

DIPLOMARBEIT

BRÜCKE IM GRAZER STADTPARK

zur Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs
Studienrichtung Architektur

Robert Mayr
Technische Universität Graz
Erzherzog-Johann-Universität
Fakultät für Architektur

Betreuer
Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Andreas Trummer
Institut für Tragwerksentwurf

Jänner2011

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Ort, Datum, Unterschrift

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

location, date, signature

Danke an Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Andreas Trummer und dem gesamten Institut für Tragwerksentwurf für die hervorragende Betreuung. Auch möchte ich mich bei Dipl.-Ing. Franz Xaver Forstlechner für die Hilfe bei der konstruktiven Entwicklung des Projektes meinen Dank aussprechen.

Weiters, Danke ich herzlich: Meiner Familie Georg, Jolanda und Martin Mayr, Monika Voithofer, Rupert Wurnitsch, Josef Kemetmüller, Carina Steger, Kathi Balak, Kaori Shinkawa, Oliver Schürer und meinen Mitbewohnern: Thomas Kirchner, Michael Eder, Alexandra Ratkic, Rene Krenn und Christopher Höcketstaller.

Inhalt

Einleitung	11
Allgemeiner Teil - Research	13
Die Zusammenarbeit von Architekten und Bauingenieuren	14
KATEGORIE 1 - Formale Ansätze	18
1 Brücke Vlaardingse Vaart, Stadt Vlaardingen, Niederlande	20
2 Quingpu Bridge, Shanghai, China	24
3 La Roche-sur-Yon, Frankreich	28
KATEGORIE 2 - Ingenieurmäßige Ansätze	32
4 Liberty Bridge, Greenville, South Carolina, USA	34
5 Katchaki Pedestrian Bridge, Athen, Griechenland	38
6 Passerelle Simone-de-Beauvoir, Paris	42
KATEGORIE 3 - Hybride Ansätze	46
7 Castleford Bridge, United Kingdom	48
8 Henderson Waves, Singapore	52
9 Fußgängerbrücke, Zapallar, Chile	56
Resümee - Allgemeiner Teil	58

Projekt: Brücke im Grazer Stadtpark - Case Study	61
DER GRAZER STADTPARK	62
PROJEKTGEBIET	64
PFAUENGARTEN AREAL - TRIGON MUSEUM	66
PAVOREAL WETTBEWERB	68
PROJEKTGEBIET	70
FORUM STADTPARK & CAFE PARKHOUSE	72
NEUE VERBINDUNG	76
ENWURFSIDEEN	78
EXKURS: PARAMETRIC DESIGN	84
Autodesk MAYA - MEL SCRIPT	88
MAYA - MEL SCRIPT	90
EXKURS - HOLZBRÜCKENBAU	94
EXKURS - BEISPIEL EINER MODERNEN HOLZBRÜCKE	100
VORBEMESSUNG - FUSSGÄNGERBRÜCKE IM GRAZER STADTPARK	102
VORBEMESSUNG - RFEM DLUBAL	104
EXKURS - SCHWINGUNGEN	108
BRÜCKE IM GRAZER STADTPARK	110
RESÜMEE	127
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	128
LITERATURLISTE	130
INTERNETRESSOURCEN	131

Kurzfassung

Die Brücke im Grazer Stadtpark war für mich das ideale Thema einer Diplomarbeit. Der künstlerische Entwurf einer Fußgängerbrücke forderte eine Auseinandersetzung mit den statischen Problemen dieser Entwurfsaufgabe. Mein Interesse am Bauingenieurwesen war schon vor dem Studium der Architektur sehr groß und ich wollte dann auch meine Diplomarbeit über ein derartiges Thema verfassen.

Die Arbeit besteht aus zwei wesentlichen Teilen: Der erste beschäftigte sich mit der Untersuchung von aktuellen internationalen Beispielen. Diese Analyse war sehr wichtig für die weitere Bearbeitung des Entwurfes. Sie bildet die Grundlage des Entwurfsprozesses und hilft eine eigene Formensprache zu entwickeln, beziehungsweise Wissen von bereits errichteten Bauwerken zu übernehmen.

Im zweiten Teil der Diplomarbeit steht das Projekt im Grazer Stadtpark im Vordergrund. Die Analyse des Planungsgebietes, die Vorbemessung der Brücke bis hin zur Darstellung der Leitdetails für den Entwurf, bilden den Hauptteil der Diplomarbeit.

Abstract

To design a pedestrian bridge in the city park of Graz was the most suitable topic to choose for my master thesis. The connection between structural and artistic design was quite tough to approach. Since I have always been interested in the structural aspect of designing I always thought about writing my final thesis about it.

The thesis includes two main parts: The first one contains research about actual projects in different countries all over the world. This part was very important as a basis for my final design. It also deals with analysing structural ideas of existing objects, which helps a lot to find your own style and to get knowledge about well developed projects.

In the second part I focused on the pedestrian bridge in the city park. Analysing the surrounding area, calculating the carrying structure and details of design form the main part of my thesis.

Einleitung

Im Jahr 2007 wurde ein zweistufiger, baukünstlerischer Wettbewerb zur städtebaulichen Ergänzung des Areals der Pfauengarten - Tiefgarage ausgeschrieben. Diese befindet sich inmitten eines als Weltkulturerbe ausgezeichneten Stadtteiles von Graz und wird zur Zeit nur für temporäre Veranstaltungen genutzt. Im Zuge des Wettbewerbes wurde eine Bebauung in Form eines Hotels gefordert und weiters sollte der Karmeliterplatz mit einer fußläufigen Verbindung an das bestehende Wegenetz im Stadtpark angeschlossen werden. Die Idee der Verbindung der beiden unterschiedlichen Bereiche hat mir sehr gut gefallen und die repräsentative Lage einer brückenmäßigen Verbindung erschien mir sehr interessant für mein Diplomprojekt.

Mit Brückenentwürfen haben sich lange Zeit nur Bauingenieuren beschäftigt. Brücken boten den Menschen als symbolisches Konstrukt eine Identifikationsmöglichkeit. Sie verbinden Landschaften oder getrennte Ortsteile miteinander und bilden die Basis für die Entstehung bedeutender Siedlungen. Zum Beispiel repräsentierte die Brooklyn Bridge in New York die Ostküste die Golden Gate Bridge die Westküste. Beide waren technisch am Stand der Zeit und sind heute noch das Symbol der jeweiligen Stadtteile. Doch auch im kleineren Stil haben Brücken große Wirkung auf die Menschen.

Jörg Schlaich spricht von „Brücken zum Anfassen“, ich verstehe darunter, dass Brücken eine einzigartige Erlebnisqualität aufweisen sollten, und dadurch den Menschen dazu verleiten, diese vermehrt zu frequentieren, auch wenn dies einen kleinen Umweg bedeuten würde. Die Brücke sollte mehr sein als eine Verbindung. - Sie sollte zum Flanieren, Aufhalten oder als Aussichtsplattform genutzt werden. All diese Aspekte können durch eine erfolgreiche und gut überlegte Planung erreicht werden. Dies verlangt viel Fingerspitzengefühl und gezielte Anwendung von Material und Design, um für die Menschen ein einzigartiges Erlebnis der Brücke zu ermöglichen.

Aus diesem Grund und da Bauingenieure sich weniger dazu in der Lage sehen kreative neue Ideen für Brückentragwerke zu entwerfen, werden immer öfter Architekten zum Entwurf von Fußgängerbrücken hinzugezogen. Aus vielen Beispielen der aktuellen Brückenentwürfe lässt sich gut erkennen, dass mittlerweile bei fast allen Brückenentwürfen in urbanem oder landschaftlichem Kontext Architekten ihren Beitrag leisten. Einige Beispiele werde ich in meiner Diplomarbeit analysieren und in Kategorien einteilen. Ich meine damit die Einteilung in Schemata der Entwurfsideen, die zu gewissen Resultaten ausgeformt wurden und weiters welche Vor- oder Nachteile die Konstruktionen beinhalten.

Im zweiten Teil meiner Diplomarbeit bearbeite ich die Verbindung zwischen dem Karmeliterplatz und dem Stadtpark, indem ich meine eigene Entwurfsidee für eine Fußgängerbrücke darstelle. Auf die Erarbeitung der konstruktiven Durchbildung des Tragwerks, das ich für diesen Lageplatz für angemessen halte, wird mein Hauptaugenmerk gelegt.

Die Zusammenarbeit von Architekten und Bauingenieuren

Der Fußgängerbrückenbau ist ein Grenzgebiet zwischen Architektur und Bauingenieurwesen und verlangt nach einer kritischen Betrachtung dieses Bereiches. Zu dieser Thematik verfassten Kurt Ackermann, Klaus Bollinger und Manfred Grohmann, als auch Mike Schlaich einige Texte, die auf den folgenden Seiten deren Erfahrungen wiedergeben.

Die ersten Brückenbauten waren für Fußgänger und kleine Transportmittel errichtet worden. Das Berufsbild des Bauingenieurs entstand, als verkehrsstrategische Anforderungen zu gewaltigen Dimensionssprüngen im Brückenbau führten.

Einige Ingenieure spezialisierten sich auf den Autobahn- und Eisenbahnbrückenbau. Die zweckmäßigen ökonomischen Bauten waren nicht immer Anlass um gestalterische Hochleistungen erbringen zu müssen, im Gegensatz dazu hatten Fußgängerbrücken den Vorteil mehr Freiräume im Zusammenspiel von Material, Konstruktion, Formgebung und Wirtschaftlichkeit offen zu lassen. Als Fußgänger nimmt man seine Umgebung viel detaillierter wahr als im Auto oder im Zug.

Seitdem verkehrstechnische Anforderungen den Großbrückenbau vorantreiben, entwickelte sich der

Typus der Fußgängerbrücke ganz eigenständig und blieb aber trotzdem immer Sache der Bauingenieure.¹

„Ich würde den Unterschied zwischen Ingenieur und Architekt darin sehen, dass die Reaktion des Architekten hauptsächlich kreative ist, während die des Ingenieurs hauptsächlich erfinderisch ist.“ Peter Rice

Dinge in Frage zu stellen und eng mit Architekten zusammen zu arbeiten ist für das Bauingenieursteam Klaus Bollinger und Manfred Grohmann Grundlage ihrer Arbeit. *„Wir sind einfühlsame Partner, denen es nicht darum geht, eine Architekturrichtung zu vertreten. Wir stellen uns auf den Ansatz des Architekten ein. Wir vergewaltigen den Ansatz des Architekten nicht, sonder entwickeln ihn mithilfe der Tragwerksgestaltung weiter. Wir haben dabei kein Problem mit der architektonischen Richtung des Ansatzes, wir haben nur ein Problem mit mangelnder Qualität.“* Bei ihren Bauten ist keine eigene Handschrift zu erkennen. *„Außer Jörg Schlaich gibt es bei uns keinen Ingenieur mit eigener Handschrift.“*²

Schlaich führte das Entwerfen in den Fachbereich des Bauingenieurwesens ein und setzte seine Ideen an der Universität Stuttgart, am Institut für Konstruktion und Entwurf, um. Dazu verfasste Kurt Ackermann, ein Buch über seine Lehrmethoden und die Nahtstelle der Disziplinen Architektur und Bauingenieurwesen. Inspiriert hat ihn die Zeit, in der Otto Frei, Rolf Gutbrod und Fritz Leonhard den Deutschen Pavillon für die Weltausstellung in Montreal 1967 gebaut haben. Zu dieser Zeit kooperierten die Fakultäten für Bauingenieurwesen, Geodäsie, Luft- und Raumfahrt sowie Architektur.

Es sollte die Stuttgarter Schule in neuer Konzeption wieder im Sinne der Zusammenarbeit mehrerer Fachbereiche organisiert werden. Auch ist Ackermann überzeugt, dass die Entwicklung der Architektur stark von dem technischen Fortschritt und der Entwicklung neuer Baustoffe und Konstruktionen abhängig ist.

Es wurden gemeinsame Entwürfe und Diplomarbeiten für Architekten und Bauingenieure eingeführt, sowie Fächer wie „Zeichnen und Skizzieren für Bauingenieure“.

Louis Kahn soll dazu folgendes bemerkt haben: *„Die Entwerfer*

fangen konstant mit viereckigen Rädern an und stellen dann fest, dass sie hätten runde verwenden sollen.“

Manche mögen meinen, dass ein Architekt keinen Bauingenieur braucht, um ein Einfamilienhaus zu entwerfen oder dass ein Ingenieur für den Brückenbau keinen Architekten benötigt, doch dem setzt Ackermann seine Ansichten entgegen. Für ihn ist Bauen eine Gemeinschaftsarbeit, die von Architekten, Ingenieuren und auch anderen Fachleuten zusammen gemeistert werden muss. Entwerfen und Konstruieren sind Fähigkeiten, die nicht unabhängig von einander stattfinden können. Sie alle müssen von Anfang an in den kompletten Prozess der Projekte eingebunden werden, um optimale Resultate zu erzielen. Ablesbar ist diese Qualität an den jeweils fertig ausgeformten Objekten.

Die Analyse von realisierten Bauwerken ist für das Verständnis der Tragwerksstrukturen von elementarer Bedeutung. Entwerfen und Konstruieren sind Lehrbereiche, die sich den geläufigen didaktischen Methoden entziehen. Auch die Synthese von Entwurf und Tragwerk setzen grundlegende Kenntnisse über Tragverhalten und Strukturen, die

neu kombiniert oder adaptiert werden müssen voraus. Um Tragwerke leichter verstehen zu können hilft es ungemein ein physisches Modell zu bauen, das umfangreich getestet werden kann.

Schon in der Ausbildung der Bauingenieure und Architekten sollte es grundlegend sein, miteinander Entwürfe zu kreieren und ein gemeinsames Resultat für ein Problem zu finden.³

Die Kooperation von Architekten und Ingenieuren wird auch oft in Medien oder Fachgesprächen kritisiert und das Bild des Baumeisters vergangener Zeiten zum Vergleich herangezogen. Man muss jedoch begreifen, dass die Veränderungen des Tätigkeitsbereiches des Baumeister nicht mehr allumfassend sein kann. Die Fülle des Wissens ist einfach zu groß um von einem Menschen umgesetzt werden zu können. Die Kooperation vieler einzelner Fachbereiche ist notwendig, auch wenn diese oft zu heftig diskutierten Ergebnissen führt. Das Ziel der Architektur ist, immer neue Dinge zu finden oder schon Gutes noch besser zu machen.

Es wird auch in Zukunft notwendig sein, die Kooperation von Architekten und Ingenieuren kritisch zu

beurteilen, denn sie wird immer wieder verbesserungswürdig sein. In vielen Fällen wird die gute Zusammenarbeit gelobt, doch ist diese oft zufällig entstanden oder durch die persönliche Anpassungsfähigkeit beider Partner. Also Menschenkenntnis, viel Erfahrung und Motivation sind die wichtigsten Kriterien für eine gute Zusammenarbeit.

Einige Architekten sehen das Ingenieurwesen als Einschränkung der Kreativität oder was vielleicht wahrscheinlicher ist: sie finden keine Lösungsansätze für das Abtragen von Lasten bei ihren Entwürfen. Bauingenieure werden oft zu spät in einen Entwurfsprozess mit einbezogen und es wäre auch Arbeitersparnis im weiterführenden Prozess. Mit diesen Problemen haben oft Bauwettbewerbe zu kämpfen und laut Herrn Ackermann stecken Bauingenieure ihre ganze Kreativität in die Lösung von unsinnigen Systemen.

Tragwerksmodelle helfen theoretische Überlegungen und statische Systeme zu untersuchen. Die Stabilität und Verformung durch äußere Belastungen zeigen ganz einfach die Funktion eines Tragwerks. Dieses lässt sich damit besser präsentieren. Doch ist diese

Untersuchung fast nur Studenten vorbehalten, denn in der Praxis ist gar nicht die Zeit vorhanden, um ein physisches Modell zu entwickeln. Das fächerübergreifende zusammenarbeiten an Universitäten sieht Ackermann als Chance Architekten, Bauingenieure und andere Fachbereiche miteinander zu verknüpfen. Damit werden die Studenten routiniert im Umgang mit den jeweiligen Fachbereichen und können später auf diese Kompetenzen zurückgreifen.⁴

Jörg Schlaich wollte, dass das Entwerfen für Ingenieure ein fixer Bestandteil des Studiums wird und Architekten diese Lehraufgabe übernehmen. Doch gibt es nur wenige Bauingenieurfachbereiche, in denen Architekten den Studenten das Entwerfen näher bringen. Leider wird die Lobby der Materialtheoretiker durch die Eurocodes mehr gestärkt, die dem werkstoffübergreifendem Ansatz von Schlaich komplett widerspricht.

Die düsteren Aussichten des Berufsfeldes des Bauingenieurs, wegen Outsourcing nach China oder Büros in Osteuropa, bereiten den Ingenieuren Bollinger und Grohmann kein Kopfzerbrechen. Sie sehen die Zukunft des Ingenieurs immer in der Nähe des

Architekten und somit die Sicherung einer einzigartigen Kreativität, die nicht exportierbar ist. Sorgen bereitet ihnen der Nachwuchs, der ihrer Ansicht nach zu wenig für Structural Design ausgebildet wurde. Die Meisten lernen nicht einmal das Handzeichnen, auch die CAD Kenntnisse lassen zu wünschen übrig, ebenso die Verständigung im Büro mit den anderen Fachbereichen ist oft verhältnismäßig schwierig. Das Büro Bollinger Grohmann hat aus diesem Grund eigene Architekten als 3D Planer eingestellt und manche haben auch Beides, Architektur und Bauingenieurwesen studiert.

Das Imageproblem des Ingenieurbereichs ist ein Auslöser für die rückgehenden Zahlen von Studierenden. Diesem steht das tolle Image der Architekten, das von „Popstars“ der Architektur geprägt ist, gegenüber. In Wahrheit hat die Architektenbranche viel mehr Probleme, zum einen die Ausbeutung der Mitarbeiter um zu überleben, aber auch zu viele Studenten mit stark ausgeprägtem Idealismus. Das Praktikum im Architekturbüro ohne Entgelt ist schon zur Normalität geworden.

Das Ingenieurbüro Bollinger Grohmann wurde durch Mundpropaganda und Wettbewerbspublikationen

bekannt. Peter Cook, von Archigram wurde so auf das Büro aufmerksam und sie entwickelten dann auch zusammen das Konzept für das Kunsthaus in Graz. Es kamen immer mehr namhafte Architekten zum Büro B+G Ingenieure, um Wettbewerbsbetreuung zu bekommen. Coop Himmelb(l)au wurde ein wichtiger Partner, auch um Konzepte des „Workflows“ zwischen Architekten und Ingenieuren zu erhalten. Dies wurde in zwei Essays dokumentiert. Aber auch die Architekturbüros SANAA, Frank Gehry oder Claude Vasconi arbeiteten zusammen mit den Ingenieuren an Projekten, die auch erfolgreich umgesetzt werden konnten.

Das Wettbewerbswesen der Ingenieure unterscheidet sich von den Architekturwettbewerben anhand der Verankerung der erbrachten Leistungen. In Deutschland und Österreich werden Architekten zu Wettbewerben eingeladen und müssen Ingenieure oder andere Fachplaner hinzuziehen. Dies ist allerdings gesetzlich nicht fest verankert, sondern ihre Leistungen werden erst nachher ausgeschrieben, als ob es eine austauschbare Leistung wäre. Meistens arbeiten Ingenieure in der Wettbewerbsphase ohne

Honorar, so wie die Architekten auch, obwohl es für die Architekten einen weit größeren Aufwand darstellt. Allerdings arbeiten Bauingenieure meist an mehreren Projekten gleichzeitig und zusammen mit vielen unterschiedlichen Partnern. Daher ist es wichtig viel Erfahrung bei der Bewältigung von Problemen und der Realisierung zu haben. Die Zusammenarbeit von Architekten und Ingenieuren hängt stark von der Persönlichkeit des Architekten ab. Bei manchen geht es mehr um Materialisierung und Details, doch verlangen Auftraggeber wie Coop Himmelb(l)au oder Peter Cook komplexe Lösungen und eine gute dreidimensionale Vorstellungskraft. Parametrisieren wäre die ideale Bearbeitung solcher komplexer Aufgaben. Doch diese Techniken beherrschen noch zu wenige oder es gibt keine geeigneten Schnittstellen zum Austausch der Daten. Das Vernetzungspotenzial, durch das Internet und neuer CAD Software, ist noch lange nicht ausgeschöpft. Das Ziel wäre eine gemeinsame Basis, bei der alle einzelnen Fachplaner ihre Daten in ein 3D Modell eingeben und somit viele Planungsfehler verhindert werden können. Oft passieren durch die Zusammenarbeit

mit Haustechnikplanern derartige Fehler, aus denen teure Mängelnachbesserungen resultieren.

*“Zuerst sollte der gesamte technische Ausbau, mit allen sichtbaren Details simuliert werden, um nachher nur noch zu bauen.”*⁵

Frederick Gottemoeller ist der geistige Vertreter Jörg Schlaichs im amerikanischen Raum. Er wollte mit seiner Lehre den Ingenieuren Grundlagen über die Gestaltung von Brückenkonstruktionen näher bringen. Er hatte auch Architektur und Bauingenieurwesen studiert und in seinem Buch “Bridgescape” wesentliche Entwurfskriterien für den Brückenbau niedergeschrieben. Er hat das Buch in mehrere Kapitel unterteilt und Details von Brückenkonstruktionen mit Hilfe von Skizzen und Beispielen erklärt.

Ziel ist es ein Grundmaß an Gestaltung von infrastrukturellen Bauten zu vermitteln, und Ingenieure über das Erscheinungsbild ihrer Projekte nachdenken zu lassen.⁶

1 vgl. „Fußgängerbrücken – Konstruktion – Gestalt – Geschichte“, Ursula Baus + Mike Schlaich, Birkhäuser Verlag, 2008, Seite 19-20

2 vgl. „Workflow: Struktur – Architektur“, Klaus Bollinger + Manfred Grohmann, Birkhäuser Verlag, 2004, Seite 12

3 vgl. „Architekt – Ingenieur“, Arbeiten am Institut für Entwerfen und Konstruieren, Universität Stuttgart, Prof. Dr. techn. h.c. Kurt Ackermann, 1997, Seite 7-10

4 vgl. „Architekt – Ingenieur“, Arbeiten am Institut für Entwerfen und Konstruieren, Universität Stuttgart, Prof. Dr. techn. h.c. Kurt Ackermann, 1997, Seite 201-203

5 vgl. „Workflow: Struktur – Architektur“, Klaus Bollinger + Manfred Grohmann, Birkhäuser Verlag, 2004, Seite 13-19

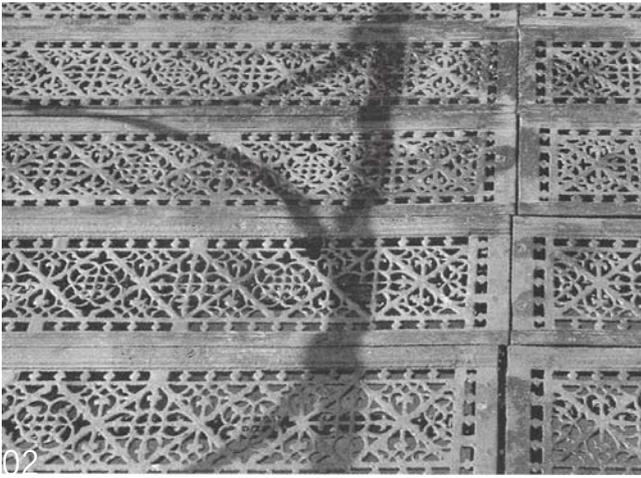
6 vgl. „Bridgescape – The art of Designing Bridges“, Frederick Gottemoeller, John Wiley & Sons Inc., New Jersey, 2004

KATEGORIE 1 - Formale Ansätze

Auf Grund meiner Recherche über verschiedenste internationale Beispiele von Fußgängerbrücken, konnte ich meine ausgewählten Projekte in drei Kategorien unterteilen.

Die ersten Beispiele lassen eindeutig ihr äußeres Erscheinungsbild in den Vordergrund treten, darum habe ich diese anhand ihres formalen Erscheinungsbildes analysiert. Grundsätzlich wird die Lage der Fußgängerbrücke darüber entscheiden, ob es ein reiner Zweckbau wird oder doch ein repräsentativer baukünstlerischer Entwurf. Außerdem bestimmen die Baukosten und der Materialverbrauch für das jeweilige Projekt die Erscheinungsform der Entwürfe. Oft sind Fußgängerübergänge bei Straßen oder Autobahnen vernachlässigt worden, doch ein Umdenken der Auftraggeber bzw. das Ausschreiben von Architekturwettbewerben hat zu einer Verbesserung von Gestaltungsfragen geführt. Im Gegensatz dazu haben Brücken in Parkanlagen oder urbanem Kontext immer einen höheren Gestaltungsbedarf besessen, wie es auch historische Beispiele belegen (siehe Abb. 01 - 02).

Fußgängerbrücken sind meist Leichtkonstruktionen mit schlanken Bauteilen und einem zurückhaltendem Wesen. Viele würden nicht denken, dass diese in der Lage wären ein Symbol für die Umgebung zu werden und diese somit aufwerten. Doch die sichere Verbindung erzeugt eine Konstante für die Menschen, die sie benutzen und bildet einen wichtigen Fuß - bzw. Radweg zwischen den unterschiedlichsten Bereichen. Oder sie schafft auch nur einen Akzent in der Topographie um die Besonderheit des Ortes hervorzuheben. So geschehen im Museumspark in Rotterdam, wo eine Brücke den Weg vom NAI (Nederlands Architectuur Instituut) zum Kunstmuseum von OMA (Rem Koolhaas) neu artikuliert (siehe Abb. 03-04).



1 Brücke Vlaardingse Vaart, Stadt Vlaardingen, Niederlande

West8 Urban Design & Landscape Architecture B.V.



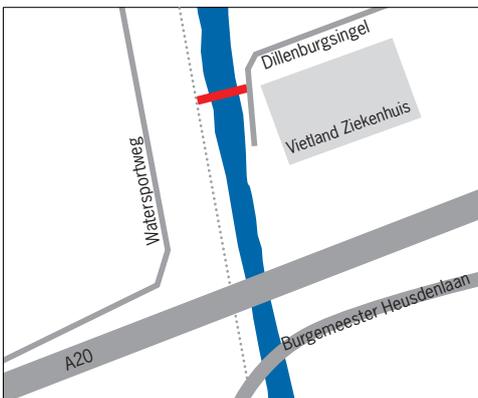
“The Twist” (die Verdrehung) bezeichnet die neue Verbindung der Stadt Vlaardingen mit dem nahe gelegenen Erholungsgebiet. Wie in den Niederlanden üblich, wird dieses mit dem Rad (fiets) erkundet und verlangte dadurch eine Brücke, die auch von Radfahrern oder Mopeds

benutzt werden kann. Die Brücke mit ihren rot gefärbten Stahlstäben-Trägern erinnert an die bereits im Jahre 2001 errichteten Brücken im Borneo-Sporenburg in Amsterdam (Abb.07).

Das Projekt in Vlaardingen soll eine ikonische Wirkung auf das Gebiet

erzielen und für die Benutzer ein Erlebnis mit verschiedensten Perspektiven in die umgebende Landschaft erzeugen.

Die Stahlkonstruktion der Brücke wurde vorab in der Montagehalle zusammengesetzt und mit Hilfe von Schwerlasttransportern an den



Fußgänger-Radwegbrücke

Länge: 45m

Statik: ABT/Rob Nijse

Fertigstellung: 2009



Bestimmungsort gebracht. Die Ver-
 setzung mit Autokränen auf den
 Millimeter genau war durchaus eine
 technische Meisterleistung.
 Die Stahlstruktur verwindet sich ent-
 lang der Brückenachse, es bildet
 sich ein transparenter kristallähn-
 licher Raum auf der Brücke, der zum

Rasten und Aufhalten einladen soll.
 Es entstand ein Highlight auf dem
 weitläufigen Radwegenetz der Nie-
 derlande, dass mich an eine alte
 Eisenbahnbrücke erinnert, die sich
 durch gewisse Einwirkungen ver-
 dreht und verformt hat.¹



¹ Bridge, Architecture + Design, Chris van
 Uffelen, Braun, Seite 213 ff



“The Twist”, könnte auch die Brücke der Royal Ballet School - Bridge of Aspiration (Brücke des Bestrebens) heißen. Die Idee der Verdrehung ist hier dieselbe. Diese Verbindung, die in Covent Garden (Teil von London) in luftiger Höhe in der Floral Street die Oper mit der Nummer eins der Tanzschulen in London verbindet, hat das Thema des Tanzens und

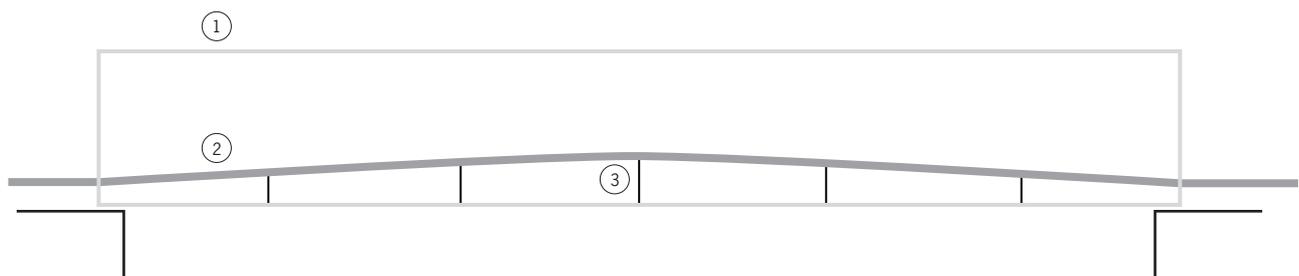
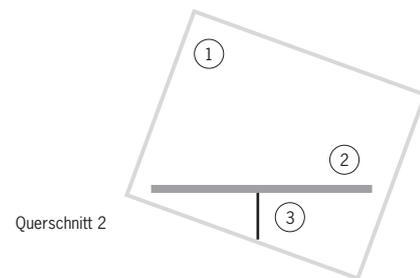
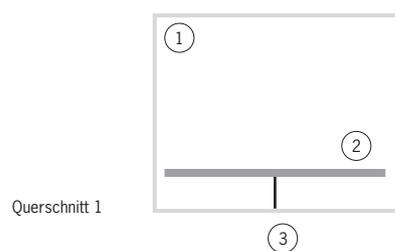
der Dynamik aufgegriffen. Ich habe dieses Beispiel hier dargestellt, da sich die Entwurfsideen von West8 und den Wilkinson Eyre Architects sehr ähneln, aber in einer ganz anderen Form und in einem so unterschiedlichen Kontext in Erscheinung treten.

Bei beiden Projekten tritt die Konstruktion in den Hintergrund und wird

von der spektakulären Form verhüllt.

Schema Schnitt

Die Fahrbahn wird durch dünne Stahlrohre auf die Konstruktion des Fachwerks abgestützt. Dadurch kommt die eigentliche Brücke ohne eigenem Tragwerk aus und scheint in dem Stahlgeflecht der rot gefärbten Stäbe zu schweben.



- 1 Rahmen - Tragwerk
- 2 Fahrbahn
- 3 Stahlstäbe



09

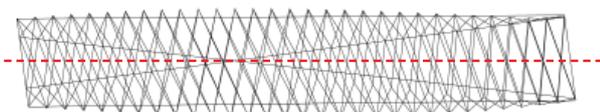
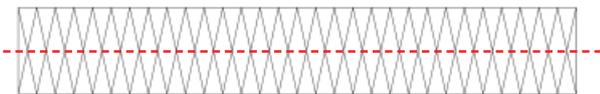
Die Verdrehung - Entstehung der Form

Die Verformung wurde im 3D Programm Cinema 4d simuliert. Dies funktioniert mit einem sogenannten Deformer Tool "Twist", bei dem man jegliche Formen mit bestimmten Parametern verändern kann.

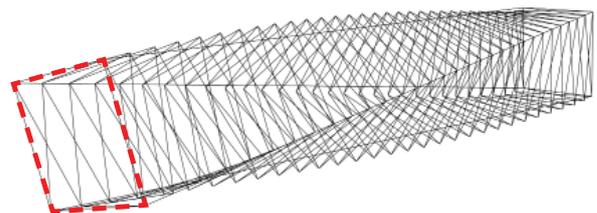
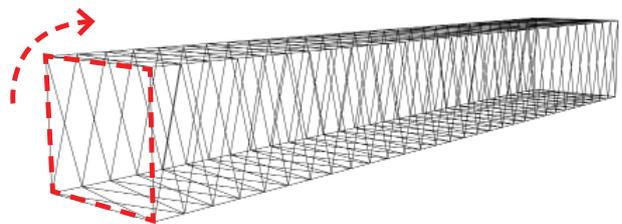
Um dies zu veranschaulichen habe

ich einige Renderings angefertigt und die Verdrehung in den folgenden Abbildungen dargestellt.

Grundriss Stahlfachwerk



Perspektive Stahlfachwerk

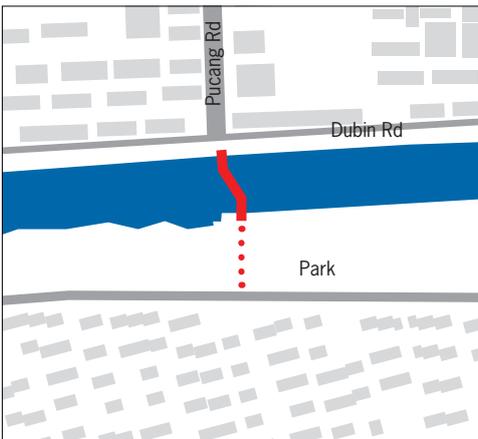




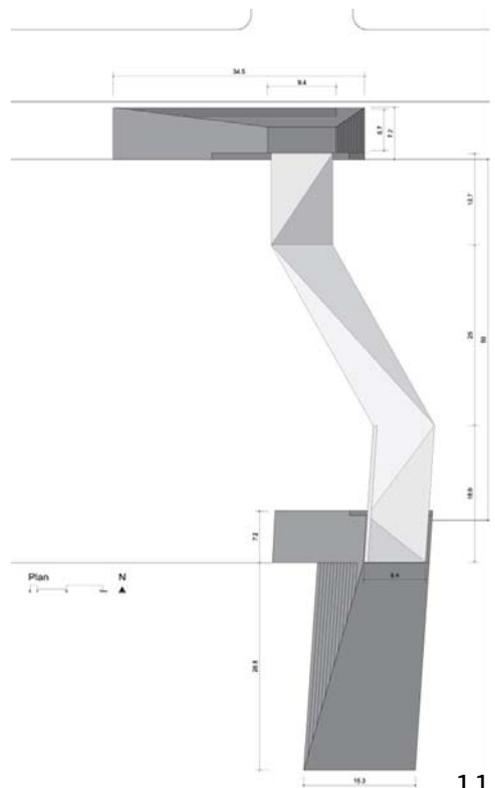
10

2 Quingpu Bridge, Shanghai, China

CA Design, Architecture & Urban Planning



Fußgängerbrücke
 Länge: 50m
 Statik: Bridge Structures Department of Tongji University
 Fertigstellung: 2008



11

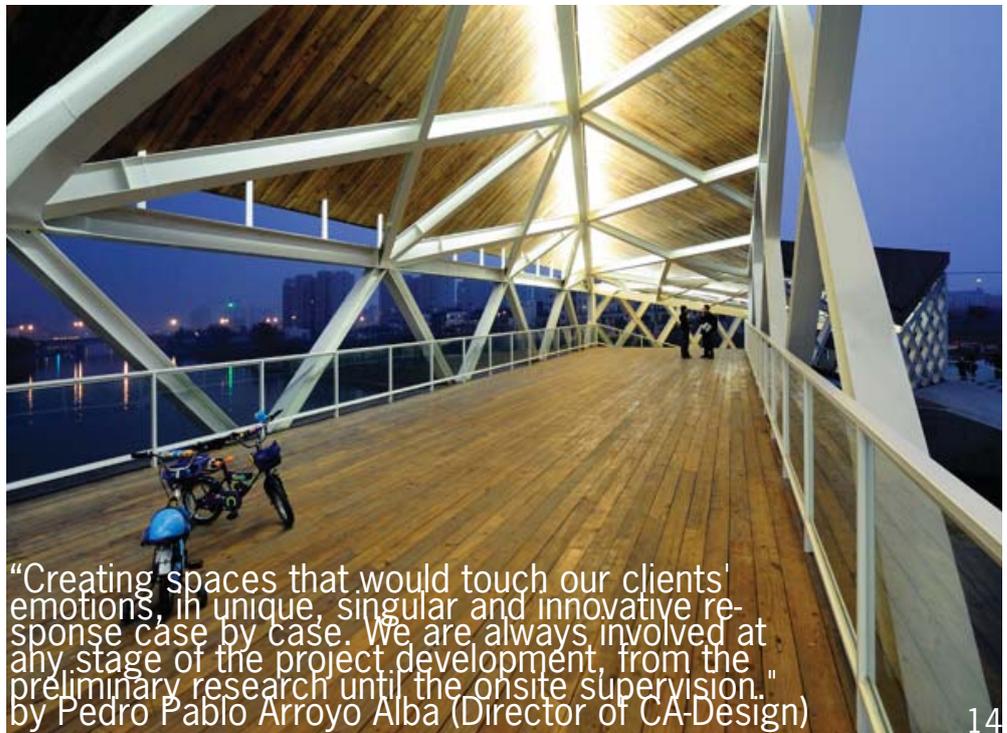
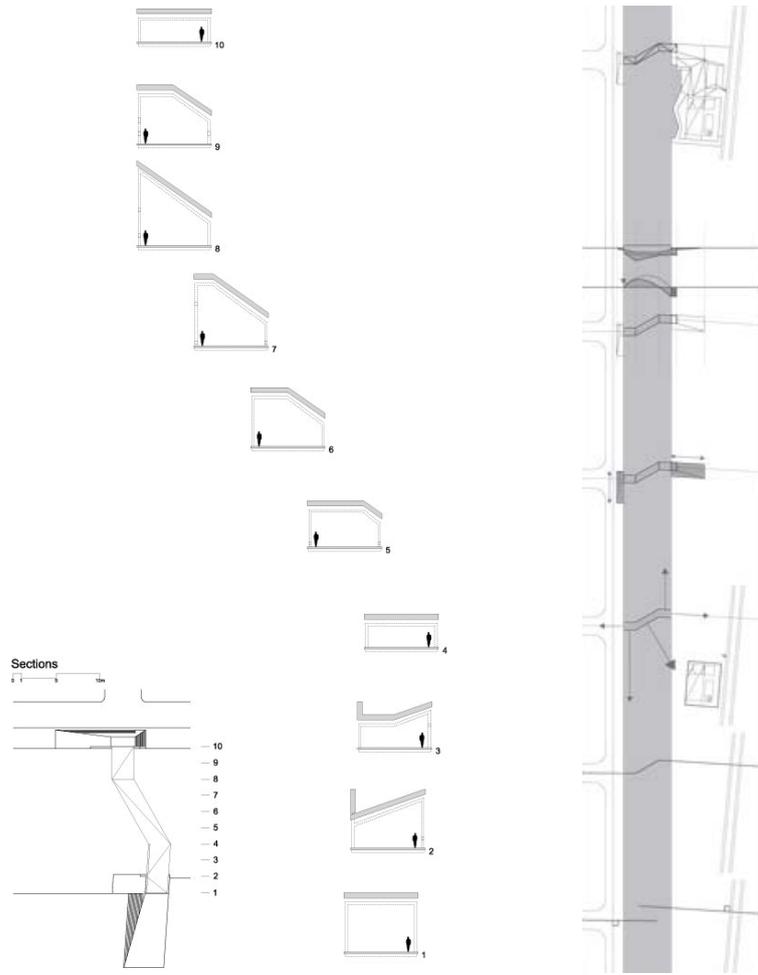
Der Entwurf der CA Design Group ist eine Anlehnung an traditionelle chinesische Architektur. Die Brücke verbindet 2 Wohnviertel im Stadtteil Quingpu in Shanghai. Mit Hilfe eines geknickten Weges formten die Designer eine optimierte Struktur, die deren Idee der Formfindung aus traditionellen und kulturellen Parametern beschreiben.

