LF6	II. Ordnung
215	LG H15 EG+rechtsQf+TG	1.0000	LF1 + 0.4*LF4 + 0.6*LF6	II. Ordnung
216	LG H16 EG+gesQ+TGf	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.4*LF4 + 0.6*LF6	II. Ordnung
217	LG H17 EG+linksQ+TGf	1.0000	LF1 + 0.4*LF3 + 0.6*LF6	II. Ordnung
218	LG H18 EG+rechtsQ+TGf	1.0000	LF1 + 0.4*LF4 + 0.6*LF6	II. Ordnung

LASTFALLKOMBINATIONEN

LK Nr.	LK-Bezeichnung	Kombinationskriterium
1	Charakteristische Werte	LG1 oder LG2 oder LG3 oder LG4 oder LG5 oder LG6 oder LG7 oder LG8 oder LG9 oder LG10 oder LG11 oder LG12 oder LG13 oder LG14 oder LG15 oder LG16 oder LG17 oder LG18
2	Maßgebende Lastfallkombination	LG101 oder LG102 oder LG103 oder LG104 oder LG105 oder LG106 oder LG107 oder LG108 oder LG109 oder LG110 oder LG111 oder LG112 oder LG113 oder LG114 oder LG115 oder LG116 oder LG117 oder LG118
3	Häufige Lastfallkombination	LG201 oder LG202 oder LG203 oder LG204 oder LG205 oder LG206 oder LG207 oder LG208 oder LG209 oder LG210 oder LG211 oder LG212 oder

LASTFALLKOMBINATIONEN

LK Nr.	LK-Bezeichnung	Kombinationskriterium
3	Häufige Lastfallkombination	LG213 oder LG214 oder LG215 oder LG216 oder LG217 oder LG218

QUERSCHNITTE - SCHNITTGRÖSSEN

Stab Nr.	LF/LG	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Querkräfte [kN] N	V_y	V_z	Momente [kNm] M_T	M_y	M_z
	Querschnitt-Nr. 1: QRO 200x6.3								
280	LF2	MAX N	0.000	18.76	-2.35	-0.39	0.71	0.43	-2.41
279	LG104	MIN N	0.000	-373.57	-1.46	10.89	5.81	-8.30	-1.83
398	LG112	MAX V_y	0.664	-13.34	10.14	-6.35	1.67	1.42	0.25
399	LG112	MIN V_y	0.664	-13.35	-10.14	-6.34	-1.67	1.43	-0.26
279	LG101	MAX V_z	0.442	-373.01	-1.12	12.43	4.45	-7.30	-0.85
399	LG101	MIN V_z	1.475	-21.19	0.72	-15.74	-3.31	-15.81	-0.72
279	LG109	MAX M_T	0.000	-363.71	-0.11	10.10	6.19	0.65	-0.27
280	LG109	MIN M_T	0.000	-364.13	0.12	9.34	-6.07	2.66	0.28
363	LG112	MAX M_y	0.000	-189.95	0.08	-5.79	0.51	16.57	-0.08
398	LG113	MIN M_y	1.475	-28.15	-1.98	-15.72	3.53	-15.81	-10.61
399	LG112	MAX M_z	1.475	-13.35	-10.13	-6.75	-1.67	-3.88	7.97
279	LG117	MIN M_z	0.000	-60.37	-6.59	3.35	-0.67	-6.16	-33.80
	Querschnitt-Nr. 2: RRO 180x100x5.6								
222	LG109	MAX N	4.700	441.22	-0.36	0.21	0.18	0.62	0.08
71	LG103	MIN N	0.000	-263.25	0.93	-0.09	0.20	-0.17	-0.13
159	LG114	MAX V_y	0.000	-39.15	3.31	0.54	-0.68	0.04	2.44
110	LG108	MIN V_y	1.938	-48.83	-3.94	-0.37	0.20	-0.92	5.27
159	LG102	MAX V_z	0.000	-0.90	0.48	2.22	-0.80	-2.76	0.06
110	LG102	MIN V_z	1.938	-24.76	-2.08	-2.14	0.82	-3.13	2.64
110	LG116	MAX M_T	0.000	-22.82	-1.78	-0.47	0.91	0.99	-4.32
159	LG116	MIN M_T	0.000	0.89	0.73	0.47	-0.95	0.87	-2.89
332	LG118	MAX M_y	2.914	62.02	0.14	2.15	0.00	5.31	-3.50
110	LG102	MIN M_y	1.938	-24.76	-2.08	-2.14	0.82	-3.13	2.64
110	LG108	MAX M_z	1.938	-48.83	-3.94	-0.37	0.20	-0.92	5.27
157	LG115	MIN M_z	0.000	38.71	-3.17	0.21	-0.31	0.15	-6.43
	Querschnitt-Nr. 3: QRO 180x10								
151	LG115	MAX N	1.400	3.06	-0.24	38.70	-0.15	6.43	-0.31
117	LG114	MIN N	1.400	-4.74	0.50	47.93	-0.44	63.75	-1.36
117	LG102	MAX V_y	1.400	-3.01	2.70	24.74	-3.13	32.01	-4.17
156	LG102	MIN V_y	0.000	-1.45	-2.82	-0.90	2.76	1.20	-4.32
112	LG103	MAX V_z	0.070	-3.69	-0.26	49.77	0.34	-1.73	0.17
151	LG103	MIN V_z	1.330	-3.16	0.27	-41.01	-0.47	-1.40	0.16
156	LG105	MAX M_T	0.000	-2.50	-2.73	-16.95	2.77	21.93	-4.21
117	LG102	MIN M_T	0.000	-2.04	2.09	24.75	-3.13	-2.64	-0.82
112	LG103	MAX M_y	1.400	-4.61	-0.27	49.74	0.34	64.45	0.52
151	LG109	MIN M_y	0.000	1.52	0.12	40.77	-0.23	-52.66	0.30
112	LG107	MAX M_z	1.400	-4.57	-0.40	45.83	0.95	59.20	0.78
156	LG102	MIN M_z	0.000	-1.45	-2.82	-0.90	2.76	1.20	-4.32
	Querschnitt-Nr. 4: RRO 120x60x4								
186	LG115	MAX N	2.390	138.25	0.36	0.02	0.08	0.15	-0.75
172	LG109	MIN N	2.390	-138.69	-0.15	0.03	-0.01	0.00	0.26
326	LF5	MAX V_y	0.000	-1.53	1.82	-0.22	-0.01	-0.19	0.27
331	LG104	MIN V_y	0.340	25.78	-20.76	-0.80	-0.08	-0.01	4.19
208	LG105	MAX V_z	0.000	42.86	0.17	1.97	-0.25	-2.54	0.09
331	LG102	MIN V_z	0.340	12.70	-10.49	-2.62	-0.15	-1.31	2.14
70	LG106	MAX M_T	0.000	10.75	0.12	-0.69	0.31	0.51	0.01
60	LG106	MIN M_T	0.000	-13.28	0.15	1.79	-0.30	-2.26	0.05
34	LG117	MAX M_y	0.000	-66.81	0.11	-0.68	0.03	1.51	-0.62
208	LG106	MIN M_y	0.000	37.91	0.22	1.93	-0.29	-2.78	0.19
331	LG104	MAX M_z	0.340	25.78	-20.76	-0.80	-0.08	-0.01	4.19
331	LG115	MIN M_z	0.000	25.65	-20.42	-0.24	-0.17	0.46	-3.13
	Querschnitt-Nr. 5: RRO 160x90x6.3								
234	LG103	MAX N	4.224	128.00	-0.35	0.87	-0.08	0.34	0.14
253	LG101	MIN N	3.680	-178.69	-0.27	0.50	-0.07	2.16	0.29
253	LG103	MAX V_y	0.000	-100.16	0.65	0.66	0.16	-0.10	0.78
281	LG113	MIN V_y	4.224	43.69	-0.67	-0.70	0.04	-1.88	-0.52
274	LG105	MAX V_z	0.000	-29.49	0.43	3.12	-0.37	-8.05	0.79
254	LG105	MIN V_z	3.680	-60.10	0.02	-2.99	0.25	-8.33	-0.49
282	LG105	MAX M_T	0.000	3.62	0.24	-0.60	0.63	0.33	0.02
235	LG106	MIN M_T	0.000	-13.61	0.45	2.72	-0.63	-7.34	0.40
235	LG108	MAX M_y	0.000	125.14	0.33	-1.28	0.09	3.71	0.09
274	LG102	MIN M_y	0.000	-84.97	0.32	3.02	-0.30	-8.69	0.55
254	LG109	MAX M_z	3.680	-118.23	-0.54	-0.12	0.18	-0.18	1.27
253	LG117	MIN M_z	3.680	-64.29	0.04	0.70	0.28	2.10	-3.14
	Querschnitt-Nr. 6: QRO 160x6.3								
321	LG110	MAX N	0.000	28.52	0.01	9.94	0.00	-2.28	-0.14
134	LG110	MIN N	0.000	-299.26	0.00	0.83	0.00	0.37	0.00
133	LG116	MAX V_y	0.000	0.00	37.25	0.50	-0.01	0.00	0.00
132	LG116	MIN V_y	0.000	0.00	-37.25	-0.34	-0.01	0.17	-14.90
383	LG113	MAX V_z	0.000	5.09	0.42	22.33	0.00	-6.23	0.67
380	LG101	MIN V_z	0.400	-1.00	0.13	-22.53	0.03	-6.38	-0.25
366	LG106	MAX M_T	0.000	-0.51	1.43	-7.24	0.21	3.07	-2.00
134	LG105	MIN M_T	0.000	0.00	0.00	0.67	-0.41	0.33	0.00
300	LG107	MAX M_y	0.000	0.05	0.00	0.00	-0.01	20.54	0.01
380	LG108	MIN M_y	0.400	-0.49	0.00	-22.28	0.00	-8.87	0.05
218	LG105	MAX M_z	0.000	-0.92	3.51	8.45	0.07	0.01	7.35
5	LG117	MIN M_z	0.400	-4.52	6.60	-1.04	0.06	1.34	-22.72
	Querschnitt-Nr. 7: IPE 160								
126	LF5	MAX N	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
126	LG111	MIN N	0.000	0.00	0.00	3.66	0.00	-1.77	0.00
140	LG117	MAX V_y	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
142	LG116	MIN V_y	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
126	LG101	MAX V_z	0.000	0.00	0.00	8.00	0.00	-3.88	0.00
141	LG101	MIN V_z	0.970	0.00	0.00	-8.00	0.00	-3.88	0.00
127	LG101	MAX M_T	0.000	0.00	0.00	5.38	0.00	-2.61	0.00
142	LG105	MIN M_T	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
127	LG108	MAX M_y	0.970	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

QUERSCHNITTE - SCHNITTGRÖSSEN

Stab Nr.	LF/LG	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Querkräfte [kN] N	V_y	V_z	Momente [kNm] M_T	M_y	M_z
126	LG101	MIN M_v	0.000	0.00	0.00	8.00	0.00	-3.88	0.00
142	LG116	MAX M_z	0.970	0.00	0.00	-2.44	0.00	-1.18	0.00
142	LG118	MIN M_z	0.922	0.00	0.00	-0.46	0.00	-0.21	0.00
	Querschnitt-Nr. 9: TO 460/120/8/8/8/8								
150	LF2	MAX N	0.000	184.19	-0.75	0.43	-0.31	-1.48	-0.87
233	LG113	MIN N	0.000	-618.30	-2.87	-7.37	-4.51	63.15	-12.56
150	LG113	MAX V_y	1.423	-446.21	3.75	15.06	2.20	27.72	-9.82
50	LG113	MIN V_v	1.682	-389.89	-3.89	12.05	-3.97	53.18	-10.08
150	LG113	MAX V_z	0.000	-446.74	3.37	16.57	2.20	5.17	-4.67
118	LG101	MIN V_z	2.588	-473.35	1.06	-15.52	2.47	8.93	-1.60
228	LG113	MAX M_T	0.000	-598.45	3.23	-7.50	4.60	63.84	-7.16
233	LG101	MIN M_T	0.000	-616.31	-2.97	-7.34	-4.57	63.07	-2.59
180	LG101	MAX M_y	2.588	-554.62	0.35	2.64	-1.23	78.84	-0.70
150	LF6	MIN M_v	0.000	10.19	0.76	1.02	-0.29	-3.03	-9.68
233	LG101	MAX M_z	2.587	-615.35	-1.86	-11.61	-4.57	38.34	4.15
50	LG116	MIN M_z	0.000	-214.22	-3.55	11.65	-3.22	26.40	-23.43
	Querschnitt-Nr. 11: TS 350/200/20/80/10								
139	LG101	MAX N	0.000	931.09	-1.37	4.40	0.07	0.00	0.00
138	LF2	MIN N	0.000	-21.43	-5.13	1.16	0.26	0.00	0.00
128	LG110	MAX V_y	1.000	218.53	36.45	-47.63	-3.48	0.00	-19.95
129	LG110	MIN V_v	1.000	218.67	-36.49	-47.65	3.50	0.00	20.00
139	LG108	MAX V_z	0.000	398.58	0.36	76.84	2.14	0.00	0.00
128	LG103	MIN V_z	1.000	268.27	3.15	-92.57	0.09	-0.13	-2.99
129	LG111	MAX M_T	0.000	177.90	-36.38	-46.35	3.51	47.91	-16.32
128	LG111	MIN M_T	0.000	177.74	36.35	-46.33	-3.49	47.90	16.33
128	LG103	MAX M_y	0.000	268.27	3.07	-89.53	0.09	90.90	0.11
139	LG104	MIN M_v	1.000	773.46	-1.80	-66.71	0.01	-64.85	1.72
129	LG110	MAX M_z	1.000	218.67	-36.49	-47.65	3.50	0.00	20.00
129	LG116	MIN M_z	0.000	201.95	-18.51	-44.96	-0.05	46.54	-33.43
	Querschnitt-Nr. 12: TO 300/80/8/8/8/8								
170	LG102	MAX N	0.000	76.20	-0.58	0.47	-1.70	5.59	-0.81
149	LG102	MIN N	2.785	-95.06	0.71	-0.35	0.61	4.13	-0.66
167	LG101	MAX V_y	2.785	6.26	2.04	-0.21	2.19	8.67	-2.81
170	LG113	MIN V_v	2.785	25.86	-2.07	-0.65	-2.19	7.74	0.20
229	LG101	MAX V_z	0.000	4.21	0.62	1.95	1.47	4.26	1.30
51	LG107	MIN V_z	3.152	-4.69	-0.15	-3.91	-0.95	1.22	0.03
196	LG101	MAX M_T	0.000	9.57	1.37	1.46	3.10	9.84	2.29
199	LG107	MIN M_T	0.000	25.75	-1.32	1.38	-3.06	9.74	-2.18
210	LG113	MAX M_y	0.000	-31.14	-1.51	-0.30	-2.44	11.83	-5.30
119	LG105	MIN M_v	0.000	46.77	-0.32	1.22	0.77	-1.77	-0.25
170	LG107	MAX M_z	2.785	22.11	-2.01	-0.35	-2.17	8.23	2.78
210	LG116	MIN M_z	0.000	-15.28	-0.75	-0.07	-1.91	9.09	-5.95
	Querschnitt-Nr. 13: KASTEN(B) 220/10/40/300/120/10/150/5/5								
26	LG114	MAX N	0.000	103.12	4.25	-83.49	5.57	-19.61	-13.72
261	LG104	MIN N	0.000	-396.88	-9.37	300.60	9.54	-171.15	-4.36
262	LG113	MAX V_y	0.590	-370.48	14.97	352.59	-5.76	-1.01	-32.94
261	LG102	MIN V_v	0.501	-226.47	-22.02	195.08	5.18	-19.58	0.26
261	LG101	MAX V_z	0.000	-372.21	-17.16	356.07	6.65	-211.48	-8.84
26	LG101	MIN V_z	0.590	55.65	6.26	-126.26	-3.07	-100.14	-4.27
261	LG104	MAX M_T	0.000	-396.88	-9.37	300.60	9.54	-171.15	-4.36
262	LG104	MIN M_T	0.000	-369.94	1.82	294.53	-9.85	-168.26	0.01
262	LG112	MAX M_y	0.590	-198.09	-5.62	163.98	1.86	20.50	0.67
261	LG101	MIN M_v	0.000	-372.21	-17.16	356.07	6.65	-211.48	-8.84
26	LG112	MAX M_z	0.000	-4.24	5.30	-44.85	-2.25	-7.13	13.34
262	LG116	MIN M_z	0.590	-202.29	9.75	186.11	-2.31	-1.80	-53.94
	Querschnitt-Nr. 14: TO 160/180/12/12/12/12								
265	LG112	MAX N	0.000	6.00	-0.02	0.04	-0.51	14.16	0.17
264	LG102	MIN N	0.000	-18.55	3.42	-9.94	0.17	1.50	-6.02
23	LG116	MAX V_y	0.255	-3.74	6.10	-1.83	0.12	8.96	-23.74
268	LG116	MIN V_v	1.360	-7.87	-4.33	1.99	-0.06	9.66	-23.73
269	LG113	MAX V_z	0.000	-13.05	-2.93	16.97	-0.03	1.76	-19.65
264	LG101	MIN V_z	0.400	-15.47	1.37	-17.59	0.05	1.13	-3.10
264	LG106	MAX M_T	0.000	-15.13	3.45	-9.92	0.18	-0.10	-5.99
21	LG106	MIN M_T	0.000	-3.02	-1.16	8.98	-0.55	-1.86	-2.45
265	LG107	MAX M_y	0.000	-7.65	-0.01	0.03	-0.31	23.43	-0.08
264	LG106	MIN M_v	0.400	-15.13	3.44	-11.49	0.18	-4.38	-7.37
269	LG106	MAX M_z	0.000	-15.13	3.45	5.05	0.18	9.19	7.14
24	LG116	MIN M_z	0.400	-3.74	6.10	-9.06	0.12	-1.08	-34.99
	Querschnitt-Nr. 15: Rechteck 80/800								
260	LF2	MAX N	0.000	6.47	-7.37	17.03	-1.39	0.00	-3.28
259	LG101	MIN N	0.000	-365.97	-17.43	-930.23	5.34	0.00	12.60
29	LG111	MAX V_y	0.000	-57.90	12.90	178.22	2.14	-44.56	-1.84
259	LG102	MIN V_v	0.000	-201.00	-25.84	-540.61	2.22	0.00	5.24
28	LG101	MAX V_z	0.250	-143.33	4.64	376.44	-5.18	0.00	12.23
259	LG101	MIN V_z	0.000	-365.97	-17.43	-930.23	5.34	0.00	12.60
29	LG113	MAX M_T	0.000	-141.40	0.32	374.57	5.73	-93.64	-13.45
260	LG113	MIN M_T	0.000	-363.42	6.06	-921.17	-5.95	0.00	-14.04
260	LF2	MAX M_y	0.250	6.47	-7.37	17.03	-1.39	4.26	-1.44
259	LG101	MIN M_v	0.250	-364.28	-17.23	-930.21	5.34	-232.56	16.93
259	LG101	MAX M_z	0.250	-364.28	-17.23	-930.21	5.34	-232.56	16.93
260	LG101	MIN M_z	0.250	-358.05	7.93	-913.04	-5.85	-228.26	-15.82
	Querschnitt-Nr. 16: Rechteck 80/460								
124	LF2	MAX N	0.000	187.69	-8.84	-3.35	1.46	0.00	-3.44
123	LG101	MIN N	0.000	-597.79	-4.92	20.14	0.59	0.00	-1.40
143	LG106	MAX V_y	0.148	-387.58	14.65	-18.78	-2.16	6.69	-0.06
124	LG102	MIN V_v	0.000	23.15	-18.80	8.25	2.57	0.00	-6.06
123	LG116	MAX V_z	0.000	-334.05	-14.09	25.31	5.84	0.00	-13.80
143	LG116	MIN V_z	0.493	-243.92	-4.93	-21.92	-5.92	0.00	-13.97
123	LG116	MAX M_T	0.000	-334.05	-14.09	25.31	5.84	0.00	-13.80
144	LG116	MIN M_T	0.000	-240.76	6.87	-6.58	-6.82	3.68	-12.72
123	LG116	MAX M_y	0.493	-333.30	-13.96	23.52	5.84	12.03	-6.87
124	LF6	MIN M_v	0.493	12.09	7.78	-6.74	3.20	-3.32	-11.37
124	LG101	MAX M_z	0.493	-373.38	-13.78	13.54	1.33	7.11	3.67
143	LG116	MIN M_z	0.000	-243.17	-4.87	-20.13	-5.92	10.36	-16.39
	Querschnitt-Nr. 17: Rechteck 80/360								
258	LF2	MAX N	0.000	18.21	-7.37	0.69	-3.56	-0.32	-3.39
257	LG101	MIN N	0.000	-1000.01	-20.21	-35.49	13.68	16.64	-9.53

QUERSCHNITTE - SCHNITTGRÖSSEN

Stab Nr.	LF/LG	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Querkräfte [kN] N	V_y	V_z	Momente [kNm] M_T	M_y	M_z
31	LG111	MAX V_v	0.000	-187.14	12.77	15.96	5.50	0.00	0.00
257	LG102	MIN V_y	0.460	-576.17	-27.54	-31.01	5.69	0.00	0.00
30	LG113	MAX V_z	0.000	-400.40	1.32	19.39	-12.16	0.00	0.00
257	LG113	MIN V_z	0.460	-990.53	-10.46	-36.87	12.68	0.00	0.00
31	LG113	MAX M_T	0.000	-400.23	-1.56	18.06	14.70	0.00	0.00
258	LG113	MIN M_T	0.000	-990.68	9.75	-34.07	-15.25	15.99	4.83
257	LG113	MAX M_v	0.000	-991.08	-11.05	-35.52	12.68	16.65	-4.98
31	LF6	MIN M_y	0.460	0.49	2.77	-0.83	1.65	-0.38	-1.27
30	LG111	MAX M_z	0.460	-187.39	-12.66	14.50	-5.59	6.97	5.85
257	LG102	MIN M_z	0.000	-576.72	-26.97	-29.70	5.69	13.97	-12.58
	Querschnitt-Nr. 18: KASTEN(B) 220/10/40/200/120/10/50/5/5								
255	LG113	MAX N	0.000	573.02	-4.17	-7.34	-8.21	8.00	-18.87
271	LG104	MIN N	0.000	-373.57	-1.44	11.67	5.81	-13.60	-2.52
32	LG110	MAX V_v	0.000	246.94	17.45	5.85	3.53	4.23	12.33
33	LG110	MIN V_y	0.000	247.31	-17.48	5.81	-3.49	4.30	-12.37
33	LG113	MAX V_z	0.000	419.50	-8.69	14.14	-9.97	-3.75	-30.93
18	LG101	MIN V_z	0.470	-21.19	0.72	-16.65	-3.31	-23.42	-1.06
32	LG103	MAX M_T	0.000	369.33	0.68	11.08	12.23	3.60	0.47
33	LG114	MIN M_T	0.000	357.12	-8.20	11.26	-12.19	3.27	-30.49
256	LG111	MAX M_v	0.000	243.09	0.73	-0.08	4.29	28.80	-0.49
18	LG101	MIN M_y	0.470	-21.19	0.72	-16.65	-3.31	-23.42	-1.06
18	LG112	MAX M_z	0.470	-13.35	-10.13	-7.68	-1.67	-7.27	12.73
256	LG118	MIN M_z	0.490	236.97	13.09	0.95	-0.37	6.60	-52.16
	Querschnitt-Nr. 19: QRO 200x10								
384	LG113	MAX N	0.000	894.88	0.23	-10.46	2.05	14.16	-14.84
385	LF6	MIN N	0.000	-17.44	2.32	-0.10	-0.04	0.05	-17.36
45	LG110	MAX V_v	0.865	246.94	17.50	4.49	3.53	10.94	-11.27
46	LG110	MIN V_y	0.865	247.31	-17.53	4.46	-3.49	10.96	11.27
107	LG114	MAX V_z	0.000	397.24	-1.78	18.15	1.93	-10.47	-20.56
385	LG114	MIN V_z	1.938	489.30	2.18	-16.64	-1.96	-9.18	-20.03
45	LG103	MAX M_T	0.000	369.33	0.68	10.20	12.23	8.80	0.14
46	LG114	MIN M_T	0.000	357.12	-8.34	10.37	-12.19	8.57	-26.44
384	LG108	MAX M_v	0.000	498.88	-0.06	-14.75	1.28	30.30	0.04
165	LG104	MIN M_y	0.000	627.10	-1.38	8.30	-0.17	-16.76	-1.38
394	LG112	MAX M_z	1.938	178.25	-13.12	-0.83	-1.22	6.17	14.47
378	LG118	MIN M_z	0.865	236.97	13.23	1.86	-0.37	5.91	-45.71
	Querschnitt-Nr. 20: TO 180/180/10/10/10/10								
152	LF4	MAX N	0.000	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00
113	LG110	MIN N	0.000	-49.76	0.03	9.81	-2.07	0.06	-1.00
153	LG117	MAX V_v	0.255	-4.78	7.66	-2.79	1.05	12.07	-22.31
114	LG105	MIN V_y	1.700	-2.32	-4.35	3.15	-1.70	14.50	0.13
113	LG101	MAX V_z	0.000	-0.95	-1.29	20.31	-4.79	5.03	-2.61
152	LG101	MIN V_z	0.400	-1.32	1.98	-20.30	4.64	5.09	-4.04
152	LG103	MAX M_T	0.000	-0.69	2.07	-18.28	4.64	12.71	-3.42
113	LG103	MIN M_T	0.000	-0.91	-1.30	20.31	-4.80	4.96	-2.64
153	LG107	MAX M_v	0.000	-0.72	-0.01	-3.99	1.93	29.98	0.07
116	LG112	MIN M_y	0.400	-49.46	-0.01	-2.91	0.42	-1.88	-1.06
155	LG105	MAX M_z	0.000	-2.00	6.95	8.48	-1.78	6.64	14.75
152	LG117	MIN M_z	0.400	-4.78	7.65	-10.02	2.23	1.53	-36.42
	Querschnitt-Nr. 21: Kreis 15								
343	LG105	MAX N	0.000	16.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
351	LF3	MIN N	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
344	LG213	MAX V_v	0.000	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
351	LG16	MIN V_y	0.000	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
352	LG115	MAX V_z	0.000	3.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
351	LG16	MIN V_z	0.000	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	LF2	MAX M_T	0.000	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	LF2	MIN M_T	0.000	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	LF2	MAX M_v	0.000	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	LF2	MIN M_y	0.000	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	LF2	MAX M_z	0.000	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	LF2	MIN M_z	0.000	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Querschnitt-Nr. 24: TO 360/120/8/8/8/8								
245	LF2	MAX N	0.000	26.50	3.58	-0.09	0.02	0.34	2.34
250	LG101	MIN N	0.000	-623.79	-3.73	-18.51	-3.01	40.56	-1.12
41	LG116	MAX V_v	1.028	-299.73	12.60	9.15	-0.42	17.07	-11.16
250	LG116	MIN V_y	0.585	-349.63	-15.61	-14.27	-1.97	23.16	-13.47
41	LG113	MAX V_z	0.000	-501.81	6.85	12.44	0.36	9.16	2.20
245	LG101	MIN V_z	1.670	-603.39	5.44	-21.17	3.17	7.46	-7.16
245	LG101	MAX M_T	0.000	-603.90	6.05	-18.82	3.17	41.08	2.81
250	LG113	MIN M_T	0.000	-621.19	-12.50	-18.58	-3.11	40.56	-14.87
245	LG101	MAX M_v	0.000	-603.90	6.05	-18.82	3.17	41.08	2.81
250	LF3	MIN M_y	1.670	-79.88	-1.52	-1.18	-0.56	-1.44	1.91
250	LG113	MAX M_z	1.670	-620.68	-11.48	-20.94	-3.11	7.34	5.96
41	LG118	MIN M_z	2.056	-215.83	12.12	7.36	-0.77	23.62	-24.23
	Querschnitt-Nr. 25: TO 300/120/8/8/8/8								
37	LG113	MAX N	0.000	299.96	2.45	4.67	-0.72	9.01	-1.19
47	LG113	MIN N	0.000	-289.90	2.07	3.40	0.63	6.51	-2.92
238	LG107	MAX V_v	0.000	-1.20	9.23	-5.42	2.16	4.17	3.97
236	LG101	MIN V_y	1.030	-3.99	-11.11	6.34	-2.30	5.46	4.91
251	LG106	MAX V_z	0.000	185.27	0.86	8.28	-1.36	-1.28	2.47
252	LG109	MIN V_z	2.100	191.65	2.54	-7.77	1.09	0.06	-2.08
238	LG113	MAX M_T	0.000	-10.07	4.14	-6.25	2.23	5.38	-5.60
236	LG101	MIN M_T	0.000	-3.99	-10.83	6.99	-2.30	-1.41	-6.39
251	LG101	MAX M_v	2.100	270.86	-1.34	7.20	-1.72	21.80	3.08
252	LG112	MIN M_y	2.100	104.61	2.17	-7.33	0.75	-3.40	-2.30
236	LG101	MAX M_z	1.030	-3.99	-11.11	6.34	-2.30	5.46	4.91
238	LG117	MIN M_z	0.000	-13.28	-6.23	-3.21	1.38	2.31	-14.95
	Querschnitt-Nr. 26: TO 280/80/8/8/8/8								
248	LG105	MAX N	0.000	113.46	-0.01	5.23	-0.15	2.06	-0.16
246	LG101	MIN N	1.962	-466.29	0.78	3.87	-0.08	18.87	-0.32
246	LG102	MAX V_v	1.079	-325.84	1.19	4.61	-0.17	11.50	0.37
249	LG116	MIN V_y	0.883	-239.63	-3.45	-4.76	0.19	10.76	-3.62
246	LG109	MAX V_z	0.000	-366.67	-0.15	6.91	-0.39	5.08	-0.13
249	LG109	MIN V_z	1.962	-366.57	0.15	-6.91	0.40	5.04	-0.13
249	LG112	MAX M_T	0.000	-215.20	0.57	-5.05	0.50	14.20	0.45
246	LG112	MIN M_T	0.000	-214.97	-0.33	6.50	-0.50	2.84	-0.49

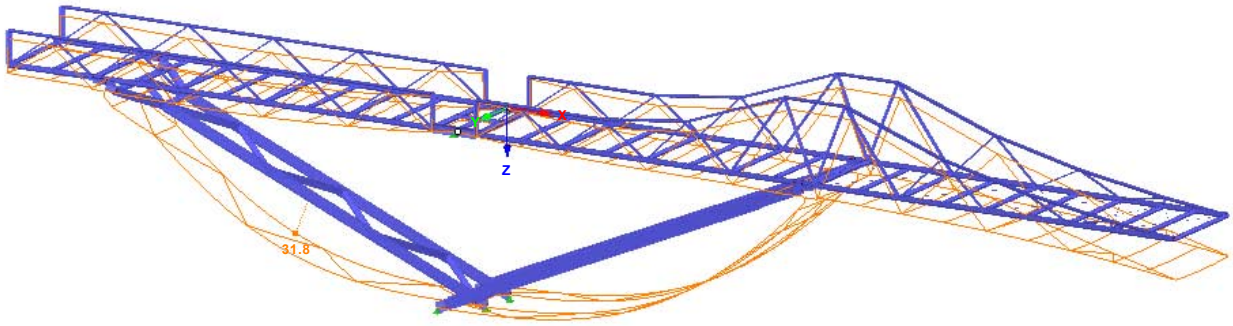
QUERSCHNITTE - SCHNITTGRÖSSEN

Stab Nr.	LF/LG	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Querkräfte [kN] N	V_y	V_z	Momente [kNm] M_T	M_y	M_z
246	LG113	MAX M_v	1.962	-450.13	-0.10	4.13	-0.14	18.92	-1.83
39	LF3	MIN M_y	1.897	-0.12	0.15	-0.68	0.14	-1.19	-0.14
246	LG102	MAX M_z	0.000	-325.63	1.01	5.53	-0.17	6.01	1.60
249	LG116	MIN M_z	0.000	-239.80	-3.19	-4.00	0.19	14.63	-6.59
	Querschnitt-Nr. 27: TO 300/80/8/8/8/8								
131	LG102	MAX N	0.000	19.41	4.22	-6.01	0.21	1.43	2.15
137	LG106	MIN N	0.000	-14.63	-2.04	-4.42	-0.62	3.78	-2.05
131	LG105	MAX V_v	1.030	16.79	4.75	-6.43	0.21	-4.82	-2.44
137	LG116	MIN V_y	1.800	4.21	-2.87	-7.80	-0.36	-7.64	-1.95
130	LG107	MAX V_z	0.000	12.70	1.14	0.65	0.18	-2.15	0.50
131	LG116	MIN V_z	1.030	-3.04	2.04	-12.10	0.30	-8.45	-5.07
130	LG118	MAX M_T	0.000	1.03	3.28	-11.45	0.57	4.58	-2.64
137	LG102	MIN M_T	0.000	-14.06	-2.12	-4.53	-0.64	3.82	-2.12
137	LG118	MAX M_v	0.000	3.67	-2.36	-6.70	-0.35	5.48	-6.65
131	LG116	MIN M_y	1.030	-3.04	2.04	-12.10	0.30	-8.45	-5.07
131	LG105	MAX M_z	0.000	16.79	4.52	-5.84	0.21	1.50	2.33
137	LG116	MIN M_z	0.000	4.21	-2.45	-6.77	-0.36	5.47	-6.73

