



## MASTERARBEIT

# Entwurf einer Talbrücke unter Anwendung der *„Balanced Lift Method“*

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

unter der Leitung von

**Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Johann Kollegger**

und Mitarbeit von

**Dipl.-Ing. Susanne Blail**

Institut für Tragkonstruktionen – Betonbau

Karlsplatz 13 / 212, A-1040 Wien

Fakultät für Bauingenieurwesen

und

**Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Anita Aigner**

Institut für Kunst und Gestaltung

Karlsplatz 13 / 264, A-1040 Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

**eingereicht an der Technischen Universität Wien**

**Fakultät für Architektur und Raumplanung**

verfasst von

**Dipl.-Ing. Rudolf Nikolaus Brandstötter**

Mat.nr.:9727042

Dr.Hildgasse 2-8/5/13

A-3002 Purkersdorf

Ich versichere,

1. dass ich die Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubter Hilfe bedient habe.
2. dass ich diese Diplomarbeit bisher weder im In- noch Ausland in irgendeiner Form vorgelegt habe.
3. dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, am 20.01.2009

.....

---

# Vorwort

---

Die vorliegende Masterarbeit widmet sich der Formfindung und Gestaltung von Brücken, die durch ein neuartiges Verfahren realisiert werden sollen. Damit hat sich der Verfasser eine Bauaufgabe zum Gegenstand gemacht, die zwar immer wieder im Rahmen von Abschlussarbeiten der Studienrichtung Architektur, in der Baupraxis jedoch relativ selten von Architekten bearbeitet wird. Das bereits abgeschlossene Studium des Bauingenieurwesens mag zwar die Wahl des Themas beeinflusst haben, doch nach einer mit dem Studium der Architektur einhergehenden gestalterischen Sensibilisierung, sollte dieses Thema nun auch aus einer mehr auf Form und Ästhetik gerichteten Perspektive bearbeitet werden.

Die Gestaltung von Brücken erfordert vom Entwerfer, der hier bewusst weder Architekt noch Ingenieur genannt werden soll, eine „ganzheitliche“ Herangehensweise. Es müssen „funktionale“ Aspekte, Aspekte der Ökonomie, der Ökologie, der Sicherheit, der Symbolik und Ästhetik zur Deckung gebracht werden.

Um dem interdisziplinären Anspruch, der Verbindung zweier Berufsfelder und der damit einhergehenden Ausrichtung auf Ästhetik und Funktion gerecht zu werden, konnte im Rahmen dieser Arbeit eine fakultätsübergreifende Betreuung realisiert werden. Mein besonderer Dank gilt daher Frau Ass. Prof. DI Dr. Anita Aigner vom Institut für Kunst und Gestaltung, die als Betreuerin seitens der Fakultät für Architektur und Raumplanung vor allem mein Verständnis für Brücken als über das Nützliche hinausgehende kulturelle Objekte erweitert hat, sowie Herrn Univ. Prof. DI Dr. Johann Kollegger vom Institut für Tragkonstruktionen, der seitens der Fakultät für Bauingenieurwesen mir Anstoß und Gelegenheit für die entwerferische Anwendung einer von ihm entwickelten neuen Baumethode bot.

Des Weiteren möchte ich Frau Univ. Ass. DI Susanne Blail und Herrn Univ. Ass. DI Paul Herrmann, beides Assistenten am Institut für Tragkonstruktionen, meinen Dank für die konstruktive Mithilfe aussprechen.

Dem zuständigen Amt der Kärntner Landesregierung sei an dieser Stelle für die Bereitstellung von Bild- und Planmaterial gedankt.

---

## Kurzfassung

---

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Entwurf für eine rund 440 m lange Talbrücke präsentiert. Als Standort wurde die Straßenquerung über den Fluss Drau, nahe dem Ort Lippitzbach im österreichischen Bundesland Kärnten gewählt. Der Entwurf wurde mit besonderem Hinblick auf die Anwendung der „*Balanced Lift Method*“ („BLM“) erarbeitet. Die „BLM“ ist ein neuartiges bereits patentiertes Bauverfahren, welches gegenwärtig am Institut für Tragkonstruktionen unter der Leitung von *Prof. Dr. Kolleger* entwickelt wird. Die technologischen Grundlagen zu diesem Verfahren werden im Kapitel 3 in kurzer Form wiedergegeben. Beim vorliegenden Entwurf konnte die „BLM“ erfolgreich auf den Verbundbau übertragen werden, was dem Verfahren einen erweiterten Anwendungsbereich eröffnet.

Da Brückenbauwerke als Teil der öffentlichen Infrastruktur einen wesentlichen Bestandteil der Baukultur widerspiegeln, stellt sich natürlich auch die Frage einer adäquaten Gestaltung. Dies ist besonders bei monumentalen, teils sehr langlebigen, Infrastrukturprojekten von großer Bedeutung, da diese wesentlich mehr als lokale Einzelobjekte das Landschaftsbild ganzer Regionen prägen. Aus diesem Grund wurde vom Institut für Tragkonstruktionen eine Masterarbeit für Architekten ausgeschrieben, in der die gestalterischen Möglichkeiten die dieses neue Verfahren bietet aufgezeigt und anhand eines konkreten Entwurfes dargestellt werden sollen. Dieser Entwurf sowie Variantenstudien, Evaluierung und die Verifizierung der Machbarkeit, werden im Kapitel 4, als auch in den Plänen im Anhang B dargestellt.

Vor der eigentlichen Entwurfsarbeit wurde das Thema Brücken einer allgemeinen Betrachtung unterzogen. Im Kapitel 1 werden die vielschichtigen Funktionen einer Brücke auf Basis eines polyfunktionalen Modells analysiert und deren Auswirkungen diskutiert.

Kapitel 2 thematisiert das Entwerfen beziehungsweise den Entwurfsprozess von Brücken. Es werden die wichtigsten entwurfsbestimmenden Parameter dargestellt und beschrieben. Aufbauend auf der Analyse dieser Parameter folgen Erläuterungen zum konzeptionellen Entwurf, sowie dessen Verfeinerung mit Hilfe von Werkzeugen für die Brückengestaltung. Praktische Erfahrungen und Studienprojekte des Verfassers zum Thema Brücken runden diesen „theoretischen“ Teil der Arbeit ab.

---

## Abstract

---

In this thesis the design for a 440m long bridge is presented. For its location a crossing across the river Drau near the village of Lippitzbach in Carinthia/ Austria was chosen. The draft was designed particularly with regard to the “Balanced Lift Method” (“BLM”), which is an innovative, already patented, construction technique that is currently being developed at the Institute for Structural Engineering at the head of Prof. Dr. Kollegger. A brief recapitulation on the technological principles of this process can be found in the third chapter. In the present draft it was possible to successfully transfer the “BLM” to composite construction, which opens up an extended area of application.

Since bridge constructions are essential parts of public infrastructure, usually mirroring regional building culture, adequate design is important and required. This aspect is of particular importance when it comes to monumental, partly long-lasting infrastructure projects, which sometimes are dominating the landscape of an entire region.

On this account, a master thesis for architects was tendered by the Institute for Structural Engineering, in which the creative possibilities of the new “BML” should be shown and presented on the basis of a particular design proposal. Chapter 4 as well as the plans in attachment B deal with this design proposal and show studies concerning possible alternatives, evaluation and verification of feasibility.

Before starting with the actual design work, the issue of bridges was examined closely. Chapter 1 offers an analysis of the various functions of a bridge and describes their impacts. Moreover, the important defining parameters of the abstract are also presented and described. Based on the analysis of these parameters, explanations concerning the conceptual draft as well as their improvements with the help of various tools used for the design of bridges follow.

Practical experiences as well as study projects of the author put a finishing touch to the theoretical part of this thesis.

---

# Inhaltsverzeichnis

---

|   |     |
|---|-----|
| Vorwort .....                                 | I   |
| Kurzfassung.....                              | II  |
| Abstract .....                                | III |
| Inhaltsverzeichnis .....                      | IV  |
| 1. Über – Brücken.....                        | 1   |
| 1.1    Einleitung .....                       | 2   |
| 1.2    Zum Problem der Funktionen .....       | 4   |
| 2. Entwerfen von Brücken.....                 | 14  |
| 2.1    Gedanken zum Brückenentwurf .....      | 15  |
| 2.2    Ort und Übergang.....                  | 22  |
| 2.3    Konzeptioneller Entwurf.....           | 30  |
| 2.4    Werkzeuge der Brückengestaltung.....   | 34  |
| 3. The „Balanced Lift Method“ .....           | 46  |
| 3.1    Anwendungsmöglichkeiten .....          | 47  |
| 3.2    „BLM“ - Allgemeines .....              | 48  |
| 3.3    Gestaltungsrelevante Kriterien .....   | 52  |
| 4. Entwurf einer Talbrücke .....              | 64  |
| 4.1    Allgemeines.....                       | 65  |
| 4.2    Standort.....                          | 66  |
| 4.3    Entwurfsraum .....                     | 70  |
| 4.4    Gestaltungskonzept.....                | 71  |
| 4.5    Bautechnik .....                       | 72  |
| 4.6    Variantenstudien .....                 | 73  |
| 4.7    Evaluierungsprozess .....              | 77  |
| 4.8    Evaluierung der Varianten A bis D..... | 78  |
| 4.9    Entwurfsbeschreibung Variante D .....  | 80  |
| 4.10   Tragwerksmontage.....                  | 88  |
| 4.11   Visualisierungen .....                 | 93  |
| Literaturverzeichnis.....                     | 98  |
| Abbildungsverzeichnis .....                   | 100 |
| Anhang A: Statische Betrachtungen .....       | A-1 |
| Anhang B: Pläne .....                         | B-1 |

---

# 1. Über – Brücken

---

*„Die Menschen bauen zu viele Mauern,  
doch zu wenig Brücken.“  
Sir Isaac Newton*

## 1.1 Einleitung

Brücken verbinden und stehen als Symbol für Verbindung.

So tragen beispielsweise alle Banknoten, der 2002 eingeführten europäischen Gemeinschaftswährung, Abbildungen von Brücken – möglicherweise ein Symbol für Verbindung und Zusammenführung verschiedener Völker.

Durch das Schlagen neuer Brücken werden die unterschiedlichsten zwischenmenschlichen Prozesse wie Begegnung, Austausch und Handel initiiert – eine „Lebensader“ wird geöffnet.

Das Pulsieren dieser „Lebensadern“ – heute in Form von Verkehrswegen – ist Indiz für Wachstum. Das permanente Streben der Menschheit nach Verbesserung und Güteranreicherung fordert das ständige Zirkulieren in dem immer feiner werdenden Geflecht aus „Adern“. Stellen, an denen die Zirkulation gehemmt wird, werden unter teils enormen Anstrengungen beseitigt. Der Bau von Brücken und Tunnels ist Ausdruck dieses Kraftaktes. Dieses Bestreben, die Erde zu erschließen, treibt den Menschen seit jeher an, sei es um Nahrungsmittel zu sammeln, die Ernte einzubringen oder um Handel mit Gütern aller Art zu betreiben. Die Brücken sind dabei das „Herzstück“ jeder Verkehrsinfrastruktur, sie sind Nadelöhr und Polarisationspunkt in einem.

In Zeiten, in denen es nur eine spärliche Anzahl an Übergängen gab, bildeten sich Zentren rund um die gesicherten Übergänge. Ortsnamen wie Bruck an der Mur, Innsbruck, Pontresina, etc. lassen die Bedeutung der Brücke für die regionale Entwicklung noch deutlich erkennen. Eine Brücke kann somit wesentlich zum Aufschwung einer Region beitragen und deren wirtschaftlichen Standort nachhaltig sichern. Abb.: 1-1 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Bruttosozialprodukt und der Verkehrsinfrastruktur verschiedener Länder. Demzufolge stellt eine intakte Verkehrsinfrastruktur - und somit auch ein intaktes Brückennetz - die Basis für wirtschaftliches Wachstum und Wohlstand einer Gesellschaft dar. Ohne funktionierendes Verkehrswegenetz, wären die Versorgung der Menschen mit Nahrung und Energie sowie die medizinische Betreuung nicht mehr sichergestellt. Des Weiteren bildet das Verkehrswegenetz die Grundlage für alle weiteren Industriezweige und somit für die wirtschaftliche Existenz einer Gesellschaft. Es ist nicht verwunderlich, dass jene Sparte, die den „aktiven Teil“ der Verkehrsindustrie stellt – die Kraftfahrzeugsindustrie – gerne für Werbezwecke auf das Herzstück der „passiven Verkehrsinfrastruktur“ zurückgreift.



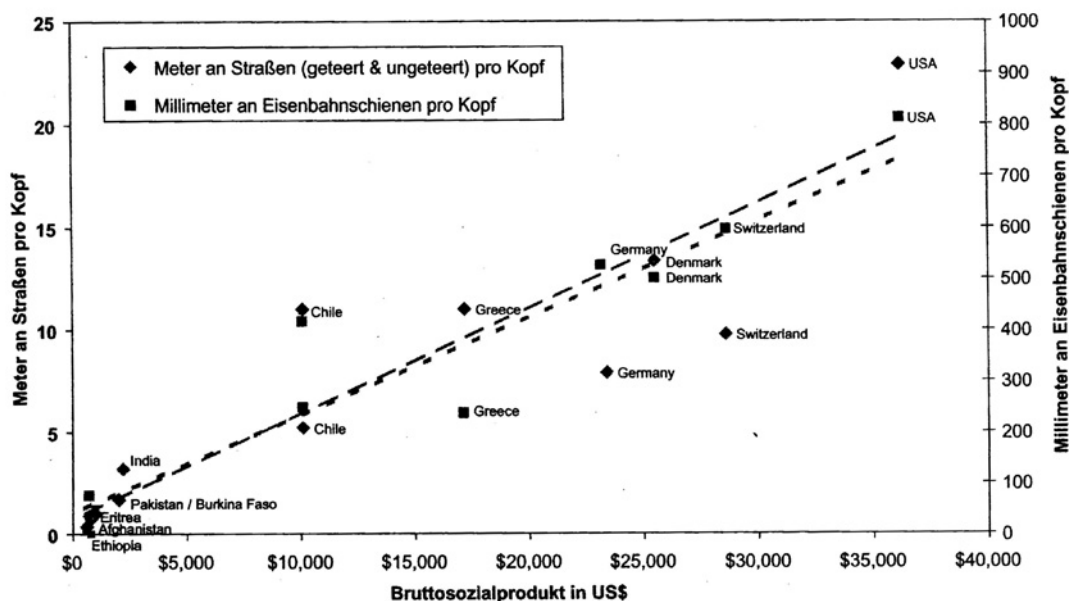


Abb.: 1-1 - Zusammenhang zwischen Verkehrsinfrastruktur und Bruttonationalprodukt, [1] S.3

Die Fahrzeughersteller bedienen sich der mannigfaltigen Symbolkraft der Brücke, steht sie doch auch für das Überwinden von Grenzen und für Freiheit.

Doch nicht nur die Industrie, auch die unterschiedlichsten Künste, sei es Literatur, Film oder Malerei, bedienen sich immer wieder des Motivs der Brücke. Die starke Symbolkraft der Brücken hat die Menschen durch die Jahrhunderte hinweg stets beflügelt. Auch die römisch katholische Religion bedient sich der Symbolik der Brücke. Die Brücke wird hier zum Symbol zwischen dem Irdischen und dem Himmlischen, vertreten durch den Papst als „Pontifex Maximus“.



Abb.: 1-2 - Symbolkraft von Brücken<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Quelle: li. Bild: [www.audi.at](http://www.audi.at); re. Bild: [www.man.at](http://www.man.at), 16.01.2009

## 1.2 Zum Problem der Funktionen

Ein polyfunktionales Modell zum besseren Verständnis von Brücken

*Nicht die Raumbildung steht im Vordergrund und bestimmt die, zumeist durch eine Hülle verdeckte Tragkonstruktion, wie dies bei Hochbauten der Fall ist, sondern die Erfüllung einer einzigen, genau definierten Funktion.<sup>2</sup> (A.Pauser)*

Haben Brücken demnach nur eine einzige Funktion zu erfüllen, oder resultiert dieser vermeintliche „Monofunktionalismus“ aus einer mit vordefinierten Werten behafteten Anschauung heraus?

Es stellt sich nun die berechtigte Frage, ob für Bauwerke, die eingebettet in der Komplexität der Anforderungen unserer Gesellschaft, ein solch monofunktionalistischer Zugang vertretbar ist?

Betrachten wir die verschiedenartigsten Brücken, von der Fußgängerbrücke im entlegenen alpinen Tal bis zur Eisenbahnbrücke für Hochgeschwindigkeitszüge, so wird klar, dass eine Vielzahl unterschiedlichster Anforderungen, abgestimmt auf den individuellen Anspruch jeder Bauaufgabe, zu erfüllen ist. Es eröffnet sich ein interessanter Zugang, wenn Brücken im Sinne eines erweiterten Funktionsbegriffes erörtert werden, der neben der „funktionalen“ Funktion auch andere Funktionen mit einbezieht. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben, gibt Abb.: 1-3 einen Überblick über Funktionen die von einer Brücke erwartet werden, beziehungsweise die sich durch die Betrachtung und Benutzung einer Brücke über ihre Lebensdauer hinweg entwickeln können. Im Wissen, dass alle Funktionen untereinander gekoppelt sind und in gegenseitiger Wechselwirkung stehen, muss für jeden Entwurf die richtige Mischung aus dem „Funktions- Potpourri“ gefunden werden.

Der Brückenbauer hat die verantwortungsvolle Aufgabe die spezifische, „richtige“ Mischung für jeden Ort zu finden, ohne dabei der Diktatur der „ökonomischen Funktion“ zu unterliegen, denn nur ausgewogene Systeme, deren Funktionen im inneren Gleichgewicht stehen, lassen ein wirklich gutes Bauwerk hervortreten.

Diese an Ort und Aufgabe immer wieder neu angepasste Mischung aus Funktionen, ist der Nährboden für die Vielfalt, die der Brückenbau über die Jahrhunderte hervorgebracht hat. Bei jeder Brücke sind andere Konstellationen, Mischungen und Durchdringungen verschiedener Funktionen erkennbar und diese können wiederum über die Jahre hinweg einem Wandel unterliegen.

---

<sup>2</sup> [30] S.12

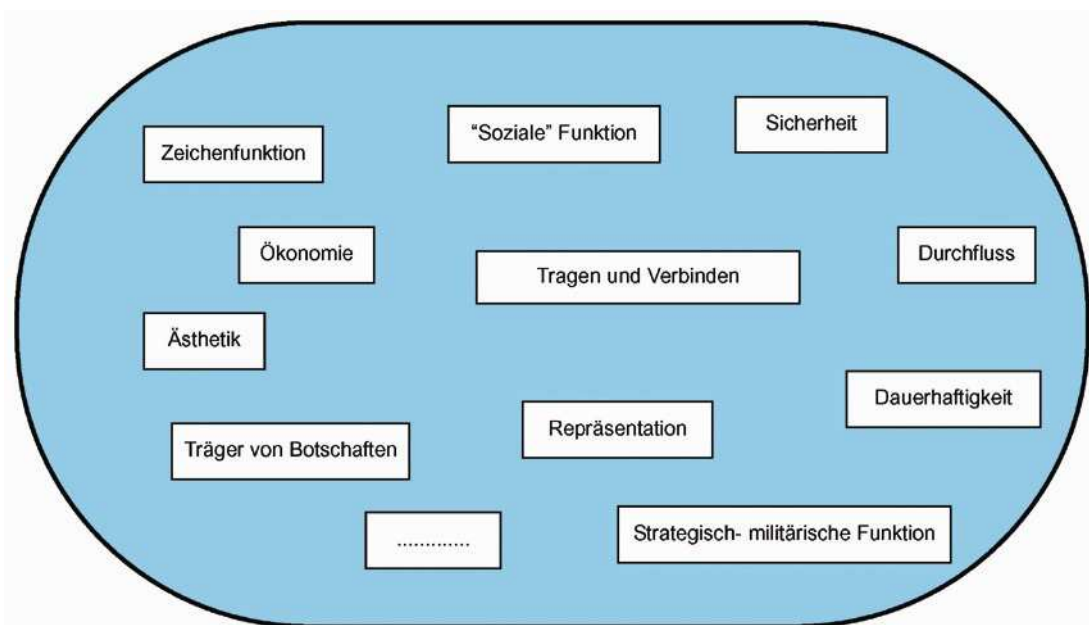


Abb.: 1-3 - Brückenfunktionen

### Tragen und Verbinden

Diese polyfunktionale Betrachtung von Brücken, basiert auf der Existenz der „Ur-Funktion“ oder anders ausgedrückt der „funktionalistischen“ Funktion, die durch das Tragen und Verbinden, von durch Hindernissen separierten Orten, gebildet wird. Es muss also immer eine Verbindung vorhanden sein, die definierte Lasten zu tragen hat, damit die Bezeichnung Brücke – im bautechnischen Kontext - anwendbar wird. Die Verbindung darf dabei auch temporär unterbrochen werden, wie dies bei Hub- und Klappbrücken der Fall ist. Dies berechtigt auch den Begriff der „Luftbrücke“ die zwar eine Verbindung zweier Orte darstellt, jedoch keinesfalls als permanenter Verkehrsträger anzusehen ist.

Die Anforderungen der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit sind materialspezifisch in einer Unzahl an Normen geregelt, weshalb hier nicht näher darauf eingegangen wird.

### Zeichenfunktion

„Als wäre es ein anderer Kontinent gewesen“, betitelt die Zeitung „Der Standard“ auf seiner Online Ausgabe die Geschichte über die Thayabrücke zwischen Hardegg und Starý Petrín. Zur Trennung der Staaten wurden nach dem Zweiten Weltkrieg die Bodenbretter entfernt, wodurch nur ein unpassierbares Metallskelett zurückblieb. Erst nach dem Fall des Eisernen Vorhanges wird die Brücke wieder geöffnet und zwei unmittelbar benachbarte Regionen wieder zusammengeführt. Im Jahr 2004,

mit dem Beitritt Tschechiens zur EU, wurde auf der Thayabrücke mehrere Tage lang gemeinsam gefrühstückt – ein Akt von höchster verbindender Symbolkraft.<sup>3</sup>

Unabhängig von Dimension und Gestaltung, setzt jede Brücke ein Zeichen in ihrem Umfeld. Das Negieren dieser Funktion führt dazu, dass Objekte ohne Bezug zu ihrer Umgebung und Gesellschaft gebaut werden - jede Brücke setzt Akzente!

In Bauwerken reflektiert sich die geistige Werthaltung einer Gesellschaft, und umgekehrt bewirken Bauwerke gesellschaftliche Veränderungen – Ursache und Wirkung werden untrennbar.<sup>4</sup> Der Brückenbauer muss sich dieser Dimension bewusst sein und das Auftreten der Brücke sorgfältig auf das Umfeld abstimmen. Durch entsprechende Ausformulierung kann der Brücke eine direkte Zeichenfunktion zugeordnet werden. Das Tor zu einer Region oder Stadt, urbane Regeneration, Wiederaufbau, Aufbruch, etc., sind Symbolfunktionen, die mit dem Bau einer adäquat gestalteten Brücke visualisierbar werden.

#### „Soziale“ Funktion

Mit dem Bau einer Brücke werden neue Räume erschlossen. Der „Luftraum“ wird plötzlich begehbar und für den Menschen erlebbar – die Brücke wird zum Lebensraum. Hell, luftig und mit großzügiger Aussicht, so könnte man den Ort auf einer Brücke charakterisieren. Diese positiven Eigenschaften haben Brücken mit ausreichendem Platz seit jeher zu beliebten Orten für Straßenkünstler, Portraitisten, Musikanten, etc. gemacht. Speziell in der urbanen Enge ist der Freiraum der die Brücken umgibt ein besonderes Erlebnis, und dieser sollte auch als solcher erlebbar bleiben. Leider finden sich immer wieder Projekte, die darauf abzielen diesen qualitativ hochwertigen Freiraum, für kommerziell nutzbare Fläche zu opfern.

Welche Prozesse in welcher Qualität an diesem Ort stattfinden können, hängt von den Möglichkeiten ab, die der Brückenbauer zur Verfügung stellt. In Zeiten in denen Brücken nur von Fuhrwerken und per pedes benutzt wurden, waren die Ausbuchtungen über Pfeilern und Widerlagern willkommene Orte, um der Enge der schmalen städtischen Gassen zu entkommen und schufen Orte zum Verweilen, um frische Luft zu schnappen und das Auge über den großzügigen Freiraum, den eine Flusslandschaft im Allgemeinen bietet, schweifen zu lassen. Mit dem Einzug der höheren Geschwindigkeiten in unser Verkehrssystem wurden diese Plätze zunehmend von den Fahrstreifen vereinnahmt. Schmale Notgehwege sind das Resultat dieser Entwicklung. Heute, wo Fußgänger und Radfahrer allmählich wieder

---

<sup>3</sup> Quelle: [www.derstandard.at/International/Europa/Crossover](http://www.derstandard.at/International/Europa/Crossover), Stand 18.01.2009

<sup>4</sup> vgl. [29] S.601

als Verkehrsteilnehmer Akzeptanz finden, ist ein gegenläufiger Trend zu verzeichnen. Durch den vermehrten Bau von Fuß- und Radwegbrücken bzw. Verbreiterung von Gehwegstreifen erhält der Mensch ein Stück Lebensraum zurück, in dem auch zwischenmenschliche Prozesse wieder stattfinden können.



*Abb.: 1-4 - Die Brücke als Ort vielfältiger Handlungen, [13] S.9*

## Durchfluss

Eine weitere elementare Brückenfunktion ist der Durchfluss. Unterschiedlichste Verkehrs- und Medienströme müssen so geführt werden, dass sie einander nicht behindern oder gefährden. Durchfluss findet jedoch auch in meist orthogonaler Richtung zum Brückenverkehrsstrom statt. Dabei ist nicht nur der Durchfluss von Gewässern oder kreuzenden Verkehrsströmen gemeint, sondern auch der Durchfluss von Blicken – Transparenz ist das gebräuchliche Wort dafür. Wird dieser „optische Durchfluss“ verwehrt – man denke an eine Staumauer oder eine Dammschüttung - so geht auch das Wesen der Brücke verloren.



*Abb.: 1-5 - Hell, luftig und mit großzügiger Aussicht*

## Ökonomie

Die Kostenfunktion scheint ein unantastbares Monopol zu haben. Ein Vergabesystem, welches ausschließlich die Kostenfunktion beurteilt, ist Ausdruck für diese Vormachtstellung. Bei kurzfristiger und eindimensionaler Betrachtungsweise kann es durchaus reizvoll sein, alle anderen Funktionen weitestgehend zu unterdrücken. Ob dies auch einer langfristigen, volkswirtschaftlichen Betrachtung standhält, ist eingehend zu prüfen. Denn, was bleibt, ist ein Bauwerk mit dem Menschen viele Jahrzehnte lang leben müssen und nicht eine Zahl in Euro pro Quadratmeter. Auf das Thema Kosten und deren Entwicklung wird im Kapitel 2.1.2 näher eingegangen.

## Ästhetische Funktion

Bei der realen Abwicklung von Projekten ist immer wieder spürbar, dass die ästhetische Funktion von vielen Beteiligten als etwas Zusätzliches, eine Art Anhang aufgefasst wird. Wenn dem so ist, dann könnte man die ästhetische Funktion einfach Ablegen also eine Art On/Off- Funktion. Weil Ästhetik nicht nur ein Moment der Produktion, sondern auch der Betrachtung ist, ist die ästhetische Funktion immer unter all den anderen Funktionen präsent. Der Linguist *Jan Mukarovsky* hat sich diesem Thema angenommen und den Versuch gestartet, in theoretischen Abhandlungen, den Standort der ästhetischen Funktion unter den übrigen Funktionen zu bestimmen.

*Was die Stellung der ästhetischen Funktion unter den übrigen Funktionen betrifft, müssen wir hier, ohne ins Detail zu gehen, zumindest daran erinnern, daß die ästhetische Funktion, wo und in welcher Nachbarschaft auch immer sie auftreten mag, die dialektische Negation von Funktionalität darstellt. Jede Funktion, mit Ausnahme der ästhetischen, kann sich letztendlich immer nur dort manifestieren, wo es um die Verwendung irgendeiner Sache zu irgendeinem Zweck geht; die ästhetische Funktion jedoch wird, wann und wo auch immer sie sich manifestiert, das Ding selbst zum Zweck machen, und das bedeutet, seiner praktischen Verwendung hinderlich sein, und zwar um so mehr, je stärker sie sein wird.<sup>5</sup>*

Mukarovský spricht von der potentiellen Allgegenwart aller Funktionen und somit auch jener der ästhetischen Funktion. Sie taucht nicht plötzlich auf und ist auch nicht etwas Zusätzliches oder Hinzugefügtes. Die ästhetische Funktion ist immer präsent – jedes Ding kann schön oder hässlich gefunden werden. Überall, wo ihr Platz geboten wird und andere Funktionen zurücktreten, tritt sie verstärkt auf. Es gibt auch keine Sache, die nicht ihr Träger sein könnte, und umgekehrt keine Sache, die zwangsweise ihr Träger ist.

Die ästhetische Funktion tritt deswegen gerne dort zu Tage, wo eine praktische Funktion zurückgenommen wird. Wird dieser Gedanke fortgesetzt, und die Anzahl der praktischen Funktionen eines Objektes sukzessive reduziert, so wird die ästhetische Funktion die Vormachtstellung einnehmen. Dies markiert den Übergang vom Bereich außerhalb der Kunst zur Kunst selbst.<sup>6</sup>

Ab wann ist nun eine Brücke ästhetisch oder gar ein Kunstwerk?

Greift man Mukarovskýs polyfunktionales Modell auf, bei dem jede Funktion immanent mit der ästhetischen Funktion verbunden ist, so wird klar, dass es nicht notwendig ist, einer Brücke eine „Extraportion an Ästhetik“ zu verabreichen.

Die Ästhetik der gesamten Brücke ergibt sich aus der Addition der ästhetischen Anteile jeder einzelnen Funktion. Eine elegante Wegeführung, eine am Kraftfluss orientierte, sauber detaillierte Konstruktion, eine Brücke, die auf die Geschichte oder die aktuellen Tendenzen einer Region reagiert, könnten die Beschreibungsmerkmale einer ästhetisch hochwertigen Brücke sein. Es ist das Ganze, bestehend aus der Summe seiner Einzelteile, dass Betrachtung finden muss.

---

<sup>5</sup> [25] S.119

<sup>6</sup> vgl. [25] S. 120 ff

Es bleibt noch die Frage nach dem Kunstwerk. Eine Fragestellung, die durchaus von aktueller Bedeutung ist. Erst vor Kurzem wollte die Stadt Wien den spanischen Architekten und Ingenieur *Santiago Calatrava* mit dem Entwurf einer Fußgängerbrücke direkt beauftragen, was allerdings nach dem österreichischen Vergabegesetz nicht so einfach möglich ist. Von politischer Seite wurde argumentiert, dass die Brücke ein Kunstwerk sei und somit nur direkt beim Künstler bestellt werden könne. Bleibt man bei der oben angeführten Definition von Kunst und deren Artefakten – dem Kunstwerk, so müsste die ästhetische Funktion die führende Position einnehmen. Umgelegt auf eine Fußgängerbrücke würde dies bedeuten, dass elementare Funktionen wie das Tragen und Verbinden in den Hintergrund, ja im Extremfall sogar inexistent werden könnten. Eine Fußgängerbrücke ohne Gehweg, wäre eine „reine“ Skulptur– ein sich selbst genügendes Artefakt. Solange jedoch andere Funktionen dominieren, bleibt die Brücke im Bereich außerhalb der Kunst.

Wie einem Bericht der Zeitung „Der Standard“ zu entnehmen ist, ist auch der österreichische Rechtsexperte, *C. Fink* dieser Meinung: „Zu sagen, eine Brücke oder ein Bahnhof seien Kunstwerke, geht ins Absurde“.<sup>7</sup>

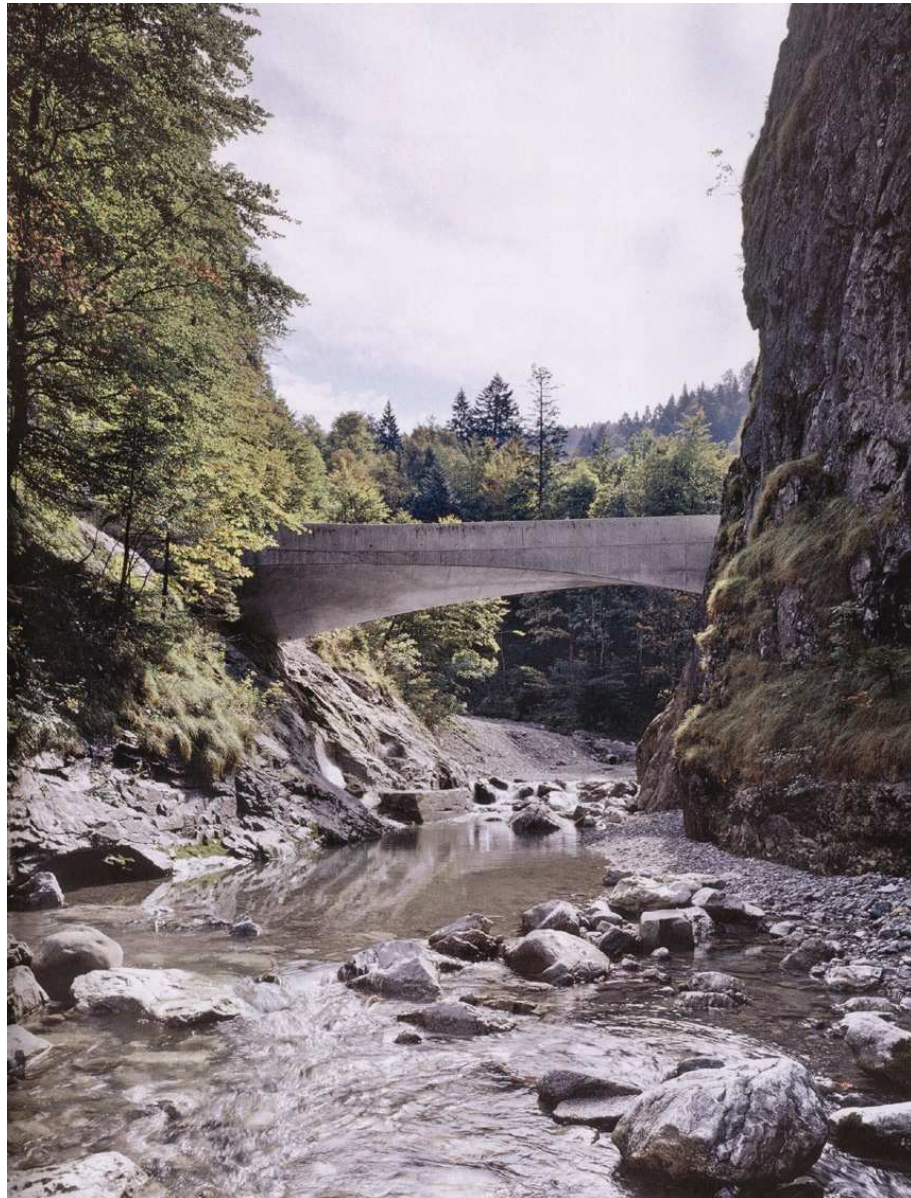
Nach den bisherigen Folgerungen ist also eine Brücke, die ihrer Hauptfunktion entledigt ist, ein Kunstwerk. Ist nun die oben angeführte Brücke über die Thaya in Hardegg ein Kunstwerk? Setzten die Soldaten, die nach Ende des Zweiten Weltkrieges die Holzbohlen entfernten, eine künstlerische Handlung?

Nach dem Dafürhalten des Verfassers wohl eher nicht. Doch wodurch unterscheidet sich nun die künstlerische Handlung von dieser politisch-strategisch orientierten Handlung? Der Unterschied liegt in der Intention des Handelnden. Demnach ist auch das Bekenntnis des Handelnden zur ästhetischen Funktion erforderlich, um Objekte mit ausgeprägter ästhetischer Funktion– sei sie nun dominierend oder nicht zu schaffen.

---

<sup>7</sup> Quelle: Der Standard, Widerstand gegen Calatrava, vom 9/10.02.2008





*Abb.: 1-6 - Brücke bei Dornbirn, [31] S.1417*

### Strategisch-militärische Funktion

Flüsse stellen aus militärischer Sicht einen natürlichen Verteidigungswall dar. Die zugehörigen Brücken, als singuläre Übergänge, sind somit von größter strategischer Bedeutung. Um Versorgung und Nachschub zu unterbinden, sind Brücken ein begehrtes Ziel von Luftangriffen. Umgekehrt muss im Falle eines Rückzuges dem Feind das Vorrücken erschwert werden. Zu diesem Zweck wurden vor allem in der Zeit des „Kalten Krieges“ strategisch wichtige Brücken mit Sprengkammern versehen. Im Ernstfall konnten somit rasch die Wege für eine Bodeninvasion blockiert werden.

## Sicherheit

Die Anforderungen an die Tragsicherheit sowie die direkte Nutzersicherheit sind in den verschiedenen Kulturen sehr unterschiedlich ausgeprägt. Grundsätzlich ist der Anspruch an die Sicherheit in wirtschaftlich stärker entwickelten Ländern höher als in Entwicklungsländern. Die Tragsicherheit wird in Europa durch die so genannten Eurocodes abgedeckt. Die direkte Nutzersicherheit wird in länderspezifischen Verordnungen festgelegt.

Mit dem Thema Sicherheit sind im weiteren Sinne zwei unangenehme Handlungen verbunden, die sich bei verschiedenen Brücken unterschiedlich stark ausprägen: Vandalismus und Suizid.

Vandalismus ist vorwiegend im urbanen Raum ein Problem. Vielleicht aus Langeweile oder aus Mangel an anderen Ausdrucksmöglichkeiten, werden öffentliche Einrichtungen mutwillig zerstört. Vandalenakte die bis zum Einsturz von Brücken geführt haben sind dem Verfasser nicht bekannt. Möglicherweise siegt hier dann doch die Vernunft, dass es nicht sehr klug ist, am Ast zu sägen auf dem man sitzt.

Auf Seiten der zuständigen Verwaltungseinrichtungen ist allerdings eine gewisse Verdrossenheit gegenüber Vandalenakten zu verzeichnen. Wie soll darauf reagiert werden? Vandalismussichere, robuste Gestaltung wird dann gefordert. Aber ist dies die richtige Antwort? Dies würde bedeuten, dass die Symptome und nicht die Ursache bekämpft werden. Des weiteren muss sich eine Gesellschaft die Frage stellen, ob wegen einem verschwindend kleinen Anteil der Bevölkerung, alle anderen auf eine „nicht vandalensichere“ Ausführung verzichten sollen? Oder anders gefragt: Soll sich die Architektur von öffentlichen Bauten, der destruktiven Handlung einzelner Individuen unterordnen?

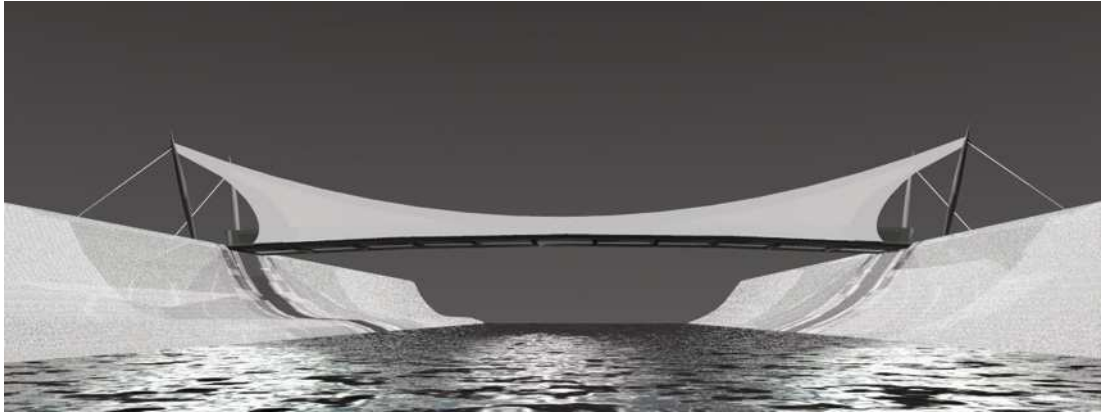
Möglicherweise führt dies zu einer weiteren Verschlechterung der Lage, da sich so mancher Vandalen herausgefordert fühlen könnte. Der Wiener Architekt *Albert Wimmer* ist auch der Meinung, dass eine ansprechende Gestaltung die richtige Antwort auf die „Vandalismusfrage“ sei:

*Das ansprechende Umfeld soll auch Vandalismus verhindern: „In einem schönen Raum benimmt sich kaum jemand devastierend“, glaubt der Architekt. Graffiti fallen für ihn nicht in die Kategorie Vandalenakt: „Die sind durchaus zeitgemäß und bedeuten für mich, dass die Bevölkerung einen Neubau annimmt.“<sup>8</sup>*

---

<sup>8</sup> Der Standard, Praterbahnhof: Licht und Leichtigkeit, vom 15/16.12.2007

Wird dem Vandalismus zuviel Bedeutung beigemessen, so würde dies das vorzeitige Ende vieler interessanter Entwicklungen bedeuten. Für Tragwerke, wie beispielsweise in Abb.: 1-7 gezeigt, die sich einer textilen Haupttragstruktur bedienen, wäre Vandalismus eine „Killer-Funktion“. Solchen Einschränkungen sollte sich die baukulturelle Entwicklung nicht unterwerfen.



*Abb.: 1-7 - Entwurf einer Fußgängerbrücke mit textilem Tragwerk*

Von ähnlicher Problematik ist der Umgang mit dem Thema Suizid. Auch hier stellt sich die Frage ob jedes Geländer mit aufwendigen Zusatzeinrichtungen gesichert werden sollte?

Das wohl prominenteste Beispiel in dieser Angelegenheit ist die Golden Gate Bridge in den USA. Sie gilt als die „tödlichste Brücke der Welt“. Bisher haben sich etwa 1250 Menschen das Leben durch den Sprung von der Brücke genommen. Die Diskussion über die Installation von Barrieren führte noch zu keiner baulichen Veränderung, da niemand bereit ist die kolportierten 50 Millionen Dollar zu bezahlen und ästhetische Bedenken (!) bestehen.<sup>9</sup> In diesem Fall ist die funktional-hierarchische Ordnung eindeutig erkennbar!

---

<sup>9</sup> vgl. [www.wikipedia.org/wiki/Golden\\_Gate\\_Bridge](http://www.wikipedia.org/wiki/Golden_Gate_Bridge), Stand 20.01.2009

---

## 2. Entwerfen von Brücken

---

*„There can be structure without architecture,  
but there cannot be architecture without structure.“  
Eladio Dieste*

## 2.1 Gedanken zum Brückenentwurf

Entwerfen, Entwickeln und Konstruieren sind die bedeutsamsten Prozesse in der Genesis einer Brücke. Es ist die Geburtsstunde eines neuen Objektes, welches über Jahrzehnte die Landschaft bereichert oder diese entstellt. Der Entwurfsprozess ist deshalb mit größter Sorgfalt und Hingabe zu zelebrieren.

Bei einem gut durchdachten Entwurf geht später alles auf. Umgekehrt sind Schwierigkeiten bei der Statik oder bei der Bauausführung meist auf einen oberflächlichen Entwurf zurückzuführen.<sup>10</sup>

Entwerfen ist, wie in Abb.: 2-1 dargestellt, ein zyklischer, iterativer Prozess. Eingangs steht die ausführliche Identifikation mit der Umgebung, ihren Eigenheiten, sowie allen anderen Anforderungen an den künftigen Übergang. Elemente die in dieser Phase missachtet werden und nachträglich addiert werden müssen, sorgen meistens für Schwierigkeiten und formale Brüche. Als Beispiel sei hier die banale Anforderung der Entwässerung gebracht. Wird der Ort der dafür notwendigen Rohre nicht von Anfang an vorgesehen – so werden sie mit Sicherheit an einer Stelle angebracht werden, wo sie der Entwerfer nicht sehen möchte. Es bedarf der ganzheitlichen Betrachtung von Anfang an!

Hat der Entwerfer die Anforderungen an die Brückenbauaufgabe erfasst so kann die Konzeptionierungsphase beginnen. Der eigentliche kreative Prozess liefert nun mehrere Varianten deren Vor- und Nachteile es zu quantifizieren gilt.

Es gibt immer mehrere Varianten, die auf den ersten Blick alle Anforderungen und Randbedingungen erfüllen. Durch Studieren und Analysieren verschiedener Versionen können deren Stärken und Schwächen und dies gilt sowohl für ästhetische, tragwerksspezifische und wirtschaftliche Kriterien, herausgearbeitet werden. Durch Übernehmen des „Guten“ und Weglassen des „Schlechten“ können neue Varianten entstehen. Dieser Prozess muss solange fortgeführt werden bis das Ergebnis in Richtung des „optimalen“ Entwurfes, also minimale Kosten bei maximaler ästhetischer Qualität konvergiert.

Zur Beurteilung der Varianten in Hinblick auf ihre formale Qualität stehen unterschiedlichste Mittel zur Verfügung. Fotorealistische Darstellungen, 3D-Animationen können heute relativ rasch, zumindest für die Beurteilung von Varianten erstellt werden. Das physische Modell bietet jedoch deutlich mehr Vorteile bei der Beurteilung und Verbesserung von Varianten in Bezug auf deren räumliche

---

<sup>10</sup> vgl. [1] S.4

Wirkung. Architektur strukturiert den Raum – der Entwurfsprozess sollte daher auch räumlich stattfinden.

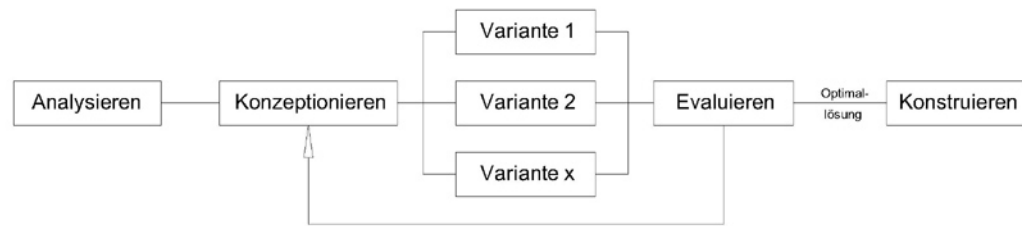


Abb.: 2-1 - Schematisierter Entwurfsablauf

Selbstverständlich sind die Varianten auch in dieser Phase auf ihr statisches bzw. dynamisches Verhalten zu überprüfen. Auch sollten bereits Überlegungen zum Bauablauf angestellt werden, da die Errichtungsweise wesentlich zu den Gesamtkosten beiträgt. Zur ganzheitlichen Beurteilung sollte in diesem Stadium auch eine grobe Kostenschätzung der einzelnen Varianten vorliegen.

Da nahezu alle Entwurfsparameter miteinander untrennbar gekoppelt sind wird hier klar, dass diese Studien nur in intensiver, gleichwertiger Zusammenarbeit erfolgen können. Eine Entwurfspraxis bei der Entwürfe zwischen Architekten und Ingenieuren hin und her geschoben werden, kann nur in Glücksfällen zu einem guten Ergebnis führen.

### 2.1.1 Die Suche nach dem Gleichgewicht

Gleichgewicht spielt im Bauwesen eine zentrale Rolle. Der Tragwerksplaner ist stets bemüht die, aus den Einwirkungen resultierenden Kräfte mit den aufnehmbaren Kräften im Gleichgewicht zu halten. Dieser innere ausgewogene Zustand spiegelt sich auch im Entwurf selbst wieder.

*Beim konzeptionellen Entwurf einer Brücke besteht das Ziel darin, unter Berücksichtigung der Entwurfsgrundlagen ein Tragsystem zu entwickeln, in dem*

- *das Gleichgewicht zwischen Wirtschaftlichkeit und Erscheinungsbild (Ästhetik) ausgewogen ist und*
- *die allgemein funktionellen Anforderungen an Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit eingehalten werden.<sup>11</sup>*

<sup>11</sup> [8] S.53

Es gilt demnach einen Zustand zu finden indem sich der wirtschaftliche Aufwand, über die gesamte Lebensdauer der Brücke, mit der ästhetischen Erscheinung der Brücke die Waage hält. Hier beginnt das Dilemma, indem eine monetäre Einheit mit „Ästhetik“ verglichen werden soll. Schönheit oder Ästhetik sind keine „messbaren“ Größen, ein Vergleich von quantifizierbaren Größen muss deshalb ausbleiben.

Vielmehr muss der Fokus am inneren Gleichgewicht liegen. Auf den Menschen und somit dem Betrachter, Nutzer und Bewerter der Brücke bezogen, bedeutet Gleichgewicht auch Harmonie und Ausgewogenheit. Unsere gesamte Lebensgrundlage beruht auf dem universalen Phänomen Gleichgewicht, vom Aufbau der Atome bis zu den Bahnen der Himmelskörper.<sup>12</sup>

Das Tragwerk, dem es gelingt dieses Gleichgewicht von Aufwand und Nutzen in adäquater Weise zu visualisieren, wird wohl am ehesten das Gefühl von Harmonie und Ausgewogenheit hervorrufen, wodurch die Metamorphose vom leblosen technokratischen Objekt hin zur Baukultur stattfinden kann. Um den Zustand der Ausgewogenheit oder den „Seelenfrieden“ zu erreichen ist jedoch die Vertrautheit mit Material und Physik von entscheidender Bedeutung.

*Seelenfrieden entsteht durch die intime Kenntnis der Materie, mit der man gestaltet, bis der richtige Zustand erreicht ist. Wer sicher die Stoffe kennt mit denen er gestaltet, und die Physik beherrscht, die zwischen den Stoffen und der Welt wirkt, kann ohne Blick in ein Baukonstruktionsbuch oder irgend eine Anleitung spielerisch gestaltend und konstruktiv entwerfen.<sup>13</sup>*

---

<sup>12</sup> vgl. [8] S.68

<sup>13</sup> [9] S.34

## 2.1.2 Kosten

*Ideallösungen, die minimale Kosten und ein Maximum an ästhetischer Qualität aufweisen, sind nicht möglich. Das Ziel der Entwurfsarbeit und damit die eigentliche Kunst des Brückenbaues besteht darin, möglichst nahe an die Ideallösung heranzukommen, die ein Höchstmaß an wirtschaftlicher und ästhetischer Qualität aufweist. Dazu braucht es neben unternehmerischer Erfahrung in Bautechnik und architektonischem Formgefühl vor allem innovative Phantasie und Kreativität.<sup>14</sup>*

Demnach steht die ästhetische Qualität mit den wirtschaftlichen Mitteln in direktem Zusammenhang. Um die gesamten Kosten eines Bauwerkes, also die „Life-cycle-costs“ gering zu halten ist es unumgänglich deren Entstehung zu eruieren. Für den Entwerfer ist es nun eine interessante Frage wie und vor allem in wessen Verantwortungsbereich die Kostenfixierung stattfindet.