Aus Überlegungen über die auftretenden Lasten bei acht Metern Breite und 50 Metern Spannweite, wurde das Material Stahl für das Tragwerk ausgewählt. Durch die geknickte Form entstand eine hohe Torsion, die eine tragfähige Aktivierung aller Seitenflächen des Brückenvolumens erforderten.

Die beiden Ufer des Flusses beschrieb Pedro Pablo Arroyo Alba

(Direktor von CA - Design) als beschränkenden, zwängenden Charakter, aus dem die asymmetrische geknickte Form resultierte. Auf dem Nordufer wurde eine Rampe in Querrichtung zur Brücke errichtet, die von der Straße weg eine niveaumäßige Verbindung zur erhöhten Ebene der Brücke schaffte. Am südlichen Ende eröffnete sich eine großzügige Rampe hin zu einem großen Platz, der von einem Park umschlossen ist. Die Überdachung und der Bodenbelag wurden aus Holz ausgeführt, wobei die massiv wirkende Deckenplatte wie aufgesetzt wirkt. Es erinnert an einen neu interpretierten, überdimensionalen chinesischen Hut.





“Creating spaces that would touch our clients' emotions, in unique, singular and innovative response case by case. We are always involved at any stage of the project development, from the preliminary research until the onsite supervision.”
 by Pedro Pablo Arroyo Alba (Director of CA-Design)



Die Ansicht der Brücke ist das Resultat der diagrammatischen Darstellung des auftretenden asymmetrischen Biegemoments und wurde direkt in der Konstruktion umgesetzt. Um die verschiedenen unterschiedlichen Konstruktionssegmente zu minimieren wurde ein Muster entworfen, dass mehr dem Diagramm der Schubbeanspruchung entsprach.

Wie bei anderen Beispielen aus der chinesischen Tradition wurde auch bei dieser Brücke nicht nur eine neue Verbindung geschaffen, sondern auch ein dedizierter Raum über dem Wasser. Es soll mehr sein als eine ingenieurmäßige Lösung

eines Kommunikationsproblems zweier Flussufer.

Die Holzdecke erfüllt mehrere Zwecke: sie reflektiert das künstliche Licht der Brücke wieder zurück, sie fungiert als Leinwand für die Lichtreflektionen des Wassers, auch lässt sie die Stahlkonstruktion leichter erscheinen.¹

Auch in diesem Projekt ist klar ersichtlich, dass hier die äußerliche Erscheinung im Vordergrund stand. Es repräsentiert chinesische Tradition in einer neuen Form und bildet ein neues Glied inmitten eines der suburbanen Stadtviertel von Shanghai.

¹ CA Design, Architecture & Urban Planning, cagroup.cn

3

La Roche-sur-Yon, Frankreich

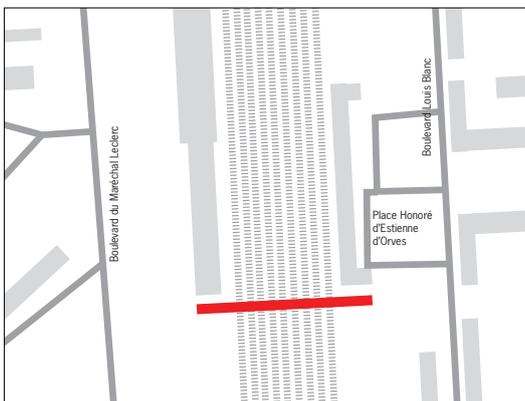
Bernard Tschumi Architects und Hugh Dutton (HDA Paris)



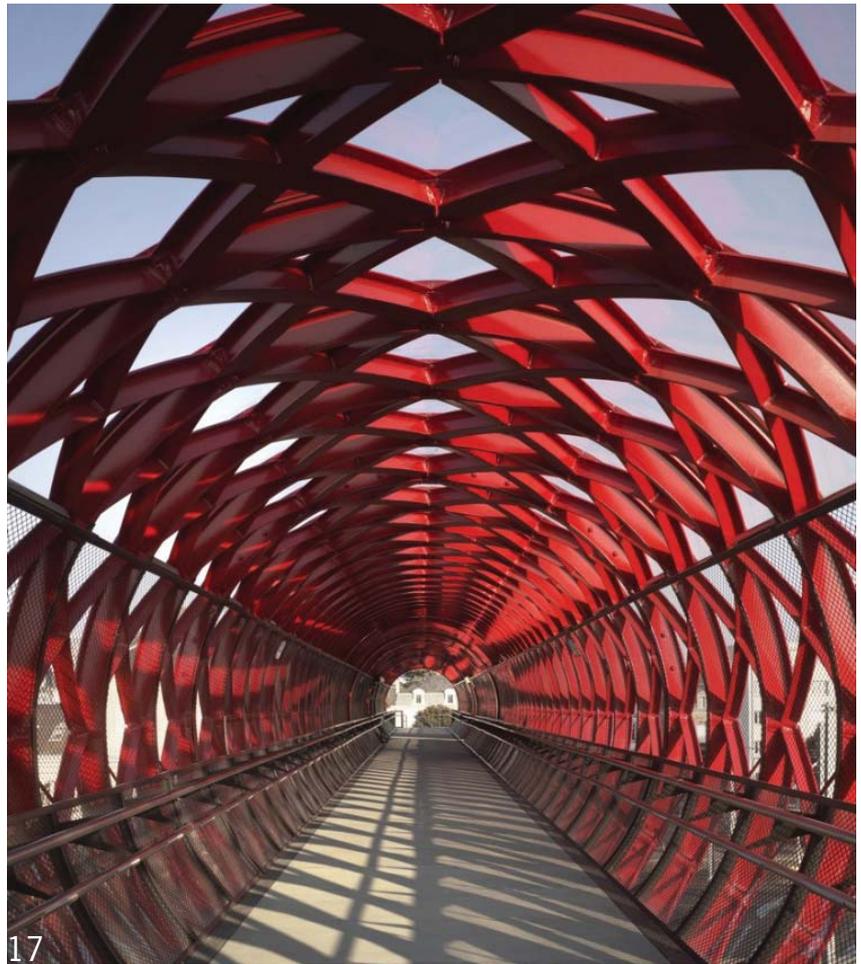
16

La Roche sur Yon ist der Geburtsort von Robert le Ricolais (“father of space structures”), Ingenieur, Architekt, Dichter und Maler, bekannt für seine theoretischen Forschung an Gitterkonstruktionen und Tensegrity - Tragstrukturen in den 1950er Jahren. Dieses Erbe,

sowohl intellektuell als auch historisch, inspirierte die Gestaltung der Fußgängerbrücke. Die neue Brücke sollte den alten Übergang aus 1890 ersetzen aber doch eine Anlehnung an die vorhergegangene Struktur darstellen.



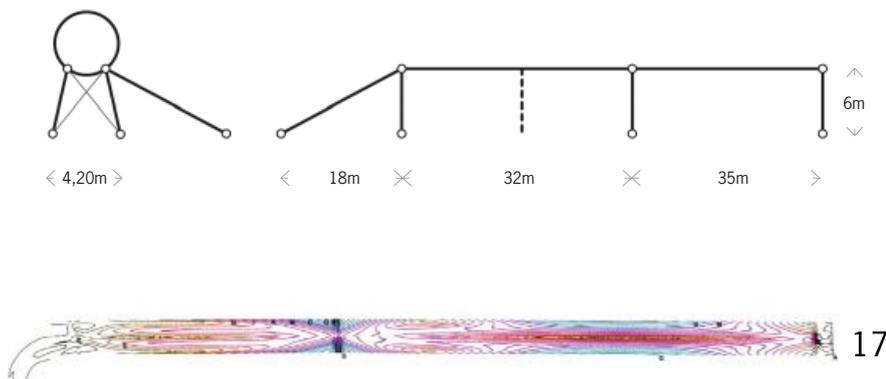
Fußgängerbrücke
Länge: 65m
Statik: Hugh Dutton (HDA Paris)
Fertigstellung: 2010



Die Erweiterung der TGV Station bis nach La Roche-sur-Yon in Frankreich ist nicht nur für die Stadt von größter Bedeutung. Es ist auch für das europäische Schienennetz eine wichtige modernisierende Maßnahme und ermöglicht eine bessere Anbindung für das neu erschlossene Gebiet. Damit wurde auch die Voraussetzung für eine gute Stadtentwicklung geschaffen.

Die neue Fußgängerbrücke verbindet den historischen Teil der Stadt, der von Napolen gegründet wurde, mit der neu entstandenen umgebenden Bebauung, die durch die Eisenbahnschienen abgetrennt wurden. Bernard Tschumi und Hugh Dutton mit ihren Teams in Paris und New York

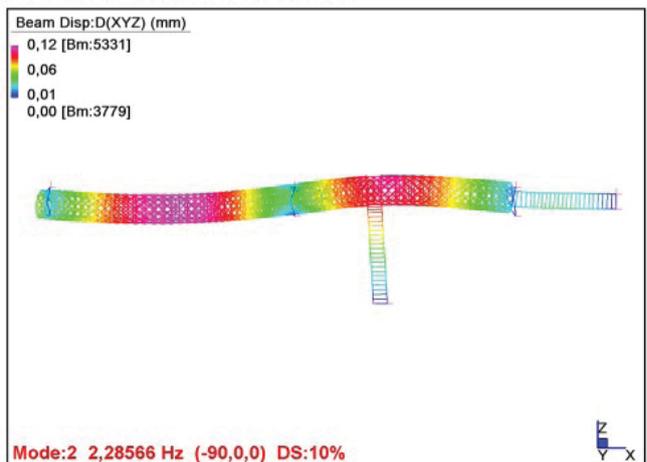
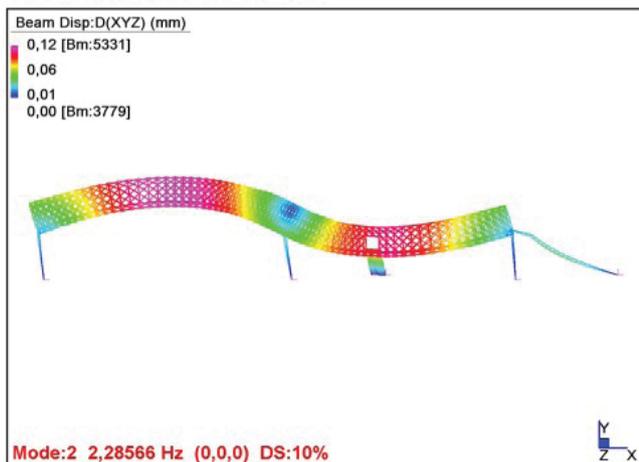
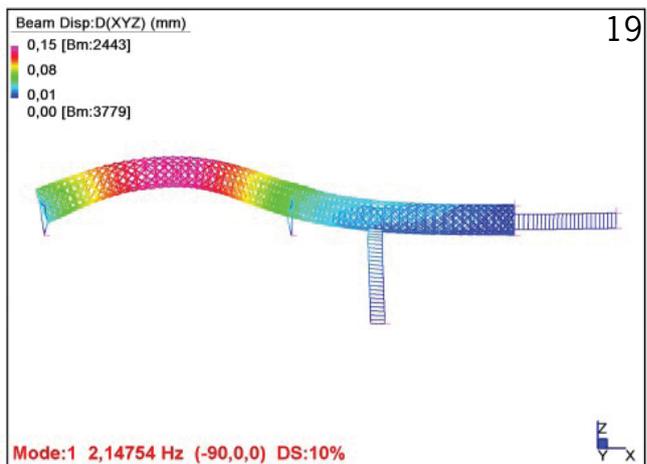
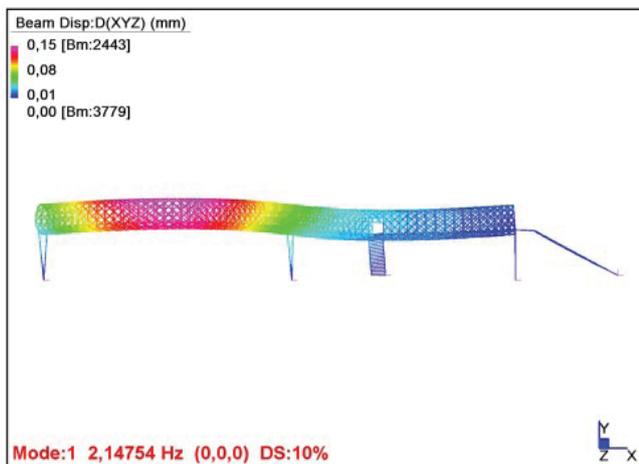
entwarfen ein Konzept basierend auf der Idee der Bewegung und ein Symbol für zeitgenössische urbane Beziehungen zwischen zwei Stadtgebieten. Die Intention für den Entwurf war die Demonstration eines originellen, strukturellen Systems verbunden mit einem architektonischen Konzept, das aus den Untersuchungen des urbanen Umfeldes entstanden ist. Dabei war die Überlegung eine neue Identität für das Gebiet mithilfe eines sinnvollen Vektors - der signalroten Brücke - zu schaffen.



In der Darstellung der Kraftverteilung (siehe Abb. 17) wird ersichtlich, dass bei der mittleren Stütze die größten Stützmomente auftreten. Daraus resultieren zum einen die Verdichtung der Rahmen hin zum mittleren Auflager und auch die nötige Verstärkung und Aussteifung der Trag-

struktur im Auflagerbereich. An den Enden des röhrenförmigen Tragwerks werden die Abstände der Rahmen größer und ermöglichen somit mehr Transparenz in den Zugangsbereichen. In den Auflagerzonen entsteht hauptsächlich eine Scherbeanspruchung in die vertikale

Richtung, während in Feldmitte, durch die Biegung, eine Verformung in horizontaler Ebene entsteht (siehe Abb. 19). Druckbeanspruchte Profile bestehen aus T - Profilen, wobei zugbeanspruchte aus Rundstäben hergestellt wurden.



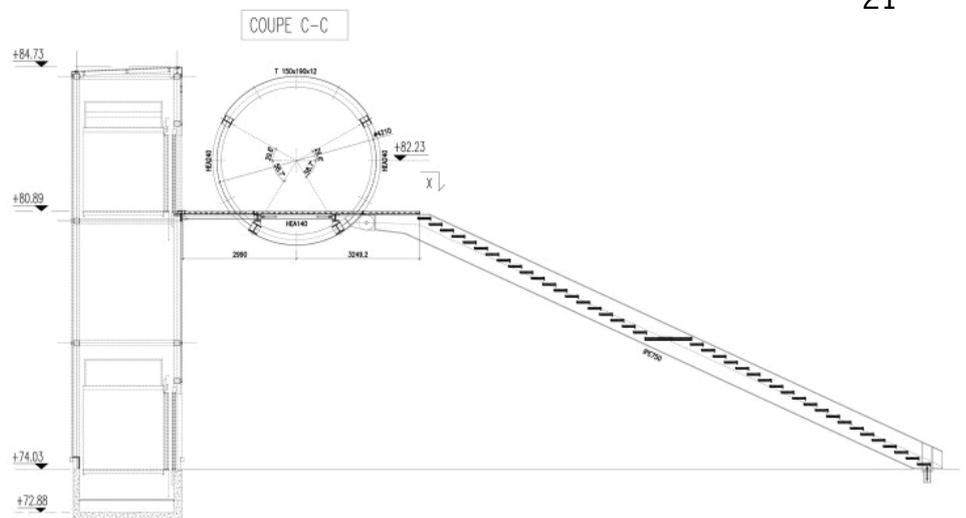
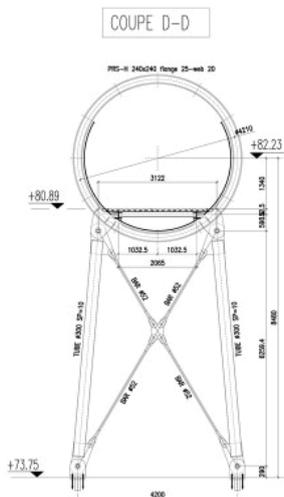


It has been said that there is no architecture without movement. (Bernard Tschumi)

20

Es wurde einmal gesagt, es gibt keine Architektur ohne Bewegung. Eine Fußgängerbrücke ist nicht nur ein statisches Objekt, sie repräsentiert einen dynamischen Vektor, zum einen durch die Benutzung aber auch durch ihre urbane Bedeutung für das jeweilige Gebiet. Der Entwurf

soll Ausdruck für den dynamischen Charakter einer Brücke sein und diesen bis ins kleinste Detail, auch durch die Materialwahl wieder spiegeln. Die rote Farbe wurde ausgewählt, um die urbane Bedeutung des neuen Fußgänger - Vektors noch mehr hervor zu heben.



21

KATEGORIE 2 - Ingenieurmäßige Ansätze

Christian Menn sagt, dass die Bedeutung einer Brücke in der Regel mit quantitativen Merkmalen wie, Spannweite, Länge und Höhe beurteilt wird. Diesbezüglich spielen Fußgängerbrücken eine untergeordnete Rolle und werden oft als Einstiegsprojekte für junge Bauingenieure verwendet. Doch viele Planverfasser erkennen die Herausforderung nicht und produzieren so oft unattraktive Zweckbauten, die von den Nutzern so auch nur zweckmäßig frequentiert werden.

Die Brücke sollte eine Anziehungskraft auf die Menschen ausüben, da Überführungen oft mit kleinen Umwegen verbunden sind. Die Brücke soll zum Darübergehen oder zu kurzen Aufenthalten einladen.¹

Weiters kritisiert Menn die Bauingenieure bezüglich deren gestalterischen Fähigkeiten. Er sieht dabei das Problem bei den neuen Berechnungsprogrammen und Normen, die immer mehr Regeln und Berechnungen erwarten. Schon an den Hochschulen werden in kürzester Zeit nur theoretische Inhalte vermittelt, die den kreativen Prozess des Entwerfens total vergessen lassen. Daraus resultieren phantasielose Tragwerksausbildungen und Gestaltung wird oft mit dem Einbezug von nostalgischen Elementen gleichgesetzt.²

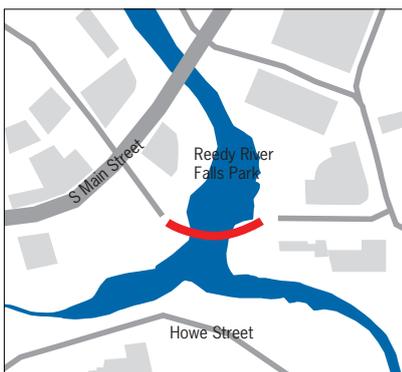
Die Zusammenarbeit von Architekten und Bauingenieuren ist zur Zeit einer großen Wandlung unterzogen (zum Beispiel die Knight Architects (UK) und das Architekturbüro Feichtinger (Paris) haben sich auf Brücken spezialisiert), doch sieht man an Hand der unzähligen Beispiele, dass diese sich hauptsächlich auf den kleinsten Bautypus des Brückenbaus - die Fußgängerbrücke - beschränkt .

Aus diesem Grund habe ich in meiner zweiten Kategorie Projekte ausgewählt, die eine ingenieurmäßige Umsetzung erkennen lassen. Egal ob diese von Bauingenieuren, Architekten oder durch deren Zusammenarbeit entstanden sind.

¹„Fußgängerbrücken – Konstruktion – Gestalt – Geschichte“, Ursula Baus + Mike Schlaich, Birkhäuser Verlag, 2008, Seite 11ff

4 Liberty Bridge, Greenville, South Carolina, USA

Rosales + Partner, Schlaich Bergmann und Partner



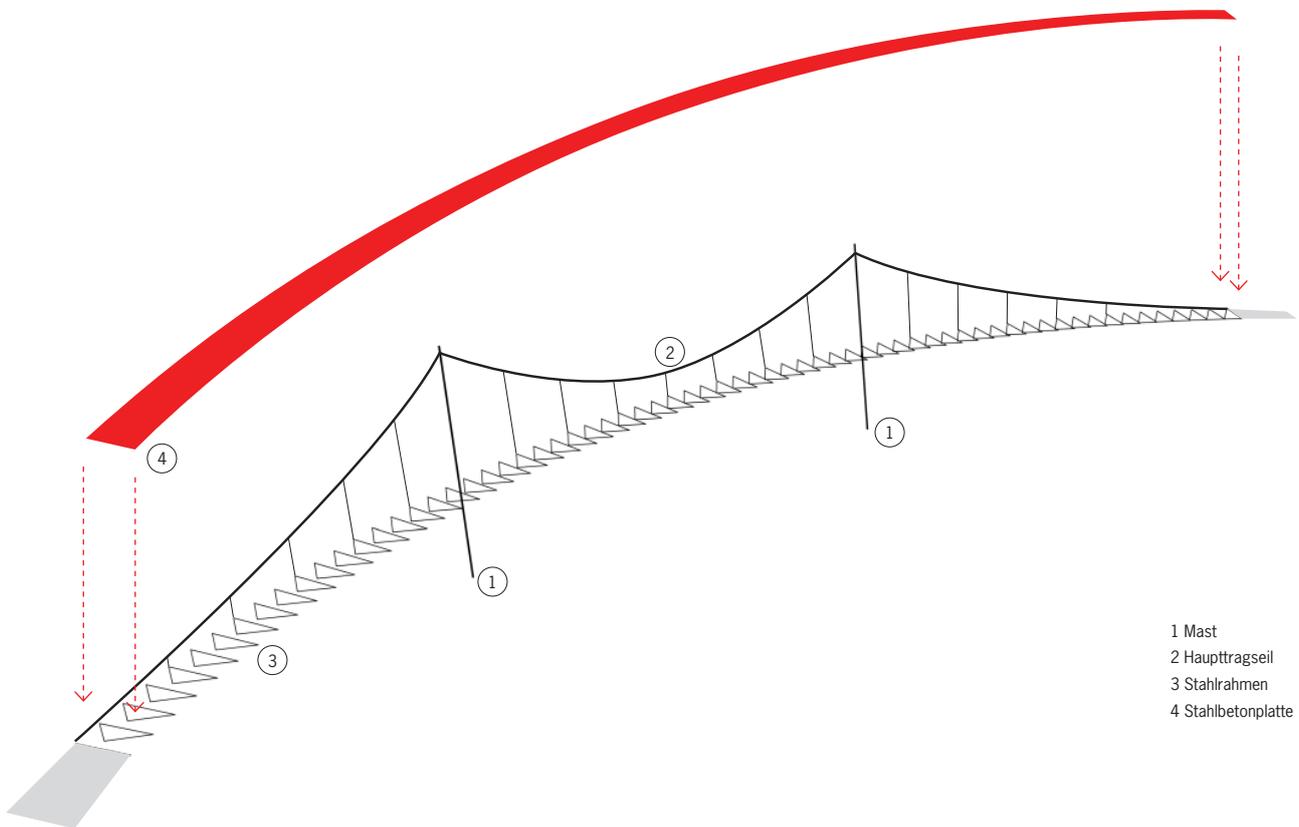
Fußgängerbrücke
Länge: 130m
Statik: Schlaich Bergmann und Partner
Fertigstellung: 2004

Inmitten eines historischen Parks in Greenville wurde eine einseitig gestützte Hängebrücke errichtet. Der Entwurf entstand aus einer Zusammenarbeit vom Ingenieurbüro Schlaich Bergmann und Partner mit Rosales Gottemueller & Associates und ersetzte eine von Autos befahrenen Brücke, die aus

Gründen der Revitalisierung abgerissen wurde. Über den Wasserfällen des Reedy Rivers hängt nun die Fußgängerbrücke nur auf zwei Masten und scheint zwischen den Bäumen zu schweben. Die Brücke krümmt sich weg von der großen Wasserfläche in der Mitte des Parks und bildet eine Aussichtsplattform für

die Besucher.

Während des Brückenentwurfs wurden zwei Entwurfsziele festgelegt. Zum einen musste die Brücke genug Präsenz bekommen, um als neues Wahrzeichen der Stadt und des botanischen Gartens wahrgenommen zu werden. Doch sollte die Brücke im Park auch nicht zu dominant



23

erscheinen und die Aussicht einschränken.

Die Brücke verbindet zwei Plätze, die dem Park vorgelagert sind und spannt sich in der geschwungenen Form, wie die eines Amphitheat-ers, um die Wasserfälle des Reedy Rivers. Die geschwungene Form erlaubt ein einseitig gestütztes Trag-

werk, bei dem die zwei tragenden Masten auf der weniger repräsentativen Seite angebracht sind. Der Blick auf die Wasserfälle sollte so weit wie möglich uneingeschränkt möglich sein. Dabei kommt die Schlankheit des Hängetragswerks sehr zu Gute.

Die Brücke hat eine Gesamtlänge

von 115 Meter und eine freie Spannweite von 65 Metern zwischen den zwei Masten. Das Tragsystem besteht aus einer Stahlbetonplatte, die von dreieckigen Stahlrahmen gehalten wird (siehe Abb.23). Mit Stahlseilen werden die Rahmen vom Haupttragseil abgehängt und in der vorgesehenen Position gehalten.



Das Tragsystem wird erst durch das Kabel unterhalb der Brücke vollständig. Es wurde an den zwei Widerlagern der Brücke fixiert (siehe Abb.26) und an den Stahlrahmen befestigt (siehe Abb.24). Es nimmt Torsionskräfte, als auch Dynamische Einwirkungen auf und hält

das Gleichgewicht des Haupttrag-systems. Diese Elemente erzeugen ein dreidimensionales Tragsystem, das stabil, leicht und sehr transparent wirkt.

Der Handlauf der Brücke wurde aus rostfreiem Stahl hergestellt und konzipiert um so eine LED Beleu-

tung zu integrieren. Diese ermöglicht eine gleichmäßige Beleuchtung der Gehfläche bei Nacht und ist unter Tags nicht wahrzunehmen.



25



26

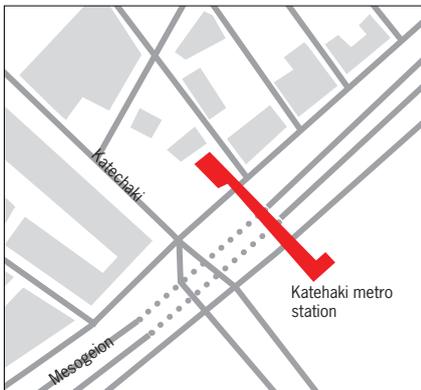
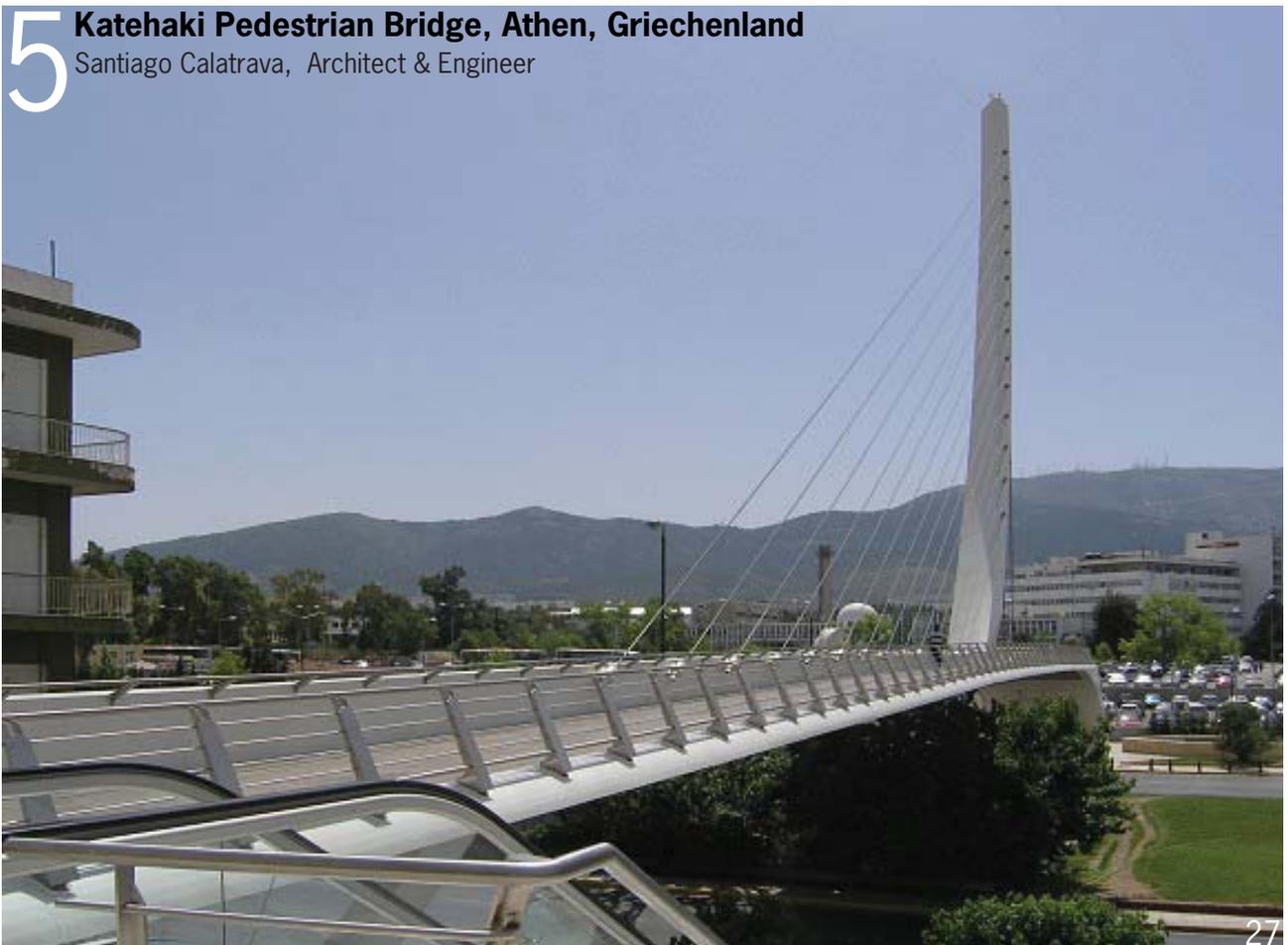
Die zwei Masten wurden mit weißer Farbe lackiert, der Querschnitt vermindert sich zu den Enden und wird am Boden von einem Kugelgelenk gehalten (siehe Abb.25). Diese zwei markanten Hauptträger der Brücke werden bei Nacht von Scheinwerfern in Szene gesetzt und lassen

damit auch im Dunkeln die Konstruktion zur Geltung kommen. Die Widerlager wurden auf das nötigste minimiert und sind zum einen Auflager für die Stahlbetonplatte, als auch Haltepunkt der Stahlseile des Ringträgers (siehe Abb.26).

Bei diesem Projekt ist gut erkennbar, dass die Planer sehr bedacht auf das Erscheinungsbild der Brücke waren. Minimierung des Materialeinsatzes und Transparenz des Tragwerks sind große Vorzüge, die an diesem Ort ganz richtig eingesetzt wurden.

5 Katehaki Pedestrian Bridge, Athen, Griechenland

Santiago Calatrava, Architect & Engineer



Fußgängerbrücke

Länge: 94m

Statik: Santiago Calatrava, Architect & Engineer

Fertigstellung: 2004



Santiago Calatrava studierte Architektur in Valencia in Spanien und machte dann noch seinen Abschluss in Bauingenieurwesen auf der ETH in Zürich.

Auf Grund seiner Ausbildung spezialisierte er sich schließlich auf den Brückenbau. Seine Entwürfe haben

immer einen skulpturalen Charakter und zeichnen sich durch organisch-futuristische Merkmale aus. Sein Stil ist auf jeden Fall einzigartig und ist einfach wieder zu erkennen. Auf Grund hoher zusätzlicher Kosten wurde er oft kritisiert, unbestreitbar ist, dass er interessante Tragstrukturen

entwirft, die sehr dynamisch sind und meist ein neues Wahrzeichen für das entsprechende Gebiet bilden.

Die Katehaki Brücke wurde anlässlich der Olympischen Spiele im Jahr 2004 errichtet und verbindet beide Straßenseiten der Mesogeion Avenue mit der U-Bahn Station.

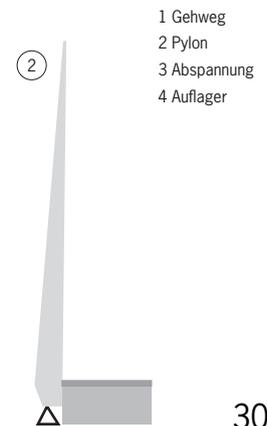
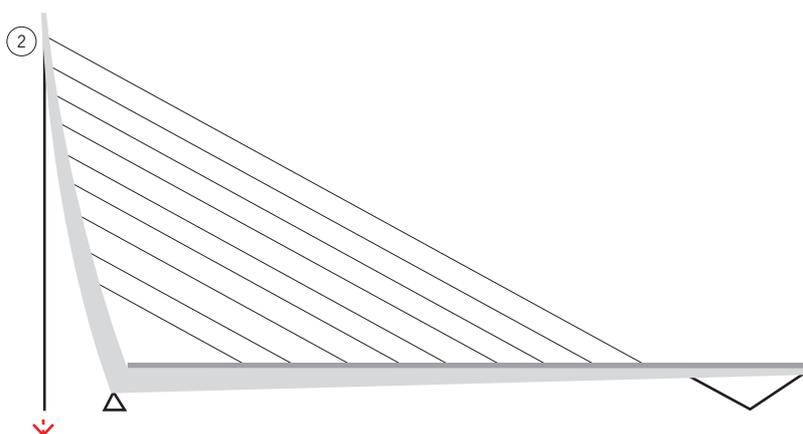


Die Brücke wurde als fester Bestandteil der U-Bahn Station konzipiert und wird durch je eine Treppe, einen Fahrstuhl und eine Rolltreppe erschlossen.