VERFORMUNGEN U, LF1: EIGENGEWICHT UND AUFBAU

LF1: Eigengewicht und Aufbau — Isometrie

u



Max u: 31.8, Min u: 0.0 [mm]
Faktor für Verformungen: 84.00

QUERSCHNITTE - SCHNITTGRÖSSEN

Lastfallkombinationen

Stab Nr.	LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]		Querkräfte [kN] N	V_y	V_z	Momente [kNm] M_T	M_y	M_z	Zugehörige Lastfälle -
	Querschnitt-Nr. 1: QRO 200x6.3										
399	LK2		0.000	MAX N	3.12	3.73	-3.90	0.66	-0.95	-22.66	LG117
279	LK2		0.000	MIN N	-373.57	-1.46	10.89	5.81	-8.30	-1.83	LG104
398	LK2		0.664	MAX V_v	-13.34	10.14	-6.35	1.67	1.42	0.25	LG112
399	LK2		0.664	MIN V_y	-13.35	-10.14	-6.34	-1.67	1.43	-0.26	LG112
279	LK2		0.442	MAX V_z	-373.01	-1.12	12.43	4.45	-7.30	-0.85	LG101
399	LK2		1.475	MIN V_z	-21.19	0.72	-15.74	-3.31	-15.81	-0.72	LG101
279	LK2		0.000	MAX M_T	-363.71	-0.11	10.10	6.19	0.65	-0.27	LG109
280	LK2		0.000	MIN M_T	-364.13	0.12	9.34	-6.07	2.66	0.28	LG109
363	LK2		0.000	MAX M_v	-189.95	0.08	-5.79	0.51	16.57	-0.08	LG112
398	LK2		1.475	MIN M_y	-28.15	-1.98	-15.72	3.53	-15.81	-10.61	LG113
399	LK2		1.475	MAX M_z	-13.35	-10.13	-6.75	-1.67	-3.88	7.97	LG112
279	LK2		0.000	MIN M_z	-60.37	-6.59	3.35	-0.67	-6.16	-33.80	LG117
	Querschnitt-Nr. 2: RRO 180x100x5.6										
222	LK2		4.700	MAX N	441.22	-0.36	0.21	0.18	0.62	0.08	LG109
71	LK2		0.000	MIN N	-263.25	0.93	-0.09	0.20	-0.17	-0.13	LG103
159	LK2		0.000	MAX V_v	-39.15	3.31	0.54	-0.68	0.04	2.44	LG114
110	LK2		1.938	MIN V_y	-48.83	-3.94	-0.37	0.20	-0.92	5.27	LG108

QUERSCHNITTE - SCHNITTGRÖSSEN

Lastfallkombinationen

Stab Nr.	LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]		Querkräfte [kN] N	V_y	V_z	Momente [kNm] M_T	M_y	M_z	Zugehörige Lastfälle -
159	LK2		0.000	MAX V_z	-0.90	0.48	2.22	-0.80	-2.76	0.06	LG102
110	LK2		1.938	MIN V_z	-24.76	-2.08	-2.14	0.82	-3.13	2.64	LG102
110	LK2		0.000	MAX M_T	-22.82	-1.78	-0.47	0.91	0.99	-4.32	LG116
159	LK2		0.000	MIN M_T	0.89	0.73	0.47	-0.95	0.87	-2.89	LG116
332	LK2		2.914	MAX M_y	62.02	0.14	2.15	0.00	5.31	-3.50	LG118
110	LK2		1.938	MIN M_y	-24.76	-2.08	-2.14	0.82	-3.13	2.64	LG102
110	LK2		1.938	MAX M_z	-48.83	-3.94	-0.37	0.20	-0.92	5.27	LG108
157	LK2		0.000	MIN M_z	38.71	-3.17	0.21	-0.31	0.15	-6.43	LG115
	Querschnitt-Nr. 3: QRO 180x10										
151	LK2		1.400	MAX N	3.06	-0.24	38.70	-0.15	6.43	-0.31	LG115
117	LK2		1.400	MIN N	-4.74	0.50	47.93	-0.44	63.75	-1.36	LG114
117	LK2		1.400	MAX V_y	-3.01	2.70	24.74	-3.13	32.01	-4.17	LG102
156	LK2		0.000	MIN V_y	-1.45	-2.82	-0.90	2.76	1.20	-4.32	LG102
112	LK2		0.070	MAX V_z	-3.69	-0.26	49.77	0.34	-1.73	0.17	LG103
151	LK2		1.330	MIN V_z	-3.16	0.27	-41.01	-0.47	-1.40	0.16	LG103
156	LK2		0.000	MAX M_T	-2.50	-2.73	-16.95	2.77	21.93	-4.21	LG105
117	LK2		0.000	MIN M_T	-2.04	2.09	24.75	-3.13	-2.64	-0.82	LG102
112	LK2		1.400	MAX M_y	-4.61	-0.27	49.74	0.34	64.45	0.52	LG103
151	LK2		0.000	MIN M_y	1.52	0.12	40.77	-0.23	-52.66	0.30	LG109
112	LK2		1.400	MAX M_z	-4.57	-0.40	45.83	0.95	59.20	0.78	LG107
156	LK2		0.000	MIN M_z	-1.45	-2.82	-0.90	2.76	1.20	-4.32	LG102
	Querschnitt-Nr. 4: RRO 120x60x4										
186	LK2		2.390	MAX N	138.25	0.36	0.02	0.08	0.15	-0.75	LG115
172	LK2		2.390	MIN N	-138.69	-0.15	0.03	-0.01	0.00	0.26	LG109
158	LK2		0.000	MAX V_y	133.30	1.41	0.02	0.01	0.03	1.23	LG109
331	LK2		0.340	MIN V_y	25.78	-20.76	-0.80	-0.08	-0.01	4.19	LG104
208	LK2		0.000	MAX V_z	42.86	0.17	1.97	-0.25	-2.54	0.09	LG105
331	LK2		0.340	MIN V_z	12.70	-10.49	-2.62	-0.15	-1.31	2.14	LG102
70	LK2		0.000	MAX M_T	10.75	0.12	-0.69	0.31	0.51	0.01	LG106
60	LK2		0.000	MIN M_T	-13.28	0.15	1.79	-0.30	-2.26	0.05	LG106
34	LK2		0.000	MAX M_y	-66.81	0.11	-0.68	0.03	1.51	-0.62	LG117
208	LK2		0.000	MIN M_y	37.91	0.22	1.93	-0.29	-2.78	0.19	LG106
331	LK2		0.340	MAX M_z	25.78	-20.76	-0.80	-0.08	-0.01	4.19	LG104
331	LK2		0.000	MIN M_z	25.65	-20.42	-0.24	-0.17	0.46	-3.13	LG115
	Querschnitt-Nr. 5: RRO 160x90x6.3										
234	LK2		4.224	MAX N	128.00	-0.35	0.87	-0.08	0.34	0.14	LG103
253	LK2		3.680	MIN N	-178.69	-0.27	0.50	-0.07	2.16	0.29	LG101
253	LK2		0.000	MAX V_y	-100.16	0.65	0.66	0.16	-0.10	0.78	LG103
281	LK2		4.224	MIN V_y	43.69	-0.67	-0.70	0.04	-1.88	-0.52	LG113
274	LK2		0.000	MAX V_z	-29.49	0.43	3.12	-0.37	-8.05	0.79	LG105
254	LK2		3.680	MIN V_z	-60.10	0.02	-2.99	0.25	-8.33	-0.49	LG105
282	LK2		0.000	MAX M_T	3.62	0.24	-0.60	0.63	0.33	0.02	LG105
235	LK2		0.000	MIN M_T	-13.61	0.45	2.72	-0.63	-7.34	0.40	LG106
235	LK2		0.000	MAX M_y	125.14	0.33	-1.28	0.09	3.71	0.09	LG108
274	LK2		0.000	MIN M_y	-84.97	0.32	3.02	-0.30	-8.69	0.55	LG102
254	LK2		3.680	MAX M_z	-118.23	-0.54	-0.12	0.18	-0.18	1.27	LG109
253	LK2		3.680	MIN M_z	-64.29	0.04	0.70	0.28	2.10	-3.14	LG117
	Querschnitt-Nr. 6: QRO 160x6.3										
321	LK2		0.000	MAX N	28.52	0.01	9.94	0.00	-2.28	-0.14	LG110
134	LK2		0.000	MIN N	-299.26	0.00	0.83	0.00	0.37	0.00	LG110
133	LK2		0.000	MAX V_y	0.00	37.25	0.50	-0.01	0.00	0.00	LG116
132	LK2		0.000	MIN V_y	0.00	-37.25	-0.34	-0.01	0.17	-14.90	LG116
383	LK2		0.000	MAX V_z	5.09	0.42	22.33	0.00	-6.23	0.67	LG113
380	LK2		0.400	MIN V_z	-1.00	0.13	-22.53	0.03	-6.38	-0.25	LG101
366	LK2		0.000	MAX M_T	-0.51	1.43	-7.24	0.21	3.07	-2.00	LG106
134	LK2		0.000	MIN M_T	0.00	0.00	0.67	-0.41	0.33	0.00	LG105
300	LK2		0.000	MAX M_y	0.05	0.00	0.00	-0.01	20.54	0.01	LG107
380	LK2		0.400	MIN M_y	-0.49	0.00	-22.28	0.00	-8.87	0.05	LG108
218	LK2		0.000	MAX M_z	-0.92	3.51	8.45	0.07	0.01	7.35	LG105
5	LK2		0.400	MIN M_z	-4.52	6.60	-1.04	0.06	1.34	-22.72	LG117
	Querschnitt-Nr. 7: IPE 160										
125	LK1		0.000	MAX N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
125	LK1		0.000	MIN N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
125	LK1		0.000	MAX V_y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
125	LK1		0.000	MIN V_y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
126	LK2		0.000	MAX V_z	0.00	0.00	8.00	0.00	-3.88	0.00	LG101
141	LK2		0.970	MIN V_z	0.00	0.00	-8.00	0.00	-3.88	0.00	LG101
125	LK1		0.000	MAX M_T	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
125	LK1		0.000	MIN M_T	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
125	LK1		0.000	MAX M_y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
126	LK2		0.000	MIN M_y	0.00	0.00	8.00	0.00	-3.88	0.00	LG101
125	LK1		0.000	MAX M_z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
125	LK1		0.000	MIN M_z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Querschnitt-Nr. 9: TO 460/120/8/8/8/8										
150	LK2		2.588	MAX N	124.39	2.52	9.22	1.01	30.00	-3.01	LG105
233	LK2		0.000	MIN N	-618.30	-2.87	-7.37	-4.51	63.15	-12.56	LG113
150	LK2		1.423	MAX V_y	-446.21	3.75	15.06	2.20	27.72	-9.82	LG113
50	LK2		1.682	MIN V_y	-389.89	-3.89	12.05	-3.97	53.18	-10.08	LG113
150	LK2		0.000	MAX V_z	-446.74	3.37	16.57	2.20	5.17	-4.67	LG113
118	LK2		2.588	MIN V_z	-473.35	1.06	-15.52	2.47	8.93	-1.60	LG101
228	LK2		0.000	MAX M_T	-598.45	3.23	-7.50	4.60	63.84	-7.16	LG113
233	LK2		0.000	MIN M_T	-616.31	-2.97	-7.34	-4.57	63.07	-2.59	LG101
180	LK2		2.588	MAX M_y	-554.62	0.35	2.64	-1.23	78.84	-0.70	LG101
50	LK1		0.000	MIN M_y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
233	LK2		2.587	MAX M_z	-615.35	-1.86	-11.61	-4.57	38.34	4.15	LG101
50	LK2		0.000	MIN M_z	-214.22	-3.55	11.65	-3.22	26.40	-23.43	LG116
	Querschnitt-Nr. 11: TS 350/200/20/80/10										
139	LK2		0.000	MAX N	931.09	-1.37	4.40	0.07	0.00	0.00	LG101
128	LK1		0.000	MIN N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
128	LK2		1.000	MAX V_y	218.53	36.45	-47.63	-3.48	0.00	-19.95	LG110
129	LK2		1.000	MIN V_y	218.67	-36.49	-47.65	3.50	0.00	20.00	LG110
139	LK2		0.000	MAX V_z	398.58	0.36	76.84	2.14	0.00	0.00	LG108
128	LK2		1.000	MIN V_z	268.27	3.15	-92.57	0.09	-0.13	-2.99	LG103
129	LK2		0.000	MAX M_T	177.90	-36.38	-46.35	3.51	47.91	-16.32	LG111
128	LK2		0.000	MIN M_T	177.74	36.35	-46.33	-3.49	47.90	16.33	LG111
128	LK2		0.000	MAX M_y	268.27	3.07	-89.53	0.09	90.90	0.11	LG103
139	LK2		1.000	MIN M_y	773.46	-1.80	-66.71	0.01	-64.85	1.72	LG104

QUERSCHNITTE - SCHNITTGRÖSSEN

Lastfallkombinationen

Stab Nr.	LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]		Querkräfte [kN] N	V_y	V_z	Momente [kNm] M_T	M_y	M_z	Zugehörige Lastfälle -
129	LK2		1.000	MAX M_z	218.67	-36.49	-47.65	3.50	0.00	20.00	LG110
129	LK2		0.000	MIN M_z	201.95	-18.51	-44.96	-0.05	46.54	-33.43	LG116
	Querschnitt-Nr. 12: TO 300/80/8/8/8/8										
170	LK2		0.000	MAX N	76.20	-0.58	0.47	-1.70	5.59	-0.81	LG102
149	LK2		2.785	MIN N	-95.06	0.71	-0.35	0.61	4.13	-0.66	LG102
167	LK2		2.785	MAX V_v	6.26	2.04	-0.21	2.19	8.67	-2.81	LG101
170	LK2		2.785	MIN V_y	25.86	-2.07	-0.65	-2.19	7.74	0.20	LG113
229	LK2		0.000	MAX V_z	4.21	0.62	1.95	1.47	4.26	1.30	LG101
51	LK2		3.152	MIN V_z	-4.69	-0.15	-3.91	-0.95	1.22	0.03	LG107
196	LK2		0.000	MAX M_T	9.57	1.37	1.46	3.10	9.84	2.29	LG101
199	LK2		0.000	MIN M_T	25.75	-1.32	1.38	-3.06	9.74	-2.18	LG107
210	LK2		0.000	MAX M_v	-31.14	-1.51	-0.30	-2.44	11.83	-5.30	LG113
119	LK2		0.000	MIN M_y	46.77	-0.32	1.22	0.77	-1.77	-0.25	LG105
170	LK2		2.785	MAX M_z	22.11	-2.01	-0.35	-2.17	8.23	2.78	LG107
210	LK2		0.000	MIN M_z	-15.28	-0.75	-0.07	-1.91	9.09	-5.95	LG116
	Querschnitt-Nr. 13: KASTEN(B) 220/10/40/300/120/10/150/5/5										
26	LK2		0.000	MAX N	103.12	4.25	-83.49	5.57	-19.61	-13.72	LG114
261	LK2		0.000	MIN N	-396.88	-9.37	300.60	9.54	-171.15	-4.36	LG104
262	LK2		0.590	MAX V_v	-370.48	14.97	352.59	-5.76	-1.01	-32.94	LG113
261	LK2		0.501	MIN V_y	-226.47	-22.02	195.08	5.18	-19.58	0.26	LG102
261	LK2		0.000	MAX V_z	-372.21	-17.16	356.07	6.65	-211.48	-8.84	LG101
26	LK2		0.590	MIN V_z	55.65	6.26	-126.26	-3.07	-100.14	-4.27	LG101
261	LK2		0.000	MAX M_T	-396.88	-9.37	300.60	9.54	-171.15	-4.36	LG104
262	LK2		0.000	MIN M_T	-369.94	1.82	294.53	-9.85	-168.26	0.01	LG104
262	LK2		0.590	MAX M_v	-198.09	-5.62	163.98	1.86	20.50	0.67	LG112
261	LK2		0.000	MIN M_y	-372.21	-17.16	356.07	6.65	-211.48	-8.84	LG101
26	LK2		0.000	MAX M_z	-4.24	5.30	-44.85	-2.25	-7.13	13.34	LG112
262	LK2		0.590	MIN M_z	-202.29	9.75	186.11	-2.31	-1.80	-53.94	LG116
	Querschnitt-Nr. 14: TO 160/180/12/12/12/12										
265	LK2		0.000	MAX N	6.00	-0.02	0.04	-0.51	14.16	0.17	LG112
264	LK2		0.000	MIN N	-18.55	3.42	-9.94	0.17	1.50	-6.02	LG102
23	LK2		0.255	MAX V_v	-3.74	6.10	-1.83	0.12	8.96	-23.74	LG116
268	LK2		1.360	MIN V_y	-7.87	-4.33	1.99	-0.06	9.66	-23.73	LG116
269	LK2		0.000	MAX V_z	-13.05	-2.93	16.97	-0.03	1.76	-19.65	LG113
264	LK2		0.400	MIN V_z	-15.47	1.37	-17.59	0.05	1.13	-3.10	LG101
264	LK2		0.000	MAX M_T	-15.13	3.45	-9.92	0.18	-0.10	-5.99	LG106
21	LK2		0.000	MIN M_T	-3.02	-1.16	8.98	-0.55	-1.86	-2.45	LG106
265	LK2		0.000	MAX M_v	-7.65	-0.01	0.03	-0.31	23.43	-0.08	LG107
264	LK2		0.400	MIN M_y	-15.13	3.44	-11.49	0.18	-4.38	-7.37	LG106
269	LK2		0.000	MAX M_z	-15.13	3.45	5.05	0.18	9.19	7.14	LG106
24	LK2		0.400	MIN M_z	-3.74	6.10	-9.06	0.12	-1.08	-34.99	LG116
	Querschnitt-Nr. 15: Rechteck 80/800										
28	LK1		0.000	MAX N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
259	LK2		0.000	MIN N	-365.97	-17.43	-930.23	5.34	0.00	12.60	LG101
29	LK2		0.000	MAX V_v	-57.90	12.90	178.22	2.14	-44.56	-1.84	LG111
259	LK2		0.000	MIN V_y	-201.00	-25.84	-540.61	2.22	0.00	5.24	LG102
28	LK2		0.250	MAX V_z	-143.33	4.64	376.44	-5.18	0.00	12.23	LG101
259	LK2		0.000	MIN V_z	-365.97	-17.43	-930.23	5.34	0.00	12.60	LG101
29	LK2		0.000	MAX M_T	-141.40	0.32	374.57	5.73	-93.64	-13.45	LG113
260	LK2		0.000	MIN M_T	-363.42	6.06	-921.17	-5.95	0.00	-14.04	LG113
28	LK1		0.000	MAX M_v	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
259	LK2		0.250	MIN M_y	-364.28	-17.23	-930.21	5.34	-232.56	16.93	LG101
259	LK2		0.250	MAX M_z	-364.28	-17.23	-930.21	5.34	-232.56	16.93	LG101
260	LK2		0.250	MIN M_z	-358.05	7.93	-913.04	-5.85	-228.26	-15.82	LG101
	Querschnitt-Nr. 16: Rechteck 80/460										
124	LK2		0.493	MAX N	128.03	-16.86	5.57	2.47	3.18	2.46	LG105
123	LK2		0.000	MIN N	-597.79	-4.92	20.14	0.59	0.00	-1.40	LG101
143	LK2		0.148	MAX V_v	-387.58	14.65	-18.78	-2.16	6.69	-0.06	LG106
124	LK2		0.000	MIN V_y	23.15	-18.80	8.25	2.57	0.00	-6.06	LG102
123	LK2		0.000	MAX V_z	-334.05	-14.09	25.31	5.84	0.00	-13.80	LG116
143	LK2		0.493	MIN V_z	-243.92	-4.93	-21.92	-5.92	0.00	-13.97	LG116
123	LK2		0.000	MAX M_T	-334.05	-14.09	25.31	5.84	0.00	-13.80	LG116
144	LK2		0.000	MIN M_T	-240.76	6.87	-6.58	-6.82	3.68	-12.72	LG116
123	LK2		0.493	MAX M_v	-333.30	-13.96	23.52	5.84	12.03	-6.87	LG116
121	LK1		0.000	MIN M_y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
124	LK2		0.493	MAX M_z	-373.38	-13.78	13.54	1.33	7.11	3.67	LG101
143	LK2		0.000	MIN M_z	-243.17	-4.87	-20.13	-5.92	10.36	-16.39	LG116
	Querschnitt-Nr. 17: Rechteck 80/360										
30	LK1		0.000	MAX N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
257	LK2		0.000	MIN N	-1000.01	-20.21	-35.49	13.68	16.64	-9.53	LG101
31	LK2		0.000	MAX V_v	-187.14	12.77	15.96	5.50	0.00	0.00	LG111
257	LK2		0.460	MIN V_y	-576.17	-27.54	-31.01	5.69	0.00	0.00	LG102
30	LK2		0.000	MAX V_z	-400.40	1.32	19.39	-12.16	0.00	0.00	LG113
257	LK2		0.460	MIN V_z	-990.53	-10.46	-36.87	12.68	0.00	0.00	LG113
31	LK2		0.000	MAX M_T	-400.23	-1.56	18.06	14.70	0.00	0.00	LG113
258	LK2		0.000	MIN M_T	-990.68	9.75	-34.07	-15.25	15.99	4.83	LG113
257	LK2		0.000	MAX M_v	-991.08	-11.05	-35.52	12.68	16.65	-4.98	LG113
30	LK1		0.000	MIN M_y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
30	LK2		0.460	MAX M_z	-187.39	-12.66	14.50	-5.59	6.97	5.85	LG111
257	LK2		0.000	MIN M_z	-576.72	-26.97	-29.70	5.69	13.97	-12.58	LG102
	Querschnitt-Nr. 18: KASTEN(B) 220/10/40/200/120/10/50/5/5										
255	LK2		0.000	MAX N	573.02	-4.17	-7.34	-8.21	8.00	-18.87	LG113
271	LK2		0.000	MIN N	-373.57	-1.44	11.67	5.81	-13.60	-2.52	LG104
32	LK2		0.000	MAX V_v	246.94	17.45	5.85	3.53	4.23	12.33	LG110
33	LK2		0.000	MIN V_y	247.31	-17.48	5.81	-3.49	4.30	-12.37	LG110
33	LK2		0.000	MAX V_z	419.50	-8.69	14.14	-9.97	-3.75	-30.93	LG113
18	LK2		0.470	MIN V_z	-21.19	0.72	-16.65	-3.31	-23.42	-1.06	LG101
32	LK2		0.000	MAX M_T	369.33	0.68	11.08	12.23	3.60	0.47	LG103
33	LK2		0.000	MIN M_T	357.12	-8.20	11.26	-12.19	3.27	-30.49	LG114
256	LK2		0.000	MAX M_v	243.09	0.73	-0.08	4.29	28.80	-0.49	LG111
18	LK2		0.470	MIN M_y	-21.19	0.72	-16.65	-3.31	-23.42	-1.06	LG101
18	LK2		0.470	MAX M_z	-13.35	-10.13	-7.68	-1.67	-7.27	12.73	LG112
256	LK2		0.490	MIN M_z	236.97	13.09	0.95	-0.37	6.60	-52.16	LG118
	Querschnitt-Nr. 19: QRO 200x10										
384	LK2		0.000	MAX N	894.88	0.23	-10.46	2.05	14.16	-14.84	LG113
45	LK1		0.000	MIN N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
45	LK2		0.865	MAX V_y	246.94	17.50	4.49	3.53	10.94	-11.27	LG110

QUERSCHNITTE - SCHNITTGRÖSSEN

Lastfallkombinationen

Stab Nr.	LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]		Querkräfte [kN] N	V_y	V_z	Momente [kNm] M_T	M_y	M_z	Zugehörige Lastfälle -
46	LK2		0.865	MIN V_v	247.31	-17.53	4.46	-3.49	10.96	11.27	LG110
107	LK2		0.000	MAX V_z	397.24	-1.78	18.15	1.93	-10.47	-20.56	LG114
385	LK2		1.938	MIN V_z	489.30	2.18	-16.64	-1.96	-9.18	-20.03	LG114
45	LK2		0.000	MAX M_T	369.33	0.68	10.20	12.23	8.80	0.14	LG103
46	LK2		0.000	MIN M_T	357.12	-8.34	10.37	-12.19	8.57	-26.44	LG114
384	LK2		0.000	MAX M_y	498.88	-0.06	-14.75	1.28	30.30	0.04	LG108
165	LK2		0.000	MIN M_v	627.10	-1.38	8.30	-0.17	-16.76	-1.38	LG104
394	LK2		1.938	MAX M_z	178.25	-13.12	-0.83	-1.22	6.17	14.47	LG112
378	LK2		0.865	MIN M_z	236.97	13.23	1.86	-0.37	5.91	-45.71	LG118
	Querschnitt-Nr. 20: TO 180/180/10/10/10/10										
113	LK1		0.000	MAX N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
113	LK2		0.000	MIN N	-49.76	0.03	9.81	-2.07	0.06	-1.00	LG110
153	LK2		0.255	MAX V_y	-4.78	7.66	-2.79	1.05	12.07	-22.31	LG117
114	LK2		1.700	MIN V_v	-2.32	-4.35	3.15	-1.70	14.50	0.13	LG105
113	LK2		0.000	MAX V_z	-0.95	-1.29	20.31	-4.79	5.03	-2.61	LG101
152	LK2		0.400	MIN V_z	-1.32	1.98	-20.30	4.64	5.09	-4.04	LG101
152	LK2		0.000	MAX M_T	-0.69	2.07	-18.28	4.64	12.71	-3.42	LG103
113	LK2		0.000	MIN M_T	-0.91	-1.30	20.31	-4.80	4.96	-2.64	LG103
153	LK2		0.000	MAX M_y	-0.72	-0.01	-3.99	1.93	29.98	0.07	LG107
116	LK2		0.400	MIN M_v	-49.46	-0.01	-2.91	0.42	-1.88	-1.06	LG112
155	LK2		0.000	MAX M_z	-2.00	6.95	8.48	-1.78	6.64	14.75	LG105
152	LK2		0.400	MIN M_z	-4.78	7.65	-10.02	2.23	1.53	-36.42	LG117
	Querschnitt-Nr. 21: Kreis 15										
343	LK2		0.000	MAX N	16.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LG105
13	LK1		0.000	MIN N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13	LK1		0.000	MAX V_y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
351	LK1		0.000	MIN V_v	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LG16
352	LK2		0.000	MAX V_z	3.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LG115
351	LK1		0.000	MIN V_z	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LG16
13	LK1		0.000	MAX M_T	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13	LK1		0.000	MIN M_T	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13	LK1		0.000	MAX M_y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13	LK1		0.000	MIN M_v	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13	LK1		0.000	MAX M_z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13	LK1		0.000	MIN M_z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Querschnitt-Nr. 24: TO 360/120/8/8/8/8										
38	LK1		0.000	MAX N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
250	LK2		0.000	MIN N	-623.79	-3.73	-18.51	-3.01	40.56	-1.12	LG101
41	LK2		1.028	MAX V_y	-299.73	12.60	9.15	-0.42	17.07	-11.16	LG116
250	LK2		0.585	MIN V_v	-349.63	-15.61	-14.27	-1.97	23.16	-13.47	LG116
41	LK2		0.000	MAX V_z	-501.81	6.85	12.44	0.36	9.16	2.20	LG113
245	LK2		1.670	MIN V_z	-603.39	5.44	-21.17	3.17	7.46	-7.16	LG101
245	LK2		0.000	MAX M_T	-603.90	6.05	-18.82	3.17	41.08	2.81	LG101
250	LK2		0.000	MIN M_T	-621.19	-12.50	-18.58	-3.11	40.56	-14.87	LG113
245	LK2		0.000	MAX M_y	-603.90	6.05	-18.82	3.17	41.08	2.81	LG101
38	LK1		0.000	MIN M_v	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
250	LK2		1.670	MAX M_z	-620.68	-11.48	-20.94	-3.11	7.34	5.96	LG113
41	LK2		2.056	MIN M_z	-215.83	12.12	7.36	-0.77	23.62	-24.23	LG118
	Querschnitt-Nr. 25: TO 300/120/8/8/8/8										
37	LK2		0.000	MAX N	299.96	2.45	4.67	-0.72	9.01	-1.19	LG113
47	LK2		0.000	MIN N	-289.90	2.07	3.40	0.63	6.51	-2.92	LG113
238	LK2		0.000	MAX V_y	-1.20	9.23	-5.42	2.16	4.17	3.97	LG107
236	LK2		1.030	MIN V_v	-3.99	-11.11	6.34	-2.30	5.46	4.91	LG101
251	LK2		0.000	MAX V_z	185.27	0.86	8.28	-1.36	-1.28	2.47	LG106
252	LK2		2.100	MIN V_z	191.65	2.54	-7.77	1.09	0.06	-2.08	LG109
238	LK2		0.000	MAX M_T	-10.07	4.14	-6.25	2.23	5.38	-5.60	LG113
236	LK2		0.000	MIN M_T	-3.99	-10.83	6.99	-2.30	-1.41	-6.39	LG101
251	LK2		2.100	MAX M_y	270.86	-1.34	7.20	-1.72	21.80	3.08	LG101
252	LK2		2.100	MIN M_v	104.61	2.17	-7.33	0.75	-3.40	-2.30	LG112
236	LK2		1.030	MAX M_z	-3.99	-11.11	6.34	-2.30	5.46	4.91	LG101
238	LK2		0.000	MIN M_z	-13.28	-6.23	-3.21	1.38	2.31	-14.95	LG117
	Querschnitt-Nr. 26: TO 280/80/8/8/8/8										
248	LK2		0.000	MAX N	113.46	-0.01	5.23	-0.15	2.06	-0.16	LG105
246	LK2		1.962	MIN N	-466.29	0.78	3.87	-0.08	18.87	-0.32	LG101
246	LK2		1.079	MAX V_y	-325.84	1.19	4.61	-0.17	11.50	0.37	LG102
249	LK2		0.883	MIN V_v	-239.63	-3.45	-4.76	0.19	10.76	-3.62	LG116
246	LK2		0.000	MAX V_z	-366.67	-0.15	6.91	-0.39	5.08	-0.13	LG109
249	LK2		1.962	MIN V_z	-366.57	0.15	-6.91	0.40	5.04	-0.13	LG109
249	LK2		0.000	MAX M_T	-215.20	0.57	-5.05	0.50	14.20	0.45	LG112
246	LK2		0.000	MIN M_T	-214.97	-0.33	6.50	-0.50	2.84	-0.49	LG112
246	LK2		1.962	MAX M_y	-450.13	-0.10	4.13	-0.14	18.92	-1.83	LG113
247	LK2		1.983	MIN M_v	-114.30	0.23	-5.48	0.26	-0.06	0.08	LG106
246	LK2		0.000	MAX M_z	-325.63	1.01	5.53	-0.17	6.01	1.60	LG102
249	LK2		0.000	MIN M_z	-239.80	-3.19	-4.00	0.19	14.63	-6.59	LG116
	Querschnitt-Nr. 27: TO 300/80/8/8/8/8										
131	LK2		0.000	MAX N	19.41	4.22	-6.01	0.21	1.43	2.15	LG102
137	LK2		0.000	MIN N	-14.63	-2.04	-4.42	-0.62	3.78	-2.05	LG106
131	LK2		1.030	MAX V_y	16.79	4.75	-6.43	0.21	-4.82	-2.44	LG105
137	LK2		1.800	MIN V_v	4.21	-2.87	-7.80	-0.36	-7.64	-1.95	LG116
130	LK2		0.000	MAX V_z	12.70	1.14	0.65	0.18	-2.15	0.50	LG107
131	LK2		1.030	MIN V_z	-3.04	2.04	-12.10	0.30	-8.45	-5.07	LG116
130	LK2		0.000	MAX M_T	1.03	3.28	-11.45	0.57	4.58	-2.64	LG118
137	LK2		0.000	MIN M_T	-14.06	-2.12	-4.53	-0.64	3.82	-2.12	LG102
137	LK2		0.000	MAX M_y	3.67	-2.36	-6.70	-0.35	5.48	-6.65	LG118
131	LK2		1.030	MIN M_v	-3.04	2.04	-12.10	0.30	-8.45	-5.07	LG116
131	LK2		0.000	MAX M_z	16.79	4.52	-5.84	0.21	1.50	2.33	LG105
137	LK2		0.000	MIN M_z	4.21	-2.45	-6.77	-0.36	5.47	-6.73	LG116

KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Lastfallkombinationen

Knoten Nr.	LK		Lagerkräfte [kN] $P_{X'}$	$P_{Y'}$	$P_{Z'}$	Lagermomente [kNm] $M_{X'}$	$M_{Y'}$	$M_{Z'}$	Zugehörige Lastfälle
68	LK1	Max $P_{X'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Min $P_{X'}$	-356.66	5.52	160.67	0.00	0.00	0.49	LG1

■ KNOTEN - LAGERKRÄFTE

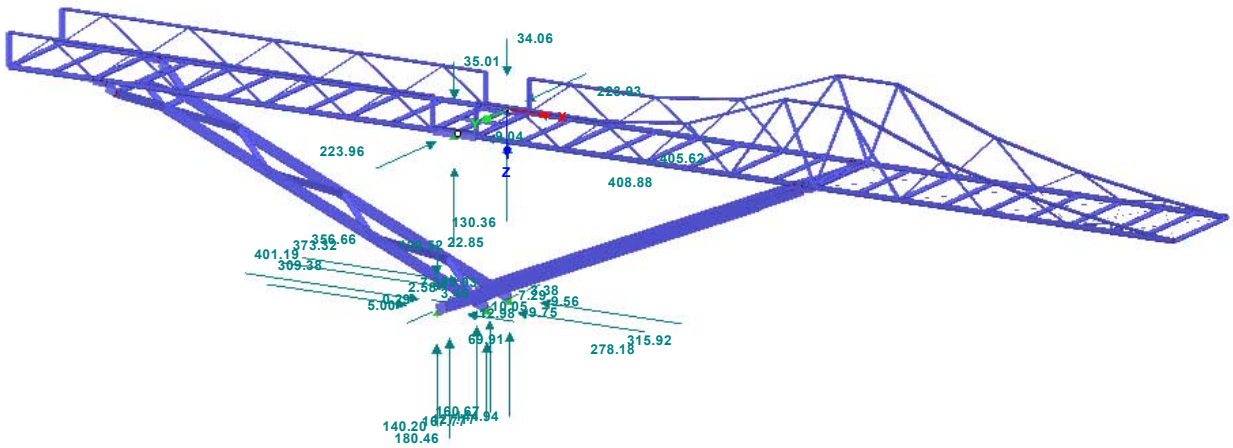
Lastfallkombinationen

Knoten Nr.	LK		Lagerkräfte [kN] $P_{X'}$	$P_{Y'}$	$P_{Z'}$	Lagermomente [kNm] $M_{X'}$	$M_{Y'}$	$M_{Z'}$	Zugehörige Lastfälle
68	LK1	Max $P_{Y'}$	-309.58	7.28	140.24	0.00	0.00	1.26	LG7
		Min $P_{Y'}$	-260.32	-3.38	122.02	0.00	0.00	-2.04	LG5
		Max $P_{Z'}$	-356.66	5.52	160.67	0.00	0.00	0.49	LG1
		Min $P_{Z'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Max $M_{Z'}$	-309.58	7.28	140.24	0.00	0.00	1.26	LG7
		Min $M_{Z'}$	-108.32	-0.80	62.79	0.00	0.00	-8.87	LG17
69	LK1	Max $P_{X'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Min $P_{X'}$	-373.32	0.43	167.77	0.00	0.00	-0.10	LG7
		Max $P_{Y'}$	-198.23	2.58	86.68	0.00	0.00	-8.89	LG16
		Min $P_{Y'}$	-43.79	-7.29	26.26	0.00	0.00	-3.07	LG5
		Max $P_{Z'}$	-373.32	0.43	167.77	0.00	0.00	-0.10	LG7
		Min $P_{Z'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Max $M_{Z'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Min $M_{Z'}$	-113.52	2.33	50.83	0.00	0.00	-8.92	LG17
70	LK1	Max $P_{X'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Min $P_{X'}$	-401.19	-3.44	180.46	0.00	0.00	-1.07	LG1
		Max $P_{Y'}$	-122.80	0.29	61.81	0.00	0.00	0.20	LG11
		Min $P_{Y'}$	-300.68	-10.05	140.27	0.00	0.00	-3.78	LG2
		Max $P_{Z'}$	-401.19	-3.44	180.46	0.00	0.00	-1.07	LG1
		Min $P_{Z'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Max $M_{Z'}$	-122.80	0.29	61.81	0.00	0.00	0.20	LG11
		Min $M_{Z'}$	-219.96	-9.34	110.28	0.00	0.00	-9.98	LG16
71	LK1	Max $P_{X'}$	69.91	-11.55	-22.85	0.00	0.00	-4.30	LG5
		Min $P_{X'}$	-309.38	-7.28	140.20	0.00	0.00	-1.26	LG7
		Max $P_{Y'}$	-93.42	5.00	42.02	0.00	0.00	-8.83	LG17
		Min $P_{Y'}$	-0.83	-12.98	7.08	0.00	0.00	-4.48	LG2
		Max $P_{Z'}$	-309.38	-7.28	140.20	0.00	0.00	-1.26	LG7
		Min $P_{Z'}$	69.91	-11.55	-22.85	0.00	0.00	-4.30	LG5
		Max $M_{Z'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Min $M_{Z'}$	-163.62	3.49	71.61	0.00	0.00	-9.04	LG16
79	LK1	Max $P_{X'}$	405.62	-134.27	-34.04	0.00	0.00	7.95	LG9
		Min $P_{X'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Max $P_{Y'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Min $P_{Y'}$	218.50	-223.93	42.55	0.00	0.00	13.30	LG10
		Max $P_{Z'}$	90.18	-3.99	130.36	0.00	0.00	2.00	LG3
		Min $P_{Z'}$	404.87	-10.01	-34.06	0.00	0.00	10.50	LG15
		Max $M_{Z'}$	92.61	-16.82	64.85	0.00	0.00	17.56	LG17
		Min $M_{Z'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
83	LK1	Max $P_{X'}$	408.88	-2.10	73.18	0.00	0.00	1.60	LG1
		Min $P_{X'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Max $P_{Y'}$	218.08	223.96	42.52	0.00	0.00	-13.34	LG10
		Min $P_{Y'}$	230.01	-9.04	-3.54	0.00	0.00	5.85	LG6
		Max $P_{Z'}$	93.39	134.91	129.52	0.00	0.00	-8.12	LG8
		Min $P_{Z'}$	408.85	-2.68	-35.01	0.00	0.00	1.73	LG4
		Max $M_{Z'}$	219.22	20.25	-0.84	0.00	0.00	10.14	LG18
		Min $M_{Z'}$	218.08	223.96	42.52	0.00	0.00	-13.34	LG10
89	LK1	Max $P_{X'}$	315.92	-1.04	144.94	0.00	0.00	1.04	LG1
		Min $P_{X'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Max $P_{Y'}$	160.80	3.46	83.26	0.00	0.00	10.11	LG16
		Min $P_{Y'}$	245.30	-9.56	117.00	0.00	0.00	3.69	LG6
		Max $P_{Z'}$	315.92	-1.04	144.94	0.00	0.00	1.04	LG1
		Min $P_{Z'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Max $M_{Z'}$	160.80	3.46	83.26	0.00	0.00	10.11	LG16
		Min $M_{Z'}$	114.82	1.32	59.10	0.00	0.00	-0.31	LG12
90	LK1	Max $P_{X'}$	278.18	-4.06	124.66	0.00	0.00	7.69	LG13
		Min $P_{X'}$	-15.03	-9.54	1.20	0.00	0.00	4.47	LG6
		Max $P_{Y'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Min $P_{Y'}$	31.67	-9.75	20.92	0.00	0.00	4.59	LG2
		Max $P_{Z'}$	277.85	-2.26	127.17	0.00	0.00	1.15	LG7
		Min $P_{Z'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Max $M_{Z'}$	162.94	-4.59	74.39	0.00	0.00	11.69	LG16
		Min $M_{Z'}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

LK1: CHARAKTERISTISCHE WERTE

LK1: Charakteristische Werte
Lagerreaktionen

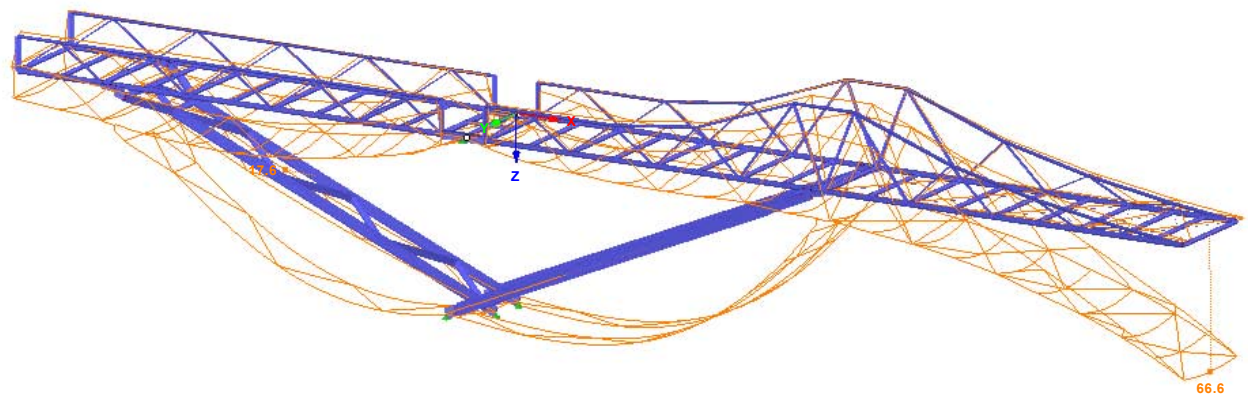
Isometrie



VERFORMUNGEN U, LK3: HÄUFIGE LASTFALLKOMBINATION

LK3: Häufige Lastfallkombination
u

Isometrie



Max u: 66.6, Min u: 0.0 [mm]
Faktor für Verformungen: 84.00

STAHL
FA1
Spannungsanalyse

BASISANGABEN

Zu bemessende Stäbe:	Alle	
Zu bemessende Stabsätze:	Alle	
Zu bemessende Lastfallkombinationen:	LK2	Maßgebende Lastfallkombination

DETAILS

Örtlich begrenzte Plastizierung berücksichtigen:	☐
Normalspannungen mit Alpha-pl berechnen:	☐
Berechnungsart bei Spannungen aus LK:	Spannungen einzelner Lastfälle aus LK berechnen und diese dann nach LK-Kriterium überlagern
FAKTOREN FUR SIGMA-V	
Sigma	1.00
Tau	3.00
Vereinfachte Berücksichtigung exzentrischer Lasteinleitung:	☐

MATERIALIEN

Mat.-Nr.	Material-Bezeichnung	Teilsich.-Faktor γ_M [-]	Streckgrenze f_{yk} [kN/cm²]	Grenzspannungen [kN/cm²] Manuell	grenz σ_x	grenz τ	grenz σ_v
1	Baustahl S 235	1.10	24.00	☐	21.82	12.60	21.82
2	Baustahl S 235 J2 G3	1.10	23.50	☐	21.36	12.33	21.36

QUERSCHNITTE

Quer.-Nr.	Mat.-Nr.	Querschnittsbezeichnung	I_t [cm⁴] A [cm²]	I_y [cm⁴] $Alpha_{pl,y}$	I_z [cm⁴] $Alpha_{pl,z}$	Kommentar
1	2	QRO 200x6,3	4660.00	2960.00	2960.00	
			47.80	1.164	1.164	
2	2	RRO 180x100x5.6	1150.00	1240.00	496.00	
			29.30	1.243	1.143	
3	2	QRO 180x10	5040.00	3090.00	3090.00	
			65.40	1.199	1.199	
4	2	RRO 120x60x4	199.00	247.00	82.70	
			13.50	1.252	1.144	
5	2	RRO 160x90x6.3	899.00	943.00	383.00	
			28.90	1.25	1.161	
6	2	QRO 160x6,3	2330.00	1460.00	1460.00	
			37.70	1.177	1.177	
7	2	IPE 160	3.62	869.00	68.30	
			20.10	1.136	1.563	
9	2	TO 460/120/8/8/8/8	7289.58	21478.10	2462.00	
			90.24	1.309	1.11	
11	2	TS 350/200/20/80/10	5422.67	34609.50	2741.33	
			304.00	1.536	2.656	
12	2	TO 300/80/8/8/8/8	1955.32	5783.30	659.59	
			58.24	1.321	1.147	
13	2	KASTEN(B) 220/10/40/300/120/10	6363.64	20784.50	16188.70	
			266.00	1.519	1.368	
14	2	TO 160/180/12/12/12/12	4731.73	2873.91	3473.40	
			75.84	1.199	1.214	
15	2	Rechteck 80/800	12793.20	341333.00	3413.33	
			640.00	1.00	1.00	
16	2	Rechteck 80/460	6990.57	64890.70	1962.67	
			368.00	1.00	1.00	
17	2	Rechteck 80/360	5284.01	31104.00	1536.00	
			288.00	1.00	1.00	
18	2	KASTEN(B) 220/10/40/200/120/10	5938.20	6808.45	10962.00	
			186.00	1.511	1.378	
19	2	QRO 200x10	7020.00	4340.00	4340.00	
			73.40	1.191	1.191	
20	2	TO 180/180/10/10/10/10	4935.67	3286.67	3286.67	
			68.00	1.188	1.188	
21	2	Kreis 15	4.970E-01	2.485E-01	2.485E-01	
			1.767	1.698	1.698	
24	2	TO 360/120/8/8/8/8	5375.33	11376.10	1959.39	
			74.24	1.284	1.12	
25	2	TO 300/120/8/8/8/8	4249.64	7147.87	1657.82	
			64.64	1.265	1.129	
26	1	TO 280/80/8/8/8/8	1795.62	4821.47	617.95	
			55.04	1.315	1.15	
27	1	TO 300/80/8/8/8/8	1955.32	5783.30	659.59	
			58.24	1.321	1.147	

STAHL
FA1
Spannungsanalyse

SPANNUNGEN QUERSCHNITTSWEISE

Quer.-Nr.	Stab Nr.	x-Stelle [m]	S-Punkt Nr.	Last-fall	Spannungsart	Spannung [kN/cm²] vorh	grenz	Aus-nutzung
1	**QRO 200x6,3**							
	279	0.000	10	LK2	Sigma gesamt	-17.57	21.36	0.82
	279	0.000	16	LK2	Tau gesamt	1.78	12.33	0.14
	279	0.000	10	LK2	Sigma-v	17.57	21.36	0.82
2	**RRO 180x100x5.6**							
	222	3.525	15	LK2	Sigma gesamt	17.44	21.36	0.82
	110	1.938	12	LK2	Tau gesamt	0.77	12.33	0.06
	222	3.525	15	LK2	Sigma-v	17.44	21.36	0.82
3	**QRO 180x10**							
	117	1.400	5	LK2	Sigma gesamt	-19.06	21.36	0.89
	117	0.070	8	LK2	Tau gesamt	-1.90	12.33	0.15
	117	1.400	5	LK2	Sigma-v	19.17	21.36	0.90
4	**RRO 120x60x4**							
	326	0.340	7	LK2	Sigma gesamt	17.92	21.36	0.84
	326	0.340	12	LK2	Tau gesamt	5.24	12.33	0.43
	331	0.340	9	LK2	Sigma-v	18.33	21.36	0.86
5	**RRO 160x90x6.3**							
	274	0.000	13	LK2	Sigma gesamt	-10.78	21.36	0.50
	235	0.000	8	LK2	Tau gesamt	-0.56	12.33	0.05
	274	0.000	13	LK2	Sigma-v	10.78	21.36	0.50
6	**QRO 160x6,3**							
	5	0.400	7	LK2	Sigma gesamt	-13.19	21.36	0.62
	132	0.000	4	LK2	Tau gesamt	-2.18	12.33	0.18
	5	0.400	7	LK2	Sigma-v	13.19	21.36	0.62
7	**IPE 160**							
	126	0.000	5	LK2	Sigma gesamt	3.57	21.36	0.17
	126	0.000	13	LK2	Tau gesamt	1.13	12.33	0.09
	126	0.000	3	LK2	Sigma-v	3.61	21.36	0.17
9	**TO 460/120/8/8/8/8**							
	195	0.000	6	LK2	Sigma gesamt	-17.12	21.36	0.80
	228	1.294	7	LK2	Tau gesamt	0.80	12.33	0.06
	195	0.000	6	LK2	Sigma-v	17.12	21.36	0.80
11	**TS 350/200/20/80/10**							
	129	0.000	1	LK2	Sigma gesamt	-13.92	19.55	0.71
	129	1.000	3	LK2	Tau gesamt	-0.92	11.28	0.08
	129	0.000	1	LK2	Sigma-v	13.92	19.55	0.71
12	**TO 300/80/8/8/8/8**							
	210	0.000	6	LK2	Sigma gesamt	-6.82	21.36	0.32
	196	2.785	4	LK2	Tau gesamt	1.07	12.33	0.09
	210	0.000	6	LK2	Sigma-v	6.98	21.36	0.33
13	**KASTEN(B) 220/10/40/300/120/10/150/5/5**							
	262	0.000	23	LK2	Sigma gesamt	-18.79	20.45	0.92
	262	0.000	3	LK2	Tau gesamt	-3.54	11.81	0.30
	262	0.000	23	LK2	Sigma-v	18.80	20.45	0.92
14	**TO 160/180/12/12/12/12**							
	24	0.400	10	LK2	Sigma gesamt	-9.83	21.36	0.46
	269	0.000	8	LK2	Tau gesamt	-0.57	12.33	0.05
	24	0.400	10	LK2	Sigma-v	9.83	21.36	0.46
15	**Rechteck 80/800**							
	259	0.250	1	LK2	Sigma gesamt	-5.28	15.91	0.33
	259	0.000	6	LK2	Tau gesamt	2.18	9.19	0.24
	259	0.250	1	LK2	Sigma-v	5.28	15.91	0.33
16	**Rechteck 80/460**							
	143	0.000	3	LK2	Sigma gesamt	-4.37	15.91	0.27
	144	0.000	4	LK2	Tau gesamt	0.78	9.19	0.08
	143	0.000	3	LK2	Sigma-v	4.37	15.91	0.27
17	**Rechteck 80/360**							
	257	0.000	3	LK2	Sigma gesamt	-6.92	15.91	0.43
	258	0.000	4	LK2	Tau gesamt	2.31	9.19	0.25
	257	0.000	3	LK2	Sigma-v	6.92	15.91	0.43
18	**KASTEN(B) 220/10/40/200/120/10/50/5/5**							
	256	0.490	24	LK2	Sigma gesamt	7.37	20.45	0.36
	33	0.000	3	LK2	Tau gesamt	-3.06	11.81	0.26
	256	0.490	24	LK2	Sigma-v	7.38	20.45	0.36
19	**QRO 200x10**							
	384	0.000	14	LK2	Sigma gesamt	18.48	21.36	0.87
	46	0.000	7	LK2	Tau gesamt	-2.08	12.33	0.17
	384	0.000	14	LK2	Sigma-v	18.48	21.36	0.87
20	**TO 180/180/10/10/10/10**							
	114	1.700	6	LK2	Sigma gesamt	-10.86	21.36	0.51
	113	0.000	8	LK2	Tau gesamt	-1.50	12.33	0.12
	114	1.700	6	LK2	Sigma-v	10.88	21.36	0.51
21	**Kreis 15**							
	343	0.000	37	LK2	Sigma gesamt	9.49	21.36	0.44
	352	0.000	37	LK2	Tau gesamt	0.00	12.33	0.00
	343	0.000	37	LK2	Sigma-v	9.49	21.36	0.44
24	**TO 360/120/8/8/8/8**							
	250	0.000	6	LK2	Sigma gesamt	-19.34	21.36	0.91

STAHL
FA1
Spannungsanalyse

SPANNUNGEN QUERSCHNITTSWEISE

Quer.-Nr.	Stab Nr.	x-Stelle [m]	S-Punkt Nr.	Last-fall	Spannungsart	Spannung [kN/cm²] vorh	grenz	Aus-nutzung
	250	0.501	3	LK2	Tau gesamt	-1.31	12.33	0.11
	250	0.000	6	LK2	Sigma-v	19.41	21.36	0.91
25	**TO 300/120/8/8/8/8**							
	37	2.100	14	LK2	Sigma gesamt	10.19	21.36	0.48
	236	1.030	4	LK2	Tau gesamt	-1.09	12.33	0.09
	37	2.100	14	LK2	Sigma-v	10.19	21.36	0.48
26	**TO 280/80/8/8/8/8**							
	249	0.000	6	LK2	Sigma gesamt	-16.05	21.82	0.74
	249	0.883	11	LK2	Tau gesamt	0.40	12.60	0.03
	249	0.000	6	LK2	Sigma-v	16.05	21.82	0.74
27	**TO 300/80/8/8/8/8**							
	130	1.030	2	LK2	Sigma gesamt	5.73	21.82	0.26
	130	1.030	7	LK2	Tau gesamt	0.57	12.60	0.05
	130	1.030	2	LK2	Sigma-v	5.77	21.82	0.26

MASSGEBENDE SCHNITTGRÖSSEN STABWEISE

Stab Nr.	x-Stelle [m]	Last-fall	Kräfte [kN] N	V_y	V_z	Momente [kNm] M_T	M_y	M_z
1	0.000	LK2	-1.05	-0.58	-1.25	-0.08	3.78	-1.55
2	0.400	LK2	-2.75	3.97	8.15	0.04	4.40	1.50
3	1.700	LK2	-2.75	3.98	0.18	0.04	11.48	-5.27
4	1.700	LK2	-4.61	6.61	-3.54	0.06	2.92	-20.05
5	0.400	LK2	-4.52	6.60	-1.04	0.06	1.34	-22.72
6	0.000	LK2	-0.98	-2.28	1.42	1.72	-1.82	-3.52
7	1.292	LK2	4.18	-0.17	0.39	-0.64	1.91	-3.23
8	0.000	LK2	15.91	0.07	-0.70	0.07	1.36	-0.59
9	1.938	LK2	4.02	-0.37	0.88	-0.77	1.05	-3.05
10	0.000	LK2	31.17	0.01	-0.15	0.11	0.56	-0.45
11	1.930	LK2	-8.32	4.64	2.00	0.49	3.78	-16.05
12	0.000	LK2	-20.55	-4.31	3.01	-0.09	-1.12	-23.04
13	0.000	LK2	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.000	LK2	11.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.000	LK2	7.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	1.195	LK2	-34.57	-0.02	0.07	-0.11	0.51	-0.37
17	2.390	LK2	-15.73	-0.27	-1.86	0.21	-2.15	0.27
18	0.470	LK2	-16.63	2.15	-16.62	-3.23	-23.40	-17.85
19	0.470	LK2	-28.15	-1.96	-16.63	3.53	-23.42	-9.68
20	1.938	LK2	29.68	0.02	0.02	-0.51	1.42	-3.53
21	0.400	LK2	-3.74	6.10	5.84	0.12	5.03	-11.81
22	1.700	LK2	-6.35	3.70	-0.49	0.07	18.36	-13.31
23	0.850	LK2	-3.74	6.10	-4.16	0.12	7.18	-27.37
24	0.400	LK2	-2.84	6.08	-9.05	0.13	-2.64	-34.96
25	1.938	LK2	27.85	0.02	-0.02	-0.25	1.25	-3.52
26	0.590	LK2	63.59	8.29	-125.07	-2.12	-100.02	-17.82
27	0.590	LK2	45.46	-8.91	-125.85	3.07	-99.52	-25.20
28	0.000	LK2	-141.63	4.58	376.44	-5.18	-94.11	13.38
29	0.000	LK2	-141.40	0.32	374.57	5.73	-93.64	-13.45
30	0.000	LK2	-400.08	-3.19	18.62	-14.37	0.00	0.00
31	0.000	LK2	-400.23	-1.56	18.06	14.70	0.00	0.00
32	0.000	LK2	438.27	6.96	13.81	8.89	-3.25	-13.08
33	0.000	LK2	205.84	-12.30	5.37	-5.56	3.48	-49.24
34	0.000	LK2	-122.95	0.14	-0.39	0.08	1.44	-0.47
35	0.000	LK2	-122.53	0.14	0.50	-0.16	-1.43	-0.13
36	0.000	LK2	280.39	2.61	-4.87	0.96	18.89	4.23
37	2.100	LK2	299.96	1.20	3.97	-0.72	18.01	-4.89
38	2.056	LK2	-492.75	0.48	9.17	-0.65	31.05	-9.44
39	0.000	LK2	18.72	-1.88	4.23	-0.15	0.19	-5.83
40	0.000	LK2	-15.92	1.07	-4.13	0.02	10.14	-2.36
41	2.056	LK2	-502.32	7.27	9.94	0.36	32.36	-13.05
43	0.000	LK2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
44	0.000	LK2	13.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	0.865	LK2	438.27	6.73	12.57	8.89	14.23	-22.18
46	0.000	LK2	205.84	-12.44	4.44	-5.56	5.88	-43.18
47	1.800	LK2	-289.90	1.92	1.91	0.63	11.32	-6.60
48	2.390	LK2	119.65	-0.02	-0.96	0.07	-1.40	-0.43
49	2.390	LK2	119.95	-0.02	0.49	-0.14	1.09	-0.43
50	2.587	LK2	-390.23	-3.76	10.75	-3.97	63.51	-6.60
51	1.261	LK2	-6.78	0.85	-1.93	-0.86	5.71	-3.96
52	2.587	LK2	-412.21	0.63	9.33	2.02	55.51	-9.09
53	2.583	LK2	-190.27	-0.14	-0.28	0.37	-0.49	-2.81
54	0.400	LK2	-1.13	0.22	6.97	0.03	2.38	-9.08
55	1.700	LK2	-0.84	0.15	-0.04	0.02	17.73	-5.68
56	0.000	LK2	-0.84	0.15	-0.04	0.02	17.73	-5.68
57	0.000	LK2	-1.13	0.22	-7.08	0.03	2.19	-9.83
58	2.325	LK2	-191.96	-0.02	0.11	-0.57	0.51	-2.83
59	0.717	LK2	-51.70	-0.01	0.05	-0.02	0.05	-0.48
60	0.000	LK2	-26.71	0.13	1.75	-0.28	-2.25	-0.01
61	1.938	LK2	578.14	0.92	10.32	1.69	15.34	-17.64
63	0.000	LK2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65	1.938	LK2	560.29	-1.85	10.31	-1.84	15.32	-17.52
66	2.587	LK2	-396.11	0.42	3.70	-0.89	71.25	-9.49
67	0.630	LK2	0.50	0.27	-0.64	1.73	6.74	-3.91
68	2.587	LK2	-413.18	0.65	5.34	2.02	74.60	-10.84
69	2.390	LK2	48.29	-0.08	-0.14	0.02	-0.35	-0.43
70	2.390	LK2	23.79	-0.13	-1.84	0.28	-2.32	-0.01
71	1.744	LK2	-259.54	0.04	0.02	0.22	-0.45	-3.06
72	0.400	LK2	-0.06	0.54	6.96	0.02	2.87	-8.55
73	1.700	LK2	-0.24	0.33	-0.04	0.01	18.88	-5.69
74	0.000	LK2	-0.24	0.33	-0.04	0.01	18.88	-5.69
75	0.000	LK2	-0.06	0.54	-7.10	0.02	2.63	-10.40