Abb.: 2-2 a) zeigt den qualitativen Verlauf der Kostenfixierung in Abhängigkeit zum Projektverlauf. Der Großteil der gesamten Projektkosten, wird in der Entwurfs- und Entwicklungsphase festgelegt. Der Einfluss aller später folgenden Tätigkeiten wie z.B. die statische Berechnung sind demnach von untergeordneter Rolle. Das Verständnis über den Aufbau der Kostenstruktur ist von entscheidender Bedeutung für den Entwerfer, da es in seiner Hand liegt, ob die Projektkosten a priori das angestrebte Budget überschreiten oder eben nicht. Wird die Kostenentwicklung bei Brücken oder allgemeiner bei tragwerksdominanten Bauwerken betrachtet, so stehen deren Kosten im direkten Zusammenhang mit der konstruktiven Logik der Struktur. Abb.: 2-2 b) zeigt rein qualitativ die Kostenentwicklung von Bauwerken mit unterschiedlich hohen Anforderungen an das Tragwerk. Wird im Entwurfsstadium ein ungünstiges Tragwerk gewählt oder gewünscht, so kann nicht mehr damit gerechnet werden, dass im weiteren Projektverlauf die Baukosten gravierend optimierbar sind.

In der aufgezeigten Kostenentwicklung kann auch ein Mitgrund für den oftmaligen Konflikt zwischen Architekten und Ingenieuren gefunden werden. Lässt der Entwerfer beim konzeptionellen Entwurf von tragwerksdominanten Bauwerken die Logik der Struktur außer Acht, so hat der berechnende Ingenieur, so mutig er auch sei, kaum Spielraum dieses a priori erzeugte monetäre Defizit zu kompensieren.

---

<sup>14</sup> [8] S.53



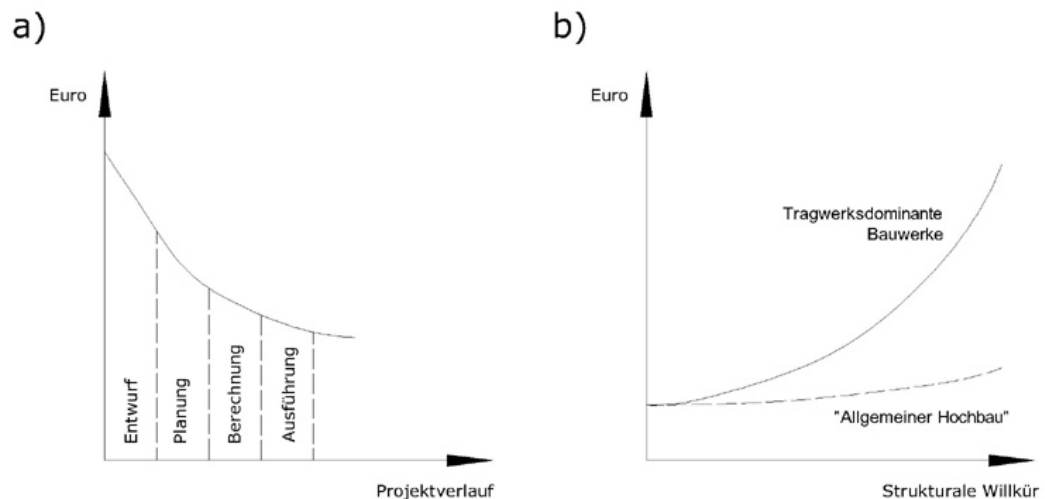


Abb.: 2-2 a) Festlegung der Bauwerkskosten in Bezug zum Projektverlauf; b) Bauwerkskosten in Abhängigkeit der strukturellen Willkür

Ob nun das primär gewählte System zur Ineffizienz des Bauwerks beiträgt, lässt sich nicht so einfach beantworten wie die gut quantifizierbare Frage ob die errechnete Tonnage an Konstruktions- bzw. Bewehrungsstahl adäquat ist oder nicht. Da man nun quantifizierbare Größen, wie die Tonnage bzw. Trägerabmessungen, zur Verfügung hat, eröffnet sich ein breiter Raum für lange Unterhaltungen zwischen Architekt und Ingenieur.

| Hauptposition                 | Anteil (%) an                                 |   |
|-------------------------------|---|---|
|                               | Gesamtbaukosten (ohne Projekt und Bauleitung) | Kosten der Hauptposition und Bauleitung |
| Baustelleninstallation        | 8   |   |
| Unterbau                      | 23,5  |   |
| Foundationen                  |   | 18                                      |
| Pfeiler und Widerlager        |   | 5,5                                     |
| Überbau                       | 54,5  |   |
| Lehrgerüst, Schalung, Montage |   | 20                                      |
| Beton                         |   | 10                                      |
| Bewehrung                     |   |   |
| Betonstahl                    |   | 13,5                                    |
| Spannstahl                    |   | 11                                      |
| Ausbau                        | 14  |   |

Abb.: 2-3 - Kostenstruktur von Betonbrücken, [8] S.63

In Abb.: 2-3 ist die durchschnittliche Kostenstruktur von ausgeführten Betonbrücken dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die oben angesprochene Diskussion über z.B. Bewehrungsmengen keine signifikante Reduktion der Bauwerkskosten bringt.

*Ein Beispiel:*

Für einen rd. 300 m breiten Fluss war eine pfeilerlose Fußgängerbrücke zu entwerfen. Die Brücke solle aussehen wie ein Bambus, war der architektonisch – metaphorische Ansatz des Architekten. Eine 300 m weit spannende Brücke ist zweifelsohne ein tragwerksdominantes Objekt. Ein Bambusstab, so effizient er für seine natürliche Aufgabe auch sein mag, ist kein geeignetes Brückentragwerk womit die Entwurfsidee im rechten oberen Sektor der Abb.: 2-2 b) anzusiedeln war und somit das Projekt von Kindheitstagen an mit einer schweren Last behaftet wurde.

Brücken als Teil der öffentlichen Infrastruktur werden in der Regel durch Steuergelder finanziert. Demnach sind bei der projektspezifischen Budgetierung volkswirtschaftliche Interessen zu wahren. Es obliegt nun dem Infrastrukturbetreiber diese Interessen mit monetären Aufwendungen zu beziffern. Der Spagat zwischen Verschwendung und kultureller Notwendigkeit muss in Abhängigkeit der Bedeutung für jedes Projekt neu vollzogen werden. In Österreich bietet der Gesetzgeber im Rahmen des Kulturförderungsgesetzes eine Hilfestellung. Beispielsweise sei an dieser Stelle der Paragraph 4a „Kunst am Bau“ des oberösterreichischen Kulturförderungsgesetzes zitiert:

*§ 4 a (3) Bei Tiefbauten des Landes ist eine ästhetische Umraumgestaltung und eine harmonische Einbindung in das Landschaftsbild anzustreben.<sup>15</sup>*

Etwas genauere Informationen konnten im Salzburger Kulturförderungsgesetz gefunden werden.

*§ 3 (3) Bei Bauten des Landes, die öffentlichen Zwecken dienen, ist eine integrierte künstlerische Gestaltung anzustreben. Hierbei ist sicherzustellen, dass die künstlerische Einflussnahme auf das Bauvorhaben möglichst frühzeitig einsetzt. Die Aufwendungen für die künstlerische Gestaltung haben sich an der Bedeutung des Bauwerkes und an der Höhe des jeweiligen Aufwandes zu orientieren, wobei als Richtwert bei Hochbauten rund 2% und bei sonstigen Bauten einschließlich Straßenbauten 1 % der Bausumme gelten.<sup>16</sup>*

Etwas spezifischer und großzügiger beziffert *Menn* die Zusatzausgaben für die Gestaltung von Brücken:

---

<sup>15</sup> Auszug aus dem Kulturförderungsgesetz Land Oberösterreich

<sup>16</sup> Auszug aus dem Kulturförderungsgesetz Land Salzburg

*Bei großen Brücken sollten diese Zusatzkosten auch bei anspruchsvollster Exposition des Brückenstandortes nicht mehr als 5 % und bei mittleren Brücken nicht mehr als 15 % betragen. Wenn diese Grenzen überschritten werden, ist der konzeptionelle Entwurf ungeeignet und sollte aufgegeben werden. Bei kleinen Brücken wie z.B. Fußgängerstegen dürfen die Zusatzkosten gegenüber der wirtschaftlichsten Lösung auch 100 % oder mehr betragen.<sup>17</sup>*

Die Verteilung von öffentlichen Mitteln ist heikel und schnell ist der Volksmund mit kritischen Stimmen zur Stelle. Die öffentliche Hand muss sich dennoch ihrer Vorbildfunktion bewusst sein und diese auch zur Umsetzung bringen. Dies wird auch im „Österreichischen Baukulturreport 2006“ untermauert:

*Um künftig Baukultur bei allen Baumaßnahmen in Österreich zum grundsätzlichen Ziel zu erheben, ist es notwendig, dass die öffentliche Hand, insbesondere die Republik Österreich, eine Vorbildfunktion ausübt.*

*Dieser baukulturelle Auftrag muss auch Gültigkeit haben, wenn der Bund, die Länder oder die Gemeinden ihre Bauaufgaben an ausgelagerte Unternehmen (BIG, ASFINAG, HLAG, Landesgesellschaften zur Immobilienbewirtschaftung, [...], usw.) übertragen.<sup>18</sup>*

Die adäquate Gestaltung von Brücken ist demnach nicht der Eigenwille von Individuen, sondern ist als Wunsch und Auftrag der Öffentlichkeit zu verstehen und als solcher umzusetzen!

---

<sup>17</sup> [8] S. 55

<sup>18</sup> [23] Heft 2 S. 65 ff

## 2.2 Ort und Übergang

Wie dem schematischen Entwurfsablauf aus Abb.: 2-1 zu entnehmen ist, beginnt der Entwurfsprozess mit der Analyse der Randbedingungen. Die verkehrsplanerischen Anforderungen wie Anzahl und Breite der Fahrspuren oder Gleise werden meist vom Streckenplaner vorgegeben und sind als Randbedingung zu akzeptieren, wenn auch zu hinterfragen. Den entscheidenden Einfluss auf die Brücke übt jedoch der Ort aus an dem sie errichtet werden soll.



Abb.: 2-4 - Ortschaftsspezifische Kriterien

Jeder Ort ist ein Unikat, er ist spezifischen Einflüssen ausgesetzt und erfordert somit eine angepasste, charakteristische Antwort auf die gestellte Bauaufgabe. Er ist Grundlage für eine Vielzahl von Entscheidungen im Laufe des Entwurfsprozesses. Profunde ortsabhängige Entscheidungen, wie Spannweitenaufteilung entsprechend den Möglichkeiten zur Lastableitung sind für die Tragwerkswahl und Brückenform von entscheidender Bedeutung. Der Ort mit seinen ihm eigenen Charakteristiken und die Anforderungen aus der zu führenden Verkehrsart, also Fußgänger-, Straßen- oder Eisenbahnverkehr, sind wohl die elementarsten Entwurfsparameter. Daraus resultiert auch die Forderung, dass der Entwerfer den künftigen Brückenstandort eingehend studieren muss. Im Idealfall kann ein Lokalaugenschein zu verschiedenen Zeiten durchgeführt werden. Als Minimum wird jedoch eine weiträumige Fotodokumentation der Umgebung erachtet. Aus den oben genannten Gründen, ist ersichtlich, dass modulartige, entwurzelte Fertigteilbrücken bestenfalls für Krisensituationen geeignet sind.

In Abb.: 2-4 werden einige wesentliche Eigenschaften aufgeführt, die für den Entwurf von Relevanz sind.

### 2.2.1 Umgebungsstruktur

Ein kolossales weitläufiges alpines Ambiente, verlangt im Gegensatz zu einer verspielten, mit engen Gassen versehenen kleinräumigen Altstadt eine differenzierte Antwort.

Wird eine aus Stabelementen zusammengesetzte Struktur vor einen mannigfaltigen Hintergrund gesetzt, so besteht die Gefahr, dass die Struktur den Hintergrund zerschneidet und somit durch Verwirrung und Unruhe die Harmonie zerstört. Wenn der Hintergrund monoton ist, also z.B. der Himmel oder eine Wasserfläche so kann die „Offenheit“ von Vorteil sein. Flächige Brücken hingegen können vor abwechslungsreichen als auch monotonen Hintergrund gesetzt werden. Sie erzeugen Ruhe und stehen im Kontrast zum Dahinterliegenden.<sup>19</sup> Es ist zu beachten, dass der Hintergrund vom Betrachterstandort abhängig ist.

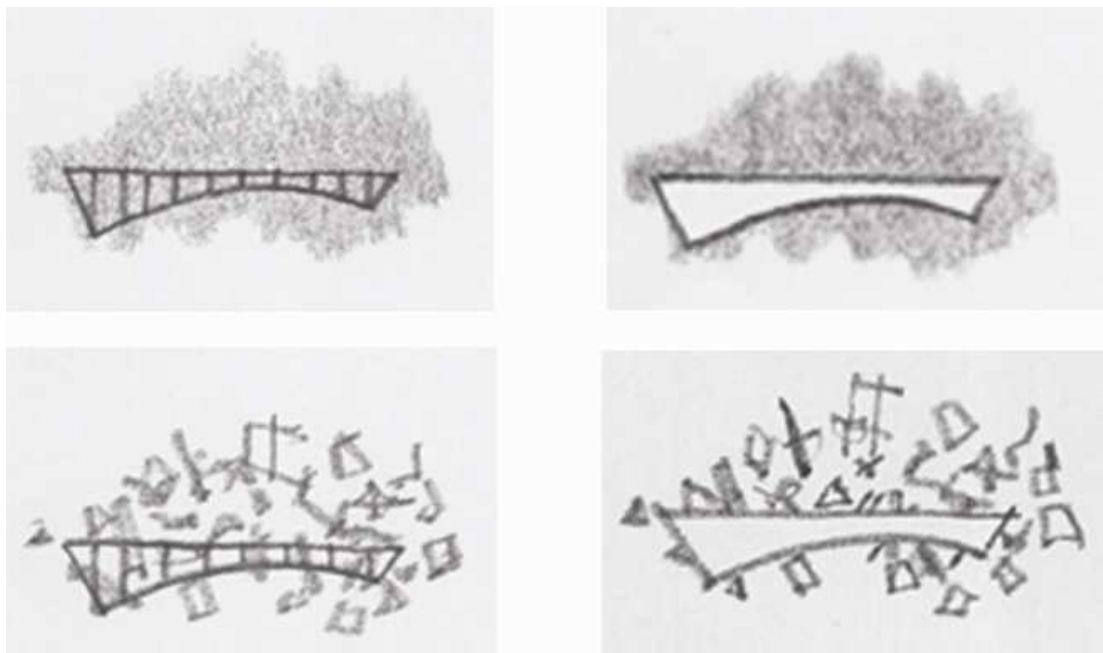


Abb.: 2-5 - Umgebungsstrukturen, [3] S.94

Um auf die Eigenheiten der Landschaft reagieren zu können, muss diese vorab eingehend studiert werden. Dazu müssen der Maßstab, die saisonal variierenden Landschaftsfarben, der strukturelle Aufbau – mannigfaltig oder monoton und sonstige landschaftstypische Eigenschaften analysiert werden.

---

<sup>19</sup> vgl. [3] S. 93

## 2.2.2 Maßstab

Der Maßstab der Umgebung wird vorwiegend von den vertikalen Erhebungen der Umgebung definiert. Im Gebirge oder am Meer ist der Maßstab daher meist groß. Bei urbanen oder Brücken im ländlichen Raum ist der Maßstab eher klein und wird durch die umgebende Bebauung und Bepflanzung markiert. Die Maßstäbe der Brücke und der Umgebung sollten in Relation stehen. Der Maßstab der Brücke wird von der Großform, der Spannweite und den Abmessungen der einzelnen Bauteile bestimmt.<sup>20</sup>

Der Maßstab der nächst kleineren Ebene hängt unmittelbar mit der Nutzung zusammen. Die Nutzung bezieht sich hier auf die Geschwindigkeit der Benutzer mit der sie die Brücke erleben. So können Brücken die mit großer Geschwindigkeit „erlebt“ werden mit etwas gröberen Details versehen sein, als Brücken die vom Menschen begangen werden. Daraus resultiert ein notwendiger, feinerer Maßstab für die Detaillierung von Fußgängerbrücken. Werden die konstruktiven Leistungen pro m<sup>2</sup> Brückenfläche abgerechnet, wird verständlich, dass somit vom Tragwerksplaner eine Extraportion Motivation gefordert ist.

## 2.2.3 Topografie

Die Bedingungen der Erdoberfläche können entscheidend für die Tragwerkswahl sein. Ein steiles Tal kann gut als Widerlager für einen Bogen dienen, wo hingegen in einem flachen Tal mit ungünstigen Baugrundverhältnissen der Bogen zum Scheitern verurteilt wäre. Talbrücken in flachen Tälern sind prinzipiell besonders schwierig zu integrieren, da sie dem Betrachter von Natur aus unlogisch erscheinen, weil ein flaches Tal auch ohne Brücke durchfahren werden könnte. Dies ist ein Zeichen dafür, dass der Mensch die ihm artfremden hohen Geschwindigkeiten, die ein Durchfahren auch von flachen Tälern nicht mehr gestatten, evolutionär noch nicht verarbeitet hat.

## 2.2.4 Geologie

Der Brückenbauer muss Klarheit über die zu erwartenden geologischen Verhältnisse haben. Prinzipiell gilt umso größer und konzentrierter die Lasten umso wichtiger wird der Baugrund. Bei Systemen die den Baugrund in das Tragverhalten

---

<sup>20</sup> vgl. [2] S.94

integrieren, wie z.B. integrale Brücken, bedarf es dementsprechender Untersuchungen.

Bei Hangrutschgefährdung ist zu prüfen, ob aufwändige Fundierungsmaßnahmen oder ein adaptiertes Tragsystem sinnvoller ist. Abb.: 2-6 zeigt eine Brücke bei der die geologischen Verhältnisse einer Talseite zum entwurfsrelevanten Parameter wurden. Das Tragwerk wurde den Verhältnissen angepasst, indem die Stützen am Rutschhang durch „Luftstützen“ ersetzt wurden.

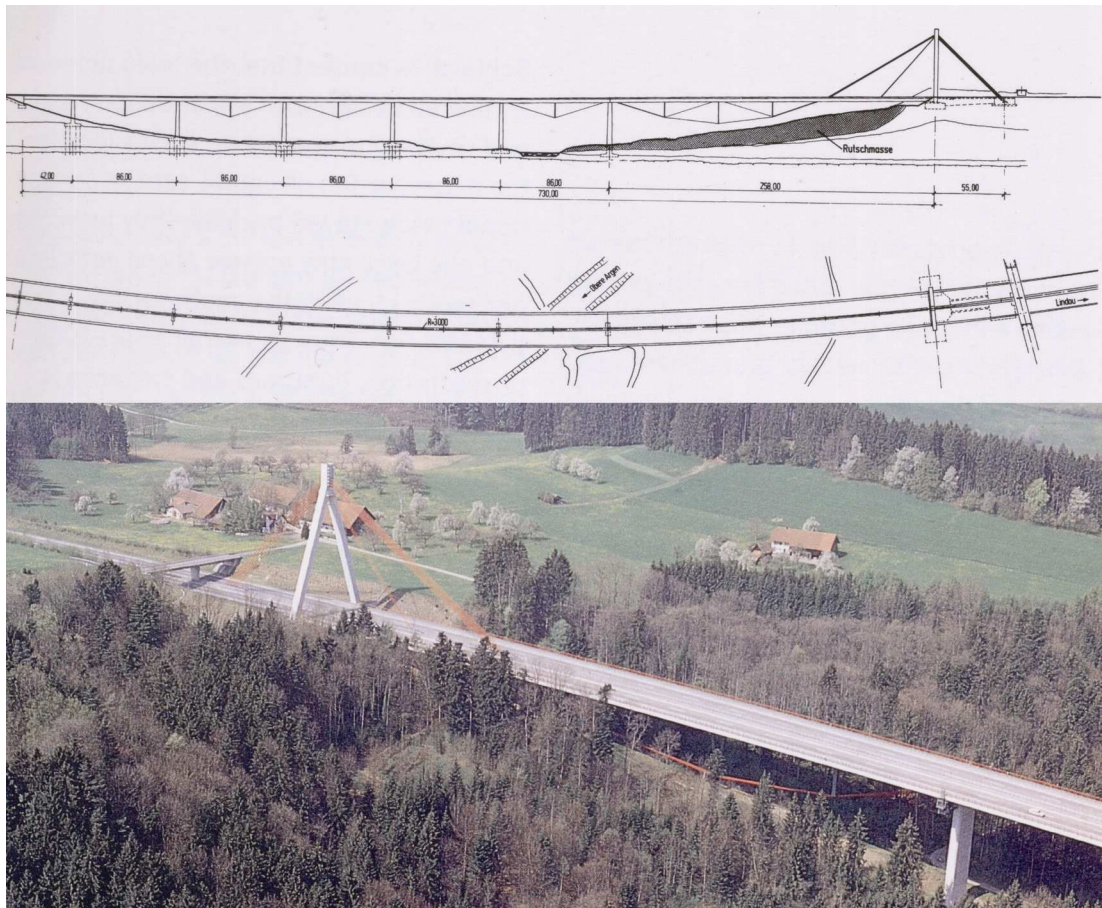


Abb.: 2-6 - Obere Argen Brücke, [12] S.177

## 2.2.5 Infrastruktur

Benachbarte Infrastruktur kann zu Einschränkungen führen, die sehr weitreichende Auswirkungen haben können. So können Höhenbeschränkungen durch angrenzende Flughäfen oder Hochspannungsleitungen entstehen, was zu einer Eingrenzung des Tragwerksrepertoires führt. Als Beispiel sei der in Abb.: 2-7 gezeigte Öresund-Link zwischen Kopenhagen und Malmö erwähnt. Die gesamte Verbindung besteht aus 7845 m Brücke, einer rd. 4 km langen, künstlich angelegten Insel und einem Tunnel mit einer Länge von 4050 m. Diese Komposition entstand aufgrund des nahe liegenden Flughafens von Kopenhagen. Eine

Infrastruktureinrichtung wurde somit entscheidend für eine außergewöhnliche Konzeption eines Verkehrsweges.



Abb.: 2-7 - Öresundlink<sup>21</sup>

Im urbanen Bereich können U-Bahnen oder Einbauten wie Kanäle, Versorgungsleitungen, etc. das Setzen von Gründungspunkten erschweren. Diese „unsichtbaren“ Parameter sind auch bei der Beurteilung von bestehenden Brücken zu beachten, um einer voreiligen Urteilsbildung entgegenzuwirken.

Werden andere Verkehrswege gekreuzt, so sind deren erforderliche Lichtraumprofile freizuhalten. Geringfügige Änderungen der Höhenlagen sowie Tragwerksverformungen sind dabei zu berücksichtigen.

## 2.2.6 Wegeföhrung

Die räumliche Linienführung von Eisenbahn- und Straßenbrücken wird meist vom Streckenplaner vorgegeben, die kaum Variationsmöglichkeiten zulassen. Anders ist dies jedoch bei Fußgängerbrücken die aufgrund ihrer Flexibilität sehr gut an verschiedenen Randbedingungen angepasst werden können. Es muss nicht immer eine Gerade von Punkt A nach B sein, sondern es können auch verschiedenartigste, gekrümmte Linienführungen die für eine Harmonisierung der Wegeföhrung sorgen gewählt werden. Abb.: 2-8 zeigt verschiedene Möglichkeiten der Linienführung. Anschlussebenen können gesplitet werden, wodurch eine Erschließung des Raumes auf mehreren Ebenen ermöglicht wird.

Am Beispiel, der in Abb.: 2-9 gezeigten Pässelelle Simone-de-Beauvoir in Paris ist sehr gut ersichtlich wie der Anschluss unterschiedlicher Höhen mit einem schlüssigen Tragwerkskonzept gelöst wurde.

<sup>21</sup> Quelle: www.wikipedia.at, 02.01.2009



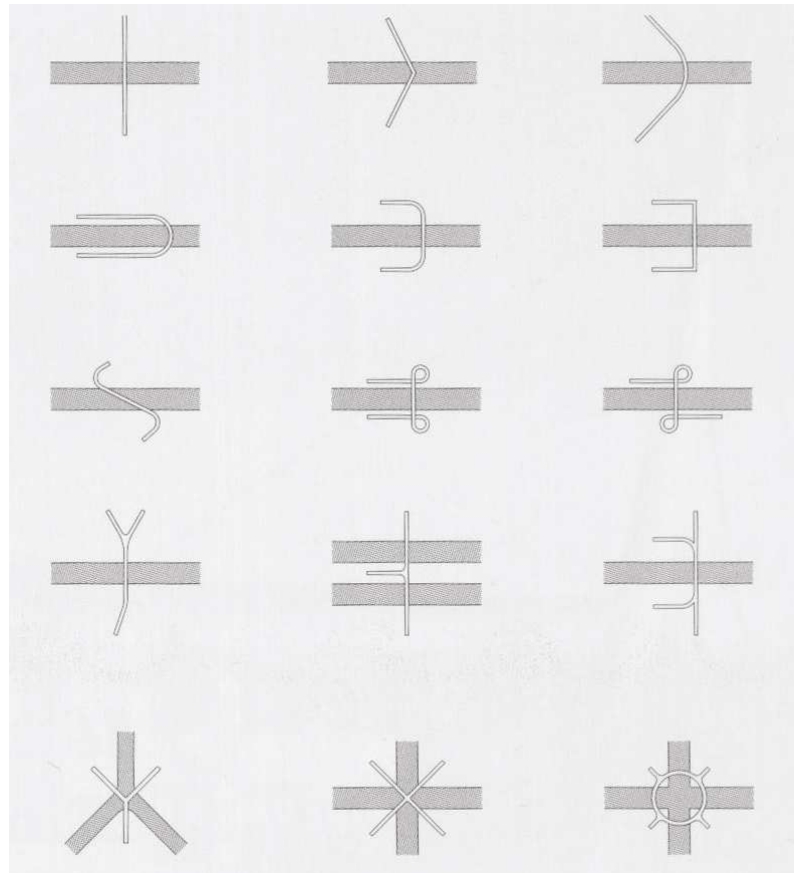


Abb.: 2-8 - Mögliche Wegeführung bei Fußgängerbrücken, [11] S.117

Fußgängerbrücken weisen in der Regel eine Gehwegbreite von 3 bis 4 m auf. Als Faustformel für eine Vorbemessung kann gelten, dass pro Minute 30 Personen pro Meter Brückenbreite ohne jede Behinderung die Brücke passieren können und das selbst bei größtem Gedränge dieser Wert kaum 100 erreicht. Die meisten europäischen Normen schreiben eine Mindestbreite von 2 m vor, wenn neben Fußgängern auch Radfahrer die Brücke benutzen sollen.<sup>22</sup>



Abb.: 2-9 - Fußgängerbrücke mit Wegeführung auf verschiedenen Ebenen, [13] S.21

<sup>22</sup> [11] S.14

## 2.2.7 Hydrologie

Die räumliche und zeitliche Verteilung von Wasser rund um den Bauplatz ist vor allem für die Bauzustände bedeutend. Bauverfahren die sich temporär im Flussbett abstützen, müssen in Bezug auf Hochwässer geprüft werden. Bei unsicheren Verhältnissen kann eine bodenunabhängige Herstellung zu einem sichereren und wirtschaftlicheren Ergebnis führen.

Für den Entwurf ist der vom Bauherrn anzugebende Bemessungshochwasserstand und gegebenenfalls ein Freibord zu berücksichtigen. Bauteile die unterhalb der Hochwassermarken zu liegen kommen, sollten im Hinblick auf eine mögliche Verklausungsgefahr eher kompakt ausgebildet werden.

Die Hochwassermarken samt Freibord, sowie die oben angesprochenen Lichtraumprofile mit der vom Streckenplaner gegebenen Fahrbahngradienten bilden eine wesentliche Entscheidungsgrundlage für die Tragwerkswahl. Wird die vorhandene Bauhöhe zu klein, so wird die Wahl von einem Tragsystem mit unten liegender Fahrbahn nahe liegend. Abb.: 2-10 erläutert den Unterschied zwischen Bau- und Konstruktionshöhe:

$$\text{Konstruktionshöhe: } h_{\text{Kon}} = h_{\text{OK}} - h_{\text{UK}}$$

$$\text{Bauhöhe: } h_{\text{Bau}} = h_{\text{Gra}} - h_{\text{UK}}$$

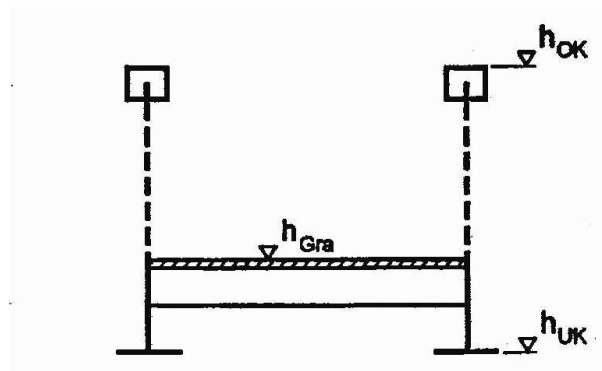


Abb.: 2-10 - Bau- und Konstruktionshöhe, [14]

## 2.2.8 Lokale Bautechnik

Vor Planungsbeginn sollte die Verfügbarkeit der „4-M's“ geprüft werden:

|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| <b>Mensch</b>   | <b>Methode</b>  |
| <b>Material</b> | <b>Maschine</b> |

Vor allem bei Bauten in Entwicklungsländern muss auf eine adäquate Bautechnik geachtet werden. Die vorhandenen Mittel müssen in die Planung unbedingt mit einbezogen werden. Abb.: 2-11 zeigt die Pylon- und Seilmontage für eine Hängebrücke in Laos. Beide Bilder stammen aus dem Jahr 2008, vom Schweizer Brückenbaupionier – *Toni Rüttiman*. Dabei wird ersichtlich, dass die zur Verfügung stehenden Maschinen und Methoden von Beginn an berücksichtigt werden müssen.



*Abb.: 2-11 - Pylon und Seilmontage in Laos, 2008, Quelle: Brückenbauergeschichten von Toni Rüttimann*

Bei, wie heute leider üblich, sehr kurzfristigen Bauabläufen ist die Verfügbarkeit von Materialien zu prüfen. Bei Sonderbauteilen kann eine mehrmonatige Wartezeit anstehen, die eventuell eine Entwurfsänderung nach sich ziehen.

## 2.3 Konzeptioneller Entwurf

### 2.3.1 Entwurfsraum

Aufbauend auf der ausführlichen Ortsanalyse kann in einem weiteren Schritt die Abgrenzung des Entwurfsraumes erfolgen. Hier werden die limitierenden, ortsspezifischen Randbedingungen zu Papier gebracht um den Raum für das noch zu entwickelnde Tragwerk abzustecken. Die untere und seitliche Begrenzung sind meist durch die analysierten, ortsspezifischen Randbedingungen offensichtlich gegeben. Der obere Limes wird, wenn nicht anderweitig begrenzt, meist vom Umgebungsmaßstab definiert.

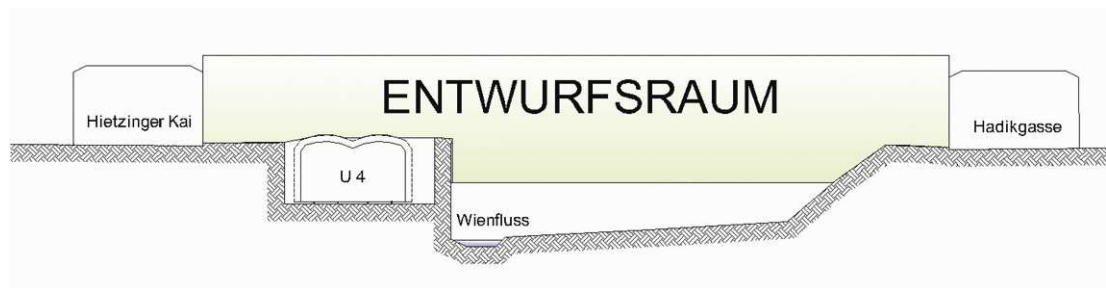


Abb.: 2-12 - Beispiel für die Abgrenzung des Entwurfsraumes

Abb.: 2-12 zeigt den Entwurfsraum für eine Fußgängerbrücke über den Wienfluss. Die unteren Begrenzungen sind einerseits durch das Lichttraumprofil der U-Bahn andererseits durch das HQ 1000 gegeben. Die Mittelmauer durfte gemäß Wettbewerbsausschreibung nicht zum Lastabtrag herangezogen werden und wurde deshalb vom Entwurfsraum ausgeklammert. Die obere Begrenzung wird durch die umgebende Bebauung und Bepflanzung gebildet. Die Höhe der Bepflanzung stellt keine exakte Grenze dar, was durch den vertikalen Farbverlauf innerhalb des Entwurfsraumes angedeutet wird.

Um den vorhandenen Entwurfsraum optimal ausnützen zu können ist eine Abgrenzung und Visualisierung von Vorteil, da somit einige Tragsysteme, die die Randbedingungen des Entwurfsraumes nicht erfüllen, a priori ausgeschlossen werden können.

### 2.3.2 Zeichencharakter

Es obliegt dem Entwerfer ein schlüssiges Konzept für die jeweilige Bauaufgabe zu entwickeln. Er trifft elementare, weitreichende Entscheidungen am Beginn des Entwurfsprozess, die dafür im weiteren Projektverlauf eindeutige Antworten auf

aufkommende Fragen liefern. Wenn ein klares Konzept steht, kann getreu dem Planungsgrundsatz „Alles die Konzeptidee Fördernde wird ausdrucksstark umgesetzt, alles andere wird weggelassen“ weitergeplant werden.

Eine dieser Entscheidungen ist die Interaktion von Brücke und Umfeld, die sehr früh im Entwurfsstadium zu fällen ist. Es muss in diesem Stadium die Wechselwirkung, die die Brücke mit ihrer Umgebung eingehen soll, entschieden werden.

*Eine Brücke muss also ihren Ort reflektieren, sich auf ihn einlassen, im Ganzen und im Detail. Im Ganzen kann sie sich bescheiden einfügen oder bewusst abheben, also den schönen Ort, das liebevolle Tal, die grandiose Umgebung möglichst unberührt lassen oder eine fade Gegend bereichern und ein chaotisches urbanes Umfeld ordnen, mit einer ruhigen Großform oder einem auftrumpfenden Signal.<sup>23</sup> (J. Schlaich)*

Die Interaktion von Bauwerk und Umgebung kann die unterschiedlichsten Formen annehmen und es sei selbstverständlich dem Entwerfer freigestellt bei jedem Projekt die richtige Situation zu erzeugen. Für Brücken sind in Abb.: 2-13 einige mögliche Eigenschaften angeführt.

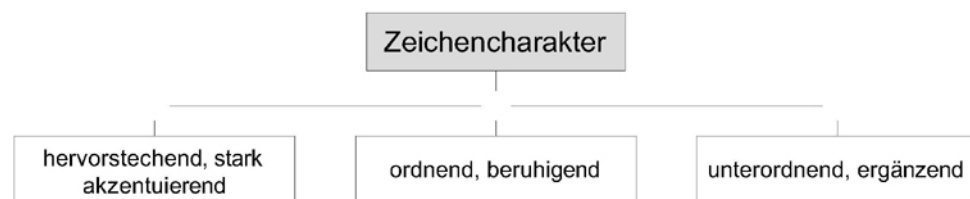


Abb.: 2-13 - Zeichencharakter

Es ist auch möglich die Brücke dem tageszeitlichen Rhythmus anzupassen und in dessen Abhängigkeit eine unterschiedliche Tag- Nachtwirkung zu erzeugen. Wichtig ist nur, dass ein Konzept samt gewünschter Akzentuierung erstellt und umgesetzt wird, denn jede Brücke ist ein Eingriff in die Umgebung der ein mehr oder weniger starkes Zeichen setzt. Wird dies nicht bedacht, so bleibt ihre Wirkung dem Zufall überlassen. Brücken die in ihrem Umfeld nicht akzentuieren gibt es nicht!

*Beispiel:*

Besteht der konzeptionelle Entschluss ein Tragwerk von höchster Schlankheit und Transparenz zu bauen, damit es in einer eindrucksvollen, lieblichen Landschaft nicht dominiert sondern sich Dank seiner Schlankheit unterordnet, so hat diese Entscheidung Auswirkung auf die Gestaltung der Geländer und

<sup>23</sup> [1] S.6

die Farbgebung bis hin zur Beleuchtung. So wird es nicht das Konzept eines „unsichtbaren“ filigranen Tragwerks fördern, wenn dies signalfarben gestrichen wird.

Damit soll verdeutlicht werden, dass konzeptionelle Entscheidungen weitreichende Folgen für den gesamten Projektverlauf bedingen, aber auch wertvolle Antworten auf viele Fragen liefern.

Auch Symmetrie und Asymmetrie sind Mittel der Akzentuierung. Während die symmetrische Großform das Erscheinungsbild beruhigt und harmonisiert, erzeugt die Asymmetrie Spannung und Dynamik. Abb.: 2-14 zeigt eine Studie zu einer Straßenbrücke, die in einem stark gekrümmten Flussabschnitt zu positionieren war. Die Schifffahrtsrinne nahe der Kurvenaußenseite war von Pfeilern freizuhalten. Die Lage in der Kurve, sowie die einseitig angelegte Schifffahrtsrinne verlangten förmlich nach einer asymmetrischen Antwort. Durch das Auflösen der Einspannung am inneren Kurvenrand wird ein sanfter Akzent gesetzt. Die aufragenden „Hörner“ visualisieren auch dem Laien, dass mit diesem Hebel das lange Hauptfeld förmlich hochgedrückt wird.



*Abb.: 2-14 - Entwurfsstudie für eine Straßenbrücke in San Sebastian, Spanien*

Es ist das Arbiträre- nicht reflektierende, das vielen unserer Brücken anhaftet. Es mangelt an der individuellen Entwurfsidee, die auf Umgebung und funktionale Aufgabe entsprechend reagiert. Ein Diskurs im frühen Entwurfsstadium über Entwurfsziel und den zu setzenden Zeichencharakter wären wünschenswert.

### 2.3.3 Tragwerksentwurf

Erst mit den sorgfältig aufbereiteten Randbedingungen die nun in Form des Entwurfsraumes, sowie des gewünschten Zeichencharakters vorliegen, kann mit dem eigentlichen Tragwerksentwurf begonnen werden. Der Tragwerkentwurf ist die Antwort auf die postulierten Entwurfsziele. Es ist ersichtlich, dass bis zum eigentlichen Tragwerksentwurf einiges an „Vorarbeit“ nötig ist. Tragwerkskonzepte

die „wie aus der Pistole geschossen“ offeriert werden, können deshalb die geforderten Bedingungen nur selten erfüllen und sind vom Bauherrn kritisch zu hinterfragen.

In dieser Entwurfsphase kann der planende Ingenieur voll aus dem Repertoire der Tragwerke schöpfen. Durch spezielle Randbedingungen können durch Kombination und/oder Inversion von bekannten Tragwerken neue System entwickelt werden. Dabei wird das Ergebnis wesentlich von der Kreativität sowie dem Erfahrungsschatz des entwerfenden Ingenieurs abhängen. Wiederholend sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass entsprechend Abb.: 2-2 a) in dieser Projektphase ein Großteil der zu erwartenden Bauwerkskosten fixiert werden.

Der Verfasser wünscht allen Entwerfern ausreichend Zeit für diese Phase – ist sie doch eine der schönsten im Laufe der Genesis einer Brücke!

Abb.: 2-15 zeigt zusammenfassend die wesentlichen Einflussparameter für den Tragwerksentwurf.

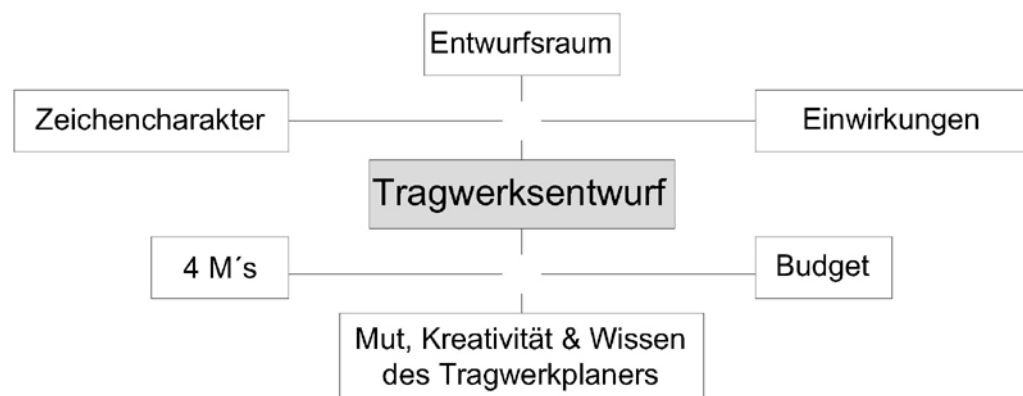


Abb.: 2-15 - Kriterien für den Tragwerksentwurf

## 2.4 Werkzeuge der Brückengestaltung

Das Postulieren von Regeln und Richtlinien ist in technischen Disziplinen ein durchaus üblicher Vorgang. In den kreativ- schöpferischen Bereichen ist dies jedoch mit Vorsicht zu genießen, da durch Standardisierungen eine schmerzliche Dezimierung der Artenvielfalt von Ideen eintreten kann. Die hier angeführten „Werkzeuge“ sollen daher nicht als rigide Regeln oder Rezepte verstanden werden.

Ästhetik wird oftmals als die „Wissenschaft der Schönheit“ bezeichnet, die bestimmt was „schön ist“ oder nicht, bzw. den Künstlern angibt wie sie Schönes schaffen könnten. Würde die „Ästhetik“ solche Regeln für das Schöne vorschreiben, würde sie nichts anderes machen, als eine bestimmte zeitgenössische Konvention zu übernehmen, die zudem meist veraltet ist.<sup>24</sup>

*Menn, Schlaich, Leonhardt, Pauser* u.a. haben aufbauend auf ihrer Erfahrung ihre Meinung zum Thema „Gestaltung von Brücken“ ausführlich dargelegt, die im folgenden Versuch, einer übersichtlichen Darstellung, zusammengefasst und näher erläutert werden soll.<sup>25</sup> Grob können die „Werkzeuge der Brückengestaltung“ wie folgt gegliedert werden:

1. Visualisierung der technischen Effizienz
2. Visualisierung von Einheitlichkeit und Ordnung
3. Künstlerische Gestaltung in der Verfeinerung der „rohen“ statischen Form

### 2.4.1 Visualisierung technischer Effizienz - Faszination durch Technik!

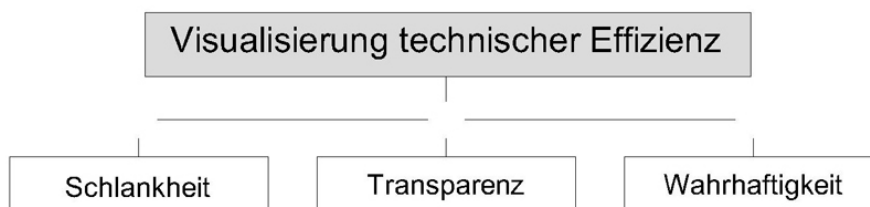


Abb.: 2-16 - Möglichkeiten zur Visualisierung technischer Effizienz

<sup>24</sup> vgl. [25] S.59

<sup>25</sup> vgl. [7] S.26 ff und [8] S.69 ff [6] und [1]



### Schlankheit:

Schlanke, filigrane vermeintlich schwebende Konstruktionen üben auf den Betrachter eine besondere Faszination aus. Es scheint als wären die Gesetze der Physik für diese Konstruktionen aufgehoben, oder durch besondere List umgangen worden.

Schlanke Brücken werden im Allgemeinen als „schön“ empfunden. Durch gezielte Überlegungen, wie z.B. die Querschnittsgestaltung können Tragwerke schlanker erscheinen als sie tatsächlich sind. Im Sinne einer wirtschaftlichen Konstruktion, muss bedacht werden, dass mit zunehmender Spannweite bzw. geringerer Bauhöhe meist eine signifikante Kostensteigerung verbunden ist. Prinzipiell gilt auch hier der Konstruktionsgrundsatz:

*„Eine Konstruktion soll so gut wie nötig und nicht so gut wie möglich sein.“<sup>26</sup>*

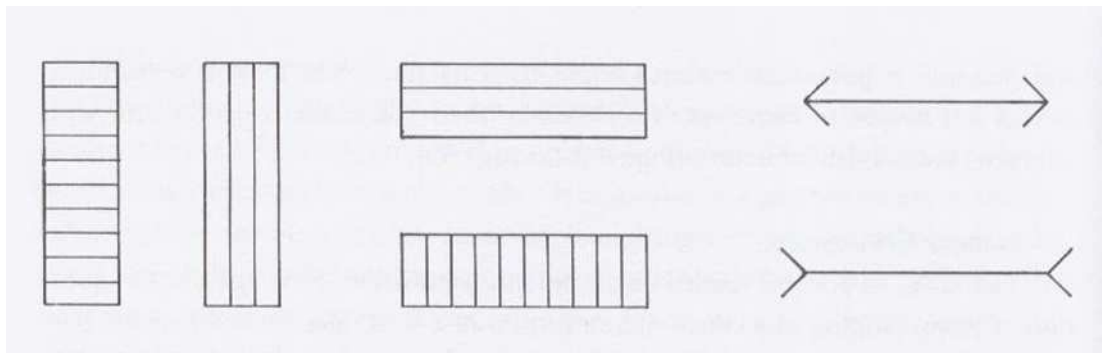


Abb.: 2-17 - Optische Täuschungen, [15] S.42

Die gezielte Anwendung von optischen Täuschungen bzw. optischen Korrekturen, stellt eine effiziente Möglichkeit dar, Tragwerke schlanker erscheinen zu lassen. Theoretische Beispiele dafür zeigt Abb.: 2-17 und die praktische Umsetzung Abb.: 2-18.



Abb.: 2-18 - Optische Streckung des Überbaues, [15] S.42

<sup>26</sup> vgl. [10] S.32

Für den Betrachter ist nicht die technische Schlankheit, also das Verhältnis von Trägerspannweite zu Trägerhöhe entscheidend, sondern die visuelle Schlankheit, also sichtbare Spannweite und sichtbare Trägerhöhe im Endzustand.

*Menn* gibt als Gestaltungsgrundlage grobe Richtwerte für die visuelle Schlankheit von Balkenbrücken an:<sup>27</sup>

- Kurze Brücken  $l/h \geq 20$
- Lange Brücken  $l/h \geq 15$

## Transparenz

Vorab eine terminologische Unterscheidung von im Brückenbau üblichen Stützelementen:

Stützen sind generell stabförmige, leichte Bauglieder mit eher bescheidener Eigenlast und werden fast immer aus Vollquerschnitten gebildet.<sup>28</sup>

Pfeiler sind meist von größerer Dimension und werden in der Regel aus Hohlquerschnitten erstellt. Pfeiler sind im Boden eingespannt und stehen für Sicherheit und Stabilität, was auch durch einen entsprechenden Anzug in Längs- und/oder Querrichtung symbolisiert wird.

Der Ausdruck Pylon wird heute vorwiegend für solche Brückenpfeiler verwendet, die wesentlich über das eigentliche Brückenbauwerk hinausragen. Pylone kommen deshalb vor allem bei Hänge- und Schrägseilbrücken vor.<sup>29</sup>

Die Transparenz einer Brückenkonstruktion kann auf zwei Ebenen betrachtet werden. Erstens, die Transparenz der Gesamtkonstruktion, d.h. das Ensemble aus Überbau, Ausbau, Widerlagern und Pfeilern und zweitens die Transparenz der Einzelbauteile.

Transparenz der Gesamtkonstruktion:

Um Täler offen zu halten, sollten Brücken mit größter Transparenz konzipiert werden. Dabei spielt die Anordnung der Pfeiler eine entscheidende Rolle, da bei Schrägansicht eine Pfeilerscheibenreihe zur Mauer mutieren kann. Eine visuelle Kontrolle ist daher aus allen möglichen Blickrichtungen durch zu führen.

---

<sup>27</sup> vgl. [8] S. 394

<sup>28</sup> vgl. [6] S. 65

<sup>29</sup> vgl. [19] S.499

Aus betrieblichen Gründen wird von manchen Infrastrukturbetreibern eine Trennung der Überbauten je Fahrtrichtung angestrebt. Dies hat zur Folge, dass mehrere Pfeiler nebeneinander stehen und die Durchsicht zunehmend einschränken.



Abb.: 2-19 - Stützenwald, [7] S.195

Um einen „Stützenwald“ zu vermeiden gibt *Fritz Leonhardt* für die Pfeilerbreite und Pfeilerstellung Richtwerte an.

Die Erfahrung zeigt, dass die Zwischenpfeiler nicht massig sein dürfen. Daher sollte die Pfeilerbreite möglichst nur  $1/8$  der Pfeilerabstände sein, besser noch weniger wenn die Pfeilerbreite mehr als ca. 10 m beträgt. Die Durchsicht kann verbessert werden, wenn anstatt von Pfeilern Stützen eingesetzt werden, doch sollten nicht mehr als zwei Stützen nebeneinander stehen um die Entstehung eines „Stützenwaldes“ zu vermeiden. Der Abstand der Stützen in Querrichtung sollte kleiner  $1/3$  des Abstandes in Längsrichtung sein. Erläuterungen dazu können der Abb.: 2-20 entnommen werden.<sup>30</sup>

Bei Missachtung dieser Angaben können Brücken, wie in Abb.: 2-19 gezeigt, entstehen. Dies sollte tunlichst vermieden werden.

---

<sup>30</sup> vgl. [7] S. 48

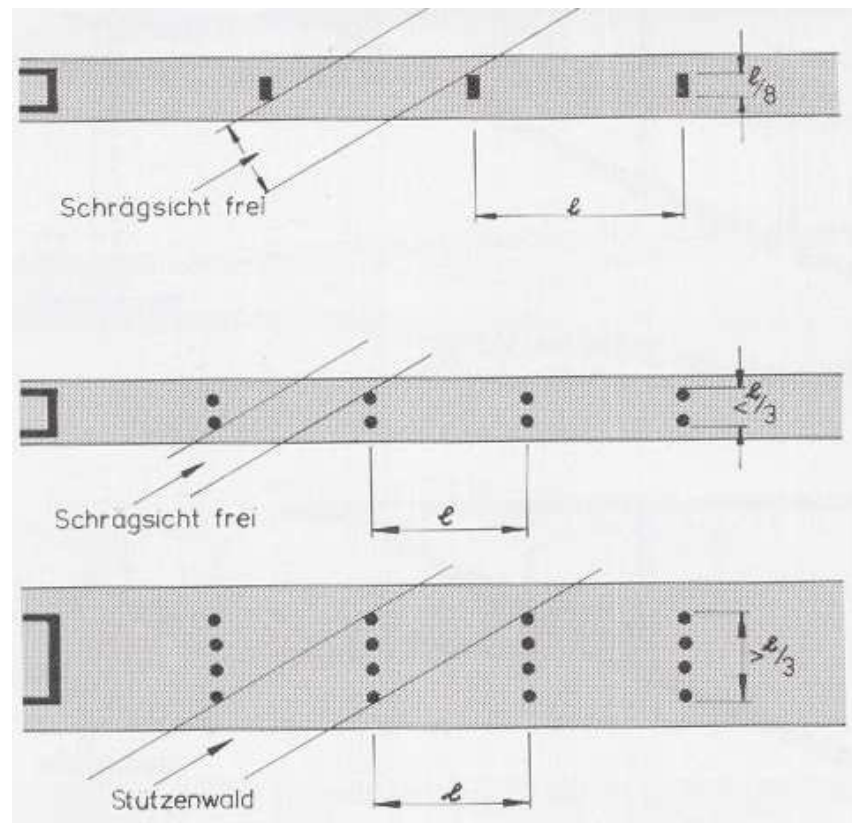


Abb.: 2-20 - Empfohlene Pfeilerbreiten, [7] S.48

Transparenz der Einzelbauteile:

Das Bestreben nach Entmaterialisierung und zunehmender optischer Leichtigkeit ist ein begehrtes Entwurfsziel vieler Planer. Die Entwicklung von transluzenten Betonen und Ganzglaskonstruktionen bestätigen diesen Trend.