Das statische Konzept einer Schrägseilbrücke wurde mit nur einem betonummanteltem 50 Meter hohen

Pylon und außen liegenden Gegenstreben ins Extreme getrieben. Die Kräfte werden auf einer Seite der Brücke über den Pylon in den Boden abgeleitet. Die Konstruktion erinnert etwas an die Form einer Harfe und wurde zum neuen Wahrzeichen der Gegend.

Speziell ist auch die Lagerung der Brücke, die einen dreieckigen Schenkel bildet, der auf einem Auflagerpunkt balanciert und seitlich durch die Treppenkonstruktion im Gleichgewicht gehalten wird (siehe Abb.30). Die Verspannung des Pylons senkrecht in den Boden leitet schließlich



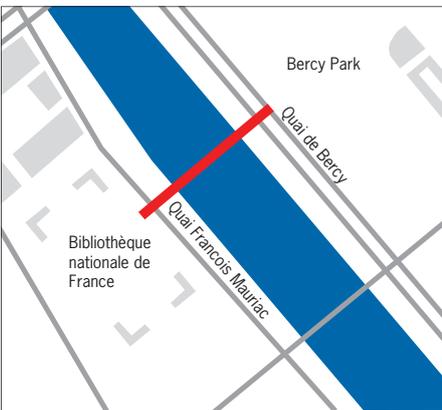


die auftretenden Seilkräfte ab und finalisiert damit die Tragstruktur. Wie bei Calatravas Entwürfen üblich sind alle Teile weiß gefärbt, die Gehfläche wurde mit einem Holzbelag versehen, der am Rand durch ein Stahlgitter begrenzt wurde. Unter diesem ist auch die Beleuchtung der

Brücke versteckt angebracht. Die Oberflächen der Treppenanlagen und der Auflager wurden mit weißen Fliesen - Splintern verkleidet.

6 Passerelle Simone-de-Beauvoir, Paris

Dietmar Feichtinger Architectes, RFR Engineers



Fußgängerbrücke
Länge: 304m
Statik: RFR
Fertigstellung: 2006

My aim was to cross the river Seine in one stretch, without any cumbersome constructions. I wanted somewhere to pause in the middle of this three hundred metre promenade, somewhere to stop and take advantage of the river, breath in the air, appreciate the light and admire Paris. (Dietmar Feichtinger)¹



33

Das Ziel vom Architekturbüro Feichtinger war es, den Fluss und die Uferzonen mit einem einzelnen Bogen zu überbrücken. Daher wächst die gesamte Spannweite auf zirka 300 Meter.

Durch die Brücke sollten vier Ebenen miteinander verbunden werden. Die zwei Promenaden der Flussufer der

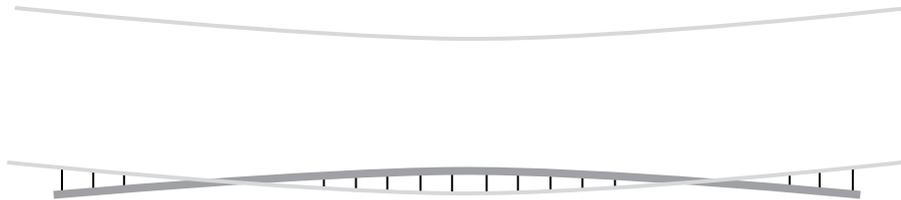
Seine und der Bercy Park mit dem Areal der Nationalbibliothek. Das Brückentragwerk erinnert an eine Hängebrücke, bei der die Struktur untrennbar mit der Gehfläche verbunden ist. Die freie Spannweite beträgt 194 Meter und wird durch ein linsenförmiges Mittelstück gebildet, dass mit den auskragenden

Elementen an beiden Flussufern verbunden wurde. Diese Randelemente schaffen auch die Überbrückung der beiden Straßen, die parallel zum Flussufer verlaufen.

1 „Passerelle Simone-de-Beauvoir Paris, Feichtinger Architects, Archives d'architecture moderne, 2006

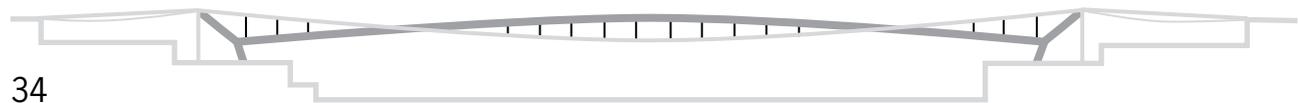
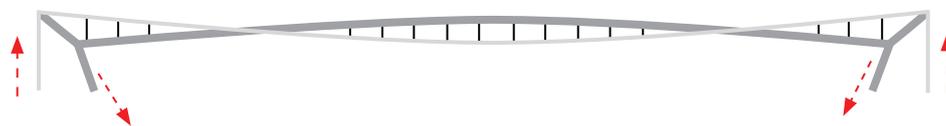
Bogen (Druck)

Seilkurve (Zug)



Bogen und Seilkurve werden überlagert und mit einem Gerbergelenk verbunden

Druck und Zugbogen werden mittels Druckstäbe (Obelisken) verbunden, um asymmetrische Beanspruchung aufzunehmen



34

Die Haupttragstruktur der Brücke wird durch zwei parallel laufende, vertikale Stahlträger gebildet. Diese haben einen Abstand von 5,20 Metern und werden durch den Druck- bzw. Zugbogen gebildet. Mithilfe von Obelisken (siehe Abb. 35) in einem Abstand von sieben Metern wird der Zugbogen auf

Distanz gehalten und bildet damit einen linsenförmigen Mittelteil (siehe Abb. 34). Dabei bilden vier Stahlrohre eine Pyramide und es bildet sich ein statisches System wie bei einem Vierendeelträger, also eine Einspannung an der Oberseite. In Längsrichtung bilden die klammerförmigen Auflager, zusammen mit

dem Linsenförmigen Mittelteil einen Gerberträger, bei dem die Momente im Gelenk gleich null sind (Gelenke können keine Momente übertragen). Aus diesem Grund kann die Struktur an diesem Punkt äußerst schlank sein und ist an der Stelle nur 45 Zentimeter dick.

Die Gehfläche wird durch eine



Sekundärkonstruktion gehalten und bildet die Deckfläche des Tragwerks. Daraus entstehen erhebliche Torsionskräfte, die über die Fläche des Mittelteils und schließlich über die klammerförmigen Auflager abgeleitet werden müssen.

Architekt Feichtinger verwendete nur Holz und Stahl für sein Projekt

und wollte damit die Leichtigkeit der Struktur erhöhen. Bei der Stahlkonstruktion vermied er Bolzenverbindungen um Rost zu verhindern und behielt seinen Fokus auf die Ausformung der einzelnen Detailpunkte. Um die komplexen Verbindungen herzustellen zu können, wurden diese aus Gusseisen erzeugt.

Das Gelände wurde mit einem Aluminium – Handlauf an der Oberseite abgeschlossen und zur Absturzsicherung mit einem Edelstahlnetz versehen.¹

1 „Passerelle Simone-de-Beauvoir Paris,, Feichtinger Architects, Archives d'architecture moderne, 2006

KATEGORIE 3 - Hybride Ansätze

Während meiner Recherche schaffte ich eine Gliederung in formale und ingenieurmäßige Ansätze von Brücken - Projekten. Doch habe ich auch Beispiele gefunden, die nicht so ganz in meine ersten zwei Kategorien hineinpassen. Dadurch ergab sich für mich eine dritte Kategorie, die sich durch Verbindung von formalen und tragwerksmäßigen Überlegungen artikuliert. Das heißt, dass ich Projekte ausgewählt habe, die einerseits durch ihre einfache Ausformung aber gleichzeitig durch ein interessantes Tragkonzept in Erscheinung treten.

In den Projekten wurde die Zusammenarbeit von Architekten und Bauingenieuren schon im Vorentwurf forciert. Dies lässt sich aus den fertigen Ergebnissen gut ablesen und bildet Grundlage für meine Analyse.

Diese Hybriden Brückenbauten habe ich wie auch in den ersten beiden Kategorien aus verschiedensten Ländern zusammengetragen und analysiert. Allerdings ist diese Auswahl subjektiv und auf Grund der Anzahl von Projekten nicht leicht gewesen.

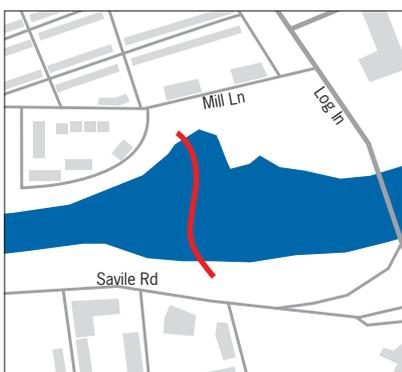


7 Castleford Bridge, United Kingdom
 Mc Dowell + Benedetti Architects

Die Brücke ist Teil eines Erneuerungskonzeptes für die Castleford Bay. Sie soll die beiden Ufer oberhalb der Wasserfälle verbinden und eine Aussichtsplattform für die Benutzer schaffen. Dabei bieten Sitzbänke, die sich aus dem Boden der Brücke erheben eine Rastmöglichkeit und schaffen eine Teilung der Brücke

in zwei Verkehrswege. Auch verdecken die Sitzbänke eine Vorspannung, die sich wie ein Überzug 20 Meter zwischen den Stützen erhebt. Die gesamte Brückenlänge beträgt 131 Meter und ist vier Meter breit. Die Geh- bzw. Sitzflächen wurden aus Holz hergestellt und unterstreichen den natürlichen Charakter des

Bauwerks. Die Verlegung der Holzbretter in Längsrichtung der Brücke bietet eine hohe optische Qualität und lassen auch zu, dass die Sitzmöglichkeiten sich wie Wellen aus dem Boden erheben. Die gewundene Form fügt sich harmonisch in die historische Uferlandschaft ein und hilft das neu entstehende Naherholungs-



Fußgängerbrücke
 Länge: 131m
 Statik: Alan Baxter & Associates
 Hydro Ingenieur: Arup Water
 Licht Design: Sutton Vane & Associates
 Fertigstellung: 2006



gebiet auf beiden Uferseiten besser zu regenerieren.

Weil die Brücke eine Schlüsselrolle für die Regeneration der ehemaligen Bergbausiedlung bedeutet, wurden von Alan Baxters Büro städtebauliche Untersuchungen über Bewegungsmuster der Menschen erstellt. Auch wurde untersucht, wie die Beziehung

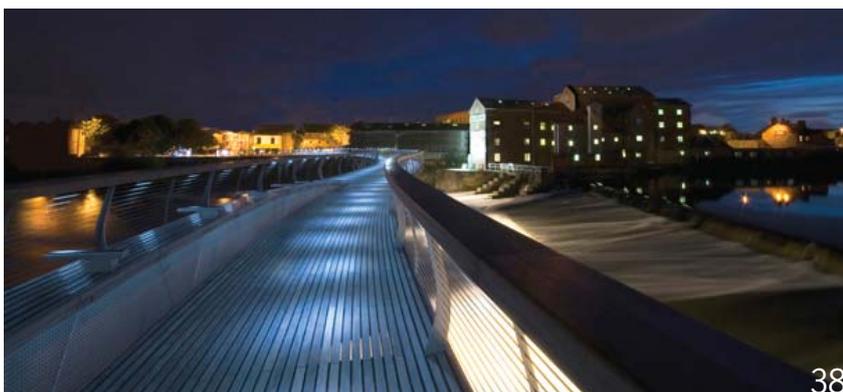
von den Menschen zu ihrem Fluss beschaffen ist.

Außerdem bietet die Brücke eine Aussichtsplattform auf ein Schiffswrack und eine Fischwanderhilfe die von Ingenieuren der Arup Gesellschaft errichtet wurde.

Sutton Vane & Associates waren für das Licht Design zuständig und

schaften mit LEDs eine einheitlich sanfte Beleuchtung der Brücke, die im Kontrast zum wilden Element des Wasser stehen soll (siehe Abb.38).¹

1 „Masterpieces – Bridge Architecture + Design, Chris van Uffelen, Braun Publishing AG, 2010, Seite 243







Das Hauttragwerk besteht aus zwei Hohlkastenprofilen aus Stahl, auf denen die Sekundärkonstruktion der Gehfläche angebracht ist. Die Konstruktion besteht durch ihre einfache, schlanke Konstruktion, die durch einen massiven Holzhandlauf abgeschlossen wird. Unterhalb des Handlaufes ist versteckt die Beleuch-

tung der Gehfläche angebracht und rückt die Brücke in der Nacht ins rechte Licht. Die Absturzsicherung wurde aus vertikal gespannten Edelstahldrähten hergestellt und unterstützt die Transparenz der Geländerkonstruktion.

40



8 Henderson Waves, Singapore
RSP Planners Architects & Engineers (PTE) LTD
in association with IJP Corporation Ltd

3



Mit den Henderson Waves wurde eine neue Verbindung zwischen zwei Parklandschaften in Singapore geschaffen. Die wellenartige Brücke verbindet den Mount Faber Park und den Blangah Hill Park in 36 Meter Höhe über der Henderson Road. Die IJP Architekten aus London zusammen mit den RSP architects aus

Singapur entwickelten mit Methoden des parametrischen Designs eine eigene Formel – Funktion, die schließlich die Mittellinie und Ränder der Stahl und Holzprofile bildete. Die neun Wellen wurden in 37 Segmente unterteilt und variieren in der Höhe, Lage und Verbiegung. Des weiteren wurden die Sitznischen und

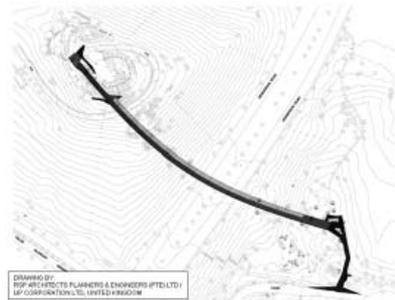
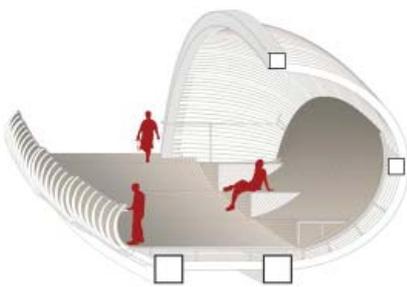
Szenarien der Benutzer durch parametrische Verformungen bestimmt. Die Brücke ist 300 Meter lang und besitzt im mittleren Teil eine freie Spannweite von 60 Metern. Gedeckt wurden die Wellen mit dem haltbaren Tropenholz Yellow Balau aus Malaysia und bilden damit das Meisterstück an diesem Projekt.¹



43

Längsschnitt

Druck/Zugbögen



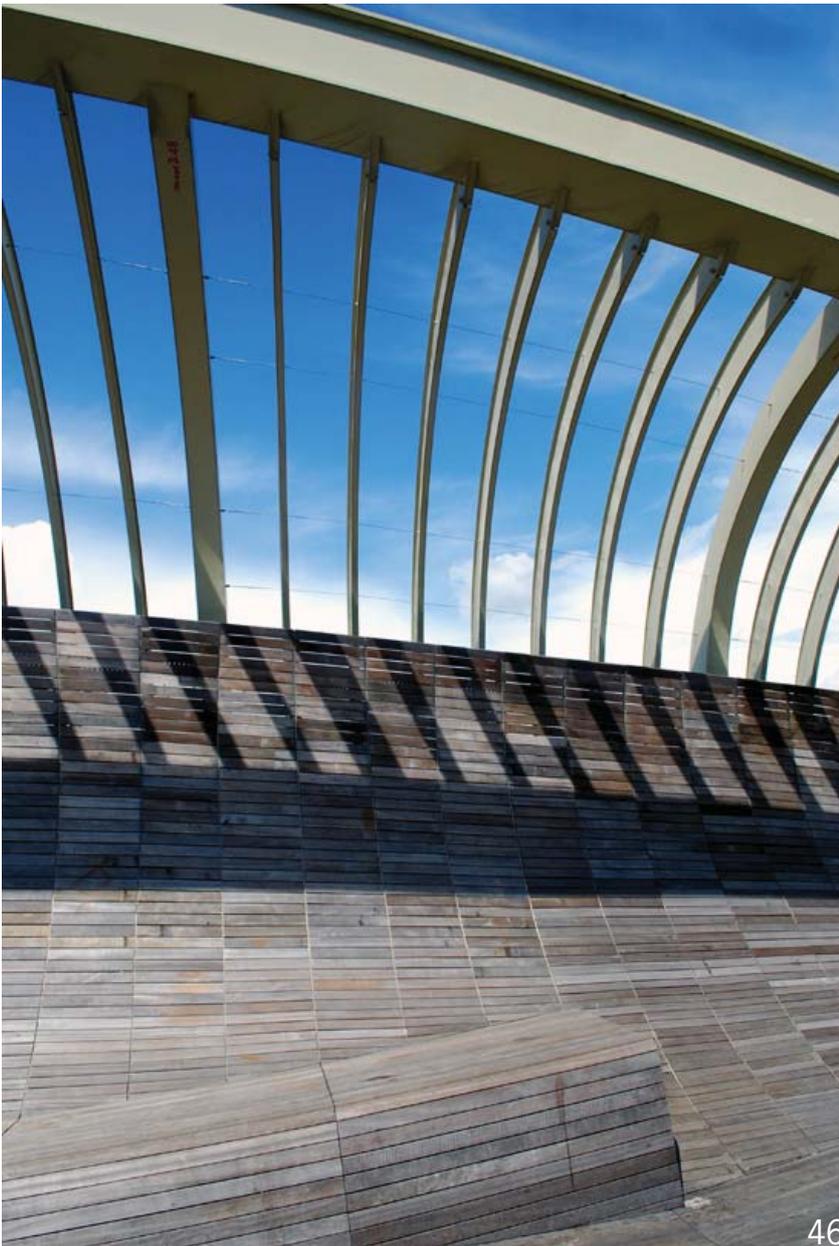
45

Das Tragsystem besteht aus vier Hohlkastenprofilen aus Stahl, wobei die zwei Hauptträger an der Unterseite auf den massiven Stahlbetonstützen aufliegen. Die zwei anderen Profile bilden zusammen mit den geschwungenen Stahlrahmen abwechselnd einen Druck bzw. Zugbogen, die dann als die wellenförmige

Brücke in Erscheinung tritt. Diese Druckbögen bilden gleichzeitig auch die Sitznischen aus und werden auf Grund der Spannweite bis zu zirka drei bis vier Meter hoch.

Das Problem der komplexen zweiseitig gekrümmten Oberflächen wurde mit 5000 modularen Schablonen gelöst, die alle zehn Meter um ein

Grad variieren. Um sichtbare Befestigung an der Oberseite der Holzelemente zu vermeiden, wurde diese von der Rückseite befestigt. Auch wurde ein Zertifikat für die Nachhaltigkeit des verwendeten Holzes ausgestellt, um die von einem Landschaftspark erwartete ökologische Intention zu sichern.²



Dieses Projekt zeigt, dass der Ansatz vom parametrischen Entwerfen auch sehr gut auf Fußgängerbrücken angewendet werden kann. Dies ermöglichte das Verändern von Parametern und schafft somit unendlich viele Varianten, die eine Grundlage für die weitere Ausführung der Brücke bedeuten.

1 <http://www.ijpcorporation.com>

2 RSP Architects Planners & Engineers,
<http://www.rsp.com.sg/>

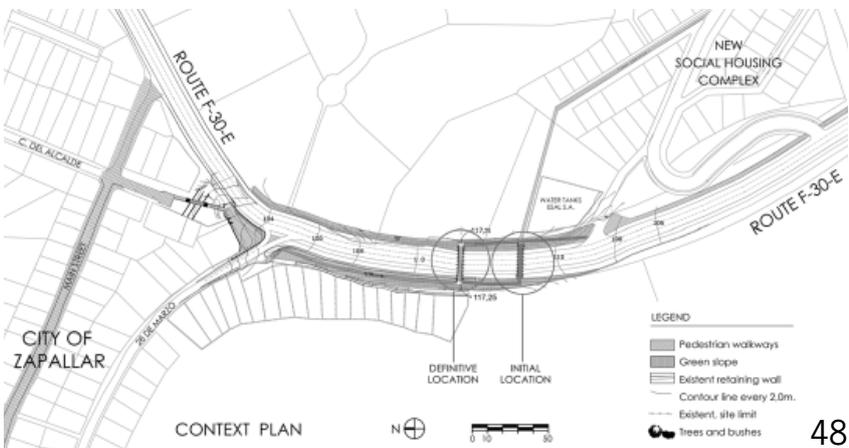


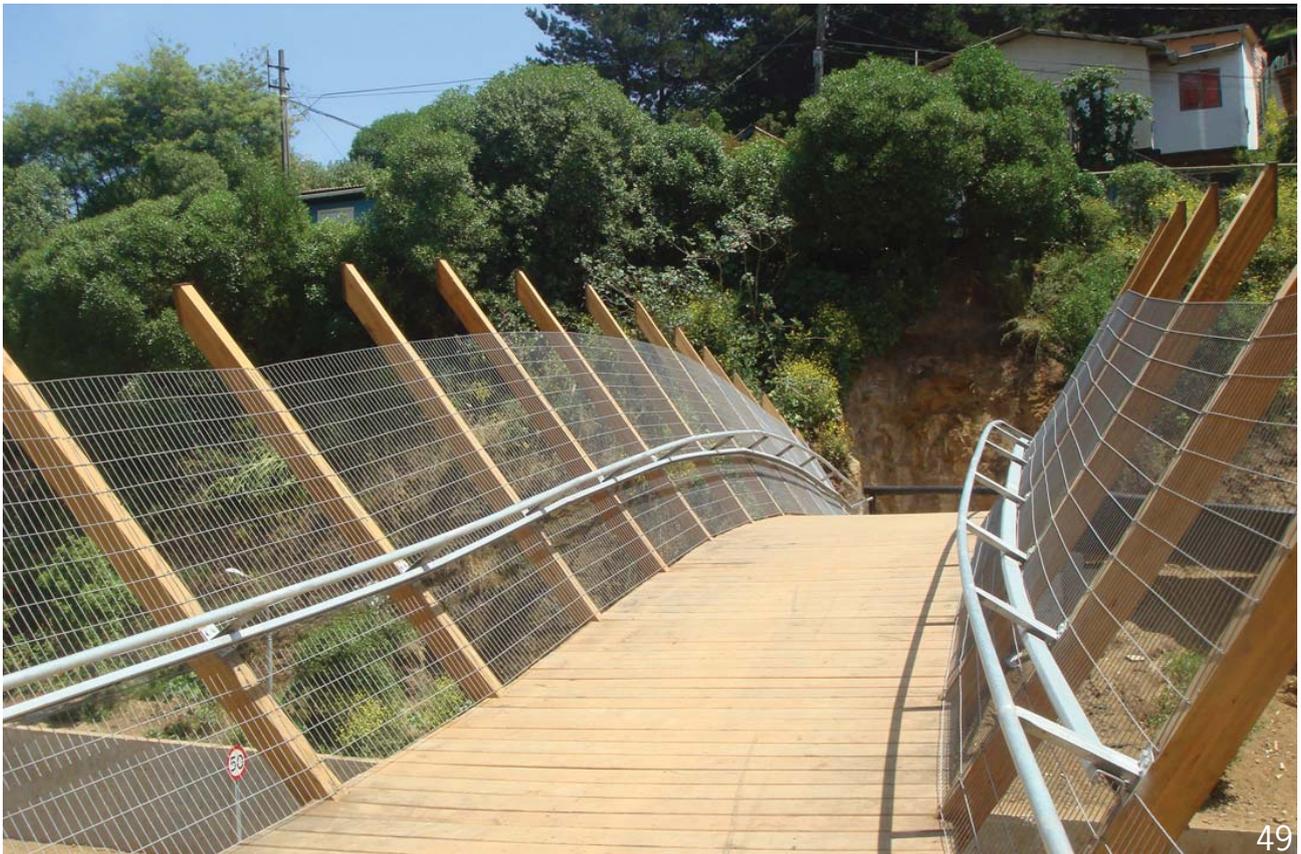
9 Fußgängerbrücke, Zapallar, Chile
 Enrique Browne y Arquitectos Asociados

Im traditionellen Kurort Zapallar an der zentralen Küste von Chile, sollte eine neue Wohnsiedlung entstehen. Diese sollte Landeinwärts auf der anderen Seite der Hauptverbindung zu den anderen Küstenorten entstehen. Da diese Straße sehr stark frequentiert und kurvig ist entschied man sich für eine brückenmäßige

Verbindung zum Ortskern. Auch sollte diese Brücke für Schulkinder und Arbeiter den täglichen Fußweg erleichtern. Eine fußläufige Verbindung der höher gelegenen Bereiche und eine Versorgungsbrücke für Wasserleitungen, Elektrizität und Gas sollte damit geschaffen werden. Für das Tragwerk wurde Brett-

schichtholz verwendet, die Auflager wurden aus Stahlbeton errichtet. Die Teile wurden in Santiago vorgefertigt und schließlich zum Bestimmungsort gebracht. Auch wenn der Querschnitt an ein Boot erinnert, besteht das Tragsystem aus drei gebogenen Brettschichtträgern, die die Form eines dreieckigen Hohlkastens





49

bilden. Die drei Träger sind durch die gebogenen Rahmen miteinander verbunden und leiten die Lasten auf den mittigen Hauptträger ab. Die Bogenform der Brücke hilft die Durchbiegung zu vermindern und kann dadurch die Kräfte über die Stirnseiten der Träger in die Fundamente ableiten. Auf den gebogenen

Holzrahmen wurde der Handlauf befestigt und um dass Steine werfen auf Autos zu verhindern wurde auch ein Stahlgitter angebracht. Die Materialien wurden alle in ihren natürlichen Farben verwendet, was dem Architekten sehr wichtig war. Allerdings wurde die Brücke nicht an der vom Architekten vorgeschlagenen

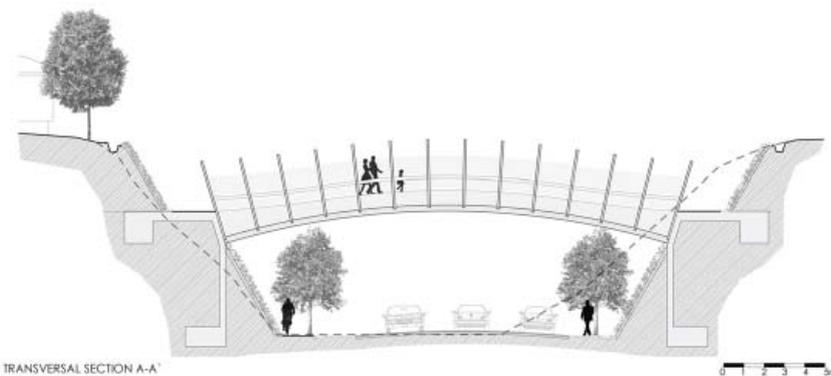
Stelle errichtet, sondern 50 Meter versetzt. Auch wurden die Rampen und Zugänge nicht nach den Plänen des Architekten ausgeführt.

Die Brücke lässt unterschiedliche Interpretationen zu und kann als Schiffsrumpf, Eingangstor zur Stadt oder als Wirbelsäule eines Fisches gesehen werden.¹

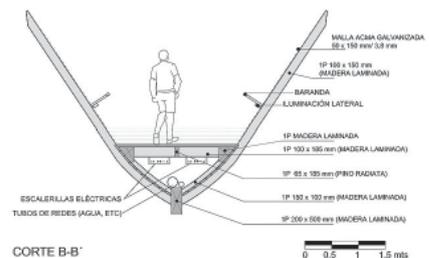
1 Enrique Browne y Arquitectos Asociados,

<http://www.ebrowne.cl/>

50



TRANSVERSAL SECTION A-A'



CORTE B-B'

Resümee - Allgemeiner Teil

Die Unterteilung in drei Entwurfskategorien erlaubte eine differenzierte Betrachtungsweise der Projekte und bezieht sich nur indirekt auf die Konstruktion der Tragwerke. Der Entwurfsgedanke und das Erlebnis für die Benutzer der jeweiligen Bauwerke standen im Vordergrund. Die formalen Ansätze zeigten deutlich, dass die Symbolwirkung solcher Brückenbauwerke einen wesentlichen Faktor darstellen.

Die Ingenieurmäßigen Ansätze sind bezeichnend durch ihre Leichtigkeit und ihren ökonomischen Einsatz von Material. Die hybriden Ansätze zählen zu meinen Favoriten und zeichnen sich durch einzigartige Entwurfsmethoden, auch bezüglich der Tragwerksentwürfe, aus.

Neben dieser Entwicklung zu extrem leichten und schlanken Stahlkonstruktionen verbindet alle jedoch das Verlangen nach einer Brücke für Besucher, die diese einlädt darüber zu gehen oder auch dort zu verweilen. Das visuelle und haptische Erlebnis steht bei den aktuellen Brückenentwürfen im Vordergrund und räumt den Architekten eine neue Sparte, deren Grenzgebiet zwischen der Architektur und dem Bauingenieurwesen angesiedelt ist, ein. Architekturbüros wie die Knight Architects, Feichtinger oder west8 haben sich auf das Entwerfen von Fußgängerbrücken spezialisiert und haben damit auch nachweislich sehr großen Erfolg.

Im zweiten Teil meiner Diplomarbeit erläutere ich an meinem eigenen Entwurf, wie ich zu meinem Ansatz gekommen bin und wie mir die Recherche geholfen hat. Die Recherche sollte immer die Grundlage für ein eigenes Konzept bilden und ermöglicht einen Überblick über die bereits entstandenen Projekte.

Einleitend

Als Resultat der Untersuchung von Beispielen zeigt sich, dass diese Brücken mehr sind als eine Verbindung zweier Orte. Sie formen einen neuen Charakter für das jeweilige Gebiet und ermöglichen es, das Gebiet eindrucksvoller zu erleben. Der Raum unterhalb der Brücke ist als Schutzgebender zu verstehen und verlangt dadurch genau so viel Aufmerksamkeit bei der Gestaltung wie die Gehfläche an der Oberseite. Sehr angetan war ich von zwei Projekten: Zum einen die Castleford Bridge und zum anderen die Henderson Waves in Singapur.

Interessante war, dass beide zur Kategorie der „hybriden“ Brücken gehören. Man könnte darunter auch verstehen, dass diese unter Einbeziehung mehrerer treibender Entwurfsansätze entstanden sind. Diese artikulieren sich zum einen durch den gezielten Einsatz von Material - wie zum Beispiel bei der Castelford Bridge – das durch das schlanke Tragwerk in Erscheinung tritt. Zum Anderen integriert das intelligente Tragwerk einen Überzug in die Sitzbank, die kastenförmigen Träger aus Stahl nehmen die durch den S – förmigen Brückenverlauf

entstehenden Kräfte auf und werden durch die in V – Stellung gebrachten Stützen in den Flussgrund abgeleitet. Auch die geschwungene Form der Henderson Waves wird durch kastenförmige Träger gebildet, jedoch war das Augenmerk auf den Parametrischen Entwurf gerichtet, was sich durch die Qualität der Oberfläche zeigt.

Die Erkenntnisse aus der Recherche und mein eigener Gestaltungswille brachten mich schließlich zur Entwicklung eines eigenen Tragwerks, dass das Wissen aus den Analysen beinhalten soll.