MASSGEBENDE SCHNITTGRÖSSEN STABWEISE

Stab Nr.	x-Stelle [m]	Last-fall	Kräfte [kN] N	V_y	V_z	Momente [kNm] M_T	M_y	M_z
76	1.744	LK2	-261.44	0.04	0.03	-0.09	0.53	-3.05
77	2.587	LK2	-397.08	0.42	-0.44	-0.89	75.49	-10.64
78	0.000	LK2	-3.11	-0.35	0.53	-2.11	5.22	-5.27
79	1.552	LK2	-413.29	-0.03	-0.03	-0.11	74.05	-10.39
80	0.598	LK2	8.94	0.05	-0.07	0.01	0.20	-0.62
81	0.000	LK2	8.90	0.12	1.71	-0.23	-1.81	-0.01
82	1.938	LK2	606.97	0.91	7.48	-0.11	13.40	-17.27
86	1.938	LK2	587.76	-1.72	7.50	0.04	13.38	-17.30
87	0.598	LK2	-24.16	0.00	-0.01	0.02	-0.08	-0.44
88	2.390	LK2	-12.30	-0.19	-0.82	0.20	-1.65	0.09
89	0.000	LK2	-401.19	-0.16	-2.70	0.95	75.21	-10.50
90	3.152	LK2	2.40	0.53	-0.93	1.99	4.41	-5.24
91	0.000	LK2	-413.68	-0.06	-1.71	-0.11	73.15	-10.34
92	2.325	LK2	-223.81	0.03	0.13	0.06	-0.05	-3.38
93	0.400	LK2	0.62	0.43	6.88	0.00	2.75	-8.73
94	1.700	LK2	0.36	0.27	-0.09	0.00	18.32	-5.66
95	0.000	LK2	0.36	0.27	-0.09	0.00	18.32	-5.66
96	0.000	LK2	0.62	0.43	-7.17	0.00	2.26	-10.17
97	2.325	LK2	-225.29	0.03	-0.23	0.37	0.38	-3.37
98	2.390	LK2	109.91	0.08	0.12	-0.01	0.11	-0.59
99	0.000	LK2	110.50	0.01	-0.25	0.16	0.69	-0.51
100	0.000	LK2	-402.15	-0.21	-6.76	0.95	62.90	-9.99
101	1.891	LK2	-3.96	-0.21	0.60	-1.51	4.38	-4.41
102	0.000	LK2	-411.36	-0.29	-8.35	-1.33	65.66	-10.29
103	1.938	LK2	511.02	0.49	16.72	-2.20	22.91	-16.22
104	0.000	LK2	-0.88	-3.28	8.92	-0.33	-1.05	-6.90
105	1.700	LK2	14.25	0.02	0.00	0.00	16.91	0.05
106	0.000	LK2	14.25	0.02	0.00	0.00	16.91	0.05
107	1.938	LK2	489.79	-1.68	16.76	1.98	22.91	-17.25
108	1.938	LK2	-48.83	-3.94	0.37	-0.20	0.93	5.27
109	2.390	LK2	-106.80	0.20	0.08	-0.11	0.50	-1.41
110	1.938	LK2	-49.33	-3.73	-0.88	0.41	-1.50	5.18
111	2.390	LK2	-107.60	0.20	0.25	-0.06	0.48	-1.41
112	1.400	LK2	-4.61	-0.27	49.74	0.34	64.45	0.52
113	0.400	LK2	-12.32	-2.03	9.01	-2.11	5.36	-24.03
114	1.700	LK2	-7.56	-1.17	4.18	-1.95	26.93	-12.31
115	0.000	LK2	-7.56	-1.17	-3.82	1.93	26.93	-12.31
116	0.000	LK2	-12.32	-2.01	-8.40	2.04	6.41	-17.15
117	1.400	LK2	-4.60	1.04	49.29	-1.50	63.86	-1.74
118	0.000	LK2	-408.30	0.30	-11.94	2.07	45.03	-8.94
119	2.522	LK2	4.96	0.07	-0.17	0.66	1.63	-4.24
120	0.000	LK2	-412.33	-0.26	-12.02	-1.33	39.15	-9.55
121	0.493	LK2	-271.51	0.40	22.79	5.11	11.66	-12.25
122	0.493	LK2	-289.08	3.74	3.23	5.21	2.03	-14.13
123	0.000	LK2	-334.05	-14.09	25.31	5.84	0.00	-13.80
124	0.493	LK2	-238.33	5.75	2.46	5.26	1.65	-15.26
125	0.000	LK2	0.00	0.00	5.38	0.00	-2.61	0.00
126	0.000	LK2	0.00	0.00	8.00	0.00	-3.88	0.00
127	0.000	LK2	0.00	0.00	5.38	0.00	-2.61	0.00
128	1.000	LK2	235.12	16.58	-47.95	-0.07	-0.02	-26.28
129	0.000	LK2	161.17	-18.45	-46.72	-0.05	48.31	-33.43
130	1.030	LK2	1.85	3.59	-11.94	0.57	-7.52	-6.19
131	1.030	LK2	-5.71	2.27	-11.92	0.30	-8.20	-5.16
132	0.000	LK2	0.00	-37.25	-0.34	-0.01	0.17	-14.90
133	0.400	LK2	0.00	37.25	0.34	-0.01	0.17	-14.90
134	1.700	LK2	-299.26	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00
135	0.000	LK2	-299.26	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00
136	0.000	LK2	-299.26	0.00	-0.84	0.00	0.37	0.00
137	0.000	LK2	4.21	-2.45	-6.77	-0.36	5.47	-6.73
138	1.000	LK2	773.07	-4.69	-66.22	0.03	-64.36	3.69
139	1.000	LK2	754.94	8.49	-66.22	-0.09	-64.36	-8.87
140	0.970	LK2	0.00	0.00	-5.38	0.00	-2.61	0.00
141	0.970	LK2	0.00	0.00	-8.00	0.00	-3.88	0.00
142	0.970	LK2	0.00	0.00	-5.38	0.00	-2.61	0.00
143	0.000	LK2	-243.17	-4.87	-20.13	-5.92	10.36	-16.39
144	0.493	LK2	-241.51	6.83	-8.35	-6.82	0.00	-16.10
145	2.588	LK2	-531.22	-2.94	12.62	-2.72	45.73	3.55
146	0.000	LK2	-14.78	-0.12	-0.33	-0.81	3.42	-4.88
147	2.588	LK2	-509.26	0.32	12.59	1.78	40.44	-9.66
148	2.588	LK2	-524.31	-0.24	11.77	-1.98	41.85	-10.34
149	2.785	LK2	-30.43	0.49	-0.03	0.72	4.52	-5.08
150	2.588	LK2	-445.78	3.54	13.57	2.20	44.41	-14.11
151	0.000	LK2	-4.08	0.28	-40.98	-0.47	53.13	0.53
152	0.000	LK2	-4.78	7.65	-8.98	2.23	5.33	-33.36
153	0.000	LK2	-3.48	4.12	-4.16	2.03	26.90	-12.17
154	1.700	LK2	-3.48	4.12	3.83	-1.85	26.90	-12.17
155	0.400	LK2	-2.00	6.95	7.44	-1.78	9.83	11.97
156	0.000	LK2	-4.06	-1.06	-40.40	1.37	52.36	-1.73
157	0.000	LK2	38.71	-3.17	0.21	-0.31	0.15	-6.43
158	0.000	LK2	133.30	1.41	0.02	0.01	0.03	1.23
159	0.000	LK2	38.09	-2.23	0.24	-0.63	0.52	-5.87
160	0.000	LK2	132.07	1.27	0.23	-0.03	-0.29	1.10
161	1.938	LK2	894.74	-2.23	8.42	4.62	14.20	-14.33
162	0.000	LK2	-0.88	-3.28	-6.80	-0.33	2.97	5.55
163	0.400	LK2	-0.61	-2.76	7.24	-0.32	2.95	-4.70
164	1.700	LK2	11.93	0.02	0.00	0.00	18.68	0.00
165	1.938	LK2	868.04	4.49	8.35	-4.62	14.09	-16.05
166	2.587	LK2	-510.21	0.41	7.23	-1.09	64.58	-9.60
167	2.785	LK2	19.67	1.93	-0.09	2.19	8.57	-5.37
168	2.587	LK2	-508.29	0.31	8.53	1.78	67.95	-10.53
169	2.587	LK2	-523.35	-0.23	7.65	-1.98	67.16	-9.70
170	0.000	LK2	18.51	-0.97	0.52	-1.71	6.21	-5.85
171	2.587	LK2	-507.97	-0.51	7.49	1.11	64.35	-10.63
172	0.598	LK2	-136.90	-0.17	0.24	-0.07	0.23	-0.52
173	0.000	LK2	-136.26	0.02	-0.05	-0.06	0.45	-0.41
174	0.000	LK2	11.93	0.02	0.00	0.00	18.68	0.00
175	0.000	LK2	0.74	-0.68	-6.88	0.04	2.75	-8.29

MASSGEBENDE SCHNITTGRÖSSEN STABWEISE

Stab Nr.	x-Stelle [m]	Last-fall	Kräfte [kN] N	V_y	V_z	Momente [kNm] M_T	M_y	M_z
176	0.000	LK2	0.45	-0.38	0.09	0.02	18.26	-5.66
177	1.700	LK2	0.45	-0.38	0.09	0.02	18.26	-5.66
178	0.400	LK2	0.74	-0.68	7.18	0.04	2.24	-10.61
179	1.292	LK2	255.80	0.06	-0.06	-0.42	0.34	-2.07
180	2.588	LK2	-509.24	0.38	2.63	-1.09	77.43	-10.70
181	0.000	LK2	-28.05	-1.35	0.96	-2.90	9.76	-4.80
182	2.588	LK2	-461.84	0.25	2.04	0.29	75.41	-10.53
183	2.588	LK2	-465.26	-0.20	1.87	-0.20	75.27	-9.71
184	2.785	LK2	-35.07	1.65	-0.54	2.91	10.22	-4.81
185	2.588	LK2	-507.00	-0.48	2.90	1.11	77.88	-9.26
186	2.390	LK2	138.25	0.36	0.02	0.08	0.15	-0.75
187	0.000	LK2	137.64	0.36	0.59	-0.11	-0.77	0.24
188	1.938	LK2	757.54	-0.77	8.52	0.89	11.09	-17.89
189	0.000	LK2	-0.61	-2.76	-6.83	-0.32	3.64	4.70
190	3.875	LK2	261.73	-0.89	-0.03	0.19	-0.01	0.90
191	0.400	LK2	-0.92	3.51	-8.93	0.07	-1.01	-7.39
192	1.938	LK2	732.24	2.30	8.58	-1.13	11.05	-18.16
193	2.390	LK2	-75.01	-0.04	-0.05	0.06	-0.14	-0.36
194	2.390	LK2	-38.84	-0.16	-1.75	0.26	-2.04	0.08
195	0.000	LK2	-556.17	-0.45	1.54	1.17	76.21	-11.48
196	2.785	LK2	22.57	1.69	-0.11	3.09	11.42	-4.62
197	1.294	LK2	-461.36	0.17	-0.21	0.29	76.60	-10.81
198	0.647	LK2	-465.02	-0.17	0.74	-0.20	76.11	-9.59
199	0.000	LK2	30.07	-1.30	1.38	-3.06	9.75	-4.84
200	1.294	LK2	-565.80	0.61	-0.85	-1.08	76.34	-9.28
201	3.900	LK2	423.84	-1.36	0.06	0.25	0.23	1.54
202	0.000	LK2	-0.02	-0.61	-15.26	0.01	5.78	-4.65
203	0.000	LK2	-0.02	-0.61	0.02	0.01	18.74	-5.69
204	1.700	LK2	-0.02	-0.61	0.02	0.01	18.74	-5.69
205	0.400	LK2	-0.01	-1.15	7.07	0.01	2.64	-11.43
206	1.560	LK2	418.90	0.01	0.01	-0.35	-0.17	-1.81
207	0.000	LK2	123.11	0.34	0.26	-0.06	-0.49	0.26
208	0.000	LK2	60.47	0.23	1.95	-0.25	-2.55	0.17
209	0.000	LK2	-555.20	-0.67	-3.41	1.17	73.78	-9.93
210	0.000	LK2	-31.14	-1.51	-0.30	-2.44	11.83	-5.30
211	0.000	LK2	-409.69	-0.12	-5.82	-1.35	75.93	-10.29
212	0.000	LK2	-401.44	-0.35	-5.97	1.46	75.96	-10.40
213	2.785	LK2	-37.38	1.96	-1.94	2.46	8.61	-5.05
214	0.000	LK2	-565.32	0.67	-3.34	-1.08	73.63	-10.12
215	0.000	LK2	606.29	-0.73	9.82	-0.58	-9.41	-19.68
216	0.000	LK2	-2.45	0.15	0.01	0.04	17.27	-0.20
217	1.700	LK2	-2.45	0.15	0.01	0.04	17.27	-0.20
218	0.400	LK2	-0.92	3.51	6.79	0.07	3.06	5.95
219	1.938	LK2	583.86	2.23	8.29	0.52	7.67	-18.69
220	2.672	LK2	73.33	-0.37	0.21	-0.06	0.31	0.33
221	2.672	LK2	72.03	-0.37	-0.78	0.13	-1.05	0.34
222	3.525	LK2	438.39	-0.08	0.14	0.18	0.47	-2.16
223	0.000	LK2	-0.88	-0.61	-7.05	0.00	2.14	-8.43
224	0.000	LK2	-0.30	-0.34	0.00	0.00	17.50	-5.71
225	1.700	LK2	-0.30	-0.34	0.00	0.00	17.50	-5.71
226	0.400	LK2	-0.88	-0.61	6.99	0.00	2.25	-10.50
227	3.525	LK2	437.72	-0.06	-0.07	-0.15	-0.44	-2.17
228	0.000	LK2	-598.45	3.23	-7.50	4.60	63.84	-7.16
229	2.089	LK2	5.52	-0.09	0.19	1.17	5.52	-4.36
230	0.000	LK2	-408.73	-0.14	-9.82	-1.35	55.58	-9.94
231	0.000	LK2	-400.47	-0.33	-9.93	1.46	55.27	-9.48
232	0.696	LK2	14.01	-0.57	1.19	-1.11	4.46	-5.36
233	0.000	LK2	-618.30	-2.87	-7.37	-4.51	63.15	-12.56
234	0.000	LK2	125.45	0.36	1.52	-0.02	-4.17	-1.41
235	0.000	LK2	125.76	0.36	-1.23	0.09	3.67	-1.41
236	0.000	LK2	-2.00	-6.83	4.27	-1.69	-1.66	-12.38
237	0.000	LK2	-136.26	-2.80	1.16	-0.01	5.40	-14.03
238	0.000	LK2	-13.28	-6.23	-3.21	1.38	2.31	-14.95
239	1.930	LK2	572.60	0.74	14.79	-2.51	14.31	-21.46
240	1.930	LK2	551.30	1.94	14.69	2.87	14.21	-19.73
241	0.000	LK2	-0.38	0.67	-15.38	0.03	5.85	-1.15
242	0.000	LK2	-0.38	0.67	-0.08	0.03	18.99	0.00
243	1.700	LK2	-0.38	0.67	-0.08	0.03	18.99	0.00
244	0.400	LK2	-0.74	2.36	6.75	0.09	3.87	4.01
245	0.000	LK2	-608.05	5.72	-18.49	3.00	41.04	-4.22
246	1.962	LK2	-450.13	-0.10	4.13	-0.14	18.92	-1.83
247	0.000	LK2	2.24	0.12	-4.87	0.25	11.57	-4.47
248	1.983	LK2	111.85	-0.32	4.77	-0.12	12.71	0.23
249	0.000	LK2	-438.85	-2.32	-3.98	0.08	18.64	-4.12
250	0.000	LK2	-621.19	-12.50	-18.58	-3.11	40.56	-14.87
251	2.100	LK2	252.45	-1.41	7.29	-1.59	21.52	-4.42
252	0.000	LK2	253.15	-1.06	-6.06	1.49	21.23	-4.90
253	3.680	LK2	-177.91	-0.27	0.82	0.06	3.12	-1.26
254	3.680	LK2	-176.48	-0.27	-1.27	0.18	-4.65	0.31
255	0.000	LK2	573.02	-4.17	-7.34	-8.21	8.00	-18.87
256	0.490	LK2	310.04	12.49	-2.57	4.04	6.59	-51.48
257	0.000	LK2	-1000.01	-20.21	-35.49	13.68	16.64	-9.53
258	0.000	LK2	-981.75	10.71	-34.10	-15.00	16.00	5.04
259	0.250	LK2	-364.28	-17.23	-930.21	5.34	-232.56	16.93
260	0.250	LK2	-358.05	7.93	-913.04	-5.85	-228.26	-15.82
261	0.000	LK2	-349.25	-14.61	352.92	4.91	-210.02	-21.69
262	0.000	LK2	-370.48	14.70	353.68	-5.76	-209.42	-24.19
263	0.691	LK2	426.37	0.09	-0.19	-0.02	1.02	-1.89
264	0.000	LK2	-7.87	-4.32	-6.02	-0.06	5.55	-14.90
265	0.000	LK2	-13.05	-2.94	0.45	-0.03	20.07	-13.49
266	0.000	LK2	-0.15	-0.57	-15.28	0.00	5.49	0.84
267	0.000	LK2	-0.37	0.21	-0.16	0.03	18.77	0.01
268	1.445	LK2	-13.05	-2.94	2.46	-0.03	19.70	-14.24
269	0.400	LK2	-7.87	-4.33	7.33	-0.06	3.33	-29.62
270	0.968	LK2	425.84	-0.02	0.02	-0.04	-0.62	-1.91
271	0.000	LK2	-355.82	-2.56	12.62	4.16	-18.03	-20.01
272	0.000	LK2	-369.67	1.00	12.65	-4.45	-18.06	-13.11

MASSGEBENDE SCHNITTGRÖSSEN STABWEISE

Stab Nr.	x-Stelle [m]	Last-fall	Kräfte [kN] N	V_y	V_z	Momente [kNm] M_T	M_y	M_z
273	0.000	LK2	-170.56	0.28	-0.61	0.14	2.35	-0.96
274	0.000	LK2	-84.97	0.32	3.02	-0.30	-8.69	0.55
275	1.700	LK2	-0.37	0.21	-0.16	0.03	18.77	0.01
276	0.400	LK2	-0.15	-0.57	15.30	0.00	5.45	-1.09
277	0.400	LK2	12.02	0.02	15.19	0.00	5.65	0.04
278	1.700	LK2	12.02	0.02	0.00	0.00	18.54	0.00
279	0.000	LK2	-355.82	-2.36	11.88	4.16	-12.27	-18.86
280	0.000	LK2	-369.67	1.26	11.92	-4.45	-12.28	-13.64
281	4.224	LK2	46.92	-0.56	-1.02	0.12	-3.37	0.78
282	4.224	LK2	2.58	-0.52	-2.43	0.63	-6.05	0.61
283	2.115	LK2	356.37	-0.02	-0.05	0.14	-0.55	-2.02
284	0.000	LK2	-1.72	0.26	-7.08	-0.03	2.36	-9.68
285	0.000	LK2	-0.23	-0.03	-0.04	-0.01	17.98	-5.50
286	1.700	LK2	-0.23	-0.03	-0.04	-0.01	17.98	-5.50
287	0.400	LK2	-1.72	0.26	6.97	-0.03	2.54	-8.81
288	2.115	LK2	355.89	-0.02	0.08	-0.20	0.40	-2.02
289	0.000	LK2	1.09	0.11	0.22	-0.02	-0.39	-0.54
290	0.000	LK2	-0.10	0.12	1.64	-0.23	-2.41	0.02
291	0.000	LK2	-331.18	-1.79	9.26	1.96	-11.09	-15.53
292	0.000	LK2	12.02	0.02	0.00	0.00	18.54	0.00
293	0.000	LK2	-0.29	-0.31	-15.21	-0.09	5.92	0.53
294	0.000	LK2	1.17	2.08	18.86	0.04	-5.45	4.06
295	0.000	LK2	-342.16	1.75	9.26	-1.81	-11.16	-8.73
296	2.672	LK2	72.21	-0.20	-0.33	0.10	-0.75	0.19
297	2.672	LK2	34.97	-0.14	-1.82	0.23	-2.37	0.11
298	3.976	LK2	296.27	-1.19	-0.08	0.26	-0.48	1.58
299	0.000	LK2	0.31	0.02	-7.02	-0.05	2.90	-9.31
300	0.000	LK2	0.19	0.00	0.00	-0.03	19.11	-5.55
301	1.700	LK2	0.19	0.00	0.00	-0.03	19.11	-5.55
302	0.400	LK2	0.31	0.02	7.04	-0.05	2.87	-9.25
303	3.976	LK2	296.35	-1.19	0.08	-0.26	0.48	1.58
304	0.000	LK2	-18.47	-0.03	0.25	-0.10	-0.50	-0.37
305	0.000	LK2	-9.79	0.06	1.87	-0.24	-1.95	0.02
306	0.000	LK2	-263.00	-1.52	11.16	0.14	-15.10	-14.85
307	1.700	LK2	8.58	0.00	0.00	0.00	15.36	0.20
308	0.000	LK2	8.58	0.00	0.00	0.00	15.36	0.20
309	0.400	LK2	1.17	2.08	-18.90	0.04	-5.52	-4.68
310	0.000	LK2	-273.83	1.50	11.18	-0.01	-15.19	-9.28
311	1.439	LK2	94.71	0.06	0.09	0.11	-0.08	-0.34
312	2.158	LK2	94.37	-0.02	-0.11	-0.06	-0.08	-0.36
313	0.000	LK2	193.03	1.19	0.08	0.11	-0.27	1.65
314	0.000	LK2	4.27	-0.03	-7.01	-0.06	2.68	-9.42
315	0.000	LK2	2.39	-0.02	0.00	-0.04	18.66	-5.67
316	1.700	LK2	2.39	-0.02	0.00	-0.04	18.66	-5.67
317	0.400	LK2	4.27	-0.02	7.01	-0.06	2.68	-9.50
318	0.000	LK2	192.97	1.19	-0.08	-0.11	0.27	1.66
319	0.000	LK2	-63.50	0.42	0.01	-0.09	-0.08	0.51
320	0.000	LK2	-61.93	-5.96	1.24	-0.64	-5.31	-25.86
321	0.000	LK2	6.73	-0.41	22.05	0.02	-6.97	-1.10
322	1.700	LK2	18.55	0.02	0.01	0.00	17.23	-0.12
323	0.000	LK2	18.55	0.02	0.01	0.00	17.23	-0.12
324	1.967	LK2	-62.28	0.23	-0.13	0.08	0.04	-0.55
325	1.938	LK2	-77.94	5.87	0.21	0.87	-4.15	-25.64
326	0.340	LK2	25.86	-20.72	0.09	0.07	-0.37	4.19
327	0.000	LK2	-6.45	-0.10	-6.30	-0.10	2.34	-9.33
328	0.000	LK2	-3.78	-0.08	-0.03	-0.06	16.65	-5.70
329	1.700	LK2	-3.78	-0.08	-0.03	-0.06	16.65	-5.70
330	0.400	LK2	-6.45	-0.10	6.21	-0.10	2.50	-9.66
331	0.340	LK2	24.29	-19.13	0.21	-0.04	0.67	3.88
332	2.914	LK2	62.02	0.14	2.15	0.00	5.31	-3.50
333	0.000	LK2	-55.82	-3.01	4.56	-0.54	-5.17	-23.32
334	0.000	LK2	2.94	-1.29	-11.62	-0.08	4.82	1.14
335	0.000	LK2	2.94	-1.29	-0.05	-0.08	14.74	-1.05
336	1.700	LK2	0.61	0.32	0.03	-0.08	14.74	-1.05
337	0.000	LK2	116.52	1.85	-0.23	0.57	0.10	2.94
338	0.000	LK2	-107.76	0.21	10.42	2.15	-10.42	-9.69
339	0.000	LK2	-6.11	-2.32	-6.18	-0.08	5.76	-1.52
340	0.000	LK2	-6.11	-2.33	-0.01	-0.08	11.02	-5.48
341	0.000	LK2	-10.61	-3.79	3.07	-0.13	2.75	-15.55
342	0.000	LK2	-10.61	-3.78	3.79	-0.13	1.38	-17.07
343	0.000	LK2	16.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
344	0.000	LK2	7.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
345	0.000	LK2	14.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
346	0.000	LK2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
347	0.000	LK2	8.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
348	0.000	LK2	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
349	0.000	LK2	3.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
350	0.000	LK2	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
351	0.000	LK2	1.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
352	0.000	LK2	6.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
357	0.000	LK2	-57.73	-8.60	-2.88	-0.71	1.07	-16.51
358	1.447	LK2	-68.75	1.60	-3.21	1.25	-3.39	-18.47
359	1.938	LK2	-331.61	-1.28	-11.39	0.32	-14.95	-9.41
360	1.938	LK2	-342.56	1.24	-11.34	-0.20	-14.97	-14.70
361	1.938	LK2	-262.98	-0.83	-9.27	-0.52	-11.04	-10.17
362	1.938	LK2	-273.83	0.83	-9.21	0.67	-11.02	-13.90
363	1.930	LK2	-369.59	0.56	-9.93	-1.70	-11.61	-15.30
364	0.000	LK2	-356.96	-2.68	-9.17	1.59	7.20	-13.89
365	0.400	LK2	0.61	0.32	11.62	-0.08	4.84	-0.51
366	0.000	LK2	-0.10	0.81	-15.39	0.06	6.21	-1.16
367	0.000	LK2	-0.10	0.81	-0.10	0.06	19.37	0.22
368	1.700	LK2	-0.53	0.41	0.00	0.06	19.37	0.22
369	0.400	LK2	-0.53	0.41	15.29	0.06	6.38	0.92
370	0.000	LK2	-0.26	1.06	-15.45	0.05	5.95	-1.63
371	0.000	LK2	-0.26	1.06	-0.16	0.05	19.22	0.17
372	1.700	LK2	-0.62	0.73	-0.08	0.05	19.22	0.17
373	0.400	LK2	-0.62	0.73	15.21	0.05	6.35	1.42

MASSGEBENDE SCHNITTGRÖSSEN STABWEISE

Stab Nr.	x-Stelle [m]	Last-fall	Kräfte [kN] N	V_y	V_z	Momente [kNm] M_T	M_y	M_z	
374	0.400	LK2	-0.55	2.21	-9.36	0.17	-1.93	-4.61	
375	0.000	LK2	0.78	1.04	-0.22	0.05	17.22	0.02	
376	1.700	LK2	0.78	1.04	-0.22	0.05	17.22	0.02	
377	0.400	LK2	-0.43	2.21	6.36	0.17	4.21	3.79	
378	0.865	LK2	310.04	12.68	-1.69	4.04	7.63	-45.31	
379	0.000	LK2	573.02	-4.34	-7.33	-8.21	14.32	-22.54	
380	0.400	LK2	-0.49	0.00	-22.28	0.00	-8.87	0.05	
381	0.000	LK2	5.09	0.42	0.13	0.00	17.34	-0.21	
382	1.700	LK2	5.09	0.42	0.13	0.00	17.34	-0.21	
383	0.000	LK2	-0.49	0.00	22.21	0.00	-8.71	0.07	
384	0.000	LK2	894.88	0.23	-10.46	2.05	14.16	-14.84	
385	0.000	LK2	867.89	2.04	-10.54	-2.01	14.13	-16.16	
386	0.000	LK2	756.98	-0.53	-10.33	-0.10	11.08	-16.84	
387	1.938	LK2	732.80	2.25	-11.70	0.01	-9.72	-20.91	
388	1.938	LK2	605.72	-0.50	-12.58	-1.92	-14.30	-16.55	
389	1.938	LK2	584.43	2.31	-12.53	1.91	-14.26	-21.54	
390	0.000	LK2	578.44	0.92	-8.54	0.52	15.32	-18.13	
391	0.000	LK2	559.99	-1.85	-8.60	-0.57	15.34	-18.28	
392	0.000	LK2	607.29	1.17	-11.37	-1.01	13.39	-17.81	
393	0.000	LK2	587.44	-1.99	-11.42	1.11	13.39	-18.11	
394	1.938	LK2	511.11	2.50	-1.14	-4.75	19.78	-20.87	
395	0.000	LK2	489.70	-3.59	-2.13	4.55	22.91	-17.64	
396	0.000	LK2	437.87	-0.52	-9.52	3.14	14.21	-21.08	
397	0.000	LK2	419.90	-1.37	-9.52	-3.59	14.18	-18.52	
398	1.475	LK2	-23.26	-3.26	-8.47	1.69	-9.15	-17.71	
399	1.475	LK2	-4.15	3.59	-8.45	-1.17	-9.17	-28.05	
400	0.400	LK2	6.73	-0.41	-22.35	0.02	-7.59	0.63	

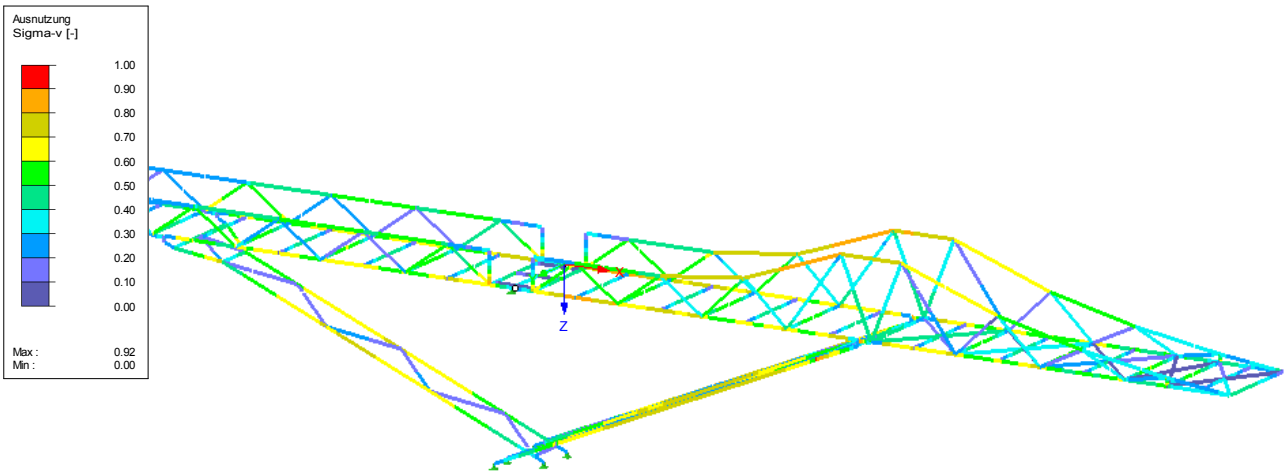
STÜCKLISTE STABWEISE

Position Nr.	Querschnittsbezeichnung	Anzahl Stäbe	Länge [m]	G-Länge [m]	Oberfläche [m^2]	Volumen [m^3]	E-Gewicht [kg/m]	Gewicht [kg]	G-Gewicht [t]
1	3 - QRO 180x10	6	1.40	8.40	5.76	0.05	51.34	71.87	0.431
2	6 - QRO 160x6,3	53	0.40	21.20	13.10	0.08	29.59	11.84	0.627
3	6 - QRO 160x6,3	52	1.70	88.40	54.63	0.33	29.59	50.31	2.616
4	2 - RRO 180x100x5.6	6	1.94	11.63	6.29	0.03	23.00	44.56	0.267
5	4 - RRO 120x60x4	28	2.39	66.93	23.43	0.09	10.60	25.33	0.709
6	1 - QRO 200x6,3	4	1.93	7.72	6.01	0.04	37.52	72.42	0.290
7	21 - Kreis 15	4	2.55	10.20	0.48	0.00	1.39	3.54	0.014
8	21 - Kreis 15	8	2.86	22.86	1.08	0.00	1.39	3.96	0.032
9	18 - KASTEN(B) 220/10/40/	4	0.47	1.88	1.77	0.03	146.01	68.62	0.274
10	2 - RRO 180x100x5.6	10	3.88	38.75	20.96	0.11	23.00	89.13	0.891
11	14 - TO 160/180/12/12/12/1	4	0.40	1.60	1.09	0.01	59.53	23.81	0.095
12	14 - TO 160/180/12/12/12/1	4	1.70	6.80	4.62	0.05	59.53	101.21	0.405
13	13 - KASTEN(B) 220/10/40/	4	0.59	2.36	3.16	0.06	208.81	123.20	0.493
14	15 - Rechteck 80/800	4	0.25	1.00	1.76	0.06	502.40	125.60	0.502
15	17 - Rechteck 80/360	4	0.46	1.84	1.62	0.05	226.08	104.00	0.416
16	18 - KASTEN(B) 220/10/40/	4	0.49	1.96	1.84	0.04	146.01	71.54	0.286
17	25 - TO 300/120/8/8/8/8	4	2.10	8.40	7.06	0.05	50.74	106.56	0.426
18	24 - TO 360/120/8/8/8/8	2	2.06	4.11	3.95	0.03	58.28	119.85	0.240
19	26 - TO 280/80/8/8/8/8	2	1.90	3.79	2.73	0.02	43.21	81.97	0.164
20	19 - QRO 200x10	4	0.86	3.46	2.65	0.03	57.62	49.84	0.199
21	25 - TO 300/120/8/8/8/8	1	1.80	1.80	1.51	0.01	50.74	91.34	0.091
22	9 - TO 460/120/8/8/8/8	36	2.59	93.15	108.05	0.84	70.84	183.29	6.599
23	12 - TO 300/80/8/8/8/8	6	3.15	18.91	14.37	0.11	45.72	144.10	0.865
24	19 - QRO 200x10	24	1.94	46.50	35.62	0.34	57.62	111.64	2.679
25	20 - TO 180/180/10/10/10/1	4	0.40	1.60	1.15	0.01	53.38	21.35	0.085
26	20 - TO 180/180/10/10/10/1	4	1.70	6.80	4.90	0.05	53.38	90.75	0.363
27	16 - Rechteck 80/460	6	0.49	2.96	3.19	0.11	288.88	142.31	0.854
28	7 - IPE 160	6	0.97	5.82	3.63	0.01	15.78	15.31	0.092
29	11 - TS 350/200/20/80/10	4	1.00	4.00	4.40	0.12	238.64	238.64	0.955
30	27 - TO 300/80/8/8/8/8	2	1.03	2.06	1.57	0.01	45.72	47.09	0.094
31	27 - TO 300/80/8/8/8/8	1	1.80	1.80	1.37	0.01	45.72	82.29	0.082
32	12 - TO 300/80/8/8/8/8	12	2.78	33.42	25.40	0.19	45.72	127.32	1.528
33	2 - RRO 180x100x5.6	2	3.90	7.80	4.22	0.02	23.00	89.70	0.179
34	4 - RRO 120x60x4	8	2.67	21.38	7.48	0.03	10.60	28.32	0.227
35	2 - RRO 180x100x5.6	4	4.70	18.80	10.17	0.06	23.00	108.10	0.432
36	5 - RRO 160x90x6.3	4	4.22	16.90	8.08	0.05	22.69	95.82	0.383
37	25 - TO 300/120/8/8/8/8	2	1.03	2.06	1.73	0.01	50.74	52.26	0.105
38	25 - TO 300/120/8/8/8/8	1	2.14	2.14	1.80	0.01	50.74	108.59	0.109
39	19 - QRO 200x10	4	1.93	7.72	5.91	0.06	57.62	111.20	0.445
40	24 - TO 360/120/8/8/8/8	2	1.67	3.34	3.21	0.02	58.28	97.33	0.195
41	26 - TO 280/80/8/8/8/8	2	1.96	3.92	2.83	0.02	43.21	84.78	0.170
42	26 - TO 280/80/8/8/8/8	2	1.98	3.97	2.86	0.02	43.21	85.69	0.171
43	5 - RRO 160x90x6.3	4	3.68	14.72	7.04	0.04	22.69	83.48	0.334
44	2 - RRO 180x100x5.6	2	2.76	5.53	2.99	0.02	23.00	63.60	0.127
45	1 - QRO 200x6,3	4	1.48	5.90	4.59	0.03	37.52	55.35	0.221
46	1 - QRO 200x6,3	10	1.94	19.38	15.07	0.09	37.52	72.70	0.727
47	2 - RRO 180x100x5.6	2	3.98	7.95	4.30	0.02	23.00	91.45	0.183
48	4 - RRO 120x60x4	4	2.16	8.63	3.02	0.01	10.60	22.87	0.091
49	2 - RRO 180x100x5.6	2	3.92	7.85	4.24	0.02	23.00	90.22	0.180
50	4 - RRO 120x60x4	2	1.97	3.93	1.38	0.01	10.60	20.85	0.042
51	4 - RRO 120x60x4	2	0.34	0.68	0.24	0.00	10.60	3.60	0.007
52	2 - RRO 180x100x5.6	2	2.91	5.83	3.15	0.02	23.00	67.02	0.134
53	1 - QRO 200x6,3	4	1.45	5.79	4.50	0.03	37.52	54.30	0.217
54	21 - Kreis 15	2	5.71	11.43	0.54	0.00	1.39	7.93	0.016
55	21 - Kreis 15	2	4.63	9.25	0.44	0.00	1.39	6.42	0.013
Summe		390		726.99	468.93	3.61			28.375