Bei Wettbewerbspräsentationen wird dabei oft durch kräftiges Schieben am Transparenzregler nachgeholfen, um ein Bild der völligen Schwerelosigkeit zu suggerieren – die Realität solcher Konstruktionen sieht meist leider anders aus. Sachpreisrichter sind von den Fachpreisrichtern auf diesen Umstand hinzuweisen, denn was bleibt ist das Bauwerk und nicht das Wettbewerbsrendering.

Die Schwierigkeit ein transparentes Bauteil zu erzeugen, nimmt mit der aufzunehmenden Beanspruchung zu. Da im Brückenbau nur lastabtragende Bauteile eingesetzt werden sollten – Stichwort Wahrhaftigkeit, entsteht somit ein Widerspruch.

Vor allem bei Schrägsicht werden in den meisten Fällen die transparenten Bereiche signifikant minimiert. Abb.: 2-21 zeigt diese Problematik bei einer Eisenbahn-Fachwerksbrücke. Obwohl die Konstruktion in der Ansicht einen Durchlass von rund 50 % aufweist, ist davon bei Schrägsicht der Brücke nur mehr wenig erkennbar. Ein Entwerfen und Beurteilen rein zufolge von Ansichten ist daher unzulässig.



Abb.: 2-21 - Überschneidungen bei Fachwerksbrücken

Wie in Kapitel 2.2.1 erläutert ist für das Gesamterscheinungsbild der Brücke eine transparente Konstruktion nicht immer von Vorteil. Das Anordnen von transparenten Bauteilen ist somit im Kontext zur Umgebung und dem gewünschten Zeichencharakter zu sehen.

## 2.4.2 Visualisierung von Einheitlichkeit und Ordnung

*Nur ein lesbares Ganzes ist in der Lage, Kohärenz anzunehmen. Und nur ein Ganzes, das Kohärenz annimmt, wirkt nicht mehr beliebig.<sup>31</sup> (G.Franck)*

In diesem Sinne kann durch die Eliminierung von Beliebigkeit architektonische Qualität geschaffen werden. Es ist dabei keineswegs erforderlich die beliebige Anordnung von Elementen durch ein rigides Raster zu ersetzen. Entscheidend ist die Kohärenz, deren Auftreten sich nicht auf geometrische Abmessungen beschränkt. Vielmehr bedarf es eines logischen, inneren Zusammenhanges der Einzelbauteile der Vollständigkeit vermittelt. Wenn an der Konstruktion nichts mehr entfernenbar ist oder angefügt werden muss, ist die Vollständigkeit erreicht. Das „lesbare Ganze“ bezieht sich primär auf die Großform, demnach auf die Komposition von Pfeilern und Überbau. Das Haupttragwerk sollte prinzipiell nicht geändert werden, denn ein nicht nachvollziehbarer Wechsel des Tragsystems irritiert.

Wenn Ordnung als erstrebenswert gilt, dann soll Unordnung vermieden werden. Unordnung entsteht, wenn Elemente nicht mehr zuordenbar im Raum verstreut liegen. Dies kann bei Brücken eintreten, wenn durch Überschneidung und durch

---

<sup>31</sup> [22] S.52

unterschiedliche Ausbauteile ein Wirrwarr an Komponenten den Betrachter überfordert.

*Beispiel:*

Abb.: 2-22 zeigt eine Eisenbahnbrücke, bei der in den freien Diagonalenfeldern eine Lärmschutzwand samt Dienstgehweg mit Geländer und Schutzgittern angeordnet sind. Dieses Konglomerat an Heterogenität lässt jeglichen Ansatz von Einheitlichkeit und innerer Ordnung im Keime ersticken. Da die Transparenz der Konstruktion durch die geforderte, adsorbierende Lärmschutzwand ohnehin nicht mehr gegeben ist, kann im Sinne von Einheitlichkeit und Ordnung die Brücke mit einer transluzenten Haut „homogenisiert“ werden.



*Abb.: 2-22 - Eisenbahnbrücke mit „homogenisierender Haut“*

Bei Talbrücken entsteht eine besonders harmonische Wirkung, wenn die Proportion der Öffnungen in Brückenansicht gleichgehalten wird. Dies kann erreicht werden, wenn, wie in Abb.: 2-23 dargestellt, die Diagonalen der Feldöffnungen annähernd parallel gehalten werden.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> vgl. [7] S. 47

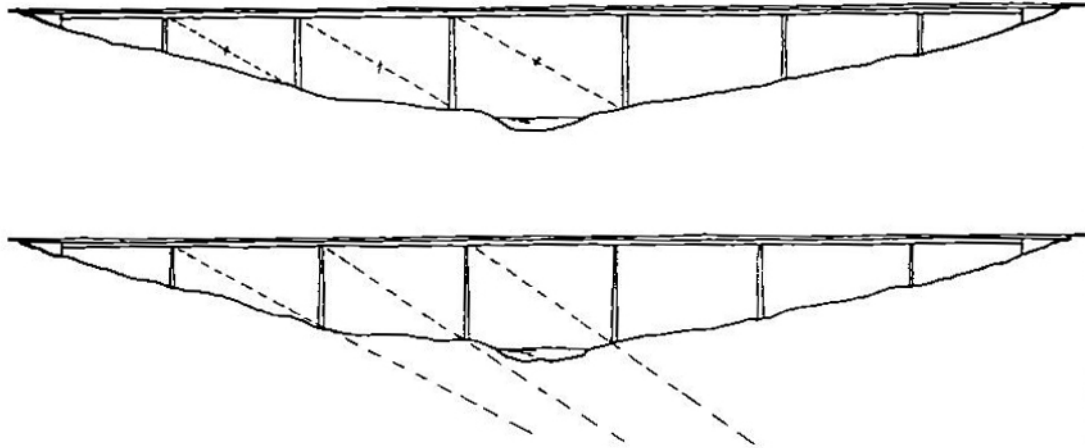


Abb.: 2-23 - Parallelhalten der Lichtraumdiagonale, [24] S.217

Maßgebender Faktor für ein geordnetes, einheitliches Gesamtes ist jedoch eine ganzheitliche Betrachtung aller Elemente. Vom Pfeilersockel bis zur Lärmschutzwand muss ein kohärentes Ganzes geschaffen werden.

*All elements connected visually need to be visualized and developed together: bridge, retaining walls, guardrails, signing, lightning, traffic signals, and landscaping. If the first person to see everything together is the contractor, then it will be surprising if it looks good.<sup>33</sup>*

### 2.4.3 Künstlerische Gestaltung in der Verfeinerung der „rohen“ statischen Form

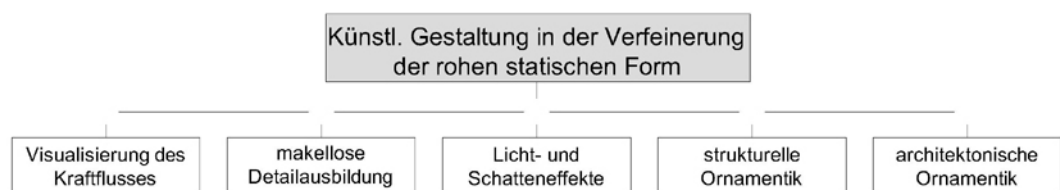


Abb.: 2-24 - Verfeinerung der "rohen" statischen Form

#### Visualisierung des Kraftflusses – Wahrhaftigkeit

Die Wahrhaftigkeit oder Ehrlichkeit einer Konstruktion kann als Zusammenhang von Form und Kraftfluss verstanden werden. Die Tragwerksform muss sich aus dem Tragverhalten heraus entwickeln und den Kraftfluss widerspiegeln. Kann der

<sup>33</sup> [15] S. 73

Kraftfluss nicht abgelesen werden oder wird ein falscher Kräfteverlauf suggeriert so ist die Konstruktion nicht wahrhaftig.<sup>34</sup>

*Gestalt und Kraftfluss, Form und Konstruktion gehören zusammen wie die Flüssigkeit und das Gefäß, die Musik und der Takt, der Tanz und der Rhythmus.*<sup>35</sup> (J.Schlaich)

Abb.: 2-25 zeigt eine Brücke, die mit einem Bogenelement „verziert“ wurde, wodurch dem Bauwerk seine Wahrhaftigkeit genommen wird.

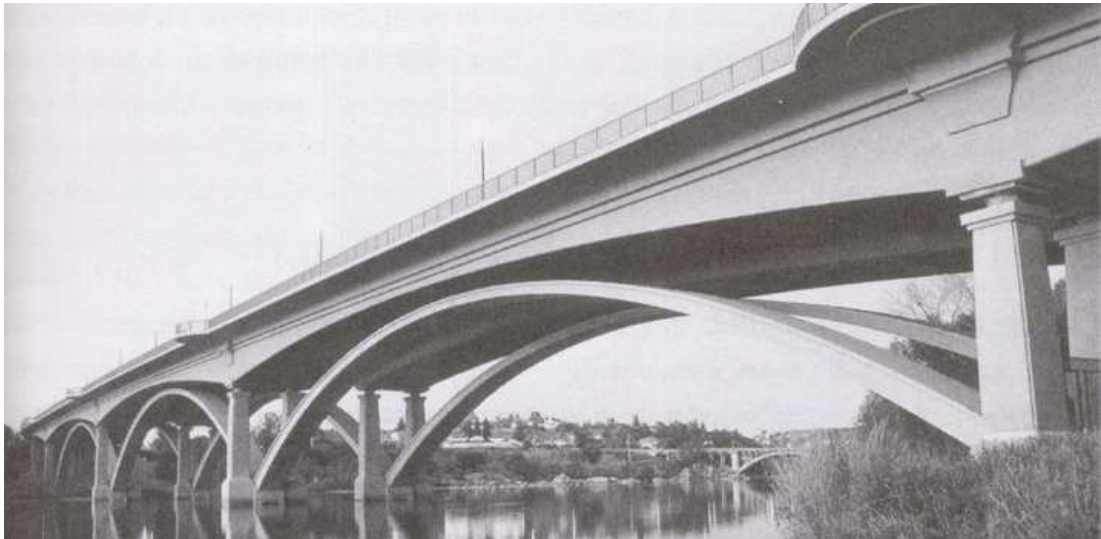


Abb.: 2-25 - Mit Zierbögen verunstaltetes Tragwerk, [15] S.89

Ein logischer, lesbarer Kraftfluss trägt wesentlich zum Verständnis und zur Akzeptanz einer Brücke bei. Jeder Logik entbehrende, arbiträre Konstruktionen erwecken den Anschein von verschwenderischer Selbstverwirklichung des Entwerfers, was es bei öffentlichen Bauten zu vermeiden gilt.

Auch Laien, welche den Großteil der Betrachter darstellen, können konstruktiv logische Zusammenhänge erkennen, wenn auch nicht beschreiben. Als Beispiel dafür zeigt Abb.: 2-26 eine Eisenbahnbrücke mit stark ausgebildeter Voute. Vergeblich sucht das Auge nach Kontinuität des Kraftflusses, denn der zentral angeordnete Pfeiler lässt die in den Stegen gesammelten Kräfte ins Leere entweichen.

<sup>34</sup> vgl. [1] S. 5

<sup>35</sup> [1] S.5



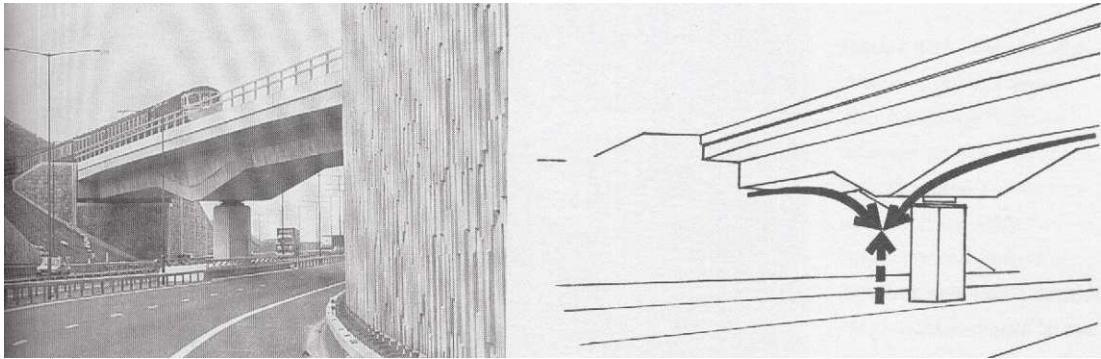


Abb.: 2-26 - Zäsur im Kraftfluss, [15] S.155

### Detailausbildung

Die Funktionstüchtigkeit im Sinne der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der Detailausbildung steht außer Frage und wird hier nicht weiter verfolgt. Von Interesse ist die interdependente Wirkung des Details zum Ganzen. Die erlebte Nahwirkung der Struktur ist in Abhängigkeit von adäquater Maßstäblichkeit der Detaillierung und Betrachtergeschwindigkeit zu sehen. Unter Einhaltung der Logik der Struktur löst sich das Problem der Maßstäblichkeit von selbst. Orte hoher Beanspruchung, die diesen Zustand reflektieren, bieten ausreichend Platz für eine beanspruchungsgerechte Detailausbildung – der Kraftfluss wird physisch und optisch nicht gestört. Werden Kraftflüsse vorgetäuscht oder sinnlos umhergeführt, so wird dies spätestens beim Auslegen der Details zu Tage kommen.



Abb.: 2-27 - Fragwürdige Details einer Fußgängerbrücke

Der Grad der Feinheit des Details muss in Relation zur Betrachterzeit bestimmt werden. Die Zeit, die dem Auge des Betrachters zum Erleben der Brücke zur Verfügung steht, ist abhängig vom Verkehrsmittel. So stellen Fuß- und Radwegbrücken den größten Anspruch an die Detaillierung und somit an die Planer. Es ist zu hinterfragen ob jedes nur erdenkliche System auch umgesetzt werden soll, wenn nicht vorab auch eine entsprechende Detailausbildung sichergestellt werden kann. Abb.: 2-27 zeigt die Folgen eines, nach Meinung des Verfassers, überzeichneten Tragsystems.

## Licht und Schatteneffekte

Gezielt eingesetzte Licht und Schatteneffekte tragen wesentlich zur visuellen Schlankheit der Bauteile bei. Vorrangig bei längsorientierten Bauteilen kann durch zusätzliche Schattenkanten eine optische Streckung der Bauteile erreicht werden. Bei den Überbauten kann durch entsprechende Auskrägung der Fahrbahn, der Überbauträger in den Schatten gestellt werden, wodurch dieser weniger in Erscheinung tritt und die Brücke schlanker wirken lässt.

Durch Längsprofilierung bzw. die Anordnung von Kanneluren können die Pfeilerschäfte optisch gestreckt werden, wodurch wiederum eine erhöhte visuelle Schlankheit entsteht. Es muss darauf geachtet werden, dass die Profilierung dem Pfeilermaßstab entsprechend ausgeführt wird. Zu zarte Ausführungen werden oftmals nicht wahrgenommen und erfüllen somit nicht ihre Funktion.

Die Ausbildung des Gesimsebandes kann ebenso zur Steigerung der Schlankheit herangezogen werden.

*Hoshino* gibt für die Schattenwirkung und das Gesimse folgende Richtwerte an:<sup>36</sup>

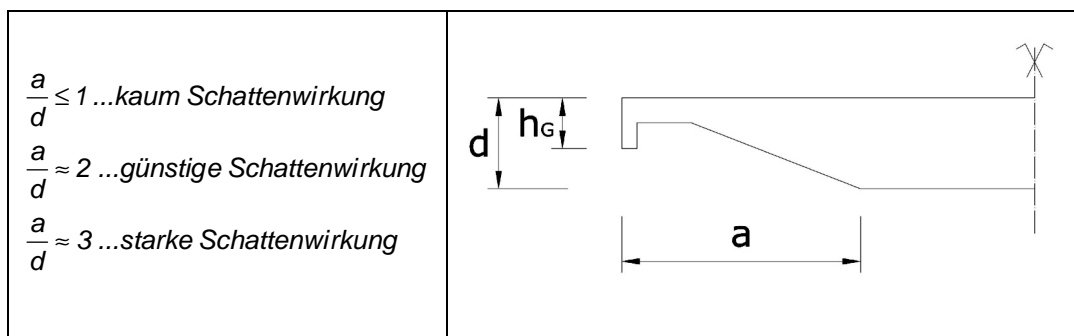
Gesimshöhe  $h_G$ :

$$\frac{L}{120} \leq h_G \leq \frac{L}{80} \quad \text{und} \quad 20 \text{ cm} \leq h_G \leq \frac{d}{3}$$

*L*...Spannweite

Dabei sollte das Gesims heller als die Tragwerksunterseite ausgeführt werden.

Schattenwirkung:



<sup>36</sup> vgl. [3] S.114 ff

## Strukturelle Ornamentik

*Unter struktureller Ornamentik versteht man Tragsysteme mit unnötig extensiver räumlicher Ausgestaltung oder mit einem gewollt verkomplizierten Kraftfluss, Konstruktionsteile, die einen fiktiven Beanspruchungszustand visualisieren, oder Tragelemente mit einem beanspruchungsfremden Querschnittsverlauf. Strukturelle Ornamentik kann ästhetisch durchaus gefällig und belebend sein. Sie weist aber immer einen Mangel an statischer Effizienz auf und ist deshalb oft teurer als statisch optimierte und formal reduzierte Systeme und Tragelemente.<sup>37</sup> (C.Menn)*



Abb.: 2-28 - The Helix, Fußgängerbrücke mit 2x48 m Spannweite

Abb.: 2-28 zeigt einen Entwurf des Verfassers, der sich struktureller Ornamentik als Gestaltungsmittel bedient. Obwohl nicht realisiert, kann die Tatsache, dass solch ein Bauwerk teurer sein wird als ein auf einfache Systeme reduziertes Tragwerk nicht abgestritten werden. Bei kleineren Brücken und vorrangig bei Fußgängerbrücken, ist jedoch ein Abweichen von der statischen Optimalform im Sinne einer belebenden Artenvielfalt im „Brückenbiotop“ absolut wünschenswert.

## Architektonische Ornamentik

Ornamentik an Geländern, Gesims und Widerlagerwänden in floraler oder in Form regionaltypischer Früchte stehen im Widerspruch zum Charakter tragwerksdominanter Bauwerke. Auf diesbezügliche Gestaltungselemente sollte daher verzichtet werden. Gute Brückenarchitektur mit all ihren Gestaltungsmitteln braucht keinen Überzug von Dekorationen.

<sup>37</sup> [8] S.73

---

### **3. The „Balanced Lift Method“**

---

*„Fortschritt ist eine Verwirklichung von Utopien.“  
Oscar Wilde*

### 3.1 Anwendungsmöglichkeiten

Der ursprüngliche Entwicklungsgedanke zur „BLM“ basiert auf einer Optimierung der Herstellung von Massivbrücken. Der Hub- bzw. Eindrehvorgang der Überbauten dient einmalig der effizienten Herstellung der Brücke.

Der Brückenentwerfer steht somit vor der interessanten Aufgabe diesen ephemeren – aber durchaus formal prägenden – Ablauf in seine Überlegungen zu integrieren. Es ist gerade dieser Zustand der ein neues formal-strukturelles Feld eröffnet. Die Herausforderung – oder die Schwierigkeit – liegt nun darin, die herstellungsbedingten und funktionalen Erfordernisse in ein dem Ort und der Aufgabe angepasstes System zu transferieren.

Brücken die mit der „BLM“ errichtet werden, werden anders aussehen als bisher Bekanntes.<sup>38</sup> Diese Herausforderung muss angenommen und visualisiert werden. Bleibt formal der Charakter des Herstellungsverfahrens vorhanden, so entsteht eine Konstruktion, deren Genesis permanent lesbar bleibt.

Die aktuellen Forschungsarbeiten am Institut für Tragkonstruktionen – Betonbau beschränken sich derzeit auf die einmalige Anwendung des Hubvorganges. Es ist jedoch denkbar den entwickelten Hubmechanismus auf eine permanente Einrichtung zu übertragen. Die „BLM“ als neuartiger Öffnungsmechanismus für bewegliche Brücken ist gut vorstellbar und würde das Repertoire der gängigen Systeme erweitern.

Im Rahmen dieser Arbeit wird der Aufklappvorgang der „BLM“ nur einmalig als Bauverfahren für Brücken eingesetzt.

---

<sup>38</sup> vgl. [16]

### 3.2 „BLM“ - Allgemeines

Das Einklappen oder Eindrehen von Brückenbauteilen ist ein bereits gängiges Verfahren. Bisher wurde dies jedoch hauptsächlich für Bogenbrücken angewendet. Der Grund dafür kann auf die Tragwerkstypologie sowie die Topografie des Bauplatzes zurückgeführt werden. Massive Bögen werden fast ausschließlich als Deckbrücken hergestellt, d.h. der Bogen liegt unterhalb der Fahrbahn. Es existiert also ein Höhenunterschied zwischen Fahrbahn- und Bogenwiderlager. Dem zufolge wird der Bogen vorwiegend bei steilen Talflanken eingesetzt, was wiederum den Vorteil hat, dass der Bogen den auftretenden Horizontalschub direkt in die Talflanken einleiten kann.

Dieser Höhenunterschied sowie die angrenzenden Vorlandbereiche erlauben eine auf Zug beanspruchbare Rückverankerung, mittels derer die Rückhaltekräfte beim Einklappen der Bogenhälften aufgenommen werden können. Es ist daher nicht verwunderlich, dass ursprünglich das Einklappen als Bauverfahren für den Bau von massiven Bogenbrücken entwickelt wurde. Wie aus Abb.: 3-1 ersichtlich, sind die Tragwerkstypologie von Massivbogenbrücken sowie die entsprechende Topologie für das Einklappen sehr geeignet.

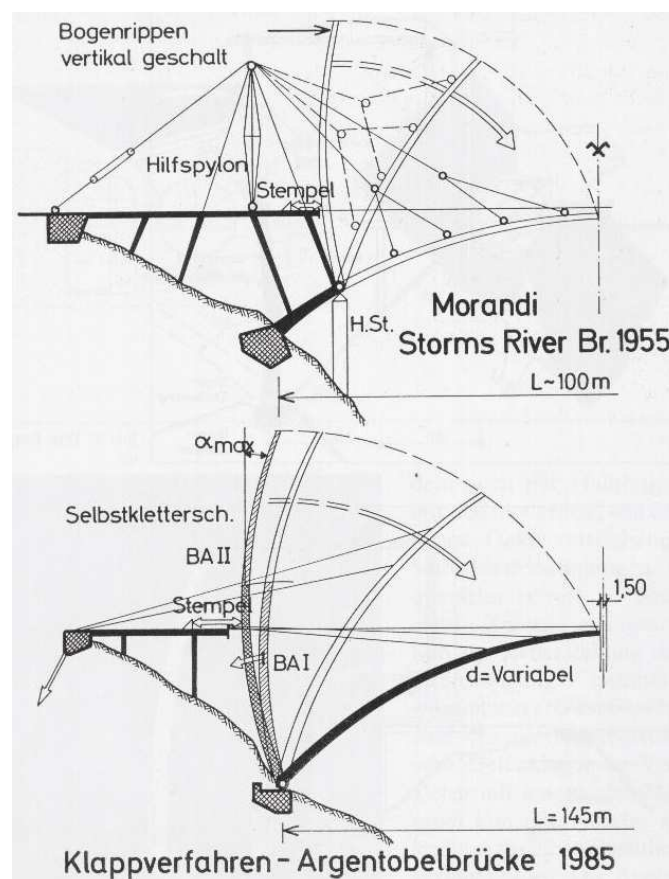


Abb.: 3-1 - Beispiele für das Bogenklappverfahren, [2] S.71

Mit der „BLM“ wird ein, auf dem Bogenklappverfahren aufbauendes, Brückenbauverfahren vorgeschlagen, welches auf ein Lehrgerüst verzichtet und während der Herstellung der Brückenträger keine Biegebeanspruchung in diesen auftritt, wodurch wirtschaftliche Vorteile gegenüber den bekannten Verfahren, wie z.B. Freivorbau oder Taktschiebeverfahren, entspringen. Ein vernünftiger Anwendungsbereich wird verfahrensbedingt bei Brücken mit hohen Pfeilern und Spannweiten zwischen 50 m und 250 m liegen.<sup>39</sup> Es wird dahingehend erweitert, dass nicht mehr nur ein Einzelhindernis, sowie bei der Bogenbrücke, sondern auch mehrere Felder nebeneinander ein- bzw. aufgeklappt werden können. Es eröffnet sich somit ein breites Anwendungsspektrum für dieses Bauverfahren.

Bisher wurden prinzipiell zwei Verfahrensvarianten angedacht, eine mit Druckstreben gemäß der Prinzipskizze wie in Abb.: 3-2 dargestellt, sowie eine Variante mit Zügelgurten laut Abb.: 3-3.

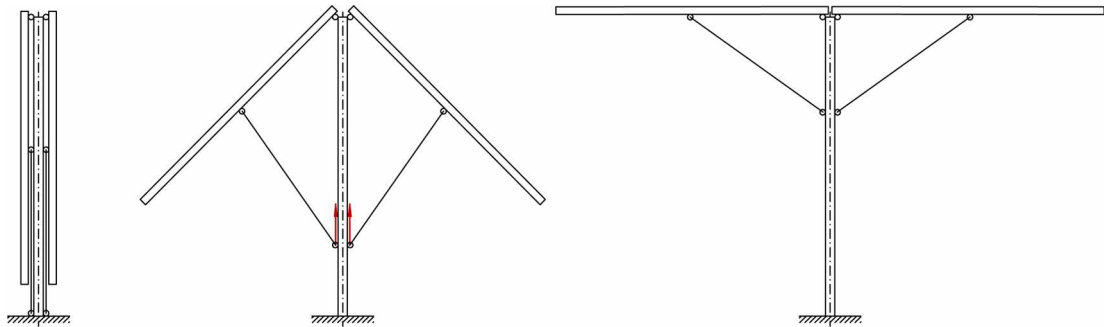


Abb.: 3-2 - Prinzipskizze zur Druckstrebenvariante, Quelle: Inst. für Tragkonstruktionen - Betonbau

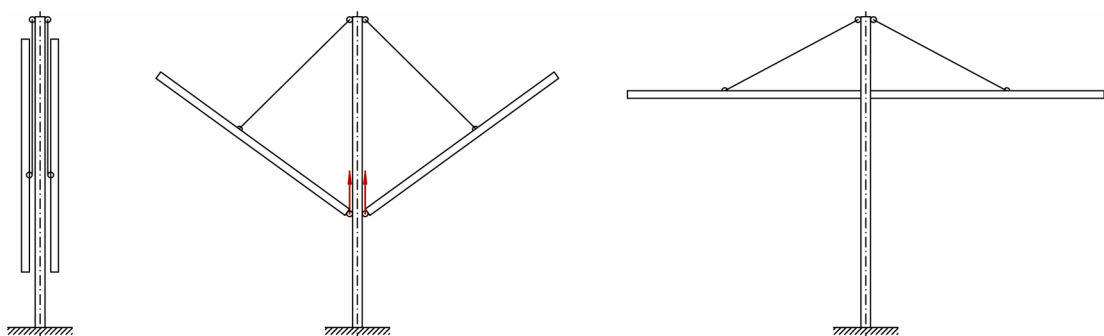


Abb.: 3-3 - Prinzipskizze zur Variante mit Zügelgurt, Quelle: Inst. für Tragkonstruktionen - Betonbau

Beide Verfahren benötigen längsseits der Pfeiler entsprechenden Freiraum um die Überbauten kollisionsfrei aufdrehen zu können. Bei beengten räumlichen Verhältnissen kann eine Variante mit Hilfspylon angewendet werden. Dabei wird, wie in Abb.: 3-4 dargestellt, über dem verbleibenden Pylon ein Hilfspylon montiert

<sup>39</sup> vgl. [4] Seite 45

und daran die Überbauten heruntergezogen. Im Anschluss wird der Hilfspylon wieder demontiert.

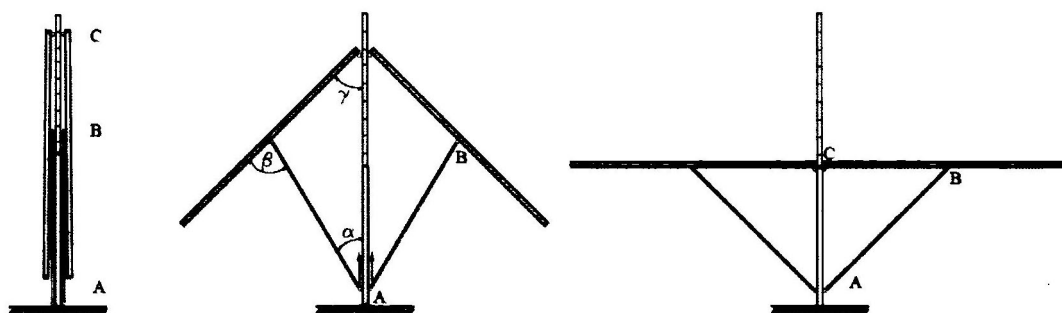


Abb.: 3-4 - "BLM" mit Hilfspylon, Quelle: Inst. für Tragkonstruktionen - Betonbau

Im Rahmen der Forschungsarbeiten am Institut für Tragkonstruktionen – Abteilung Betonbau, wurde ein Modellversuch zu den beiden Varianten durchgeführt. An einem rund 8 m hohen Pylon wurden zwei Überbauhälften nach der Druck- und Zugstrebenvariante hochgeklappt. Beide Versuche konnten erfolgreich absolviert werden und untermauern die Machbarkeit dieser Baumethode.

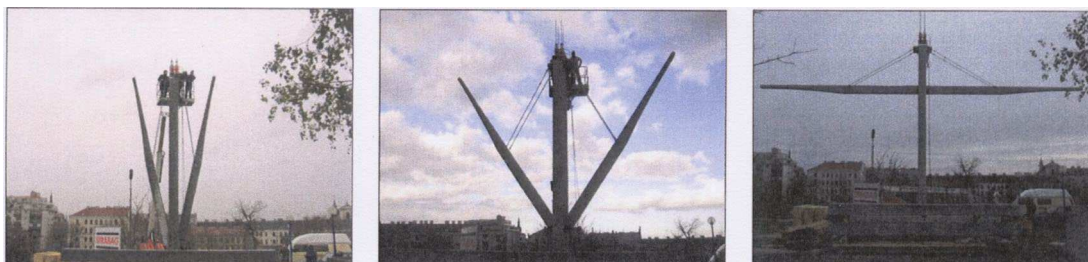


Abb.: 3-5 - Modellversuch - Variante Zügelgurt, Quelle: Inst. für Tragkonstruktionen - Betonbau



Abb.: 3-6 - Modellversuch - Variante Druckstrebe Quelle: Inst. für Tragkonstruktionen - Betonbau

Ziel der hier angestellten Studien ist es, das verfahrensspezifische Formenrepertoire aufzuzeigen und zu verfeinern.



### 3.2.1 Bauablauf

Betonpfeiler werden heute vorwiegend mit sehr effizienten Kletterschalungen hergestellt. Die „BLM“ bedient sich dieser Technologie ebenfalls für die Überbauten. Diese werden stehend, parallel zu den Pfeilern mit hochgezogen. Die Pfeiler und Überbauten werden somit mit dem gleichen Arbeitsverfahren hergestellt, was zu einer Minimierung der Bauzeit und somit zu wirtschaftlichen Vorteilen führt. Abb.: 3-7 zeigt eine Fotomontage wie die simultane Herstellung von Pfeiler und Überbau aussehen könnte.



Abb.: 3-7 - Möglicher Bauzustand bei Anwendung der "BLM"

Nach Abschluss der Betonierarbeiten werden die Überbauten aufgedrückt respektive aufgezogen. Je ein Überbauende ist dabei gelenkig gelagert um die Rotation der Überbauten um rd. 90° zu gewährleisten. Je nach Topografie findet dieser Vorgang an mehreren Pfeilern statt. Anschließend wird der Spalt zwischen den aufgedrehten Überbauten geschlossen und die Ausbuarbeiten am Brückendeck können beginnen.

### 3.3 Gestaltungsrelevante Kriterien

Gestaltungskriterien für Brückenbauwerke sind mannigfaltig und stark vom betrachteten Tragsystem geprägt. Im Rahmen dieser Arbeit liegt der Fokus auf Brücken, welche mit Hilfe der „BLM“ errichtet werden können. Es folgt eine spezifische Betrachtung für die charakteristischen Bauteile Überbau, Pfeiler, sowie Druck- und Zugelemente.

#### 3.3.1 Überbau

Abb.: 3-8 zeigt übliche Querschnittsformen von Betonbrücken, wobei zwischen Querschnitten die in einem Arbeitsgang erstellt werden und Querschnitten mit längslaufenden Arbeitsfugen unterschieden wird. Eine Aufteilung in einen „Hauptquerschnitt“ und einer nachlaufenden Querschnittsergänzung ist auch bei Anwendung der „BLM“ denkbar. Der Vorteil liegt darin, dass für den Hubvorgang nicht das gesamte Eigengewicht des Überbaues manipuliert werden muss. Ein anschließender Ausbau mit einem Nachlaufgerüst und Verwendung von Fertigteilen zur Abstützung der Kragplatten stellt eine wirtschaftlich interessante Option dar. Aufgrund des Einsatzbereiches der „BLM“ werden Querschnittstypen von e-l gemäß Abb.: 3-8 zum Einsatz kommen.

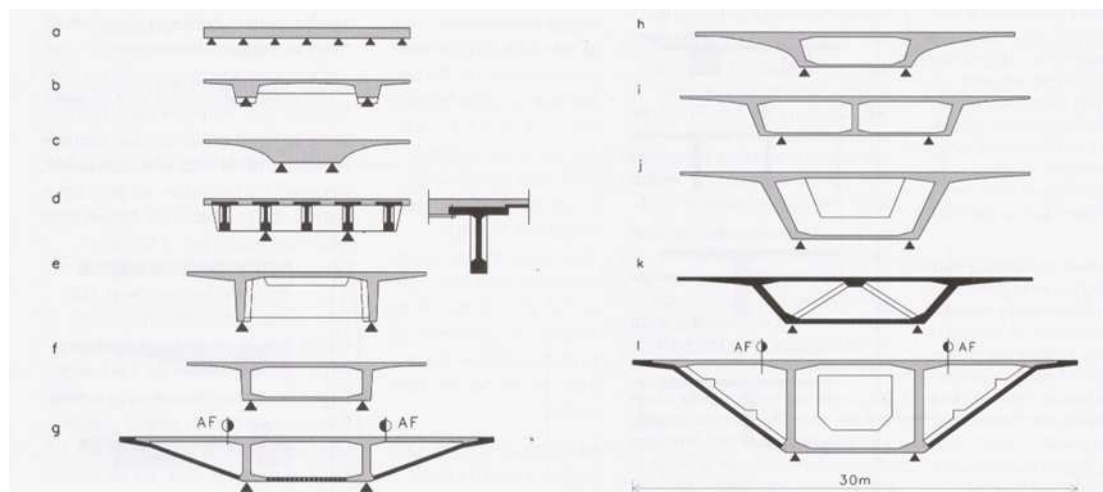


Abb.: 3-8 - Übliche Querschnittsformen im Massivbrückenbau, [6] S.32

Es folgt eine nähere Betrachtung der, für die „BLM“ wichtigsten Querschnittsformen – den Plattenbalken und den Hohlkasten.

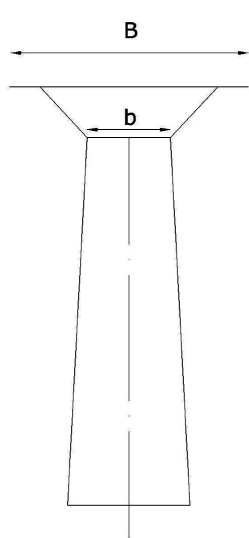
## Plattenbalken versus Hohlkästen

Offene Querschnitte sind etwas leichter und einfacher herzustellen als geschlossene, bieten im Gegenzug dazu jedoch bei gleicher Höhe weniger Biege- und Torsionssteifigkeit. Weiters verschaffen Kastenquerschnitte den Vorteil, dass diverse Leitungen im Inneren der Kästen geführt werden können.<sup>40</sup> Dies ist aus gestalterischer Sicht ein wesentlicher Vorteil, da Brückenausbauten und diverse Rohleitungen oftmals das Erscheinungsbild im Sinne von Einheitlichkeit und Ordnung zerstören.

Durch eine Neigung der Stege können bei Hohlkästen die visuelle Schlankheit und die Stützwirkung der Fahrbahnplatte verbessert werden. „Architektur“ und „Statik“ stehen auch in diesem Fall nicht im Gegensatz, da bei geneigten Stegflächen die einwirkende Windbeanspruchung minimiert werden kann.<sup>41</sup>

Der Überbau muss natürlich auch in Zusammenhang mit dem Pfeiler betrachtet werden. Abb.: 3-10 zeigt die unterschiedlichen Anforderungen der Stützpunkte in Abhängigkeit der Querschnittsform. Nach *Pauser* kann beim einzelnen Hohlkasten (Abb.: 3-10, c, d) die Untergurtbreite auf rund 30 % der Fahrbahnbreite reduziert werden, was dementsprechend schlankere Pfeilerköpfe erlaubt.<sup>42</sup>

Weitere Anhaltswerte für Pfeilerbreiten in Abhängigkeit der Fahrbahnbreite liefert *Menn*:<sup>43</sup>

| B [m] | 12                               | 25                               |  |
|-------|----------------------------------|----------------------------------|--|
| b [m] | $\frac{B}{2,5} \div \frac{B}{3}$ | $\frac{B}{3,5} \div \frac{B}{4}$ |  |

<sup>40</sup> vgl. [8] S.395

<sup>41</sup> vgl. EN 1991-1-4

<sup>42</sup> vgl. [2] S. 160

<sup>43</sup> vgl. [8] S. 315

Der Plattenbalken (Abb.: 3-10, b) eignet sich besser bei der Anordnung von schlanken Stützen als bei einem Pfeiler, der dementsprechend zu einer Pfeilerscheibe entarten müsste, was zu drastischen Problemen in Bezug auf die Transparenz führen würde. Werden separate Tragwerke je Richtungsfahrbahn verlangt, müssen zwei parallel geführte Tragwerke errichtet werden (Abb.: 3-10, a). Wie bereits in Kapitel 2.4.1 erläutert führt dies meist dazu, dass die Durchsicht im Tal stark eingeschränkt wird und die Brücke zum optischen Hindernis verfällt. Gelingt es diesen Konflikt zu lösen, bieten die getrennten Fahrbahnkästen den Vorteil einer geringeren Bauhöhe, was zugunsten einer erhöhten Schlankheit dem Bauwerk zu gute kommt.



*Abb.: 3-9 - Mittels Rippen abgestützte Fahrbahnplatte, [7] S.188*

Bei weit auskragenden Fahrbahnplatten kann die seitliche Abstützung mit stabförmigen Bauteilen aufgelöst werden. Dies bietet ein großes Potential an gestalterischen Möglichkeiten. Abb.: 3-9 zeigt eine mit Druckstreben abgestützte Fahrbahnplatte. Das Öffnen der äußeren Kammern kann dazu genutzt werden, dem Überbau ein organisch anmutendes Skelett zu verpassen. Im Sinne von Abb.: 2-17 ist die Anordnung der Abstützungen hinsichtlich der visuellen Schlankheit zu überprüfen, da eine markante Quergliederung den Überbau verkürzt wirken lässt. Sehr eng geführte Streben, wie bei der Brücke in Abb.: 3-9 können diesen Effekt verhindern.

In alpinen Regionen sind jedoch geschlossene Kammern in Bezug auf die Verkehrssicherheit von Vorteil, da die luftgefüllten Kammern ein Vereisen der Fahrbahn verzögern.<sup>44</sup>

---

<sup>44</sup> vgl [8] S.395 und [2] S. 164

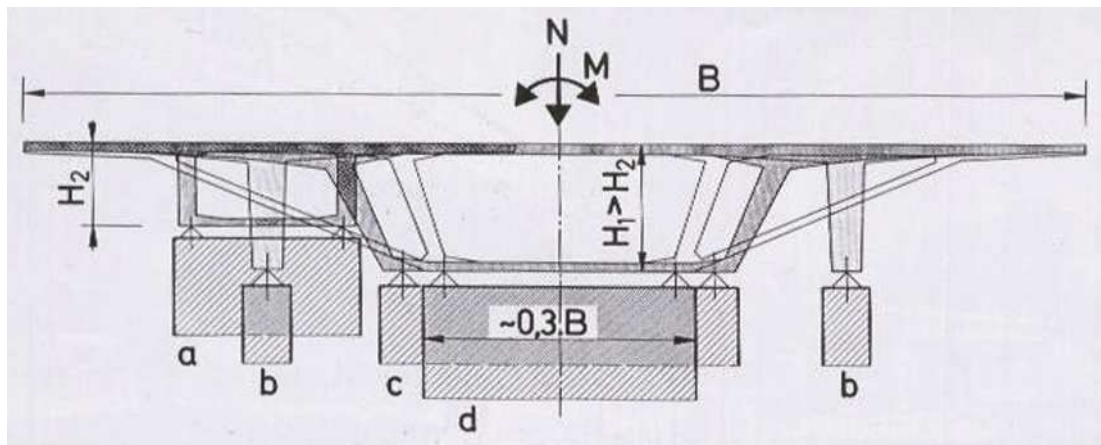


Abb.: 3-10 - Stützpunkte in Abhängigkeit der Querschnittsform, [2] S.160

### Lasteinleitung in den Überbau – Druckstrebenvariante

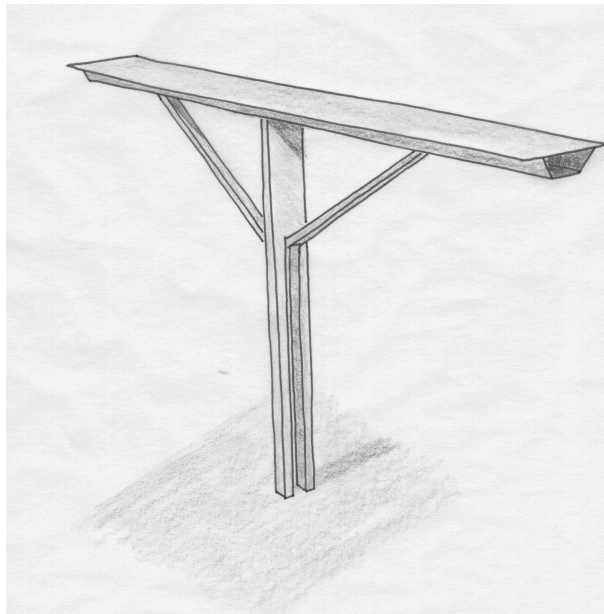
Im Sinne einer wahrhaftigen und effizienten Konstruktion sollten die Druckstreben unter den Stegen angeordnet werden. Bei eng liegenden Stegen ist eine Lasteinleitung via Querschotte noch denkbar. Abb.: 3-11 zeigt einen Variante mit nur einer Druckstrebe. Der Pfeilerschaft kann dabei geschlitzt (Abb.: 3-12) oder mit einer Nut ausgestattet werden. Im ersteren Fall rollen die Druckstreben während des Hebens aneinander ab und der Pfeiler weist eine größere Transparenz bei Schrägansicht auf, er verliert aber auch deutlich an Querstabilität. Bei der Nut – Variante gleiten die Enden der Druckstreben in der Ausnehmung, was zu etwas größeren Hubkräften führt, den Hubvorgang an sich jedoch stabilisiert. Da für die betrachteten Querschnitte immer mindestens zwei Stege notwendig sind, liegt eine Variante mit zwei Druckstreben nahe. Wie in Abb.: 3-13 werden die Druckstreben unterhalb der Überbaustege angeordnet und neben dem Pfeiler, oder entlang einer seitlichen Ausnehmung im Pfeilerquerschnitt, hochgezogen. Die Führung der Druckstreben kann auch zur Gestaltung der Eckausbildung der Pfeiler herangezogen werden. Denkbar wäre auch eine Querschnittsergänzung unterhalb der Druckstreben nach dem Hubvorgang. Dies hätte jedoch zur Folge, dass die Ablesbarkeit der Herstellungsart nicht mehr gegeben ist.

Führungsnuten an den Pfeileraußenseiten haben eine Querschnittsschwächung an statisch ungünstiger Stelle zur Folge. Für die Pfeilerstabilität ist somit eine Mittelnut von Vorteil. Unter Beachtung der Lasteinleitung in die Stege des Überbaues entsteht eine Variante gemäß Abb.: 3-14 mit V-förmiger Druckstütze. Dies könnte auch soweit genutzt werden, dass die Neigung der Stege an die Ebene der V-Stützen angepasst wird, wodurch Überbau und Druckstreben in Relation zueinander gesetzt werden.

Da die Druckstreben unterhalb der Fahrbahn liegen, ist der Variationsspielraum wesentlich größer als bei der Zügelgurtvariante.



*Abb.: 3-11 - System mit einer Druckstrebe und Pfeilermut*



*Abb.: 3-12 - System mit geschlitztem Pfeiler*



Abb.: 3-13 - System mit zwei außengeführten Druckstreben

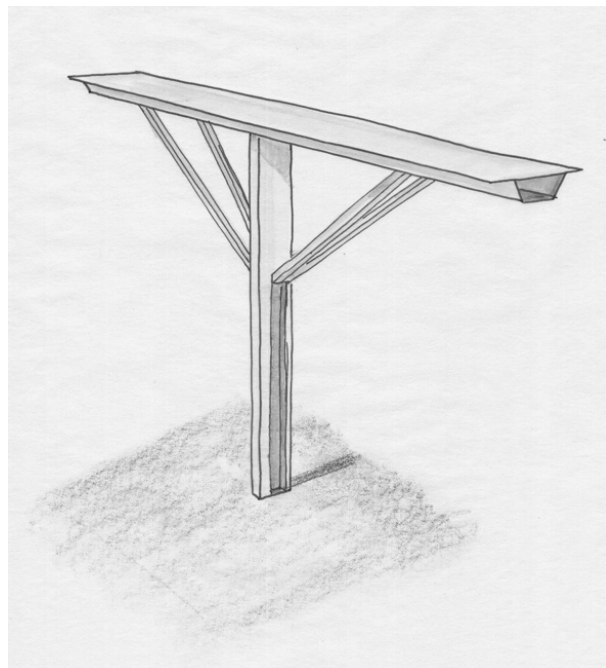


Abb.: 3-14 - System mit V-Stütze und Pfeilernut

### Lasteinleitung – Zügelgurtvariante

Problematischer ist die Lasteinleitung bei abgehängten Überbauten. Bei aufragenden Fahrbahnteilen muss die Hängerkraft über ebenfalls aufragende Querriegel in die Stege geleitet werden. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass aus dem Systemwechsel von beiderseits gestützten Balken zum gleichlangen Kragarm eine Beanspruchungszunahme mit dem Faktor 4 verbunden ist. Diese Konsequenzen auf den Querriegel sind in Abb.: 3-15 gut erkennbar. Idealerweise

werden die Abhängungen bei schmälere Brücken an den außenliegenden Balken oder bei Reduktion auf eine Seilebene an den Mittelsteg angeschlossen.

Bei Brücken mit schrägseilartiger Abhängung müssen die Pylone über die Fahrbahn hinausgezogen werden. Diese zusätzliche Höhe provoziert eine verstärkte Vertikalität die mancher Orts unangebracht sein kann.

Für die Zügelgurtvariante gibt es zwei Möglichkeiten der Pylonführung. Der Pylon kann als zentrales Element in der Fahrbahnmitte hochgezogen werden, oder es werden, wie in Abb.: 3-15 dargestellt, zwei Pylone angeordnet, die außerhalb der Fahrbahn vorbei ziehen. Der Zentralpylon erfordert einen torsionssteifen Überbau, von dessen kostbarer Nutzfläche die zentrale Seilebene etwas konsumiert.



*Abb.: 3-15 - Zügelgurtbrücke mit mächtiger Verankerung am Überbau*

Bei außenliegenden Pylonschäften kann der Pylon als Gesamtes eine spürbare Volumenvermehrung erfahren. Werden zusätzlich die Pylonköpfe noch zu einem Rahmen verbunden kann ein durchaus markantes Element entstehen.

Bedingt durch die geometrische Verträglichkeit beim Hubvorgang kann bei Anwendung der „BLM“ nur ein Zügelement je Seilebene und Überbauteil verwendet werden. Im Bauzustand erfährt der Überbau somit nur eine singuläre Stützung, woraus eine entsprechende Querschnittshöhe  $h_{\min}$  resultiert. Es ist denkbar das System für den Endzustand mit mehreren Schrägseilen zu ergänzen. Für die Tragwirkung von Schrägseilbrücken sind viele, eng liegende, Seile mit weichem, also schlankem, Überbau günstig. Dies steht im Widerspruch mit dem singulären Seil für den Eindrehvorgang.



Um die Stützwirkung etwas zu verbessern, kann das Zugelement für den Endzustand einbetoniert und vorgespannt werden. Dies bietet folgende Vorteile:<sup>45</sup>

- höhere Steifigkeit des Gesamtsystems
- Schutz vor Tausalz, Anprall und Brandeinwirkung
- Verwendung von Spanngliedern des konventionellen Spannbetons

Diese Vorteile müssen allerdings mit der relativ aufwändigen Schalung für die Zügelgurte erkaufte werden.

Die in Abb.: 3-16 gezeigte Ganterbrücke von C. Menn am Simplonpass ist ein ausgesprochen schönes Beispiel für eine Zügelgurtrücke. Durch das Auffächern des Zügels wurde die singuläre Stützung auf einen Stützbereich erweitert. Die „Abspannsegel“ tragen wesentlich zur formalen Charakteristik des Bauwerkes bei. Pylon, „Segel“ und Überbau bilden eine schlüssige, ausdrucksstarke Einheit mit hohem Wiedererkennungswert.