DER GRAZER STADTPARK



Ist die größte Parkanlage der Stadt. Sie dient seit etwa 150 Jahren der Grazer Stadtbevölkerung als Erholungsgebiet und Veranstaltungsraum. Die Anlage umschließt die Grazer Altstadt und den Schlossberg im Osten und reicht von der Wickenburggasse im Norden bis hin zum Opernring im Süden. Im

Ganzen ist der Park 1200 Meter lang und besitzt eine durchschnittliche Breite von 250 Metern. Im 15. - und 16. Jahrhundert wurde die Befestigung der Stadt umgestaltet. Durch die Anlage eines geräumigen Glacis vor der Stadtmauer entstand das Gebiet, auf dem sich der heutige Stadtpark befindet. Der

damalige Bauinspektor Johann Heinrich von Formentini verpachtete die Stadtgrabengründe und konnte so - durch die erzielten Gewinne - im Jahre 1797 die Allee am Damm errichten. Diese diente schon damals den Grazern als Promenade, die Glacis wurde vom Militär als Exerzier- und Paradeplatz genutzt. Schließlich



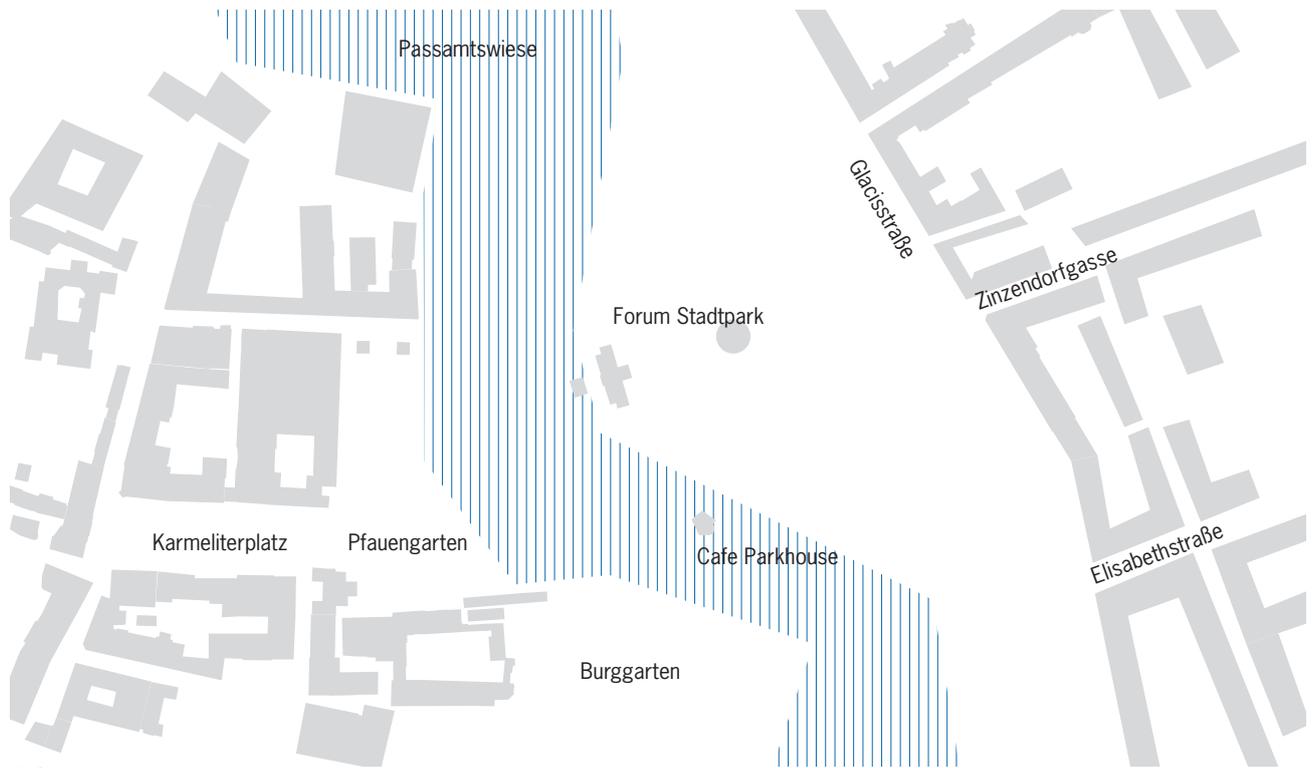
Grazer Uhrturm | Karmeliterplatz | Pfauengarten | Forum Stadtpark | Cafe Parkhouse

wurden die Gründe von der Stadt erworben und zur Umgestaltung in eine Parkanlage ausgeschrieben. Im Vordergrund stand die gärtnerische Konzeption mit exotischen Bäumen und bildete damit ein typisches Beispiel eines Naturparks des 19. Jahrhunderts.^{1,2}

1 „Architektur in Grazer Parkanlagen – Geplante und Realisierte Projekte vom 19. Jhd. Bis heute“, Diplomarbeit KF Universität, Katrin Mondschein, 2008, S. 28-34

2 „Historisches Jahrbuch der Stadt Graz: Band 5/6“, Wilhelm Steinböck, Hundert Jahre Grazer Stadtpark, Stadt Graz, 1973

PROJEKTGEBIET

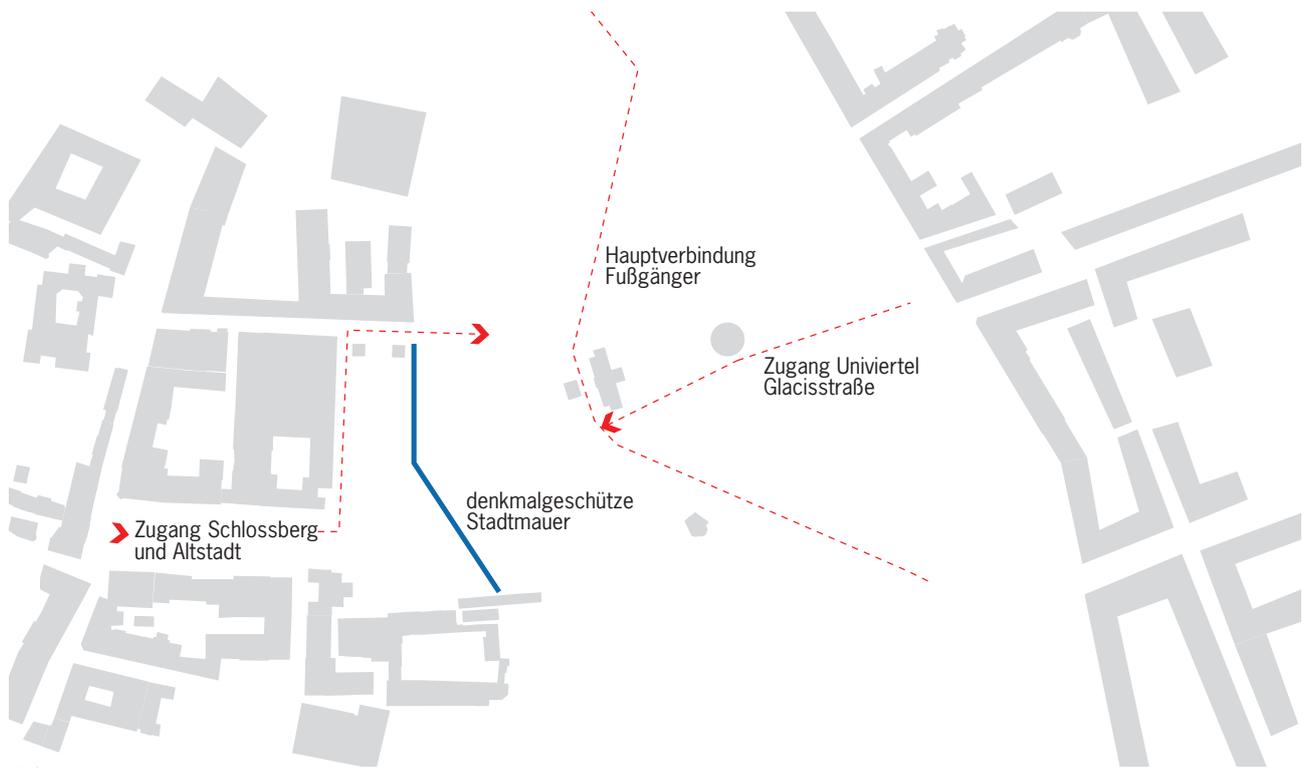


52

Das Forum Stadtpark wurde auf der erhöhten Ebene der Glacis errichtet und bildet mit dem darauf verlaufenden Hauptweg, die Grenze für den ehemaligen Burggraben. In diesem befindet sich heute die sogenannte Passantwiese, ein Verkehrsübungs- und Kinderspielplatz. Auf der Seite der Altstadt

wird der Graben durch Reste einer denkmalgeschützten Burgmauer begrenzt. Diese bildet eine fünf Meter hohe Barriere zwischen dem Pfauengarten und dem Stadtpark. Die Tiefgarage unter dem Pfauengarten wurde im Jahr 2004 fertig gestellt und besitzt drei Parkebenen. Damit erreicht die denkmalgeschützte

Stadtmauer eine Höhe von zirka zwei Metern auf Seiten des Pfauengartens. Den Abschluss der Tiefgarage bildet eine Stahlbetondecke für die 1,20 Metern Überschüttung vorgesehen wäre. Doch beträgt diese teilweise nur zirka 20 Zentimeter und ist spärlich bewachsen. Das Tragwerk der Tiefgarage wurde für eine vier-



53

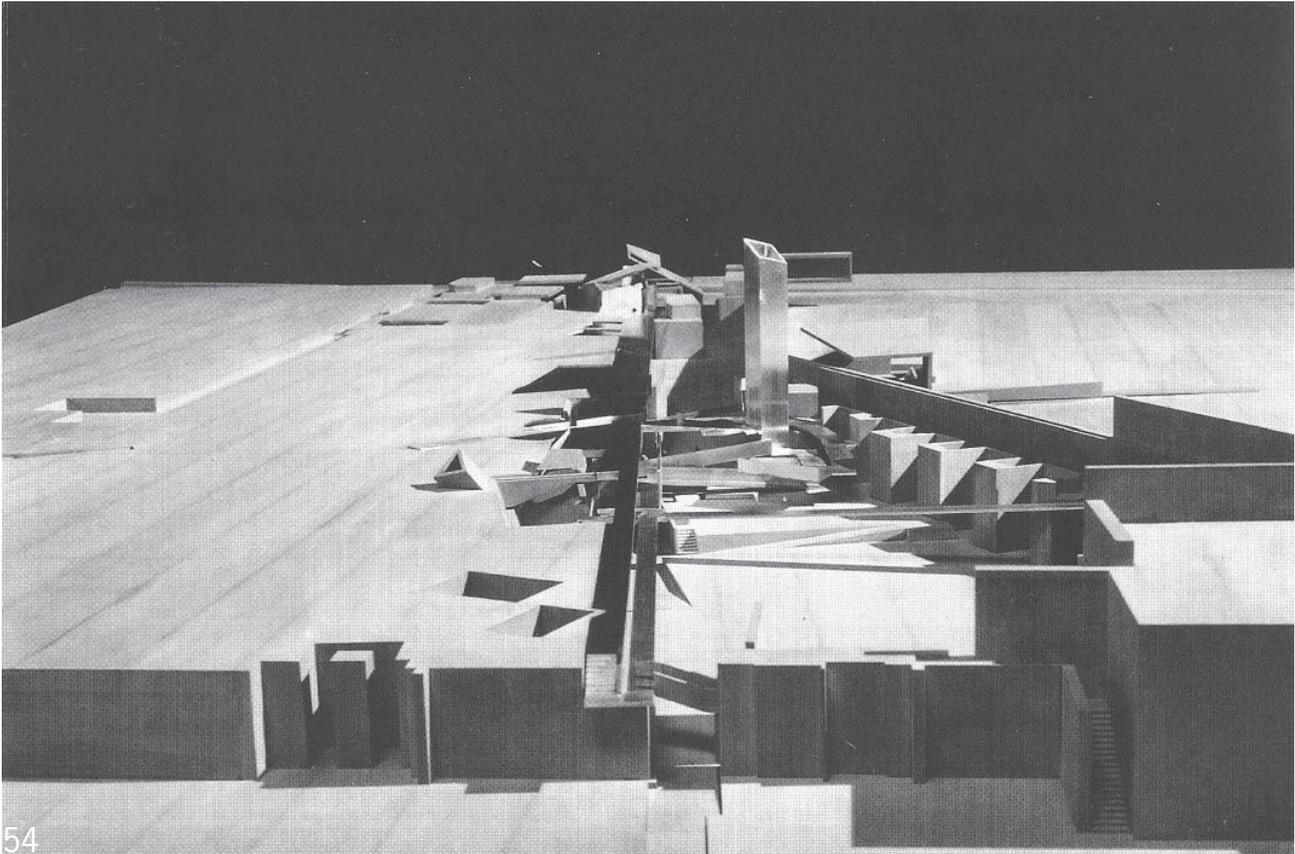


geschossige Überbauung ausgelegt und kann somit zusätzliche Lasten in den Baugrund abtragen. Das bestehende Gartenamtsgebäude unterhalb des Pfauengartens kann in Folge einer Umplanung abgerissen werden. Das Ziel ist eine Aufwertung der Brachfläche im Pfauengarten und des nah gelegenen

Teils des Stadtparks. Der Karmeliterplatz bildet zur Zeit die Verbindung vom Stadtpark zur Altstadt beziehungsweise zum Schlossberg. Die Brachfläche auf der Pfauengartengarage wird im Sommer für Open Air Veranstaltungen, im Winter als Eislaufplatz genutzt. Entlang dieser Brachfläche besteht

zur Zeit die fußläufige Verbindung zum Stadtpark, die als Schotterweg angelegt wurde. Weiters ist der Weg zum Univiertel über die Zinsendorfgasse oder die Elisabethstraße eine der wichtigsten Querverbindungen durch den Stadtpark.

PFAUENGARTEN AREAL - TRIGON MUSEUM

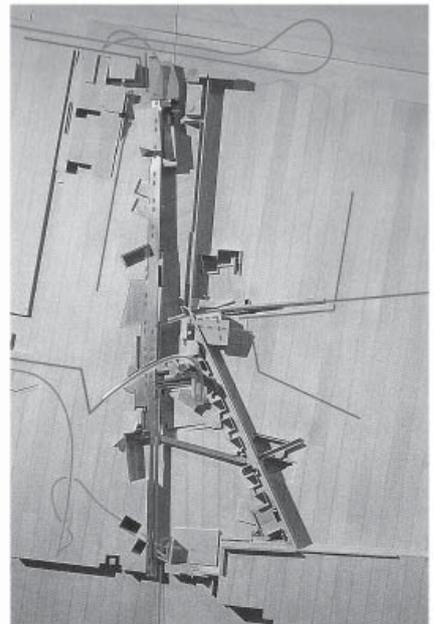
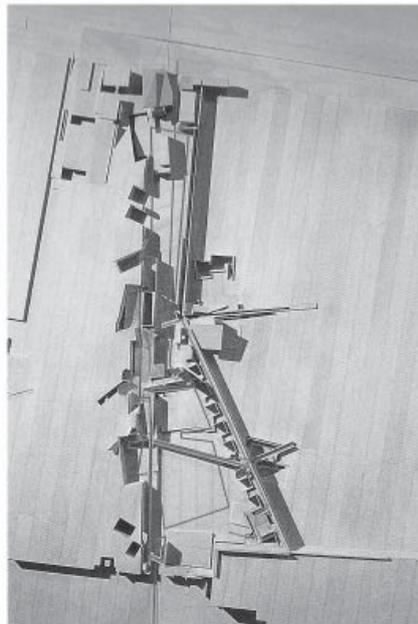
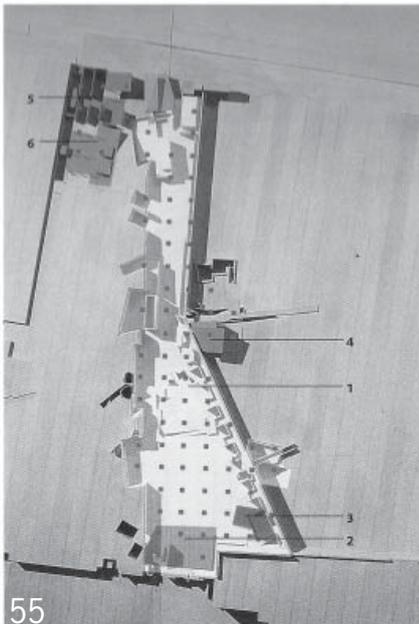


Die Diskussion startete mit der Überlegung ein neues Zentrum der Kultur in den Berg zu bauen. Dies wurde vorher auch schon in Salzburg und Linz vorgeschlagen, doch wurde in keiner der drei Städte ein derartiges Projekt umgesetzt. Der Architekt Klaus Gartler wollte den Grazer Schlossberg aushöhlen und die Öffnungen mit geneigten Glasplatten verkleiden. Die einzigartige Anziehungskraft dieser Idee für den Tourismusmarkt hätte durch die Architektur des Schlossbergfensters eine einzigartige städtebauliche Lösung darstellen können.

Doch wurde weiterführend eine Standortuntersuchung in der Stadt Graz durchgeführt, bei der das Schlossbergfenster nur eine der Möglichkeiten darstellt. Klaus Gartler bezeichnete das Gelände des Pfauengartens als weitere Alternative für die Errichtung einer Kunsthalle, da an dieser Stelle ein Link zwischen dem Stadtpark und dem dicht bebauten Altstadt kern entstehen würde. Eine Verbindung zwischen dem Schauspielhaus, Künstlerhaus und dem Forum Stadtpark würde eine schlüssige städtebauliche Ergänzung in diesem Gebiet bedeuten.

Die Idee des Künstlers Günter Waldorf, zur Gründung eines Museums des Trigon – Raumes, traf bei den Kulturverantwortlichen der Steiermark auf fruchtbaren Boden. Nach Klärung der städtebaulichen Anforderungen und der Abgrenzung des künstlerischen Konzeptes, wurde im Jahre 1988 ein Wettbewerb ausgeschrieben, den die Architekten Schöffauer und Tschapeller für sich entscheiden konnten. 1995 konnten endlich alle baurechtlichen Bewilligungen eingereicht werden, doch wurde das Projekt zu einem Politikum ernannt und durch den Verlust

“Dieses Kunstmuseum versteht sich als eine Landschaft, die subversiv eine Grenze überschreitet, die Stadtmauer unterläuft, sie aber zum lebendigen Teil einer neuen Situation macht.”¹



der absoluten Mehrheit der ÖVP auf Eis gelegt. Die bereits gesicherte Finanzierung wurde eingefroren. Klaus Gartler begründete damals mit seiner Machbarkeitsstudie seinen Standpunkt, dass das Trigon Museum das einzig realisierbare Projekt wäre. Auf Grund von Kosten und Nutzbarkeit, aber auch wegen des wertvollen baukünstlerischen Entwurfs der Architekten Schöffauer und Tschapeller, schlug er eine Realisierung des gut ausgearbeiteten Projektes im Pfauengarten vor. Die Architekturpolitik setzte nach dem Aufblühen der Grazer Schule

in den sechziger Jahren wieder auf Vorbilder der klassischen Moderne, die von Vittorio Magnago Lampugnani (Jurymitglied für den Wettbewerb des Kunsthauses im Schlossberg) vertreten wurde: *“Bietet es nichts als schlichte rechteckige Räume mit vier weißen Wänden und ein Oberlicht, und dies in einem klaren Rundgang, dann stellt es alle zufrieden.”* Dies kann man als Versuch der Landesregierung deuten, um die Vertreter der Grazer Schule einzubremsen und weniger Dekonstruktivistische Architektur zu etablieren.

Doch war der Entwurf des Trigon Museums wenig dekonstruktiv: Seine Qualitäten wurden durch präzise städtebauliche Planung und durch außergewöhnliche räumliche Durchbildung erzielt. Im Zweifelsfall sollten sich die Verantwortlichen auf jeden Fall für die Architektur und nicht für eine Touristenattraktion entscheiden.^{2,3}

1 Trigon Museum Pfauengarten, Landesbaudirektion Steiermark, Graz 1992 Seite 7

2 Spectrum, Am Ende der wilden Jahre 22.03.1997

3 Trigon Museum Pfauengarten, Landesbaudi-

PAVOREAL WETTBEWERB

2008

1. Preis

Pichler & Traupmann

Architekten

Der Auslober des Wettbewerbes forderte eine Bebauung mit mehreren urbanen Funktionen, wie Wohnen, Arbeiten und Handel, die in die Altstadt eingebunden werden sollten. Die repräsentative Lage, inmitten des zum UNESCO Weltkulturerbe zählenden Stadtteils, spricht für die Errichtung eines In-

nenstadthotels und wäre ein guter Ausgangspunkt für Touristen. Das Planungsgelände des Pfauengartens liegt auf einer dreigeschossigen Tiefgarage, die die erforderlichen Parkplätze für die Bebauung bereits zur Verfügung stellt. Auch wurde bei der Planung der Tiefgarage bereits eine Überbauung

angedacht, wobei diese von nicht überbaubar, bis zwei oder viergeschossig projiziert werden kann. Auf dem Areal treten oberirdisch die beiden Einfahrtsbauwerke sowie die Einhausungen der Stiegenabgänge in Erscheinung. An der Giebelwand des Landesarchives stehen zwei als Provisorium errichtete Edelstahl-



kamine mit 22 Metern Höhe, die im Zuge der Errichtung einer Überbauung integriert werden sollten.

Durch die Umgestaltung der Oberfläche des Karmeliterplatzes wurde das Mahnmal für die Opfer der Weltkriege zum Paulustor verlegt und verlor somit seine Funktion als östliche Begrenzung. Der Karmeliterplatz mündet zur Zeit in eine ungestaltete Hofsituation und bietet somit keine besonders attraktive Zone im Übergang zum Stadtpark.

Eine Integration der gewünschten fußläufigen Verbindung in das Wettbewerbsprojekt, sowie ein sinnvoller Anschluss an das bestehende Wegenetz des Stadtparks ist ebenfalls gefordert. Laut Wunsch des Bundesdenkmalamtes stehen das dort befindliche Gartenamtsgebäude, sowie der Verkehrserziehungsplatz zur Disposition. Allerdings steht der Stadtpark unter Denkmalschutz und erfordert eine Bewilligung für die Errichtung von Bauwerken jeder Art.¹



1 PAVOREAL Wettbewerbsausschreibung, V22/22. Oktober 2007



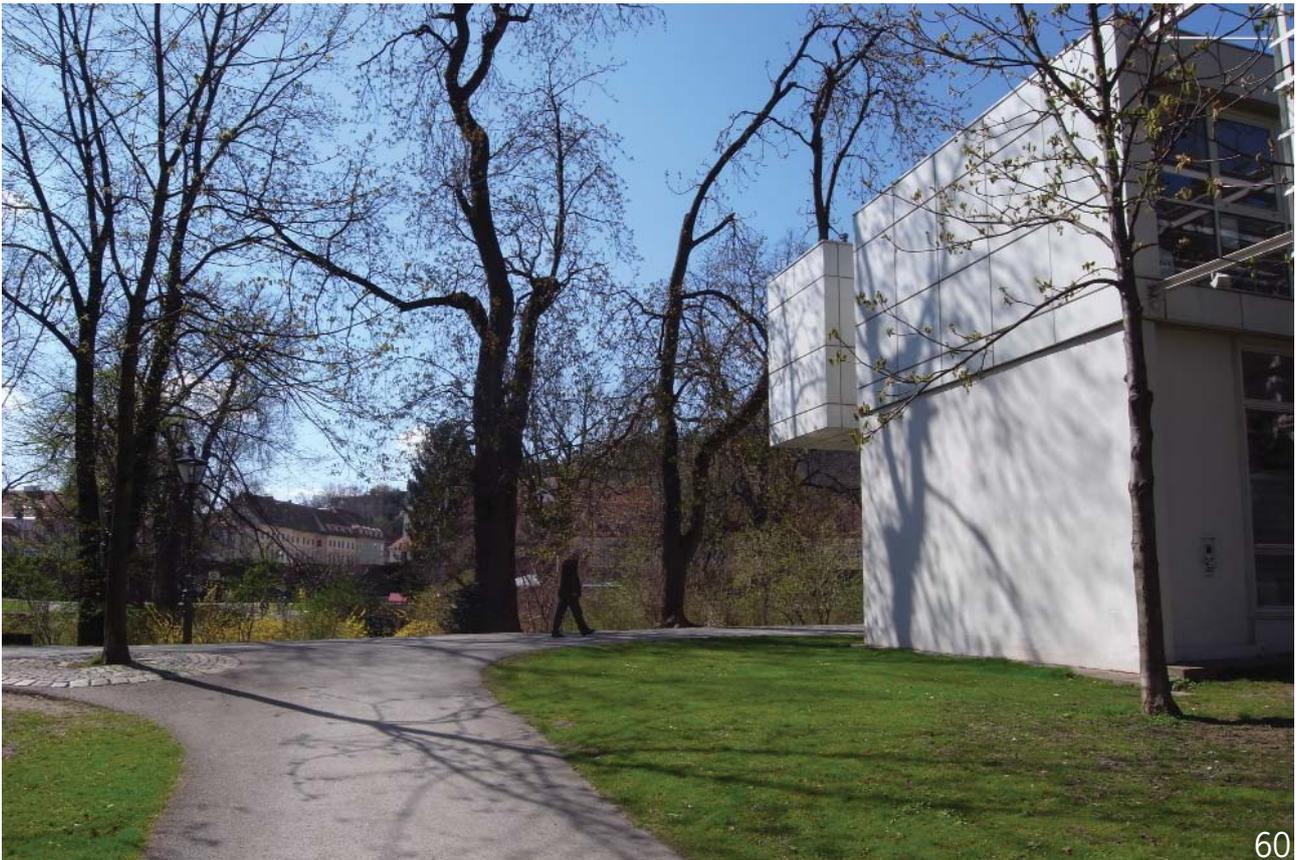
PROJEKTGEBIET



Blick vom Karmeliterplatz zum Pfauengarten



Derzeitige Verbindung zum Stadtpark



Blick vom Forum Stadtpark zum Pfauengarten



Derzeitige Verbindung über die Sauraugasse

FORUM STADTPARK & CAFE PARKHOUSE



Das Forum Stadtpark bildet das kulturelle Zentrum des Stadtparks und wurde Anknüpfungspunkt der neuen fußläufigen Verbindung zum Karmeliterplatz.

Eine Gruppierung junger, bildender Künstler ersuchte den Stadtsenat im Jahre 1958 um einen Umbau des leerstehenden „Cafè Wirth“ zu einem neuen kulturellen Treffpunkt. Anfangs wurde dies jedoch aus finanziellen Gründen abgelehnt, doch schafften es der Künstlerbund Graz, zusammen mit der „Jungen Gruppe“ und dem Steirischen Schriftstellerbund den Abriss des Gebäudes zu

verhindern. Sie mussten versichern, das Gebäude ohne finanzielle Hilfe der Stadt renovieren zu können.

Daraufhin wurde das Gebäude nach den Plänen des Grazer Architekten Werner Hollomey umgebaut, welcher unter anderem auch die Terrassenhaussiedlung und die Feuerwache am Lendplatz entworfen hat. Der Umbau konnte durch Spendengelder, Benefizaktionen und Subventionen finanziert werden und wurde schließlich an die Gruppierung Forum Stadtpark übergeben.

Architekt Holomey über die neuen Nutzungsmöglichkeiten bei der

Eröffnung:

“ [...]ein Raum für Theater, für Ausstellungen, Vorträge und Film. Ein Raum für das Kabarett, die Musiker, ein Raum für ernste Arbeit, für Meinungs-äußerung, für Kritik, Aussprache und Kontaktbildung, ein Raum aber auch für fröhliche Feste (...) Der neu geschaffene Keller brachte einen Raum für die Abhaltung von Kursen, eine Werkstatt für die bildenden Künstler und ein Klublokal, das mit einer Bibliothek für Kunstzeitschriften vereint sein wird; ein Kellerlokal, das den Rah-



men bilden soll für ernste und heitere Aussprache.”¹

In den neunziger Jahren wurde das bestehende Gebäude zu klein und musste renoviert werden. Dadurch kam es zu einer langwierigen Debatte über den Umbau und die weitere Finanzierung des Forum Stadtpark. Die Architekten Ernst Giselbrecht und sein Nachfolger im Architekturreferat des Forum Stadtpark Peter Zinganel planten das Gebäude weitläufig zu unterkellern und um weitere Veranstaltungsräume zu erweitern. Auch sollte die WC – Anlage an der Rück-

seite des Gebäudes aufgestockt und zu einem Literaturkaffee umgebaut werden.

Trotz der positiven Bewertung durch die Altstadtkommission und jahrelangen Verhandlungen kam es nicht zu diesem geplanten Umbau, sondern es wurde ein weniger umfassendes Umbaukonzept erarbeitet. Der Umbau wurde binnen eines halben Jahres umgesetzt und im Jahr 2000 fertiggestellt. Die Architekten erweiterten das Gebäude um ein Stockwerk, in dem nun Büroräume und Ateliers untergebracht sind. Das auffälligste Merkmal bildet

der vorgehängte Stahlrahmen, der im schlichten weiß einen Kontrast zur Umgebung darstellt. Dieser ist mit Lamellen versehen und erzeugt damit eine Pufferzone zwischen den neugeschaffenen Räumen im ersten Stock und dem Parkgelände, dass sich vor dem Brunnen eröffnet.²

¹ „Architektur in Grazer Parkanlagen – Geplante und Realisierte Projekte vom 19. Jhd. Bis heute“, Diplomarbeit KF Universität, Katrin Mondschein, 2008, Seite 110

² ebd., Seite 109 ff

■ parkhouse

In den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts befand sich an der Stelle des heutigen Cafes ein Milchstand. Dort soll der Besitzer eine Kuh in einem Holzverschlag gehalten haben, um jeden Tag frische Milch verkaufen zu können. Gegen Ende der 20er Jahre wurde dort eine sogenannte Milchhalle errichtet. Diese wurde vom Werkbundarchitekten Hans Hönel entworfen, dessen bekanntestes Projekt wohl die Werkbundvilla in der Schubertstraße ist. Das genaue Entstehungsdatum der sogenannten „Baby Bar“ ist nicht genau bekannt, aber sie gehörte zum damaligen Zeitgeist, der das Wohl des Volkes und das Gesundheitsbewusstsein propagierte. Dazu gehörte auch das Pflegen von Parkanlagen und die innerstädtischen Erholung für die

Bewohner. Das Errichten von Milchhallen wurde durch den Einfluss von Antialkohol- und Abstinenzbewegungen unterstützt und bot damit eine Alternative zur kommerziellen Gastronomie.

Friedrich Achleitner nimmt an, dass die „Baby Bar“ im Jahre 1928 errichtet wurde und beschreibt sie als schönes Beispiel des steirischen Werkbundes. Entstanden ist ein ausgewogenes Verhältnis, einerseits durch das steile Dach, das an traditionelle Architektur erinnert, andererseits jedoch durch große Fensterflächen, die versuchen den Idealen der Moderne näher zu kommen. Auch der traditionelle Werkstoff Holz wurde in einer ansprechenden Form bewusst modern eingesetzt und bietet eine haptische Verbin-

dung zu den umgebenden Bäumen. Das Gebäude steht unter Denkmalschutz und musste schon mehrmals auf Grund von Brandschäden renoviert werden. Seine ursprüngliche Werkbundform wurde bis auf kleine Anbauten im hinteren Teil des Gebäudes beibehalten. Mit Konzerten von Musikern und Deejays bildet das Parkhouse heute einen der wichtigsten Treffpunkte im Grazer Stadtpark.¹

1 „Architektur in Grazer Parkanlagen – Geplante und Realisierte Projekte vom 19. Jhd. Bis heute“, Diplomarbeit KF Universität, Katrin Mondschein, 2008, S.97ff



NEUE VERBINDUNG

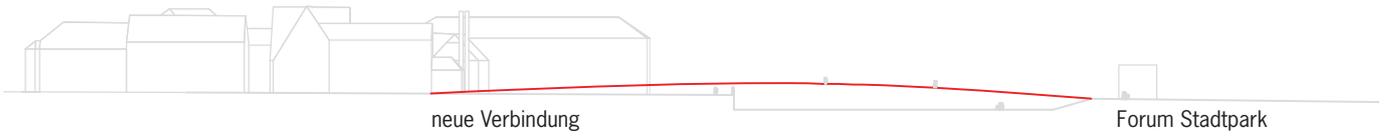
Der Fokus lag auf einer sinnvollen Verbindung zwischen dem Karmeliterplatz und dem Stadtpark. Ziel war es, die fußläufige Verbindung, die im Rahmen des Pavoreal Wettbewerbs gefordert wurde, auszuarbeiten.

Wie im Schnitt ersichtlich (siehe Abb. 65) soll die Fußgängerbrücke mit einem Bogen über die denkmalgeschützte Mauer und dem ehemaligen Burggraben führen. Anfang der Brücke ist beim Ost-ende des Karmeliterplatzes beziehungsweise beider Wegkreuzung an der südlichen Schmalseite des Forum Stadtparks. Weiters windet sich die Brücke durch die bestehenden Bäume des Stadtparks und ermöglicht somit eine Perspektive in Höhe der Baumkronen und Einblicke in den Burggarten. Wichtig war mir dabei eine sinnhafte Anbindung an das

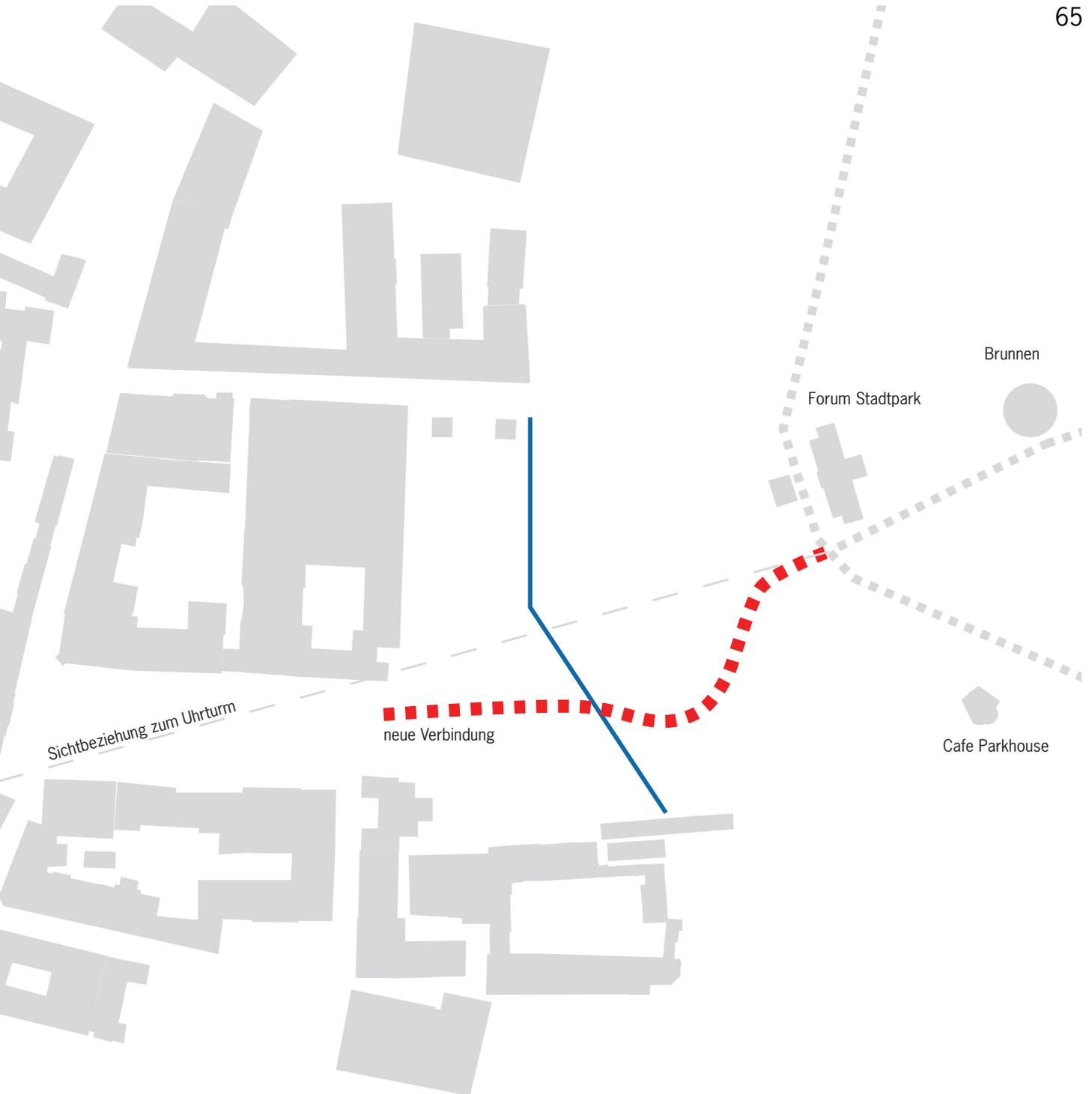
Wegenetz im Stadtpark und eine somit resultierende Verbindung zum Forum Stadtpark, Cafe Parkhouse, dem Brunnen und weiter zur Glacisstraße. Auch die Sichtbeziehung zum Grazer Uhrturm wurde erst durch die gekrümmte Grundrissform ermöglicht - eine Gerade vom Forum zum Karmeliterplatz hätte keine Perspektive zum Uhrturm zugelassen.

Eine behindertengerechte Steigung von sechs Prozent wurde berücksichtigt und bildet sich im Schnitt als bogenförmige Verbindung ab. Auf dieser Grundlage werde in in weiterer Folge ein zweiseitig gekrümmtes Brückentragwerk entwickeln und Plangraphisch darstellen. Die ersten Entwurfsideen werden in den folgenden Seiten behandelt.