STAHL - STÄBE SIGMA-V, FA1

STAHL FA1
Sigma-v

Isometrie



Max Sigma-v: 0.92, Min Sigma-v: 0.00

KAPPA
FA1
Biegeknicknachweis

BASISANGABEN

Zu bemessende Stäbe: Alle
Zu bemessende Stabsätze: Alle

Zu bemessende Lastfallkombinationen: LK2 Maßgebende Lastfallkombination

DETAILS

Bemessungsmethode nach DIN 18800: Nachweismethode 1 nach El. (321)
Nachweisverfahren: Elastisch-Plastisch nach DIN 18800
Überprüfung von grenz (c/t) ☒

MATERIALIEN

Material Nr.	Material-Bezeichnung	E-Modul E [N/mm^2]	Schubmodul G [N/mm^2]	Querdehnzahl Mue [-]	Streckgrenze f-yk [N/mm^2]	Max. Bauteildicke t [mm]
1	Baustahl S 235	210000.000	81000.000	0.300	240.000	40.000
					215.000	100.000
2	Baustahl S 235 J2 G3	210000.000	81000.000	0.300	235.000	3.000
					235.000	16.000
					225.000	40.000
					215.000	100.000
					195.000	150.000
					185.000	200.000
					175.000	250.000

QUERSCHNITTE

Querschn. Nr	Material Nr.	Querschnitts-bezeichnung	Anmerkung
1	2	QRO 200x6,3	
2	2	RRO 180x100x5.6	
3	2	QRO 180x10	
4	2	RRO 120x60x4	
5	2	RRO 160x90x6.3	
6	2	QRO 160x6,3	
7	2	IPE 160	
9	2	TO 460/120/8/8/8/8	
11	2	TS 350/200/20/80/10	101: Querschnitt des Typs 'Allgemein' -> Interaktionsloser Nachweis
12	2	TO 300/80/8/8/8/8	
13	2	KASTEN(B) 220/10/40/300/120/10/150/5/5	101: Querschnitt des Typs 'Allgemein' -> Interaktionsloser Nachweis
14	2	TO 160/180/12/12/12/12	
15	2	Rechteck 80/800	
16	2	Rechteck 80/460	
17	2	Rechteck 80/360	
18	2	KASTEN(B) 220/10/40/200/120/10/50/5/5	101: Querschnitt des Typs 'Allgemein' -> Interaktionsloser Nachweis
19	2	QRO 200x10	
20	2	TO 180/180/10/10/10/10	
21	2	Kreis 15	
24	2	TO 360/120/8/8/8/8	
25	2	TO 300/120/8/8/8/8	
26	1	TO 280/80/8/8/8/8	
27	1	TO 300/80/8/8/8/8	

NACHWEISE QUERSCHNITTSWEISE

Stab Nr.	Stelle x [mm]	Last-fall	Nachweis-kriterium	Kommentar zur Nachweisart
Querschnitt 1 - QRO 200x6,3				
279	0.000	LG113	**0.772**	1) Nachweis nach Gl. (28) erbracht

Querschnittsmaße QRO 200x6,3

b	200.0	mm	h	200.0	mm	t	6.3	mm

Querschnittswerte QRO 200x6,3

A	47.80	cm^2	$\alpha_{pl,y}$	1.16		$W_{pl,z}$	344.59	cm^3
I_y	2960.00	cm^4	KSL_y	a		$\alpha_{pl,z}$	1.16	
W_y	296.00	cm^3	I_z	2960.00	cm^4	KSL_z	a	
$W_{pl,y}$	344.59	cm^3	W_z	296.00	cm^3			

Schnittgrößen

N_d	-355.82	kN	$M_{y,d,End}$	5.14	kNm	$M_{z,d,Anf}$	-18.86	kNm
$M_{T,d}$	4.16	kNm	$M_{y,d,max}$	5.14	kNm	$M_{z,d,End}$	-15.00	kNm
$V_{z,d}$	11.88	kN	$x_{My,d,max}$	1.475	m	$M_{z,d,max}$	-15.00	kNm
$VT_{z,d}$	24.53	kN	$V_{y,d}$	-2.36	kN	$x_{Mz,d,max}$	1.475	m
$M_{y,d}$	-12.27	kNm	$VT_{y,d}$	24.53	kN			
$M_{y,d,Anf}$	-12.27	kNm	$M_{z,d}$	-18.86	kNm			

Plastische Grenzschnittgrößen

$N_{pl,k}$	1123.30	kN	Δ_{VTz}	0.111	≤ 0.33	$V_{pl,y,d}$	301.03	kN
$N_{pl,d}$	1021.18	kN	$M_{pl,y,k}$	80.98	kNm	Δ_{VTy}	0.081	≤ 0.25
$V_{pl,z,k}$	331.14	kN	$M_{pl,y,d}$	73.62	kNm	$M_{pl,z,k}$	80.98	kNm
$V_{pl,z,d}$	301.03	kN	$V_{pl,y,k}$	331.14	kN	$M_{pl,z,d}$	73.62	kNm

Abminderungsfaktor Kappa

$s_{K,y}$	1.475	m	κ_y	1.000		α_z	0.210	
$N_{Ki,y,k}$	28198.50	kN	$s_{K,z}$	1.475	m	κ_z	1.000	
$\lambda_{K,y\ quer}$	0.200	< 0.2	$N_{Ki,z,k}$	28198.50	kN	κ	1.000	
KSL_y	a		$\lambda_{K,z\ quer}$	0.200	< 0.2			
α_y	0.210		KSL_z	a				

Beiwerte k-y und k-z

NACHWEISE QUERSCHNITTSWEISE

Stab Nr.	Stelle x [mm]	Last-fall	Nachweis-kriterium	Kommentar zur Nachweisart

	ψ_y	-0.419		ψ_z	0.795		$M_{Q,z}$	0.08	kNm	
	$\beta_{M,\psi,y}$	2.093		$\beta_{M,\psi,z}$	1.243		$\Delta_{M,z}$	18.86	kNm	
	Q-Last z	☐		Q-Last y	☒		$\beta_{M,z}$	1.244		
	a_y	0.2015	≤ 0.8	E-Last y	☐		a_z	-0.1378		≤ 0.8
	k_y	0.930	≤ 1.5	$\beta_{M,Q,z}$	1.300		k_z	1.048		≤ 1.5
	Nachweis									
	D_N	0.348		$D_{M,z}$	0.268					
	$D_{M,y}$	0.155		D_{NM}	0.772	< 1.0				
	Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 3									
	Typ	Beidseitig		t	6.3	mm	grenz	37.392		
	b	174.8	mm	α	1.000		vorh	27.746		< 37.392

Querschnitt 2 - RRO 180x100x5.6

76	1743.750	LG114	**0.838**	1) Nachweis nach Gl. (28) erbracht						
	Querschnittsmaße RRO 180x100x5.6									
	b	100.0	mm	h	180.0	mm	t	5.6	mm	
	Querschnittswerte RRO 180x100x5.6									
	A	29.30	cm^2	$\alpha_{pl,y}$	1.24		$W_{pl,z}$	113.28	cm^3	
	I_y	1240.00	cm^4	KSL_y	a		$\alpha_{pl,z}$	1.14		
	W_y	137.00	cm^3	I_z	496.00	cm^4	KSL_z	a		
	$W_{pl,y}$	170.26	cm^3	W_z	99.10	cm^3				
	Schnittgrößen									
	N_d	-261.44	kN	$M_{y,d,End}$	0.45	kNm	$M_{z,d,Anf}$	-2.16	kNm	
	$M_{T,d}$	-0.09	kNm	$M_{y,d,max}$	0.53	kNm	$M_{z,d,End}$	-1.90	kNm	
	$V_{z,d}$	0.03	kN	$x_{My,d,max}$	2.131	m	$M_{z,d,min}$	-3.05	kNm	
	$VT_{z,d}$	0.57	kN	$V_{y,d}$	0.04	kN	$x_{Mz,d,min}$	1.744	m	
	$M_{y,d}$	0.53	kNm	$VT_{y,d}$	0.57	kN				
	$M_{y,d,Anf}$	0.40	kNm	$M_{z,d}$	-3.05	kNm				
	Plastische Grenzschnittgrößen									
	$N_{pl,k}$	688.55	kN	Δ_{VTz}	0.004	≤ 0.33	$V_{pl,y,d}$	130.41	kN	
	$N_{pl,d}$	625.95	kN	$M_{pl,y,k}$	40.01	kNm	Δ_{VTy}	0.004		≤ 0.25
	$V_{pl,z,k}$	265.02	kN	$M_{pl,y,d}$	36.37	kNm	$M_{pl,z,k}$	26.62	kNm	
	$V_{pl,z,d}$	240.92	kN	$V_{pl,y,k}$	143.45	kN	$M_{pl,z,d}$	24.20	kNm	
	Abminderungsfaktor Kappa									
	$s_{K,y}$	3.875	m	κ_y	0.877		α_z	0.210		
	$N_{Ki,y,k}$	1711.58	kN	$s_{K,z}$	3.875	m	κ_z	0.664		
	$\lambda_{K,y\ quer}$	0.634		$N_{Ki,z,k}$	684.63	kN	κ	0.664		
	KSL_y	a		$\lambda_{K,z\ quer}$	1.003					
	α_y	0.210		KSL_z	a					
	Beiwerte k-y und k-z									
	ψ_y	0.886		$\beta_{M,y}$	1.204		$\beta_{M,Q,z}$	1.300		
	$\beta_{M,\psi,y}$	1.180		a_y	-0.7673	≤ 0.8	$M_{Q,z}$	1.02	kNm	
	Q-Last z	☒		k_y	1.366	≤ 1.5	$\Delta_{M,z}$	3.05	kNm	
	E-Last z	☐		ψ_z	0.882		$\beta_{M,z}$	1.222		
	$\beta_{M,Q,y}$	1.300		$\beta_{M,\psi,z}$	1.183		a_z	-1.4173		≤ 0.8
	$M_{Q,y}$	0.11	kNm	Q-Last y	☒		k_z	1.500		≤ 1.5
	$\Delta_{M,y}$	0.53	kNm	E-Last y	☐					
	Nachweis									
	D_N	0.629		$D_{M,z}$	0.189					
	$D_{M,y}$	0.020		D_{NM}	0.838	< 1.0				
	Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 3									
	Typ	Beidseitig		t	5.6	mm	grenz	37.392		
	b	157.6	mm	α	1.000		vorh	28.143		< 37.392

Querschnitt 3 - QRO 180x10

117	1400.000	LG103	**0.750**	1) Nachweis nach Gl. (28) erbracht						
	Querschnittsmaße QRO 180x10									
	b	180.0	mm	h	180.0	mm	t	10.0	mm	
	Querschnittswerte QRO 180x10									
	A	65.40	cm^2	$\alpha_{pl,y}$	1.20		$W_{pl,z}$	411.31	cm^3	
	I_y	3090.00	cm^4	KSL_y	a		$\alpha_{pl,z}$	1.20		
	W_y	343.00	cm^3	I_z	3090.00	cm^4	KSL_z	a		
	$W_{pl,y}$	411.31	cm^3	W_z	343.00	cm^3				
	Schnittgrößen									
	N_d	-4.60	kN	$M_{y,d}$	63.86	kNm	$VT_{y,d}$	10.43	kN	
	$M_{T,d}$	-1.50	kNm	$M_{y,d,Anf}$	-5.18	kNm	$M_{z,d}$	-1.74	kNm	
	$V_{z,d}$	49.29	kN	$M_{y,d,End}$	63.86	kNm	$M_{z,d,Anf}$	-0.41	kNm	
	$VT_{z,d}$	10.43	kN	$V_{y,d}$	1.04	kN	$M_{z,d,End}$	-1.74	kNm	
	Plastische Grenzschnittgrößen									
	$N_{pl,k}$	1536.90	kN	Δ_{VTz}	0.139	≤ 0.33	$V_{pl,y,d}$	419.37	kN	
	$N_{pl,d}$	1397.18	kN	$M_{pl,y,k}$	96.66	kNm	Δ_{VTy}	0.025		≤ 0.25
	$V_{pl,z,k}$	461.30	kN	$M_{pl,y,d}$	87.87	kNm	$M_{pl,z,k}$	96.66	kNm	
	$V_{pl,z,d}$	419.37	kN	$V_{pl,y,k}$	461.30	kN	$M_{pl,z,d}$	87.87	kNm	
	Abminderungsfaktor Kappa									
	$s_{K,y}$	1.400	m	κ_y	0.996		α_z	0.210		
	$N_{Ki,y,k}$	32675.40	kN	$s_{K,z}$	1.400	m	κ_z	0.996		
	$\lambda_{K,y\ quer}$	0.217		$N_{Ki,z,k}$	32675.40	kN	κ	0.996		
	KSL_y	a		$\lambda_{K,z\ quer}$	0.217					
	α_y	0.210		KSL_z	a					
	Beiwerte k-y und k-z									
	ψ_y	-0.081		ψ_z	0.236		$M_{Q,z}$	0.03	kNm	
	$\beta_{M,\psi,y}$	1.857		$\beta_{M,\psi,z}$	1.635		$\Delta_{M,z}$	1.74	kNm	
	Q-Last z	☐		Q-Last y	☒		$\beta_{M,z}$	1.629		
	a_y	0.1370	≤ 0.8	E-Last y	☐		a_z	0.0381		≤ 0.8
	k_y	1.000	≤ 1.5	$\beta_{M,Q,z}$	1.300		k_z	1.000		≤ 1.5
	Nachweis									
	D_N	0.003		$D_{M,z}$	0.020					
	$D_{M,y}$	0.726		D_{NM}	0.750	< 1.0				
	Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 1									
	Typ	Beidseitig		t	10.0	mm	grenz	37.392		
	b	140.0	mm	α	1.000		vorh	14.000		< 37.392

Querschnitt 4 - RRO 120x60x4

34	0.000	LG114	**0.889**	1) Nachweis nach Gl. (28) erbracht						
	Querschnittsmaße RRO 120x60x4									
	b	60.0	mm	h	120.0	mm	t	4.0	mm	
	Querschnittswerte RRO 120x60x4									

NACHWEISE QUERSCHNITTSWEISE

Stab Nr.	Stelle x [mm]	Last-fall	Nachweis-kriterium	Kommentar zur Nachweisart

	A	13.50	cm^2	$\alpha_{pl,y}$	1.25		$W_{pl,z}$	31.57	cm^3	
	I_y	247.00	cm^4	KSL_y	a		$\alpha_{pl,z}$	1.14		
	W_y	41.10	cm^3	I_z	82.70	cm^4	KSL_z	a		
	$W_{pl,y}$	51.47	cm^3	W_z	27.60	cm^3				
	Schnittgrößen									
	N_d	-122.95	kN	$M_{y,d,Anf}$	1.44	kNm	$M_{z,d,Anf}$	-0.47	kNm	
	$M_{T,d}$	0.08	kNm	$M_{y,d,End}$	-0.23	kNm	$M_{z,d,End}$	-0.19	kNm	
	$V_{z,d}$	-0.39	kN	$V_{y,d}$	0.14	kN	$M_{z,d,min}$	-0.51	kNm	
	$VT_{z,d}$	0.83	kN	$VT_{y,d}$	0.83	kN	$x_{Mz,d,min}$	0.598	m	
	$M_{y,d}$	1.44	kNm	$M_{z,d}$	-0.47	kNm				
	Plastische Grenzschnittgrößen									
	$N_{pl,k}$	317.25	kN	Δ_{VTz}	0.015	≤ 0.33	$V_{pl,y,d}$	55.26	kN	
	$N_{pl,d}$	288.41	kN	$M_{pl,y,k}$	12.10	kNm	Δ_{VTy}	0.015	≤ 0.25	
	$V_{pl,z,k}$	125.91	kN	$M_{pl,y,d}$	11.00	kNm	$M_{pl,z,k}$	7.42	kNm	
	$V_{pl,z,d}$	114.46	kN	$V_{pl,y,k}$	60.78	kN	$M_{pl,z,d}$	6.74	kNm	
	Abminderungsfaktor Kappa									
	$s_{K,y}$	2.390	m	κ_y	0.892		α_z	0.210		
	$N_{Ki,y,k}$	895.95	kN	$s_{K,z}$	2.390	m	κ_z	0.646		
	$\lambda_{K,y\ quer}$	0.595		$N_{Ki,z,k}$	299.98	kN	κ	0.646		
	KSL_y	a		$\lambda_{K,z\ quer}$	1.028					
	α_y	0.210		KSL_z	a					
	Beiwerte k-y und k-z									
	ψ_y	-0.158		$\beta_{M,y}$	1.861		$\beta_{M,Q,z}$	1.300		
	$\beta_{M,\psi,y}$	1.910		a_y	0.0873	≤ 0.8	$M_{Q,z}$	0.14	kNm	
	Q-Last z	☒		k_y	0.958	≤ 1.5	$\Delta_{M,z}$	0.51	kNm	
	E-Last z	☐		ψ_z	0.401		$\beta_{M,z}$	1.458		
	$\beta_{M,Q,y}$	1.300		$\beta_{M,\psi,z}$	1.519		a_z	-0.9701	≤ 0.8	
	$M_{Q,y}$	0.13	kNm	Q-Last y	☒		k_z	1.500	≤ 1.5	
	$\Delta_{M,y}$	1.67	kNm	E-Last y	☐					
	Nachweis									
	D_N	0.660		$D_{M,z}$	0.104					
	$D_{M,y}$	0.125		D_{NM}	0.889	< 1.0				
	Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 3									
	Typ	Beidseitig		t	4.0	mm	grenz	37.392		
	b	108.8	mm	α	1.000		vorh	27.200	< 37.392	

Querschnitt 5 - RRO 160x90x6.3

253 | 3679.590 | LG113 | **0.650** | 1) Nachweis nach Gl. (28) erbracht

	Querschnittsmaße RRO 160x90x6.3									
	b	90.0	mm	h	160.0	mm	t	6.3	mm	
	Querschnittswerte RRO 160x90x6.3									
	A	28.90	cm^2	$\alpha_{pl,y}$	1.25		$W_{pl,z}$	98.76	cm^3	
	I_y	943.00	cm^4	KSL_y	a		$\alpha_{pl,z}$	1.16		
	W_y	118.00	cm^3	I_z	383.00	cm^4	KSL_z	a		
	$W_{pl,y}$	147.53	cm^3	W_z	85.10	cm^3				
	Schnittgrößen									
	N_d	-177.91	kN	$M_{y,d,Anf}$	-1.11	kNm	$M_{z,d,Anf}$	-1.58	kNm	
	$M_{T,d}$	0.06	kNm	$M_{y,d,End}$	3.12	kNm	$M_{z,d,End}$	-1.26	kNm	
	$V_{z,d}$	0.82	kN	$V_{y,d}$	-0.27	kN	$M_{z,d,min}$	-1.66	kNm	
	$VT_{z,d}$	0.70	kN	$VT_{y,d}$	0.70	kN	$x_{Mz,d,min}$	1.104	m	
	$M_{y,d}$	3.12	kNm	$M_{z,d}$	-1.26	kNm				
	Plastische Grenzschnittgrößen									
	$N_{pl,k}$	679.15	kN	Δ_{VTz}	0.007	≤ 0.33	$V_{pl,y,d}$	130.08	kN	
	$N_{pl,d}$	617.41	kN	$M_{pl,y,k}$	34.67	kNm	Δ_{VTy}	0.005	≤ 0.25	
	$V_{pl,z,k}$	262.76	kN	$M_{pl,y,d}$	31.52	kNm	$M_{pl,z,k}$	23.21	kNm	
	$V_{pl,z,d}$	238.87	kN	$V_{pl,y,k}$	143.09	kN	$M_{pl,z,d}$	21.10	kNm	
	Abminderungsfaktor Kappa									
	$s_{K,y}$	3.680	m	κ_y	0.854		α_z	0.210		
	$N_{Ki,y,k}$	1443.55	kN	$s_{K,z}$	3.680	m	κ_z	0.612		
	$\lambda_{K,y\ quer}$	0.686		$N_{Ki,z,k}$	586.30	kN	κ	0.612		
	KSL_y	a		$\lambda_{K,z\ quer}$	1.076					
	α_y	0.210		KSL_z	a					
	Beiwerte k-y und k-z									
	ψ_y	-0.357		$\beta_{M,y}$	2.013		$\beta_{M,Q,z}$	1.300		
	$\beta_{M,\psi,y}$	2.050		a_y	0.2677	≤ 0.8	$M_{Q,z}$	0.21	kNm	
	Q-Last z	☒		k_y	0.910	≤ 1.5	$\Delta_{M,z}$	1.66	kNm	
	E-Last z	☐		ψ_z	0.799		$\beta_{M,z}$	1.248		
	$\beta_{M,Q,y}$	1.300		$\beta_{M,\psi,z}$	1.241		a_z	-1.4575	≤ 0.8	
	$M_{Q,y}$	0.21	kNm	Q-Last y	☒		k_z	1.500	≤ 1.5	
	$\Delta_{M,y}$	4.23	kNm	E-Last y	☐					
	Nachweis									
	D_N	0.471		$D_{M,z}$	0.090					
	$D_{M,y}$	0.090		D_{NM}	0.650	< 1.0				
	Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 3									
	Typ	Beidseitig		t	6.3	mm	grenz	37.392		
	b	134.8	mm	α	1.000		vorh	21.397	< 37.392	

Querschnitt 6 - QRO 160x6,3

73 | 1700.000 | LG113 | **0.534** | 1) Nachweis nach Gl. (28) erbracht

	Querschnittsmaße QRO 160x6,3									
	b	160.0	mm	h	160.0	mm	t	6.3	mm	
	Querschnittswerte QRO 160x6,3									
	A	37.70	cm^2	$\alpha_{pl,y}$	1.18		$W_{pl,z}$	215.31	cm^3	
	I_y	1460.00	cm^4	KSL_y	a		$\alpha_{pl,z}$	1.18		
	W_y	183.00	cm^3	I_z	1460.00	cm^4	KSL_z	a		
	$W_{pl,y}$	215.31	cm^3	W_z	183.00	cm^3				
	Schnittgrößen									
	N_d	-0.24	kN	$M_{y,d}$	18.88	kNm	$VT_{y,d}$	0.43	kN	
	$M_{T,d}$	0.01	kNm	$M_{y,d,Anf}$	5.95	kNm	$M_{z,d}$	-5.69	kNm	
	$V_{z,d}$	-0.04	kN	$M_{y,d,End}$	18.88	kNm	$M_{z,d,Anf}$	-5.12	kNm	
	$VT_{z,d}$	0.43	kN	$V_{y,d}$	0.33	kN	$M_{z,d,End}$	-5.69	kNm	
	Plastische Grenzschnittgrößen									
	$N_{pl,k}$	885.95	kN	Δ_{VTz}	0.001	≤ 0.33	$V_{pl,y,d}$	238.87	kN	
	$N_{pl,d}$	805.41	kN	$M_{pl,y,k}$	50.60	kNm	Δ_{VTy}	0.002	≤ 0.25	
	$V_{pl,z,k}$	262.76	kN	$M_{pl,y,d}$	46.00	kNm	$M_{pl,z,k}$	50.60	kNm	
	$V_{pl,z,d}$	238.87	kN	$V_{pl,y,k}$	262.76	kN	$M_{pl,z,d}$	46.00	kNm	
	Abminderungsfaktor Kappa									

NACHWEISE QUERSCHNITTSWEISE

Stab Nr.	Stelle x [mm]	Last-fall	Nachweis-kriterium	Kommentar zur Nachweisart

	$s_{K,y}$	1.700	m	κ_y	0.980		α_z	0.210		
	$N_{Ki,y,k}$	10470.70	kN	$s_{K,z}$	1.700	m	κ_z	0.980		
	$\lambda_{K,y\ quer}$	0.291		$N_{Ki,z,k}$	10470.70	kN	κ	0.980		
	KSL_y	a		$\lambda_{K,z\ quer}$	0.291					
	α_y	0.210		KSL_z	a					
	Beiwerte k-y und k-z									
	ψ_y	0.315		$M_{Q,y}$	3.25	kNm	ψ_z	0.901		
	$\beta_{M,\psi,y}$	1.579		$\Delta_{M,y}$	18.88	kNm	$\beta_{M,\psi,z}$	1.169		
	Q-Last z	☒		$\beta_{M,y}$	1.531		Q-Last y	☐		
	E-Last z	☐		a_y	-0.0961	≤ 0.8	a_z	-0.3066	≤ 0.8	
	$\beta_{M,Q,y}$	1.300		k_y	1.000	≤ 1.5	k_z	1.000	≤ 1.5	
	Nachweis									
	D_N	0.000		$D_{M,z}$	0.124					
	$D_{M,y}$	0.411		D_{NM}	0.534	< 1.0				
	Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 3									
	Typ	Beidseitig		t	6.3	mm	grenz	37.392		
	b	134.8	mm	α	1.000		vorh	21.397	< 37.392	
Querschnitt 7 - IPE 160										
126	0.000	LG107	**0.147**	2) Nachweis nach Gl. (3) und Gl. (24) erbracht						
	Querschnittsmaße IPE 160									
	b	82.0	mm	s	5.0	mm				
	t	7.4	mm	h	160.0	mm				
	Querschnittswerte IPE 160									
	A	20.10	cm^2	I_y	869.00	cm^4	I_z	68.30	cm^4	
	$\Delta_{A,St}$	0.36	> 0.18	KSL_y	a		KSL_z	b		
	Schnittgrößen									
	N_d	0.00	kN	$M_{y,d}$	-3.88	kNm	$M_{y,d,End}$	0.00	kNm	
	$V_{z,d}$	8.00	kN	$M_{y,d,Anf}$	-3.88	kNm				
	Plastische Grenzschnittgrößen									
	$N_{pl,k}$	472.35	kN	$V_{pl,z,d}$	94.11	kN	$M_{pl,y,d}$	26.45	kNm	
	$N_{pl,d}$	429.41	kN	Δ_{Vz}	0.085	≤ 0.33				
	$V_{pl,z,k}$	103.52	kN	$M_{pl,y,k}$	29.09	kNm				
	Abminderungsfaktor Kappa									
	$s_{K,y}$	0.970	m	κ_y	1.000		α_z	0.340		
	$N_{Ki,y,k}$	19142.40	kN	$s_{K,z}$	0.970	m	κ_z	0.856		
	$\lambda_{K,y\ quer}$	0.157	< 0.2	$N_{Ki,z,k}$	1504.51	kN	κ	0.856		
	KSL_y	a		$\lambda_{K,z\ quer}$	0.560					
	α_y	0.210		KSL_z	b					
	Beiwert Beta-m,y									
	u	☒		$\beta_{m,y}$	1.000					
	Nachweis									
	D_N	0.000	< 1.0	$D_{M,y}$	0.147		D_{NM}	0.147	< 1.0	
	$D_{N,y}$	0.000	< 0.1	Δ_n	0.000	≤ 0.1				
	Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 2									
	Typ	Einseitig		t	7.4	mm	grenz	11.116		
	b	29.5	mm	α	1.000		vorh	3.986	< 11.116	
Querschnitt 9 - TO 460/120/8/8/8/8										
195	0.000	LG113	**0.753**	1) Nachweis nach Gl. (28) erbracht						
	Querschnittsmaße TO 460/120/8/8/8/8									
	b	120.0	mm	h	460.0	mm	t	8.0	mm	
	Querschnittswerte TO 460/120/8/8/8/8									
	A	90.24	cm^2	$\alpha_{pl,y}$	1.31		$W_{pl,z}$	455.42	cm^3	
	I_y	21478.10	cm^4	KSL_y	a		$\alpha_{pl,z}$	1.11		
	W_y	933.83	cm^3	I_z	2462.00	cm^4	KSL_z	a		
	$W_{pl,y}$	1222.46	cm^3	W_z	410.33	cm^3				
	Schnittgrößen									
	N_d	-556.17	kN	$M_{y,d,Anf}$	76.21	kNm	$VT_{y,d}$	3.09	kN	
	$M_{T,d}$	1.17	kNm	$M_{y,d,End}$	73.78	kNm	$M_{z,d}$	-11.48	kNm	
	$V_{z,d}$	1.54	kN	$M_{y,d,max}$	76.83	kNm	$M_{z,d,Anf}$	-11.48	kNm	
	$VT_{z,d}$	3.09	kN	$x_{My,d,max}$	0.776	m	$M_{z,d,End}$	-9.93	kNm	
	$M_{y,d}$	76.21	kNm	$V_{y,d}$	-0.45	kN				
	Plastische Grenzschnittgrößen									
	$N_{pl,k}$	2120.64	kN	Δ_{VTz}	0.013	≤ 0.33	$V_{pl,y,d}$	221.03	kN	
	$N_{pl,d}$	1927.85	kN	$M_{pl,y,k}$	287.28	kNm	Δ_{VTy}	0.014	≤ 0.25	
	$V_{pl,z,k}$	981.22	kN	$M_{pl,y,d}$	261.16	kNm	$M_{pl,z,k}$	107.02	kNm	
	$V_{pl,z,d}$	892.02	kN	$V_{pl,y,k}$	243.13	kN	$M_{pl,z,d}$	97.30	kNm	
	Abminderungsfaktor Kappa									
	$s_{K,y}$	2.587	m	κ_y	1.000		α_z	0.210		
	$N_{Ki,y,k}$	66489.60	kN	$s_{K,z}$	2.587	m	κ_z	0.916		
	$\lambda_{K,y\ quer}$	0.179	< 0.2	$N_{Ki,z,k}$	7621.62	kN	κ	0.916		
	KSL_y	a		$\lambda_{K,z\ quer}$	0.527					
	α_y	0.210		KSL_z	a					
	Beiwerte k-y und k-z									
	ψ_y	0.968		$\beta_{M,y}$	1.126		$\beta_{M,Q,z}$	1.300		
	$\beta_{M,\psi,y}$	1.122		a_y	-0.0031	≤ 0.8	$M_{Q,z}$	0.07	kNm	
	Q-Last z	☒		k_y	1.001	≤ 1.5	$\Delta_{M,z}$	11.48	kNm	
	E-Last z	☐		ψ_z	0.865		$\beta_{M,z}$	1.195		
	$\beta_{M,Q,y}$	1.300		$\beta_{M,\psi,z}$	1.194		a_z	-0.7393	≤ 0.8	
	$M_{Q,y}$	1.60	kNm	Q-Last y	☒		k_z	1.233	≤ 1.5	
	$\Delta_{M,y}$	76.83	kNm	E-Last y	☐					
	Nachweis									
	D_N	0.315		$D_{M,z}$	0.145					
	$D_{M,y}$	0.292		D_{NM}	0.753	< 1.0				
	Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 1									
	Typ	Beidseitig		t	8.0	mm	grenz	37.392		
	b	104.0	mm	α	1.000		vorh	13.000	< 37.392	
Querschnitt 11 - TS 350/200/20/80/10										
128	0.000	LG101	**0.000**	5) Druckfrei -> kein Biegeknicknachweis erforderlich						
	Querschnittswerte TS 350/200/20/80/10									
	A	304.00	cm^2	$W_{pl,y}$	2828.00	cm^3	$W_{z,min}$	-274.13	cm^3	
	A_y	148.65	cm^2	$\alpha_{pl,y}$	1.54		$W_{z,max}$	274.13	cm^3	
	I_y	34609.50	cm^4	KSL_y	c		$W_{pl,z}$	728.00	cm^3	
	$W_{y,min}$	-2136.74	cm^3	A_z	227.72	cm^2	$\alpha_{pl,z}$	2.66		
	$W_{y,max}$	1840.67	cm^3	I_z	2741.33	cm^4	KSL_z	c		