*Abb.: 3-16 - Ganterbrücke, Simplonpass CH*

Bei Talbrücken mit hohen Pfeilern ist es angebracht die Pfeiler nicht unnötig hoch zu gestalten. Die mit der Höhe zunehmende Windbeanspruchung sowie die exponentiell zunehmende Beanspruchung des als Kragarm wirkenden Pfeilers, begrenzen die Höhenentwicklung aus ingenieurtechnischer Sicht. Dies ist auch am Beispiel der Ganterbrücke ersichtlich. Die Querschnittshöhe des Überbaues beträgt an der Stütze rd. 5 m, der Anschlusspunkt der „Segel“ liegt nur rd. 10 m über dem Streckträger.<sup>46</sup>

---

<sup>45</sup> vgl. [6] S.129

<sup>46</sup> vgl. [17] S.181 ff.

Die flache Neigung der Abspannungen, sei es als „Segel“ oder als Seil, erzeugt im statischen als auch im visuellen Sinne große Spannung. Bewusst wird der Reiz flacher Tragsysteme gern für Konstruktionen mit hohem Attraktionsgrad eingesetzt. Man denke an die Millenniumsbridge oder die Sunnibergbrücke.

Auch *Santiago Calatrava* hat bei seinen Studien zu alpinen Brücken von diesem System Gebrauch gemacht. Für das IABSE<sup>47</sup> – Symposium 1979 in Zürich erstellte er Entwürfe für bis zu 300m hohe und 250 m spannende Brücken<sup>48</sup>. Zwei dieser Entwürfe sind in Abb.: 3-17 dargestellt.

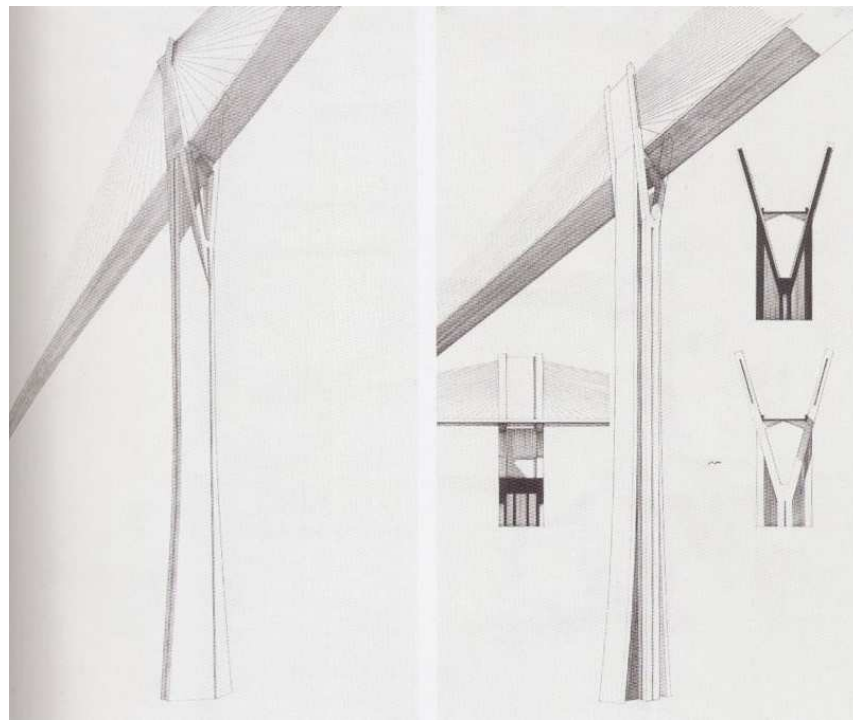


Abb.: 3-17 - Entwürfe von Santiago Calatrava, 1979, [18] S.53

### 3.3.2 Pfeiler und Pylone

Die Ausbildung der Pfeiler respektive Pylone ist für das Gesamterscheinungsbild von größter Bedeutung. Der Pfeiler als Bindeglied zwischen Verkehrswegträger - dem Sinngabe des Aufwandes – und Boden stellt ein formal prägendes Element dar, dessen Auslegung folgendes zu berücksichtigen hat:

- Statisches System bzw. Lagerungsschema der Brücke
- Lageranordnung bzw. Abstand der Lagerungspunkte
- Pfeilerhöhe

<sup>47</sup> International Association for Bridge and Structural Engineering

<sup>48</sup> vgl. [18] S.50 ff

- Interaktion Pfeiler – Überbau
- Spezifische Anforderungen bei Anwendung der „BLM“

ad Statisches System bzw. Lagerungsschema der Brücke:

Wie bereits erwähnt steht die konstruktive Ausbildung der Bauteile – und somit auch der Pfeiler- im direkten Zusammenhang mit dessen Beanspruchung. D.h. bevor nun an der Pfeilergeometrie gefeilt werden kann, muss der Lastpfad für vertikale und horizontale Lasten klar definiert werden. Vor allem das Ableiten von horizontalen Kräften, wie Brems-, Wind- und Erdbebeneinwirkungen, stellt bei großen Brücken eine Herausforderung dar. Weiters muss von Beginn an die Lage des thermischen Festpunktes abgeklärt werden. Lange Dehnwege stellen speziell bei Eisenbahnbrücken ein Problem dar. Zur Reduktion der Dehnwege an den Widerlagern bietet sich ein Festpunkt in Brückenmitte an, da dieser somit an einer Stelle mit großer Höhe über Grund zu liegen kommen kann, erfordert dies besondere Lösungen. Abb.: 3-18 zeigt eine Eisenbahnbrücke mit Festpunkt in Brückenmitte. Dieses Beispiel zeigt uns inständig wie prägend solch eine, vorerst unwichtig erscheinende Entscheidung, für das Erscheinungsbild der Brücke sein kann. Es zeigt aber auch wie wichtig und unerlässlich es ist, technische Randbedingungen von Anfang an - d.h. ab der ersten Skizze – in das Entwurfsprozedere einfließen zu lassen.



Abb.: 3-18 - Talbrücke mit Festpunkt in Brückenmitte, [20] S.62

ad Lageranordnung bzw. Abstand der Lagerungspunkte:

Die Lageranordnung in Querrichtung hängt von der Querschnittsgestaltung ab und wurde bereits in Kapitel 3.3.1 behandelt. Weiters ist genügend Platz für die Inspektion und den Austausch der Lager vorzusehen. Mindestabmessungen dafür sind in Abhängigkeit des geführten Verkehrsweges vom zuständigen Infrastrukturbetreiber einzuholen.

## ad Pfeilerhöhe

Mit zunehmender Pfeilerhöhe<sup>49</sup> sollte der Pfeiler mit Anzug ausgeführt werden, da der prismatische, monolithische Körper aufgrund optischer Täuschung den Anschein hegt, dass er nach oben hin zunimmt. Um diesem alt bekannten Phänomen entgegen zu wirken wird der Pfeiler in Längs- und/oder Querrichtung nach oben hin verjüngt. Bei den im Boden eingespannten Pfeilern entspricht dies auch dem Beanspruchungsverlauf und somit der konstruktiven Wahrhaftigkeit gemäß Kapitel 2.4.3.

Übliche Anzüge sind:<sup>50</sup>

- In Brückenlängsrichtung 1:70
- In Brückenquerrichtung 1:30 – 1:50

Der sich nach oben verjüngende Pfeilerschaft lässt auch den Körperschwerpunkt nach unten wandern, was wiederum Stabilität und Sicherheit symbolisiert. Bei hohen Pfeilern mit kräftigem Anzug kann der Pfeilerfuß sehr breit werden. Um dies zu vermeiden kann der Pfeilerkopf abgesetzt werden.

## Interaktion Pfeiler – Überbau

Dies ist zwar kein spezifisches Kriterium von Brücken die mittels der „BLM“ errichtet werden, es soll aufgrund der Wichtigkeit für das Erscheinungsbild von Brücken hier Erwähnung finden.

Bei größter Reduktion können große Talbrücken auf zwei entscheidende Elemente reduziert werden – Überbau und Pfeiler. Von dementsprechender Wichtigkeit ist das Zusammenwirken dieser Bauteile. Nur wenn diese Bauteile ein aus inneren Zusammenhängen entstehendes Ganzes bilden, kann die Gesamtstruktur überzeugend wirken. Pfeiler und Überbau müssen unverkennbar füreinander geschaffen sein. Die Komposition von Pfeiler und Überbau darf nicht zur arbiträren Fügung werden!

Das Aufheben der Differenzierung, ein Verschmelzen der Bauteile führt zur Harmonisierung der Konstruktion. *Hoshino* beschreibt dies, wenn auch etwas holprig, folgendermaßen:

*Ohne an den getrennten Begriffen „Balken“ und „Pfeiler“ zu kleben, sollte man Balken- Teil und Pfeiler- Teil zusammenwirken lassen.<sup>51</sup>*

---

<sup>49</sup> *Pauser* gibt hierfür in [6] eine Höhe von ca. 20 – 25 m an.

<sup>50</sup> [21] S. 4.6

<sup>51</sup> [3] S. 64

Verfahrensbedingt besteht während der Herstellung zwischen Pfeiler und Überbau ein Abstand (siehe Abb.: 3-7). Dieser wird einerseits als Manipulationsraum für die Schalung und andererseits für den Einbau der Druckstreben benötigt. Zum Eindrehen muss der Überbau den Pfeilerkopf berühren. Dies kann durch einen zusätzlichen Kippvorgang des Überbaues erfolgen, oder es wird bereits vorab so konzipiert, dass sich Pfeiler und Überbau am Pfeilerkopf treffen. Dies kann, wie in Abb.: 3-19 dargestellt, durch eine Spreizung des Pfeilerkopfes in Längsrichtung oder durch eine entsprechende Voute des Überbaues erfolgen.

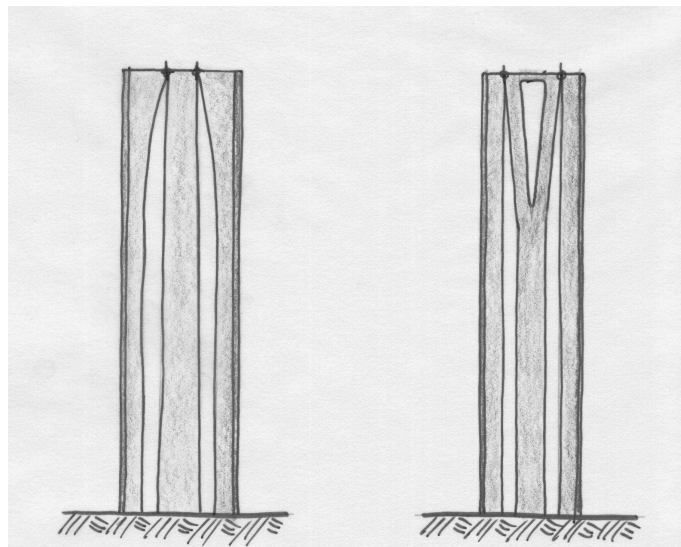


Abb.: 3-19 - Symbolische Darstellung mit gevoutetem Träger oder gespreiztem Pfeilerkopf

### 3.3.3 Druck- und Zugelement

Die Zugelemente bestehen aus hochfesten Stahlzuggliedern. Werden die Zugelemente für den Endzustand einbetoniert, so können Standardprodukte aus dem Spannbetonbau verwendet werden. Sollen die Zugglieder sichtbar bleiben ist auf einen gesonderten Korrosionsschutz zu achten. Die Vor- und Nachteile der Betonumhüllung wurden bereits in Kapitel 3.3.1 angeführt.

Die Druckstreben werden je nach Länge als Voll- oder Hohlquerschnitt ausgebildet. Eine Überhöhung zur Kompensation der Momente aus Eigengewicht ist denkbar und sinnvoll. An den Enden befinden sich Wälzelenke deren Detailausbildung derzeit am Institut für Tragkonstruktionen – Betonbau entwickelt werden. Für den Endzustand wird es günstig sein, die Streben an Pfeiler und Überbau monolithisch anzuschließen.

---

## 4. Entwurf einer Talbrücke

---

*„Hic Rhodus, hic salta!“*

## 4.1 Allgemeines

Aufbauend auf den bisher angeführten Erkenntnissen wird nun, in einer architektonisch – ingenieurtechnischen Symbiose eine Brücke entworfen. Dazu wurde vom Institut für Tragkonstruktionen ein Tal im österreichischen Bundesland Kärnten vorgegeben. Dankenswerter Weise wurden dafür Unterlagen von der Kärntner Landesregierung zur Verfügung gestellt. An dieser Stelle existiert bereits eine Straßenbrücke, die erst vor ein paar Jahren<sup>52</sup> erbaut wurde. Der hier vorgestellte Alternativentwurf basiert auf den funktionalen Vorgaben der bestehenden Brücke, wodurch die Entwürfe auf ökonomischer Ebene vergleichbar werden. Diese Alternative zum Bestand ist nicht als persönliche Kritik am Bestehenden zu verstehen, sondern als Anregung für Neues.

---

<sup>52</sup> Eröffnung Dezember 2005; Quelle: [www.lippitzbach.at](http://www.lippitzbach.at); Stand 05.12.2008

## 4.2 Standort

### 4.2.1 Makroebene

Der projektierte Standort liegt in Österreich, im südlich der Alpen befindlichen Bundesland Kärnten nahe der Ortschaft Bleiburg. Aus geologischer Sicht kann die Brücke entsprechend der Abb.: 4-1 einer Zone mit Sedimentationsgesteinen und Vulkaniten zugeordnet werden.

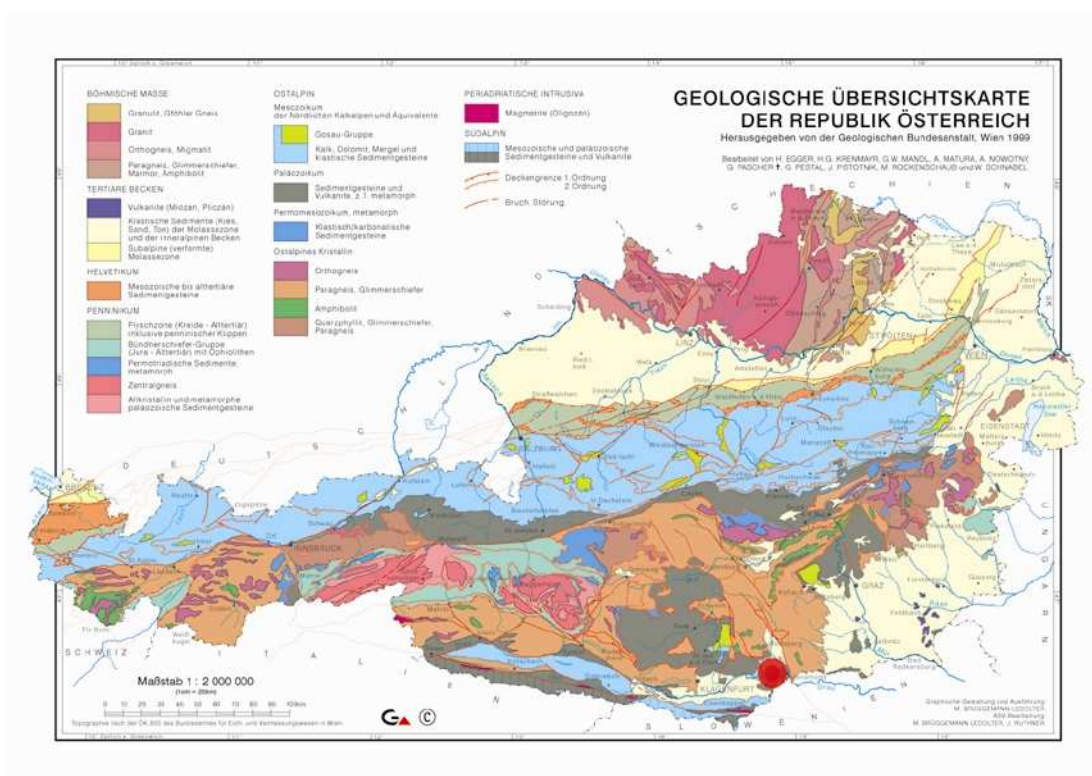


Abb.: 4-1 - Geologische Karte Österreich, Brückenstandort rot markiert<sup>53</sup>

Auf Makroebene kann die Region um den Bauplatz als hügelig- bzw. leicht gebirgig bezeichnet werden. Abb.: 4-2 gibt einen Überblick über die regionalen topografischen Verhältnisse. Der Hintergrund wird auf allen Seiten von größeren Erhebungen gebildet, was für die Struktur von Vorteil ist, da sich die subjektive Größe der Brücke dadurch verkleinert.

<sup>53</sup> Quelle: www.geologie.ac.at; Stand 05.12.2008





Abb.: 4-2 - Umgebungsansichten; Quelle: Google-Earth

#### 4.2.2 Mikroebene

Der rund 445 m lange Übergang überquert den Fluss Drau zwischen den Orten Dobrowa und Rinkenbergl. Die Drau hat sich an dieser Stelle etwa 110 m tief durch das umrandende Plateau eingegraben. Aufgrund der Flusskrümmung ist die nördliche Talflanke etwas flacher und länger als die südliche. Besonders hervorzuheben ist die plateauartige Talsohle im Nahbereich der Brücke. In Abb.: 4-3 ist dieser Bereich gelb markiert. Das Flusstal und somit das zu überbrückende Hindernis ist für den sich nähernden Betrachter nicht zu erkennen. Erst nach dem Durchdringen der Randvegetation eröffnet sich der Blick ins Tal. Dies stellt ein interessantes Moment dar, dass im Gestaltungskonzept Berücksichtigung findet. Die in etwa 18 m hohe Mischbewaldung der Talflanken reicht bis zum Talrand hoch, wodurch der lokale Maßstab definiert wird. Um für Reisende ein erkennbares Zeichen zu setzen, muss die Konstruktion die Randvegetation überragen.



Abb.: 4-3 - Mikro Situation, Draubücke Lippitzbach, Quelle-Ausgangsbild: Google-Earth

Die lokale Situation verlangt die Betrachtung verschiedener Nutzergruppen und deren Anforderungen an das Bauwerk. Wie in Abb.: 4-3 dargestellt, gibt es temporäre und stationäre Betrachter. Die temporären Betrachter werden durch die durchströmenden Nutzer des Verkehrsweges gebildet. Die stationären Betrachter sind die Einwohner des Ortes Lippitzbach, welcher im Talgrund, am nördlichen Ufer der Drau liegt.

Vom Standort Lippitzbach aus ist die Umgebungsstruktur von allen Blickwinkeln aus, als monoton zu bezeichnen. Weder Fluss oder Bewaldung noch Himmel als Hintergrund, lassen ungünstige Überschneidungen erwarten.

## Die Ortschaft Lippitzbach

*Dort wo der Wölfnitzbach, der auf der Saualpe entspringt, in die Drau mündet, liegt der einstmal für Österreich so bedeutsame Ort Lippitzbach.<sup>54</sup>*

Aufgrund des gleichmäßigen Wasserpegels und der Eisfreiheit des Baches siedelte sich bereits gegen Ende des 18. Jahrhunderts die Metallverarbeitende Industrie an. Die Bedeutsamkeit des Ortes besteht darin, dass in Lippitzbach das erste Walzwerk des Kontinentes errichtet wurde.<sup>55</sup>

Lippitzbach verbindet somit eine tiefe Tradition zu metallischen Werkstoffen. Bereits 1896 wurde die erste eiserne Brücke über die Drau geschlagen. Die 2005 fertig gestellte neue Draubrücke dient als Ersatz für die zu schwach gewordene alte Brücke. Dem historischen Stellenwert für die Metallverarbeitende Industrie wird die neue Brücke mit der gewählten Materialsprache jedoch nicht mehr gerecht.



*Abb.: 4-4 - Alte und neue Draubrücke von Lippitzbach aus gesehen; Foto: Amt der Kärntner Landesregierung*

---

<sup>54</sup> [www.lippitzbach.at](http://www.lippitzbach.at); Stand 05.10.2008

<sup>55</sup> vgl. [www.lippitzbach.at](http://www.lippitzbach.at); Stand 05.10.2008

### 4.3 Entwurfsraum

Der Entwurfsraum wird durch die topografischen und verkehrstechnischen Randbedingungen festgelegt. Die verkehrstechnischen Anforderungen sind der Abb.: 4-5 zu entnehmen. Die Brücke soll eine Landesstraße mit zwei Fahrspuren und mindestens einen Rad- und Gehweg tragen. Der Gehweg auf der gegenüberliegenden Seite kann als Not- und Erhaltungsweg ausgeführt werden. Daraus resultiert eine Mindestbrückenbreite von rd. 14 m.

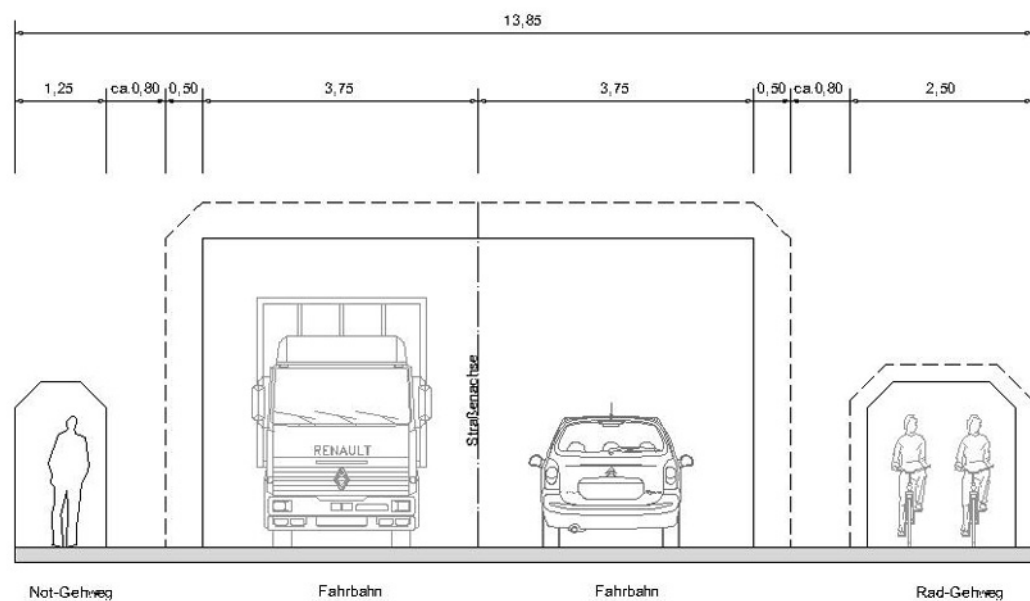


Abb.: 4-5 - Verkehrstechnische Vorgaben

Die Drauf ist aus Naturschutz- und hydraulischen Gründen von Einbauten frei zu halten. Der tiefste Pfeilerstandort ist durch den Hochwasserpegel (HQ 5000) begrenzt. Somit ergibt sich ein Entwurfsraum von rd. 460x120x20m. Im in Abb.: 4-6 dargestellten Entwurfsraum können die Pfeiler beliebig platziert werden. Beschränkungen aus geologischer Sicht oder durch bestehende Einbauten sind nicht bekannt.

Im Grundriss betrachtet wird die Brücke gerade ausgeführt, da die ebenfalls neu errichteten Anfahrtswege so ausgelegt werden, dass keine gekrümmte Brückentrassierung erforderlich wird. Dies führt zu einer wesentlichen Vereinfachung und Kostenreduktion.

Die Gradienten wird ebenfalls durch eine Gerade gebildet, die vom nördlichen zum südlichen Widerlager hin um 2,20 m fällt.

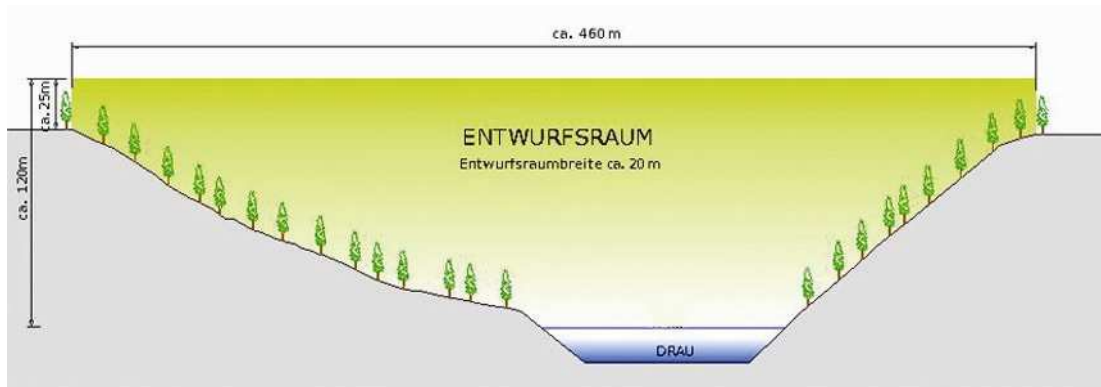


Abb.: 4-6 - Entwurfsraum Draubridge Lippitzbach

## 4.4 Gestaltungskonzept

Ziel ist es, ein Gestaltungskonzept zu erstellen, welches die Brücke mit ihrer Umgebung in harmonische Verbindung setzt und wo Funktionalität, Ökonomie und Ästhetik im Einklang stehen.

Aus topografischer Sicht ist das Spezielle an dem betrachteten Ort der markante Einschnitt der Drau. Wie bereits erwähnt bilden die gelb markierten Bereiche in Abb.: 4-3 eine Art Plateau, durch das die Drau, über die Jahrtausende hinweg, einen markanten Einschnitt gezogen hat. Eine Brücke, deren Tragwerksteile unter dem Deck angeordnet werden, bleibt dem Auge des Benutzers somit verborgen.

Durch das Heraufziehen der Tragwerksteile kann die Brücke mit einem größeren Umfeld in Kommunikation treten. Es soll kein weithin sichtbares Monument geschaffen werden, sondern ein dezentes Zeichen für den Reisenden, welches knapp über die Baumwipfel hinweg ragt und somit den Ort des Übergangs markiert. Als „dezent“ wird ein Übertagen der Baumkronen von ein paar Metern angesehen, weshalb der Entwurfsraum auf rund 25 m über Geländekante begrenzt wird.

Der gewünschte Zeichencharakter der Brücke kann folgendermaßen ausgedrückt werden: „Die Brücke soll einen sanften Akzent setzen, der auf das Bauwerk aufmerksam macht, es aber nicht in eine dominierende Rolle drängt.“

Besonderes Augenmerk ist auf die Anliegen der stationären Betrachter aus dem Ort Lippitzbach zu legen, da speziell ein Bauwerk dieser Größenordnung einen markanten Eingriff in die Umgebung darstellt. Im Rahmen des Gestaltungskonzeptes für die neue Draubridge wird auf diesen Umstand besonders eingegangen. Die Brücke muss sich den Bewohnern „stolz“ und prägnant präsentieren um als neuer regionaler Bestandteil akzeptiert zu werden. Ein durch die Prägnanz der Form entwickelter Wiedererkennungswert, soll für die gewünschte Akzeptanz bei den Bewohnern sorgen. Durch Bündelung der Volumina an den Pfeilern sowie einer adäquaten Ausformulierung dieser Bauteile, kann ein

skulpturaler Körper entstehen, der rein über die tragende Rolle hinaus, den gewünschten Wiedererkennungswert liefert.

Adäquate Gestaltung ist eine Grundvoraussetzung, spiegelt sie doch die Wertschätzung gegenüber der Bevölkerung wider. Ein „hin geklotzter“ Körper dessen einziges Ziel niedrigste Baukosten ist, kann niemals ein Ersatz für die Verbauung von natürlicher Landschaft sein und diskriminiert die Menschen, die mit diesem Objekt ihren Lebensraum teilen müssen.

## 4.5 Bautechnik

Wie in Kapitel 2.2.8 beschrieben, muss bereits zum Zeitpunkt der Planung die lokal verfügbare Bautechnik berücksichtigt werden. Der projektierte Standort liegt in Österreich und somit in einem „Hochlohnland“. **M**aterial, **M**ethode und **M**aschine stehen dadurch quasi uneingeschränkt zur Verfügung. Um „ökonomisch“ zu bauen muss allerdings der „Faktor **M**ensch“ aufgrund der derzeitigen Steuerpolitik weitestgehend vermieden werden.

Das Bauverfahren spielt im Brückenbau eine wesentliche Rolle. Es muss für jeden Entwurf die Baubarkeit in einer frühen Phase beurteilt werden. Für das konkrete Beispiel Draubücke bieten sich von den bekannten Verfahren, das Lanzieren oder der Freivorbau an. Im Rahmen dieser Arbeit soll gezeigt werden, dass die „BLM“ ein weiteres konkurrenzfähiges Bauverfahren darstellt. Der Talquerschnitt wurde im Vorfeld in Bezug auf die Anforderungen der „BLM“ geprüft. Aufgrund der Neigungsverhältnisse der Talflanken wurde festgestellt, dass im konkreten Fall der Variante mit Zügelgurt der Vorzug zu geben ist. Bei der Variante mit Druckstreben müssten im Bereich der Widerlager längere Strecken mit konventioneller Rüstung erstellt werden, was einen erheblichen Mehraufwand zur Folge hätte.

In den in Kapitel 4.6 gezeigten Entwurfsskizzen wird deshalb nur eine Möglichkeit für die Anwendung der Druckstrebenvariante präsentiert.

## 4.6 Variantenstudien

### 4.6.1 Variante A

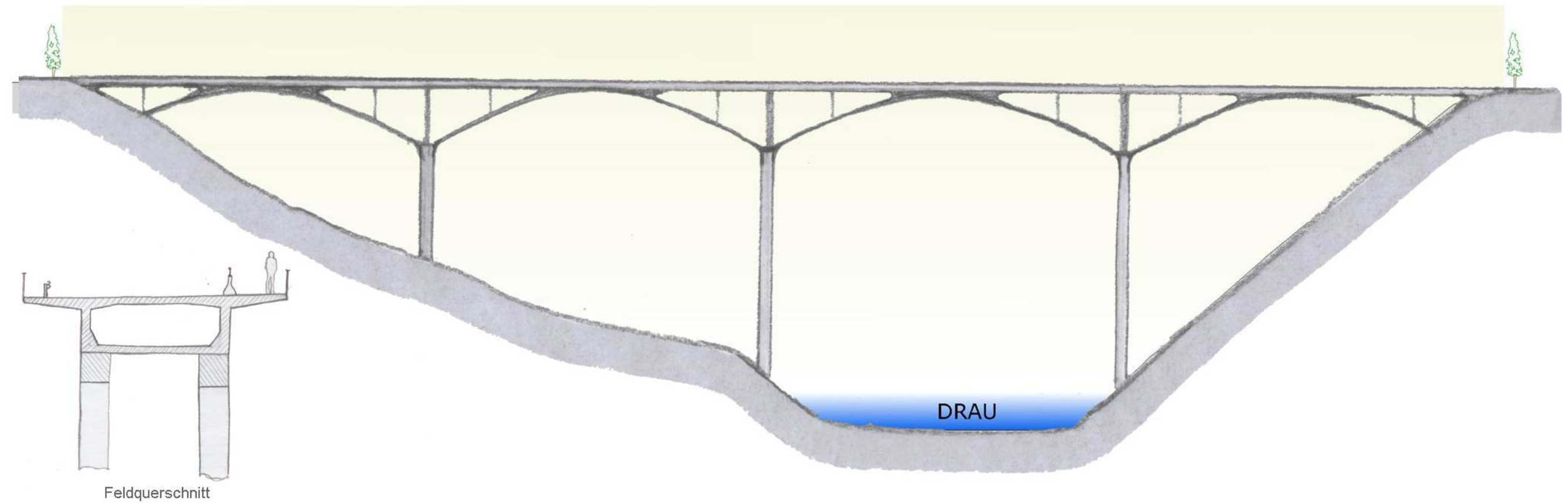


Abb.: 4-7 - Variante A

#### Beschreibung:

Variante A ist eine 4-feldrige Deckbrücke, d.h. das Haupttragwerk liegt unter der Fahrbahnebene. Dies ist in Bezug auf die Dauerhaftigkeit von Vorteil, da das Haupttragwerk vor Tausalz und direkter Bewitterung geschützt wird. Mit Ausnahme der Randbereiche ist eine Herstellung mittels der „BLM – Druckstrebenvariante“ denkbar. Die an die Widerlager angrenzenden Bereiche müssten allerdings mittels temporärer Abstützung bzw. Rückverankerung hergestellt werden. Der angestrebte Zeichencharakter wird von dieser Brücke jedoch nicht erfüllt, da die Höhe des Entwurfraumes nicht ausgenutzt wird.

#### Daten:

| Typ  | Feldweiten [m]  | Pfeiler | Pfeilerhöhen [m] | Bauweise                     | Bauverfahren      |
|--|-----------------|---------|------------------|------------------------------|-------------------|
| Mehrfeldriges Bogentragwerk mit aufgeständerter Fahrbahn | 110+110+110+110 | 3       | 53, 90, 90       | Stahl- Spannbetonquerschnitt | BLM - Druckstrebe |

## 4.6.2 Variante B

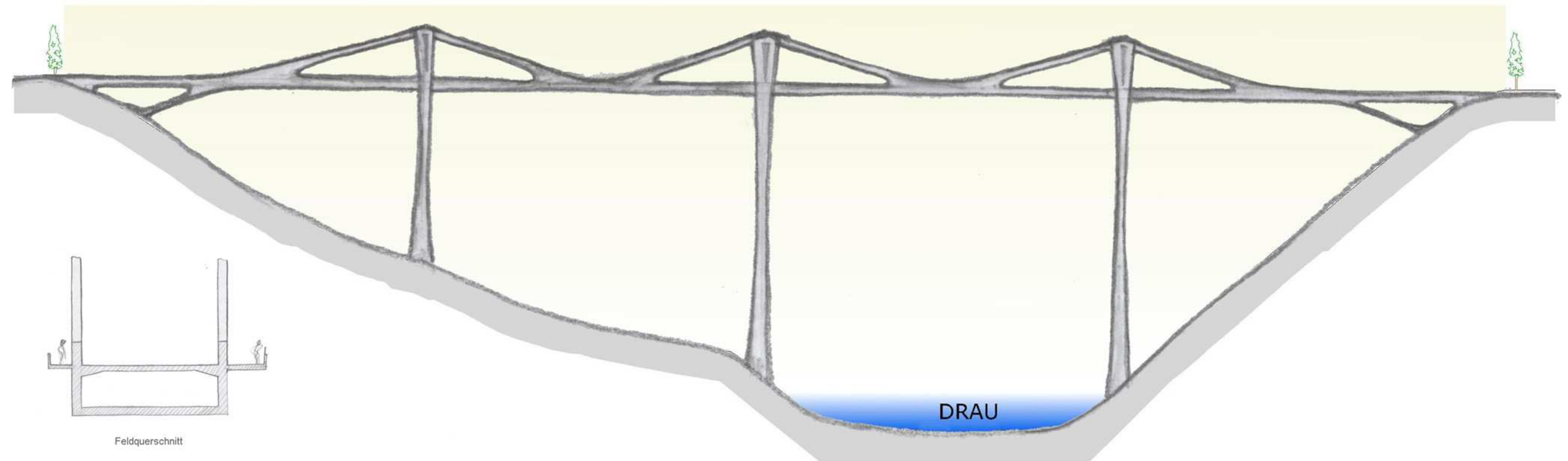


Abb.: 4-8 - Variante B

## Beschreibung:

Variante B gehört zur Familie der Zügelgurtbrücken. Bei Anwendung der „BLM“ können die Zügel zum Aufziehen der Überbauten herangezogen werden. Das anschließende Ausbetonieren der Zügelgurte erfordert jedoch eine aufwendige Schalungsarbeit in großer Höhe. Daher ist Variante B vermutlich die teuerste unter den hier gezeigten.

Die einzelnen Felder erfahren nur im Bereich der Feldmitte eine Stützung was zu längeren ungestützten Zwischenfeldern führt, die den Überbau auf Biegung beanspruchen. Diese Variante wird somit die geringste Trägerschlankheit aufweisen. Wie bei Variante A müssen auch hier die an die Widerlager angrenzenden Bereiche mit einem zusätzlichen Bauverfahren erstellt werden.

## Daten:

| Typ             | Feldweiten [m]  | Pfeiler | Pfeilerhöhen [m] | Bauweise                     | Bauverfahren    |
|-----------------|-----------------|---------|------------------|------------------------------|-----------------|
| Zügelgurtbrücke | 110+110+110+110 | 3       | 72, 108, 108     | Stahl- Spannbetonquerschnitt | BLM - Zügelgurt |



## 4.6.3 Variante C

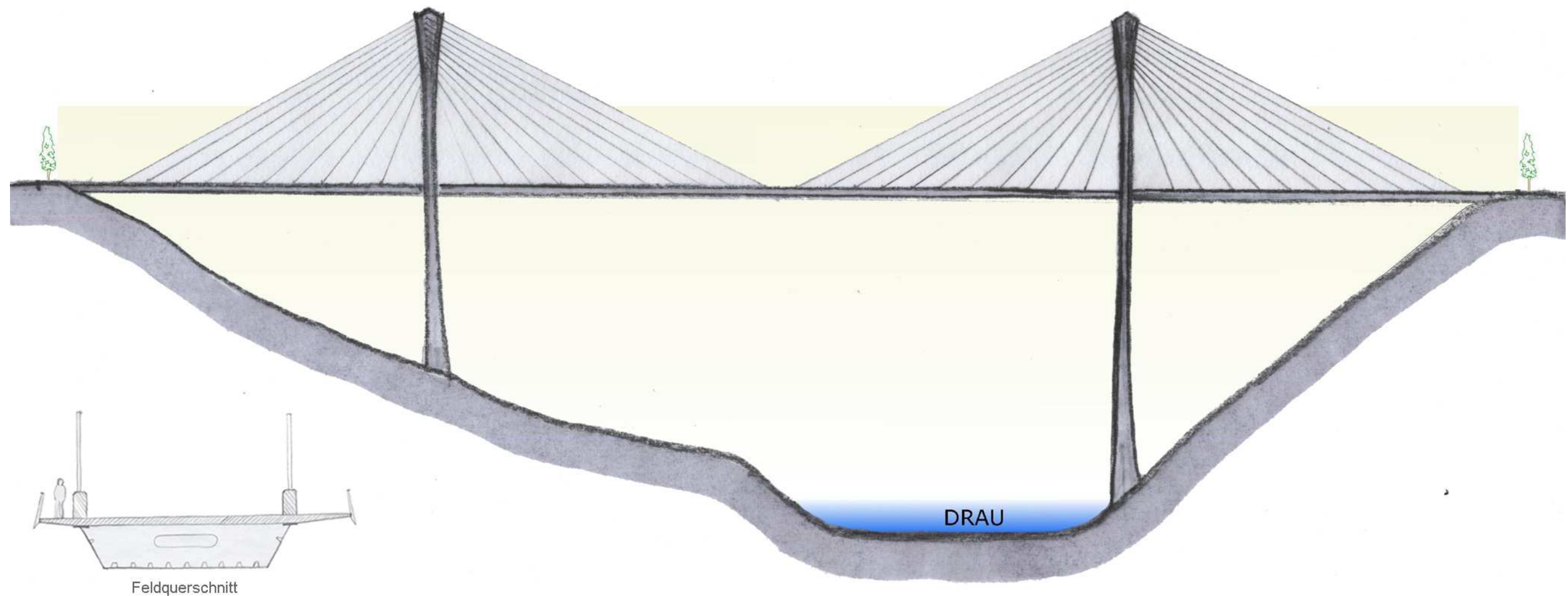


Abb.: 4-9 - Variante C

## Beschreibung:

Die „klassische“ Schrägseilbrücke mit Halb-Harfen Anordnung der Schrägseile in Längsrichtung. In Querrichtung sind zwei Seilebenen angeordnet, die an den äußeren Überbaurändern anschließen. Die Schrägseilkonstruktion erlaubt größere Spannweiten, wodurch nur noch zwei Pfeiler notwendig werden. Um die Seilkräfte in Grenzen zu halten, benötigen größere Spannweiten auch höhere Pfeiler. Wie aus Abb.: 4-9 ersichtlich ragen die Pylone weit aus dem Entwurfsraum heraus. Auch wenn der obere Entwurfsraum nicht durch eine starre Grenze definiert ist, so ist diese Konstruktion, mit bis zu 150 m hohen Pylonen, in Bezug auf die Einpassung in die Umgebung als unmaßstäblich zu bezeichnen.

## Daten:

| Typ              | Feldweiten [m] | Pfeiler | Pfeilerhöhen [m] | Bauweise           | Bauverfahren    |
|------------------|----------------|---------|------------------|--------------------|-----------------|
| Schrägseilbrücke | 110+220+110    | 2       | 110, 150         | Verbundquerschnitt | BLM - Zügelgurt |

## 4.6.4 Variante D

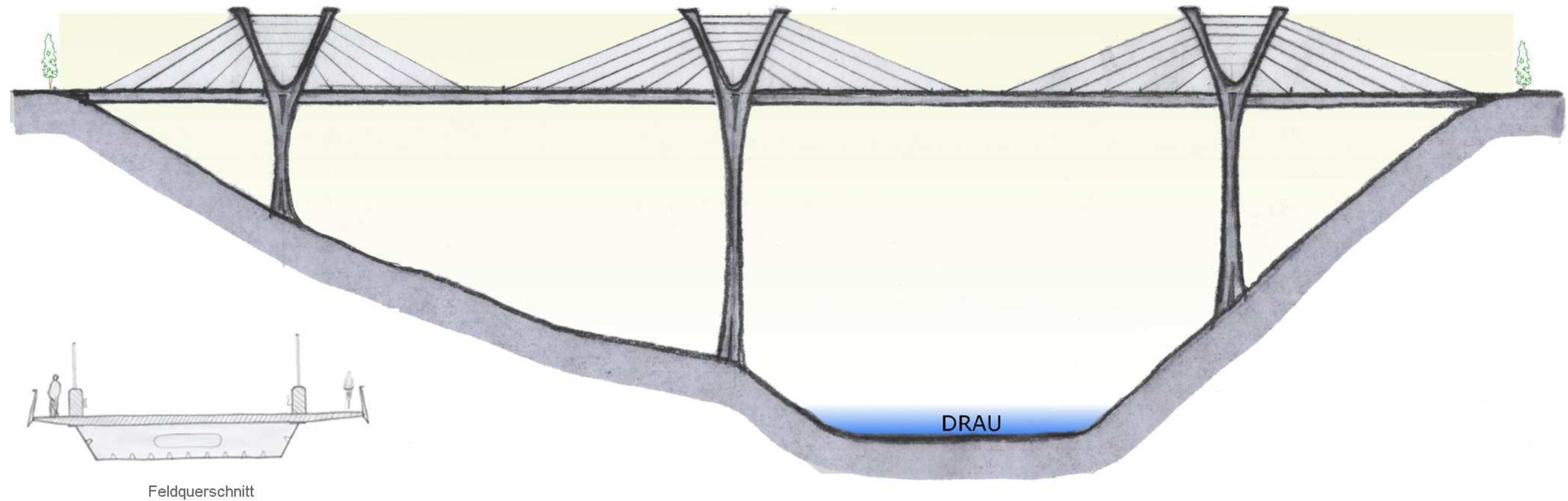


Abb.: 4-10 - Variante D

## Beschreibung:

Variante D ist ebenfalls eine Schrägseilbrücke mit Halb-Harfen Anordnung der Schrägseile in Längsrichtung. In Querrichtung sind zwei Seilebenen angeordnet, die zwischen Fahrbahn und Geh- Radweg angreifen. Die Fußgänger bzw. Radfahrer sind somit vom motorisierten Verkehr baulich getrennt. Bei den Pylonen müssen die Geh- Radwege außerhalb der Pylone vorbeigeführt werden. Durch Spreizung der Pylonschäfte im über der Fahrbahn liegenden Teil, kann die Pylonhöhe reduziert werden. Die Pylone fügen sich somit harmonisch in den Entwurfsraum ein und erfüllen den angestrebten Zeichencharakter.

## Daten:

| Typ              | Feldweiten [m] | Pfeiler | Pfeilerhöhen [m] | Bauweise           | Bauverfahren    |
|------------------|----------------|---------|------------------|--------------------|-----------------|
| Schrägseilbrücke | 60+140+160+80  | 3       | 66, 110, 95      | Verbundquerschnitt | BLM - Zügelgurt |

## 4.7 Evaluierungsprozess

Werden öffentliche Mittel verbaut, so ist eine transparente Entscheidungsfindung von großer Bedeutung. Im Sinne einer Demokratie werden Entscheidungen von Abgeordneten getroffen. Umgelegt auf ein Brückenbauprojekt sind diese Abgeordneten der Bauherr, Planer, Ausführer und Vertreter der Bevölkerung, wie z.B. der Bürgermeister. Um eine Entscheidung quantifizierbar zu machen bedarf es einheitlichen Beurteilungskriterien. Die Forschergruppe „Ingenieurbauten – Wege zu einer ganzheitlicher Betrachtung“, der Universität Stuttgart hat sich mit diesem Thema beschäftigt und Beurteilungskriterien für Ingenieurbauten erarbeitet. Im Rahmen dieser Arbeit werden diese Beurteilungskriterien herangezogen, um zu einer objektiven Entscheidungsfindung zu gelangen.

### 4.7.1 Beurteilungskriterien<sup>56</sup>

#### Tragwerk und Gestalt

Objektbezogene Aspekte: Robustheit, Tektonik, Gesamtbild

#### Funktionalität

Nutzerbezogene Verwendungsfähigkeit: Normalbetrieb, Brückenerhaltung, Herstellung

#### Wohlbefinden

Psychisches, physisches und soziales Befinden des Menschen: Qualität der Nutzerfreundlichkeit, bauphysikalische Qualität, Erlebnisqualität

#### Umweltverträglichkeit

Umwelt als Lebensräume von Menschen, Tieren und Pflanzen: Eingriffe in den Naturhaushalt, Ressourcenverbrauch, Auswirkungen auf die Emissionen, Abfallpotential, Kreislauffähigkeit

#### Wirtschaftlichkeit

Verhältnis von Brücke und Gesellschaft unter Kostenaspekten: Gesamtkosten

---

<sup>56</sup> vgl. [29] S. 602

## 4.8 Evaluierung der Varianten A bis D

Aufbauend auf diesen Kriterien wird in Bezug auf [29] ein detaillierter Kriterienkatalog erstellt und die Positionen mit Bewertungsfaktoren versehen.

| Pos.       | Kriterium   | Punkte        | Variante A  | Pkt. | Variante B  | Pkt. | Variante C   | Pkt. | Variante D  | Pkt. |
|------------|---|---------------|---|------|---|------|--|------|---|------|
| <b>1</b>   | <b>TRAGWERK und GESTALT</b>   | <b>max.25</b> |   |      |   |      |  |      |   |      |
| <b>1.1</b> | <b>Tektonik:</b><br>Fügung der Bauteilgruppen,<br>Gesamtkomposition   | 10            | + Harmonischer Übergang zwischen Überbau und Talflanken<br>+ Gutes Verhältnis zwischen schlankem Stabbogen und kräftigem Überbau                                    | 10   | - Keine Hauptöffnung, dadurch kein Bezug zur Flussquerung<br>- Systemwechsel in den Randfeldern erscheint als „Notlösung“                                   | 5    | - Großform nimmt nicht Bezug auf die Talform<br>- Seilüberschneidungen bei Ansicht von Lippitzbach   | 5    | + Asymmetrische Großform nimmt den Talcharakter auf<br>+ Kräftige Pylone visualisieren das Kräfteverhältnis             | 10   |
| <b>1.2</b> | <b>Ideengehalt der Konstruktion:</b><br>Umsetzung von Leitgedanke und Gestaltungskonzept,<br>Innovationsgrad,<br>Ingenieurtechnische Besonderheiten | 10            | - Gestaltungskonzept wird nicht optimal umgesetzt,<br>- „Klassische“ Lösung mit geringem Innovationsgrad<br>+ Logische Tragstruktur                                 | 5    | + Gestaltungskonzept wird sichtbar umgesetzt<br>- Betonzügelgurte durch singuläre Stützwirkung eher problematisch   | 8    | - Gestaltungskonzept wird nicht optimal umgesetzt,<br>- „Klassische“ Lösung mit geringem Innovationsgrad<br>+ Hohe visuelle Schlankheit                          | 3    | + Gestaltungskonzept wird sichtbar umgesetzt<br>+ Spreizung der Pylonschäfte erscheint logisch und sinnvoll             | 10   |
| <b>1.3</b> | <b>Effizienz des Tragwerkes:</b><br>Verhältnis von statisch konstruktivem Gehalt und formaler Ausprägung  | 5             | + Kurze Zwischenstützweiten des Überbaues durch Querspanndrillen<br>+ Kraftfluss gut nachvollziehbar  | 5    | + Pylonform orientiert sich am Kraftfluss<br>- Überbau wird nicht kontinuierlich gestützt, was zu größerer Bauhöhe führt                                    | 2    | + Kontinuierliche Stützung erlaubt schlanken Überbau,<br>+ Pylonform orientiert sich am Kraftfluss   | 5    | + Kontinuierliche Stützung erlaubt schlanken Überbau,<br>+ Pylonform orientiert sich am Kraftfluss                      | 5    |
| <b>2</b>   | <b>FUNKTIONALITÄT</b>   | <b>max.25</b> |   |      |   |      |  |      |   |      |
| <b>2.1</b> | <b>Normalbetrieb:</b><br>Verkehrsfluss, Verkehrssicherheit, Beleuchtung, div. Zusatzeinrichtungen   | 5             | - Zusätzliche Einrichtung für Beleuchtung notwendig, stören das Erscheinungsbild aber nur wenig<br>- Zusätzliche bauliche Trennung zwischen Fußgänger und Kfz nötig | 3    | - Zusätzliche Einrichtung für Beleuchtung notwendig<br>- Zusätzliche bauliche Trennung zwischen Fußgänger und Kfz nötig                                     | 2    | + Beleuchtung integrierbar<br>+ Bauliche Trennung von Fußgänger und Kfz durch Seilebene gegeben  | 4    | + Beleuchtung integrierbar<br>+ Bauliche Trennung von Fußgänger und Kfz durch Seilebene gegeben                         | 4    |
| <b>2.2</b> | <b>Brückenerhaltung:</b><br>Flexibilität während Erhaltungsmaßnahmen,<br>Zugänglichkeit bei Brückeninspektion                                       | 10            | + Kein Haupttragwerk über der Fahrbahnebene<br>+ Vermutlich geringster Erhaltungsaufwand<br>+ Flexible Verkehrswegführung bei Sanierungsmaßnahmen                   | 10   | - Zügelgurte liegen im Tausalzbereich<br>+ Äußerliche Inspektion einfach<br>- Spannglieder kaum prüfbar<br>- Verkehrsführung durch Seilebenen eingeschränkt | 5    | - Kabel liegen im Tausalzbereich<br>- Prüfung der Seile sehr exponiert<br>+ Pylonkopf zentral kontrollierbar<br>- Verkehrsführung durch Seilebenen eingeschränkt | 6    | - Kabel liegen im Tausalzbereich<br>+ Äußerliche Inspektion einfach<br>- Verkehrsführung durch Seilebenen eingeschränkt | 5    |
| <b>2.3</b> | <b>Herstellung:</b><br>Bauverfahren, Bauzeit, erforderliche Sonderbauteile bzw. Sonderverfahren   | 10            | o „BLM“ Druckstrebe<br>- Herstellung der Querspanndrillen aufwendig<br>- Extra Bauverfahren für Randfelder  | 6    | o „BLM“ Zügelgurt<br>- Aufwendiges Herstellen des Betonzügels<br>- Extra Bauverfahren für Randfelder  | 5    | o „BLM“ Zügelgurt<br>+ Nur ein Bauverfahren nötig<br>- Es müssen sehr große Überbauteile vorgefertigt und eingedreht werden                                      | 6    | o „BLM“ Zügelgurt<br>+ Nur ein Bauverfahren nötig<br>- Breitere Pfahlkopfplatten zum Abstellen der Überbauten nötig     | 7    |
| <b>3</b>   | <b>WOHLBEFINDEN</b>   | <b>20</b>     |   |      |   |      |  |      |   |      |
| <b>3.1</b> | <b>Wohlbefinden der Brückennutzer:</b>  | 10            | - Geringe Separierung von Fußgänger und Kfz   | 7    | + Gute Separierung von Fußgänger und Kfz  | 8    | + Gute Separierung von Fußgänger und Kfz   | 8    | + Gute Separierung von Fußgänger und Kfz  | 8    |

|            |  |               |   |           |  |           |  |           |   |           |
|------------|--|---------------|---|-----------|--|-----------|--|-----------|---|-----------|
|            | Behaglichkeit während der Benützung, Aussicht, Exponiertheit, Schutzgedanke,   |               | - Exponiertheit<br>+ Ungehinderte Aussicht für alle Verkehrsteilnehmer  |           | + Sicherheitsgefühl durch seitliche Tragwerksteile<br>- Eingeschränkte Sicht durch seitliche Kabelebene  |           | + Sicherheitsgefühl durch seitliche Tragwerksteile<br>- Eingeschränkte Sicht durch seitliche Kabelebene  |           | + Sicherheitsgefühl durch seitliche Tragwerksteile<br>- Eingeschränkte Sicht durch seitliche Kabelebene   |           |
| <b>3.2</b> | <b>Akzeptanz der Anrainer:</b><br>Akzeptanz der Brücke, Soziales Wohlbefinden der Anrainer durch Wertschätzung gegenüber der Bevölkerung, Wiedererkennungswert | 10            | o Schwach akzentuierend<br>- Wiedererkennungswert gering<br>- Wertschätzung der Bevölkerung vermutlich gering                                 | 5         | - Stark (zu stark) akzentuierend<br>+ Wiedererkennungswert hoch<br>- Wertschätzung der Bevölkerung vermutlich gering, da formal sehr extravagant | 2         | - Brücke ist zu wuchtig für diesen Standort<br>- Vermutlich nur geringe Akzeptanz bei der Bevölkerung  | 0         | + Dezent akzentuierend<br>+ „Pfeilerskulpturen“ schaffen hohen Wiedererkennungswert<br>+ Daher vermutlich hohe Akzeptanz bei der Bevölkerung      | 10        |
| <b>3.3</b> | <b>UMWELTVERTRÄGLICHKEIT</b>   | <b>max.15</b> |   |           |  |           |  |           |   |           |
|            | Temporärer und/oder permanenter Eingriff in den Naturraum, Hydrologie, Ressourcenverbrauch, Kreislauffähigkeit   |               | - Großer Eingriff im Bereich der Trasse<br>+ keine Beeinträchtigung der Drau<br>- Schwierig demontierbar<br>+ Optimierter Ressourcenverbrauch | 5         | - Großer Eingriff im Bereich der Trasse<br>+ keine Beeinträchtigung der Drau<br>- Schwierig demontierbar<br>+ Optimierter Ressourcenverbrauch    | 5         | + Sehr geringer Eingriff im Bereich der Trasse<br>+ Keine Beeinträchtigung der Drau<br>+ Relativ gut demontierbar<br>+ Optimierter Ressourcenverbrauch | 15        | + Geringer Eingriff im Bereich der Trasse<br>+ Keine Beeinträchtigung der Drau<br>+ Relativ gut demontierbar<br>+ Optimierter Ressourcenverbrauch | 10        |
| <b>4</b>   | <b>WIRTSCHAFTLICHKEIT</b>  | <b>max.15</b> |   |           |  |           |  |           |   |           |
| <b>4.1</b> | Geschätzte „Lebenszykluskosten“ der Varianten im Vergleich zueinander, 1 = günstigste Brücke, 4 = teuerste Brücke  |               | Platz 2   | 10        | Platz 4  | 0         | Platz 3  | 5         | Platz 1   | 15        |
|            | <b>Summe</b>   | <b>100</b>    |   | <b>66</b> |  | <b>42</b> |  | <b>57</b> |   | <b>84</b> |

Legende: +... positiv  
- ...negativ  
o ...wertfrei

Natürlich unterliegt jeder Versuch einer Bewertung einer gewissen Subjektivität und es kann daher niemals eine einzige „richtige“ Lösung der Aufgabe geben. Ein tabellarischer Vergleich, in der oben gezeigten Form, visualisiert jedoch die Stärken und Schwächen eines Entwurfes und bildet somit eine gute Grundlage zur Entscheidungsfindung.