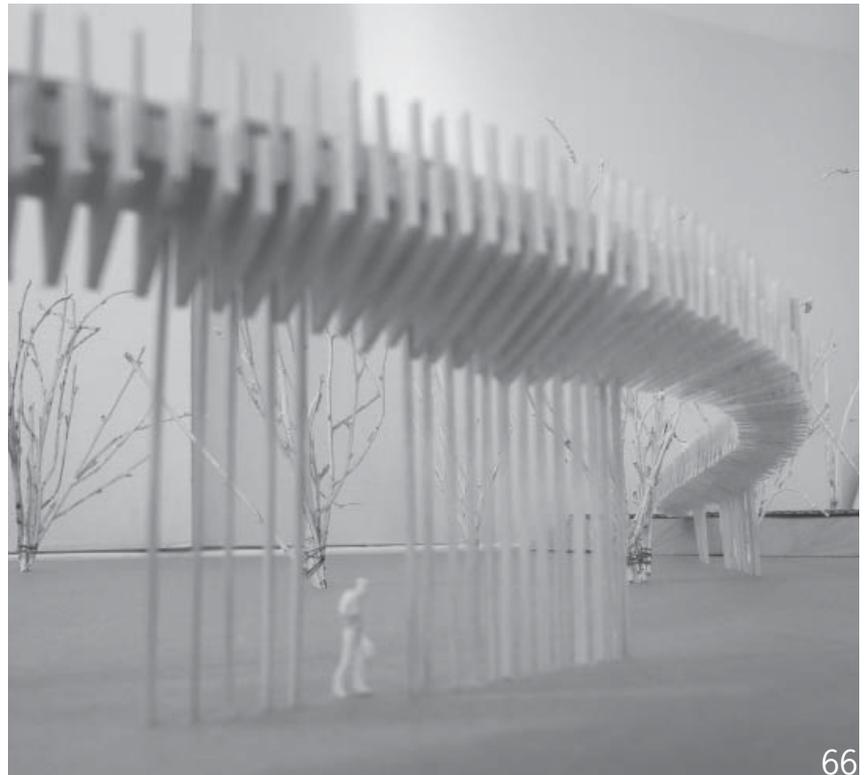


65



77

ENWURFSIDEEN



Die neue Verbindung vom Karmeliterplatz zum Forum Stadtpark besitzt eine sehr repräsentative Lage. Aus diesem Grund habe ich die Entwurfsideen gleich einmal in einem Arbeitsmodell nachgebaut. Ich hatte eine Vorstellung von fächerartigen Rahmen, die das Tragwerk umschreiben und zusammen mit den Bäumen ein Spiel

von Licht und Schatten erzeugen. Auch sollen unterschiedlichste Perspektiven entstehen, die sich durch die gekrümmte Form der Brücke - je nach Betrachtungswinkel - verändern. Auf die Untersicht der Brücke habe ich dabei auch ein Augenmerk gelegt, da diese für die Benutzer des Parkes und der Verkehrsflächen unterhalb der Brücke

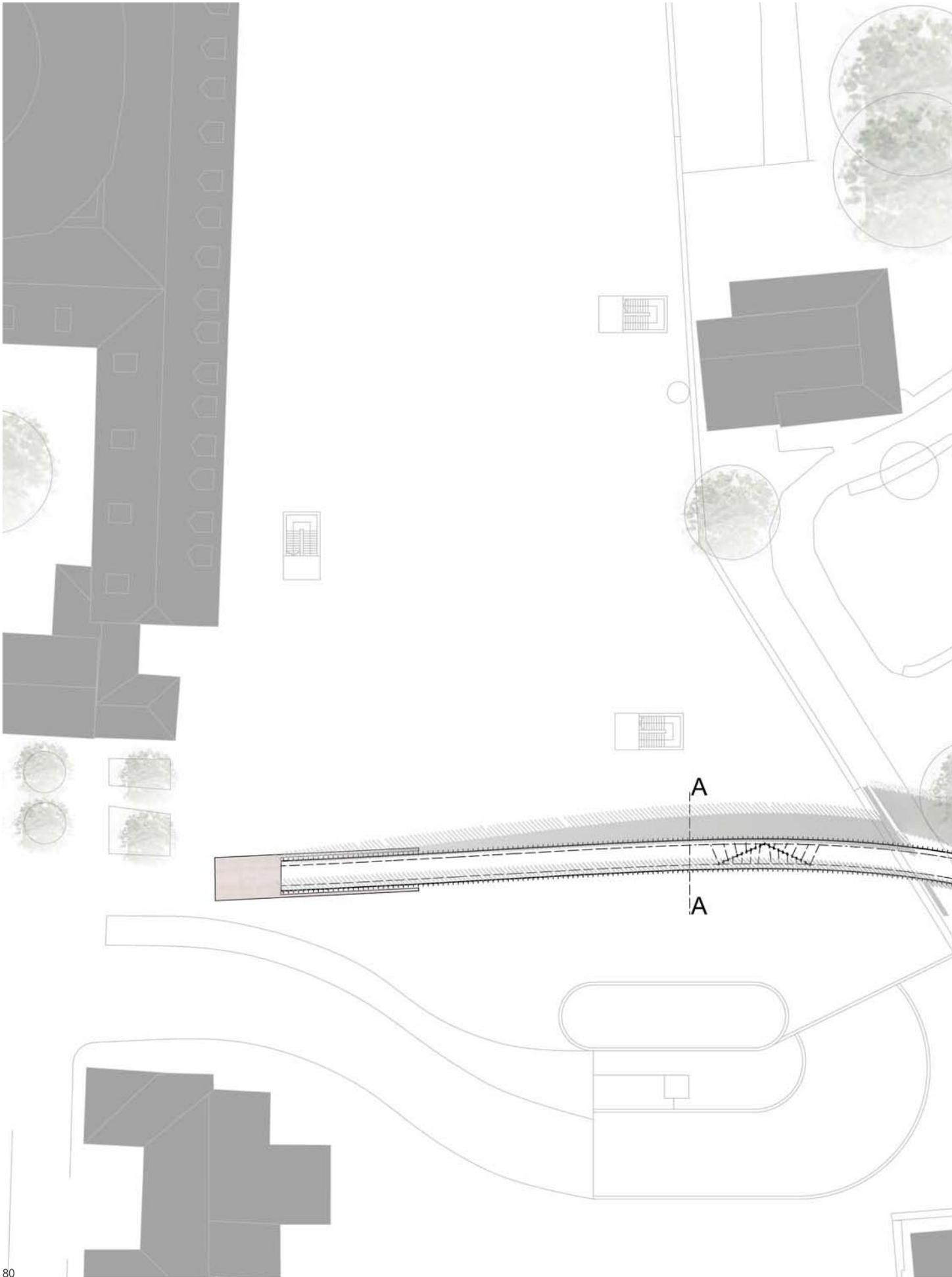
eine besondere Qualität aufweisen sollte. Die Rahmen verformen sich trapezförmig und erzeugen eine Dynamik, die sich aus dem künstlerischen Aspekt der Bewegung von Menschen auf der Brücke rückschließen lässt. Die Stützen waren für mich immer Teil des gesamten Konzeptes und stellen den Bereich zwischen dem Boden des ehema-

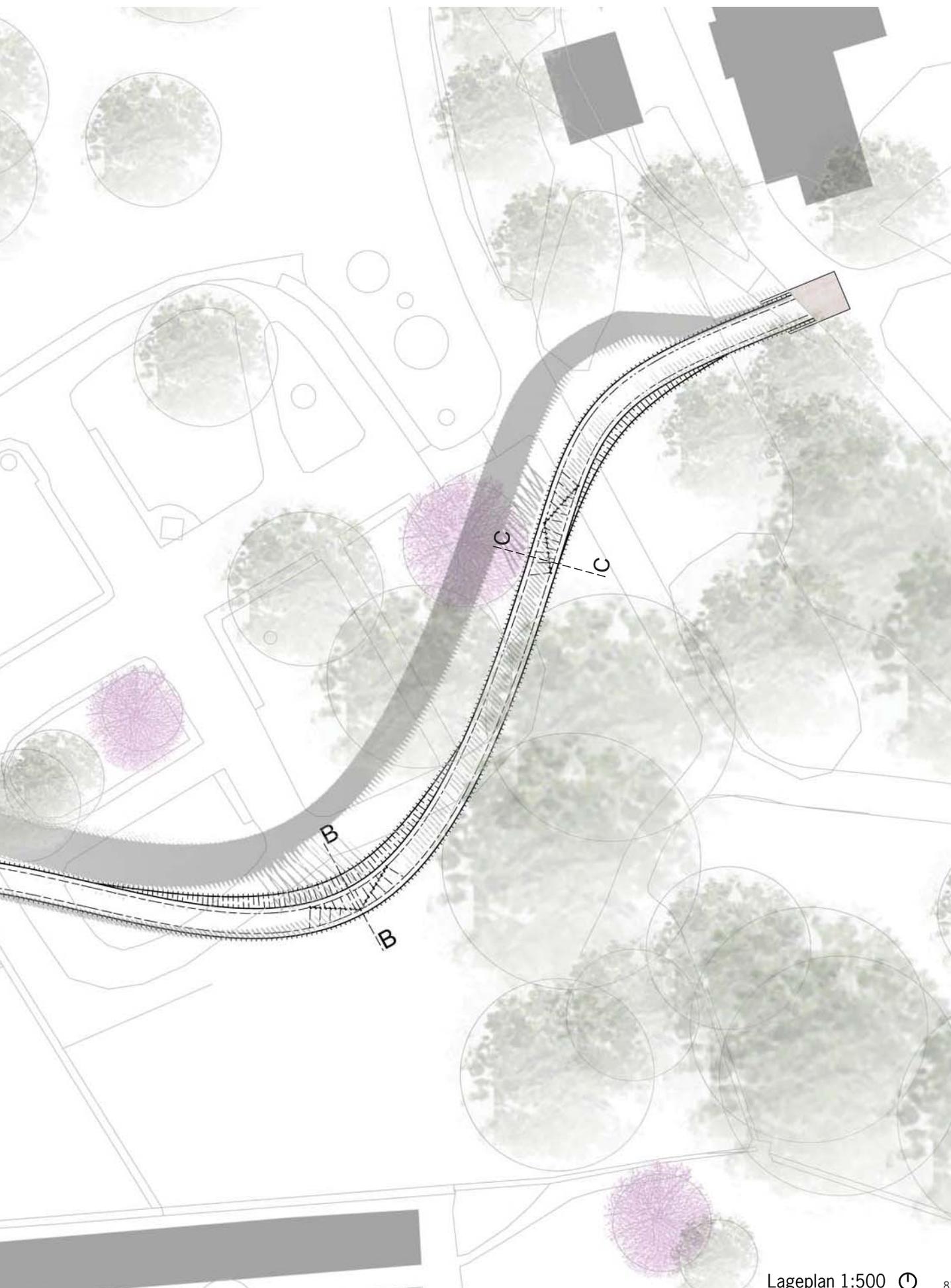


ligen Burggrabens und der Brückenkonstruktion dar. Da die auf Höhe der Baumkronen zu liegen kommt war die Idee von einem Stützenwald, der mit der Perspektive und den umgebenden Baumstämmen spielt prägend für meinen Entwurf. Auf Grund der natürlichen Umgebung, war der Einsatz eines Holztragwerkes für mich naheliegend.

Auch gibt auch schon genügend Beispiele in ähnlicher Umgebung, die allerdings als Hängekonstruktionen aus Stahl hergestellt wurden (z.B. Schlaich & Partner). Diese würden aber hohe Masten benötigen, die für dieses Planungsgebiet meiner Meinung nach eine falsche, zu starke Signalwirkung darstellen würden. Die Konkurrenz zum

denkmalgeschützten Stadtpark und den dort befindlichen Bäumen wäre eine unangemessene Intervention in diesem Areal. Auch ist der ökologische Aspekt im Bezug auf das Tragwerk und die für die innovative Holzindustrie bekannte Steiermark ein weiterer Grund für diese Entscheidung.



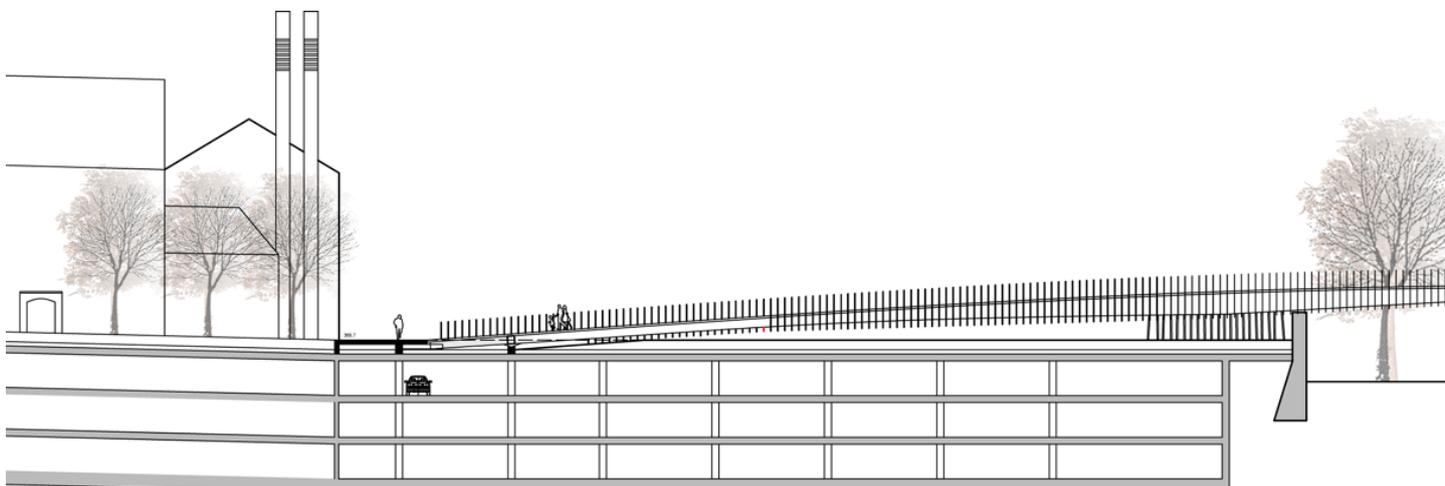


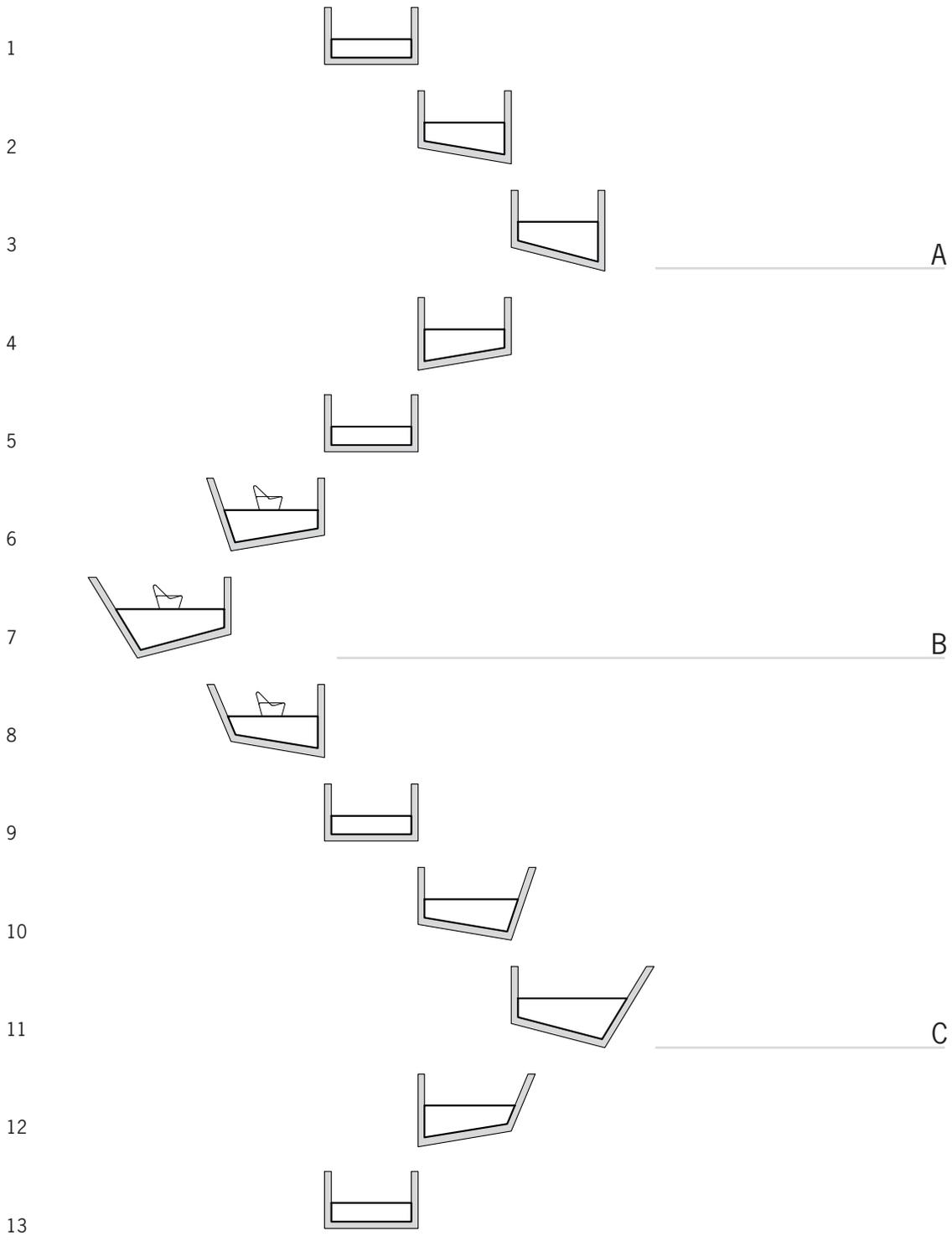
Die Brücke erweitert sich an den beiden Krümmungen im Grundriss zu Aufenthaltszonen, an denen Sitzgelegenheiten vorgesehen sind. Die Brücke soll mehr als nur eine Verbindung werden, sie soll auch zum Aufhalten und Benutzen animieren. Das Erlebnis wie bei einem sogenannten Baumkronenweg soll den Stadtpark bereichern und ein neues Highlight im Stadtpark bilden.

Die einzelnen Rahmen bilden die Basis für das Geländer der Brücke und bestehen aus Cortenstahl, der für mich die idealen haptischen und optischen Qualitäten besitzt. Wie im Diagramm dargestellt, verändert sich der Querschnitt entlang des Brückenverlaufs zusammen mit den umgebenden Rahmen. In den beiden Krümmungen verformt sich die Brücke zusätzlich, indem

sich die Gehfläche erweitert und das Gelände nach außen kippt. Der Hohlkasten bildet eine geschlossene homogene Tragstruktur, die wie aus einem Stück gefertigt in Erscheinung treten soll.

Auf Grund der Menge der Rahmen und um eine intelligente Erzeugung dieser zu ermöglichen, werden diese parametrisch erzeugt. Wie das funktioniert werde ich in den nächsten Seiten veranschaulichen.





EXKURS: PARAMETRIC DESIGN

„Wir waren kompliziert genug, die Maschine zu bauen, und wir sind zu primitiv, uns von ihr bedienen zu lassen.“

Karl Kraus, Untergang der Welt durch schwarze Magie, 1922 ¹

Der tägliche Gebrauch von Mobiltelefonen, Computern, Internet und E-Mail haben in den letzten 10 Jahren unsere Lebensart maßgeblich verändert. Die damit verbundenen Entwicklungen in der Architekturszene haben zu einem vermehrten Gebrauch von Computerhard- und Software im Entwurfs- und Planungsprozess geführt. Die dadurch erleichterte Darstellung von komplexen Geometrien hat ein neues ästhetisches Empfinden hervorgerufen. Auch in der Filmindustrie ist es selbstverständlich geworden virtuelle Kulissen zu generieren, anstatt aufwendige Dreharbeiten an realen Orten durchzuführen. Die Möglichkeit Architektur digital abzubilden beziehungsweise in einem virtuellen Umfeld zu generieren erleichtert die räumliche Vorstellung und wirft die Frage auf, wo Gebautes durch virtuelles ersetzbar wird.

Für die ArchitektInnen eröffnet sich ein ganz neues Arbeitsfeld, dass durch computerunterstützte Ent-

wurfspraktiken und Darstellungsmethoden, mit Verwendung der technischen Fähigkeiten zur Erzeugung von virtuellen Räumen und deren gestalterischen Anforderungen beschrieben werden kann.²

Animierte Architektur

Für ArchitektInnen sind bewegte Bilder in Bezug auf Architekturdarstellung etwas ganz neues und wenige können Animation und Rendering unterscheiden. Allerdings scheint es nicht mehr sinnvoll eine Wettbewerbseinreichung ohne Animation abzugeben.

Das Rendering hat sich als Bezeichnung für unbewegte Bilder, die vom Computer generiert werden, durchgesetzt. Im Bauwesen bedeutet es auch außerdem „Anwurf und rauer Putz“, was auf Flächenqualität verweist, sowohl auf weitere Bedeutung als künstlerische Wiedergabe und Interpretation.

Animation ist jedoch ein filmtechnisches Verfahren, bei dem unbewegte Objekte in Bewegung versetzt werden - wie bei einem Trickfilm oder Daumenkino. Die Simulation findet in der Architektur meist nur

bei Belichtungsstudien Anwendung, ist jedoch bei Bauingenieuren eines der wichtigsten Werkzeuge. Dabei werden technische sowie natürliche Vorgänge nachgeahmt, also künstliche Bedingungen geschaffen, wie sie in der Realität vorkommen. Dazu zählen die Einwirkungen von Schwerkraft, Wind, Schnee, Material und Kombinationen daraus.

Der Weg zur Computeranimation

Das erste Trickfilmvorführgerät läutet die Geschichte der Animation ein und beginnt etwa vor 170 Jahren. Das sogenannte Phantoskop - aus dem Jahre 1831- wurde vom Franzosen Josephe Antoine Plateau erstmals konstruiert. Die ersten Trickfilme wurden bereits vor dem ersten Weltkrieg produziert und erlangten in den zwanziger Jahren - durch Walt Disney Produktionen - einen hohen Bekanntheitsgrad. Bis in die sechziger Jahre wurden hauptsächlich handgezeichnete Bilder verwendet. Dann begann die computergestützte Animation - erst um Zwischenbilder („In-Betweens“) zu erzeugen, um somit die Produktivität zu steigern. Man brauchte also nur noch sogenannte „Key-Frames“ zu zeichnen und die restlichen wurden

vom Computer erzeugt. Zusätzlich konnten diese frühen Grafikcomputer handgezeichnete Flächen mit Farben oder Mustern füllen. In den siebziger Jahren wurden schon kinematische Prozessmodelle und dreidimensionale Objektmodelle verwendet. Damit wurde der Computer immer mehr zum zentralen Werkzeug von Animationen. Heute werden Computeranimation und digitale Effekte in den unterschiedlichsten Bereichen angewendet: in der (Medien-) Kunst, Architektur, Werbung, Kino, Fernsehen, Computerspielen, etc.³

Animation als Denkwerkzeug

Die Anfangsinvestitionen in Hard- und Software sind so gering geworden, dass jeder auf seinem privaten PC digitale Filme erzeugen und editieren kann. Das Erleben von dreidimensionalen animierten Welten in Computerspielen gehört schon lange zur Normalität und diese Entwicklung hat auch vor der Architektur nicht halt gemacht. Es werden neue Anwendungen der Animation im Bereich der Architektur integriert: nicht nur für Kundenpräsentationen, sondern genau wie Modelle, Pläne,

Skizzen oder perspektivische Renderings, sollen als Denkwerkzeug für den Entwurf eingesetzt werden.

Computeranimation beinhalten die unterschiedlichsten Formen um digitale Filme zu erzeugen. Von animierten Szenen bis zum Video-editing können computergenerierte Filmsequenzen mit gefilmten Material beliebig zusammengesetzt werden. Auch algorithmische Verfahren und interaktive Echtzeitanwendungen gehören zum Bereich der Computeranimation.

Bewegte Bilder haben den Vorteil, die Aufmerksamkeit der Betrachter leichter auf sich zu ziehen, als statische Motive. Damit haben Animationen ein hohes Potenzial, um Architektur besser und verständlicher vermitteln zu können. Allerdings besteht die Gefahr, damit das jeweilige Projekt abzuschwächen, beziehungsweise lassen sich Probleme leichter kaschieren als bei einem analogen Modell. Allerdings lassen sich mit den Mitteln der Animation Aspekte der Architektur darstellen, die sonst in keinem anderem Medium möglich wären. Somit sollte die Animation nicht Pläne und Modelle ersetzen, sondern die Darstellungen ergänzen und Gegenstand des Entwurfsprozesses werden.⁴

1 „Human Machines are your friends!“, Zeitschrift „Hintergrund“ Nr. 33, Architekturzentrum Wien, 2007, Seite 2

2 ebd., Marion Kuzmany, Seite 5 ff

3 ebd., Oliver Schürer, Seite 55 ff

4 ebd., Urs Hirschberg Seite 60 ff

Parametrismus – Der neue Internationale Stil

In den letzten Jahren hat sich in der aktuellen Architekturdiskussion eine global wirkende Tendenz abgebildet. Der „Parametrismus“, in Anlehnung an Philip Johnsons Branding der architektonischen Moderne, könnte als der neue internationale Stil der zeitgenössischen Architektur verstanden werden. Die Protagonisten sehen es als neue Hochphase systematischer Innovationen, die in der Anwendung von digitalen Animationstechniken wurzeln. Parametrische Entwurfssysteme und Scripting-Techniken bieten die neueste Grundlage der Entwerfer, die eine Anwendbarkeit auf Entwurfsaufgaben der Innenarchitektur, Design aber auch Städteplanung gefunden haben. Diese Entwicklungen der letzten fünfzehn Jahre, werden nun durch den Hegemonialanspruch des Parametrismus, als die Nach-moderne Stilrichtung sichtbar. Zaha Hadid, als eine der bekanntesten Architektinnen der Welt, unterstütze ein dreijähriges Forschungsprojekt namens „Parametric Urbanism“ an der Architectural Association in London, welches auf eine Reihe von Masterplanentwürfen angewendet wurde

(z.B.: Kartal-Pendik in Istanbul).

Durch die Verwendung von Animationen, Simulationen und Formfindungstechniken, sowie das parametrische Modellieren und Scripten hat eine neue Strömung in der Architektur hervorgerufen und mit radikal neuen Zielen und Werten inspiriert. Parametrismus ist der große neue Stil, denn die Postmoderne und der Dekonstruktivismus waren Übergangsperioden, die zu einer Hochphase der Forschung und Innovation führten. Schon seit den neunziger Jahren wurde mit dem Schlüsselbegriff der „kontinuierlichen Differenzierung“ eine neue Zielrichtung in der Architektur festgelegt. Das präzise formulieren von komplexen Korrelationen zwischen Elementen und Subsystemen, mit Hilfe von parametrischen Entwurfstools und Scripts, ermöglicht eine geordnete Komplexität und den Eindruck nahtloser Fluidität, eine Formensprache die auch in der Natur zu finden ist. Um einen Rückfall in überkommene Muster zu verhindern, muss eine kontinuierliche Weiterentwicklung der „Computation“ als Entwurfs-

methode stattfinden. Diese spiegelt sich in den Tabus und Dogmen der zeitgenössischen Avantgarde - Entwurfskultur wieder.

Tabus: Zu vermeiden sind streng geometrische Körper, als auch die Wiederholung von Elementen oder die Aneinanderreihung von unverbundenen Elementen oder Systemen.

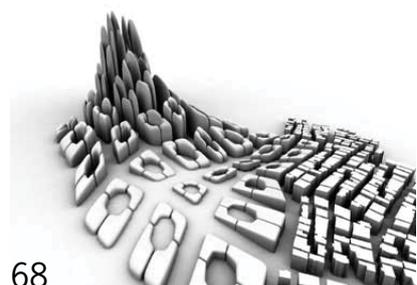
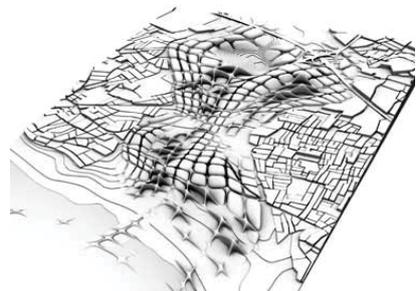
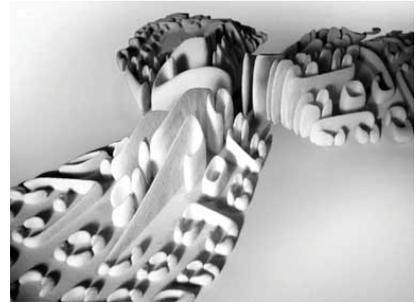
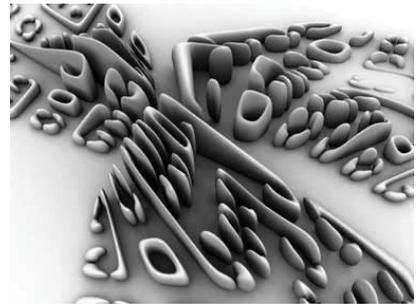
Dogmas: Am Besten wären Formen, die alle parametrisch verformbar sind, systematisch gekrümmt und in Korrelation zueinander gesetzt werden.

Digitale Techniken wie Scripting und parametrisches Modellieren werden zunehmend allgegenwärtig. Es sollten die Beherrschung und Weiterentwicklung mit der Artikulation von neuen programmatischen Zielsetzungen in der Architektur einhergehen.

Zaha Hadid entwarf ein städtisches Areal mit sechs Millionen Quadratmetern Fläche, das von einem einzigen Team entwickelt wurde. Diese Arbeitsweise ist neu und mag viel Skepsis hervorrufen, auf der anderen Seite wird dadurch auch die Pragmatik des Alltags wieder gespiegelt.

Ein Übermaß an Typologien, Konstruktionsmöglichkeiten und Stilen eröffnet dem Parametrismus einen großen Spielraum in der gesamten Architekturbranche. Er kann pragmatische Anliegen fördern, erlaubt aber doch eine Fülle von Differenzierung, da Anpassungsfähigkeit und Vielseitigkeit die Grundlage des Parametrismus bilden. ¹

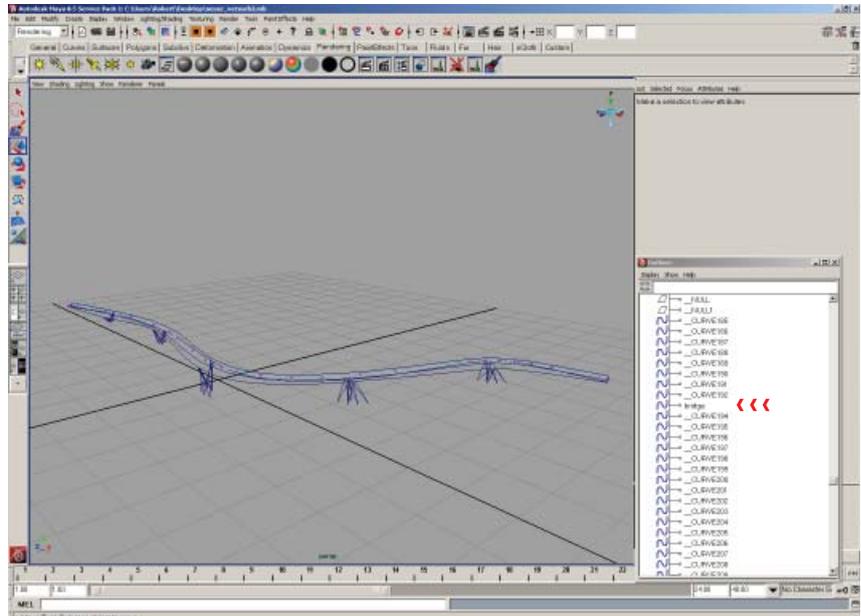
1 „Parametrismus – Der neue International Style“, ARCH+ 195, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, November 2009 , London 2008



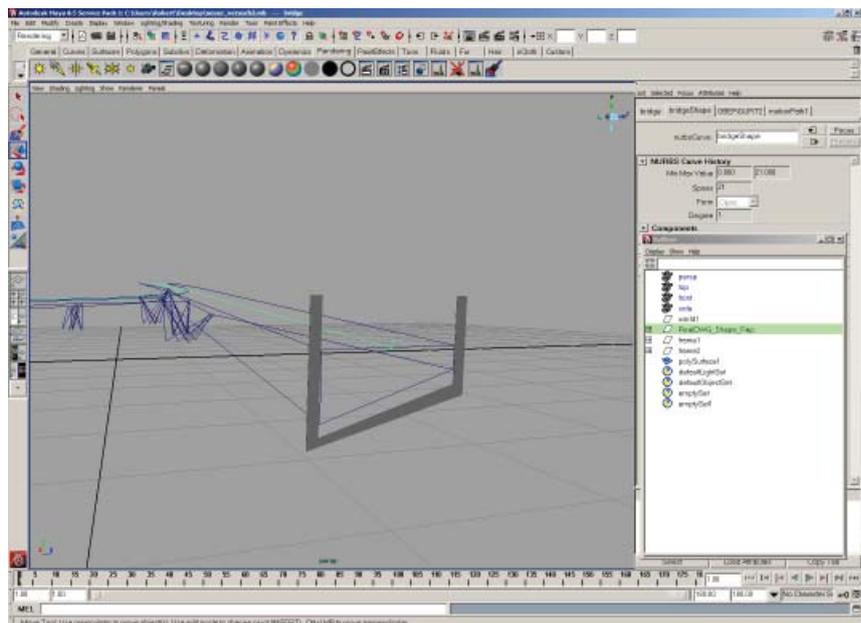
Autodesk MAYA - MEL SCRIPT

Autodesk Maya ist eines der weltweit führenden Anwendungen für 3D-Animation und visuelle Effekte. Es wird zum Modellieren, Animieren und Rendern verwendet. Der Kinofilm „Findet Nemo“ wurde von der Animationsfirma Pixar in Maya erstellt, auch das Architekturbüro von Zaha Hadid verwendet diese Software, um parametrische Modelle am Computer zu generieren. Diese werden mit Hilfe der Scriptsprache MEL (Maya Embedded Language) in den Computer eingegeben und können auch mit Schaltflächen geregelt werden. Der große Vorteil bei Maya ist, dass alle Befehle, die händisch im Programm ausgeführt werden, auch im Script Editor aufscheinen. Dadurch ist es einfacher die richtigen Befehle zu finden und man muss nicht lange nach den gewünschten Befehlen in einer Liste suchen.

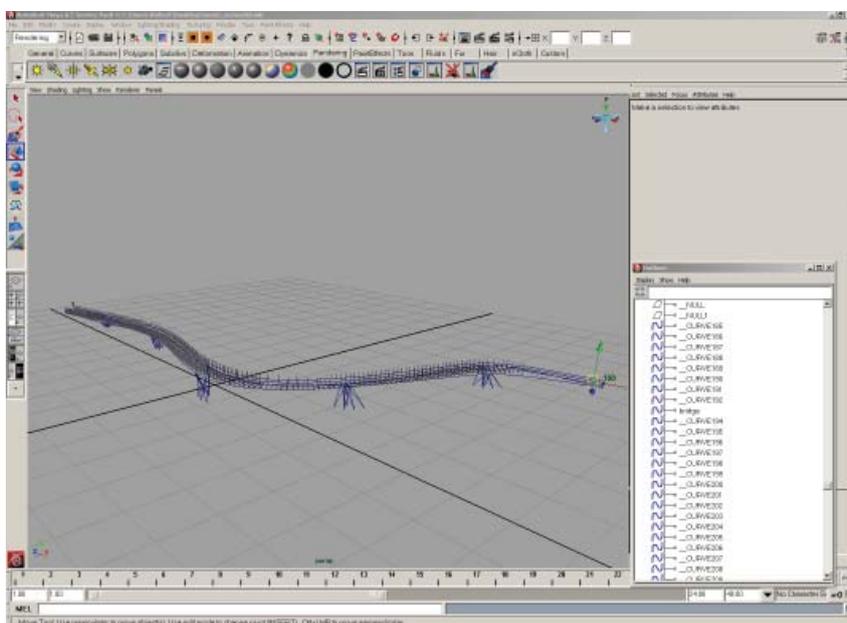
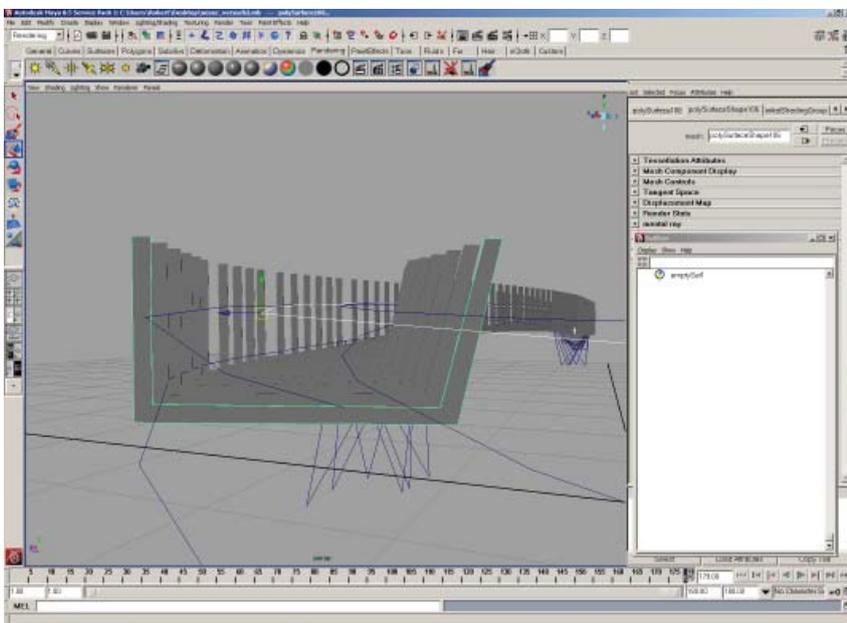
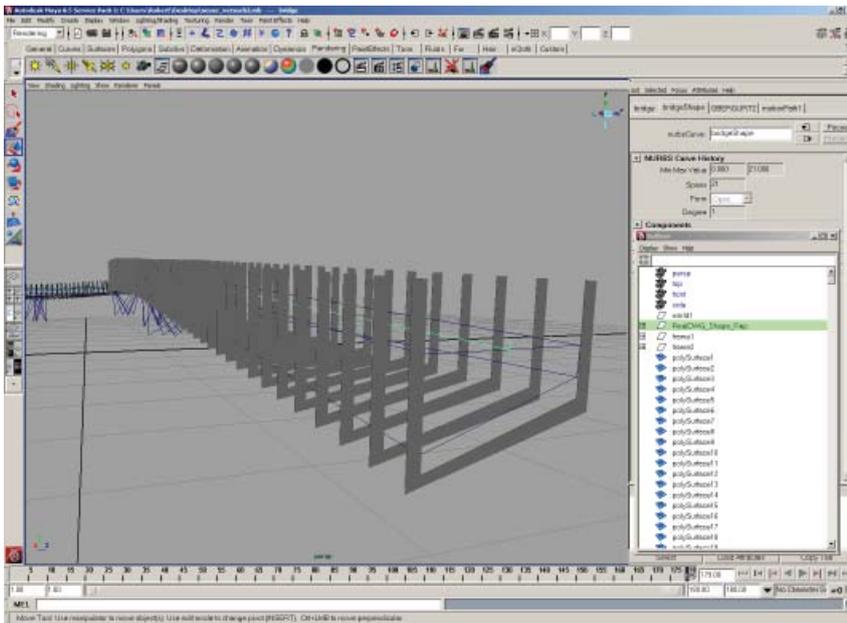
Zuerst wurden die Polylinien aus dem Autocad übernommen und in Maya importiert. Ein Gerüst aus Polylinien zeigt die ungefähre Verformung der Elemente, dieses war auch gleichzeitig die Grundlage für meine Berechnung im Ingenierprogramm RFEM Dlubal.



Polylinie im Flächenschwerpunkt der Elemente der Brücke, genannt "bridge"



Ausgangspunkt ist der erste Rahmen und die Polylinie "bridge", pathAnimation

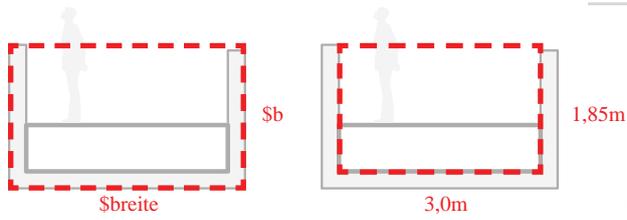


Die Brücke hat eine Länge von 180 Metern und soll Rahmen mit einem Abstand von einem Meter bekommen. Bei einer Animation entlang eines Pfades kann man angeben, wie viele „frames“ diesem Pfad zugewiesen werden sollen. Durch diese Technik wird der erzeugte Rahmen entlang dieser Linie animiert und man kann mit dem „Time slider“, am unteren Ende des Bildschirms, diese Animation vor und zurück spulen. In meinem Script selbst wird dieser einzelne Rahmen jeweils eine Frame weitergeschoben und an den Ort kopiert. Die Rahmen stehen dann Lotrecht auf die Mittellinie der Brücke und werden von 1-180 durch nummeriert. Das heißt am Ende steht der animierte Rahmen 1 am anderen Ende der Brücke. Die parametrische Erzeugung von den Rahmen stellte für mich einen logischen Schritt während des Entwurfsprozesses dar. Eine einzelne Profilinie der Brücke war ausreichend, um damit die gestalterische Intention zu Visualisieren. Auch können damit die einzelnen Elemente, mit deren Verformungen, in unterschiedlichsten Varianten erzeugt werden. Wie das funktioniert ist auf den folgenden Seiten ersichtlich.