NACHWEISE QUERSCHNITTSWEISE

Stab Nr.	Stelle x [mm]	Last-fall	Nachweis-kriterium	Kommentar zur Nachweisart

Schnittgrößen

N_d	370.18 kN	$M_{y,d,Anf}$	86.09 kNm	$M_{z,d}$	0.13 kNm
$V_{z,d}$	-84.76 kN	$M_{y,d,End}$	-0.12 kNm	$M_{z,d,Anf}$	0.13 kNm
$M_{y,d}$	86.09 kNm	$V_{y,d}$	3.09 kN	$M_{z,d,End}$	-2.98 kNm

Querschnitt 12 - TO 300/80/8/8/8/8

210 | 0.000 | LG113 | **0.275** | 1) Nachweis nach Gl. (28) erbracht

Querschnittsmaße TO 300/80/8/8/8/8

b	80.0 mm	h	300.0 mm	t	8.0 mm

Querschnittswerte TO 300/80/8/8/8/8

A	58.24 cm^2	$\alpha_{pl,y}$	1.32		$W_{pl,z}$	189.18 cm^3
I_y	5783.30 cm^4	KSL_y	a		$\alpha_{pl,z}$	1.15
W_y	385.55 cm^3	I_z	659.59 cm^4		KSL_z	a
$W_{pl,y}$	509.50 cm^3	W_z	164.90 cm^3			

Schnittgrößen

N_d	-31.14 kN	$M_{y,d}$	11.83 kNm	$VT_{y,d}$	10.12 kN
$M_{T,d}$	-2.44 kNm	$M_{y,d,Anf}$	11.83 kNm	$M_{z,d}$	-5.30 kNm
$V_{z,d}$	-0.30 kN	$M_{y,d,End}$	8.70 kNm	$M_{z,d,Anf}$	-5.30 kNm
$VT_{z,d}$	10.12 kN	$V_{y,d}$	-1.51 kN	$M_{z,d,End}$	-0.54 kNm

Plastische Grenzschnittgrößen

$N_{pl,k}$	1368.64 kN	Δ_{VTz}	0.059	≤ 0.33	$V_{pl,y,d}$	142.09 kN
$N_{pl,d}$	1244.22 kN	$M_{pl,y,k}$	119.73 kNm		Δ_{VTy}	0.071	≤ 0.25
$V_{pl,z,k}$	633.88 kN	$M_{pl,y,d}$	108.85 kNm		$M_{pl,z,k}$	44.46 kNm
$V_{pl,z,d}$	576.26 kN	$V_{pl,y,k}$	156.30 kN		$M_{pl,z,d}$	40.42 kNm

Abminderungsfaktor Kappa

$s_{K,y}$	2.785 m	κ_y	0.978		α_z	0.210	
$N_{Ki,y,k}$	15454.50 kN	$s_{K,z}$	2.785 m		κ_z	0.746	
$\lambda_{K,y\ quer}$	0.298	$N_{Ki,z,k}$	1762.60 kN		κ	0.746	
KSL_y	a	$\lambda_{K,z\ quer}$	0.881				
α_y	0.210	KSL_z	a				

Beiwerte k-y und k-z

ψ_y	0.735	$\beta_{M,y}$	1.286		$\beta_{M,Q,z}$	1.300	
$\beta_{M,\psi,y}$	1.285	a_y	-0.1035	≤ 0.8	$M_{Q,z}$	0.12 kNm
Q-Last z	☒	k_y	1.003	≤ 1.5	$\Delta_{M,z}$	5.30 kNm
E-Last z	☐	ψ_z	0.102		$\beta_{M,z}$	1.719	
$\beta_{M,Q,y}$	1.300	$\beta_{M,\psi,z}$	1.729		a_z	-0.3481	≤ 0.8
$M_{Q,y}$	0.58 kNm	Q-Last y	☒		k_z	1.012	≤ 1.5
$\Delta_{M,y}$	11.83 kNm	E-Last y	☐				

Nachweis

D_N	0.034	$D_{M,z}$	0.133		
$D_{M,y}$	0.109	D_{NM}	0.275	< 1.0	

Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 2

Typ	Beidseitig	t	8.0 mm	grenz	37.392	
b	284.0 mm	α	1.000	vorh	35.500	< 37.392

Querschnitt 13 - KASTEN(B) 220/10/40/300/120/10/150/5/5

262 | 0.000 | LG113 | **0.620** | 1) Nachweis nach Gl. (28) erbracht

Querschnittswerte KASTEN(B) 220/10/40/300/120/10/150/5/5

A	266.00 cm^2	$W_{pl,y}$	2000.55 cm^3	$W_{z,min}$	-1471.70 cm^3
A_y	29.36 cm^2	$\alpha_{pl,y}$	1.52	$W_{z,max}$	1471.70 cm^3
I_y	20784.50 cm^4	KSL_y	c	$W_{pl,z}$	2013.00 cm^3
$W_{y,min}$	-1462.22 cm^3	A_z	200.95 cm^2	$\alpha_{pl,z}$	1.37
$W_{y,max}$	1316.66 cm^3	I_z	16188.70 cm^4	KSL_z	c

Schnittgrößen

N_d	-370.48 kN	$M_{y,d,max}$	-1.01 kNm	$M_{z,d,End}$	-32.94 kNm
$V_{z,d}$	353.68 kN	$x_{My,d,max}$	0.590 m	$M_{z,d,min}$	-32.94 kNm
$M_{y,d}$	-209.42 kNm	$V_{y,d}$	14.70 kN	$x_{Mz,d,min}$	0.590 m
$M_{y,d,Anf}$	-209.42 kNm	$M_{z,d}$	-24.19 kNm		
$M_{y,d,End}$	-1.01 kNm	$M_{z,d,Anf}$	-24.19 kNm		

Plastische Grenzschnittgrößen

$N_{pl,k}$	5985.00 kN	Δ_{VTz}	0.149	< 0.50	$V_{pl,y,d}$	346.69 kN
$N_{pl,d}$	5440.91 kN	$M_{pl,y,k}$	450.12 kNm		Δ_{VTy}	0.042	< 0.50
Δ_N	0.068	< 0.49	$M_{pl,y,d}$	409.20 kNm		$M_{pl,z,k}$	452.93 kNm
$V_{pl,z,k}$	2610.40 kN	Δ_{My}	0.512	> 0.50	$M_{pl,z,d}$	411.75 kNm
$V_{pl,z,d}$	2373.09 kN	$V_{pl,y,k}$	381.36 kN		Δ_{Mz}	0.059	< 0.50

Abminderungsfaktor Kappa

$s_{K,y}$	0.590 m	κ_y	1.000		α_z	0.490	
$N_{Ki,y,k}$	1237520.0 kN	$s_{K,z}$	0.590 m		κ_z	1.000	
$\lambda_{K,y\ quer}$	0.070	< 0.2	$N_{Ki,z,k}$	963886.00 kN		κ	1.000	
KSL_y	c		$\lambda_{K,z\ quer}$	0.079	< 0.2			
α_y	0.490		KSL_z	c				

Beiwerte k-y und k-z

ψ_y	0.005	k_y	0.967	≤ 1.5	a_z	0.2553	≤ 0.8
$\beta_{M,\psi,y}$	1.797	ψ_z	0.734		k_z	0.983	≤ 1.5
Q-Last z	☐	$\beta_{M,\psi,z}$	1.286				
a_y	0.4911	≤ 0.8	Q-Last y	☐			

Nachweis

D_N	0.068	$D_{M,z}$	0.058		
$D_{M,y}$	0.495	D_{NM}	0.620	< 1.0	

Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 7

Typ	Einseitig	t	40.0 mm	grenz	11.361	
b	142.9 mm	α	1.000	vorh	3.573	< 11.361

Querschnitt 14 - TO 160/180/12/12/12/12

24 | 400.000 | LG118 | **0.380** | 1) Nachweis nach Gl. (28) erbracht

Querschnittsmaße TO 160/180/12/12/12/12

b	180.0 mm	h	160.0 mm	t	12.0 mm

Querschnittswerte TO 160/180/12/12/12/12

A	75.84 cm^2	$\alpha_{pl,y}$	1.20		$W_{pl,z}$	468.58 cm^3
I_y	2873.91 cm^4	KSL_y	a		$\alpha_{pl,z}$	1.21
W_y	359.24 cm^3	I_z	3473.40 cm^4		KSL_z	a
$W_{pl,y}$	430.66 cm^3	W_z	385.93 cm^3			

Schnittgrößen

N_d	-2.84 kN	$M_{y,d}$	-2.64 kNm	$VT_{y,d}$	7.01 kN
$M_{T,d}$	0.13 kNm	$M_{y,d,Anf}$	0.67 kNm	$M_{z,d}$	-34.96 kNm
$V_{z,d}$	-9.05 kN	$M_{y,d,End}$	-2.64 kNm	$M_{z,d,Anf}$	-32.53 kNm
$VT_{z,d}$	7.01 kN	$V_{y,d}$	6.08 kN	$M_{z,d,End}$	-34.96 kNm

NACHWEISE QUERSCHNITTSWEISE

Stab Nr.	Stelle x [mm]	Last-fall	Nachweis-kriterium	Kommentar zur Nachweisart

Plastische Grenzschnittgrößen

$N_{pl,k}$	1782.24	kN		Δ_{VTz}	0.022	≤ 0.33	$V_{pl,y,d}$	497.32	kN
$N_{pl,d}$	1620.22	kN		$M_{pl,y,k}$	101.20	kNm	Δ_{VTy}	0.014	≤ 0.25
$V_{pl,z,k}$	481.93	kN		$M_{pl,y,d}$	92.00	kNm	$M_{pl,z,k}$	110.12	kNm
$V_{pl,z,d}$	438.11	kN		$V_{pl,y,k}$	547.05	kN	$M_{pl,z,d}$	100.10	kNm

Abminderungsfaktor Kappa

$s_{K,y}$	0.400	m		κ_y	1.000		α_z	0.210	
$N_{Ki,y,k}$	372282.00	kN		$s_{K,z}$	0.400	m	κ_z	1.000	
$\lambda_{K,y\ quer}$	0.069	< 0.2		$N_{Ki,z,k}$	449939.00	kN	κ	1.000	
KSL_y	a			$\lambda_{K,z\ quer}$	0.063	< 0.2			
α_y	0.210			KSL_z	a				

Beiwerte k-y und k-z

ψ_y	-0.254			k_y	1.000	≤ 1.5	a_z	0.1070	≤ 0.8
$\beta_{M,\psi,y}$	1.978			ψ_z	0.930		k_z	1.000	≤ 1.5
Q-Last z	☐			$\beta_{M,\psi,z}$	1.149				
a_y	0.1957	≤ 0.8		Q-Last y	☐				

Nachweis

D_N	0.002			$D_{M,z}$	0.349				
$D_{M,y}$	0.029			D_{NM}	0.380	< 1.0			

Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 2

Typ	Beidseitig			t	12.0	mm	grenz	37.392	
b	136.0	mm		α	1.000		vorh	11.333	< 37.392

Querschnitt 18 - KASTEN(B) 220/10/40/200/120/10/50/5/5

271 | 0.000 | LG113 | **0.249** | 1) Nachweis nach Gl. (28) erbracht

Querschnittswerte KASTEN(B) 220/10/40/200/120/10/50/5/5

A	186.00	cm^2		$W_{pl,y}$	986.88	cm^3	$W_{z,min}$	-996.54	cm^3
A_y	31.78	cm^2		$\alpha_{pl,y}$	1.51		$W_{z,max}$	996.54	cm^3
I_y	6808.45	cm^4		KSL_y	c		$W_{pl,z}$	1373.00	cm^3
$W_{y,min}$	-711.05	cm^3		A_z	125.08	cm^2	$\alpha_{pl,z}$	1.38	
$W_{y,max}$	653.11	cm^3		I_z	10962.00	cm^4	KSL_z	c	

Schnittgrößen

N_d	-355.82	kN		$M_{y,d,Anf}$	-18.03	kNm	$M_{z,d}$	-20.01	kNm
$V_{z,d}$	12.62	kN		$M_{y,d,End}$	-12.27	kNm	$M_{z,d,Anf}$	-20.01	kNm
$M_{y,d}$	-18.03	kNm		$V_{y,d}$	-2.56	kN	$M_{z,d,End}$	-18.86	kNm

Plastische Grenzschnittgrößen

$N_{pl,k}$	4185.00	kN		Δ_{VTz}	0.009	< 0.50	$V_{pl,y,d}$	375.35	kN
$N_{pl,d}$	3804.55	kN		$M_{pl,y,k}$	222.05	kNm	Δ_{VTy}	0.007	< 0.50
Δ_N	0.094	< 0.49		$M_{pl,y,d}$	201.86	kNm	$M_{pl,z,k}$	308.93	kNm
$V_{pl,z,k}$	1624.90	kN		Δ_{My}	0.089	< 0.50	$M_{pl,z,d}$	280.84	kNm
$V_{pl,z,d}$	1477.18	kN		$V_{pl,y,k}$	412.89	kN	Δ_{Mz}	0.071	< 0.50

Abminderungsfaktor Kappa

$s_{K,y}$	0.470	m		κ_y	1.000		α_z	0.490	
$N_{Ki,y,k}$	638812.00	kN		$s_{K,z}$	0.470	m	κ_z	1.000	
$\lambda_{K,y\ quer}$	0.081	< 0.2		$N_{Ki,z,k}$	1028520.0	kN	κ	1.000	
KSL_y	c			$\lambda_{K,z\ quer}$	0.064	< 0.2			
α_y	0.490			KSL_z	c				

Beiwerte k-y und k-z

ψ_y	0.681			k_y	0.962	≤ 1.5	a_z	0.2681	≤ 0.8
$\beta_{M,\psi,y}$	1.324			ψ_z	0.942		k_z	0.975	≤ 1.5
Q-Last z	☐			$\beta_{M,\psi,z}$	1.140				
a_y	0.4016	≤ 0.8		Q-Last y	☐				

Nachweis

D_N	0.094			$D_{M,z}$	0.069				
$D_{M,y}$	0.086			D_{NM}	0.249	< 1.0			

Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 2

Typ	Beidseitig			t	10.0	mm	grenz	38.213	
b	120.0	mm		α	1.000		vorh	12.000	< 38.213

Querschnitt 19 - QRO 200x10

45 | 0.000 | LG101 | **0.000** | 5) Druckfrei -> kein Biegeknicknachweis erforderlich

Querschnittsmaße QRO 200x10

b	200.0	mm		h	200.0	mm	t	10.0	mm

Querschnittswerte QRO 200x10

A	73.40	cm^2		$\alpha_{pl,y}$	1.19		$W_{pl,z}$	516.73	cm^3
I_y	4340.00	cm^4		KSL_y	a		$\alpha_{pl,z}$	1.19	
W_y	434.00	cm^3		I_z	4340.00	cm^4	KSL_z	a	
$W_{pl,y}$	516.73	cm^3		W_z	434.00	cm^3			

Schnittgrößen

N_d	431.55	kN		$M_{y,d}$	3.16	kNm	$VT_{y,d}$	56.82	kN
$M_{T,d}$	10.02	kNm		$M_{y,d,Anf}$	3.16	kNm	$M_{z,d}$	0.35	kNm
$V_{z,d}$	13.00	kN		$M_{y,d,End}$	14.25	kNm	$M_{z,d,Anf}$	0.35	kNm
$VT_{z,d}$	56.82	kN		$V_{y,d}$	1.16	kN	$M_{z,d,End}$	-0.66	kNm

Querschnitt 20 - TO 180/180/10/10/10/10

115 | 0.000 | LG113 | **0.429** | 1) Nachweis nach Gl. (28) erbracht

Querschnittsmaße TO 180/180/10/10/10/10

b	180.0	mm		h	180.0	mm	t	10.0	mm

Querschnittswerte TO 180/180/10/10/10/10

A	68.00	cm^2		$\alpha_{pl,y}$	1.19		$W_{pl,z}$	434.00	cm^3
I_y	3286.67	cm^4		KSL_y	a		$\alpha_{pl,z}$	1.19	
W_y	365.19	cm^3		I_z	3286.67	cm^4	KSL_z	a	
$W_{pl,y}$	434.00	cm^3		W_z	365.19	cm^3			

Schnittgrößen

N_d	-7.56	kN		$M_{y,d}$	26.93	kNm	$VT_{y,d}$	13.22	kN
$M_{T,d}$	1.93	kNm		$M_{y,d,Anf}$	26.93	kNm	$M_{z,d}$	-12.31	kNm
$V_{z,d}$	-3.82	kN		$M_{y,d,End}$	13.15	kNm	$M_{z,d,Anf}$	-12.31	kNm
$VT_{z,d}$	13.22	kN		$V_{y,d}$	-1.17	kN	$M_{z,d,End}$	-10.31	kNm

Plastische Grenzschnittgrößen

$N_{pl,k}$	1598.00	kN		Δ_{VTz}	0.036	≤ 0.33	$V_{pl,y,d}$	419.37	kN
$N_{pl,d}$	1452.73	kN		$M_{pl,y,k}$	101.99	kNm	Δ_{VTy}	0.032	≤ 0.25
$V_{pl,z,k}$	461.30	kN		$M_{pl,y,d}$	92.72	kNm	$M_{pl,z,k}$	101.99	kNm
$V_{pl,z,d}$	419.37	kN		$V_{pl,y,k}$	461.30	kN	$M_{pl,z,d}$	92.72	kNm

Abminderungsfaktor Kappa

$s_{K,y}$	1.700	m		κ_y	0.987		α_z	0.210	
$N_{Ki,y,k}$	23570.90	kN		$s_{K,z}$	1.700	m	κ_z	0.987	
$\lambda_{K,y\ quer}$	0.260			$N_{Ki,z,k}$	23570.90	kN	κ	0.987	

NACHWEISE QUERSCHNITTSWEISE

Stab Nr.	Stelle x [mm]	Last-fall	Nachweis-kriterium	Kommentar zur Nachweisart

	KSL_y	a		$\lambda_{K,z\ quer}$	0.260				
	α_y	0.210		KSL_z	a				
	Beiwerte k-y und k-z								
	ψ_y	0.488		$M_{Q,y}$	1.82	kNm	ψ_z	0.838	
	$\beta_{M,\psi,y}$	1.458		$\Delta_{M,y}$	26.93	kNm	$\beta_{M,\psi,z}$	1.213	
	Q-Last z	☒		$\beta_{M,y}$	1.448		Q-Last y	☐	
	E-Last z	☐		a_y	-0.0992	≤ 0.8	a_z	-0.2212	≤ 0.8
	$\beta_{M,Q,y}$	1.300		k_y	1.001	≤ 1.5	k_z	1.001	≤ 1.5
	Nachweis								
	D_N	0.005		$D_{M,z}$	0.133				
	$D_{M,y}$	0.291		D_{NM}	0.429	< 1.0			
	Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 2								
	Typ	Beidseitig		t	10.0	mm	grenz	37.392	
	b	160.0	mm	α	1.000		vorh	16.000	< 37.392
Querschnitt 24 - TO 360/120/8/8/8/8									
250	0.000	LG113	**0.816**	1) Nachweis nach Gl. (28) erbracht					
	Querschnittsmaße TO 360/120/8/8/8/8								
	b	120.0	mm	h	360.0	mm	t	8.0	mm
	Querschnittswerte TO 360/120/8/8/8/8								
	A	74.24	cm^2	$\alpha_{pl,y}$	1.28		$W_{pl,z}$	365.82	cm^3
	I_y	11376.10	cm^4	KSL_y	a		$\alpha_{pl,z}$	1.12	
	W_y	632.01	cm^3	I_z	1959.39	cm^4	KSL_z	a	
	$W_{pl,y}$	811.26	cm^3	W_z	326.56	cm^3			
	Schnittgrößen								
	N_d	-621.19	kN	$M_{y,d}$	40.56	kNm	$VT_{y,d}$	21.55	kN
	$M_{T,d}$	-3.11	kNm	$M_{y,d,Anf}$	40.56	kNm	$M_{z,d}$	-14.87	kNm
	$V_{z,d}$	-18.58	kN	$M_{y,d,End}$	7.34	kNm	$M_{z,d,Anf}$	-14.87	kNm
	$VT_{z,d}$	21.55	kN	$V_{y,d}$	-12.50	kN	$M_{z,d,End}$	5.96	kNm
	Plastische Grenzschnittgrößen								
	$N_{pl,k}$	1744.64	kN	Δ_{VTz}	0.067	≤ 0.33	$V_{pl,y,d}$	221.03	kN
	$N_{pl,d}$	1586.04	kN	$M_{pl,y,k}$	190.65	kNm	Δ_{VTy}	0.098	≤ 0.25
	$V_{pl,z,k}$	764.13	kN	$M_{pl,y,d}$	173.32	kNm	$M_{pl,z,k}$	85.97	kNm
	$V_{pl,z,d}$	694.67	kN	$V_{pl,y,k}$	243.13	kN	$M_{pl,z,d}$	78.15	kNm
	Abminderungsfaktor Kappa								
	$s_{K,y}$	1.670	m	κ_y	1.000		α_z	0.490	
	$N_{Ki,y,k}$	84542.90	kN	$s_{K,z}$	1.670	m	κ_z	0.925	
	$\lambda_{K,y\ quer}$	0.144	< 0.2	$N_{Ki,z,k}$	14561.50	kN	κ	0.925	
	KSL_y	c		$\lambda_{K,z\ quer}$	0.346				
	α_y	0.490		KSL_z	c				
	Beiwerte k-y und k-z								
	ψ_y	0.181		k_y	0.926	≤ 1.5	a_z	0.1759	≤ 0.8
	$\beta_{M,\psi,y}$	1.673		ψ_z	-0.401		k_z	0.926	≤ 1.5
	Q-Last z	☐		$\beta_{M,\psi,z}$	2.080				
	a_y	0.1898	≤ 0.8	Q-Last y	☐				
	Nachweis								
	D_N	0.423		$D_{M,z}$	0.176				
	$D_{M,y}$	0.217		D_{NM}	0.816	< 1.0			
	Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 1								
	Typ	Beidseitig		t	8.0	mm	grenz	37.392	
	b	104.0	mm	α	1.000		vorh	13.000	< 37.392
Querschnitt 25 - TO 300/120/8/8/8/8									
47	1800.000	LG113	**0.423**	1) Nachweis nach Gl. (28) erbracht					
	Querschnittsmaße TO 300/120/8/8/8/8								
	b	120.0	mm	h	300.0	mm	t	8.0	mm
	Querschnittswerte TO 300/120/8/8/8/8								
	A	64.64	cm^2	$\alpha_{pl,y}$	1.27		$W_{pl,z}$	312.06	cm^3
	I_y	7147.87	cm^4	KSL_y	a		$\alpha_{pl,z}$	1.13	
	W_y	476.52	cm^3	I_z	1657.82	cm^4	KSL_z	a	
	$W_{pl,y}$	602.94	cm^3	W_z	276.30	cm^3			
	Schnittgrößen								
	N_d	-289.90	kN	$M_{y,d}$	11.32	kNm	$VT_{y,d}$	4.13	kN
	$M_{T,d}$	0.63	kNm	$M_{y,d,Anf}$	6.51	kNm	$M_{z,d}$	-6.60	kNm
	$V_{z,d}$	1.91	kN	$M_{y,d,End}$	11.32	kNm	$M_{z,d,Anf}$	-2.92	kNm
	$VT_{z,d}$	4.13	kN	$V_{y,d}$	1.92	kN	$M_{z,d,End}$	-6.60	kNm
	Plastische Grenzschnittgrößen								
	$N_{pl,k}$	1519.04	kN	Δ_{VTz}	0.013	≤ 0.33	$V_{pl,y,d}$	221.03	kN
	$N_{pl,d}$	1380.95	kN	$M_{pl,y,k}$	141.69	kNm	Δ_{VTy}	0.019	≤ 0.25
	$V_{pl,z,k}$	633.88	kN	$M_{pl,y,d}$	128.81	kNm	$M_{pl,z,k}$	73.34	kNm
	$V_{pl,z,d}$	576.26	kN	$V_{pl,y,k}$	243.13	kN	$M_{pl,z,d}$	66.67	kNm
	Abminderungsfaktor Kappa								
	$s_{K,y}$	1.800	m	κ_y	1.000		α_z	0.490	
	$N_{Ki,y,k}$	45724.70	kN	$s_{K,z}$	1.800	m	κ_z	0.909	
	$\lambda_{K,y\ quer}$	0.182	< 0.2	$N_{Ki,z,k}$	10605.00	kN	κ	0.909	
	KSL_y	c		$\lambda_{K,z\ quer}$	0.378				
	α_y	0.490		KSL_z	c				
	Beiwerte k-y und k-z								
	ψ_y	0.575		$M_{Q,y}$	0.30	kNm	ψ_z	0.442	
	$\beta_{M,\psi,y}$	1.397		$\Delta_{M,y}$	11.32	kNm	$\beta_{M,\psi,z}$	1.490	
	Q-Last z	☒		$\beta_{M,y}$	1.395		Q-Last y	☐	
	E-Last z	☐		a_y	0.0446	≤ 0.8	a_z	-0.2564	≤ 0.8
	$\beta_{M,Q,y}$	1.300		k_y	0.991	≤ 1.5	k_z	1.059	≤ 1.5
	Nachweis								
	D_N	0.231		$D_{M,z}$	0.105				
	$D_{M,y}$	0.087		D_{NM}	0.423	< 1.0			
	Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 2								
	Typ	Beidseitig		t	8.0	mm	grenz	37.392	
	b	284.0	mm	α	1.000		vorh	35.500	< 37.392
Querschnitt 26 - TO 280/80/8/8/8/8									
249	0.000	LG113	**0.705**	1) Nachweis nach Gl. (28) erbracht					
	Querschnittsmaße TO 280/80/8/8/8/8								
	b	80.0	mm	h	280.0	mm	t	8.0	mm
	Querschnittswerte TO 280/80/8/8/8/8								
	A	55.04	cm^2	$\alpha_{pl,y}$	1.31		$W_{pl,z}$	177.66	cm^3
	I_y	4821.47	cm^4	KSL_y	a		$\alpha_{pl,z}$	1.15	

NACHWEISE QUERSCHNITTSWEISE

Stab Nr.	Stelle x [mm]	Last-fall	Nachweis-kriterium	Kommentar zur Nachweisart

	W_y	344.39	cm^3	I_z	617.95	cm^4	KSL_z	a	
	$W_{pl,y}$	452.86	cm^3	W_z	154.49	cm^3			
	Schnittgrößen								
	N_d	-438.85	kN	$M_{y,d}$	18.64	kNm	$VT_{y,d}$	2.61	kN
	$M_{T,d}$	0.08	kNm	$M_{y,d,Anf}$	18.64	kNm	$M_{z,d}$	-4.12	kNm
	$V_{z,d}$	-3.98	kN	$M_{y,d,End}$	8.36	kNm	$M_{z,d,Anf}$	-4.12	kNm
	$VT_{z,d}$	2.61	kN	$V_{y,d}$	-2.32	kN	$M_{z,d,End}$	0.63	kNm
	Plastische Grenzschnittgrößen								
	$N_{pl,k}$	1320.96	kN	Δ_{VTz}	0.009	≤ 0.33	$V_{pl,y,d}$	145.11	kN
	$N_{pl,d}$	1200.87	kN	$M_{pl,y,k}$	108.69	kNm	Δ_{VTy}	0.018	≤ 0.25
	$V_{pl,z,k}$	603.03	kN	$M_{pl,y,d}$	98.81	kNm	$M_{pl,z,k}$	42.64	kNm
	$V_{pl,z,d}$	548.21	kN	$V_{pl,y,k}$	159.63	kN	$M_{pl,z,d}$	38.76	kNm
	Abminderungsfaktor Kappa								
	$s_{K,y}$	1.962	m	κ_y	0.994		α_z	0.210	
	$N_{Ki,y,k}$	25957.30	kN	$s_{K,z}$	1.962	m	κ_z	0.878	
	$\lambda_{K,y\ quer}$	0.226		$N_{Ki,z,k}$	3326.85	kN	κ	0.878	
	KSL_y	a		$\lambda_{K,z\ quer}$	0.630				
	α_y	0.210		KSL_z	a				
	Beiwerte k-y und k-z								
	ψ_y	0.448		$\beta_{M,y}$	1.481		$\beta_{M,Q,z}$	1.300	
	$\beta_{M,\psi,y}$	1.486		a_y	0.0806	≤ 0.8	$M_{Q,z}$	0.13	kNm
	Q-Last z	☒		k_y	0.970	≤ 1.5	$\Delta_{M,z}$	4.75	kNm
	E-Last z	☐		ψ_z	-0.152		$\beta_{M,z}$	1.889	
	$\beta_{M,Q,y}$	1.300		$\beta_{M,\psi,z}$	1.906		a_z	0.0107	≤ 0.8
	$M_{Q,y}$	0.56	kNm	Q-Last y	☒		k_z	0.996	≤ 1.5
	$\Delta_{M,y}$	18.64	kNm	E-Last y	☐				
	Nachweis								
	D_N	0.416		$D_{M,z}$	0.106				
	$D_{M,y}$	0.183		D_{NM}	0.705	< 1.0			
	Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 2								
	Typ	Beidseitig		t	8.0	mm	grenz	37.000	
	b	264.0	mm	α	1.000		vorh	33.000	< 37.000

Querschnitt 27 - TO 300/80/8/8/8/8

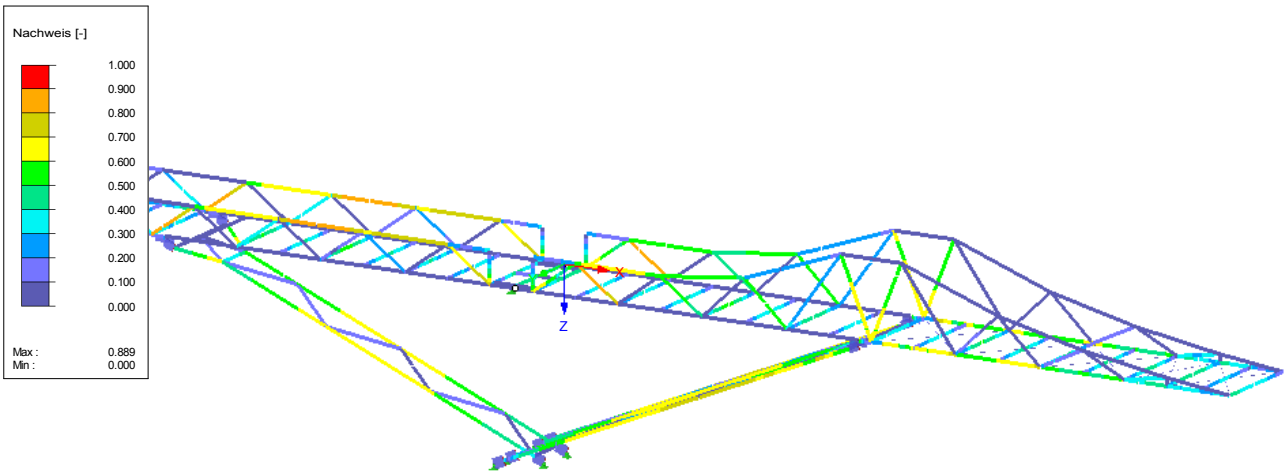
130 | 1030.000 | LG117 | **0.213** | 1) Nachweis nach Gl. (28) erbracht