Im konkreten Fall hat Variante D die höchste Punktzahl erreicht und ist somit zu favorisieren. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit dem „Bauchgefühl“ des Verfassers. Objektive und subjektive Meinung decken sich, wodurch einer weiteren Bearbeitung von Variante D nichts mehr im Wege steht!

## 4.9 Entwurfsbeschreibung Variante D

Das Gesamtwerk wird im Wesentlichen aus der Komposition von drei Elementgruppen gebildet: Pylone, Seiltragwerk und Streckträger. Es ist die Tektonik dieser Einzelkomponenten sowie die Einfügung der Gesamtstruktur in den Kontext der lokalen Gegebenheiten die gestalterische Qualität schaffen. Wie beim vorliegenden Entwurf auf diese Anforderungen reagiert wird, soll hier erläutert werden:

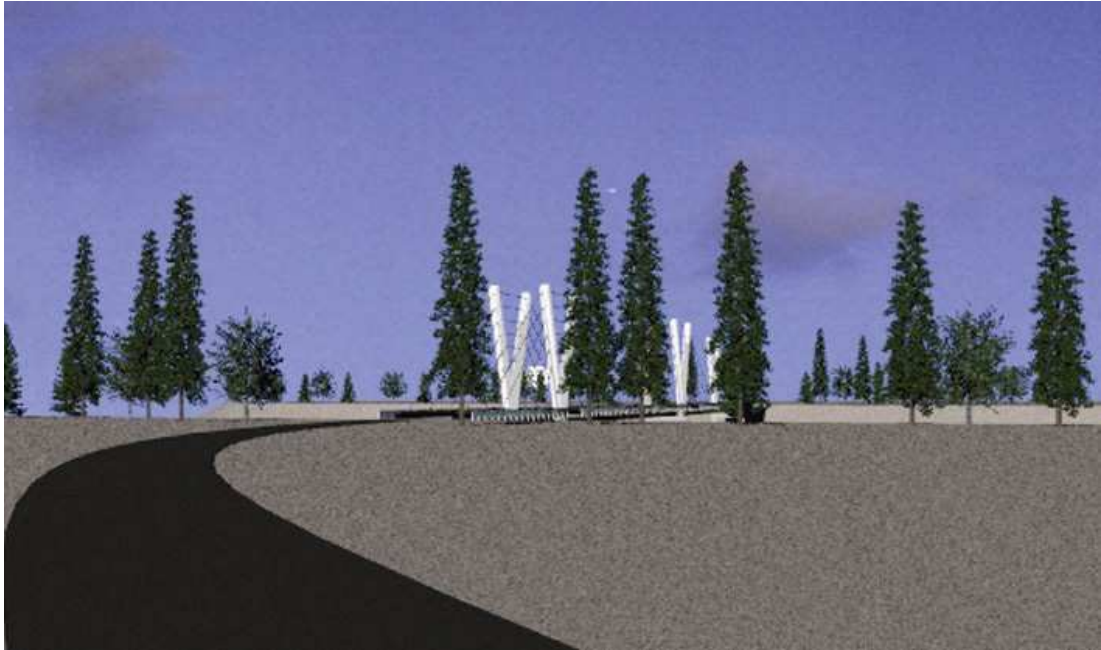
Die Großform der 4-feldrigen Schrägseilbrücke wird durch die kräftigen Pylone dominiert. Die Austeilung der Pylone steht im intensiven Bezug zur Umgebung. So nimmt die Konstellation mit drei unterschiedlichen Pylonen, die asymmetrische Talform auf. Auf der flacheren und längeren Talseite werden zwei Pylone angeordnet, auf der steileren und kürzeren nur einer. Dadurch fällt auch die Hauptspannweite über den Fluss und somit auf den Bereich des zu überbrückenden Hindernisses.

Wie im Gestaltungskonzept in Kapitel 4.4 dargelegt wurde, ist es ein Anliegen, dass die Brücke über den „Talrand blickt“ und den Ort des Überganges in unaufdringlicher Weise markiert.

Durch die Spreizung der Pylonspitzen kann die Höhe der Pylone niedrig gehalten werden, ohne dabei die Neigung der Schrägseile weiter zu reduzieren. Die horizontalen Seile zwischen den Pylonspitzen lassen Pylon und Seiltragwerk miteinander verschmelzen. Gehören diese horizontalen Seile nun zum Pylon oder zum Seiltragwerk?

Die Systeme sind optisch und funktional nicht mehr so einfach zu trennen, wodurch eine intensive Verknüpfung der Komponenten entsteht, was wiederum zu einer Tektonik führt, die Kohärenz zwischen den Einzelbauteilen verspüren lässt.

Auch das dritte wesentliche Element im Bunde - der Streckträger - steht in intensiver Beziehung zu dem Konglomerat aus Seilen und Pylonen. Durch die kontinuierliche Stützung zufolge der Schrägkabel, kann der Streckträger sehr schlank gehalten werden. Die Schlankheit für das Hauptfeld beträgt nur  $L/75$ , bezogen auf die gesamte Brücke sogar nur  $L/210$ . Durch diese Schlankheit wird die Verteilung der Kräfte ganz klar dargelegt und ablesbar. Der Streckträger könnte nicht ohne das ihn stützende Netz aus Seilen – die beiden Elementgruppen ergänzen sich und bilden somit ein zusammenhängendes Ganzes.



*Abb.: 4-11 - Der Übergang kündigt sich an....*

Für die Montage mittels „BLM“ wurde ein zweistufiges Konzept zur Herstellung des Endquerschnittes entwickelt. Es ist angedacht, ein extrem leichtes „rückgratartiges Skelett“ aus Stahl hochzuklappen und anschließend mittels Halbfertigteilen und Aufbeton den Querschnitt zu komplettieren. Eine detaillierte Beschreibung der Montage kann dem Kapitel 4.10, sowie dem Plan B 02 aus Anhang B entnommen werden.

Durch den, aus Blechen zusammengesetzten, Stahlträger wird ein Konnex zu den historischen Wurzeln der Gemeinde Lippitzbach hergestellt. Wie in Kapitel 4.2.2 erwähnt, gab es in Lippitzbach das erste Walzwerk zur Blecherzeugung auf dem europäischen Kontinent. Der Einsatz eines Blechträgers reagiert auf dieses historisch und wirtschaftlich relevante Ereignis.

#### 4.9.1 Formfindung

##### Pylone:

Ein Pylon besteht aus zwei Stielen, die am Stahlträger außen vorbeiführen und ein bis zwei Querriegeln. Durch diese zweistielige Konstruktion soll verhindert werden, dass bei Schrägansicht eine optische Mauer entsteht. Für die Formfindung der Pylonstiele wurde der Beanspruchungsverlauf analysiert und in affiner Weise übernommen. Der Beanspruchungsverlauf für Pylon 2 wird in Abb.: 4-18 rein

qualitativ dargestellt. Für die Ansicht im Längsschnitt wird ein kreisbogenförmiger Verlauf, mit einem Radius von ca. 1000 m, gewählt. Pylon 2 beispielsweise, verjüngt sich somit von 8 m Breite an der Basis auf 3,95 m an der dünnsten Stelle und wächst nach oben hin wieder auf eine Breite von rund 5 m an. Zur Förderung der visuellen Schlankheit werden die Pylonstiele mit einer längslaufenden Nut ausgeführt. Durch diese Nut erfährt der Pylonquerschnitt eine Massenkonzentration in den äußeren Eckbereichen, was wiederum dem Verlauf der Beanspruchungen entspricht.

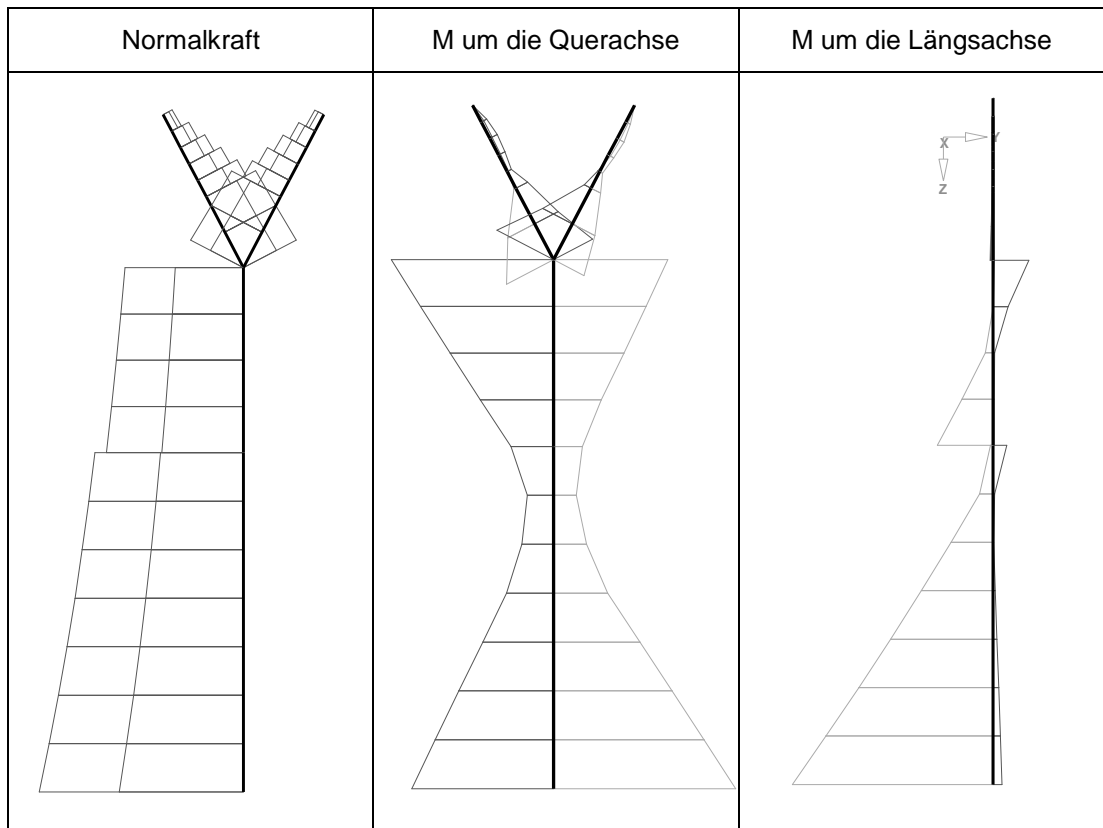


Abb.: 4-12 - Qualitative Darstellung des Beanspruchungsverlaufes

Die Ansicht im Querschnitt wird durch eine Gerade an der Innenseite und einen parabelförmigen Verlauf an der Außenseite gebildet. Der parabelförmige Anzug wird folgendermaßen definiert:



$$y(x) = 4 * f * \left[ \frac{x}{2 * h} - \left( \frac{x}{2 * h} \right)^2 \right]$$

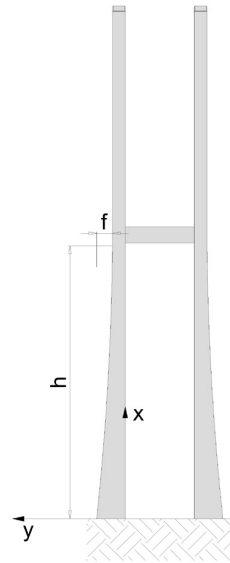


Abb.: 4-13 - Parabelgleichung und Bezeichnungen

#### Seiltragwerk:

Die Kabel sind in „Halbhafen“ Form angeordnet. Der Abstand am Streckträger beträgt konstant 12,20 m über das gesamte Tragwerk hinweg. Am Pylon treffen die Kabel mit einem Abstand von 3,77 m ein – daher die Bezeichnung „Halbhafte“.

An den gespreizten Pylonspitzen werden die Kabel über einen Umlenksattel geführt. Wie bereits erwähnt kann durch die Spreizung die Pylonhöhe sehr effektiv reduziert werden.

#### Streckträger:

Die Hauptträger werden als geschweißter I-Querschnitt hergestellt und von kastenartigen Konsolen, an denen die Schrägkabel angreifen, gestützt. Auf den Hauptträgern liegt die Verbundplatte aus Stahlbeton auf. Die Verbundplatte wird aus Halbfertigteilen und entsprechendem Aufbeton hergestellt. Die Kabelverankerung liegt unterhalb der Platte, wodurch längere Durchbrüche erforderlich werden. Die seitlichen Gehwege können deshalb nicht als Kragplatte hergestellt werden. Aus diesem Grund werden alle 12,20 m seitlich Stahlkonsolen angebracht. Die Geh- und Radwegplatte kann sich nun von Konsole zu Konsole spannen. Die Konsolen sind über einen K-Verband, der sich an der Verbundplatte abstützt, „kurzgeschlossen“. Der K-Verband ist Teil des Querträgers, welcher im Montagezustand die Hauptträger zusammenhält. Die Verbundplatte liegt im Endzustand nicht auf dem Querträger auf, wodurch beim Querträger auf einen Untergurt verzichtet werden kann.

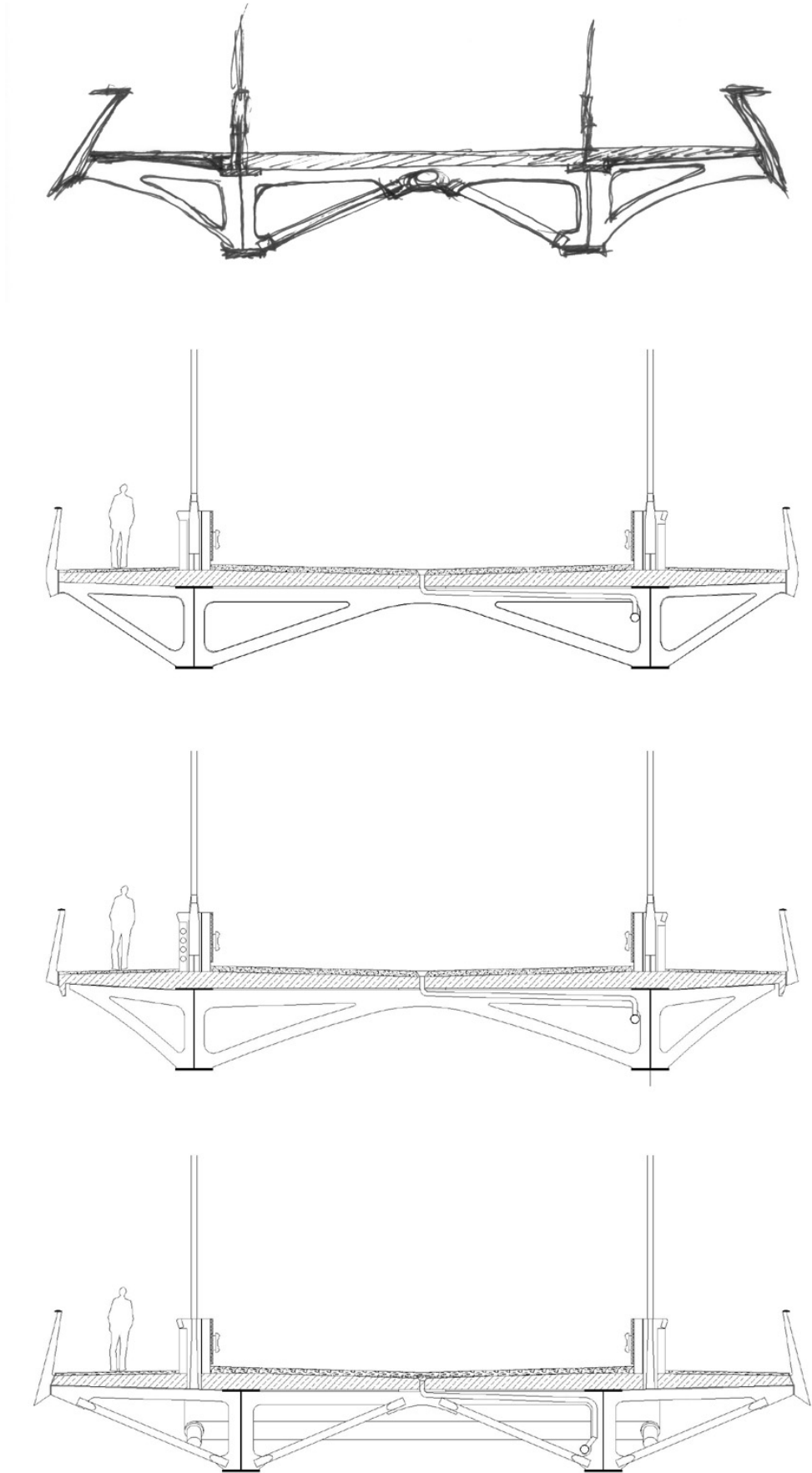


Abb.: 4-14 - Querschnittsentwicklung

Durch den seitlichen Überstand der Fahrbahn „verschwinden“ die Hauptträger sowie die Kabelverankerungen im Schatten der Platte, was zu einer weiteren Erhöhung der visuellen Schlankheit führt. Das Verhältnis beträgt  $440/210 = 2,1$  und ist somit als „günstige“ Schattenwirkung einzustufen.<sup>57</sup>

Aufgrund der hohen Schlankheit ist der Querschnitt auch im Hinblick auf aerodynamische Instabilitäten zu prüfen. In einer qualitativen Prüfung der Resonanzanfälligkeit kann der Querschnitt aufgrund seiner Proportionen ebenfalls als „gut“ eingestuft werden.<sup>58</sup> Der äußere Abschluss wird von einem Gesimseband mit rund 50 cm Höhe gebildet.

Abb.: 4-14 zeigt einige Stufen der Querschnittsentwicklung.

Die Durchbrüche durch die Fahrbahnplatte als auch der dauerhafte Witterungsschutz der Kabelverankerungen stellen konstruktiv anspruchsvolle Details dar. Beim vorliegenden Entwurf wurden diese Probleme sowie einige andre Anforderungen in einer geschickten Lösung verpackt.

Entlang der Kabelverankerungen wird ein durchlaufender Kasten angeordnet der folgende Elemente beinhaltet:

- *Verkehrsleiteinrichtung*
- *Lärmschutzpaneele*
- *Leerverrohrung für diverse Medien*
- *Tausalzschutz der Kabelverankerungen*
- *Geh- Radwegbeleuchtung*

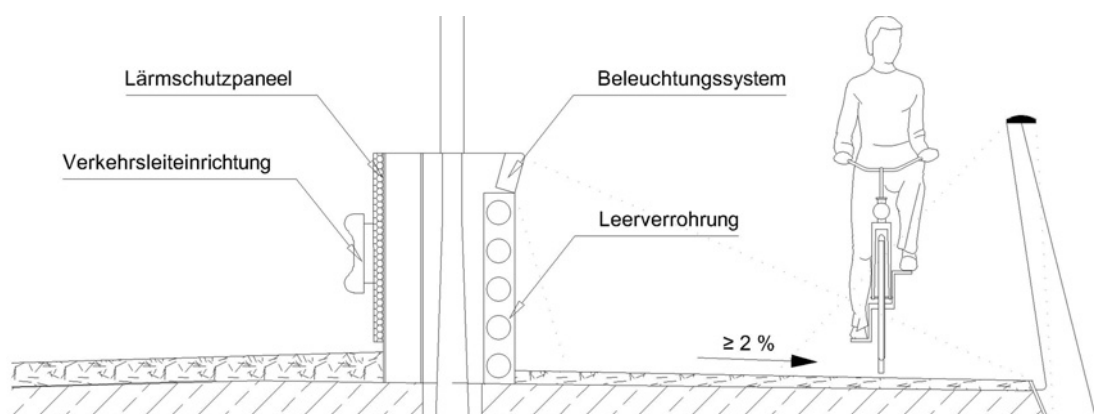


Abb.: 4-15 - Längslaufender Kasten als Tausalzschutz und Medienträger

<sup>57</sup> vgl. Kapitel 2.4.3

<sup>58</sup> vgl. [32] S. 120

Des Weiteren bietet diese bauliche Trennung von motorisierten und nicht motorisierten Verkehrsteilnehmern eine optische und physische Barriere, die zur Verbesserung der Nutzersicherheit dient.

#### 4.9.2 Beleuchtungskonzept

Im durchlaufenden Kasten ist ein kontinuierliches Beleuchtungssystem für den Geh- und Radweg vorgesehen. Des Weiteren wird im Handlauf eine linienförmige Beleuchtung integriert. Die Beleuchtung im Handlauf bestrahlt auch das Gesimseband. Die Reflexionen am Gesimse werden einen zarten Lichtstreifen entlang der gesamten Brücke erzeugen.

Die Pylone werden zur nächtlichen Inszenierung von außen angestrahlt. Die ausladenden Plattformen an den Pylonen bieten sich zur Installation der Beleuchtungskörper an. Alle Beleuchtungskörper sind somit zu Wartungszwecken leicht zu erreichen.

Für den Straßenverkehrsbereich ist keine gesonderte Beleuchtung vorgesehen.

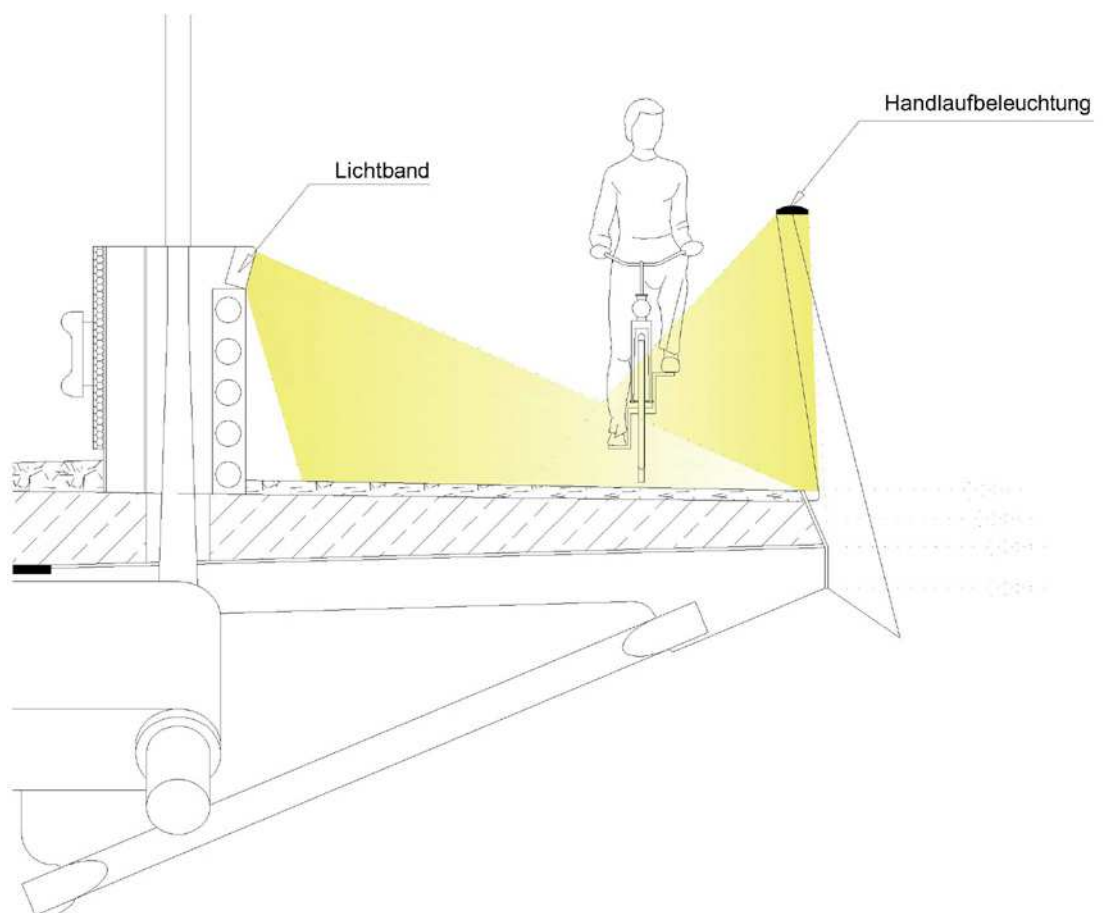


Abb.: 4-16 - Geh- und Radwegbeleuchtung

### 4.9.3 Farbkonzept

Bei den Baustoffen die keine zusätzliche Korrosionsschutzschicht benötigen soll die natürliche Farbe erhalten bleiben. Die Pylone bleiben daher unbehandelt, wobei eine helle Betonoberfläche erzielt werden soll. Die hellgraue Färbung wird durch die Beimengung von Weißzement erreicht. Durch die helle Oberfläche werden Licht- und Schatteneffekte der Pfeilernut verstärkt. Des Weiteren wird die reflektierende Wirkung bei nächtlicher Beleuchtung der Pylone intensiviert.

In Abstimmung mit dem Beleuchtungskonzept wird das Gesimseband in Weiß gehalten. Um nicht der gewünschten Schattenwirkung der auskragenden Fahrbahnplatte entgegen zu wirken, werden die darunter liegenden Stahlteile dunkler ausgeführt. Die Hüllrohre der Seile müssen dunkel bleiben, um zu verhindern, dass sie flächenhaft in Erscheinung treten. Die Geländersteher und der längslaufende Medienkasten werden dem Gesimseband angepasst.

Zusammenfassung:

| Bauteil                     | Farbe                  |
|-----------------------------|------------------------|
| Pylone                      | Beton                  |
| Haupt- Querträger           | RAL 7015 Schiefergrau  |
| Gesimseband                 | RAL 1013 Perlweiß      |
| Ausbauteile, Geländersteher | RAL 1013 Perlweiß      |
| Kabelhüllen                 | RAL 7016 Anthrazitgrau |

## 4.10 Tragwerksmontage

Ergänzend zum Bauphasenplan – Anhang B Plan 02 – wird in diesem Kapitel der Montageprozess stichwortartig dargestellt. Des Weiteren werden die, während des Hubvorganges, auftretenden Kräfte eruiert und deren Handhabbarkeit im Sinne einer Machbarkeitsstudie verifiziert.

### Baustelleneinrichtung

Die Pylonstandorte werden mittels Bauhilfsstraßen erschlossen. Eine Anlieferung der Einzelteile zu den Pylonfußpunkten ist somit für jeden Pylon gegeben.

### Gründung

Herstellen der Gründungen samt Pfahlkopfplatten.

### Widerlager, Pylone und Montageträger

Herstellen der Widerlager bei Achse 0 und Achse 4. Die Pylone werden mittels Kletterschalungen hochgezogen. Zur Versorgung der Klettereinrichtung steht ein Turmdrehkran zur Verfügung. Als erstes wird Pylon 1 hergestellt. Nach Errichtung der Pylonschäfte werden die Stahlschüsse mit einer Länge von rund 12 m angeliefert und per Autokran aufgestellt. Das stückweise Anheben der Montageträger erfolgt mittels Litzenhebern vom Pylonkopf aus. Am Pfeilerschaft wird ein Führungsjoch angeordnet um die stehenden Montageträger seitlich zu stabilisieren.

Der Montageträger ist ein Stahlskelett, dessen Gewicht absolut minimiert wurde. Durch die Reduktion auf rund 28 kN/m bleiben die Hubkräfte gering und der Hubvorgang kann mit konventionellen Hebegeräten bewerkstelligt werden.

### Aufklappvorgang

Nach Fertigstellung der Montageträger werden diese von einer Montagebühne aus angehoben um die bereits eingezogenen Abhängeseile anschlagen zu können. Die Abhängeseile sind dazu mit einem Gabelkopf ausgestattet, der eine problemlose Rotation während des Hubvorganges zulässt. Das Abhängeseil ist nur für den Montagevorgang gedacht und wird nach dem Aufdrehen durch ein Litzenbündel ersetzt.

Nach dem Anschlagen der Abhängeseile werden die Hubseile am unteren Ende der Montageträger angeschlossen. Auch hier ist eine rotationsfähige Verbindung vorzusehen. Durch Einziehen der Hubseile wird das untere Ende des Montageträgers an den Pfeilerschaft gezogen. Das untere Ende des

Montageträgers ist mit einer Abrollvorrichtung ausgestattet, die ein möglichst reibungsarmes Gleiten am Pfeilerschaft ermöglichen soll.

### Montagekräfte

Das Konzept der „BLM“ kann nur dann wirtschaftlich sinnvoll eingesetzt werden, wenn die Hubarbeit mit konventionellen Hebegeäten zu bewerkstelligen ist.

Abb.: 4-18 zeigt den Kräfteverlauf während des Hubvorganges in den Abhänge- und den Hubseilen. Dieser Berechnung liegen folgende Daten zugrunde:

|                         |                                      |
|-------------------------|--------------------------------------|
| $g_k = 28 \text{ kN/m}$ | char. Eigengewicht Montageträger     |
| $\mu = 0,30$            | Reib- bzw. Rollbeiwert (Annahme)     |
| $L_1 = 46 \text{ m}$    |                                      |
| $L_2 = 34 \text{ m}$    |                                      |
| $L = L_1 + L_2$         |                                      |
| $L_S = 43 \text{ m}$    | Länge Abhängeseil                    |
| $a = 8 \text{ m}$       | Ausladung durch gespreizte Stiele    |
| $a_1 = 90 \text{ cm}$   | Breite des Gleitkörpers              |
| $b_1 = 160 \text{ cm}$  | Länge des Gleitkörpers               |
| $B_0 = 500 \text{ cm}$  | Pfeilerbreite bei Endlage der Träger |

### Bezeichnung:

|   |   |
|---|---|
| $P_k \text{ [kN]}$                              | char. Hubkraft je Montageträger                           |
| $S_k \text{ [kN]}$                              | char. Kraft im Abhängeseil (wird auf 2 Seile aufgeteilt!) |
| $S_V \text{ [kN]}$                              | Vertikalkomponente Abhängeseil                            |
| $S_H \text{ [kN]}$                              | Horizontalkomponente Abhängeseil                          |
| $V_k \text{ [kN]}$                              | char. Vertikalkomponente am unteren Montageträgerende     |
| $H_k \text{ [kN]}$                              | char. Horizontalkomponente am unteren Montageträgerende   |
| $\alpha_i \text{ [}^\circ\text{]}$              | Hubwinkel   |
| $\alpha_{\text{start}} \text{ [}^\circ\text{]}$ | ca. $80^\circ$ (Winkel beim Start des Hubvorganges)       |
| $\alpha_{\text{end}} \text{ [}^\circ\text{]}$   | ca. $0^\circ$ (Winkel am Ende des Hubvorganges)           |

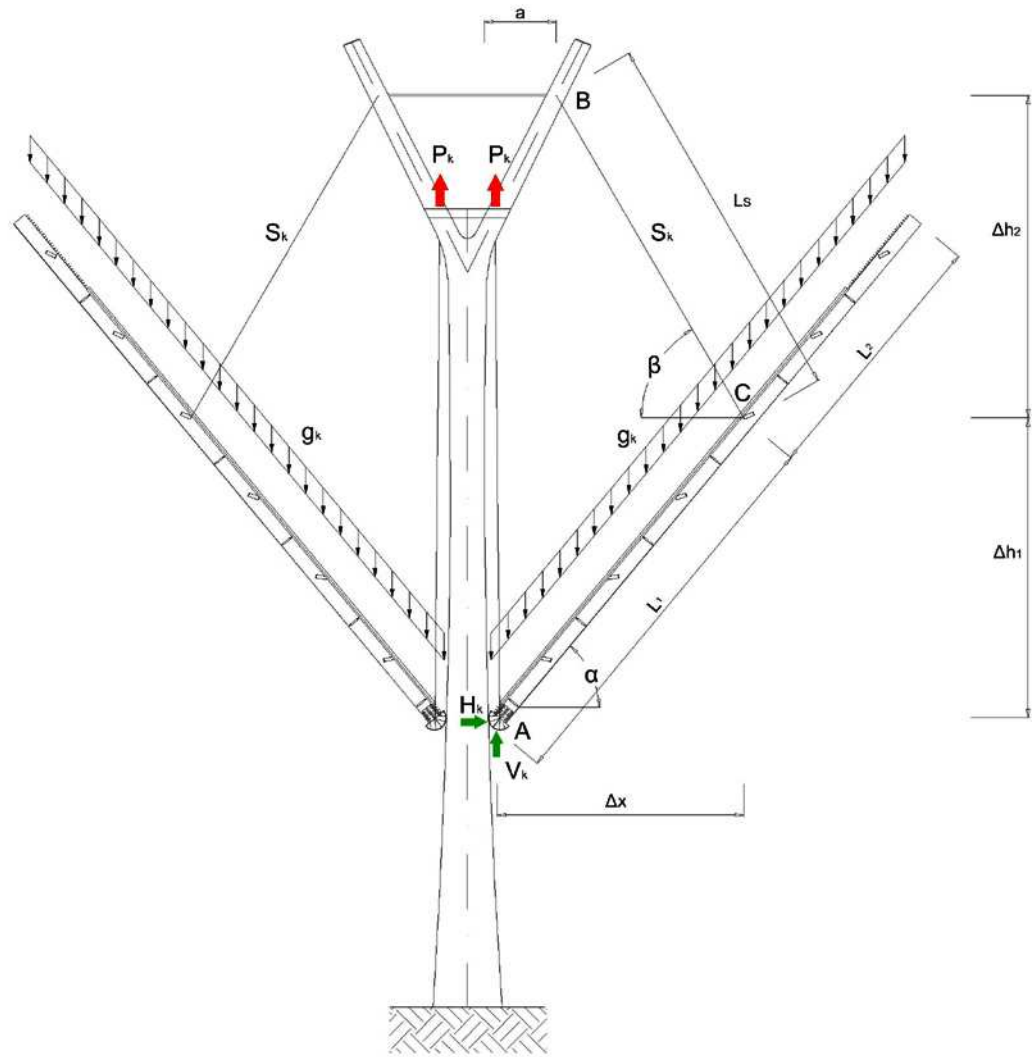


Abb.: 4-17 - Bezeichnungen für die Berechnung der Montagekräfte

Die Hub- und Seilkräfte lassen sich aufgrund der Gleichgewichtsbedingungen um Punkt A und C ermitteln und lassen sich wie folgt anschreiben:

$$P_k = V_k + H_k * \mu$$

$$\Delta x = L_1 * \cos \alpha; \quad \Delta h_1 = L_1 * \sin \alpha; \quad \Delta h_2 = \tan \beta * (\Delta x - a); \quad \beta = \arccos\left(\frac{\Delta x - a}{L_s}\right)$$

$$H_k = \frac{g_k * L^2 * \cos \alpha}{2 * (\Delta h_1 + \Delta h_2 + \frac{\Delta h_2 * a}{\Delta x - a})}$$

$$V_k = g_k * L - \frac{H_k * \Delta h_2}{\Delta x - a}$$

$$S_H = H_k$$

$$S_V = \frac{H_k * \Delta h_2}{\Delta x - a}$$

$$S_k = \sqrt{S_H^2 + S_V^2}$$



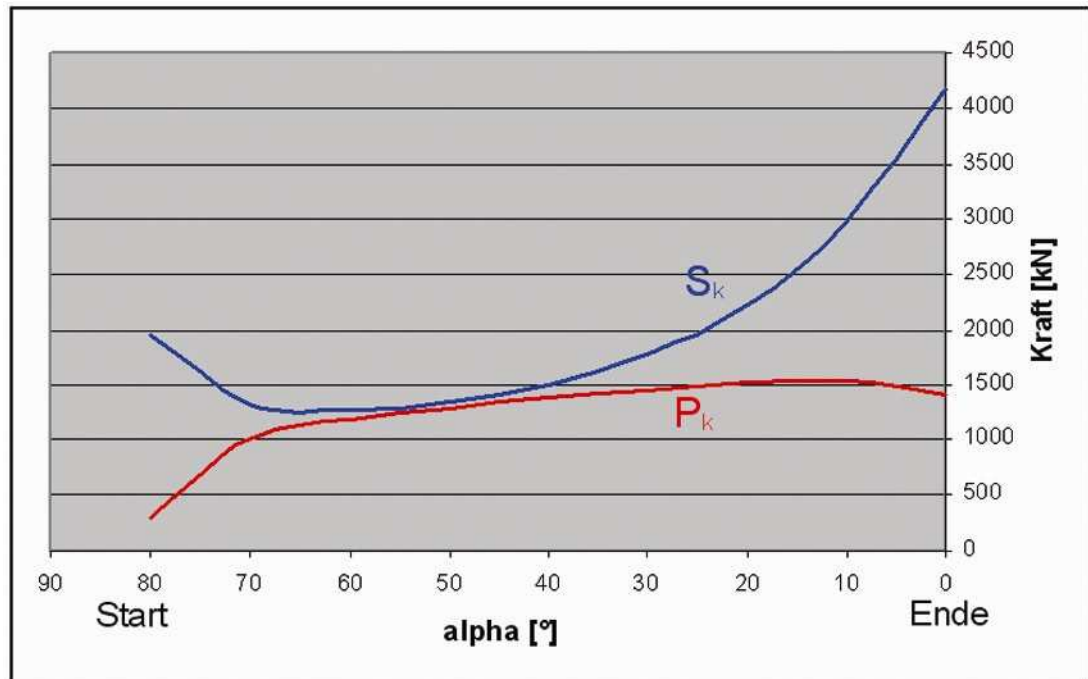


Abb.: 4-18 - Kräfteverlauf während dem Hubvorgang

Die rote Linie in Abb.: 4-18 zeigt den Verlauf der Pressenkraft die zum Anheben erforderlich ist. Die Pressenkraft bleibt ab  $\alpha=70^\circ$  annähernd konstant, da zwar die (Roll-) Reibungskraft zunimmt, aber durch den „Ausleger“ mit der Länge  $L_2$  die Hubkraft abnimmt. Auch hier zeigt sich, dass der Name „Balanced Lift“ durchaus gerechtfertigt ist.

| Main data of VSL Lifting Units |                        |                        |                |                    |     |                      |
|--------------------------------|------------------------|------------------------|----------------|--------------------|-----|----------------------|
| Type <sup>1)</sup>             | Capacity <sup>2)</sup> | Max. number of strands | Cable diameter | Overall dimensions |     | Weight <sup>3)</sup> |
|                                | kN                     |                        | D (mm)         | H x W (mm)         |     | kg                   |
| SLU-10                         | 104                    | 1                      | 16             | 970                | 200 | 65                   |
| SLU-30                         | 313                    | 3                      | 54             | 1090               | 250 | 190                  |
| SLU-40                         | 417                    | 4                      | 67             | 1270               | 250 | 190                  |
| SLU-70                         | 730                    | 7                      | 82             | 1250               | 400 | 170                  |
| SLU-120                        | 1252                   | 12                     | 116            | 1370               | 400 | 400                  |
| SLU-220                        | 2295                   | 22                     | 167            | 1650               | 500 | 1030                 |
| SLU-330                        | 3234                   | 31                     | 190            | 1510               | 600 | 1080                 |
| SLU-440                        | 4281                   | 42                     | 228            | 2050               | 610 | 2220                 |
| SLU-580                        | 5738                   | 55                     | 253            | 1520               | 800 | 2790                 |

Abb.: 4-19 - Pressen der Firma VSL<sup>59</sup>

Die charakteristische Pressenkraft beträgt demnach rund 1500 kN. Abb.: 4-19 gibt einen Überblick über Pressen der Firma VSL. Es ist ersichtlich, dass für die Anwendung der „BLM“ beim vorliegenden Entwurf, Pressen von mittlerer Größenordnung ausreichend sind. Es ist im Sinne einer weiteren Optimierung auch zu überlegen, ob der Hubvorgang auch mit nur einem Hubseil je Montageträger zu

<sup>59</sup> Quelle: Fa. VSL; [www.vsl.com](http://www.vsl.com)

bewerkstelligen ist. Aus sicherheitstechnischer Sicht bietet dies den Vorteil, dass das Hebesystem statisch bestimmt wird und somit die Kräfte gut kontrollierbar werden.

Die Kräfte für die Abhängung steigen auf rund 4200 kN an. Mit einem Teilsicherheitsbeiwert von 1,35 für das Eigengewicht der Konstruktion ergibt dies eine Kraft von 5700 kN. Pro Montageträger gibt es zwei Abhängeseile und somit eine Bemessungseinwirkung von 2850 kN je Abhängeseil. Für die Abhängung kann beispielsweise ein Seil vom Typ VVS-3 mit 70 mm Durchmesser eingesetzt werden. Ein weiterer kritischer Punkt ist die lokale Pressung am Pylon. Die Druckkräfte müssen an dieser Stelle über die Roll- Gleitkörper in den Pylonschaft eingeleitet werden. Der Nachweis, dass die Kräfte eingeleitet werden können lässt sich wie folgt führen:

$$H_k = 1900 \text{ kN} \quad \text{je Gleit- bzw. Rollkörper}$$

$$A_{\text{eff}} = a_1 * b_1 = 90 * 160 = 14400 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1900}{14400} = 0,13 \text{ kN/cm}^2 \leq f_{cd}$$

$$\Delta L = B_0 * \frac{\sigma}{E_C} = 500 * \frac{0,13}{3500} = 0,018 \text{ cm} \quad \text{Stauchung}$$

Der Stahlteil kann diese Spannung problemlos aufnehmen. Für die Gleitfläche aus Beton liegen kaum Erfahrungswerte vor. Bei Behandlung der Pfeiler mit farblosen Schmierstoffen auf Silikonbasis ist aufgrund der sehr geringen Pressungen jedoch ein Gleiten vorstellbar. Wird in einem Feldversuch festgestellt, dass dies nicht möglich ist, so kann als Alternative der Gleitkörper mit Wälzrädern versehen werden und die Gleitreibung in Rollreibung umgewandelt werden.