MAYA - MEL SCRIPT

Zuweisen der Variablen

Deklarieren als Zeichenkette



Auswählen der Polylinie

Erzeugt eine Animation entlang der Polylinie,
diese muss aber vorab als "bridge" bezeichnet werden

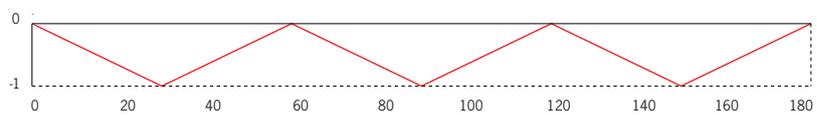
float = Gleitkommazahlen

festlegen der maximalen Verschiebung

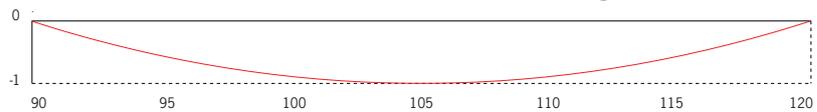
Deklarieren von drei Prozeduren

- a, Berechnung der einzelnen Schritte der Verformung des Querschnittes
- b, Schritte der Verbreiterungen in der langgezogenen Kurve der Brücke
- c, und der kürzeren Kurve vor dem Übergang zum Stadtpark

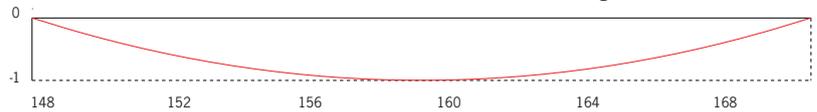
Funktion für den "Durchhang"



Funktion der Verformung in der Kurve "bucht1"



Funktion der Verformung in der Kurve "bucht2"



MAYA - SCRIPT EDITOR

```
$a=0.001;  
$b=0.21;  
$breite=0.35;  
$Anzahl=180;
```

```
string $str_Surface;  
string $str_i;
```

```
polyCube -w $a -h $b -d $breite -n "frame1";  
polyCube -w $a -h 0.185 -d 0.30 -n "frame2";  
move -r 0 0.0125 0 ;  
select -r "frame1" "frame2" ;  
polyBoolOp -op 2 -ch 1 "frame1" "frame2";
```

```
select -tgl bridge ;
```

```
pathAnimation -fractionMode true -follow true -followAxis x -upAxis y -worldUpType "vector" -worldUpVector 0 1 0  
-inverseUp false -inverseFront false -bank false -startTimeU 1 -endTimeU $Anzahl;
```

```
float $Durchhangmax=.06;  
float $Buchtmax=0.1;
```

```
proc float durchhang(float $i, float $Durchhangmax) {  
  return (abs(($i%60)-30)/30 -1)*$Durchhangmax;  
}
```

```
proc float bucht1(float $i, float $Buchtmax) {  
  if ($i>=90 && $i<=120){  
    return (((($i%30) - 15)*(($i%30) - 15))/(15*15) -1)*$Buchtmax;  
  }else  
    return 0;  
}
```

```
proc float bucht2(float $i, float $Buchtmax) {  
  if ($i>=148 && $i<=170){  
    return (((($i-16)%22) - 11)*(((($i-16)%22) - 11))/(11*11) -1)*$Buchtmax;  
  }else  
    return 0;  
}
```

```
for($i=1;$i<$Anzahl;$i++)  
{  
  currentTime $i;  
  select -r polySurface1 ;  
  duplicate -rr;  
}
```

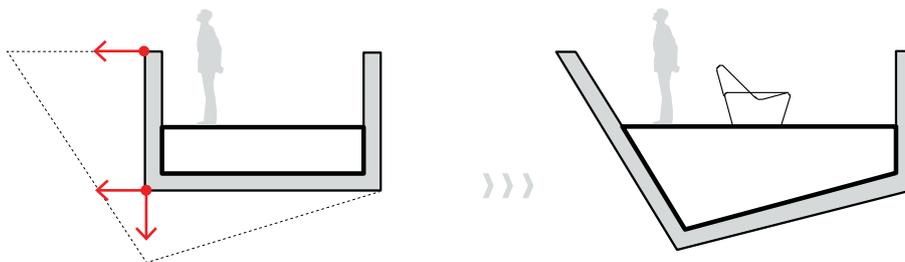
“for” Schleife mit drei “if” Bedingungen

Verschiebung entlang der gesamten Brückenlänge mit Hilfe der Durchhang Funktion

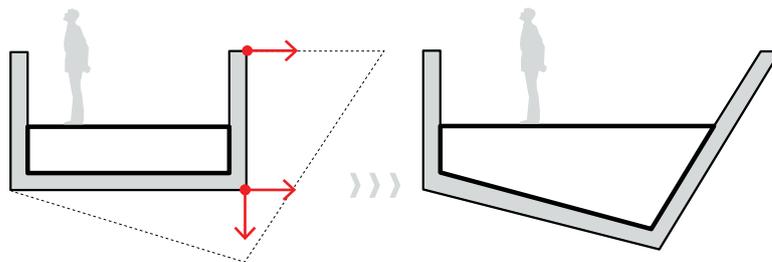
Die Punkte an den Rahmen werden selektiert und um den berechneten Wert vertikal verschoben



Im Bereich der Kurve werden die Punkte auch horizontal verschoben



In der zweiten Kurve passiert das gleiche auf der anderen Seite



MAYA - SCRIPT EDITOR

```
for($i=1;$i<$Anzahl;$i++)
{
    if ($i >= 1 && $i <= $Anzahl)
    {

        $str_i=$i;
        $str_Surface="polySurface" + $str_i;

        select -r ($str_Surface+".vtx[12:13]") ($str_Surface+".vtx[6:7]");
        move -r 0 (durchhang($i,$Durchhangmax)) 0 ;

        select -r ($str_Surface+".vtx[14]") ($str_Surface+".vtx[11]") ($str_Surface+".vtx[0:1]");
        move -r 0 (durchhang($i+30,$Durchhangmax)) 0 ;

        if ( $i >= 90 && $i <=120)
        {

            select -r ($str_Surface+".vtx[11]") ($str_Surface+".vtx[14]") ($str_Surface+".vtx[0:1]");
            move -r -os -wd 0 0 (bucht1($i,$Buchtmax)) ;

            select -r ($str_Surface+".vtx[10]") ($str_Surface+".vtx[15]") ($str_Surface+".vtx[2:3]");
            move -r -os -wd 0 0 (bucht1($i,($Buchtmax + 0.06))) ;

        }

        if ( $i >= 148 && $i <=170)
        {

            select -r ($str_Surface+".vtx[12:13]") ($str_Surface+".vtx[6:7]");
            move -r -os -wd 0 0 (-bucht2($i,$Buchtmax)) ;

            select -r ($str_Surface+".vtx[4:5]") ($str_Surface+".vtx[8:9]");
            move -r -os -wd 0 0 (-bucht2($i,($Buchtmax + 0.06))) ;

        }
    }
}
```

EXKURS - HOLZBRÜCKENBAU

Holzschutz

Ein wichtiges Thema ist wie man Holz vor Verwitterung bewahren kann. Jahrhunderte alte Holzbrücken sind nur noch selten vorzufinden, vielmehr Brücken aus den Jahren 1840 bis 1940. Meistens sind diese sehr gut erhalten und verlangen nur einen geringen Unterhalt. Viele stehen dem normalen Straßenverkehr - bis zu 20 Tonnen Fahrzeuggewicht - zur Verfügung und beweisen, dass durchaus eine hohe Lebensdauer solcher Konstruktionen möglich ist. Brückenbauten jüngerer Generation sind jedoch durch ihre vielen Probleme und eine aufwendige Sanierung bekannt geworden. Selbst kleinste Mängel hinsichtlich des Holzschutzes können zu aufwendigen Sanierungen oder schwerwiegenden Schäden an den jeweiligen Tragwerken führen.

Der Planer ist gezwungen dauerhafte Bauwerke herzustellen, also die nötigen Vorkehrungen für eine lange Lebensdauer zu treffen und diese auch nachzuweisen. Die Erstellung eines umfassenden Holzschutzkonzeptes ist unumgänglich, welches unter Einhaltung von Grund-

prinzipien bei der Planung durchaus als Nachweis verstanden werden kann.

Eine biologische Holzzerstörung erfolgt durch Insekten oder Mikroorganismen (Fäulnis), welche eine Holzfeuchte zwischen 30% und 70% bei Temperaturen von 18°C bis 30°C voraussetzen. Diese Bereiche stellen optimale Lebensbedingungen für holzerstörende Mikroorganismen dar.

Die Gefahr der Zerstörung durch Insekten ist immanent, kann jedoch durch ständige Kontrollen beziehungsweise durch Voranstriche eingedämmt werden.

Grundregeln

- Das Holz darf nie der Witterung ausgesetzt werden: kein direkter Kontakt mit Regenwasser oder Sonneneinstrahlung
- Das Holz muss möglichst vollumfänglich gut belüftet sein, um schnelle Austrocknen zu ermöglichen
- Keine Wasseransammlung auf dem Holz
- Keine offenen Fugen, in die Wasser einfließen oder durch Kapillarkwirkung eindringen kann
- Das Wasser muss von sämtlichen Holzoberflächen abfließen können

Diese Grundregeln gelten für alle tragenden Elemente, bei allen anderen Bauteilen wird eine kürzere Lebensdauer in Kauf genommen. Bei Belag- oder Geländerkonstruktionen kann die Haltbarkeit durch Verwendung resistenter Holzarten oder durch spezielle Behandlung des Holzes optimiert werden.

Einwirkung auf konstruktive Elemente

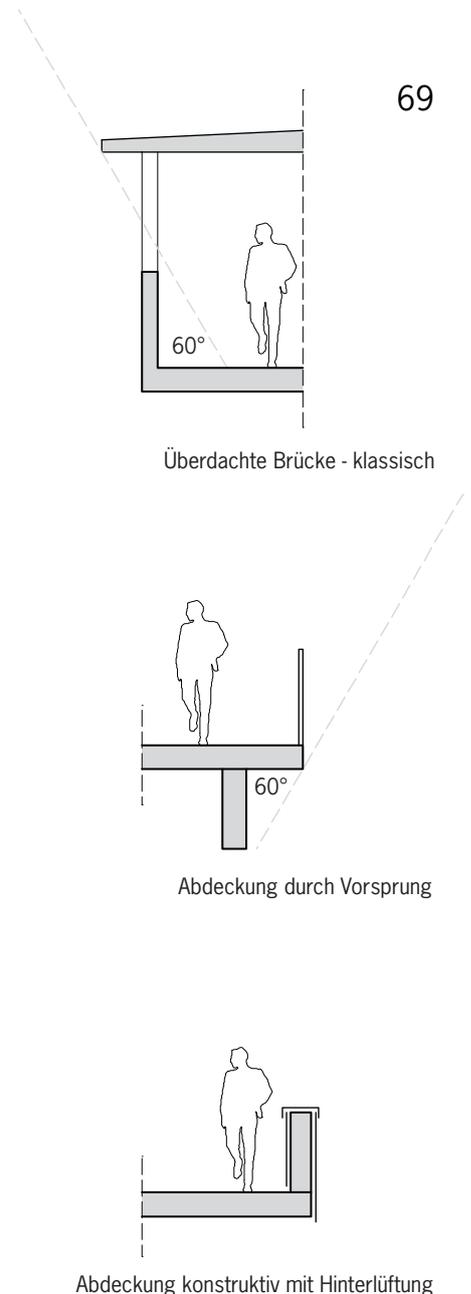
Eine Brückenkonstruktion wird durch globale oder lokale Einwirkungen von erhöhter Luftfeuchtigkeit gefährdet. Zu Holztechnisch relevanten Einflüssen zählen:

- Wassertransport und – übertragung durch die Luft
- Direkte Bewitterung
- Wasser aus Sturm und Gewitter
- Einfließendes und durchsickerndes Wasser
- Kontaktflächen oder „Wasserfallen“ (wo es zu schädlichen Wasseransammlungen kommen kann)
- Enge offene Fugen, durch die Wasser eindringen oder durch Kapillarkwirkung angesaugt werden kann
- Wasserstau an Kontakt- oder Holzoberflächen
- Direkter Kontakt mit dem Boden
- Heranwachsende Pflanzen
- Schnee- und Eisansammlungen, sowie Schmelzwasser

Kurzfristige Änderungen der Luftfeuchtigkeit sind zu vernachlässigen, doch damit der konstruktive Holzschutz zielgerecht eingesetzt werden kann, sind sämtliche weitere Einwirkungen durch konstruktive Schutzmaßnahmen präventiv zu verhindern.

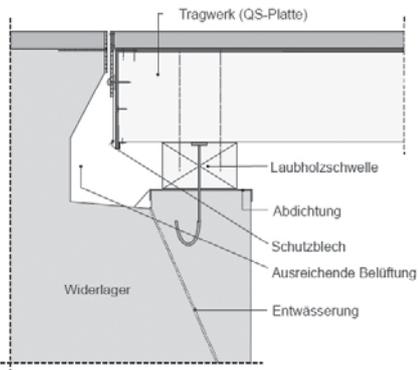
Konstruktiver Holzschutz

Er dient zur Verhinderung einer zu starken Erhöhung der Holzfeuchte in den Konstruktionselementen und zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit. Die Schutzelemente werden in den meisten Fällen aus Holz ausgebildet, um den Holzcharakter auch nach außen zu vermitteln, grundsätzlich steht die Verwendung anderer Materialien dem Planer aber frei.

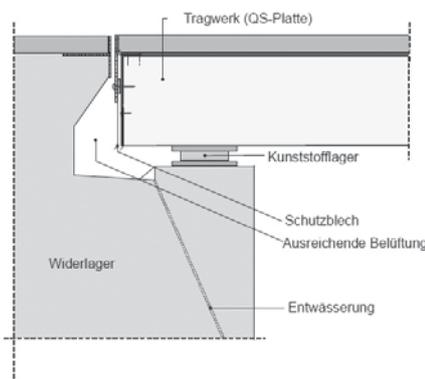


Widerlagerbereich

Die Übergangsbereiche zwischen den tragenden Holzbauteilen und den Auflagern sind so zu konzipieren, dass das Holz niemals mit Wasser in Kontakt treten kann. Sind die Fahrbahn und das Widerlager voneinander getrennt ist stets genug Freiraum vorhanden, um eine ausreichende Belüftung des Holzes zu gewährleisten. Eine funktionierende Entwässerung des Freiraumes ist elementar für das Vermeiden eines Wasserstaus in diesem kritischen Bereich der Konstruktion.



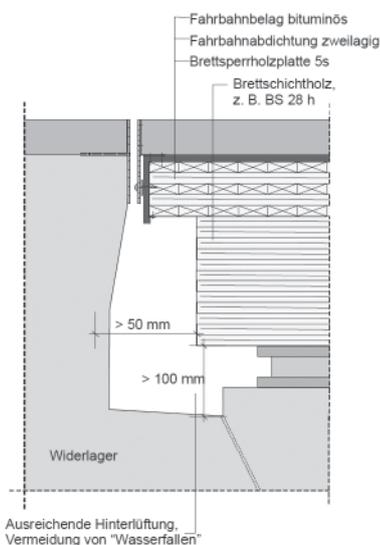
Die Lagerungspunkte von Einzelfundamenten, wie zum Beispiel bei Stützen befinden sich selten in einem witterungsgeschützten Bereich und sind somit gesondert konstruktiv zu schützen:



- Regen- und sonstige Fließwasser dürfen nicht in Kontakt mit den Holzelementen kommen
- Vegetation, Erde und Steine sollten auf keinem Fall an die Konstruktion „heranwachsen“ können
- Die Entstehung von Schneehaufen und die Durchnässung des Holzes ist zu verhindern

70

Diese Anforderungen sind einfach zu erfüllen, in dem tropfendes oder fließendes Wasser weder gestaut noch auf das Holz geleitet werden kann. Ähnliches gilt bei den Anschlüssen mit eingeschlitzten Blechen und deren Verbindung mit Stabdübeln, da in den offenen Schlitzen leicht eine höhere Holzfeuchte entstehen kann. Dies kann durch Hinterfüllung mit einer elastischen Fugenmasse oder durch konstruktive Maßnahmen verhindert werden.



71

Der einfache Grundsatz, dass Wasser von horizontalen Flächen nicht abfließen kann, sollte bei allen Bauteilen einer Brücke bedacht werden. Die Dauerhaftigkeit der Holzelemente erhöht sich ungemein, auch dort, wo Wasser durch Wind, Sturm oder Kondensation auch nur ausnahmsweise entstehen könnte.

Resistente Holzarten

Für die Herstellung von großen verklebten Querschnitten (Brettschichtholz) werden heute meist Nadelhölzer verwendet. Zur Zeit wird die Verwendung von Laubholz untersucht und vermutlich in näherer Zukunft auch zur Anwendung gebracht.

Lärche & Douglasie

Neben Fichte und Tanne werden verklebte Elemente aus Lärche und Douglasie hergestellt. Diese beiden Holzarten weisen einen natürlich höheren Widerstand gegen die Entstehung von Mikroorganismen auf. Dadurch ist ein bessere Dauerhaftigkeit und Lebensdauer der Konstruktion zu erwarten. Was aber nicht heißt, dass frei bewitterte Objekte jemals die erforderliche Lebensdauer für größere Brückenobjekte erreichen könnten. Die Verwendung von Nadelhölzern erlaubt nur die kurzzeitigen Probleme von erhöhter Holzfeuchte oder klimatische Ausnahmesituationen zu bewältigen. Häufig werden aus diesen Holzarten Schutzelemente, wie Schalungen oder Abdeckungen angefertigt.

Eiche

Die Eiche gilt als langlebigste Holzart in der klassischen Zimmerei und besitzt auch eine höhere Dauerhaftigkeit als Lärchen- oder Douglasienholz. Doch ist die Eiche auch kein Wunderholz und wird bei freier Bewitterung keine hohe Lebensdauer erreichen. Außerdem ist Eiche nicht für verklebte Elemente anwendbar und somit nicht besonders für große Tragwerke geeignet. Diese Holzart wird bei kleineren Brückenprojekten eingesetzt, bei denen eine Lebensdauer von 20 bis etwa 40 Jahren angestrebt wird. Auch wird bei Bauteilen, die hoher Querdruckbeanspruchung ausgesetzt sind und Schutzelemente die frei bewittert werden, Eichenholz verwendet.

Buche

Die geringe natürliche Dauerhaftigkeit macht den Einsatz von Buchenholz für Tragwerke eher uninteressant. Durch chemische Behandlung ist es jedoch möglich die guten mechanischen Eigenschaften auszunutzen und damit verklebte Tragelemente herzustellen.

Tropenhölzer

In den 70er und 80er Jahren wurden für kleine und mittlere Brückenprojekte gerne Tropenhölzer verwendet, da sich diese durch eine extrem hohe Dauerhaftigkeit auszeichnen. Heute wird versucht wieder mehr heimische Holzarten für Brückenprojekte zu verwenden. Die Mehrzahl der damals gebauten Brücken erfüllten all ihre Erwartungen, doch gab es auch einige Fälle mit gravierenden Schäden durch Fäulnis. Warum diese Schäden nicht systematisch aufgetreten sind konnte bis heute noch nicht erklärt werden, auf jeden Fall ist es unumgänglich auch bei diesem beständigen Holzprodukt zusätzliche Holzschutzmaßnahmen zu treffen.

Robinie & Edelkastanie

Auf Grund der sehr hohen Dauerhaftigkeit dieser Holzarten ist es möglich, diese ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen zu verwenden. Erste Versuche verklebte Tragelemente herzustellen wurde in Österreich bereits erprobt, jedoch ist die praktische Umsetzung bis jetzt nur Forschungsprototypen vorbehalten.

Chemischer Holzschutz

Durch die chemische Behandlung des Holzes wird dieses nur zusätzlich geschützt und bietet damit keinen Ersatz für konstruktive Schutzmaßnahmen im Brückenbau.

Druckimprägnierung

Unabhängig von anderslautenden Normen, die eine systematische Behandlung von Holzbauteilen vorsehen, sind viele Brückenobjekte ein Beweis dafür, dass diese Schutzmaßnahmen nicht immer erforderlich sind. Um die Resistenz des Holzes zu erhöhen wird sehr häufig die Salzimprägnierung verwendet, doch ist diese ökologisch sehr umstritten. Auch ist sie nicht bei allen Holzarten möglich und bietet keine Gewährleistung hinsichtlich der Haltbarkeit. Ein Imprägnierung mit Teeröl erlaubte die Verwendung von verklebten Buchenelementen und wurde für die Herstellung von quer vorgespannten Plattenbrücken, ohne Abdichtung und Belag verwendet. Heutige gesetzliche Vorschriften verbieten die Anwendung dieser Holzschutzmethode und findet daher keine Anwendung mehr.

Oberflächenschutz

Es gibt eine hohe Bandbreite von Oberflächenbehandlungen mit Lacken, Lasuren und Ölen, alle verfolgen die selben Ziele:

- Farbgebung (falls gewünscht)
- Feuchtigkeitsschutz während Transport und Montage
- Kondenswasserschutz
- Insektenschutz

Die Oberflächen von konstruktiv geschützten Elementen werden während der gesamten Lebensdauer nicht direkt bewittert und auch nicht mit Wasser in Kontakt treten. Eine regelmäßige Erneuerung ist deshalb nicht erforderlich aber im Rahmen der üblichen Brückeninspektion zu überprüfen.

Die Herstellung von langlebigen Brückenkonstruktionen aus Holz ist durchaus möglich, die dafür einzuhaltenden Anforderungen sind relativ einfach zu formulieren, wie in den Seiten davor ersichtlich ist. Ein vollständiger Schutz der Trag-elemente kann nur durch das abfangen von sämtlichen Einwirkungen durch die Witterung erreicht werden. Die weitverbreitete Annahme,

dass die alleinige Überdachung der Brücke einen ausreichenden Schutz darstellt, sollte damit widerlegt sein. Es handelt sich dabei um ein rein formales, klassisches Element.

Es gibt also zwei Kategorien: die vollständig geschützten,- und nicht vollständig geschützten Brückentragwerke. Für die erste Kategorie ist die Lebensdauer als unbegrenzt zu definieren, bei der zweiten hängt diese von der gewählten Lösung ab. Beide haben ihre Berechtigung und können durch die objektive Bewertung des Holzschutzkonzeptes kategorisiert werden.

Ein derartiges Holzschutzkonzept stellt damit ein wesentliches Instrument für die Bewertung der Dauerhaftigkeit einer Konstruktion dar. Die Grundlagen des Holzschutzes dienen als Planungsgrundlage und Nachweis für die an das Tragwerk gestellten Anforderungen. Mit dieser Vorgehensweise ist es möglich mehr Transparenz in die zu erwartende Entwicklung des Zustandes der Konstruktion zu bringen und Fehler zu vermeiden.

Normen und Richtlinien

Seit dem Jahr 2004 gilt die europäische Holzbrückenbaunorm (prEN 19985-2:2004) sowie der Entwurf der DIN 1074: 2004. Im folgenden wird näher auf die Belastungsannahmen für Fußgänger und Radwegbrücken eingegangen, welche die Grundlage für jede Brückenbemessung darstellen.

Das bekannteste und für das Haupttragwerk maßgebende Verkehrslastmodell bildet die gleichmäßig verteilte Last q_{fk} . Wie auch bei allen anderen Lastfallmodellen für Vertikallasten, sind diese, an den maßgebenden Stellen in ungünstigster Weise anzusetzen (sowohl längs, als auch quer).

Für die gleichmäßig verteilte Last q_{fk} ist ein Wert von 5 KN/m^2 anzunehmen.

Weiters ist ein Lastmodell für eine Einzellast (außergewöhnliche Belastung) zu simulieren, die durch die mögliche Präsenz eines Dienstfahrzeuges entstehen könnte. Es werden dadurch lokale Beanspruchungen von leichten Unterhaltsfahrzeugen berücksichtigt. Andere Lastfallsituationen sind durch projektbezogenen Nutzungsverein-

barungen zwischen Planer und Bauherr zu regeln.

Für die Einzellast $Q_{f_{wk}}$ ist ein Wert von 10 KN anzunehmen.

Abhängig von den Vertikallasten aus dem Verkehr muss zusätzlich eine Horizontallast Q_{flk} berücksichtigt werden. Diese wirkt entlang der Achse der Brücke auf die Oberkante des Fahrbahnbelages und beträgt 10% der sich aus der gleichmäßigen Belastung ergebenden Gesamtlast oder 60% des Fahrzeuggewichtes (falls zu berücksichtigen).

Einwirkungen durch Schnee und Wind

Dabei muss zwischen überdachten und nicht überdachten Brücken unterschieden werden. Bei überdachten Brücken wird eine Schneelast gleichzeitig mit der Verkehrslast wirkend angesetzt und wie bei einem Gebäude ermittelt. Dies gilt allerdings nur bei Brücken die auch seitlich geschlossen sind und somit der Verkehr gegen jegliche Art der Witterung geschützt ist. Bei nicht überdachten Brücken, oder seitlich offenen überdachten Brücken, werden Schneelasten nicht gleichzeitig mit den Verkehrslasten angesetzt.

Die Belastungen durch Wind sind veränderliche Einwirkungen und werden durch eine fixe Verteilung und Positionierung über das gesamte Tragwerk definiert. Die prEN1991-1-4.3: 2002 (E) umfasst den Gültigkeitsbereich von Ingenieurbauwerken von 200 Metern Höhe oder 200 Metern Länge. Dabei wird das dynamische Verhalten von Tragwerken berücksichtigt. Es gelten diese Bestimmungen auch nur für ausgewählte Querschnittsformen und Spannweiten. Bogenbrücken und überdachte Brücken sind zum Beispiel ausgenommen.

Einwirkungen auf Geländer

Bei Fußgänger und Radwegbrücken ist die richtige Lastabtragung von Einwirkungen auf das Geländer in das Haupttragwerk zu bedenken. Die Lasten auf den Handlauf, vertikale Pfosten, Ausfachungen und Verankerungen zählen zu diesen Einwirkungen.

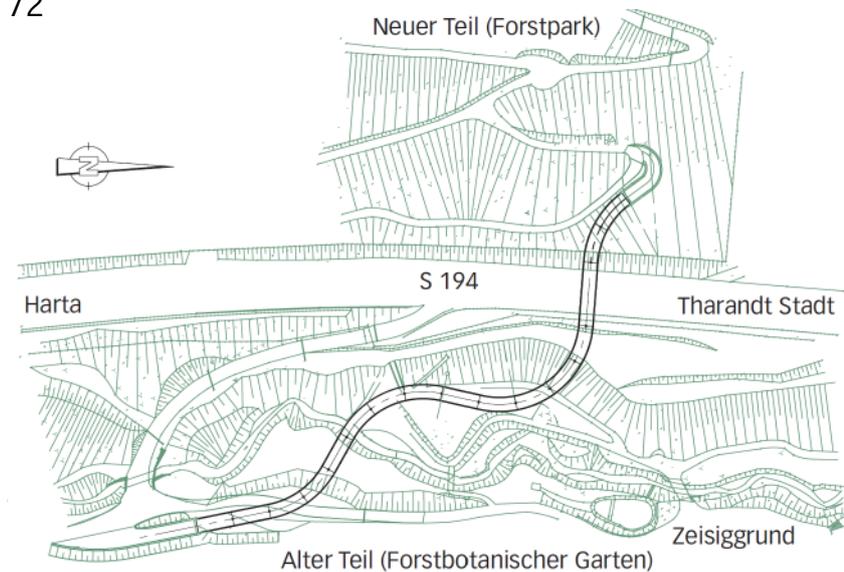
Es gilt horizontale - vertikale Einlasten und gleichmäßig Verteilte Lasten anzusetzen. Für diese Lastfälle können jeweils 1 KN/m als gleichmäßig verteilte Last, beziehungsweise 1 KN als Einzellast auf das Geländer angenommen werden.¹

EXKURS - BEISPIEL EINER MODERNEN HOLZBRÜCKE

Brettschichtholz - Holzbrücke im Forstbotanischen Garten Tharandt/Sachsen (Deutschland)



72



Die Erweiterung des Forstbotanischen Gartens auf ein Gebiet, das durch eine stark befahrene Straße getrennt war, verlangte nach einer Verbindung. Studenten der TU Dresden entwarfen im Zuge eines Architekturwettbewerbs eine mehrfach gekrümmte, plattenartige Holzbrücke aus Brettstapelementen. Die Forderung des Wettbewerbs war es, Holz für das Tragwerk zu verwenden und damit besser in das Gesamtkonzept des Botanischen Gartens einfügen zu können.

Die 117 Meter lange Brücke wurde aus 16 einzelnen geraden oder gekrümmten BS - Holzelementen hergestellt. Ausgangsmaterial dafür waren 22 cm breite Bretter, die hochkant miteinander verklebt wurden. An den Elementstößen sind auch die Stützen angeordnet, die in einem Abstand von 7 Metern die Lasten in den Boden abtragen. Diese bestehen aus drei Stahlrohren, die auf einer Fußplatte dreiecksförmig angeordnet wurden.

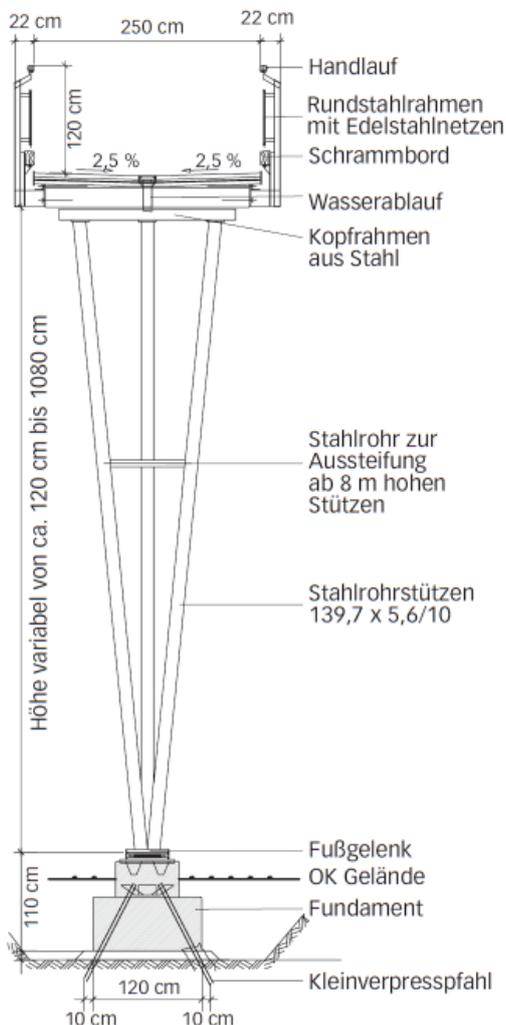
“Die in sich verbundene Brettschicht-Konstruktion aus Einzelementen mit versteckten Verbindungen ist neu und einfallsreich und wurde von der Jury ebenso hervorgehoben wie die ungewöhnliche Art der Holzverwendung. Die Brücke stellt mit der Kombination aus Stahl und Holz ein gelungenes ingenieurtechnisches Bauwerk dar, das mit seiner Form und mit dem gewählten Material hervorragend auf die Umgebung abgestimmt ist.”



Gehbahnaufbau

3,5 cm Gussasphalt
 3,5 cm Gussasphalt-Schutzschicht
 1,0 cm Bitumenschweißbahn
 Voranstrich als Haftgrund
 4,0 cm Kerto-Platte
 $\geq 1,0$ cm Holzkeil für Querneigung
 22 cm Brückenträger

73



Die Erzeugung der mehrfach gekrümmten BS – Elemente gestaltete sich am Anfang schwierig, da diese flächig an der Ober- und Unterseite gefräst werden mussten. Doch konnten die aus Brettern hergestellten Rohlinge, mit Hilfe von CNC – Bearbeitungsmaschinen, zu den gewünschten Elementen verarbeitet werden.

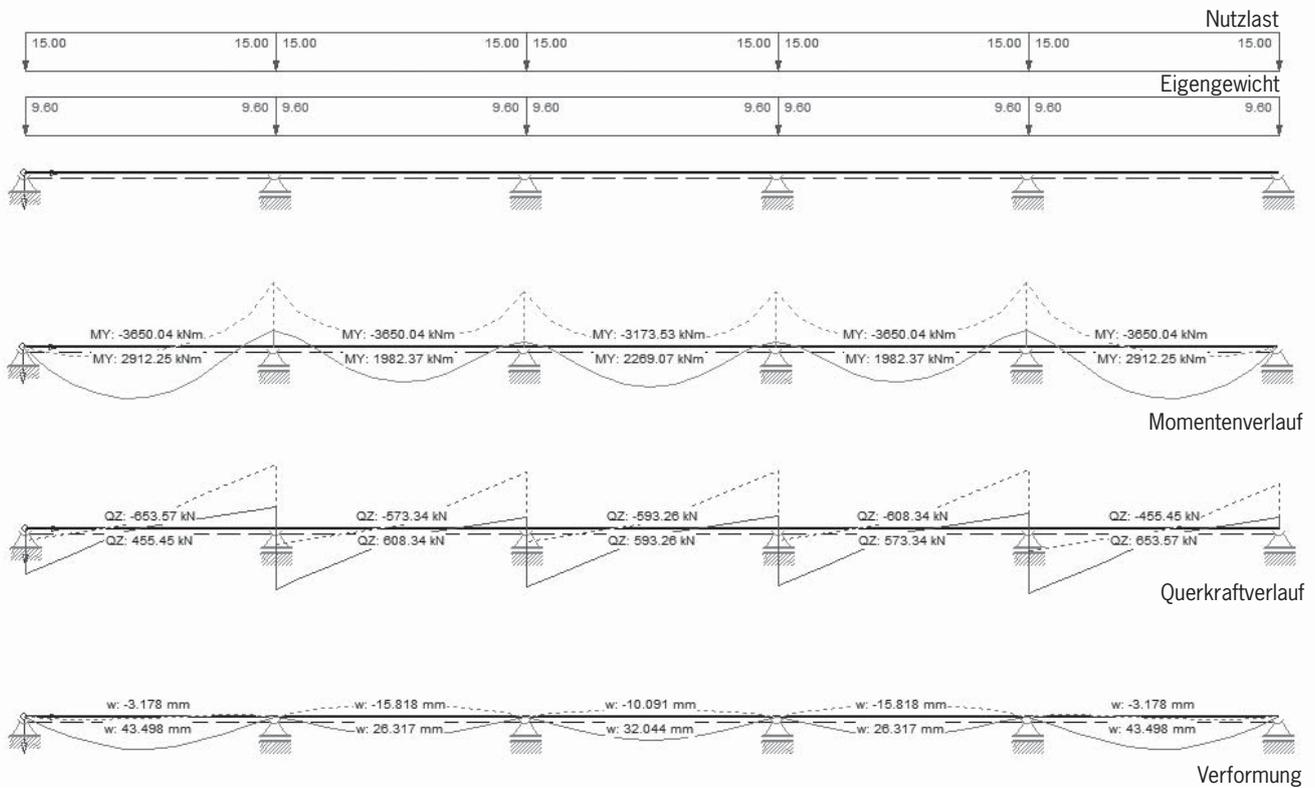
Aufgrund der innovativen Konstruktion wurde das Projekt für den Deutschen Brückenbaupreis 2006 nominiert. Die schlanke und wirtschaftliche Konstruktion mit ihren geringen Stützweiten waren wesentliche Merkmale für die Nominierung.

Die Rücksichtnahme auf den Baumbestand und die minimalistische Bauweise waren weitere positive Aspekte dieses Projekts. Die Abspannungen an nur drei Punkten konnten die auftretenden Horizontalkräfte ableiten und ermöglichten dadurch ein sehr zurückhaltendes Bauwerk. Den Benutzern des botanischen Gartens bieten sich nun außergewöhnliche Ausblicke auf die in Augenhöhe liegenden Baumkronen.