	Querschnittsmaße TO 300/80/8/8/8/8								
	b	80.0	mm	h	300.0	mm	t	8.0	mm
	Querschnittswerte TO 300/80/8/8/8/8								
	A	58.24	cm^2	$\alpha_{pl,y}$	1.32		$W_{pl,z}$	189.18	cm^3
	I_y	5783.30	cm^4	KSL_y	a		$\alpha_{pl,z}$	1.15	
	W_y	385.55	cm^3	I_z	659.59	cm^4	KSL_z	a	
	$W_{pl,y}$	509.50	cm^3	W_z	164.90	cm^3			
	Schnittgrößen								
	N_d	-0.81	kN	$M_{y,d}$	-7.43	kNm	$VT_{y,d}$	5.30	kN
	$M_{T,d}$	0.56	kNm	$M_{y,d,Anf}$	4.70	kNm	$M_{z,d}$	-6.02	kNm
	$V_{z,d}$	-12.08	kN	$M_{y,d,End}$	-7.43	kNm	$M_{z,d,Anf}$	-2.72	kNm
	$VT_{z,d}$	5.30	kN	$V_{y,d}$	3.33	kN	$M_{z,d,End}$	-6.02	kNm
	Plastische Grenzschnittgrößen								
	$N_{pl,k}$	1397.76	kN	Δ_{VTz}	0.034	≤ 0.33	$V_{pl,y,d}$	145.11	kN
	$N_{pl,d}$	1270.69	kN	$M_{pl,y,k}$	122.28	kNm	Δ_{VTy}	0.036	≤ 0.25
	$V_{pl,z,k}$	647.37	kN	$M_{pl,y,d}$	111.16	kNm	$M_{pl,z,k}$	45.40	kNm
	$V_{pl,z,d}$	588.52	kN	$V_{pl,y,k}$	159.63	kN	$M_{pl,z,d}$	41.28	kNm
	Abminderungsfaktor Kappa								
	$s_{K,y}$	1.030	m	κ_y	1.000		α_z	0.210	
	$N_{Ki,y,k}$	112985.00	kN	$s_{K,z}$	1.030	m	κ_z	0.971	
	$\lambda_{K,y\ quer}$	0.111	< 0.2	$N_{Ki,z,k}$	12886.10	kN	κ	0.971	
	KSL_y	a		$\lambda_{K,z\ quer}$	0.329				
	α_y	0.210		KSL_z	a				
	Beiwerte k-y und k-z								
	ψ_y	-0.633		k_y	1.000	≤ 1.5	a_z	-0.1926	≤ 0.8
	$\beta_{M,\psi,y}$	2.243		ψ_z	0.451		k_z	1.000	≤ 1.5
	Q-Last z	☐		$\beta_{M,\psi,z}$	1.484				
	a_y	0.3756	≤ 0.8	Q-Last y	☐				
	Nachweis								
	D_N	0.001		$D_{M,z}$	0.146				
	$D_{M,y}$	0.067		D_{NM}	0.213	< 1.0			
	Überprüfung von grenz (c/t) - massgebend Feld Nr. 2								
	Typ	Beidseitig		t	8.0	mm	grenz	37.000	
	b	284.0	mm	α	1.000		vorh	35.500	< 37.000

KAPPA - STÄBE NACHWEIS, FA1

KAPPA FA1
Nachweis

Isometrie



Max Nachweis: 0.889

DYNAM
FA1
Dynamische Analyse

BASISANGABEN

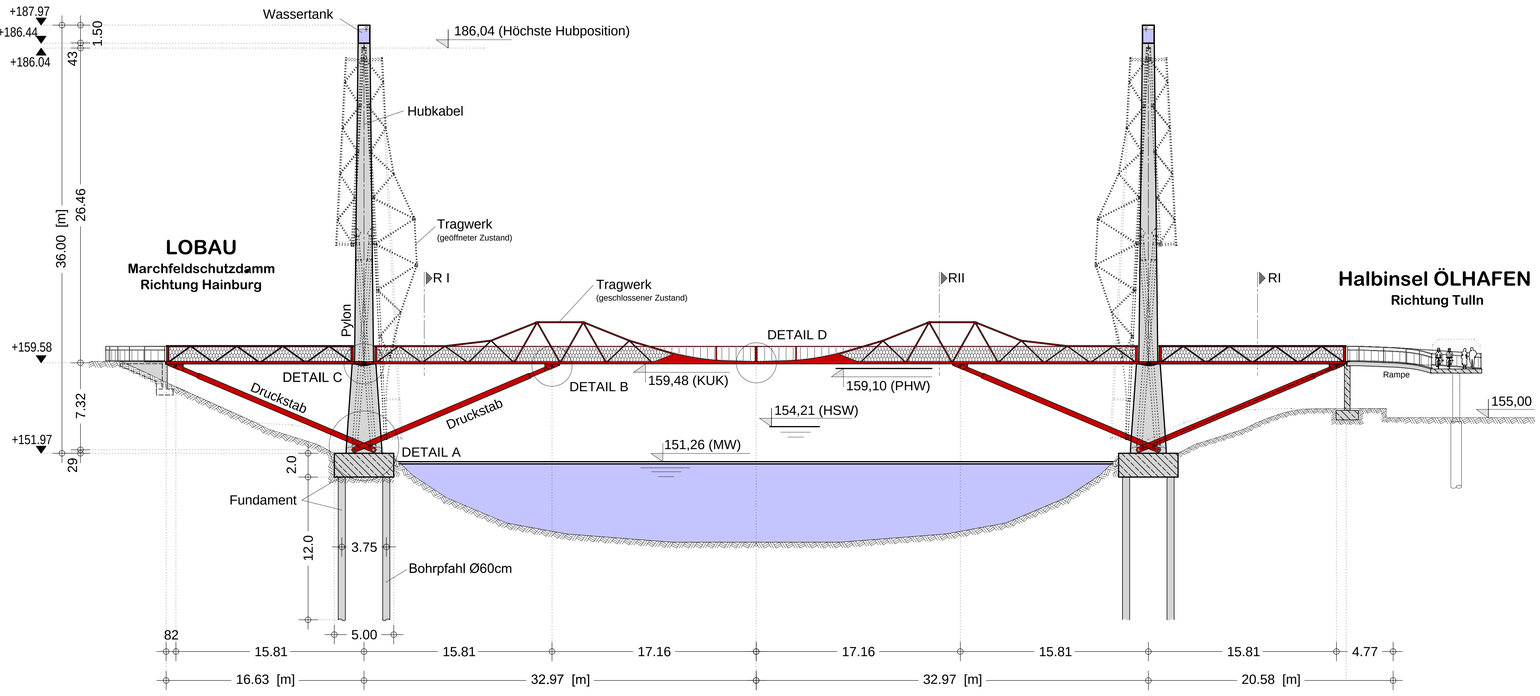
Gewählte Methode:	☒ Eigenschwingungen	
	☐ Erzwungene Schwingungen	
	☐ Ersatzlastenverfahren	
Anzahl der kleinsten Eigenwerte:	10	
Berücksichtigung des Eigengewichts	☒	
- mit Faktor:	1.00	
Wirkung der Massen in:	☒ X-Richtung	☒ X-Rotatorische
	☒ Y-Richtung	☒ Y-Rotatorische
	☒ Z-Richtung	☒ Z-Rotatorische
Interne Stabteilung wegen		
- Näherungsmethode:	1	
- Vouten-/Bettungsstäbe:	6	
Typ der Massenmatrix:	☐ Diagonal	
	☒ Konsistent	
	☐ Einheitsmatrix	
Berücksichtigung der Normalkräfte	☒	
Berücksichtigung der Zugkräfte	☒	
Berücksichtigung der Druckkräfte	☒	
Details		
- Erdbeschleunigung:	10.00 [ms^{-2}]	
- Max. Anzahl der Iterationen:	100	
- Abbruchschranke:	1.000E-05	
- Minimale Zugkraft in Seilstäben:	1.000E-03[kN]	

ERGEBNISSE

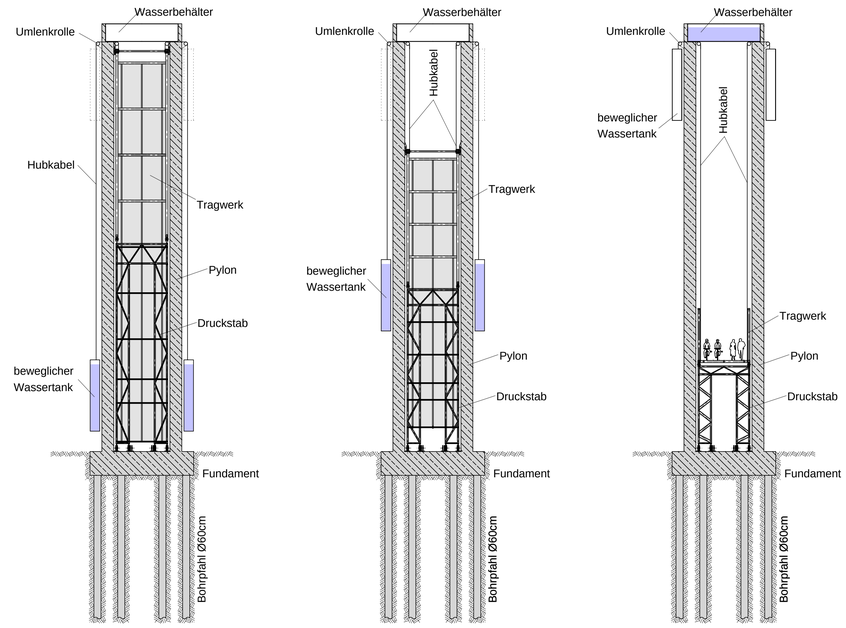
EIGENWERTE UND EIGENFREQUENZEN

Eigen-Nr.	Eigenwert λ_i [1/s^2]	Eigenkreisfrequenz ω_i [rad/s]	Eigenfrequenz f_i [Hz]	Eigenperiode T_i [s]	
1	241.91339	15.55357	2.47543	0.4039707	
2	278.40296	16.68541	2.65557	0.376568	
3	308.63728	17.56808	2.79605	0.357648	
4	313.60047	17.70877	2.81844	0.354806	
5	569.64880	23.86732	3.79860	0.263255	
6	734.87709	27.10862	4.31447	0.231778	
7	935.26685	30.58213	4.86730	0.205453	
8	986.91042	31.41513	4.99987	0.200005	
9	1145.72749	33.84860	5.38717	0.185626	
10	1255.23322	35.42927	5.63874	0.177344	

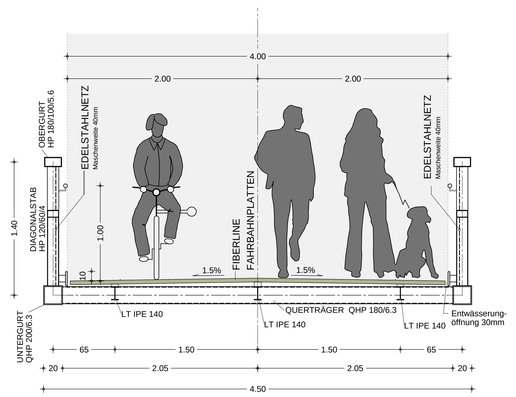
ANSICHT / SCHNITT HAFENAUSFAHRT M 1:200



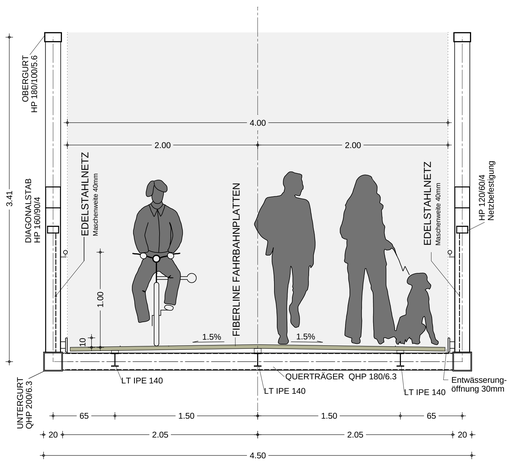
PYLONSCHNITT / AUFKLAPPVORGANG M 1:200



REGELQUERSCHNITT I - I M 1:25



REGELQUERSCHNITT II - II M 1:25



DIPLOMARBEIT

MASTER`S THESIS

KLAPPBRÜCKE LOBAU

Aenderung:	Bezeichnung:	erst.:	Datum:

Maßstab: 1:500 ; 1:200 ; 1:25 | Datum: Juni 2010 | erst.: WD | gepr.:

TU WIEN
INSTITUT FUR TRAGKONSTRUKTIONEN I BETONBAU
Technische Universität Wien, Karlsplatz 13/212, 1040 Wien

Bauvorhaben: KLAPPBRÜCKE LOBAU

zug. Pläne:

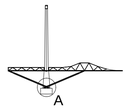
GZ:

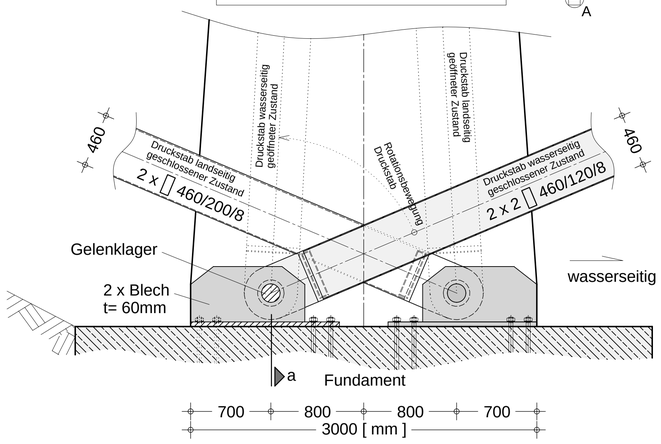
Planinhalt: LAGEPLAN, REGELQUERSCHNITTE
SCHNITT, ANSICHT

Plan-Nr	BAUTEIL	EBENE		INDEX
01	-	0	01	

Erstellt mit einer Studentenversion von Allplan

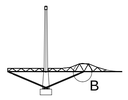
DETAIL A M 1:25

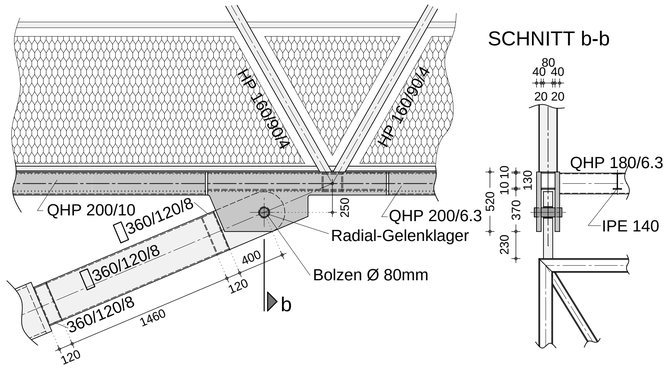




DETAIL B M 1:25

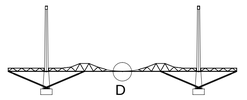
geschlossener Zustand



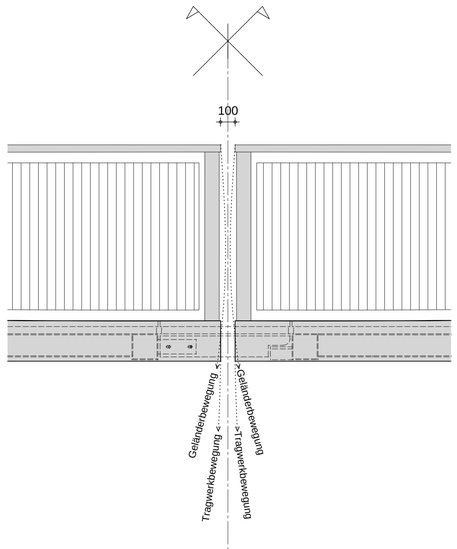


SCHNITT b-b

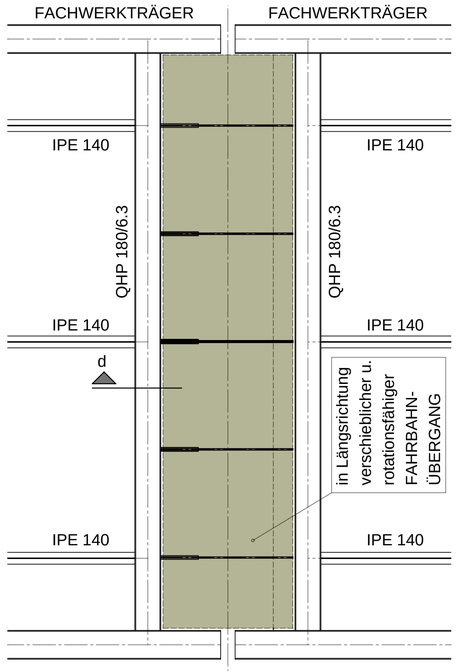
DETAIL D M 1:20

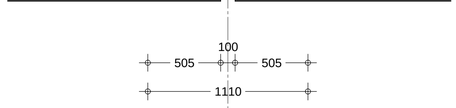


ANSICHT

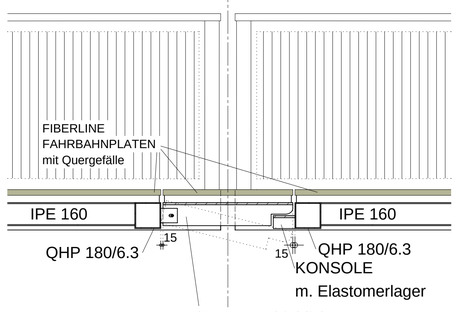


GRUNDRISS





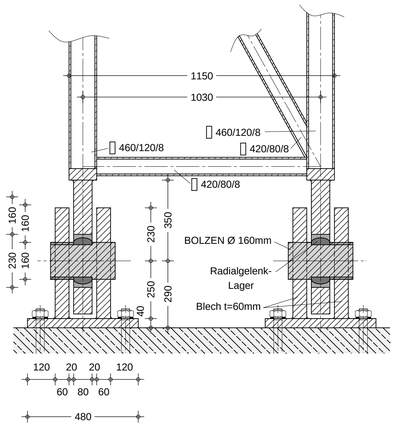
SCHNITT d-d



längsverschiebliche und rotationsfähige TRAGKONSTRUKTION für FAHRBAHNÜBERGANG

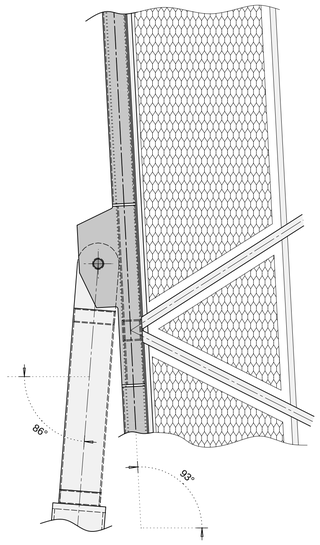
DETAIL A M 1:12,5

SCHNITT a-a

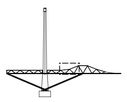


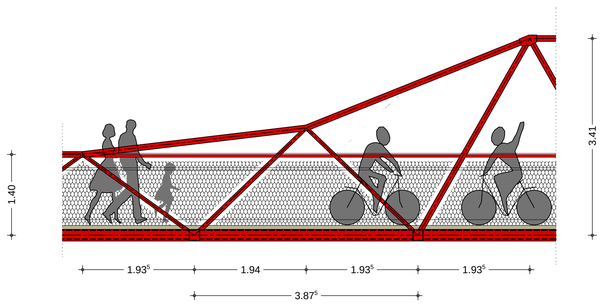
DETAIL B M 1:25

geöffneter Zustand



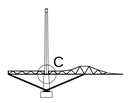
DETAILANSICHT M 1:50

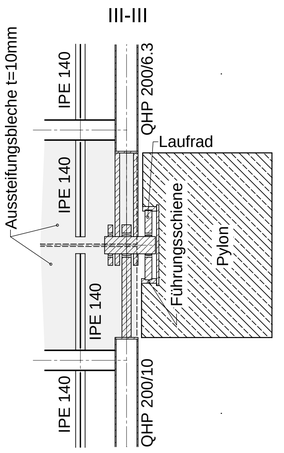




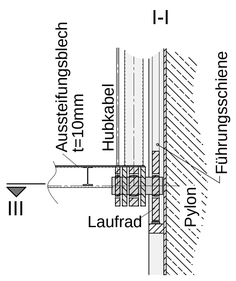
DETAIL C M 1:25

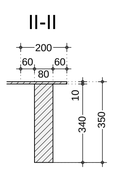
geschlossener Zustand



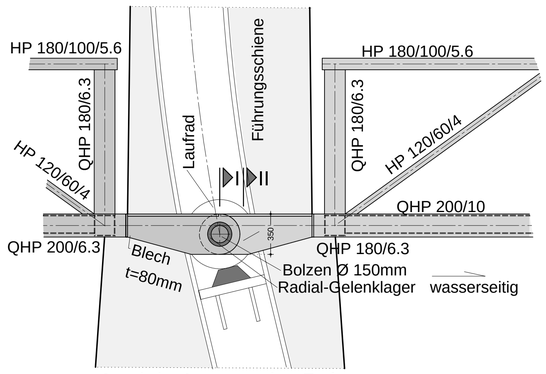


GRUNDRISS





SCHNITTE



Ansicht Innenseite Pylon

DIPLOMARBEIT

MASTER`S THESIS

KLAPPBRÜCKE LOBAU

Aenderung:	Bezeichnung:	erst.:	Datum:
C			
B			
A			

Maßstab: 1:50 ; 1:25 ; 1:20 ; 1:12,5 | Datum: Juni 2010 | erst.: WD | gepr.:

TU WIEN
INSTITUT FÜR TRAGKONSTRUKTIONEN I BETONBAU
Technische Universität Wien, Karlsplatz 13/212, 1040 Wien

Bauvorhaben: KLAPPBRÜCKE LOBAU

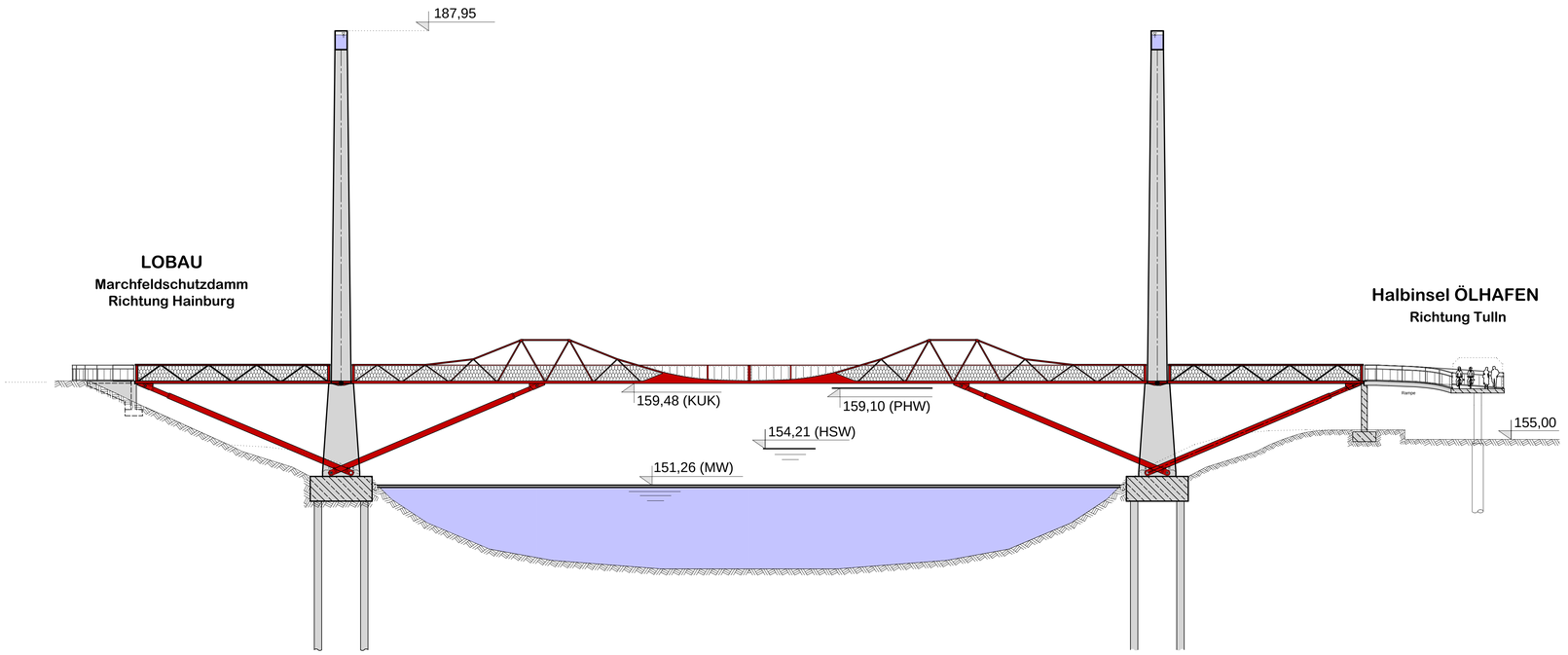
zug. Pläne:

GZ:

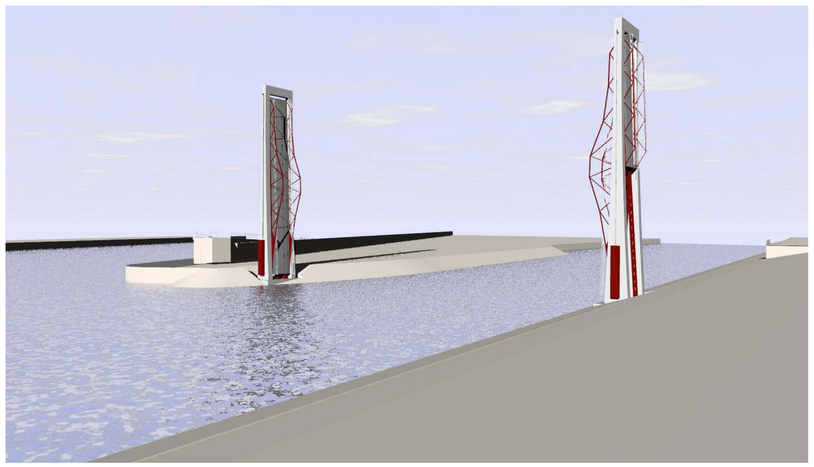
Planinhalt: DETAILPLÄNE
SCHNITT, ANSICHT

Plan-Nr	BAUTEIL	EBENE		INDEX
01	-	0	01	

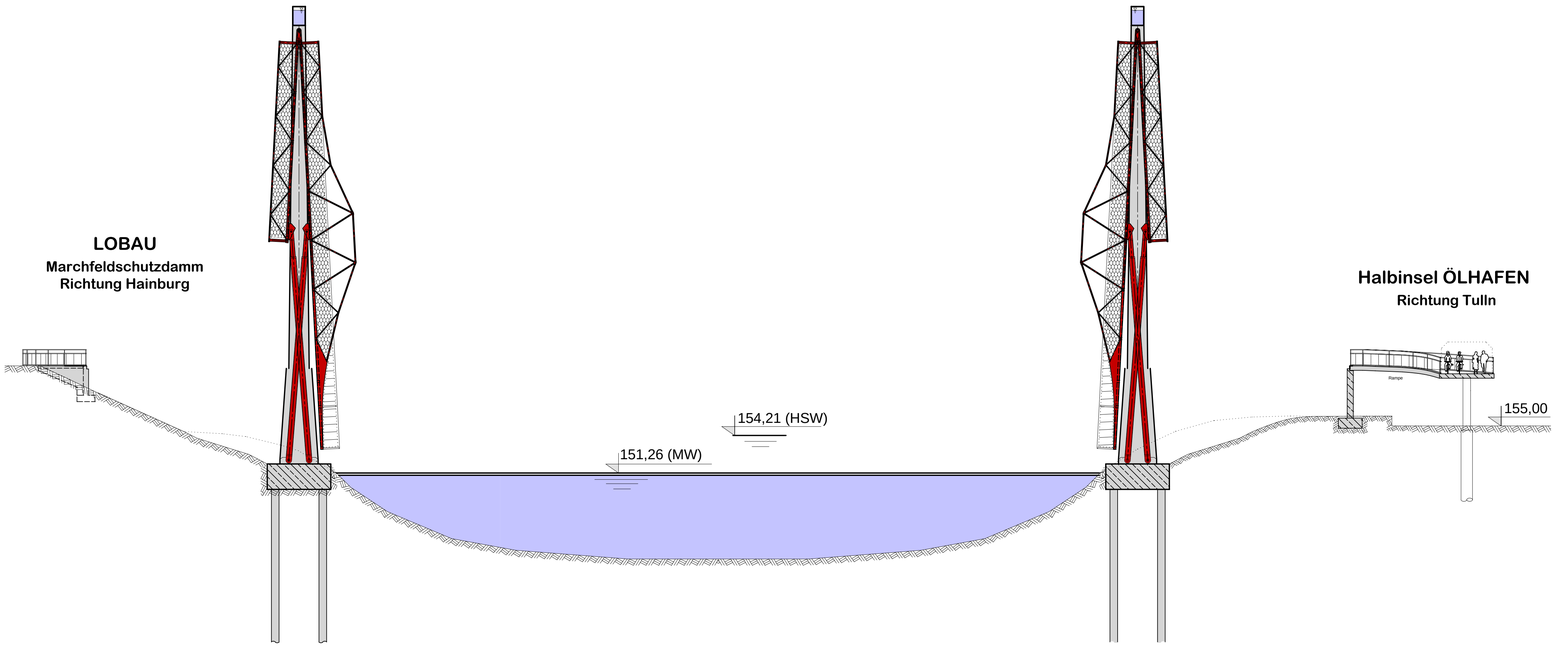
Erstellt mit einer Studentenversion von Allplan

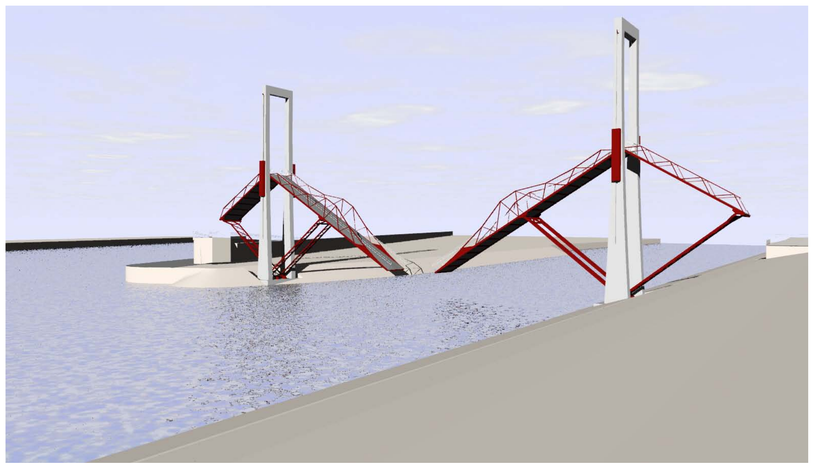


Tragwerk geschlossen - Brücke für Fußgänger und Radverkehr geöffnet

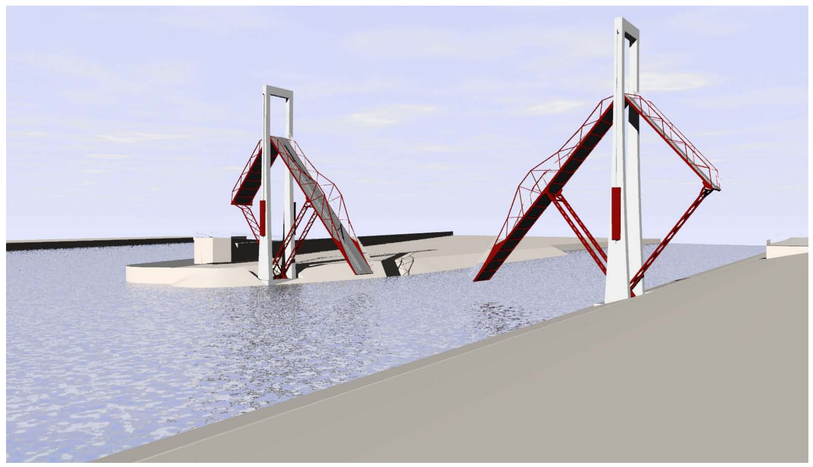


Tragwerk geöffnet - Hafeneinfahrt frei für den Schiffverkehr





- Hubvorgang -



- Hubvorgang -

DIPLOMARBEIT

MASTER`S THESIS

KLAPPBRÜCKE LOBAU

Aenderung:	Bezeichnung:	erst.:	Datum:
C			
B			
A			

Maßstab: 1:200 | Datum: Juni 2010 | erst.: WD | gepr.:

TU WIEN
INSTITUT FÜR TRAGKONSTRUKTIONEN I BETONBAU
Technische Universität Wien, Karlsplatz 13/212, 1040 Wien

Bauvorhaben: KLAPPBRÜCKE LOBAU

zug. Pläne:

GZ:

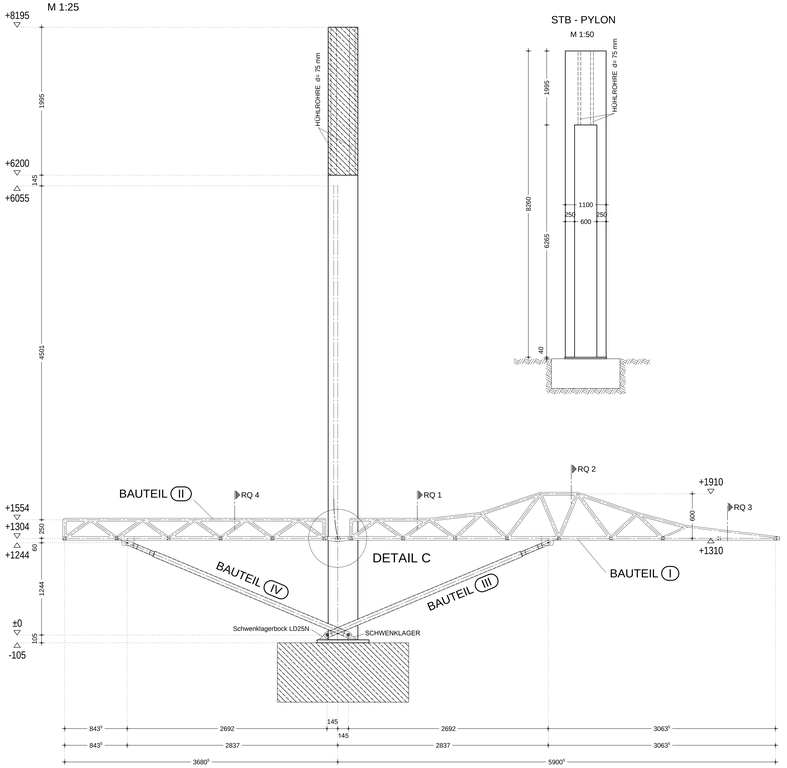
Planinhalt: 3D- ANSICHTEN
SCHNITTE, ANSICHTEN

Plan-Nr.	BAUTEIL	EBENE		INDEX
03	-	0	01	

Erstellt mit einer Studentenversion von Allplan

ÜBERSICHTSPLAN

M 1:25

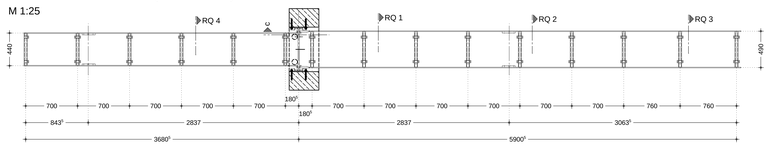


STB - PYLON

M 1:50

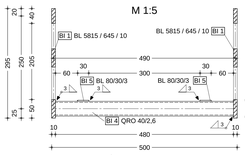
ÜBERSICHTSPLAN (Grundriss)

M 1:25



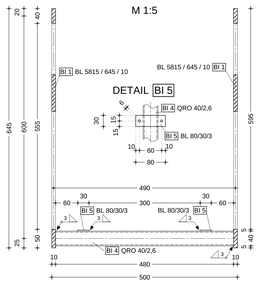
REGELQUERSCHNITT - 1

M 1:5



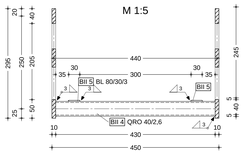
REGELQUERSCHNITT - 2

M 1:5



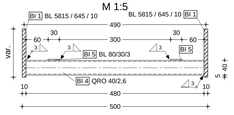
REGELQUERSCHNITT - 4

M 1:5



REGELQUERSCHNITT - 3

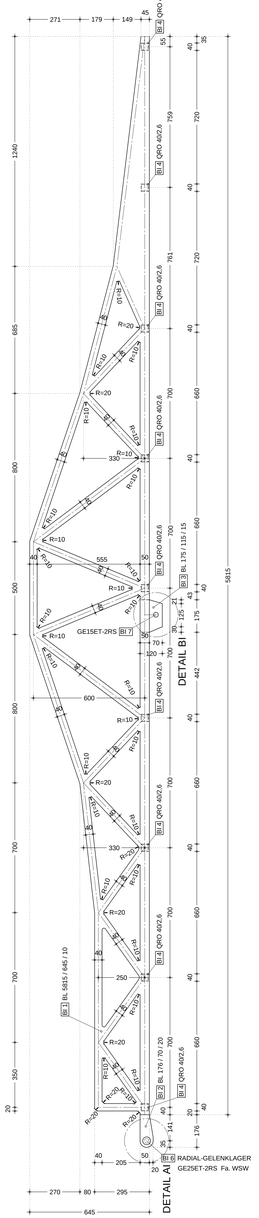
M 1:5



BAUTEIL I

M 1:10

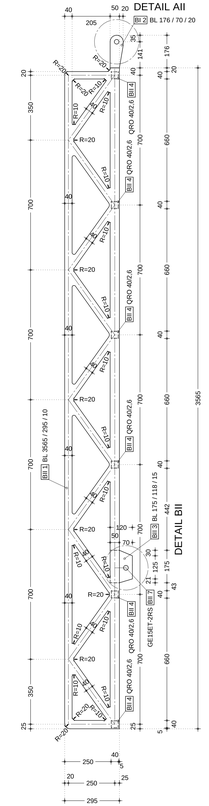
2 x BI 1 BL 5815 / 645 / 10	2 x BI 6 RADIAL-GELENKLAGER GE25ET-2RS Fa. WSW
2 x BI 2 BL 176 / 70 / 20	
2 x BI 3 BL 175 / 115 / 15	2 x BI 7 RADIAL-GELENKLAGER GE15ET-2RS Fa. WSW
9 x BI 4 QRO 402,6 lg=480	
18 x BI 5 BL 80/30/3	



BAUTEIL II

M 1:10

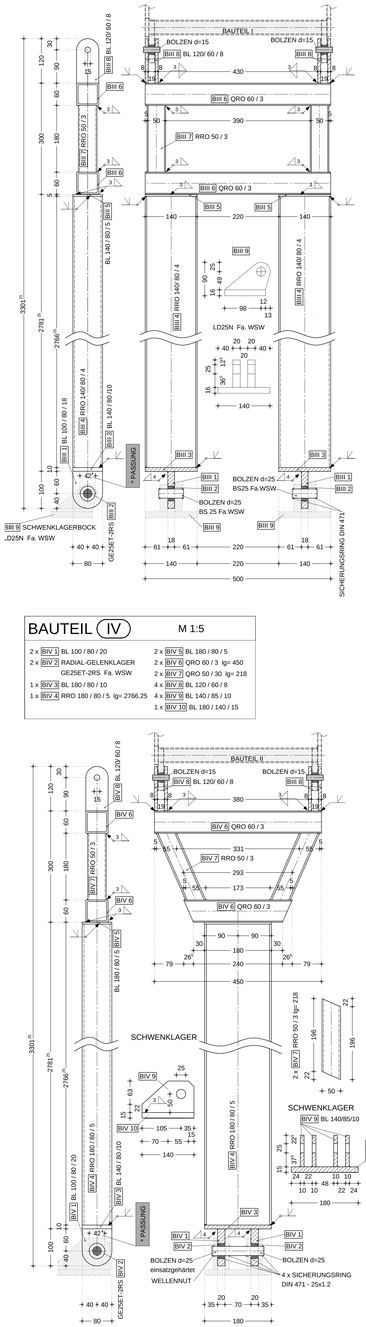
2 x BII 1 BL 3565 / 295 / 10	10 x BII 5 BL 60/30/3
2 x BII 2 BL 176 / 70 / 20	2 x BII 6 BL 60/30/3
2 x BII 3 BL 175 / 115 / 15	2 x BII 7 RADIAL-GELENKLAGER GE15ET-2RS Fa. WSW
6 x BII 4 QRO 402,6 lg=430	2 x BII 7 RADIAL-GELENKLAGER GE15ET-2RS Fa. WSW



BAUTEIL III

M 1:5

2 x BIII 1 BL 100 / 80 / 18	2 x BIII 5 BL 140 / 80 / 5
2 x BIII 2 RADIAL-GELENKLAGER GE25ET-2RS Fa. WSW	2 x BIII 6 QRO 60 / 3 lg= 500
	2 x BIII 7 QRO 50 / 30 lg= 180
2 x BIII 3 BL 140 / 80 / 10	4 x BIII 8 BL 120 / 60 / 8
2 x BIII 4 RRO 140 / 80 / 4 lg= 2766.25	2 x BIII 9 SCHWENKLAGERBOCK LD25N Fa. WSW



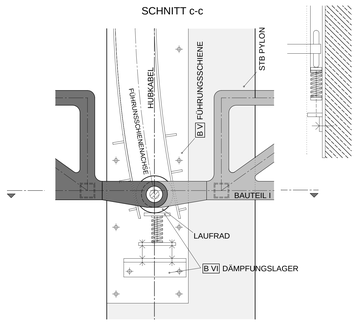
BAUTEIL IV

M 1:5

2 x BIV 1 BL 100 / 80 / 20	2 x BIV 5 BL 180 / 80 / 5
2 x BIV 2 RADIAL-GELENKLAGER GE25ET-2RS Fa. WSW	2 x BIV 6 QRO 60 / 3 lg= 450
	2 x BIV 7 QRO 50 / 30 lg= 218
1 x BIV 3 BL 180 / 80 / 10	4 x BIV 8 BL 120 / 60 / 8
1 x BIV 4 RRO 180 / 80 / 5 lg= 2766.25	4 x BIV 9 BL 140 / 85 / 10
	1 x BIV 10 BL 180 / 140 / 15

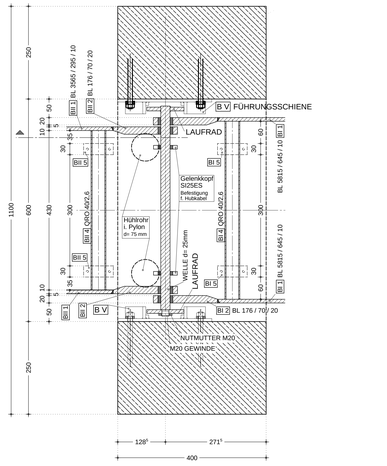
DETAIL C

M 1:5



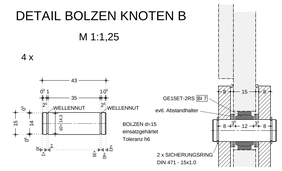
PLÄNE FÜR BAUTEIL BV & BVI FOLGEN

GRUNDRISS



DETAIL BOLZEN KNOTEN B

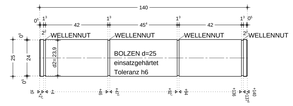
M 1:1,25

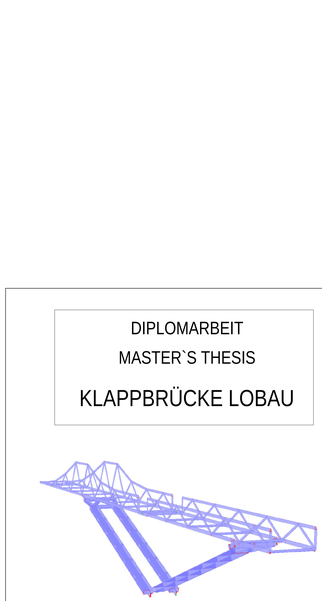


DETAIL BOLZEN

für Schwenklager Bauteil IV

M 1:1,25





DIPLOMARBEIT

MASTER`S THESIS

KLAPPBRÜCKE LOBAU

Änderung:	Bezeichnung:	erst.:	Datum:
C			
B			
A			

Maßstab: 1:50 ; 1:10 ; 1:5 | Datum: Juni 2010 | erst.: WD | gepr.:

TU WIEN

INSTITUT FÜR TRAGKONSTRUKTIONEN I BETONBAU
Technische Universität Wien, Karlsplatz 13/212, 1040 Wien

Bauvorhaben: KLAPPBRÜCKE LOBAU FELDVERSUCH

zug. Pläne:

GZ:

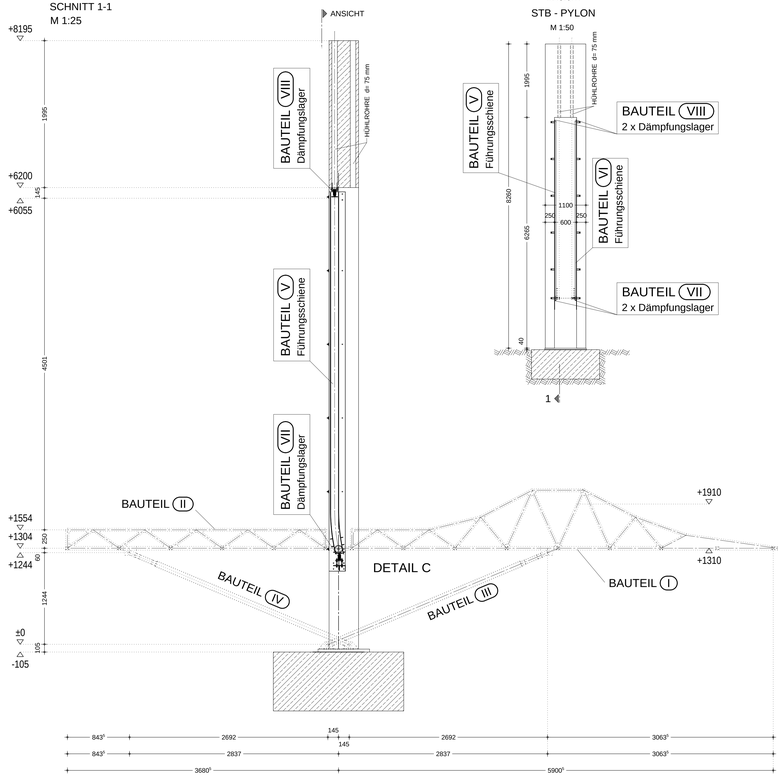
Planinhalt: ÜBERSICHTSPLAN, REGELQUERSCHNITTE, DETAILPLÄNE BAUTEIL I-IV

Plan-Nr	BAUTEIL	ERNE	INDEX
04	- 0	01	

Erstellt mit einer Studentenversion von Allplan

ÜBERSICHTSPLAN

SCHNITT 1-1
M 1:25



ANSICHT
STB - PYLON
M 1:50

BAUTEIL V — M 1:5

1 x B V 1 BL 5150 / 220 / 5	5 x B V 4 BL 30 / 30 / 5
2 x B V 2 BL 4306 / 30 / 8	3 x B V 5 BL 30 / 20 / 5
6 x B V 3 BL 100 / 40 / 5	1 x B V 6 BL 160 / 35 / 8
	1 x B V 7 BL 60 / 35 / 8

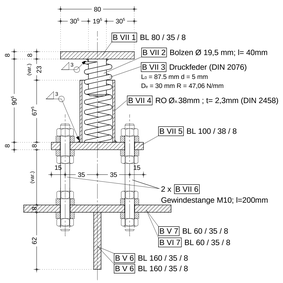
BAUTEIL VI — M 1:5

1 x B VI 1 BL 5150 / 220 / 5	5 x B VI 4 BL 30 / 30 / 5
2 x B VI 2 BL 4306 / 30 / 8	3 x B VI 5 BL 30 / 20 / 5
6 x B VI 3 BL 100 / 40 / 5	1 x B VI 6 BL 160 / 35 / 8
	1 x B VI 7 BL 60 / 35 / 8

BAUTEIL VII — M 1:2

2 x

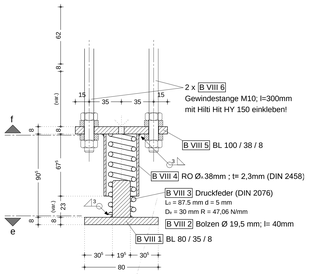
1 x B VII 1 BL 80 / 35 / 8	1 x B VII 4 RO Ø- 38mm ; t= 2,3mm
1 x B VII 2 Bolzen Ø 19,5 mm; l= 40mm	1 x B VII 5 BL 100 / 38 / 8
1 x B VII 3 Druckfeder (DIN 2076)	2 x B VII 6 Gewindestange M10
L₀ = 87.5 mm d = 5 mm	l=200mm
D₀ = 30 mm R = 47,06 N/mm	



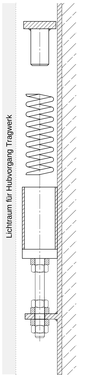
BAUTEIL VIII — M 1:2

2 x

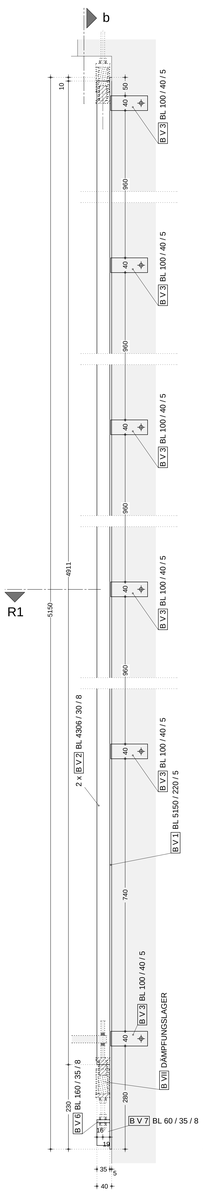
1 x B VIII 1 BL 80 / 35 / 8	1 x B VIII 4 RO Ø- 38mm ; t= 2,3mm
1 x B VIII 2 Bolzen Ø 19,5 mm; l= 40mm	1 x B VIII 5 BL 100 / 38 / 8
1 x B VIII 3 Druckfeder (DIN 2076)	2 x B VIII 6 Gewindestange M10
L₀ = 87.5 mm d = 5 mm	l=300mm
D₀ = 30 mm R = 47,06 N/mm	



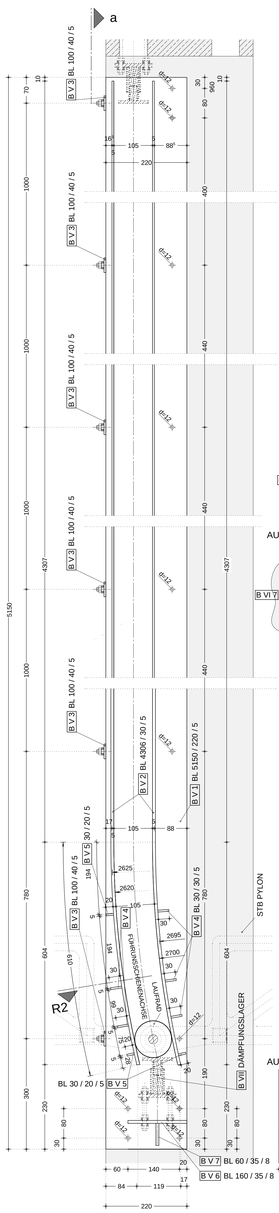
Lichtraum für Hubvorgang Tragwerk



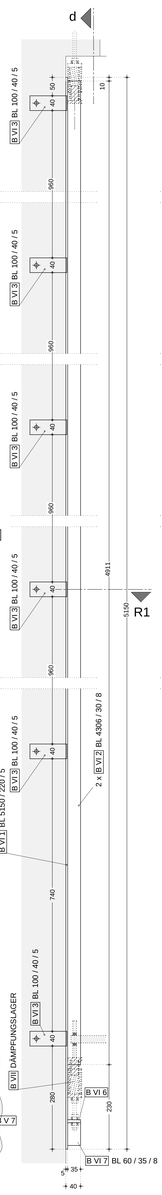
SCHNITT a-a



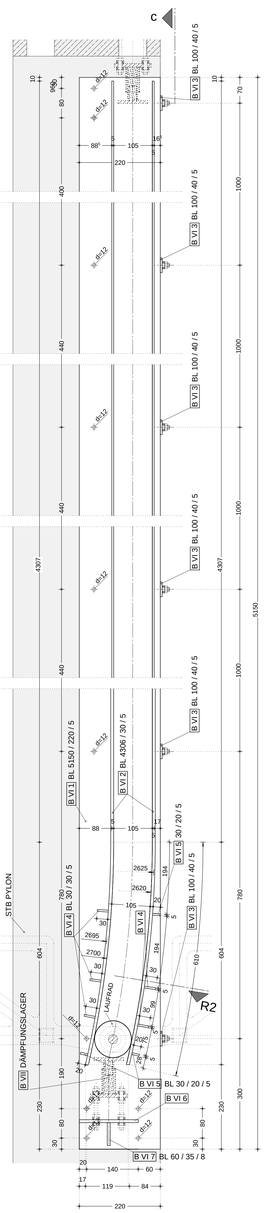
SCHNITT b-b



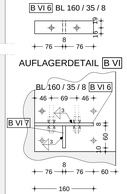
SCHNITT c-c



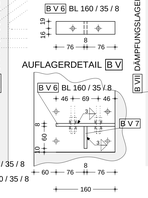
SCHNITT d-d



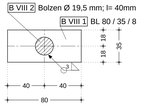
AUFLAGERDETAIL B V



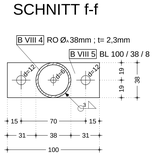
AUFLAGERDETAIL B VI



SCHNITT e-e

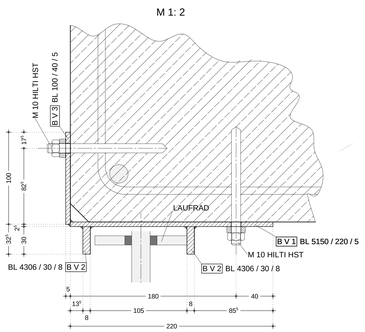


SCHNITT f-f



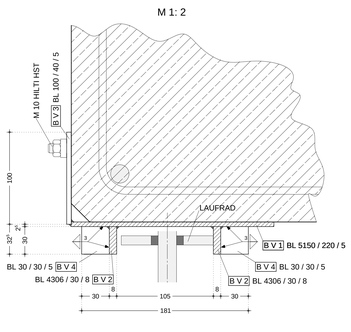
REGELSCHNITT 1-1

M 1: 2



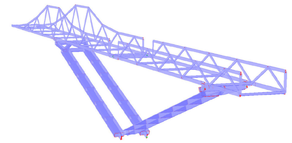
REGELSCHNITT 2-2

M 1: 2



DIPLOMARBEIT
MASTER`S THESIS

KLAPPBRÜCKE LOBAU



Änderung:	Bezeichnung:	erst.:	Datum:

Maßstab: 1:50 , 1:5 , 1:2 | Datum: Juni 2010 | erst.: WD | gepr.:

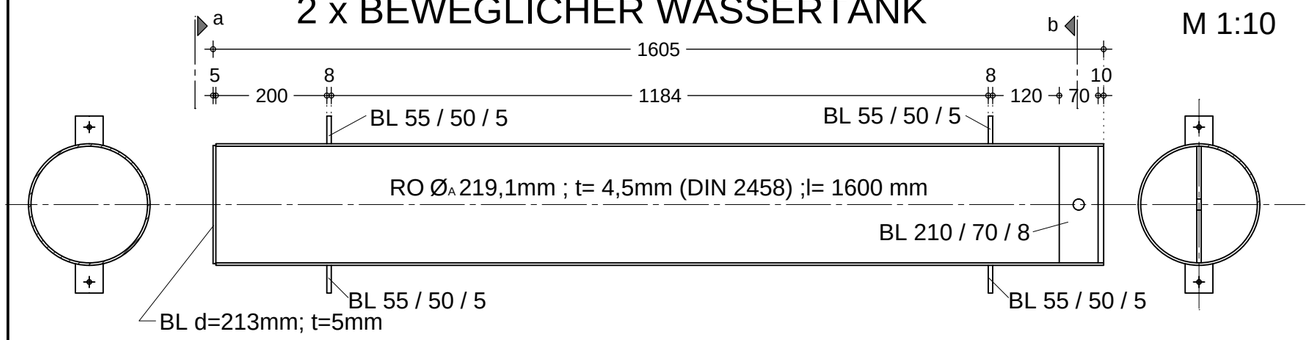
TU WIEN
INSTITUT FÜR TRAGKONSTRUKTIONEN I BETONBAU
Technische Universität Wien, Karlsplatz 13/212, 1040 Wien

Bauvorhaben:	KLAPPBRÜCKE LOBAU FELDVERSUCH	zug. Pläne: GZ:
Planinhalt:	ÜBERSICHTSPLAN, REGELQUERSCHNITTE, DETAILPLÄNE BAUTEIL V-VIII	Plan-Nr: BAUTEIL 05 - ÜBERG 0 INDEX 01

Erstellt mit einer Studentenversion von Allplan

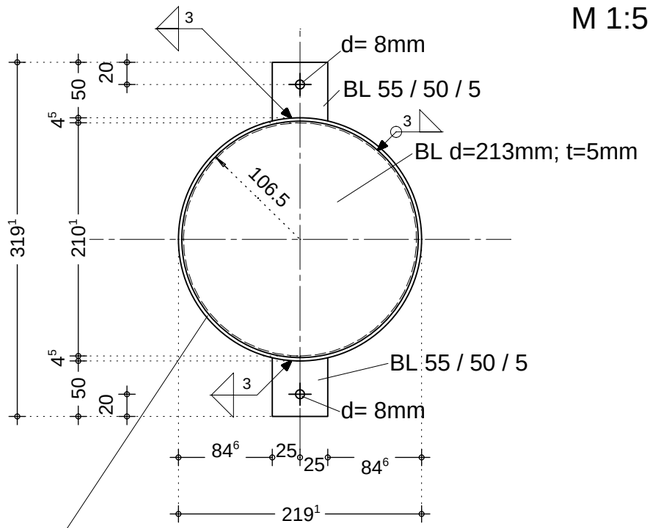
2 x BEWEGLICHER WASSERTANK

M 1:10

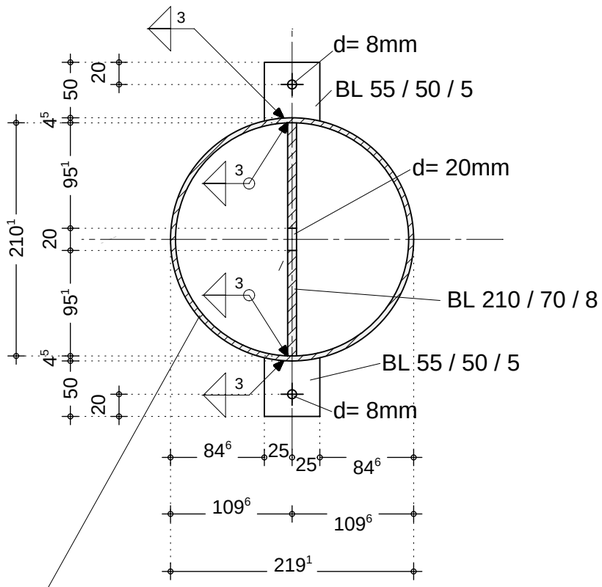


Schnit a-a

M 1:5

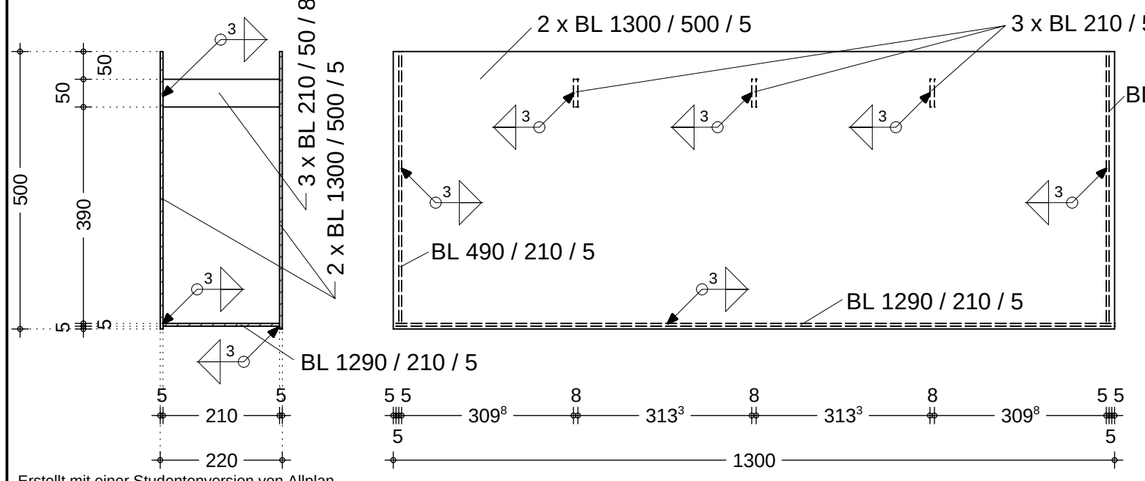


Schnit b-b



1 x STATIONÄRER WASSERTANK

M 1:10

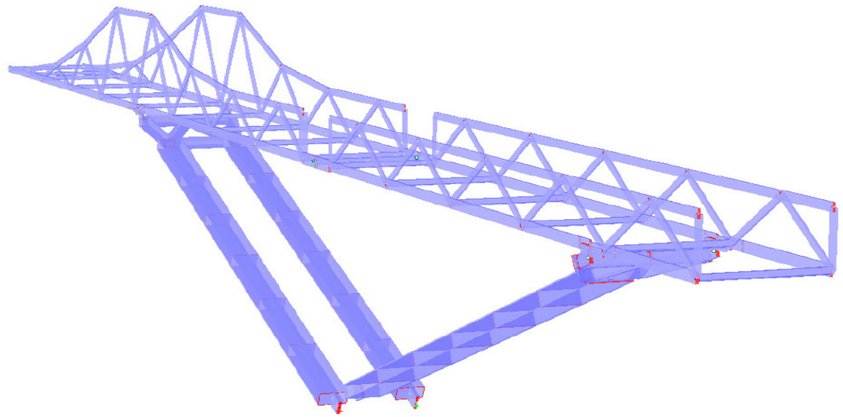


Erstellt mit einer Studentenversion von Allplan

DIPLOMARBEIT

MASTER`S THESIS

KLAPPBRÜCKE LOBAU



C			
B			
A			
Aenderung:	Bezeichnung:	erst.:	Datum:

Maßstab:	1:10 ; 1:5	Datum: Juni 2010	erst.: WD	gepr.:

INSTITUT FÜR TRAGKONSTRUKTIONEN I BETONBAU
Technische Universität Wien, Karlsplatz 13/212, 1040 Wien

Bauvorhaben: KLAPPBRÜCKE LOBAU
FELDVERSUCH

zug. Pläne:

GZ:

Planinhalt: DETAILPLÄNE WASSERBEHÄLTER

Plan-Nr.	BAUTEIL	EBENE		INDEX
06	-	0	01	