Nachweis für den Montageträger:

$$A_S = 1940 \text{ cm}^2$$

$$W_{y,\text{el}} = 123800 \text{ cm}^3$$

$$M_{ED} = \frac{1,35 * 28 * 34^2}{2} = 21850 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{ED} = \frac{N_{ED}}{A} + \frac{M_{ED}}{W} = \frac{1,35 * 2000}{1940} + \frac{2185000}{123800} = 19,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta = \frac{19,0}{35,5} = 0,54 \leq 1,0 \quad \dots \text{Nachweis erbracht!}$$

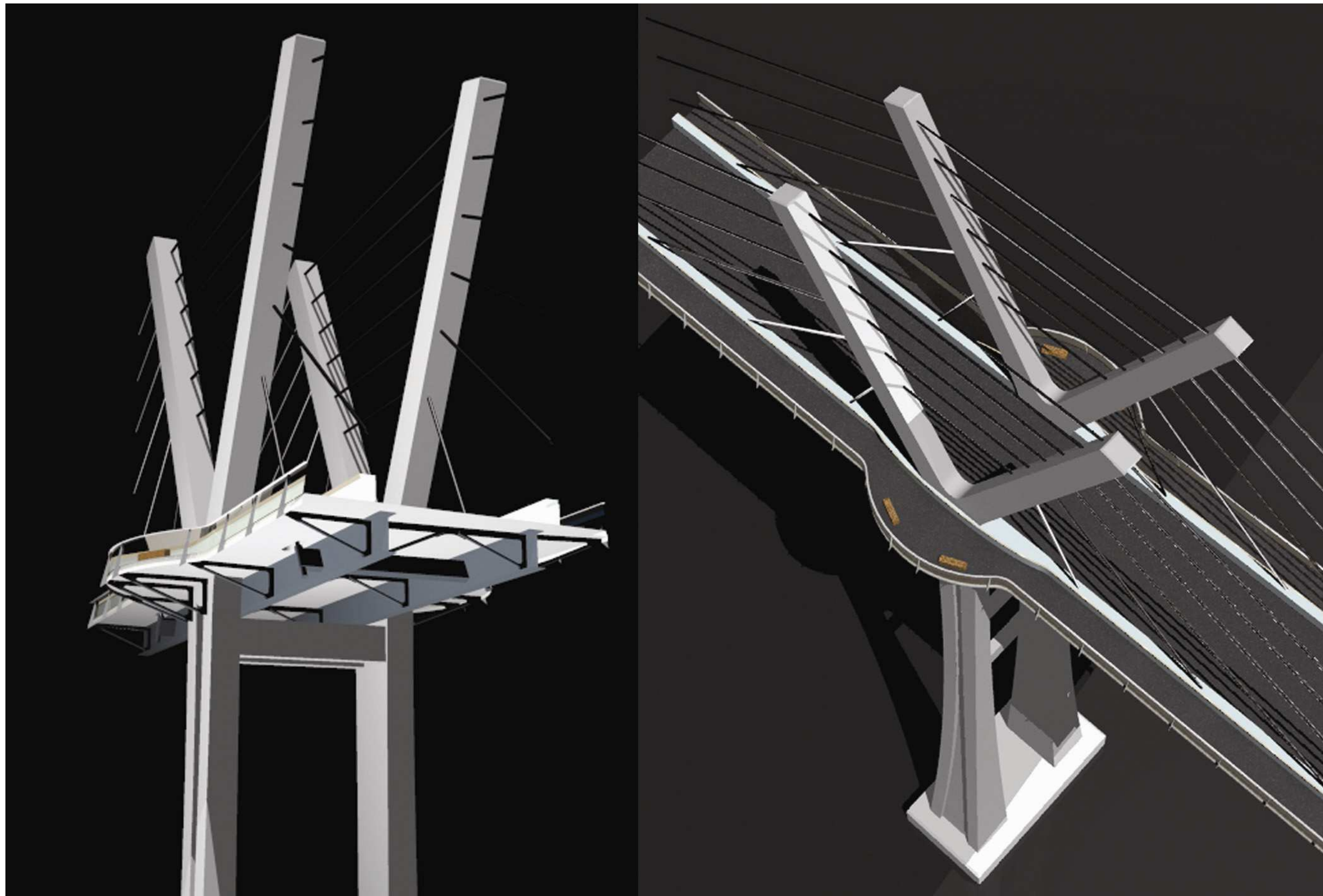
## 4.11 Visualisierungen











---

## Literaturverzeichnis

---

- [1] *Schlaich Jörg*, Brücken: Entwurf und Konstruktion, Betonkalender 2004, Verlag Ernst und Sohn
- [2] *Pauser Alfred*, Entwicklungsgeschichte des Massivbrückenbaues, Verleger Österreichischer Betonverein, Wien 1987
- [3] *Hoshino Kunio*, Gestaltung von Brücken, Fotodruck Präzis Barbara v. Spangenberg KG, Tübingen, Tokio 1972
- [4] *Blail Susanne*, Machbarkeitsstudie für das Brückenklappverfahren, Diplomarbeit TU - Wien 2007
- [5] *Espinosa Ortega Gonzalo*, Feasibility Study for a New Bridge Construction Method, Diplomarbeit TU - Wien 2007
- [6] *Pauser Alfred*, Massivbrücken ganzheitlich betrachtet, Österr. Vereinigung für Beton und Bautechnik, Wien 2002
- [7] *Leonhardt Fritz*, Brücken – Bridges, 2. Aufl., Deutsche Verlags- Anstalt, Stuttgart 1984
- [8] *Menn, Brühwiler*, Stahlbetonbrücken, 3.Auflage, Springer- Verlag Wien New York, Wien 2003
- [9] *Althaus Dirk*, Fibel zum konstruktiven Entwerfen, Bauwerk Verlag GmbH, Berlin 2005
- [10] *Ramberger Günter, Schnaubelt Stefan*, Stahlbau, Manz Verlag, Wien 1998
- [11] *Baus Ursula, Schlaich Mike*, Fußgängerbrücken, Birkhäuser-Verlag AG, 2008
- [12] *Holgate Alen*, The Art of Structural Engineering – The Work of Jörg Schlaich and his Team, Edition Axel Menges, 1997
- [13] *Feichtinger Architectes*, Passerelle Simone-de-Beauvoir, Paris, AAM Edition, 2006
- [14] *Fink, Josef*, Skriptum Stahlbau 3 – Stahlbrückenbau, Inst. für Stahlbau, TU Wien, 2004
- [15] *Gottemoeller, Frederick*, Bridgescape – The Art of Designing Bridges; 2nd Edition, Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey 2004
- [16] Bridge, Design & Engineering, Issue No. 49; [www.bridgeweb.com](http://www.bridgeweb.com)
- [17] *Billington David*, The Art of Structural Design, Princeton University Art Museum, Princeton 2003
- [18] *Tzonis Alexander, Caso Donadei Rebeca*, Calatrava Bridge, Thames & Hudson, UK 2005
- [19] *Olshausen Hans-Gustav* VDI-Gesellschaft Bautechnik (Hrsg.), Lexikon Bauingenieurwesen, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 1997
- [20] *Pfeifer Rolf H., Mölter Tristan M.*, Handbuch Eisenbahnbrücken, Verlag Eurorailpress, 1.Auflage 2008



- 
- [21] *Eder Martin*, Über Gestaltung von Stahlbrücken, Diplomarbeit TU Wien 2005
- [22] *Franck Georg, Frank Dorothea*, Architektonische Qualität, Carl Hanser Verlag, München 2008
- [23] Österreichischer Baukulturreport 2006, [www.baukulturreport.at](http://www.baukulturreport.at), Stand 12.08.2008
- [24] *Eckerstorfer Peter*, Gestaltungsrelevante Aspekte für den Entwurf von Massivbrücken, Dissertation, TU Wien 1999
- [25] *Mukarovsky Jan*, Kunst, Poetik, Semiotik; 1.Auflage, Frankfurt am Main; Suhrkamp 1989
- [26] *Mukarovsky Jan*, Kapitel aus der Ästhetik; Frankfurt am Main; Suhrkamp 1966
- [27] *Egger Philipp*, Alternativentwurf der Andelsbachtalbrücke nach dem Brückenklappverfahren, Diplomarbeit, TU Wien 2008
- [28] *Zumthor Peter*, Architektur Denken, Zweite, erweiterte Auflage, Birkhäuser Verlag 2006
- [29] *Bögle Annette*, Zum Bewertungsprozeß im Ingenieurwesen, Beton- Stahlbetonbau 97, Heft 11, Verlag Ernst & Sohn Berlin
- [30] *Pauser Alfred*, Brücken in Wien, Ein Führer durch die Baugeschichte, Springer Verlag, Wien 2005
- [31] Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, 12/2008, Inst. für internationale Architekturdokumentation GmbH & Co. KG, München
- [32] *Walther Rene*, Schrägseilbrücken, Beton Verlag, Düsseldorf 1994

---

## Abbildungsverzeichnis

---

|   |    |
|---|----|
| Abb.: 1-1 - Zusammenhang zwischen Verkehrsinfrastruktur und Bruttonsozialprodukt, [1] S.33  |    |
| Abb.: 1-2 - Symbolkraft von Brücken.....  | 3  |
| Abb.: 1-3 - Brückenfunktionen.....  | 5  |
| Abb.: 1-4 - Die Brücke als Ort vielfältiger Handlungen, [13] S.9 .....  | 7  |
| Abb.: 1-5 - Hell, luftig und mit großzügiger Aussicht.....  | 8  |
| Abb.: 1-6 - Brücke bei Dornbirn, [31] S.1417.....   | 11 |
| Abb.: 1-7 - Entwurf einer Fußgängerbrücke mit textilem Tragwerk.....  | 13 |
| Abb.: 2-1 - Schematisierter Entwurfsablauf .....  | 16 |
| Abb.: 2-2 a) Festlegung der Bauwerkskosten in Bezug zum Projektverlauf; b)<br>Bauwerkskosten in Abhängigkeit der strukturalen Willkür ..... | 19 |
| Abb.: 2-3 - Kostenstruktur von Betonbrücken, [8] S.63.....  | 19 |
| Abb.: 2-4 - Ortsspezifische Kriterien.....  | 22 |
| Abb.: 2-5 - Umgebungsstrukturen, [3] S.94 .....   | 23 |
| Abb.: 2-6 - Obere Argen Brücke, [12] S.177.....   | 25 |
| Abb.: 2-7 - Öresundlink .....   | 26 |
| Abb.: 2-8 - Mögliche Wegeführung bei Fußgängerbrücken, [11] S.117 .....   | 27 |
| Abb.: 2-9 - Fußgängerbrücke mit Wegeführung auf verschiedenen Ebenen, [13] S.21 .....   | 27 |
| Abb.: 2-10 - Bau- und Konstruktionshöhe, [14].....  | 28 |
| Abb.: 2-11 - Pylon und Seilmontage in Laos, 2008, Quelle: Brückenbauergeschichten von<br>Toni Rüttimann .....                               | 29 |
| Abb.: 2-12 - Beispiel für die Abgrenzung des Entwurfsraumes.....  | 30 |
| Abb.: 2-13 - Zeichencharakter.....  | 31 |
| Abb.: 2-14 - Entwurstudie für eine Straßenbrücke in San Sebastian, Spanien .....  | 32 |
| Abb.: 2-15 - Kriterien für den Tragwerksentwurf.....  | 33 |
| Abb.: 2-16 - Möglichkeiten zur Visualisierung technischer Effizienz .....   | 34 |
| Abb.: 2-17 - Optische Täuschungen, [15] S.42.....   | 35 |
| Abb.: 2-18 - Optische Streckung des Überbaues, [15] S.42 .....  | 35 |
| Abb.: 2-19 - Stützenwald, [7] S.195.....  | 37 |
| Abb.: 2-20 - Empfohlene Pfeilerbreiten, [7] S.48 .....  | 38 |
| Abb.: 2-21 - Überschneidungen bei Fachwerksbrücken .....  | 39 |
| Abb.: 2-22 - Eisenbahnbrücke mit „homogenisierender Haut“ .....   | 40 |
| Abb.: 2-23 - Parallelhalten der Lichtraumdiagonale, [24] S.217.....   | 41 |
| Abb.: 2-24 - Verfeinerung der "rohen" statischen Form .....   | 41 |

---

|  |    |
|--|----|
| Abb.: 2-25 - Mit Zierbögen verunstaltetes Tragwerk, [15] S.89.....   | 42 |
| Abb.: 2-26 - Zäsur im Kraftfluss, [15] S.155 .....   | 43 |
| Abb.: 2-27 - Fragwürdige Details einer Fußgängerbrücke.....  | 43 |
| Abb.: 2-28 - The Helix, Fußgängerbrücke mit 2x48 m Spannweite.....   | 45 |
| Abb.: 3-1 - Beispiele für das Bogenklappverfahren, [2] S.71 .....  | 48 |
| Abb.: 3-2 - Prinzipskizze zur Druckstrebenvariante, Quelle: Inst. für Tragkonstruktionen -<br>Betonbau .....     | 49 |
| Abb.: 3-3 - Prinzipskizze zur Variante mit Zügelgurt, Quelle: Inst. für Tragkonstruktionen -<br>Betonbau .....   | 49 |
| Abb.: 3-4 - "BLM" mit Hilfspylon, Quelle: Inst. für Tragkonstruktionen - Betonbau.....                           | 50 |
| Abb.: 3-5 - Modellversuch - Variante Zügelgurt, Quelle: Inst. für Tragkonstruktionen -<br>Betonbau .....         | 50 |
| Abb.: 3-6 - Modellversuch - Variante Druckstrebe Quelle: Inst. für Tragkonstruktionen -<br>Betonbau .....        | 50 |
| Abb.: 3-7 - Möglicher Bauzustand bei Anwendung der "BLM" .....   | 51 |
| Abb.: 3-8 - Übliche Querschnittsformen im Massivbrückenbau, [6] S.32 .....                                       | 52 |
| Abb.: 3-9 - Mittels Rippen abgestützte Fahrbahnplatte, [7] S.188.....  | 54 |
| Abb.: 3-10 - Stützpunkte in Abhängigkeit der Querschnittsform, [2] S.160 .....                                   | 55 |
| Abb.: 3-11 - System mit einer Druckstrebe und Pfeilernut.....  | 56 |
| Abb.: 3-12 - System mit geschlitztem Pfeiler.....  | 56 |
| Abb.: 3-13 - System mit zwei außengeführten Druckstreben.....  | 57 |
| Abb.: 3-14 - System mit V-Stütze und Pfeilernut .....  | 57 |
| Abb.: 3-15 - Zügelgurtbrücke mit mächtiger Verankerung am Überbau.....   | 58 |
| Abb.: 3-16 - Ganterbrücke, Simplonpass CH .....  | 59 |
| Abb.: 3-17 - Entwürfe von Santiago Calatrava, 1979, [18] S.53 .....  | 60 |
| Abb.: 3-18 - Talbrücke mit Festpunkt in Brückenmitte, [20] S.62.....   | 61 |
| Abb.: 3-19 - Symbolische Darstellung mit gevoutetem Träger oder gespreiztem Pfeilerkopf                          | 63 |
| Abb.: 4-1 - Geologische Karte Österreich, Brückenstandort rot markiert .....                                     | 66 |
| Abb.: 4-2 - Umgebungsansichten; Quelle: Google-Earth.....  | 67 |
| Abb.: 4-3 - Mikro Situation, Draubrücke Lippitzbach, Quelle-Ausgangsbild: Google-Earth..                         | 68 |
| Abb.: 4-4 - Alte und neue Draubrücke von Lippitzbach aus gesehen; Foto: Amt der Kärntner<br>Landesregierung..... | 69 |
| Abb.: 4-5 - Verkehrstechnische Vorgaben.....   | 70 |
| Abb.: 4-6 - Entwurfsraum Draubrücke Lippitzbach .....  | 71 |
| Abb.: 4-7 - Variante A .....   | 73 |
| Abb.: 4-8 - Variante B .....   | 74 |
| Abb.: 4-9 - Variante C .....   | 75 |

---

|   |    |
|---|----|
| Abb.: 4-10 - Variante D .....   | 76 |
| Abb.: 4-11 - Der Übergang kündigt sich an....                               | 81 |
| Abb.: 4-12 - Qualitative Darstellung des Beanspruchungsverlaufes .....      | 82 |
| Abb.: 4-13 - Parabelgleichung und Bezeichnungen .....                       | 83 |
| Abb.: 4-14 - Querschnittsentwicklung.....                                   | 84 |
| Abb.: 4-15 - Längslaufender Kasten als Tausalzschutz und Medienträger ..... | 85 |
| Abb.: 4-16 - Geh- und Radwegbeleuchtung .....                               | 86 |
| Abb.: 4-17 - Bezeichnungen für die Berechnung der Montagekräfte .....       | 90 |
| Abb.: 4-18 - Kräfteverlauf während dem Hubvorgang .....                     | 91 |
| Abb.: 4-19 - Pressen der Firma VSL .....                                    | 91 |

# Anhang A

## Statische Betrachtungen zur Talbrücke Lippitzbach

## Lasten

### *Ständige Lasten*

#### **Eigengewicht und Aufbau:**

Stahltragwerk:  $g_k = 28,0 \text{ kN/m}$

Aufbau laut Plan B01:  $g_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$

Ausbau:  $g_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

Verbundplatte:  $d_m = 30 \text{ cm}$ ;  $g_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$

Eigengewicht Streckträger:  $b = 16 \text{ m}$

$$g_k = 28,0 + 16 \cdot (2,0 + 1,0 + 7,5) = \mathbf{196 \text{ kN/m}}$$

### *Veränderliche Lasten*

#### **Verkehrslast nach [32]**

Belastungslänge  $L > 150 \text{ m}$

Kat.: Schwere Belastung  $q_k = 6,0 \text{ kN/m}^2$

Belastung auf den Streckträger:  $b = 2 \times 4,25 \text{ m}$  Fahrbahnbreite

$$q_{k,1} = 6,0 \cdot 2 \cdot 4,25 = \mathbf{51 \text{ kN/m Fahrstreifen}}$$

#### **Wind**

Belastete Brücke:

$$w_k = 0,55 \text{ kN/m}^2$$

Belastung auf den Streckträger:  $h_{ST} = 2,1 \text{ m}$ ;  $h_{VB} = 2,5 \text{ m}$ ;  $c_f = 1,6$

$$w_{k,HT} = 0,55 \cdot 1,6 \cdot (2,1 + 2,5) = \mathbf{4,0 \text{ kN/m}}$$

Belastung auf Pylone:  $b_m = 4,5 \text{ m}$

$$w_{k,Pfeiler} = 0,55 \cdot 1,6 \cdot 4,5 = 4,0 \text{ kN/m ...Luvpfeiler}$$

$$w_{k,Pfeiler} = 0,55 \cdot 1,2 \cdot 4,5 = 3,0 \text{ kN/m ...Leepfeiler}$$

Unbelastete Brücke:

$$w_k = 1,1 \text{ kN/m}^2$$

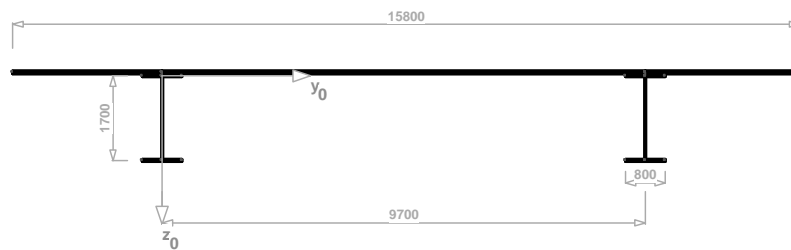
*Ersatzquerschnitt:*

$$E_S = 21000 \text{ kN/cm}^2$$

$$E_C = 3500 \text{ kN/cm}^2$$

$$n = \frac{E_S}{E_C} = 6$$

$$d_{\text{Ersatz}} = 30/6 = 5 \text{ cm}$$



*Kabelquerschnitte:*

Unter Anwendung von VSL Monolitzenkabeln können die erforderlichen Kabelabmessungen aus folgender Tabelle entnommen werden: (Kabelkräfte siehe Anhang A Seite 27ff)

| Typ  | Litzen | $N_{RD}$ [kN] | $D_{\text{tot}}$ [mm] |
|------|--------|---------------|-----------------------|
| 6-19 | 19     | 3040          | 140                   |
| 6-31 | 31     | 4960          | 160                   |
| 6-37 | 37     | 5920          | 180                   |
| 6-43 | 43     | 6880          | 200                   |
| 6-55 | 55     | 8800          | 200                   |

Es folgt der Ausdruck zur Schnittgrößenermittlung.

**INHALT**

Inhalt ..... 4  
 Basisangaben ..... 4  
**Strukturdaten**  
 · Materialien ..... 4  
 · Querschnitte ..... 4  
 · Stabengelenke ..... 5  
 · Auflager ..... 5  
 · Exzentrische Anschlüsse ..... 5  
 Grafik - Struktur ..... 6  
**Belastungen**  
 · Basisangaben der Lastfälle ..... 7  
 · LF 1 - Eigengewicht und Aufbau ..... 7  
 · LF 2 - Vorspannung ..... 7  
 · LF 3 - Verkehr\_1 ..... 9  
 · LF 4 - Verkehr\_2 ..... 9  
 · LF 5 - Verkehr\_3 ..... 10  
 · LF 6 - Verkehr\_4 ..... 10  
 · LF 7 - Wind\_belastet ..... 11  
 · LF 8 - Wind\_unbelastet ..... 11  
 · LF 9 - Temperatur gleichm ..... 12  
**LF-Gruppen** ..... 13  
**LF-Kombinationen** ..... 13  
 Grafik - Ergebnisse - SLS ..... 14  
 Grafik - ULS - Deck ..... 15  
 Grafik - ULS - Deck ..... 16  
 Grafik - ULS - Deck ..... 17  
 Grafik - ULS - Pfeiler 1 ..... 18  
 Grafik - ULS Pfeiler 1 ..... 19  
 Grafik - ULS Pfeiler 1 ..... 20  
 Grafik - ULS Pfeiler 2 ..... 21  
 Grafik - ULS Pfeiler 2 ..... 22  
 Grafik - ULS Pfeiler 2 ..... 23  
 Grafik - ULS Pfeiler 3 ..... 24  
 Grafik - ULS Pfeiler 3 ..... 25  
 Grafik - ULS Pfeiler 3 ..... 26  
 Grafik - ULS - Kabel Pfeiler 1 ..... 27  
 Grafik - ULS - Kabel Pfeiler 2 ..... 28  
 Grafik - ULS - Kabel Pfeiler 3 ..... 29

**BASISANGABEN**

**BERECHNUNGSART**

- Statik
- Nachweis
- Dynamik
- Theorie I. Ordnung
- Theorie II. Ordnung
- Seiltheorie
- Lastfälle
- LF-Gruppen
- LF-Kombinationen
- Bemessungsfälle
- Dynamikfälle
- Knickfiguren

**STRUKTURKENNWERTE**

- 1D-Durchlaufräger
- 2D-Stabwerk
- 3D-Stabwerk
- Trägerrost
- 132 Knoten
- 4 Materialien
- 14 Querschnitte
- 2 Stabengelenke
- 0 Stabteilungen
- 235 Stäbe
- 102 Seilstäbe
- 24 Voutenstäbe
- 0 El. gebet. Stäbe
- 0 Stabzüge

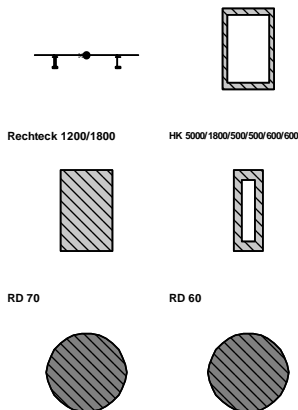
**MATERIALIEN**

| Mater.-Nr. | Material-Bezeichnung | E-Modul [N/mm <sup>2</sup> ] | Schubmodul [N/mm <sup>2</sup> ] | Sp. Gewicht [N/mm <sup>3</sup> ] | Wärmedehn. [1/°C] |
|------------|----------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------|
| 1          | Seil                 | 1.700E+05                    | 1.000E+02                       | 7.850E-05                        | 1.200E-05         |
| 2          | S 355 J2 G3          | 2.100E+05                    | 8.100E+04                       | 7.850E-05                        | 1.200E-05         |
| 3          | Beton C40/50         | 3.500E+04                    | 1.600E+04                       | 2.500E-05                        | 1.000E-05         |
| 4          | Stahl masselos       | 2.100E+05                    | 8.100E+04                       | 0.000E-01                        | 1.200E-05         |

**QUERSCHNITTE**

| Quer.-Nr. | Mater.-Nr. | Querschnittsbezeichnung<br>Querschnittsdrehung | I <sub>T</sub><br>A      | I <sub>2</sub><br>A <sub>2</sub> | I <sub>3</sub> [mm <sup>4</sup> ]<br>A <sub>3</sub> [mm <sup>2</sup> ] |
|-----------|------------|--|--------------------------|----------------------------------|--|
| 1         | 4          | DUENQ ERSATZQUERSCHNITT_C                      | 1210430000.<br>1142400.0 | 2.44567e+11<br>1230020.0         | 2.43016e+13<br>63144.6   |
| 2         | 3          | HK 6000/4000/400/400/500/500                   | 3.60685e+13<br>8000000.0 | 3.86667e+13                      | 1.83467e+13  |
| 3         | 3          | Rechteck 1200/1800                             | 6.08444e+11<br>2160000.0 | 5.832e+11                        | 2.592e+11  |
| 4         | 3          | HK 5000/1800/500/500/600/600                   | 6.53302e+12<br>5960000.0 | 1.50919e+13                      | 2.26787e+12  |
| 5         | 1          | RD 70  | 2357180.<br>3850.0       | 1178590.                         | 1178590.   |
| 6         | 1          | RD 60  | 1272350.<br>2830.0       | 636173.                          | 636173.  |
| 7         | 1          | RD 75  | 3106310.<br>4420.0       | 1553160.                         | 1553160.   |
| 8         | 3          | HK 2000/2000/400/400/400/400                   | 1.82883e+12<br>2560000.0 | 1.16053e+12                      | 1.16053e+12  |
| 9         | 3          | Rechteck 1800/2200                             | 2.15384e+12<br>3960000.0 | 1.5972e+12                       | 1.0692e+12   |
| 10        | 3          | HK 5000/3000/400/400/500/500                   | 1.6811e+13<br>6200000.0  | 1.95167e+13                      | 7.70067e+12  |
| 11        | 4          | DUENQ ERSATZQUERSCHNITT_C                      | 1210430000.              | 2.44567e+11                      | 2.43016e+13  |

DUENQ ERSATZQUERSCHNITT\_C HK 6000/4000/400/400/500/500





RD 75

HK 2000/2000/400/400/400/400



Rechteck 1800/2200



HK 5000/3000/400/400/500/500



HK 8000/6000/400/400/500/500



HK 4000/4000/400/400/500/500



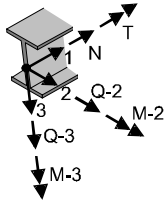
HK 4000/3000/400/400/500/500



QUERSCHNITTE

| Quer.-Nr. | Mater.-Nr. | Querschnittsbezeichnung<br>Querschnittsdrehung | $I_T$<br>A                | $I_2$<br>A <sub>2</sub> | $I_3$ [mm <sup>4</sup> ]<br>A <sub>3</sub> [mm <sup>2</sup> ] |
|-----------|------------|--|---------------------------|-------------------------|---|
| 11        |            | $\alpha = -0.02^\circ$                         | 1142400.0                 | 748185.0                | 59615.8   |
| 12        | 3          | HK 8000/6000/400/400/500/500                   | 1.10792e+14<br>11600000.0 | 1.07367e+14             | 6.19787e+13   |
| 13        | 3          | HK 4000/4000/400/400/500/500                   | 1.94974e+13<br>6400000.0  | 1.41333e+13             | 1.31413e+13   |
| 14        | 3          | HK 4000/3000/400/400/500/500                   | 1.21724e+13<br>5400000.0  | 1.105e+13               | 6.338e+12   |

Lokale Gelenkdefinition



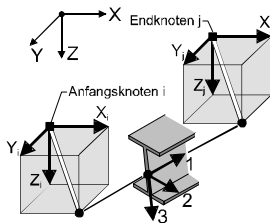
STABENGELENKE

| Gelenk-Nr. | Bezugs-Achse | N/Q-Gelenk bzw. Feder [N/m] |         |         | T/M-Gelenk bzw. Feder [Nm/rad] |           |           |
|------------|--------------|-----------------------------|---------|---------|--------------------------------|-----------|-----------|
|            |              | 1-Normal                    | 2-Schub | 3-Schub | 1-Torsion                      | 2-Biegung | 3-Biegung |
| 1          | Lokal        | Nein                        | Nein    | Nein    | Nein                           | Ja        | Ja        |
| 2          | Lokal        | Nein                        | Nein    | Nein    | Ja                             | Ja        | Nein      |

AUFLAGER

| Lager-Nr. | Gelagerte Knoten | Drehung [°] |      | Festes Auflager bzw. Feder [N/m] [Nm/rad] |      |      |      |      |      |
|-----------|------------------|-------------|------|---|------|------|------|------|------|
|           |                  | Alpha       | Beta | in X                                      | in Y | in Z | um X | um Y | um Z |
| 1         | 9-14             | 0.0         | 0.0  | Ja  | Ja   | Ja   | Ja   | Ja   | Ja   |
| 2         | 1,5              | 0.0         | 0.0  | Nein                                      | Ja   | Ja   | Ja   | Nein | Nein |
| 3         |                  | 0.0         | 0.0  | Ja  | Ja   | Ja   | Nein | Nein | Nein |

Exzentrische Anschlüsse

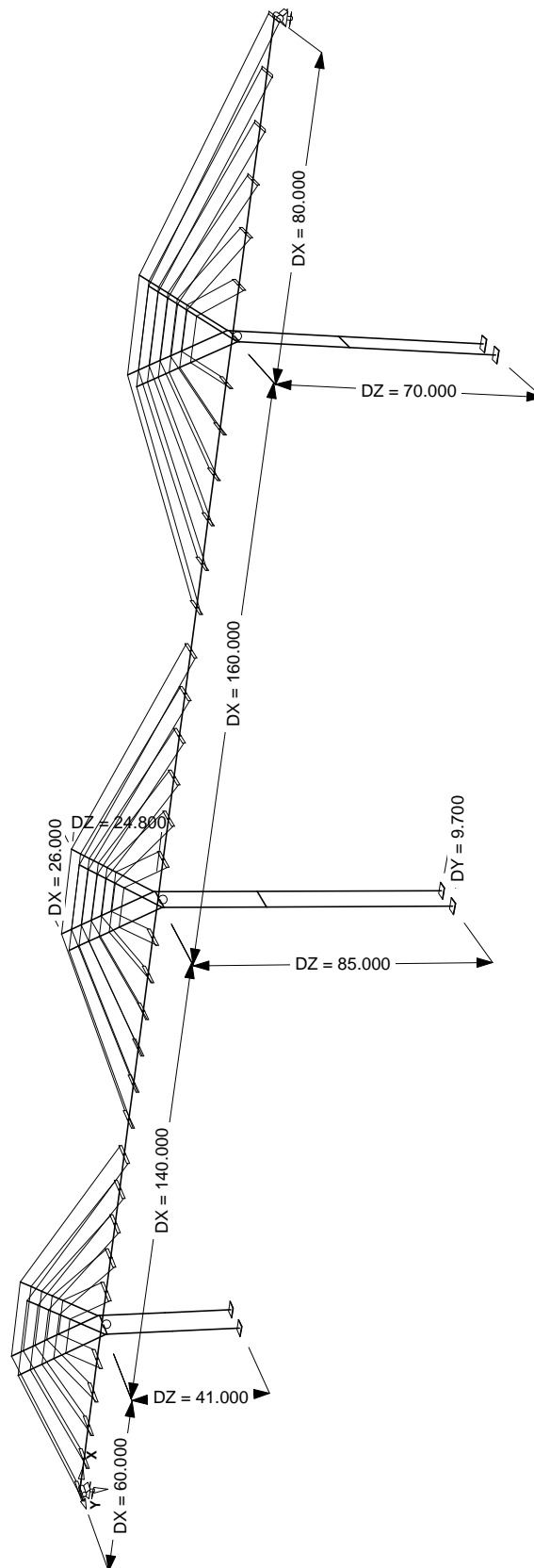


EXZENTRISCHE ANSCHLÜSSE

| Exz.-Nr. | Exz. Anschluß an Stäben          | Stab-Seite | Exzentrizität in Richtung |        |       |
|----------|----------------------------------|------------|---------------------------|--------|-------|
|          |                                  |            | X [m]                     | Y [m]  | Z [m] |
| 1        | 300-304,310-320, 327-338,345-350 | Ende       | 0.000                     | 4.850  | 0.000 |
| 2        | 351-355,361-371, 378-389,396-401 | Ende       | 0.000                     | -4.850 | 0.000 |
| 3        |                                  | Ende       | 0.000                     | 0.000  | 0.000 |

STRUKTUR

Isometrie

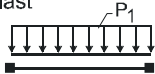


**BELASTUNG**

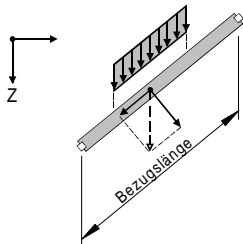
**BASISANGABEN DER LASTFÄLLE**

| LF-Nr. | LF-Bezeichnung          | Faktor | Überlagerungsart | Eigengewicht |
|--------|-------------------------|--------|------------------|--------------|
| 1      | Eigengewicht und Aufbau | 1.00   | Ständig          | 1.00         |
| 2      | Vorspannung             | 1.00   | Ständig          | -            |
| 3      | Verkehr_1               | 1.00   | Veränderlich     | -            |
| 4      | Verkehr_2               | 1.00   | Veränderlich     | -            |
| 5      | Verkehr_3               | 1.00   | Veränderlich     | -            |
| 6      | Verkehr_4               | 1.00   | Veränderlich     | -            |
| 7      | Wind_belastet           | 1.00   | Veränderlich     | -            |
| 8      | Wind_unbelastet         | 2.00   | Veränderlich     | -            |
| 9      | Temperatur gleichm      | 1.00   | Veränderlich     | -            |

1- Linienlast



G - In Z-Richtung als Gewicht



**STABLASTEN**

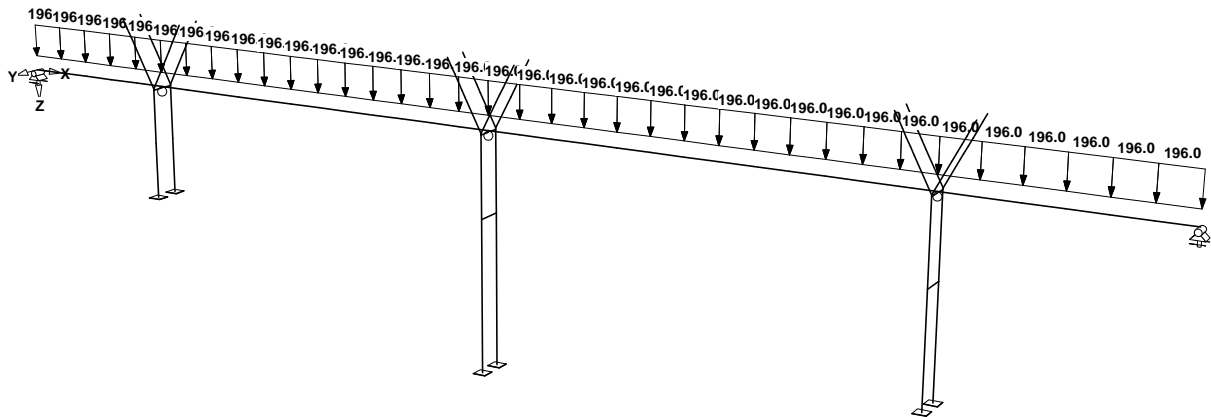
LF 1

| Nr. | Belastete Stäbe | Last-art | Last-Richtung | Parameter [kN, kNm, m, °C, kN/m, kNm/m] |
|-----|-----------------|----------|---------------|---|
| 1   | 505-529         | 1        | G             | 196.000                                 |
| 2   | 500-504,530-535 | 1        | G             | 196.000                                 |

**BELASTUNG**

LF 1 - Eigengewicht und Aufbau  
[kN/m]

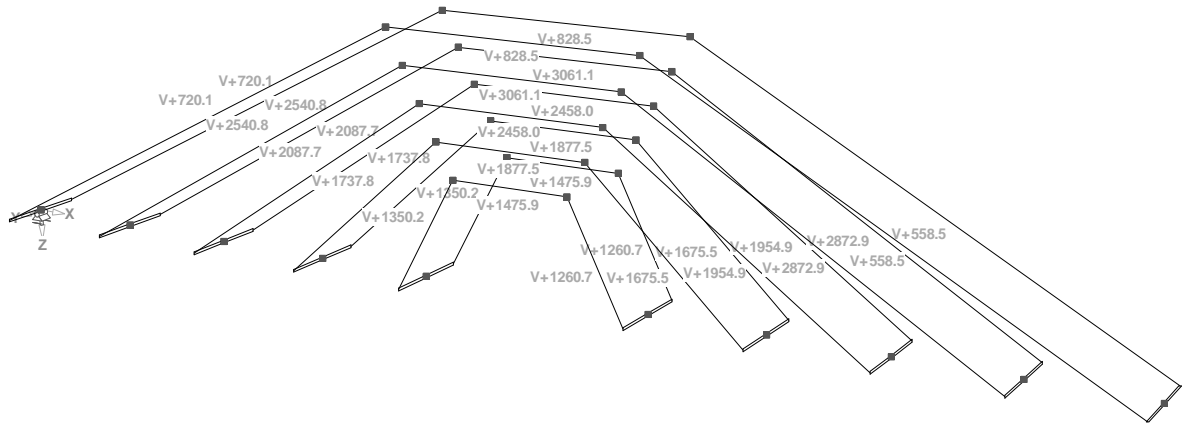
Isometrie



**VORSPANNUNG PFEILER 1**

LF 2 - Vorspannung  
[kN]

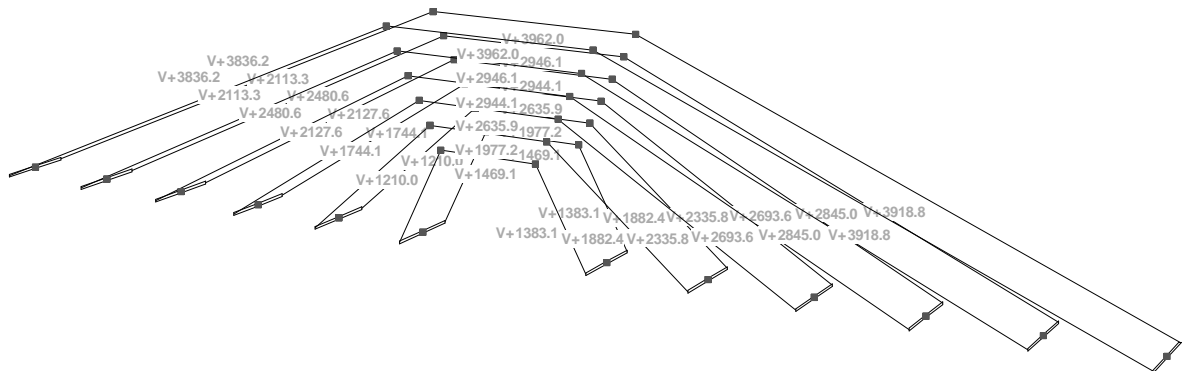
Isometrie



**VORSPANNUNG PFEILER 2**

LF 2 - Vorspannung  
[kN]

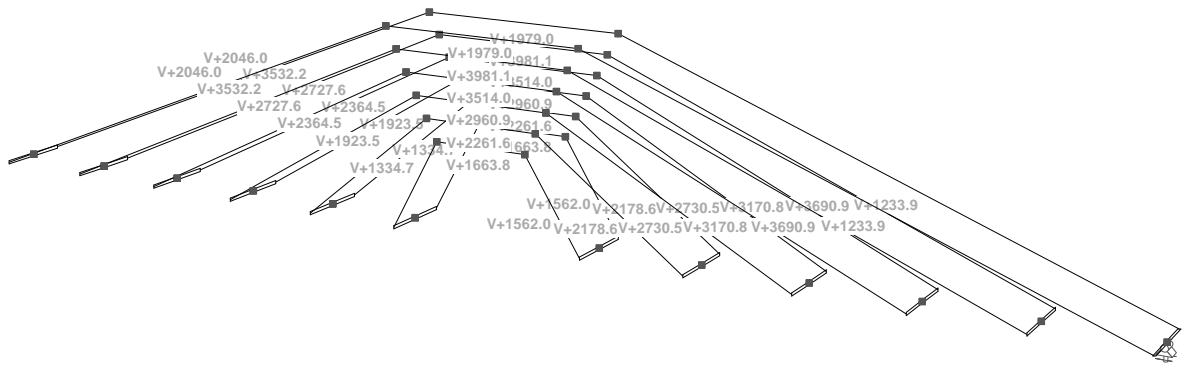
Isometrie



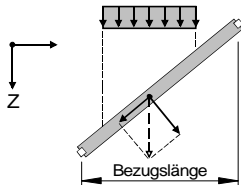
**VORSPANNUNG PFEIER 3**

LF 2 - Vorspannung  
[kN]

Isometrie



Z - Global in Z-Richtung



**STABLASTEN**

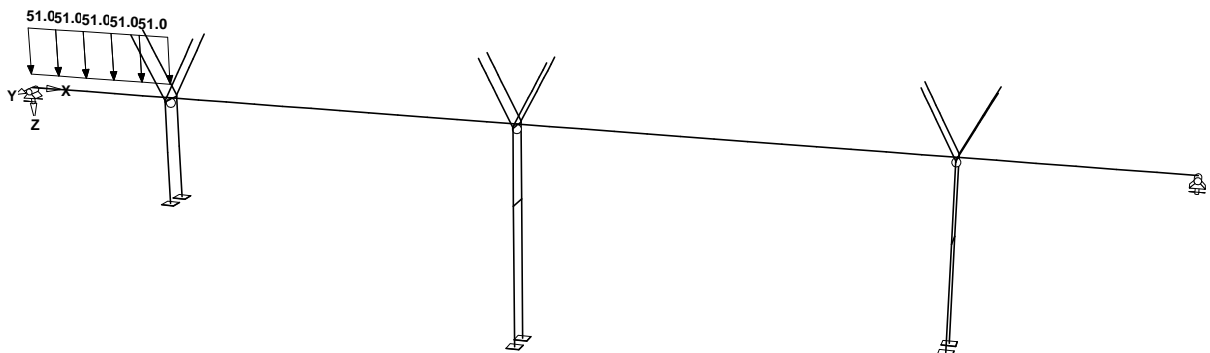
LF 3

| Nr. | Belastete Stäbe | Last-art | Last-Richtung | Parameter [kN, kNm, m, °C, kN/m, kNm/m] |  |  |  |
|-----|-----------------|----------|---------------|---|--|--|--|
|     |                 |          |               | P <sub>1</sub>                          |  |  |  |
| 1   | 502             | 1        | Z             | 51.000                                  |  |  |  |
| 2   | 500,501,503,504 | 1        | Z             | 51.000                                  |  |  |  |

**BELASTUNG**

LF 3 - Verkehr\_1  
[kN/m]

Isometrie



**STABLASTEN**

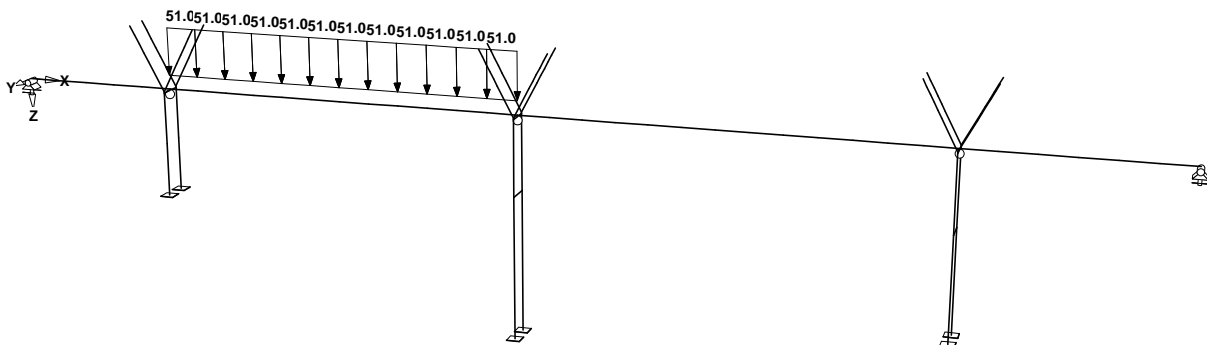
LF 4

| Nr. | Belastete Stäbe | Last-art | Last-Richtung | Parameter [kN, kNm, m, °C, kN/m, kNm/m] |  |  |
|-----|-----------------|----------|---------------|---|--|--|
|     |                 |          |               | P <sub>1</sub>                          |  |  |
| 1   | 505-509,511-516 | 1        | Z             | 51.000                                  |  |  |
| 2   | 510             | 1        | Z             | 51.000                                  |  |  |

**BELASTUNG**

LF 4 - Verkehr\_2  
[kN/m]

Isometrie



**STABLASTEN**

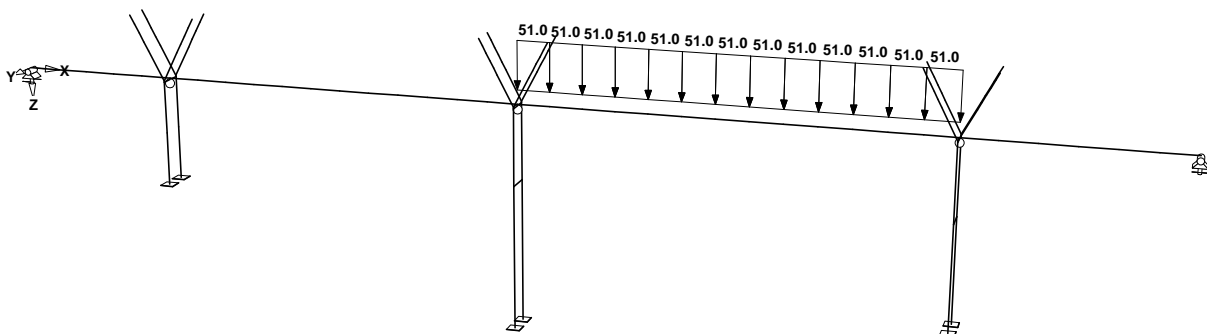
LF 5

| Nr. | Belastete Stäbe | Last-art | Last-Richtung | Parameter [kN, kNm, m, °C, kN/m, kNm/m] |  |  |
|-----|-----------------|----------|---------------|---|--|--|
|     |                 |          |               | P <sub>1</sub>                          |  |  |
| 1   | 523             | 1        | Z             | 51.000                                  |  |  |
| 2   | 517-522,524-529 | 1        | Z             | 51.000                                  |  |  |

**BELASTUNG**

LF 5 - Verkehr\_3  
[kN/m]

Isometrie



**STABLASTEN**

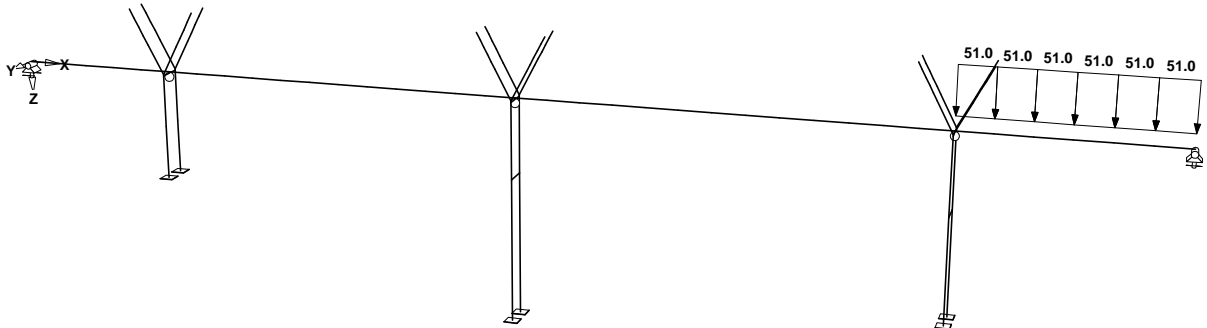
LF 6

| Nr. | Belastete Stäbe | Last-art | Last-Richtung | Parameter [kN, kNm, m, °C, kN/m, kNm/m] |  |  |
|-----|-----------------|----------|---------------|---|--|--|
|     |                 |          |               | P <sub>1</sub>                          |  |  |
| 1   | 530,531,533-535 | 1        | Z             | 51.000                                  |  |  |
| 2   | 532             | 1        | Z             | 51.000                                  |  |  |

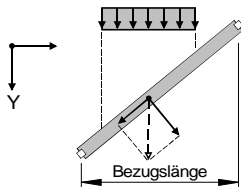
**BELASTUNG**

LF 6 - Verkehr\_4  
[kN/m]

Isometrie



Y - Global in Y-Richtung



**STABLASTEN**

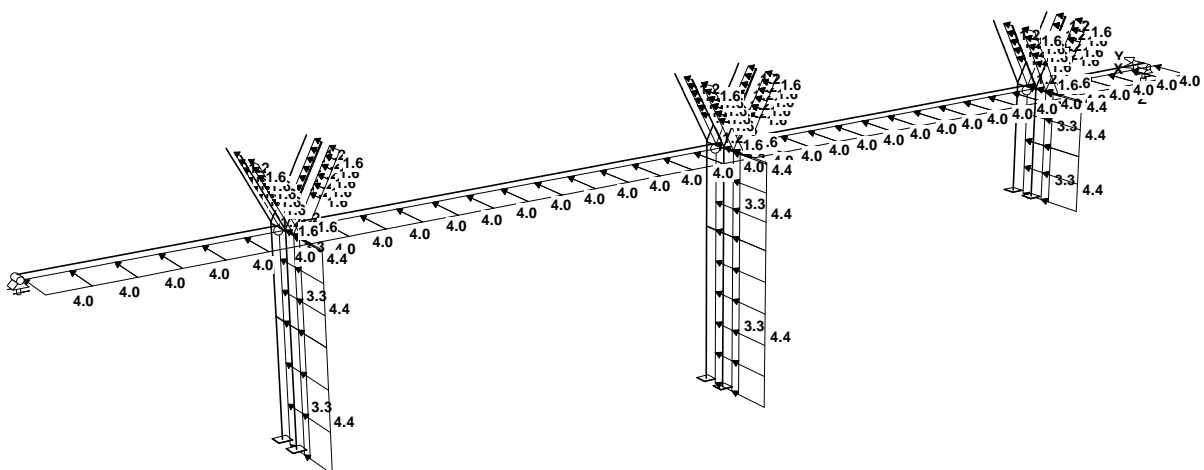
LF 7

| Nr. | Belastete Stäbe  | Last-art | Last-Richtung | Parameter [kN, kNm, m, °C, kN/m, kNm/m]<br>P <sub>1</sub> |  |  |  |
|-----|--|----------|---------------|---|--|--|--|
| 1   | 500-535  | 1        | Y             | 4.000   |  |  |  |
| 2   | 13, 14, 17, 18, 21, 22, 25, 26, 29, 30, 33, 34, 37, 38, 41, 42, 45, 46, 49, 50, 53, 54, 57, 58, 61, 62, 65, 66, 69, 70, 73, 74, 77, 78 | 1        | Y             | 1.600   |  |  |  |
| 3   | 6, 8, 10, 80, 82, 84, 86, 88, 90   | 1        | Y             | 4.400   |  |  |  |
| 4   | 5, 7, 9, 79, 81, 83, 85, 87, 89  | 1        | Y             | 3.300   |  |  |  |
| 5   | 11, 12, 15, 16, 19, 20, 23, 24, 27, 28, 31, 32, 35, 36, 39, 40, 43, 44, 47, 48, 51, 52, 55, 56, 59, 60, 63, 64, 67, 68, 71, 72, 75, 76 | 1        | Y             | 1.200   |  |  |  |

**BELASTUNG**

LF 7 - Wind\_belastet  
[kN/m]

Isometrie



**STABLASTEN**

LF 8

| Nr. | Belastete Stäbe  | Last-art | Last-Richtung | Parameter [kN, kNm, m, °C, kN/m, kNm/m]<br>P <sub>1</sub> |  |  |  |
|-----|--|----------|---------------|---|--|--|--|
| 1   | 500-535  | 1        | Y             | 4.000   |  |  |  |
| 2   | 13, 14, 17, 18, 21, 22, 25, 26, 29, 30, 33, 34, 37, 38, 41, 42, 45, 46, 49, 50, 53, 54, 57, 58, 61, 62, 65, 66, 69, 70, 73, 74, 77, 78 | 1        | Y             | 1.600   |  |  |  |
| 3   | 6, 8, 10, 80, 82, 84, 86, 88, 90   | 1        | Y             | 4.400   |  |  |  |

STABLASTEN

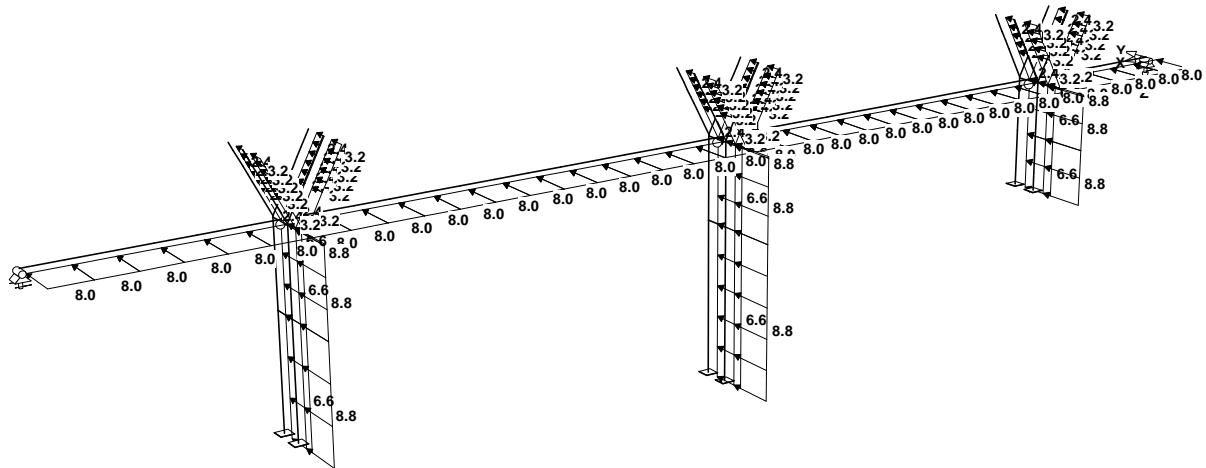
LF 8

| Nr. | Belastete Stäbe   | Last-art | Last-Richtung | Parameter [kN, kNm, m, °C, kN/m, kNm/m] |
|-----|---|----------|---------------|---|
| 4   | 5,7,9,79,81,83,85,87,89   | 1        | Y             | 3.300                                   |
| 5   | 11,12,15,16,19,20,23,24<br>27,28,31,32,35,36,39,40<br>43,44,47,48,51,52,55,56<br>59,60,63,64,67,68,71,72<br>75,76 | 1        | Y             | 1.200                                   |

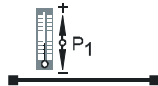
BELASTUNG

LF 8 - Wind\_unbelastet [kN/m]