1 Auszug aus der Begründung der Nominierung, <http://www.brueckenbaupreis.de>

2 Bauen mit Holz, Sonderdruck 11/2004

VORBEMESSUNG - FUSSGÄNGERBRÜCKE IM GRAZER STADTPARK



Der Entwurf des Tragwerks stützte sich auf meine formalen Vorstellungen eines homogenen Hohlkastens aus Brettschichtholz, der von Stahlrahmen umschrieben wird. Anfänglich habe ich eine Vorbemessung im Programm RuckZuck durchgeführt. Diese Annahmen stützen sich auf die Idee einer 3 Meter Breite Brücke mit 2 Hauptträgern. Um das ganze zu vereinfachen und im RuckZuck berechnen zu können wurde ein 180 Meter langer Du-

rchlaufträger aus Brettschichtholz eingegeben. Dieser wurde als Hohlkastenquerschnitt angenommen (siehe Berechnung). Die Stützen wurden mit 30 Metern Abstand entlang des Trägers angeordnet und eine Nutzlast von fünf Kilonewton pro Quadratmeter angesetzt. Diese Lastannahme wird durch die Norm vorgeschrieben und entspricht in etwa sechs Personen pro Quadratmetern Fläche. Das ist ziemlich viel, darum kann die Konstruktion oft

auch schlanker ausgeführt werden. Auf der nächsten Seite wurde die Vorbemessung rechnerisch dargestellt und die Nachweise für Biege- und Schubbeanspruchung sowie der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit durchgeführt. Die veränderlichen Lasten (NL) wurden mit dem Sicherheitsfaktor 1,50 multipliziert, die ständigen Lasten durch Eigengewicht mit dem Faktor 1,35.

Brettschichtholz GLD 24
mittlere Beanspruchung
Nutzungsklasse 2

Designwert für Biegung und Schub

$$f_{m,d} = \frac{0,8 \cdot 2,4}{1,3} = 1,48 \text{ KN/cm}^2$$

$$f_{v,d} = \frac{0,8 \cdot 2,4}{1,3} = 0,22 \text{ KN/cm}^2$$

Ermittlung des Widerstandsmoments über das Trägheitsmoment

Trägheitsmoment 1

$$I_{y,1} = 2 \cdot \left(\frac{300 \cdot 70^3}{3} \right) = 68.600.000 \text{ cm}^4$$

minus Trägheitsmoment 2

$$I_{y,2} = 2 \cdot \left(\frac{260 \cdot 45^3}{3} \right) = 21.666.666 \text{ cm}^4$$

$$\sum I_y = 46.933.334 \text{ cm}^4$$

Widerstandsmoment

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{46.933.334}{70} = 670.476 \text{ cm}^3$$

$$M_{\max} = 3650 \text{ KNm (RuckZuck)}$$

Nachweis auf Biegung

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{365.000}{670.476} = 0,54 \text{ KN/cm}^2 \leq 1,48 \text{ KN/cm}^2$$

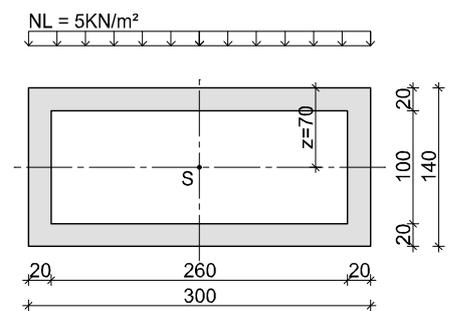
Nachweis auf Schubbeanspruchung

$$V_{\max} = 593 \text{ KN (RuckZuck)}$$

$$\tau_d = \frac{V_d}{A_{\text{Steg}}} = \frac{593}{2800} = 0,21 \text{ KN/cm}^2 \leq 0,22 \text{ KN/cm}^2$$

Nachweis auf Gebrauchstauglichkeit

$$\text{zulässige Durchbiegung} = L/200 = \frac{3000}{200} = 15 \text{ cm} \geq 5 \text{ cm}/12 \text{ cm (RuckZuck/RFEM Dlubal)}$$



Querschnitt

VORBEMESSUNG - RFEM DLUBAL

Als weiterer Schritt wurde das Tragwerk Dreidimensional konstruiert, indem die Achsen der Träger als 3D – Polylinien gezeichnet wurden. Diese Polylinien konnten in das Ingenieurprogramm RFEM Dlubal als .dxf Format importiert werden. In diesem Programm konnte man das statische System mit den Stützen und Durchlaufträgern erzeugen, auch wurde die Deckplatte des Hohlkastens als Fläche eingegeben und damit Teil der sogenannten FE – Berechnung (Finite Elemente Methode),

die durch diese Software unterstützt wird. Diese Methode dient der Simulation von Spannungszuständen in Festkörpern, und erlaubt eine graphische Darstellung der Ergebnisse. Die Simulation von komplexeren Tragwerken, wie der zweiseitig gekrümmten Fußgängerbrücke mit den gevouteten Trägern, ist sehr wichtig um die angenommenen Querschnittsabmessungen und auch die Stabilität der Stützenstrukturen nachweisen zu können. Allerdings war es nicht möglich, die untere Plat-

te, die abschließend den Hohlkasten bilden sollte zu simulieren. Das bedeutet allerdings eine Erhöhung der Steifigkeit und beeinflusste die Vorbemessung nicht maßgebend. Es galt verschiedene Lastfallkombinationen zu untersuchen und die Verformung, unter der jeweiligen Belastung zu errechnen. Mit den Lastfallkombinationen SLS (Serviceability Limit State) und ULS (Ultimate Limit State) wird zum einen der Komfort für die Benutzung, sowie die maximal mögliche Belastung nachgewiesen.

Beschreibung des statischen Systems

Durchlaufträger, Biegesteife Balken aus Brettschichtholz mit einer Holzgüte GL 28h

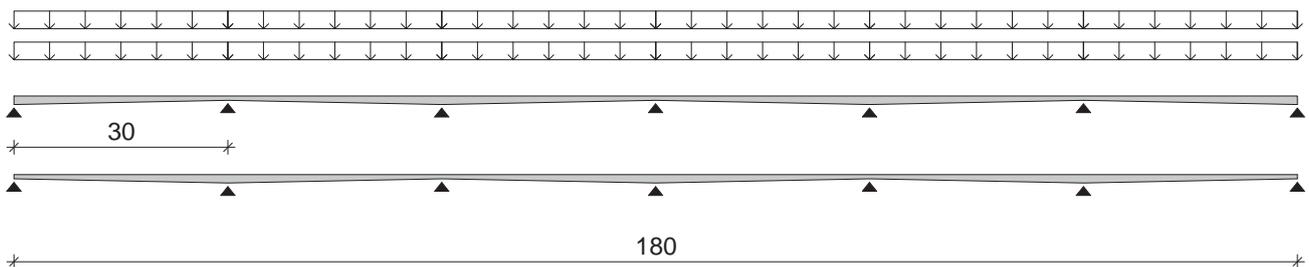
Pendelstützen (5 Stützfelder) mit Stützweiten von 26 - 33 m, Stahlrohr $\varnothing = 114,3 \times 8$ mm

Die Endauflager sind unverschieblich, da die Wärmeausdehnung vernachlässigt werden kann.

Lastannahmen

NL: $p = 15$ KN/m

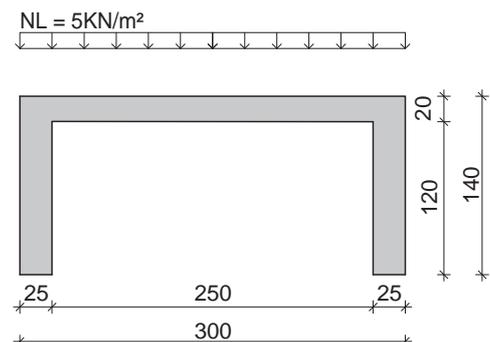
EG: $g = 7,18$ KN/m



Schema der gevouteten Träger

Gegenläufige Verformung

Die Nutzlasten wurden auf jedes Feld einzeln aufgebracht!



Lastfallkombinationen

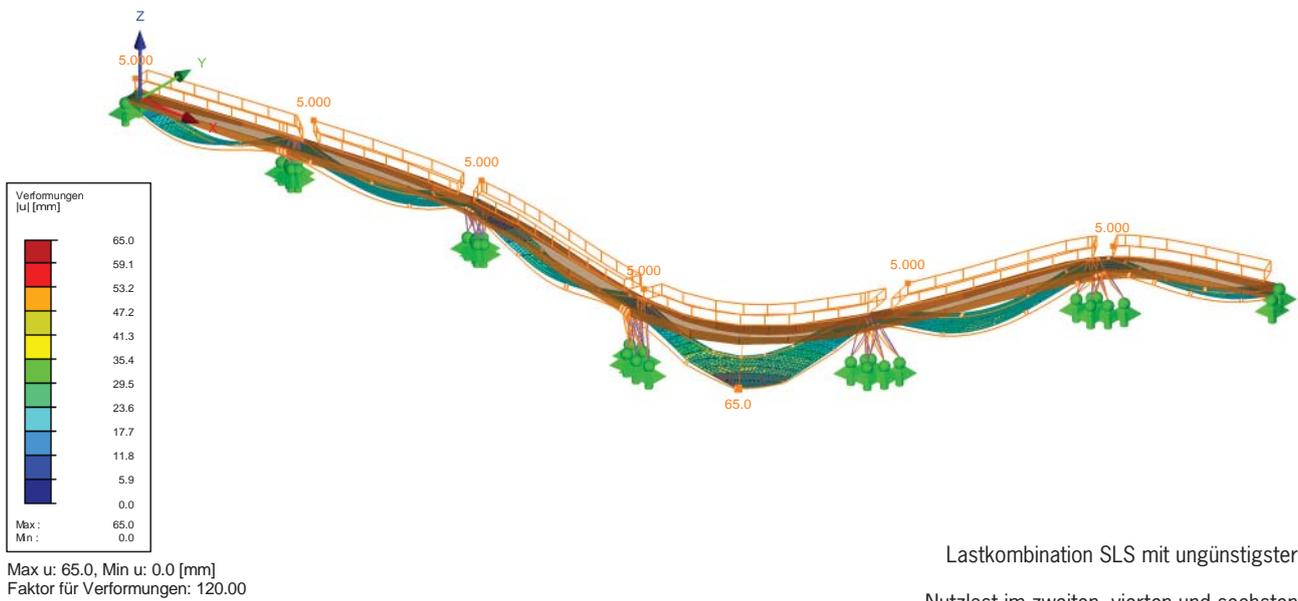
SLS: $1,0 \cdot g + 1,0 \cdot p$

Dieser Lastfall gilt für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

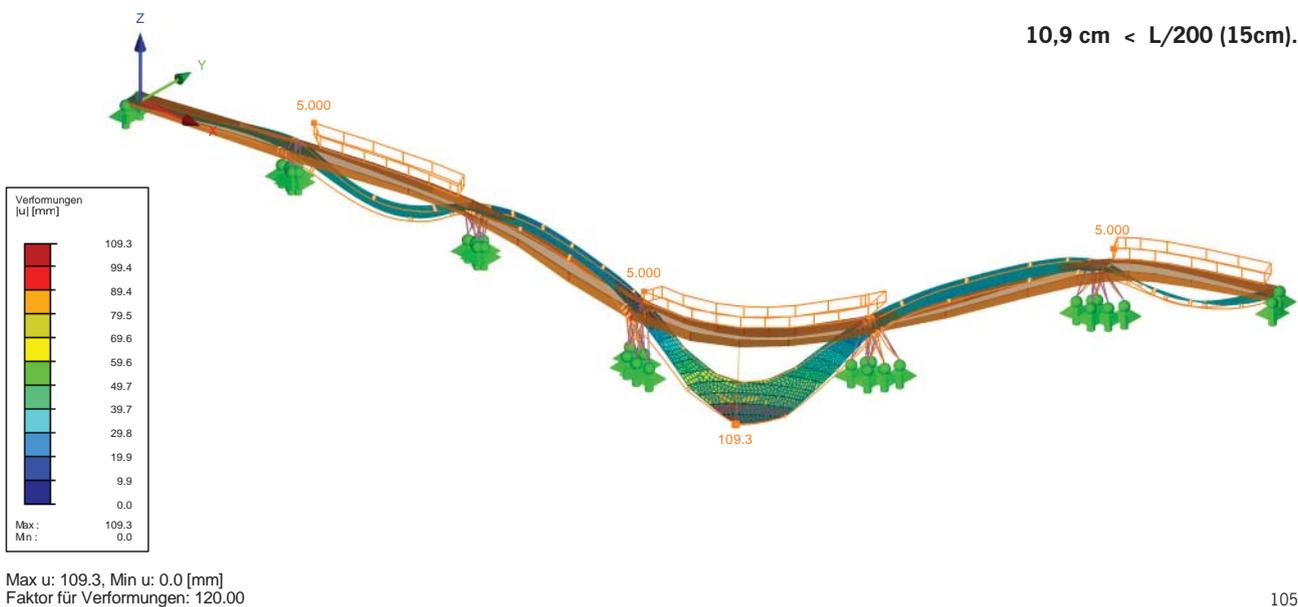
ULS: $1,35 \cdot g + 1,5 \cdot p$

Dieser Lastfall gilt für den Grenzzustand der Tragfähigkeit.

Lastkombination SLS unter voller Nutzlast:
für veränderliche Lasten mit einer maximalen
Verformung von
6,5 cm < L/200 (15cm).



Lastkombination SLS mit ungünstigster
Nutzlast im zweiten, vierten und sechsten
Feld: maximalen Verformung von
10,9 cm < L/200 (15cm).



Nachweisführung bei ungünstigster Belastung

Ermittlung der Schwerpunktlage

$$z = \frac{A_1 \cdot z_1 + 2 \cdot A_2 \cdot z_2}{\sum A} = \frac{6000 \cdot 10 + 2 \cdot 3000 \cdot 80}{12000} = 45 \text{ cm}$$

Trägheitsmoment I_y

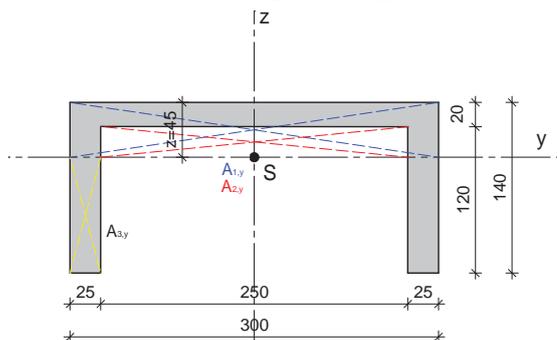
$$I_{y,1} = \frac{300 \cdot 45^3}{3} = 9.112.500 \text{ cm}^4$$

$$I_{y,2} = \frac{250 \cdot 25^3}{3} = 1.302.083 \text{ cm}^4$$

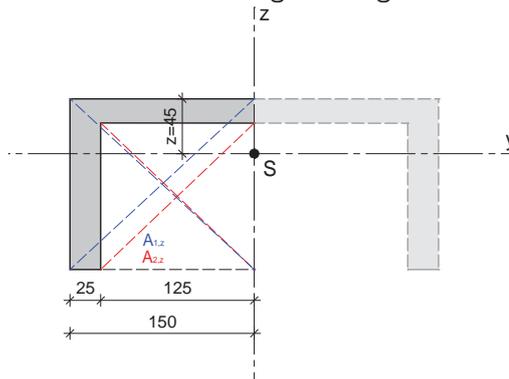
$$I_{y,3} = \frac{25 \cdot 95^3}{3} = 7.144.792 \text{ cm}^4$$

$$I_y = I_1 - I_2 + 2 \cdot I_3 = 22.100.001 \text{ cm}^4$$

Skizze für die Ermittlung des Trägheitsmoments I_y

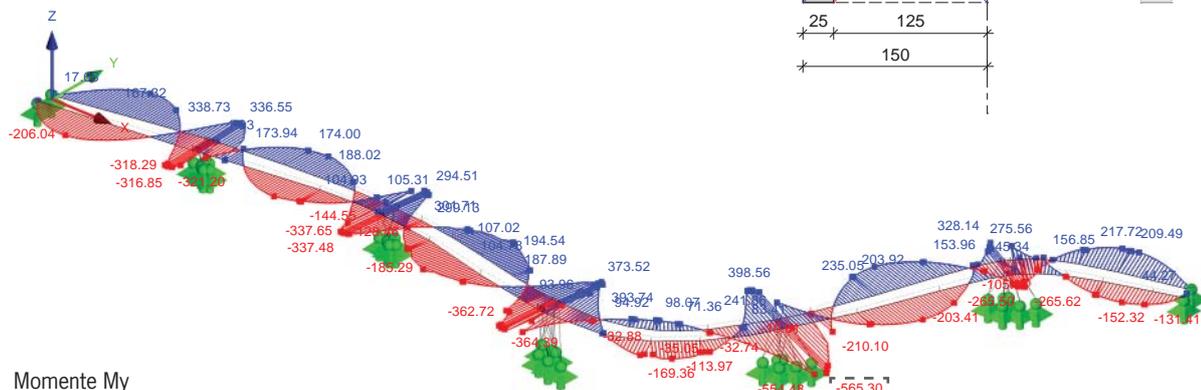


Skizze für die Ermittlung des Trägheitsmoments I_z

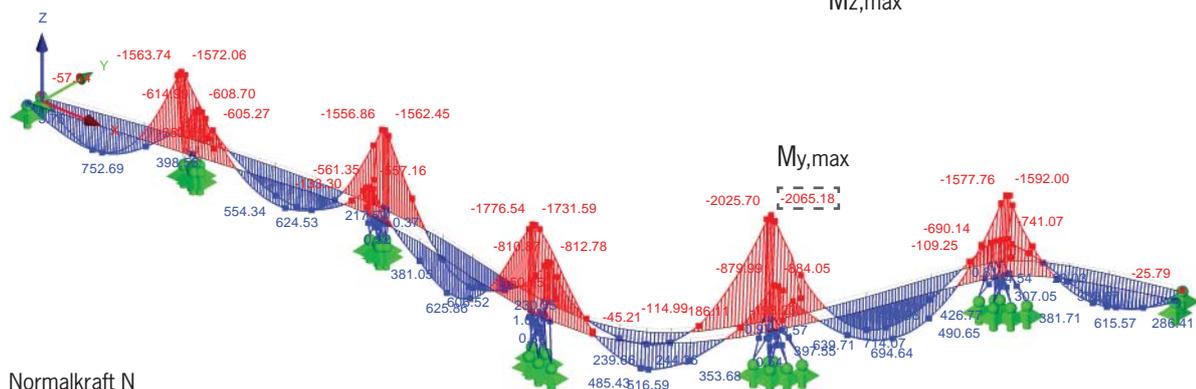


Schnittkräfte der ungünstigsten Lastfallsituationen

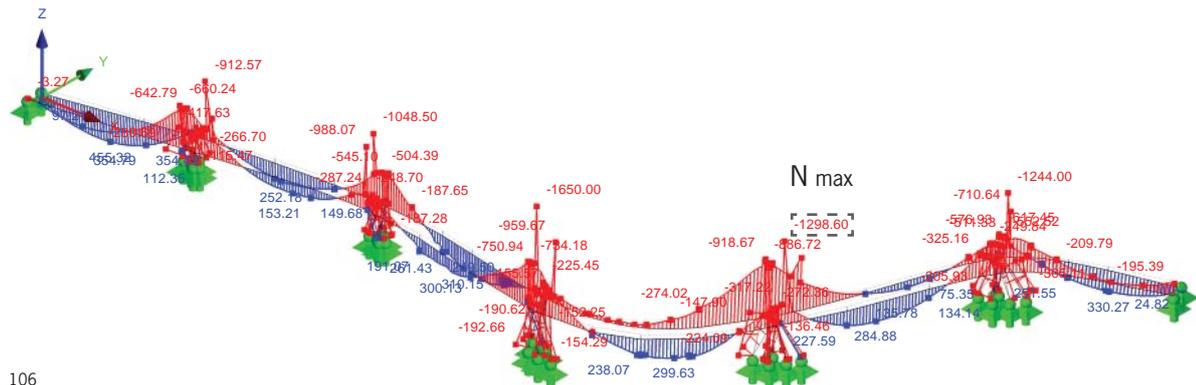
Momente M_z



Momente M_y



Normalkraft N



Widerstandsmoment

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{22.100.001}{45} = 491.111 \text{ cm}^3$$

Trägheitsmoment I_z

$$I_z = 2 \cdot \left(\frac{140 \cdot 150^3}{3} - \frac{120 \cdot 125^3}{3} \right) = 158.750.000 \text{ cm}^4$$

$$W_z = \frac{I_z}{y} = \frac{158.750.000}{150} = 1.058.333 \text{ cm}^3$$

$$M_{y, \max} = 2065 \text{ KNm (RFEM)}$$

$$M_{z, \max} = 565 \text{ KNm (RFEM)}$$

$$N_{y, \max} = 1298 \text{ KN (RFEM)}$$

Ausnutzung des Querschnittes

$$\frac{M_{y, \max}}{W_y} + \frac{M_{z, \max}}{W_z} + \frac{N_{\max}}{A} = \frac{206.500}{491.111} + \frac{56.500}{1.058.333} + \frac{1298}{12.000} = \mathbf{0,58} \leq 0,85$$

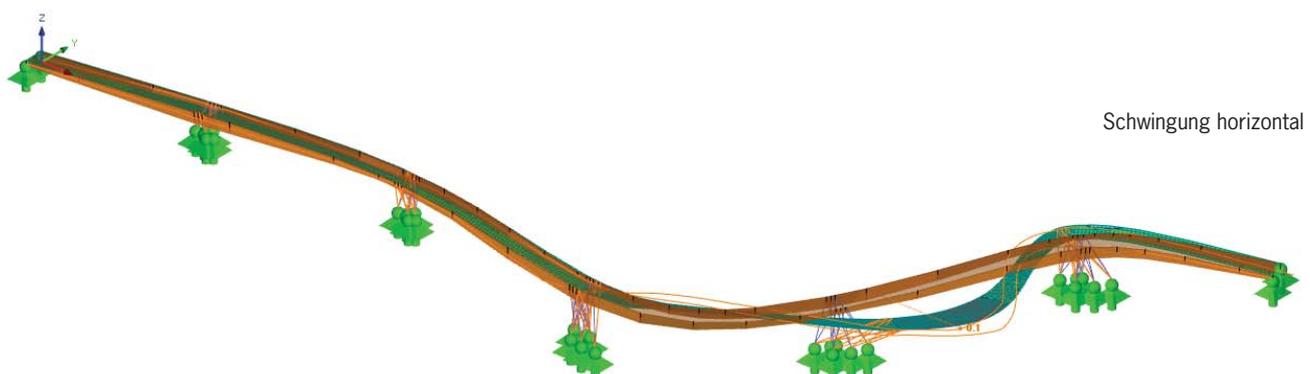
Ergebnisse der Dynamischen Analyse: Die Eigenfrequenz der Brücke beträgt **2,64 Hz** (vertikal & horizontal), der zu erreichende Wert sollte bei 2,50 Hz horizontal oder bei maximal 5 Hz vertikal liegen.

Doch fehlt in der Berechnung noch die untere Deckplatte, sowohl die Querkraftschotte im Abstand von 5 Metern.

Auch kann die Konstruktion des Geländers das Schwingungsverhalten der Brücke maßgebend beeinflussen.



Schwingung vertikal



Schwingung horizontal

EXKURS - SCHWINGUNGEN

Der Komfort für die Benutzung eines Bauwerks wird auch stark abhängig von den auftretenden Schwingungen. Der Mensch reagiert sehr empfindlich auf Schwingungen und jeder entwickelt ein subjektives Empfinden. Über einige Brückentragwerke wurde in den Medien negativ berichtet, weil diese durch das Schwingverhalten schwer begehbar wurden (Millennium Bridge, London, von Norman Foster). Die Schwingungen entstehen durch die Fußgänger selbst und werden nur selten durch Wind hervorgerufen. Bei sehr leichten und schlanken Brückentragwerken ist naturgemäß die Gefahr von Schwingungen sehr hoch. Die Dämpfung dieser dynamischen Einflüsse gestaltet sich sehr aufwendig und ist deshalb oft Thema bei Brückentagungen.

Das eigentliche Problem ist die Resonanz, die durch die Übereinstimmung von Erreger – und Eigenfrequenz entstehen kann. Wenn die Schrittfrequenz der Fußgänger die selbe ist wie die Eigenfrequenz der Brücke, kann es zu einer Resonanz und somit zu großen Schwingungsamplituden kommen. Die Schrittfrequenz hängt von der Geschwindigkeit der Fußgänger ab und es muss

berücksichtigt werden, dass springende Menschen die Brücke schneller aufschaukeln können, denn dabei wirkt ein vielfaches des Körpergewichtes auf die Konstruktion.

Beim gehen wechselt man das Gewicht von einem Fuß auf den anderen und verursacht dadurch auch horizontale Lasten, die das Tragwerk in horizontale Schwingungen versetzen kann. Diese sind besonders störend, da man diese Bewegung ständig ausgleichen muss, um nicht zu torkeln.

Das Problem der Schwingungen vergrößert sich, um so mehr Leute die Brücke benutzen.

Liegt die Eigenfrequenz der Brücke in einem kritischen Bereich, sind mit dem Bauherrn Komfortkriterien festzulegen. Ob die Brücke im Gebirge, oder eine hochfrequentierte Brücke auf einem Messegelände errichtet wird, ist ein großer Unterschied.

Aus diesem Grund werden dynamische Analysen gemacht, die durch heutige Computersoftware relativ leicht errechnet werden können. Dabei erfährt man, ob das Tragwerk durch hüpfen oder rütteln so stark in Schwingung versetzt werden kann und somit zu einem Kollaps der Brücke führt oder ob die vertikale

Beschleunigung infolge von normalem Fußgängerverkehr unterhalb der Grenzwerte liegt.

Diese Vorhersagen sind allerdings nicht als hundert Prozentig richtig anzusehen, da die Dämpfung des Tragwerks nur geschätzt werden kann. Das richtige Ergebnis kann nur durch Messungen am fertigen Objekt bestimmt werden. Eine Dämpfung kann durch das Material oder die Verbindungsmittel beeinflusst werden. Auch können sich Dämpfungseigenschaften durch das Altern der Materialien verändern. Für die Berechnung muss man Erfahrungswerte wählen und berücksichtigen, dass die Dämpfung auch Systemabhängig ist. Zudem wird sie auch durch die konstruktiven Details; vom Belag und dem Typ des Geländers beeinflusst. Bei einer Spannbandbrücke in Pforzheim (Deutschland) wurde die Dämpfung durch das Maschendrahtgeländer verdoppelt. Sollte absehbar sein, dass dynamische Grenzwerte überschritten werden, müssen Schwingungstilger vorgesehen werden.

Eine horizontale - von 0,5 - 1,2 Hz - und eine vertikale Eigenfrequenz von unter 2,5 Hz sollten eingehalten werden. ¹

1 „Fußgängerbrücken – Konstruktion – Gestalt – Geschichte“, Ursula Baus + Mike Schlaich, Birkhäuser Verlag, 2008, S. 100-103

BRÜCKE IM GRAZER STADTPARK



Brückenende beim Forum Stadtpark

Auffallend sind die wenigen Beispiele von Brückentragwerken aus Holz. Doch gerade durch aktuelle Entwicklungen der Umwelt und im Sinne des nachhaltigen Bauens wäre die Verwendung regionaler Holzprodukte naheliegend. Allerdings lässt sich vor allem in der Schweiz wieder ein Trend hin zum Holzbrückenbau erkennen.

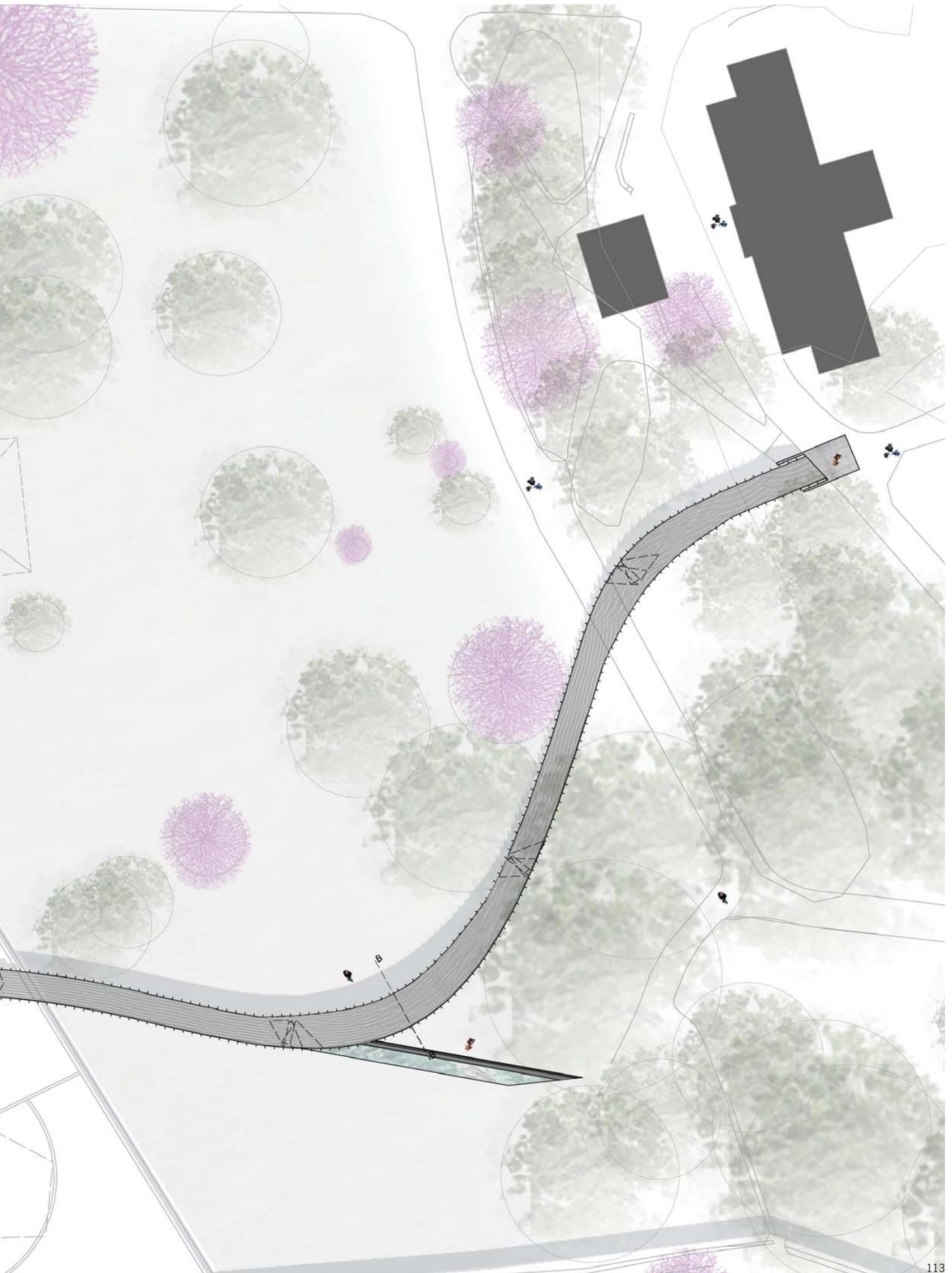
Holz besitzt viele Vorteile, wie zum Beispiel geringes Gewicht und leichte Bearbeitbarkeit. Ein hoher Vorfertigungsgrad ermöglicht eine einfache und schnelle Errichtung in kürzester Zeit. Tragende Elemente bis zu zwanzig Metern Länge sind durch moderne Bearbeitungsmaschinen kein Problem. Auch besitzt Holz besondere haptische Qualitäten und eignet sich für die Verwendung im landschaftlichen Kontext. Durch die Erfindung von Stahl und Stahlbeton wurde der Holzbrückenbau weniger attraktiv

für Auftraggeber. Hohe Spannweiten und lange Lebensdauer waren die maßgebenden Faktoren für die Nutzung. Durch die Entwicklung neuer Holzwerkstoffe und neuer Methoden des konstruktiven Holzschutzes hat man dem Holz wieder Aufmerksamkeit zukommen lassen. Die Werbung für die vielfältige Nutzung des nachwachsenden Rohstoffes in den unterschiedlichsten kommerziellen Medien erzeugte zusehends ein neues positives Image. Die Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft (proHolz) bemühte sich Architekten, Ingenieure und Bauherren über aktuelle Publikationen und Forschungsergebnisse mit Schwerpunktthema Holz zu informieren. Die Wissensvermittlung über aktuelle Technologien und Möglichkeiten der Verwendung des Baustoffes Holz stehen im Vordergrund des Unternehmens. Unter anderem unter-

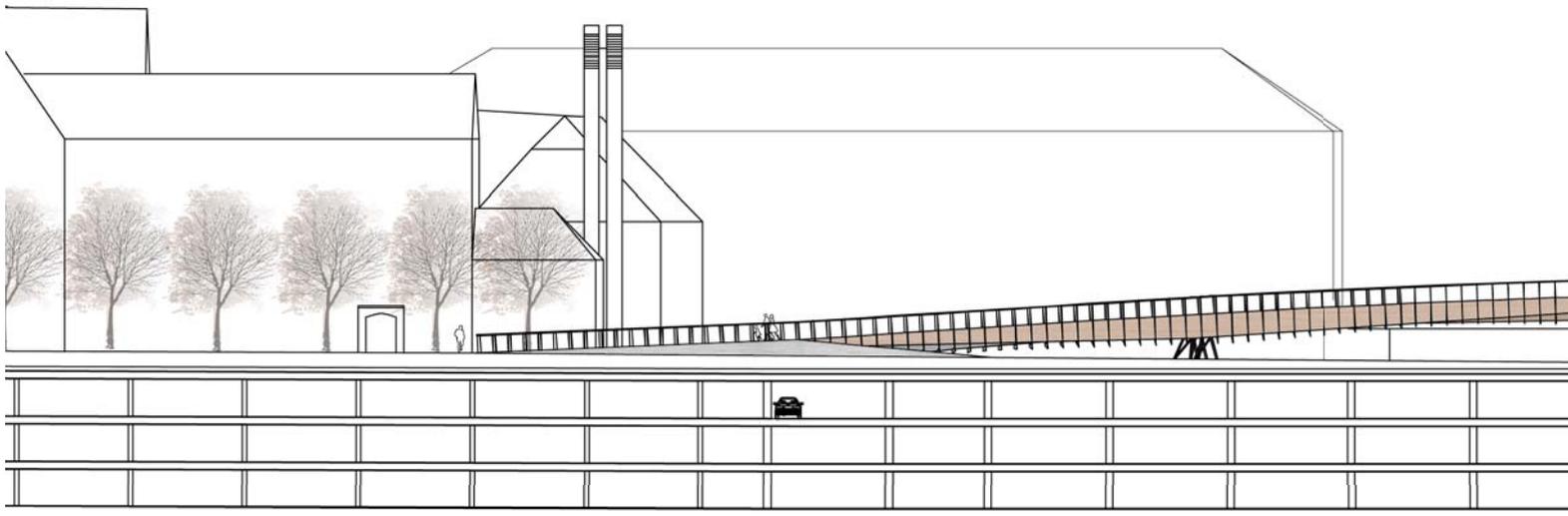
suchen sie renommierte Projekte wie dem Yokohama Ferry Terminal und dem Centre Pompidou in Metz. Dies wurde von den Architekten Shigeru Ban und De Gastines entworfen, bei dem ein gigantisches Tragwerk aus dreiseitig gekrümmten Tragelementen aus Kreuzlagenholz angefertigt wurde.