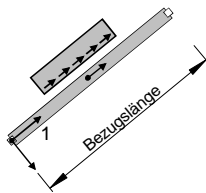
Isometrie



6 - Temperaturzunahme



1 - Lokal in 1-Richtung



STABLASTEN

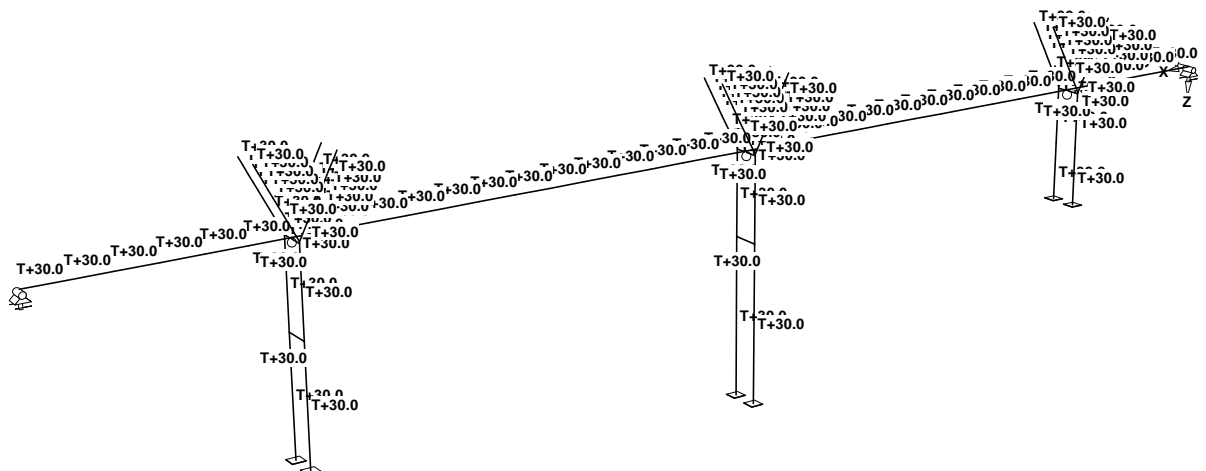
LF 9

| Nr. | Belastete Stäbe      | Last-art | Last-Richtung | Parameter [kN, kNm, m, °C, kN/m, kNm/m] |
|-----|----------------------|----------|---------------|---|
| 1   | 5-90,300-401,500-543 | 6        | 1             | 30.000                                  |

BELASTUNG

LF 9 - Temperatur gleichm [°C]

Isometrie





## LF-GRUPPEN

| LG-Nr. | LG-Bezeichnung | Faktor | Beiwert<br>$\gamma_M$ | Lastfälle in LG  |
|--------|----------------|--------|-----------------------|--|
| 1      | g+P            | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2  |
| 2      |                | 1.00   | 1.10                  | 1.35*LF1 + 1.35*LF2 + 1.50*LF3   |
| 3      |                | 1.00   | 1.10                  | 1.35*LF1 + 1.35*LF2 + 1.50*LF3 + 1.50*LF4                                  |
| 4      |                | 1.00   | 1.10                  | 1.35*LF1 + 1.35*LF2 + 1.50*LF3 + 1.50*LF4 + 1.50*LF5                       |
| 5      |                | 1.00   | 1.10                  | 1.35*LF1 + 1.35*LF2 + 1.50*LF3 + 1.50*LF4 + 1.50*LF5 + 1.50*LF6            |
| 6      |                | 1.00   | 1.10                  | 1.35*LF1 + 1.35*LF2 + 1.50*LF3 + 1.50*LF5                                  |
| 7      |                | 1.00   | 1.10                  | 1.35*LF1 + 1.35*LF2 + 1.50*LF3 + 1.50*LF6                                  |
| 8      |                | 1.00   | 1.10                  | 1.35*LF1 + 1.35*LF2 + 1.50*LF4 + 1.50*LF5                                  |
| 9      |                | 1.00   | 1.10                  | 1.35*LF1 + 1.35*LF2 + 1.50*LF4 + 1.50*LF6                                  |
| 10     |                | 1.00   | 1.10                  | 1.35*LF1 + 1.35*LF2 + 1.50*LF3 + 1.50*LF4 + 1.50*LF5 + 1.50*LF6 + 1.35*LF7 |
| 11     |                | 1.00   | 1.10                  | 1.35*LF1 + 1.35*LF2 + 1.50*LF8   |
| 12     |                | 1.00   | 1.10                  | 1.35*LF1 + 1.35*LF2 + 1.50*LF9   |
| 13     |                | 1.00   | 1.10                  | 1.35*LF1 + 1.35*LF2 - 1.50*LF9   |
| 14     |                | 1.00   | 1.10                  | 1.35*LF1 + 1.35*LF2 + 1.50*LF3 + 1.50*LF4 + 1.50*LF5 + 1.50*LF6 + 0.45*LF9 |
| 15     |                | 1.00   | 1.10                  | 1.35*LF1 + 1.35*LF2 + 1.50*LF3 + 1.50*LF4 + 1.50*LF5 + 1.50*LF6 - 0.45*LF9 |
| 20     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + LF3  |
| 21     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + LF4  |
| 22     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + LF5  |
| 23     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + LF6  |
| 24     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + LF3 + LF4  |
| 25     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + LF3 + LF4 + LF5  |
| 26     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + LF3 + LF4 + LF5 + LF6  |
| 27     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + LF3 + LF5  |
| 28     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + LF3 + LF6  |
| 29     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + LF4 + LF5  |
| 30     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + LF8  |
| 40     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + 0.50*LF3   |
| 41     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + 0.50*LF4   |
| 42     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + 0.50*LF5   |
| 43     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + 0.50*LF6   |
| 44     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + 0.50*LF3 + 0.50*LF4  |
| 45     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + 0.50*LF3 + 0.50*LF4 + 0.50*LF5                                 |
| 46     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + 0.50*LF3 + 0.50*LF4 + 0.50*LF5 + 0.50*LF6                      |
| 47     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + 0.50*LF3 + 0.50*LF4 + 0.50*LF5 + 0.50*LF6 + LF7                |
| 48     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + 0.50*LF3 + 0.50*LF5  |
| 49     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + 0.50*LF3 + 0.50*LF6  |
| 50     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + 0.50*LF4 + 0.50*LF5  |
| 51     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + 0.50*LF5 + 0.50*LF6  |
| 60     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 + LF9  |
| 61     |                | 1.00   | 1.10                  | LF1 + LF2 - LF9  |

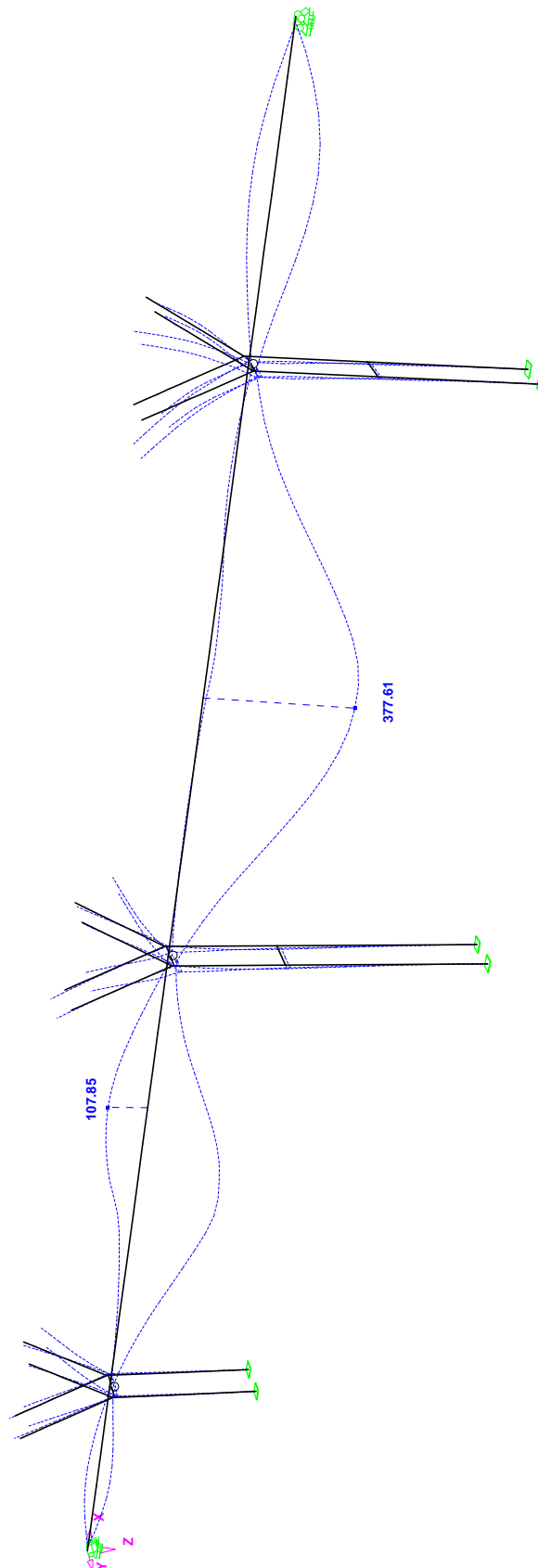
## LF-KOMBINATIONEN

| LK-Nr. | LK-Bezeichnung                 | Kombinationskriterium   |
|--------|--------------------------------|---|
| 1      | Bemessungswerte                | LG1/S o LG2/S o LG3/S o LG4/S o LG5/S o LG6/S o LG7/S o LG8/S o LG9/S o LG10/S o LG11/S o LG12/S o LG13/S o LG14/S o LG15/S |
| 2      | Charakteristische Werte        | LG20/S o LG21/S o LG22/S o LG23/S o LG24/S o LG25/S o LG26/S o LG27/S o LG28/S o LG29/S o LG30/S o LG60/S o LG61/S          |
| 3      | Gebrauchstauglichkeitsnachweis | LG40/S o LG41/S o LG42/S o LG43/S o LG44/S o LG45/S o LG46/S o LG47/S o LG48/S o LG49/S o LG50/S o LG51/S                   |

**ERGEBNISSE - SLS**

LK 3 - Gebrauchstauglichkeitsnachweis  
Max/Min Verschiebungen

Isometrie

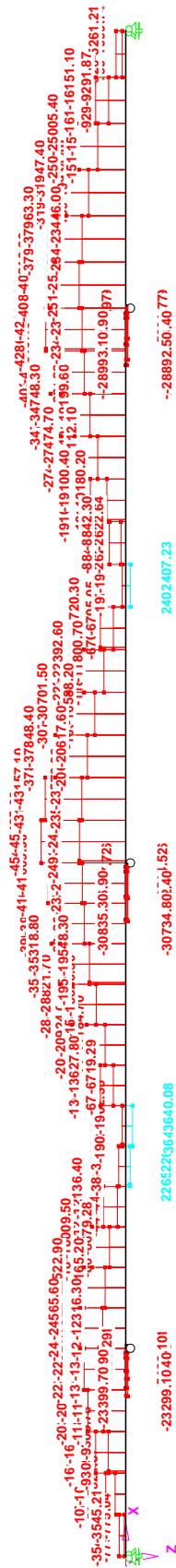


Max u: 377.61 mm  
Faktor für Verschiebungen: 100

ULS- DECK

LK 1 - Bemessungswerte  
Max/Min Schnittgrößen N

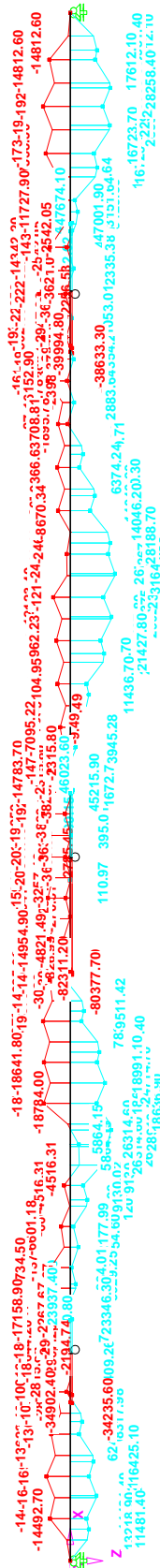
Entgegen der Y-Richtung



ULS - DECK

LK 1 - Bemessungswerte  
Max/Min Schnittgrößen M-2

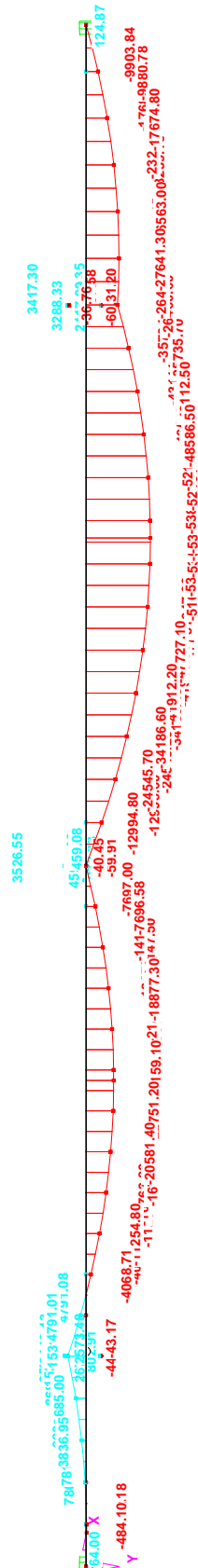
Entgegen der Y-Richtung



ULS - DECK

LK 1 - Bemessungswerte  
Max/Min Schnittgrößen M-3

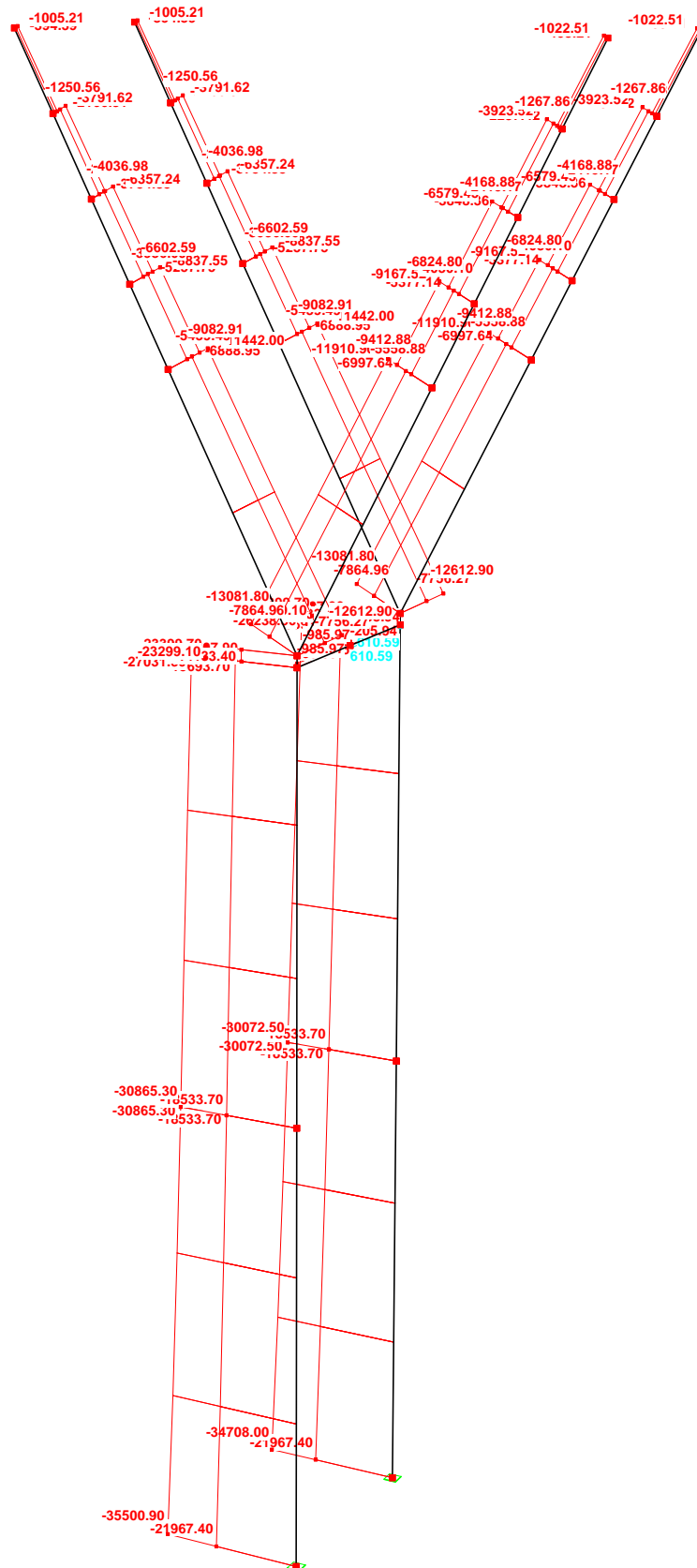
In Z-Richtung



ULS - PFEILER 1

LK 1 - Bemessungswerte  
Max/Min Schnittgrößen N

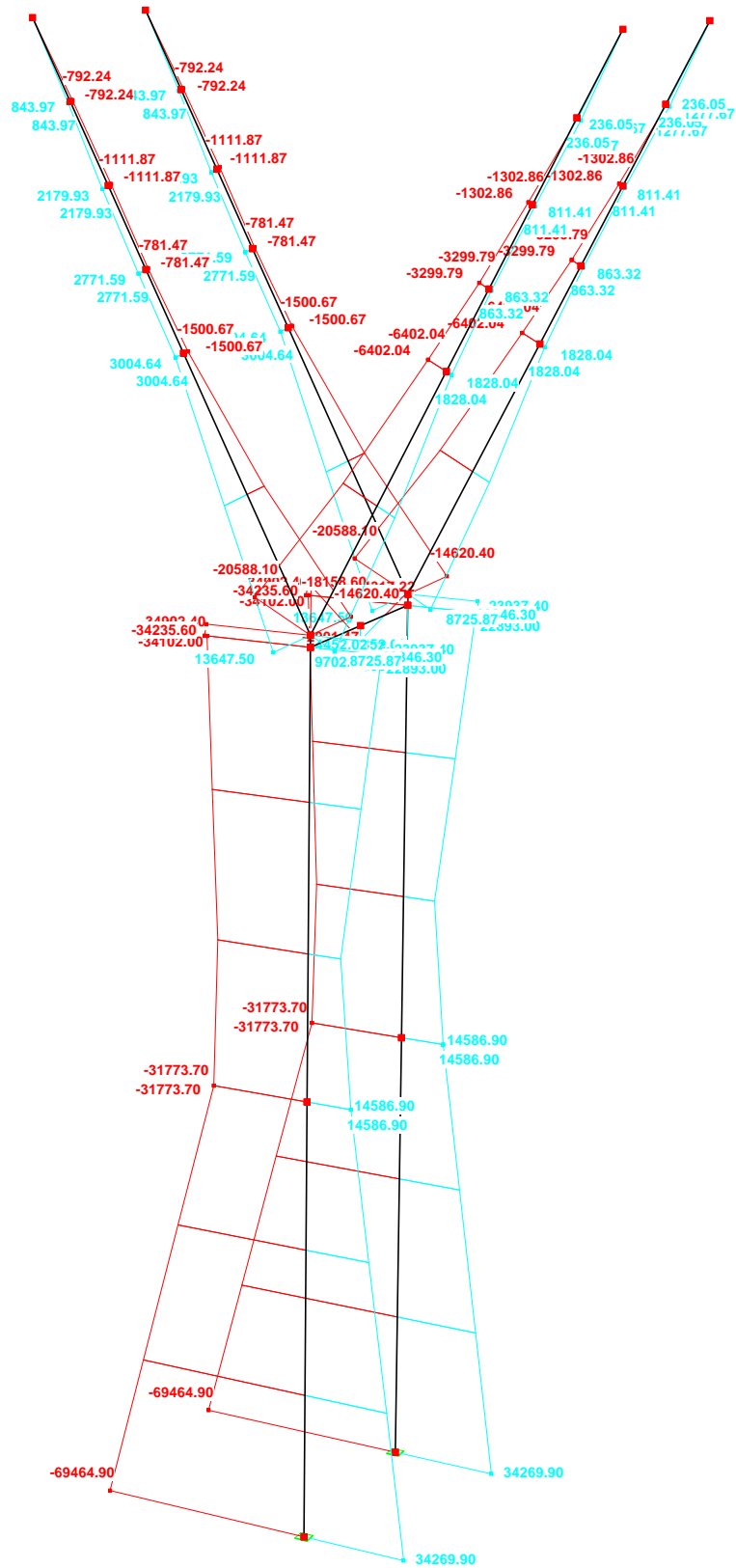
Isometrie



ULS PFEILER 1

LK 1 - Bemessungswerte  
Max/Min Schnittgrößen M-2

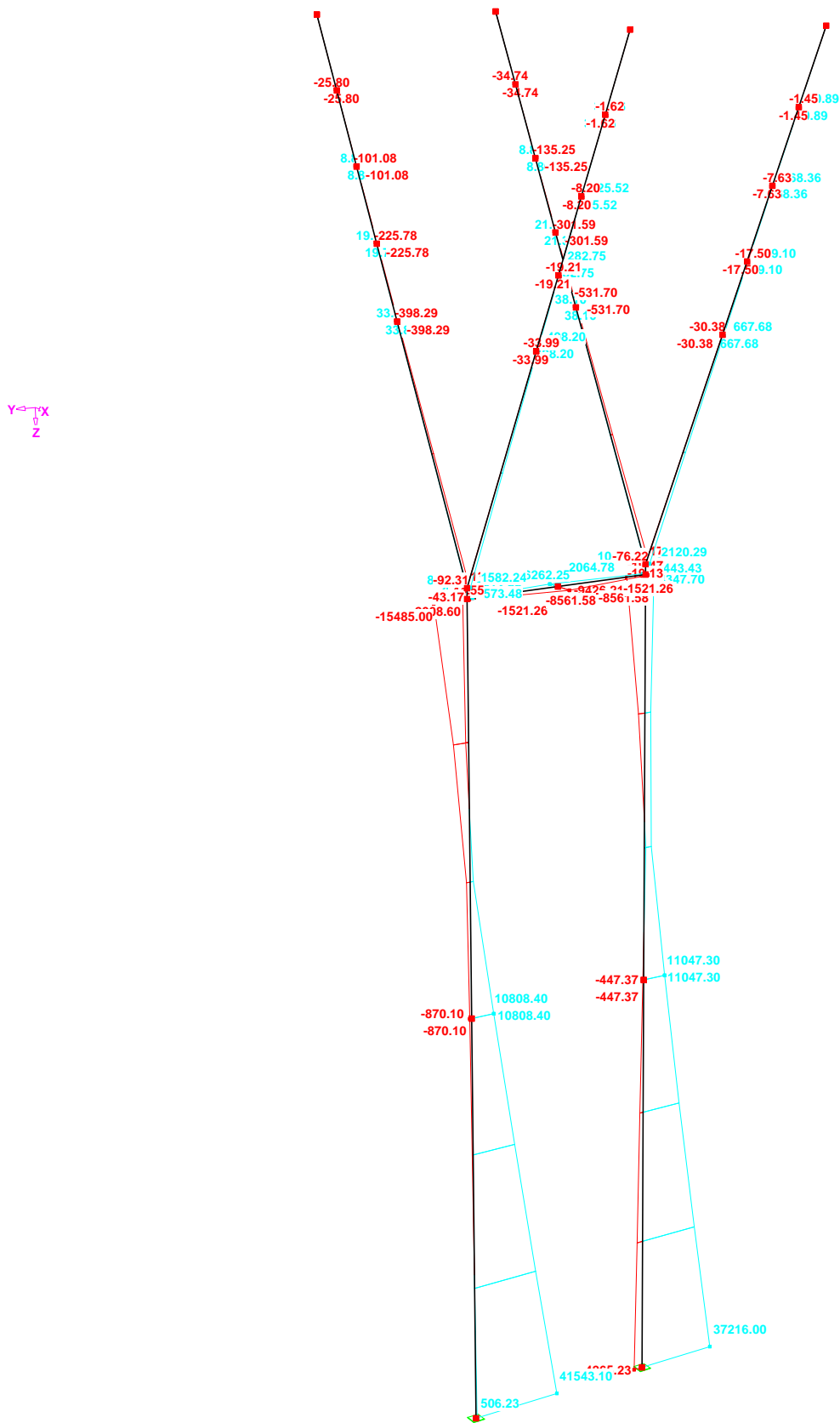
Isometrie



ULS PFEILER 1

LK 1 - Bemessungswerte  
Max/Min Schnittgrößen M-3

Isometrie

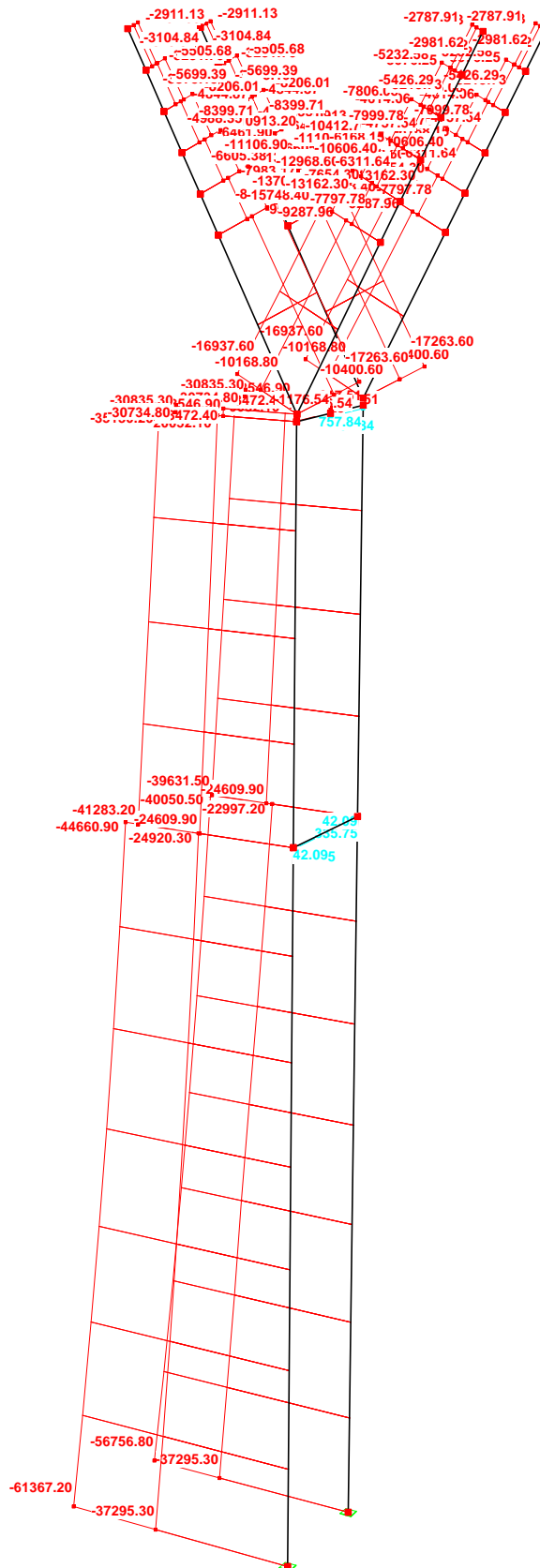




ULS PFEILER 2

LK 1 - Bemessungswerte  
Max/Min Schnittgrößen N

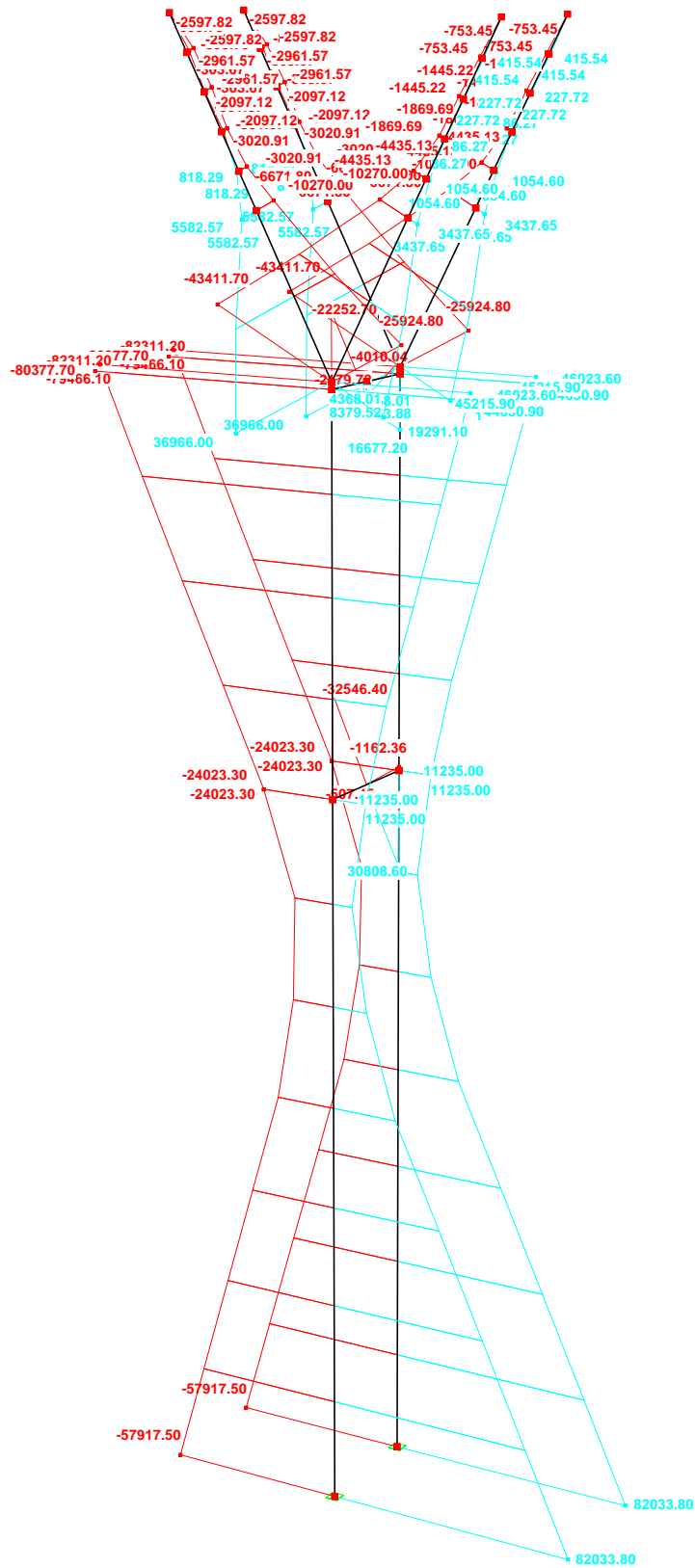
Isometrie



ULS PFEILER 2

LK 1 - Bemessungswerte  
Max/Min Schnittgrößen M-2

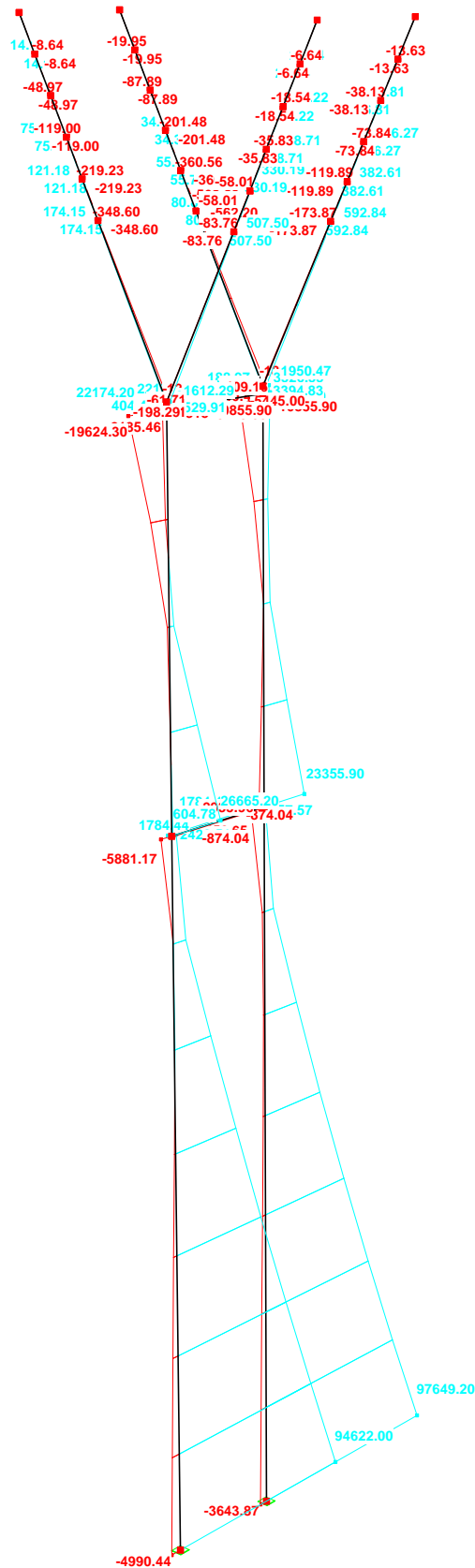
Isometrie



ULS PFEILER 2

LK 1 - Bemessungswerte  
Max/Min Schnittgrößen M-3

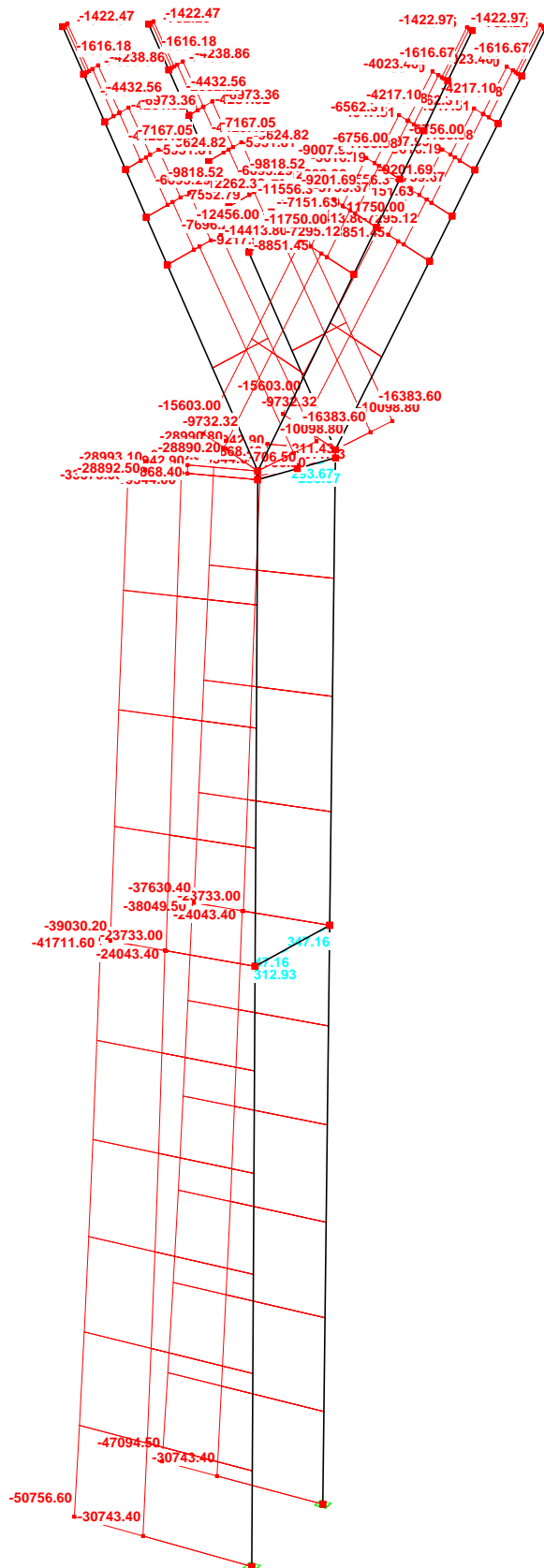
Isometrie



ULS PFEILER 3

LK 1 - Bemessungswerte  
Max/Min Schnittgrößen N

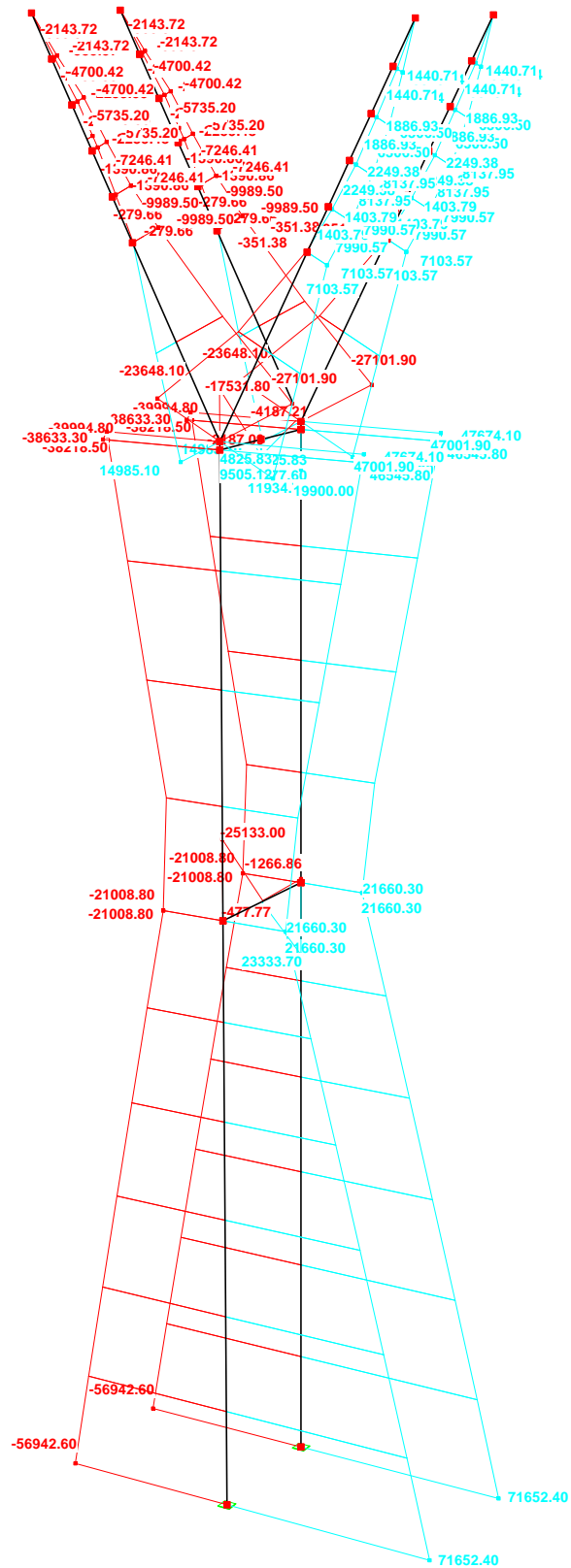
Isometrie



ULS PFEILER 3

LK 1 - Bemessungswerte  
Max/Min Schnittgrößen M-2

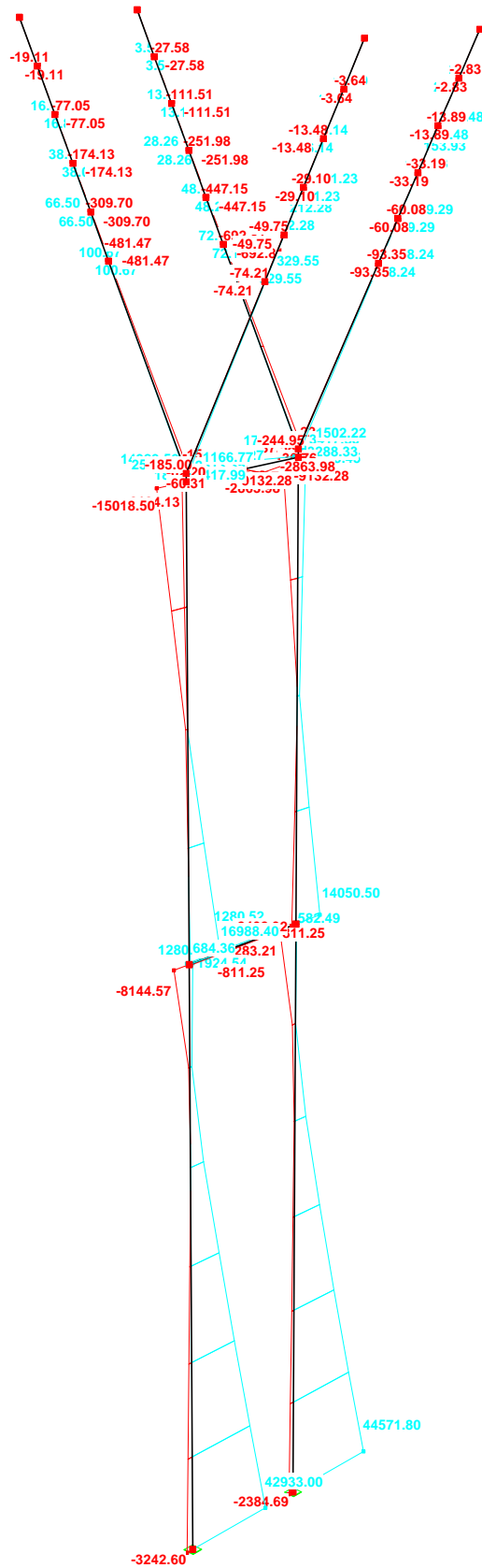
Isometrie



ULS PFEILER 3

LK 1 - Bemessungswerte  
Max/Min Schnittgrößen M-3

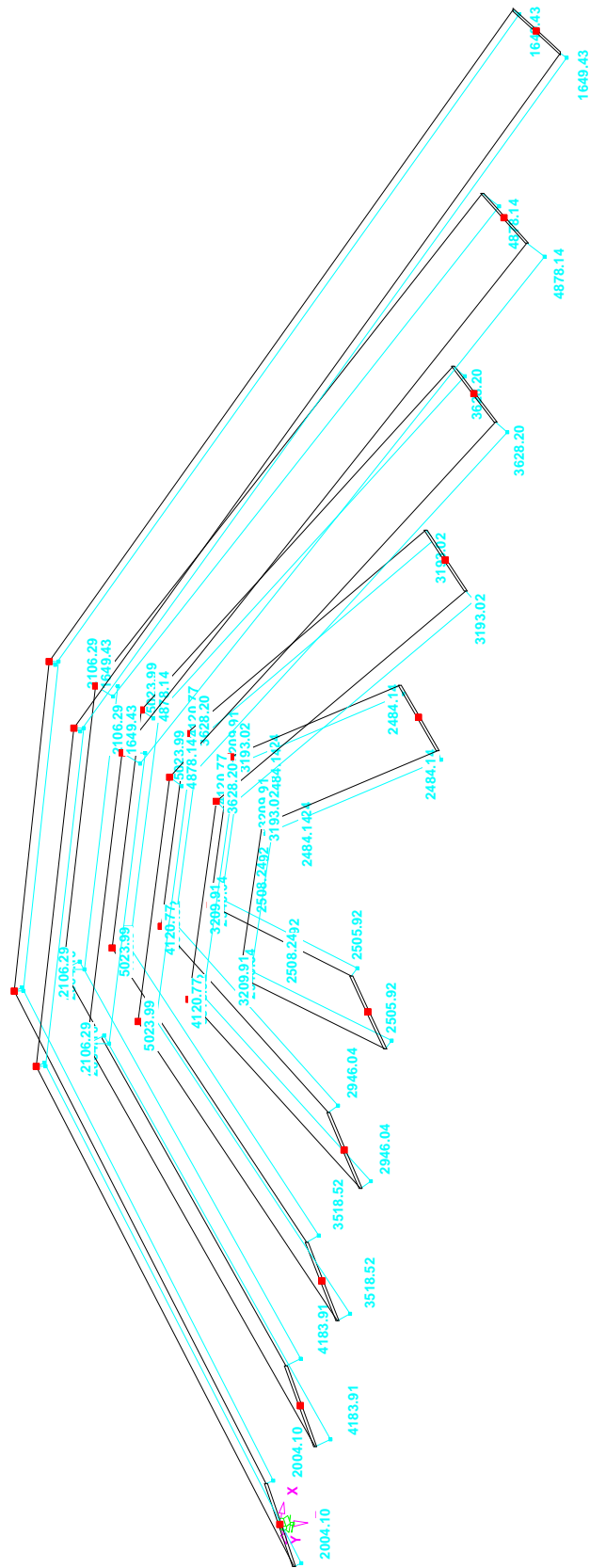
Isometrie



ULS - KABEL PFEILER 1

LK 1 - Bemessungswerte  
Max Schnittgrößen N

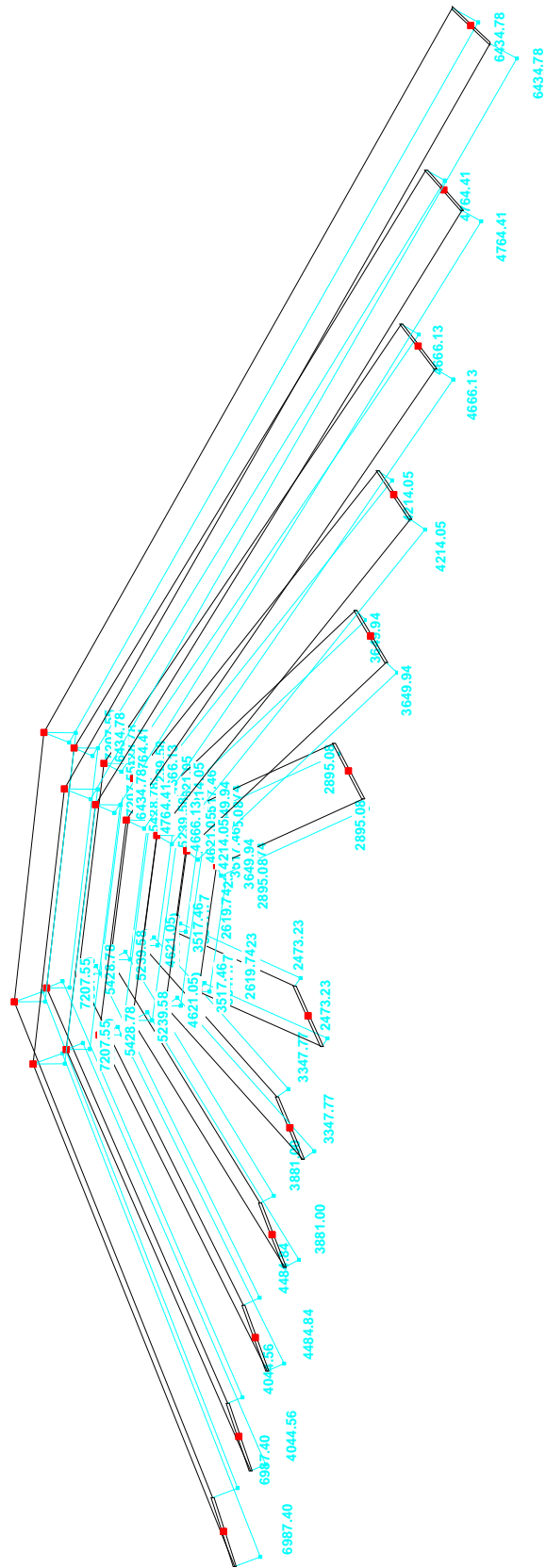
Isometrie



ULS - KABEL PFEILER 2

LK 1 - Bemessungswerte  
Max Schnittgrößen N

Isometrie

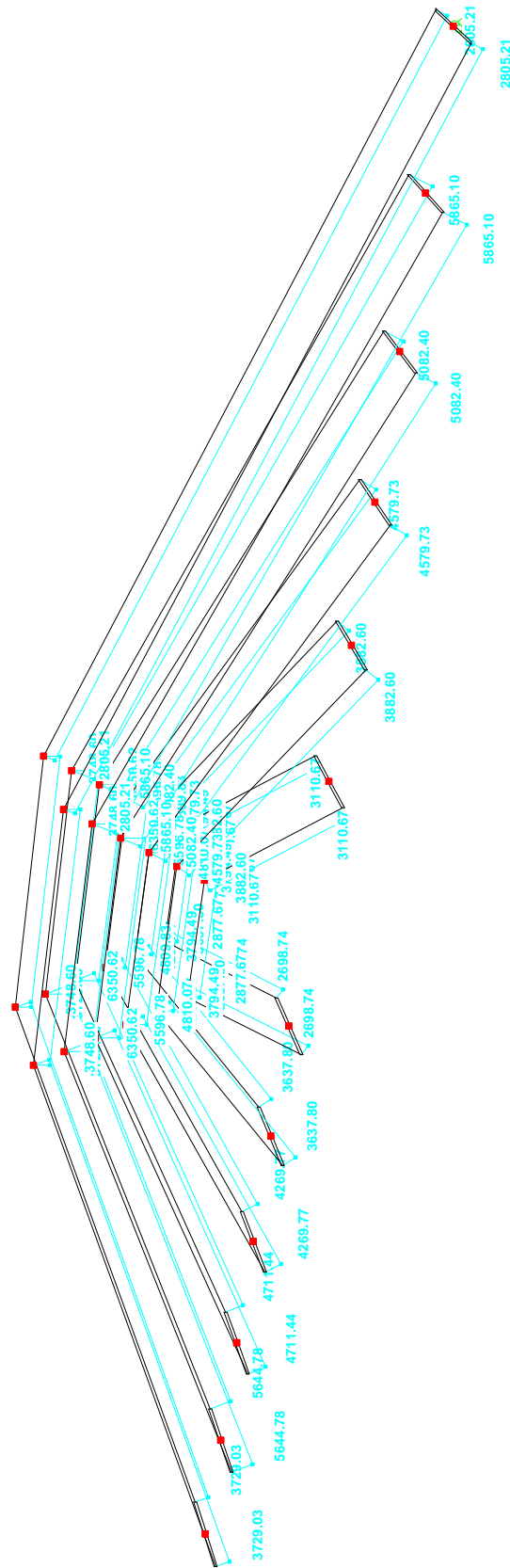




### ULS - KABEL PFEILER 3

LK 1 - Bemessungswerte  
Max Schnittgrößen N

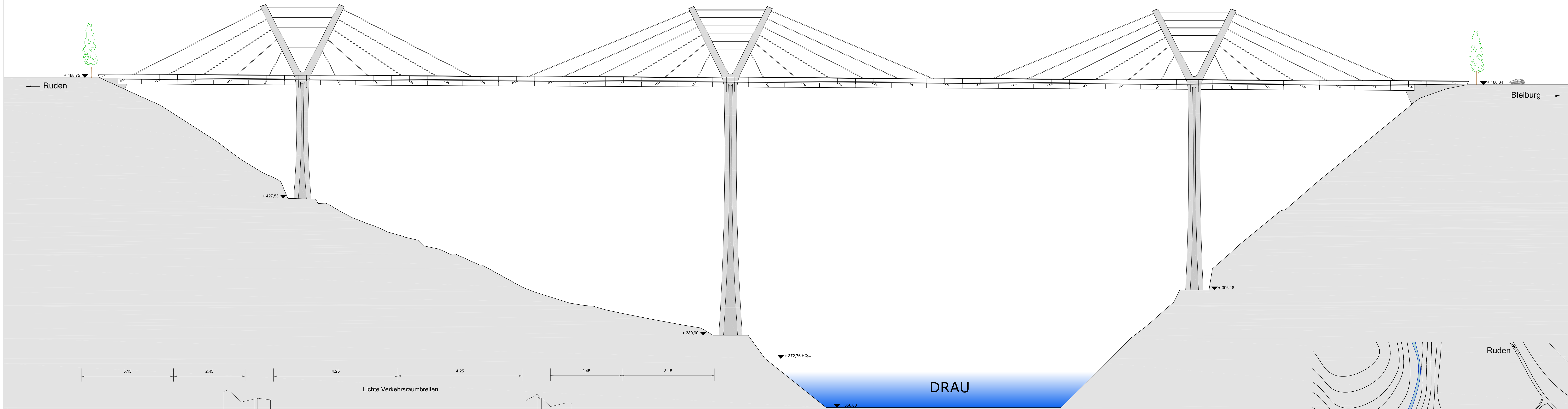
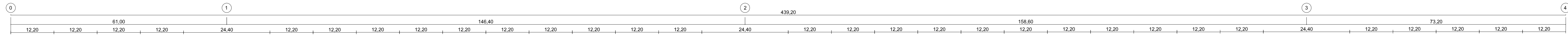
Isometrie



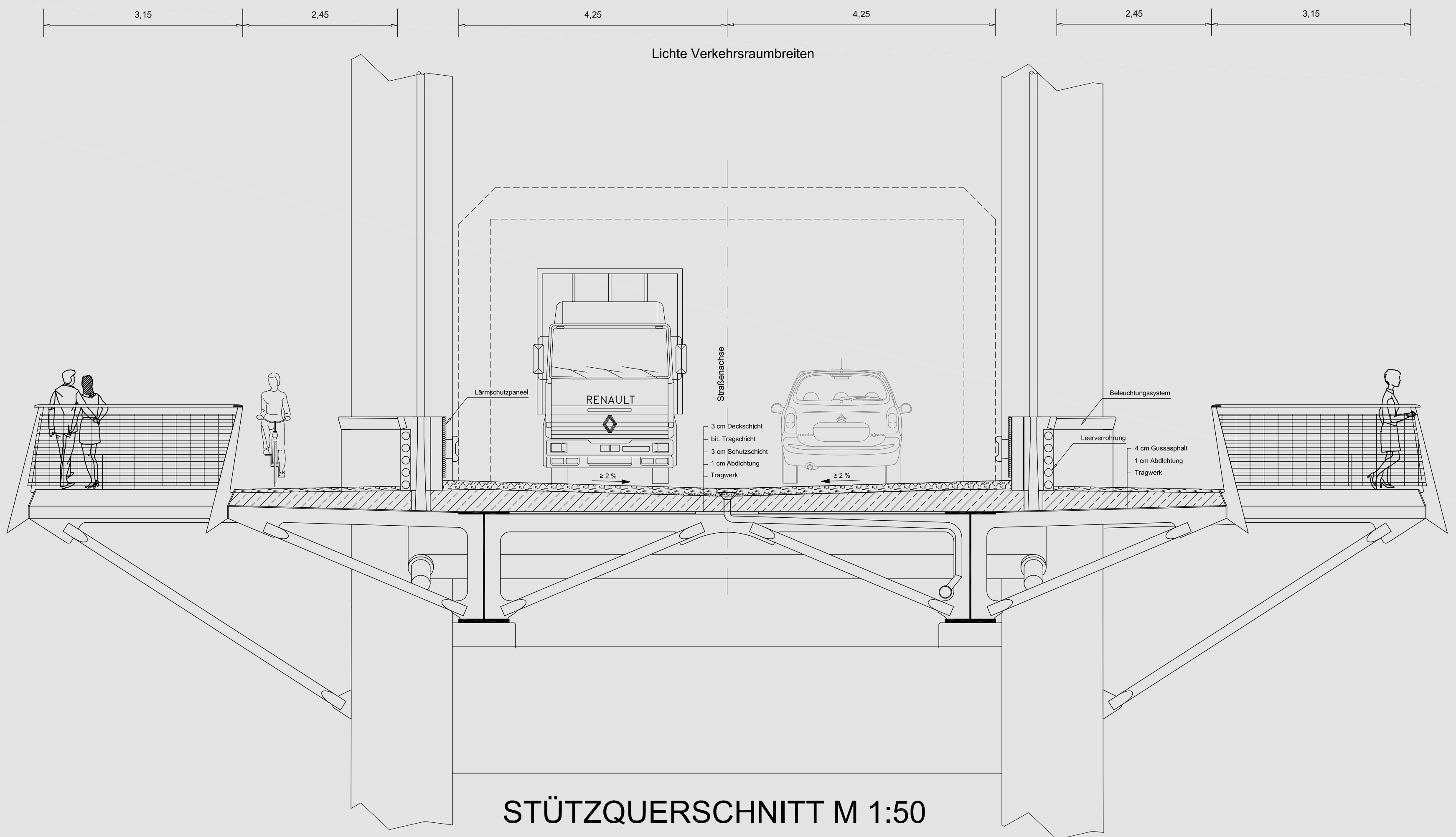
# Anhang B

Pläne

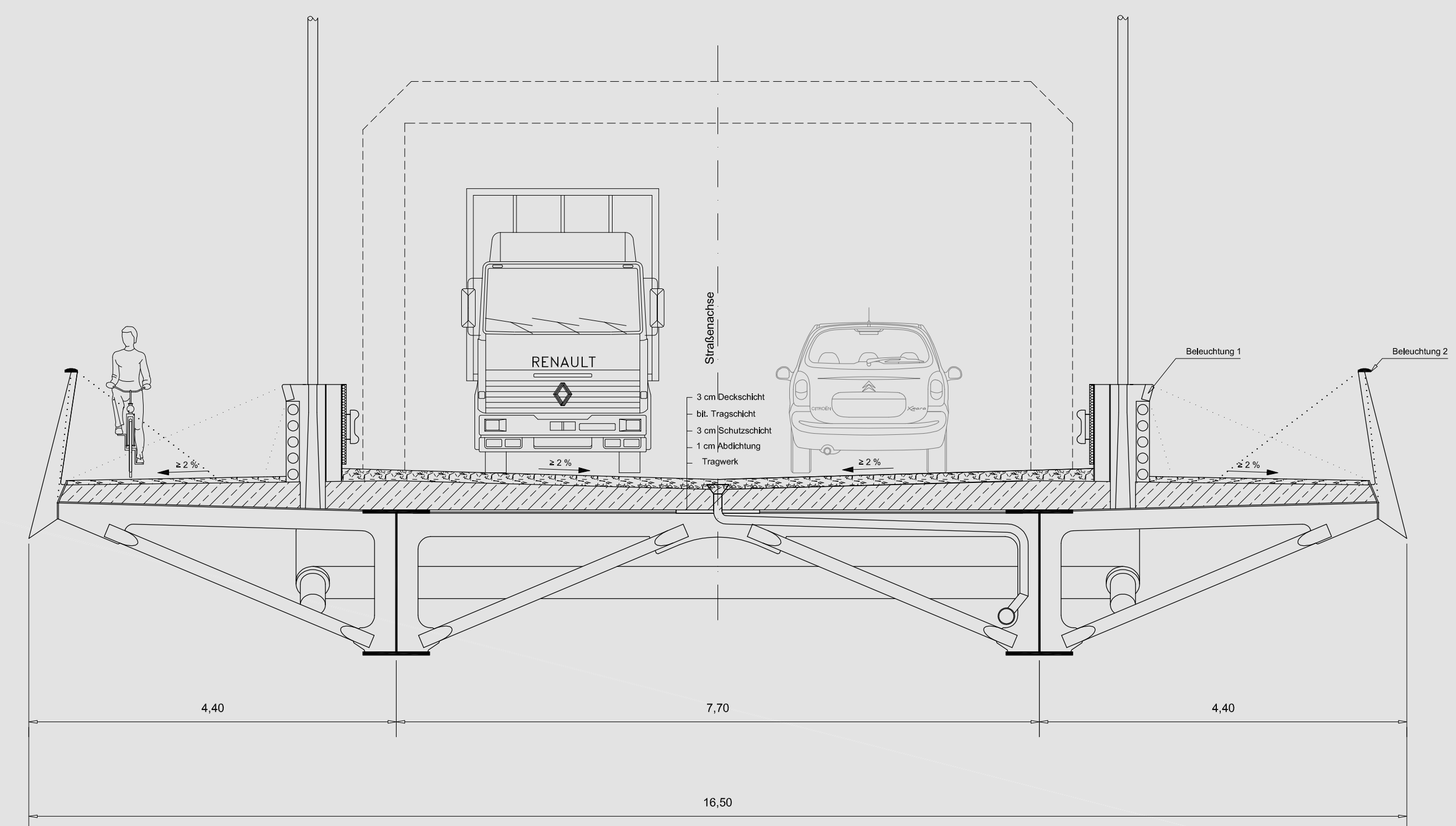
ANSICHT M 1:500



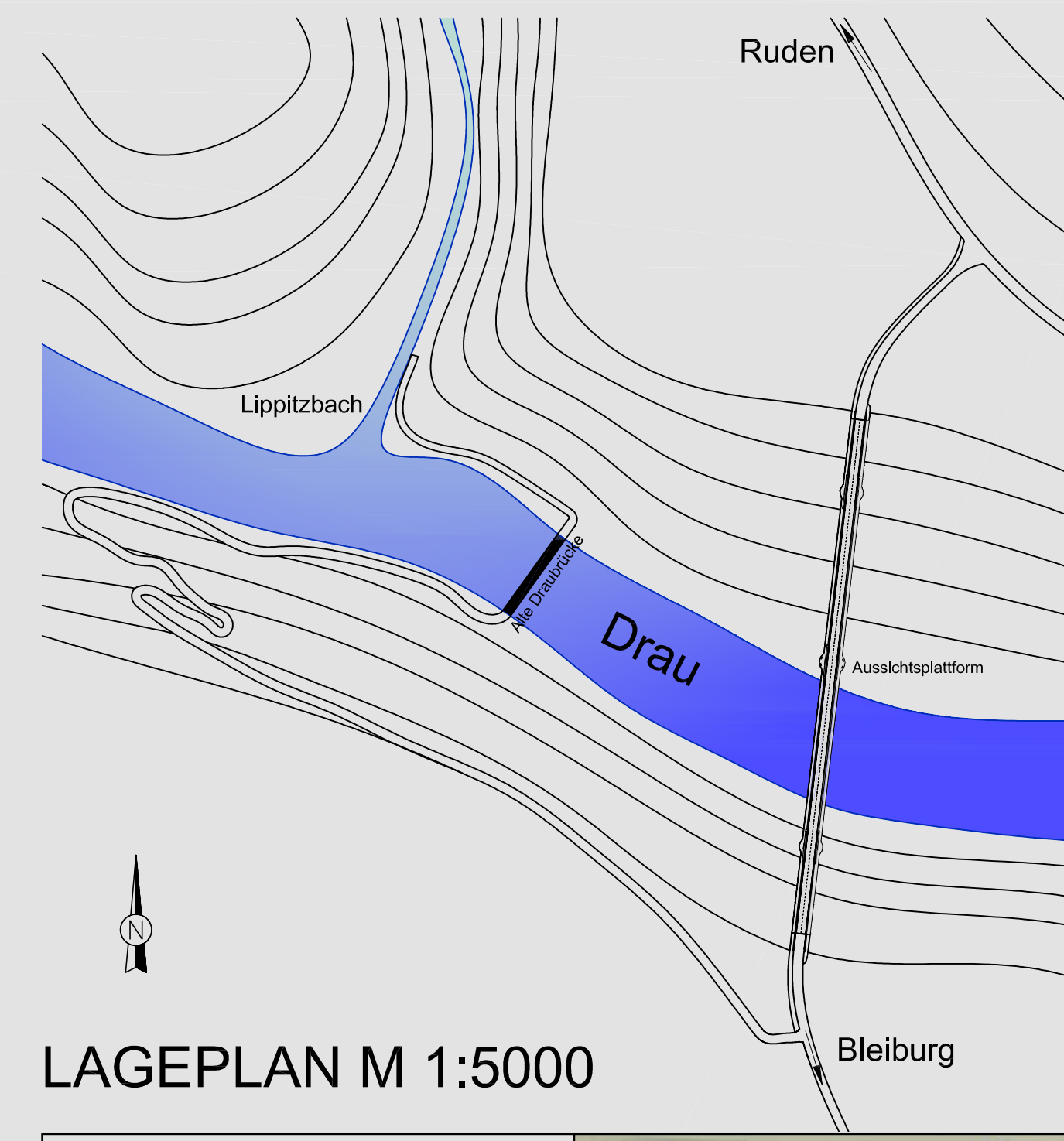
Lichte Verkehrsraumbreiten



STÜTZQUERSCHNITT M 1:50



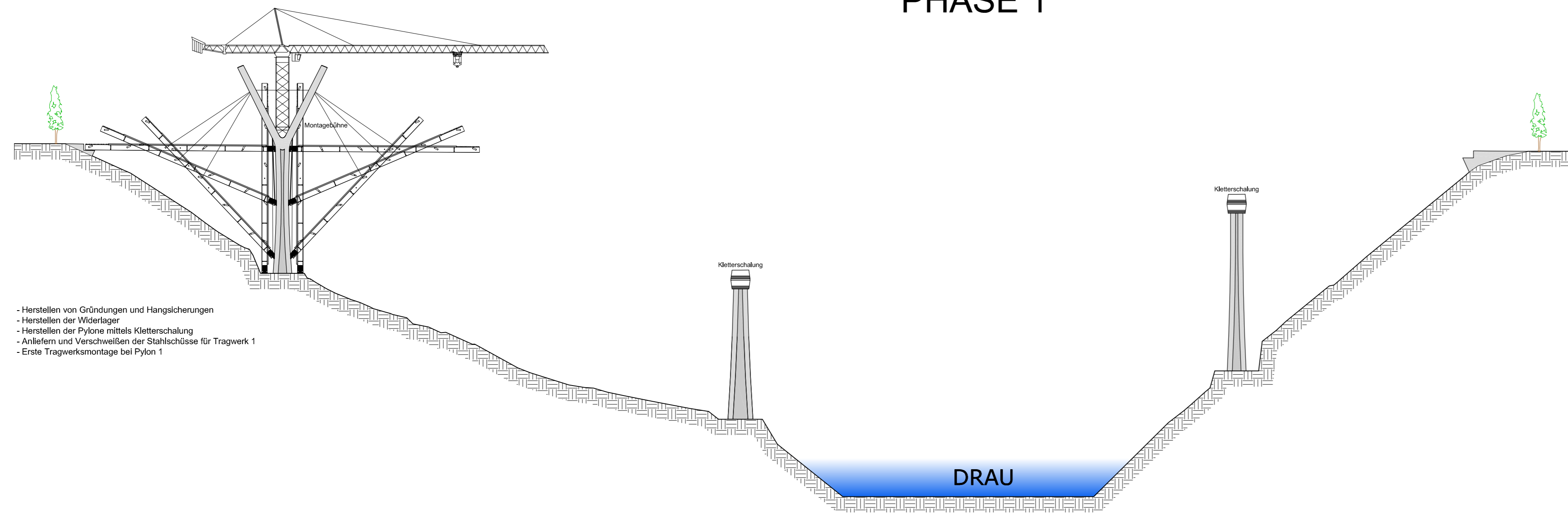
FELDQUERSCHNITT M 1:50



LAGEPLAN M 1:5000

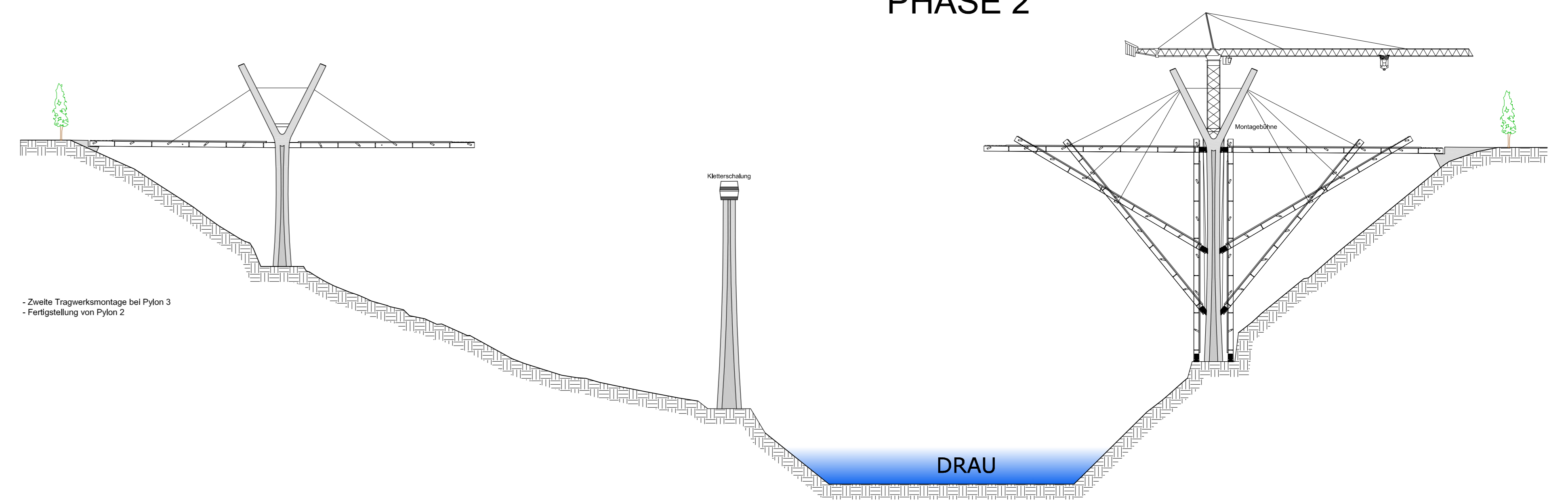
|   |               |   |               |
|---|---------------|---|---------------|
| Besteller / Customer                          |               |  Institut für Tragkonstruktionen<br>Univ. Prof. DI Dr. Kollegger<br>Karlsplatz 13<br>A-1040 Wien |               |
| Bauwerk / Building                            |               |   |               |
| DRAUBRÜCKE - LIPPITZBACH, KÄRNTEN, ÖSTERREICH |               |   |               |
| Bezeichnung / Title                           |               | ÜBERSICHT   |               |
| Gezeichnet / Drawn                            | 01.2009       | Brandsdöfler  |               |
| Statik / Static                               | 01.2009       | Brandsdöfler  |               |
| Geprüft / Checked                             | 01.2009       | Brandsdöfler  |               |
| Plannummer / Drawingnumber                    | Index / Issue | Format / Papersize:   | Maßstab/Scale |
| B_01  | -             | A 1+  |               |

### PHASE 1



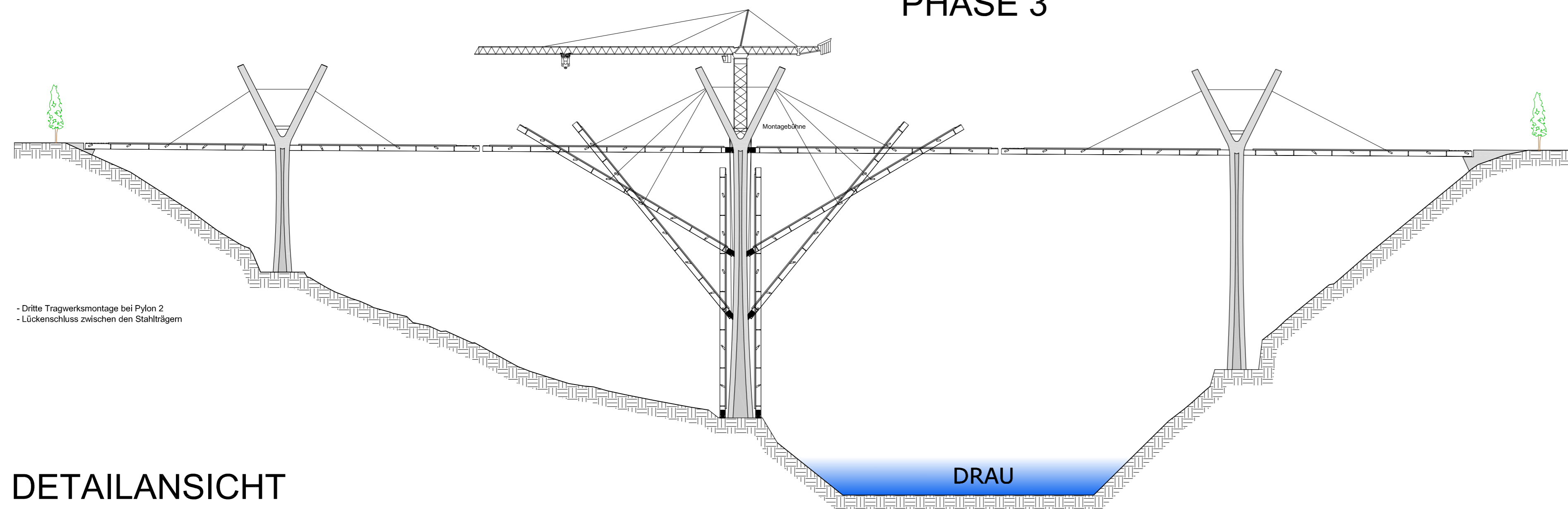
- Herstellen von Gründungen und Hängsicherungen
- Herstellen der Widerlager
- Herstellen der Pylone mittels Klatterschalung
- Anliefern und Verschweißen der Stahlschüsse für Tragwerk 1
- Erste Tragwerksmontage bei Pylon 1

### PHASE 2



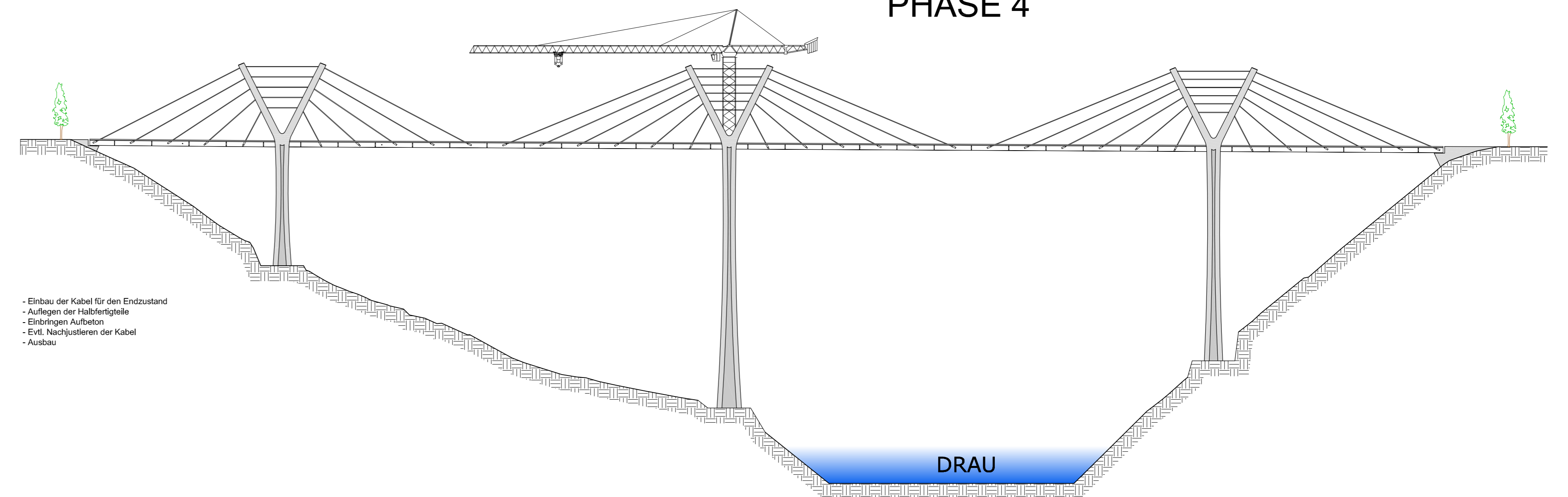
- Zweite Tragwerksmontage bei Pylon 3
- Fertigstellung von Pylon 2

### PHASE 3



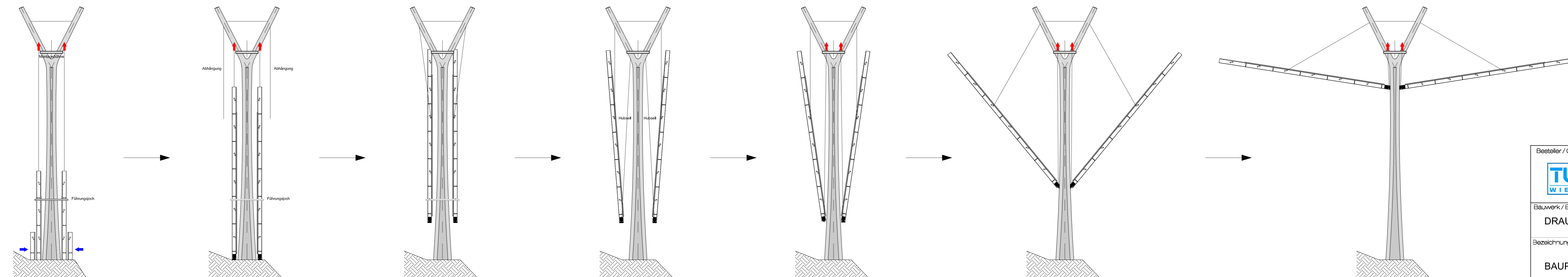
- Dritte Tragwerksmontage bei Pylon 2
- Lückenschluss zwischen den Stahlträgern

### PHASE 4



- Einbau der Kabel für den Endzustand
- Auflegen der Hubfertigteile
- Einbringen Aufbeton
- Endl. Nachjustieren der Kabel
- Ausbau

### DETAILANSICHT



- Herstellung der Pylone mittels Klatterschalung
- Anliefern und Aufstellen der Stahlschüsse
- Hochziehen und Verschweißen der Stahlschüsse
- Seitliche Stabilisierung mittels Führungsjoch

- Fertigstellung Montageträger
- Anheben zum Einhängen der Abhängeseile
- Char. Hublast: 225 t je Träger

- Einhängen der Abhängeseile
- Abhängeseile sind über Umlenkkegel geführt

- Hubseile anschlagen
- Führungsjoch lösen

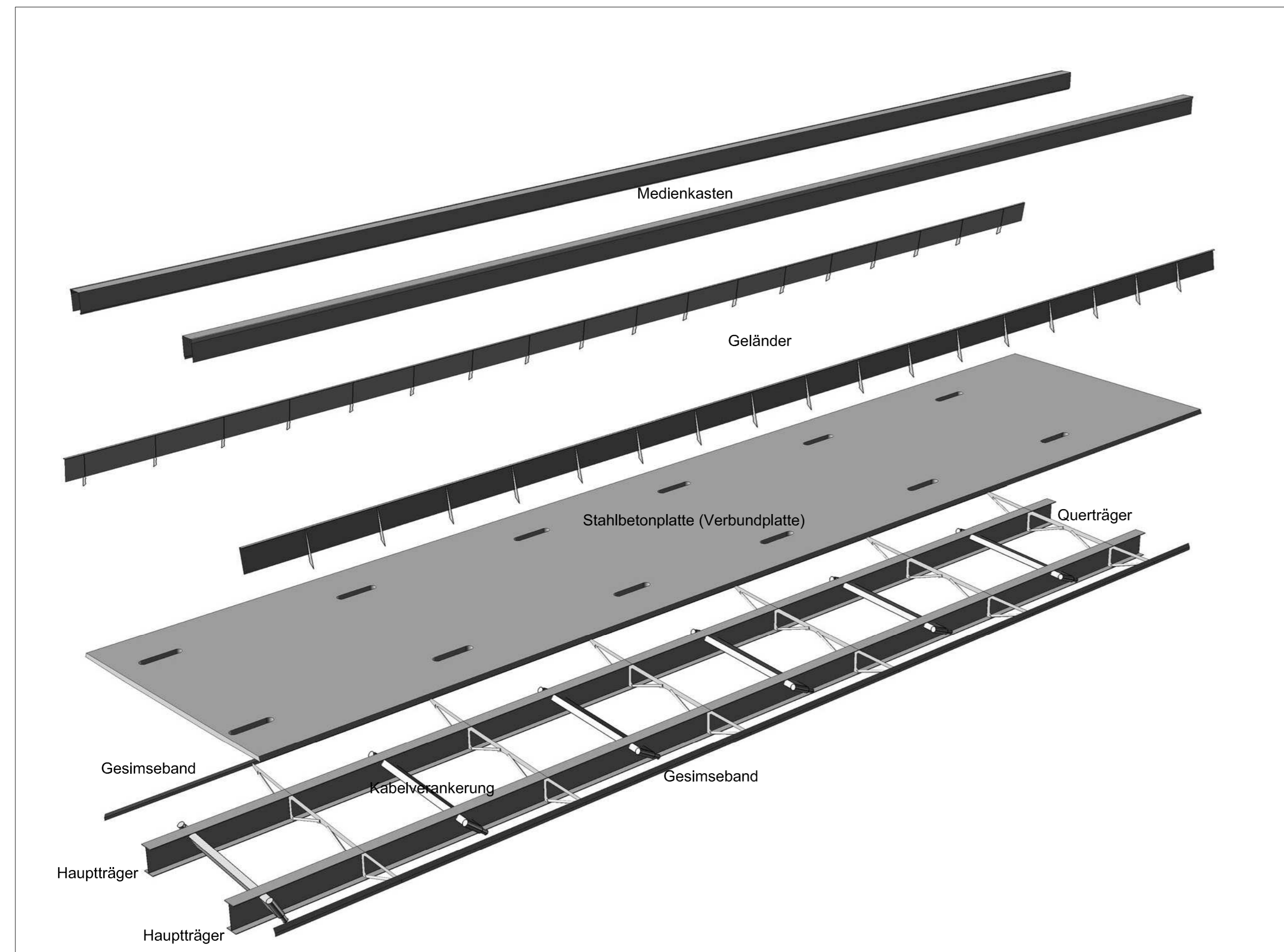
- Beginn Aufklappvorgang

- Hubseile aufziehen
- Char. Hubkraft: 150 t je Träger

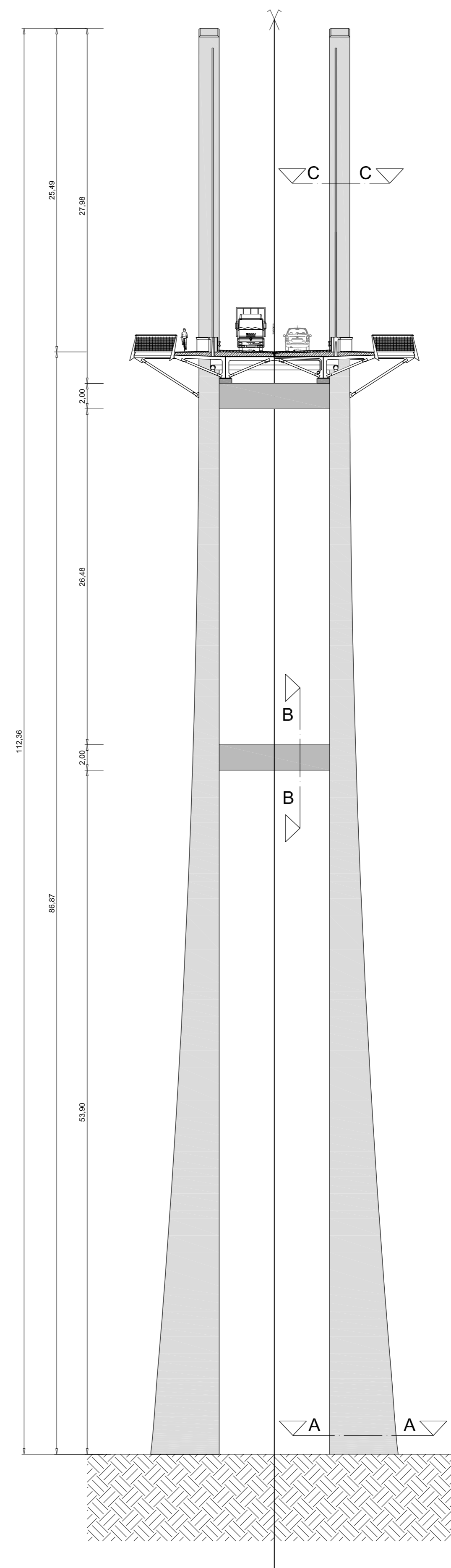
- Träger bis zur Endlage aufziehen
- Biegesteife Verbindung zwischen den Trägern herstellen

|  |   |   |
|--|---|---|
| Besteller / Customer<br> Institut für Tragkonstruktionen<br>Univ. Prof. DI Dr Kollegger<br>Karlsplatz 13<br>A-1040 Wien |   |  |
| Bauwerk / Building<br><b>DRAUBRÜCKE - LIPPITZBACH, KÄRNTEN, ÖSTERREICH</b>   |   |   |
| Bezeichnung / Title<br><b>BAUPHASENPLAN</b>  | Gezeichnet / Drawn<br>01.2009<br>Brandstätter | Statik / Statics<br>01.2009<br>Brandstätter   |
| Plannummer / Drawingnumber<br><b>B_02</b>  | Index / Issue<br>-                            | Format / Papersize:<br><b>A 1+</b>  |

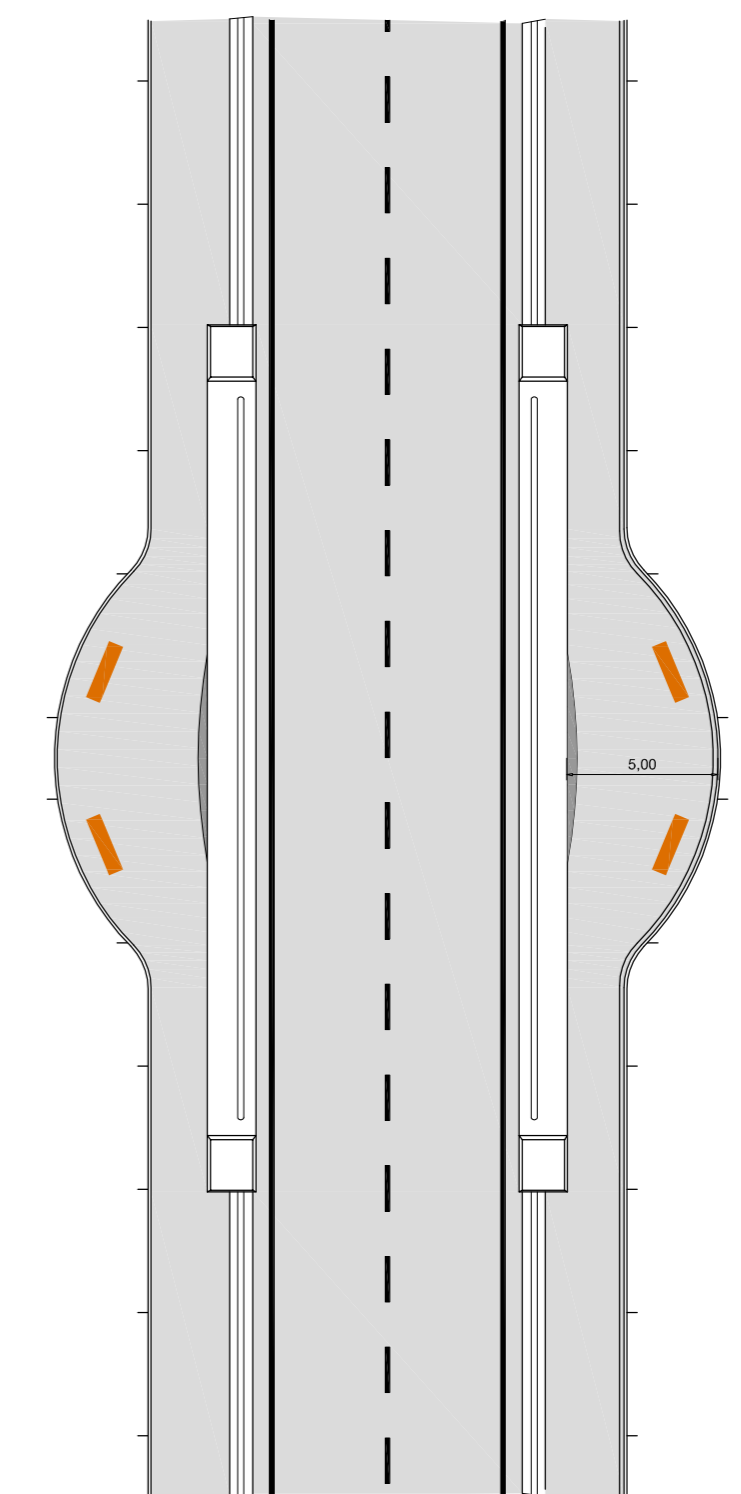
### STRECKTRÄGER



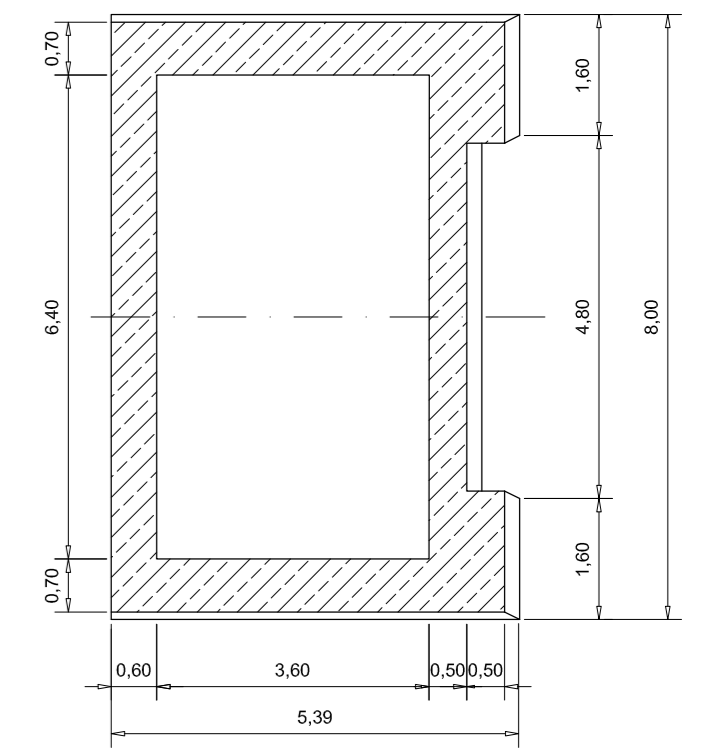
### PYLON 2 M 1:250



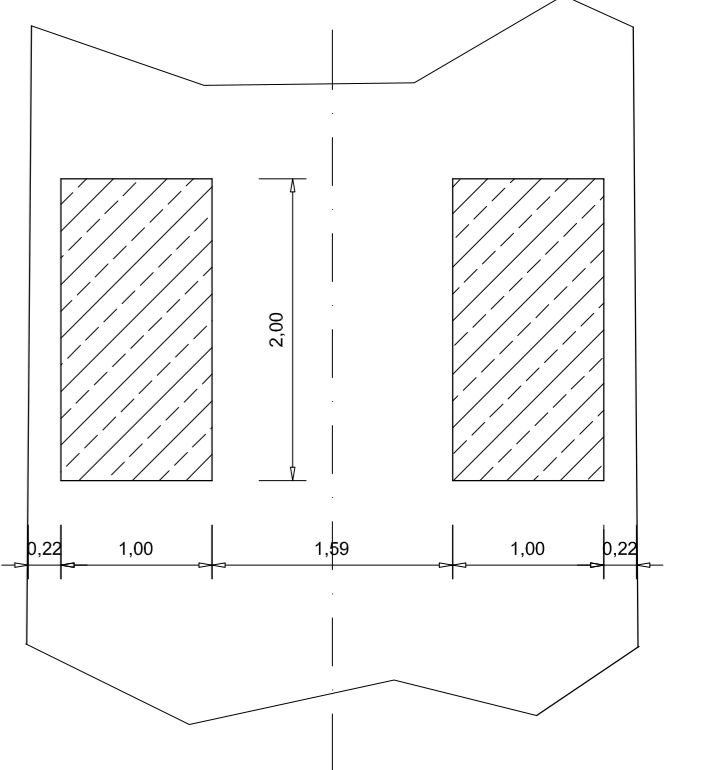
### PLATTFORM M 1:250



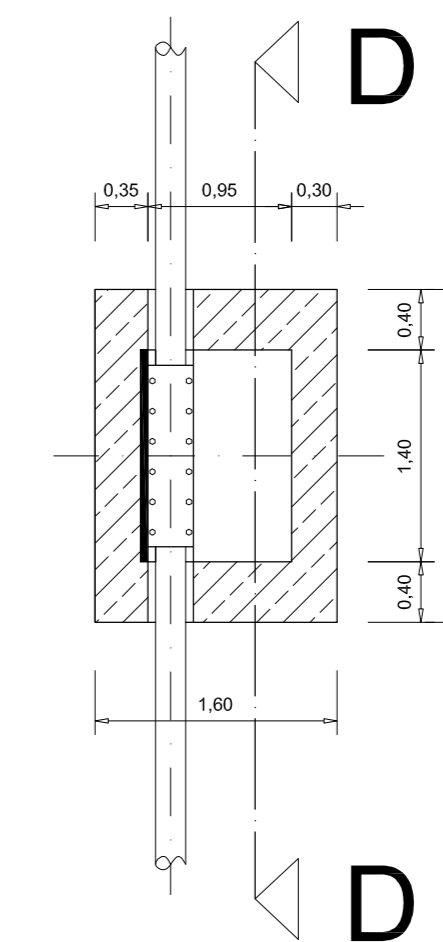
### SCHNITT A-A M 1:100



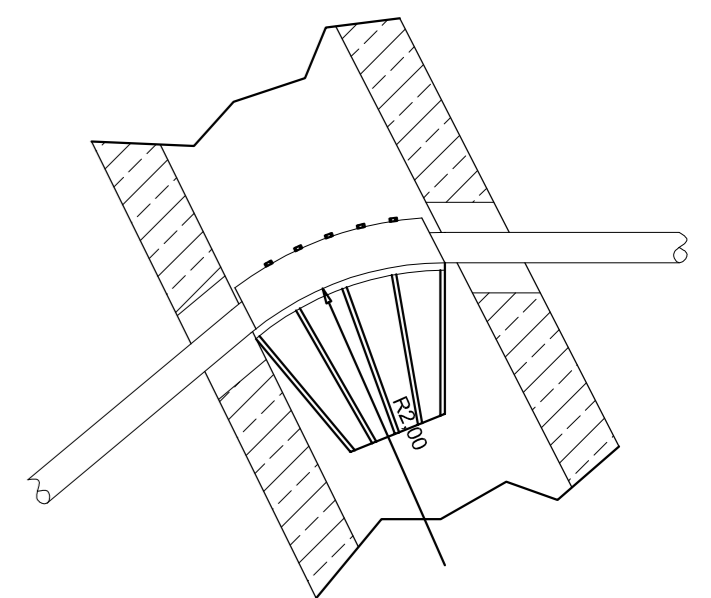
### SCHNITT B-B M 1:50



### SCHNITT C-C M 1:50

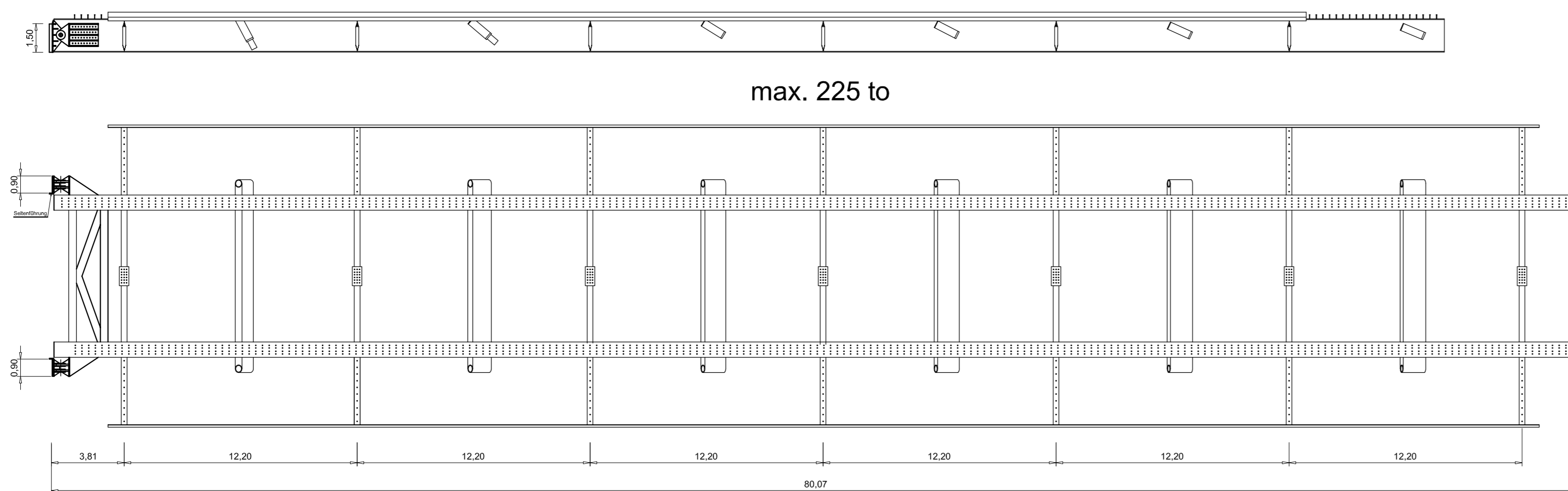


### SCHNITT D-D M 1:50



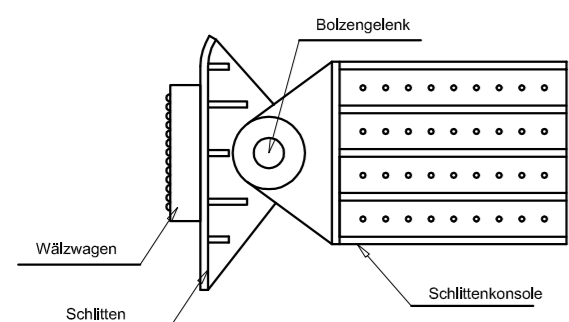
### Detail A

### MONTAGETRÄGER M 1:200

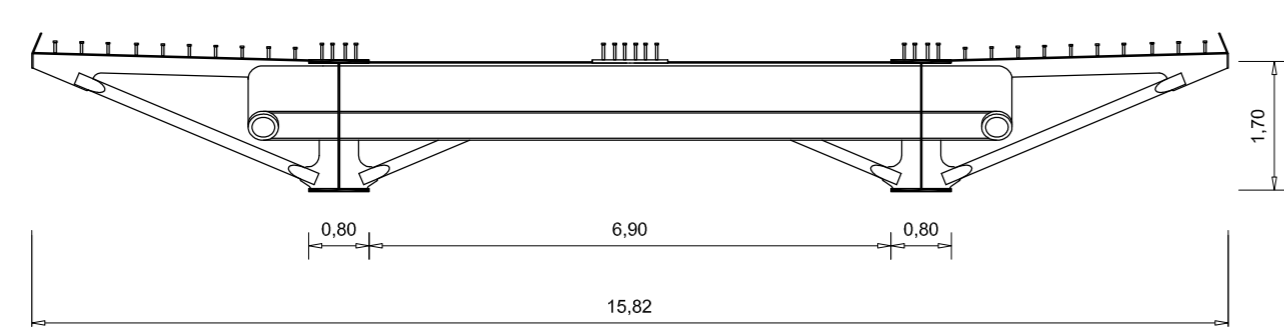


### DETAIL A M 1:50

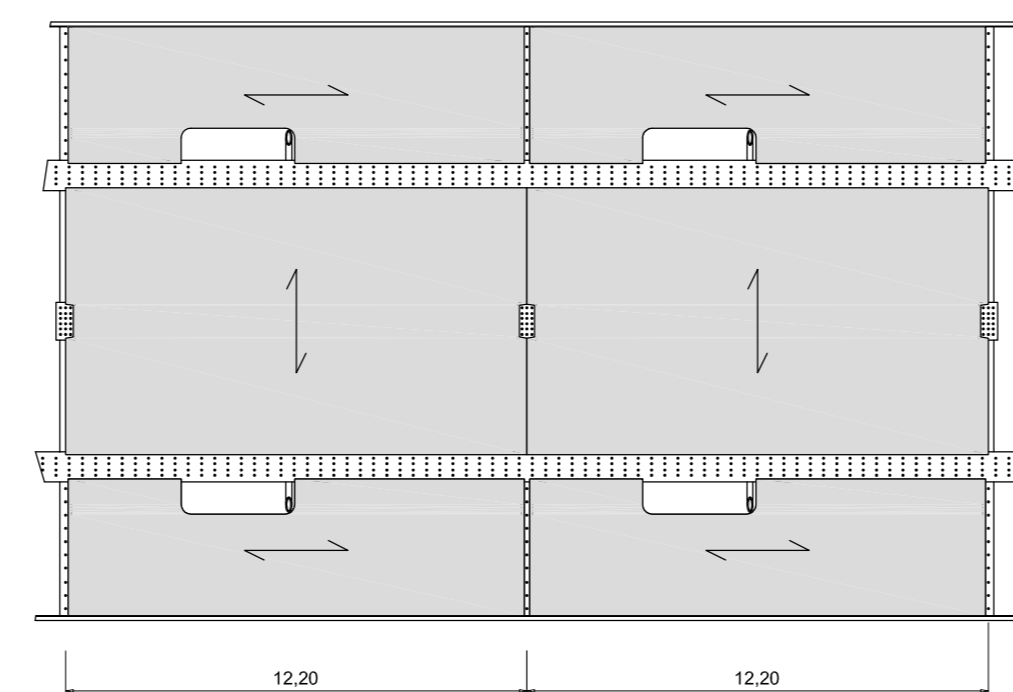
- Gleit- Rollkörper 3 x einsetzbar
- Gleitkörper mit Beschichtung
- Alternativ mit Wälzwagen (Panzerrollen)



### QUERSCHNITT M 1:100



### HALBFERTIGTEILE M 1:200



|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| Besteller / Customer                          |  |  Institut für Tragkonstruktionen<br>Univ. Prof. DI Dr Kollegger<br>Karlsplatz 13<br>A-1040 Wien |  |
| Bauwerk / Building                            |  |  |  |
| DRAUBRÜCKE - LIPPITZBACH, KÄRNTEN, ÖSTERREICH |  |  |  |
| Bezeichnung / Title                           |  | Gezeichnet / Drawn   |  |
| DETAILS                                       |  | 01.2009  |  |
|   |  | Brandstötter   |  |
|   |  | Statik / Statics   |  |
|   |  | 01.2009  |  |
|   |  | Brandstötter   |  |
|   |  | Geprüft / Checked  |  |
|   |  | 01.2009  |  |
|   |  | Brandstötter   |  |
| Plannummer / Drawingnumber                    |  | Index / Issue  |  |
| B_03  |  | -  |  |
| Format / Paper size:                          |  | Maßstab / Scale  |  |
| A 1   |  |  |  |