Lageplan - Draufsicht





Ansicht der Brücke - Schnitt Tiefgarage Pfauengarten



Bei der weiteren Ausarbeitung der Brücke im Grazer Stadtpark wurde es notwendig, Leitdetails und ein Materialkonzept zu entwickeln. Aufbauend auf ein Tragwerk aus Brettschichtholzträgern wurde eine Verkleidung mit Furniersperrholzplatten an den Seitenteilen und an der Unterseite der Brücke angebracht. Diese bildet den konstruktiven Holzschutz für das Tragwerk und bietet auch die Möglichkeit einer versteck-

ten Installation von Leuchtmitteln, um die Brücke auch in der Nacht in Szene zu setzen. Die Gehfläche wurde mit längs - laufenden Holzdielen versehen und bildet im gebogenen Teil der Brücke eine Sitzbank aus, die sich aus dem Boden erhebt. Im Kontrast zum warmen Holz werden die Auflagerbereiche als Sichtbeton ausgeführt. Zu den zwei Materialien Holz und Beton kommt Cortenstahl, aus dem

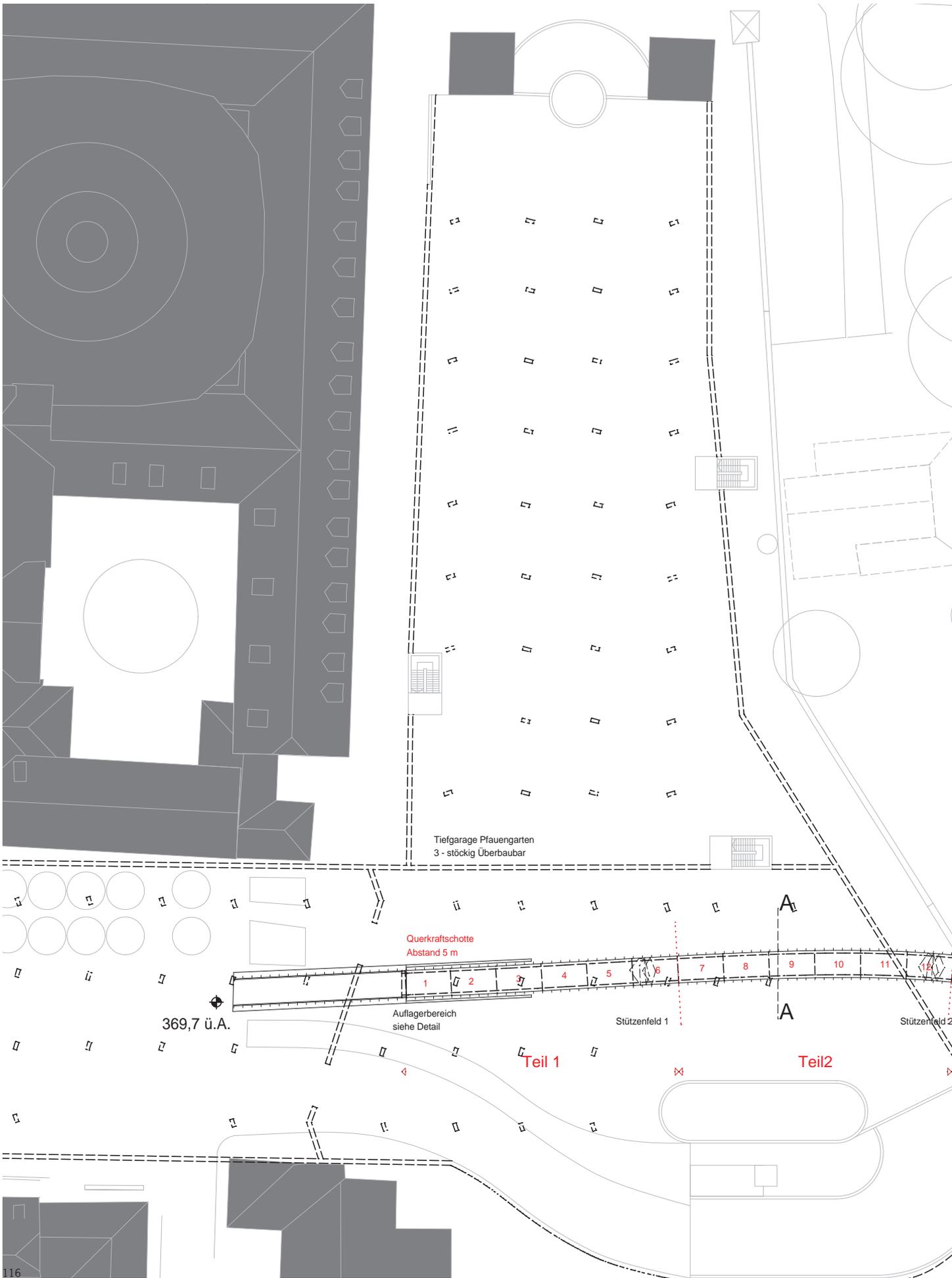
die Rahmen für das Geländer der Brückenkonstruktion bestehen. Um den Bereich unterhalb der Brücke nicht außer Acht zu lassen wurde eine Wasserbecken mit vorgelegter Sitzbank eingeplant. Dieses erstreckt sich vom 3. Stützenfeld in Richtung des bestehenden Wassergrabens nahe des Cafe Parkhouse und bildet eine Beziehung zum Aufenthaltsbereich auf der Brücke.

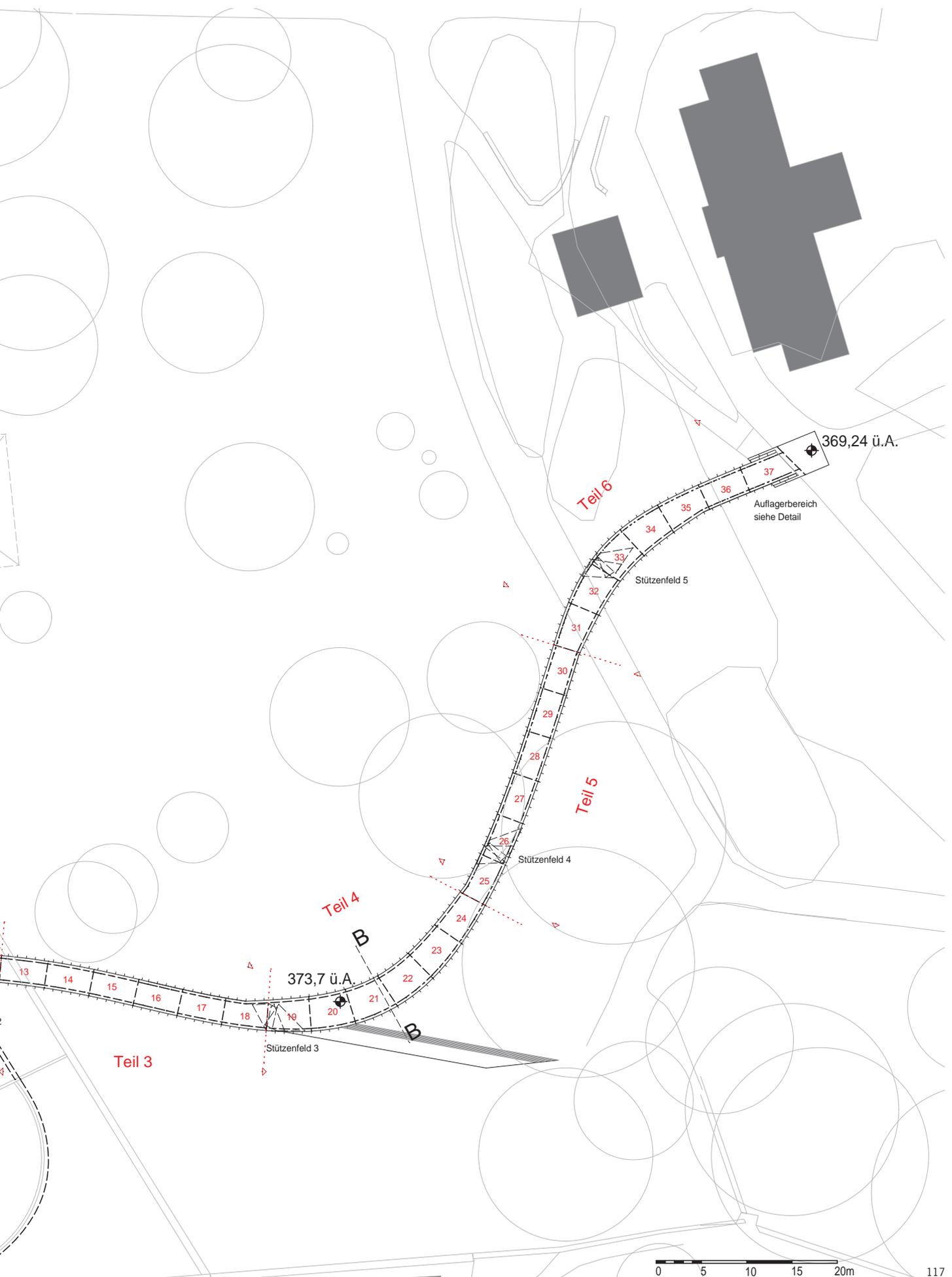


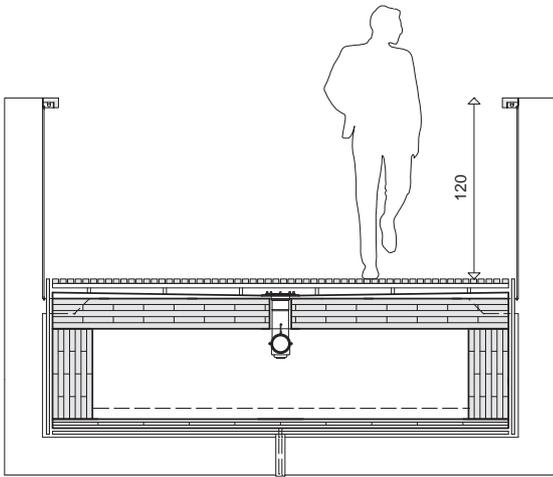
Die Konstruktionsweise des Tragwerks warf die Frage auf, wie einfach solche zweiseitig gekrümmten Träger hergestellt werden können. Es gibt einige Firmen in Österreich, die über das Know-how und die Technik verfügen solche Elemente herzustellen. Als Referenz kann das Centre - Pompidou in Metz oder das Vordach des Austria Centers in Wien gesehen werden. In beiden Projekten wurden zweiseitig gekrümmte

Brettschichtholzträger für die Konstruktion hergestellt und eingebaut. Ich habe mich entschlossen, die Tragelemente aus plattenförmigen Kreuzlagenholz, polygonisiert herzustellen. Die Konstruktion wird durch die gekrümmte Holzoberfläche ohnehin verdeckt. Allerdings würde es auch möglich sein die Konstruktion sichtbar, aus mehrfach gekrümmten Elementen herzustellen. Das würde eine sehr

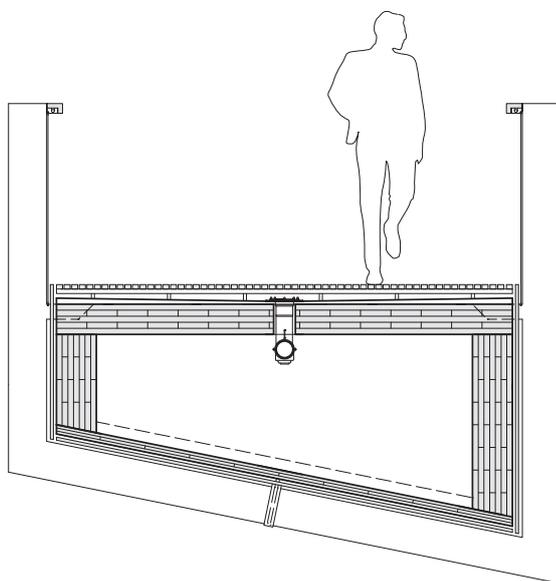
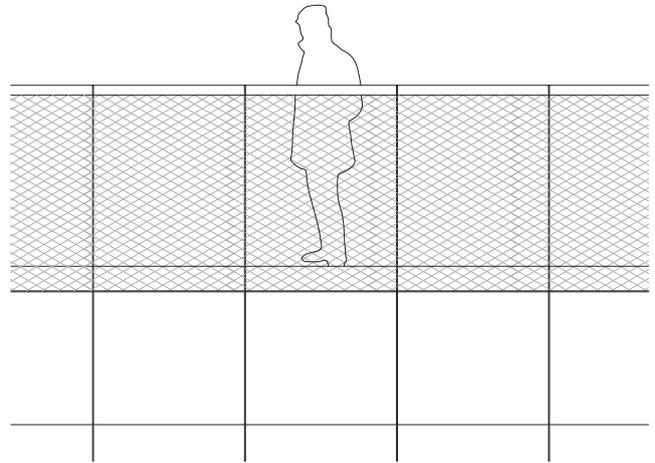
aufwendige Bearbeitung durch CNC gesteuerte Bearbeitungsmaschinen voraussetzen und die Dauerhaftigkeit der Konstruktion durch die zu erwartende Verwitterung stark verkürzen.



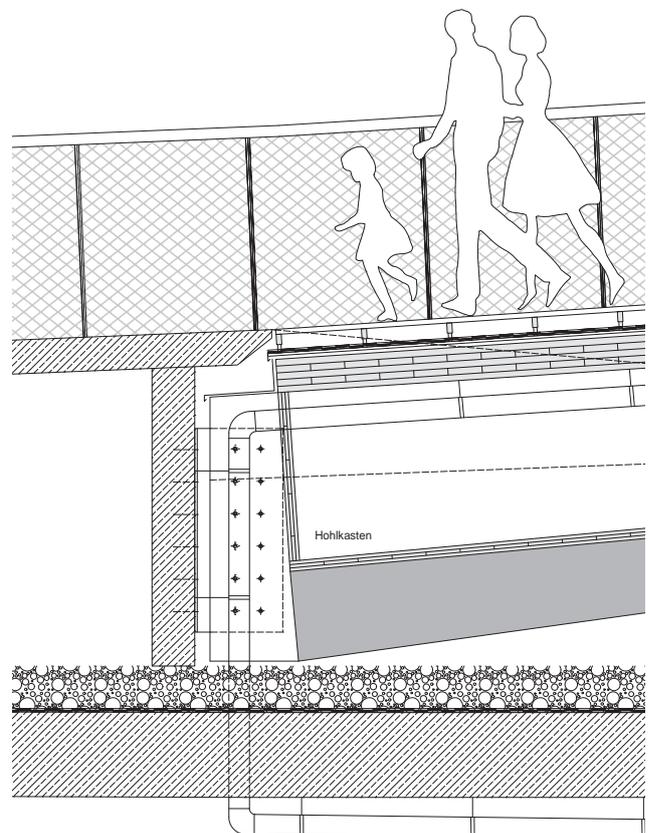




Schnitt A-A und Ansicht M 1:50

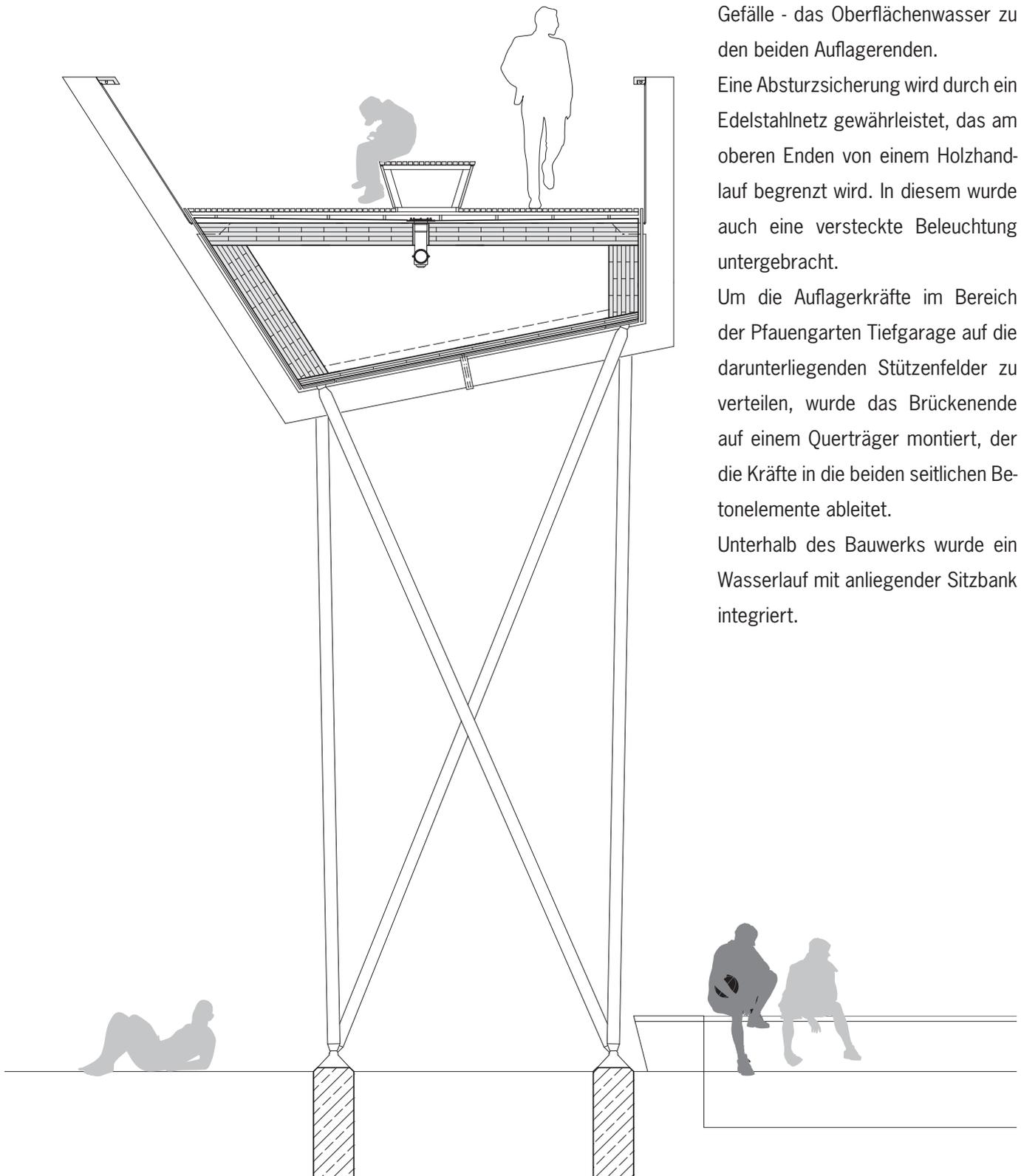


Schnitt A-2 und Ansicht M 1:50



Schnitt des Auflagers beim Pfauengarten

Schnitt B-B M 1:50



Unterhalb der Gehfläche wurde eine wasserführende Schicht eingebaut, um Regenwasser kontrolliert in den bestehenden Kanal abzuleiten. Im inneren des Hohlkörpers führt ein Sammelstrang – mit mindestens 2% Gefälle - das Oberflächenwasser zu den beiden Auflagerenden.

Eine Absturzsicherung wird durch ein Edelstahlnetz gewährleistet, das am oberen Enden von einem Holzhandlauf begrenzt wird. In diesem wurde auch eine versteckte Beleuchtung untergebracht.

Um die Auflagerkräfte im Bereich der Pfauengarten Tiefgarage auf die darunterliegenden Stützenfelder zu verteilen, wurde das Brückenende auf einem Querträger montiert, der die Kräfte in die beiden seitlichen Concretelemente ableitet.

Unterhalb des Bauwerks wurde ein Wasserlauf mit anliegender Sitzbank integriert.

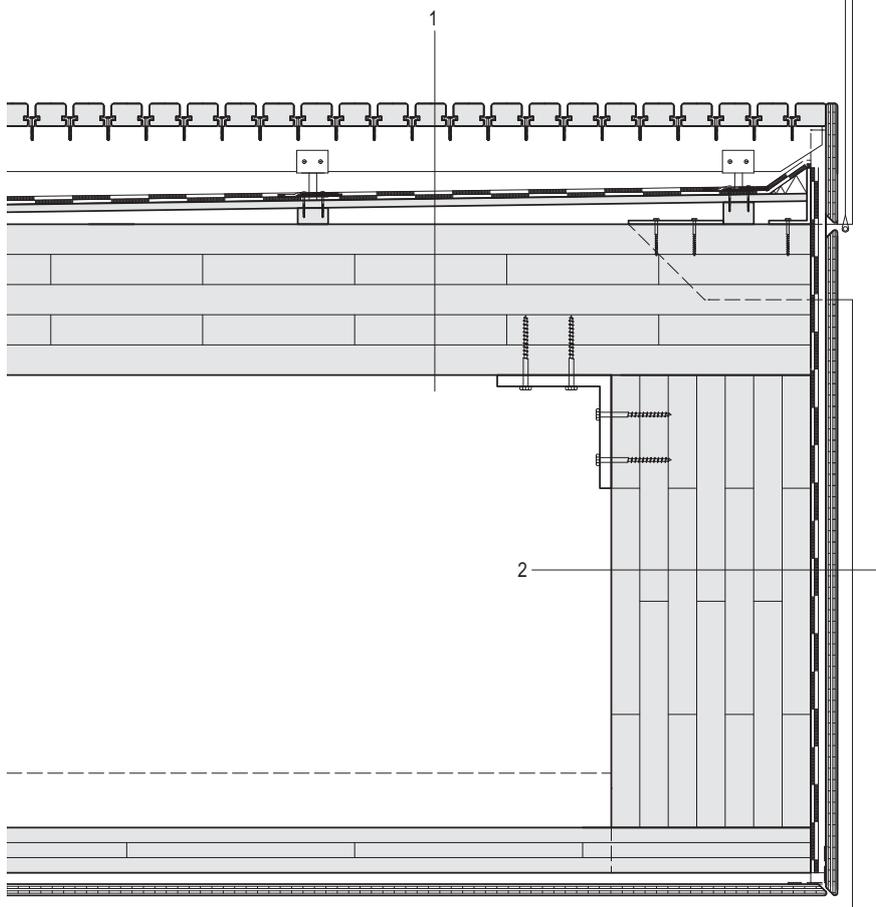
1

Holzbelag 40/30, Lärche, versteckt befestigt
 Sekundärkonstruktion 60/30 auf Stelzlager
 2 lag. bituminöse Abdichtung
 Pressspanplatte 1,5cm mit 2% Gefälle
 Hinterlüftung 2-4cm
 20cm dicke BSP Platte, lt. Statik

2

Furniersperrholzplatte 15mm, versteckt befestigt, verklebt, lasiert
 15mm Luftschicht
 2lag. bituminöse Abdichtung
 25cm dicker BSP Träger, lt. Statik
 Kraftschlüssig durch Nagelpressleimung mit BSP Platte verklebt

3



3

Holzhandlauf auf zwei parallelen Flacheisen festgeschraubt und mit den Cortenstahlrahmen verbunden

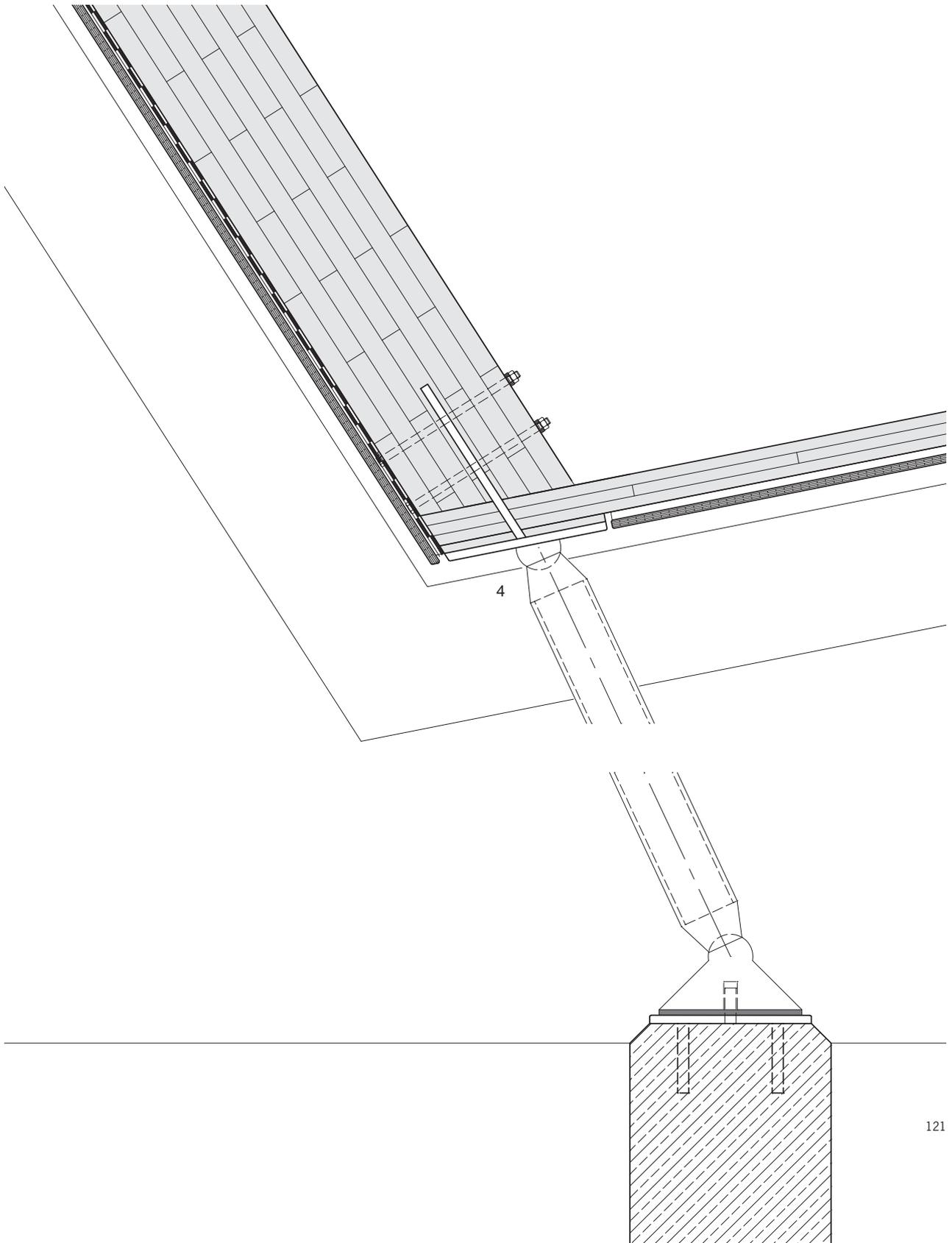
Stahlseil für die Befestigung des Edelstahlnetzes

LED Beleuchtung unterhalb des Handlaufes

4

Anschluss der Pendelstützen mittels Kugelgelenk

Die Kopfplatten der Stützen und die Sperrholzplatten sind flächenbündig













RESÜMEE

Ausgehend vom ersten Teil der Diplomarbeit, mit der Untersuchung von unterschiedlichsten Beispielen, gewann ich die Erkenntnis, dass Brücken mehr sind als nur ein verbindendes Element.

Einige Architekturbüros haben sich auf den Entwurf von Fußgängerbrücken spezialisiert (Knight Architects, Feichtinger) und beschreiten damit das Grenzfeld zwischen den beiden verwandten Bereichen der Architektur und des Bauingenieurwesens.

Ich hatte schon länger die Idee, eine Fußgängerbrücke für meine finale Entwurfsaufgabe, im Sinne meiner Diplomarbeit zu entwerfen. Der Standort im Stadtpark von Graz war für mich äußerst interessant, da dieser sehr viel Potenzial zur Umgestaltung in sich birgt. Mein Entwurf verbindet das kulturelle Zentrum des Stadtparks (Forum Stadtpark, Cafe Parkhouse) mit dem Karmeliterplatz. Dabei wird auf den denkmalgeschützten Baumbestand und die Stadtmauer Rücksicht genommen. Die Tatsache, dieses Projekt auf einer bestehenden Tiefgarage zu errichten, wurde zu einer weiteren Herausforderung. Bereits durchgeführte Wettbewerbe für das Pfauegarten – Areal, wie das Trigon Museum oder das Pavoreal Hotel, wurden aus politischen Gründen oder wegen Geldmangels nicht realisiert. Meiner Meinung nach wertet eine fußläufige Verbindung des Schlossberges zum östlichen Teil der Stadt diesen Bereich erheblich auf.

Der Entwurf besteht aus einem tragenden Kern aus Holz, der von rahmenförmigen Elementen umschlossen wird und diese bilden weiters die Basis für eine Geländerkonstruktion. Entlang des Brückenverlaufes verändert sich der Querschnitt trapezförmig und reagiert auf die statischen Gegebenheiten. Die maximale Trägerhöhe wird jeweils bei den Auflagern erreicht und vermindert sich zur Mitte von zwei Stützenfeldern. Im Bereich der beiden Krümmungen der Brücke erweitert sich die Lauffläche und bietet am höchsten Punkt einen Aussichtsplatz mit einer Bank zum verweilen.

Die Rahmen aus Cortenstahl wurden parametrisch erzeugt und im Animationsprogramm Autodesk Maya modelliert. Im Bezug auf die aktuelle Architekturdiskussion war dies ein wichtiger Schritt zur animierten Architektur, die wesentlicher Bestandteil zeitgenössischer Architektur geworden ist.

Baurechtliche Normen, Holzbau, Denkmalschutz und statische Erfordernisse sind in der Diplomarbeit dokumentiert. Dafür wurden Vor- und Nachteile von verschiedenen Holzarten und der Holzschutz von Brückentragwerken erläutert. Daraus ergaben sich zwei wesentliche Optionen für die Ausformung meines Entwurfes: Zum einen würde eine bewitterte Konstruktion die Sichtbarkeit des Tragwerks ermöglichen, jedoch die Lebensdauer maßgeblich verkürzen. Zum anderen wird eine voll geschützte Konstruktion eine unbegrenzte Lebensdauer erreichen, sofern die Details richtig ausgebildet werden. Aus diesen Grund entschied ich mich für letzteres.

Eine statische Vorbemessung der tragenden Elemente wurde im Programm Ruck Zuck beziehungsweise im RFEM Dlubal durchgeführt und jeweils durch eine händische Nachweisführung ergänzt. Der Umgang mit derartiger Software und das statische Verständnis wurden dadurch erheblich gestärkt. Der Entschluss ein Holztragwerk für mein Projekt zu verwenden, entstand aus den ökologischen, kontextuellen Überlegungen und um eine innovative Konstruktion bis ins Detail zu entwerfen.

Diese Arbeit hat mich sehr motiviert und werde ich in meiner zukünftigen Arbeit als Architekt weiter verfolgen. Die erlangten Kenntnisse im Bezug auf die Konstruktion von Tragwerken und das Entwerfen unter Rücksichtnahme der auftretenden Kräfte bilden einen wichtigen Teil des fundierten Grundwissens eines jeden Architekten. Durch das geplante Projekt wird die Lage des Bereiches erheblich aufgewertet. Darin sehe ich auch eine der wichtigsten und erfüllendsten Aufgaben eines Architekten - eine positive, bereichernde Umgebung als Wechselspiel zwischen Menschen und Umwelt zu schaffen.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- 01 ... "Fußgängerbrücken: Konstruktion Gestalt Geschichte", Ursula Baus, Mike Schlaich, Birkhäuser Verlag 2008, S.28
- 02 ... ebd.
- 03 ... Fotos von OMA, Museumspark, Netherlands, Rotterdam, 1994 , <http://www.oma.eu/>
- 04 ... ebd.
- 05 ... flickr.com
- 06 ... West8 Urban Design & Landscape Architecture B.V., west8.com
- 07 ... ebd.
- 08 ... wilkinsoneyre.com, Nick Wood
- 09 ... west8.com
- 10 ... CA Design, Architecture & Urban Planning, cagroup.cn
- 11 ... ebd.
- 12 ... ebd.
- 13 ... ebd.
- 14 ... ebd.
- 15 ... ebd.
- 16 ... Bernd Tschumi Architects, tschumi.com
- 17 ... ebd.
- 18 ... Hugh Dutton (HDA Paris), hda-paris.com
- 19 ... ebd.
- 20 ... Bernd Tschumi Architects, tschumi.com
- 21 ... Hugh Dutton (HDA Paris), hda-paris.com
- 22 ... Rosales Gottemoeller & Associates, <http://de.structurae.de>
- 23 ... Robert Mayr
- 24 ... Rosales Gottemoeller & Associates, <http://de.structurae.de>
- 25 ... ebd.
- 26 ... ebd.
- 27 ... Santiago Calatrava, Architekt & Ingenieur, <http://de.structurae.de>
- 28 ... ebd.
- 29 ... ebd.
- 30 ... Robert Mayr
- 31 ... Santiago Calatrava, Architekt & Ingenieur, <http://de.structurae.de>
- 32 ... ebd.
- 33 ... Robert Mayr
- 34 ... ebd.
- 35 ... ebd.
- 36 ... McDowell+Bendetti, http://www.e-architect.co.uk/england/castleford_bridge.htm
- 37 ... ebd.
- 38 ... Sutton Vane Associates, <http://www.sva.co.uk/>

- 39 ... McDowell+Bendetti, http://www.e-architect.co.uk/england/castleford_bridge.htm
- 40 ... McDowell+Bendetti,<http://www.worldarchitecturenews.com>
- 41 ... Henderson Waves, RSP Planners Architects & Engineers, <http://www.designboom.com>
- 42 ... ebd.
- 43 ... Robert Mayr
- 44 ... Henderson Waves, RSP Planners Architects & Engineers, <http://www.designboom.com>
- 45 ... ebd.
- 46 ... ebd.
- 47 ... Enrique Browne y Arquitectos Asociados, <http://www.ebrowne.cl/>
- 48 ... ebd.
- 49 ... ebd.
- 50 ... ebd.
- 51 ... Stadtpark Graz, Luftbild, <http://www.bing.com/maps/>
- 52 ... Robert Mayr
- 53 ... ebd.
- 54 ... Räume für Kunst – Museumsmodelle – Europäische Museumsarchitektur der Gegenwart, Katalog zur Ausstellung, Neue Galerie am Landesmuseum der Stadt Graz mit dem Haus der Architektur Graz, 1992, S66
- 55 ... Trigon Museum Pfauengarten, Landesbaudirektion Steiermark, Graz 1992 Seite 14
- 56 ... Pichler und Traupmann Architekten, <http://www.pxt.at/>
- 57 ... ebd.
- 58 ... Robert Mayr
- 59 ... ebd.
- 60 ... ebd.
- 61 ... ebd.
- 62 ... ebd.
- 63 ... Forum Statpark, Ernst Giselbrecht + Peter Zinganel, Paul Ott, <http://www.nextroom.at>
- 64 ... Robert Mayr
- 65 ... ebd.
- 66 ... ebd.
- 67 ... ebd.
- 68 ... Parametricism - A New Global Style for Architecture and Urban Design Patrik Schumacher, London 2008, <http://www.patrikschumacher.com>
- 69 ... Robert Mayr
- 70 ... Brückenbau Skriptum, Institut für Holzbau & Holztechnologie, TU Graz, Gerhard Schickhofer, 2005, Seite 117
- 71 ... ebd., Seite 124
- 72 ... Bauen mit Holz, Sonderdruck 11/2004
- 73 ... ebd.

LITERATURLISTE

- „Workflow: Struktur – Architektur“, Klaus Bollinger + Manfred Grohmann, Birkhäuser Verlag, 2004
- „Architekt – Ingenieur“, Arbeiten am Institut für Entwerfen und Konstruieren, Universität Stuttgart, Prof. Dr. techn. h.c. Kurt Ackermann, 1997
- „Fußgängerbrücken 1977-1992“, Katalog zur Ausstellung an der ETH Zürich von Hans Jochen Oster, Jörg Schlaich + Rudolf Bergermann, ETH Zürich, 1994
- „Fußgängerbrücken – Konstruktion – Gestalt – Geschichte“, Ursula Baus + Mike Schlaich, Birkhäuser Verlag, 2008
- „Bridgscape – The art of Designing Bridges“, Frederick Gottemoeller, John Wiley & Sons Inc., New Jersey, 2004
- „Masterpieces – Bridge Architecture + Design, Chris van Uffelen, Braun Publishing AG, 2010
- „Holzbrücken – Statische Systeme, Konstruktionsdetails, Beispiele“, Alois Mucha, Bauverlag GMBH, Wiesbaden und Berlin, 1995
- „Historisches Jahrbuch der Stadt Graz: Band 5/6“, Wilhelm Steinböck, Hundert Jahre Grazer Stadtpark, Stadt Graz, 1973
- „Architektur in Grazer Parkanlagen – Geplante und Realisierte Projekte vom 19. Jhd. Bis heute“, Diplomarbeit KF Universität, Katrin Mondschein, 2008
- „Passerelle Simone-de-Beauvoir Paris“, Feichtinger Architects, Archives d'architecture moderne, 2006
- „Parametrismus – Der neue International Style“, ARCH+ 195, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, November 2009 , London 2008
- „Human Machines are your friends!“, Zeitschrift „Hintergrund“ Nr. 33, Architekturzentrum Wien, 2007
- Räume für Kunst – Museumsmodelle – Europäische Museumsarchitektur der Gegenwart, Katalog zur Ausstellung, Neue Galerie am Landesmuseum der Stadt Graz mit dem Haus der Architektur Graz, 1992
- Trigon Museum Pfauengarten, Landesbaudirektion Steiermark, Graz 1992
- Brückenbau Skriptum, Institut für Holzbau & Holztechnologie, TU Graz, Gerhard Schickhofer, 2005
- PAVOREAL Wettbewerbsauschreibung, V22/22. Oktober 2007
- Bauen mit Holz, Sonderdruck 11/2004

INTERNETRESSOURCEN

<http://www.oma.eu/>

www.flickr.com

www.west8.com

www.wilkinsonseyre.com

www.cagroup.cn

www.tschumi.com

www.hda-paris.com

<http://de.structurae.de>

http://www.e-architect.co.uk/england/castleford_bridge.htm

<http://www.sva.co.uk/>

<http://www.worldarchitecturenews.com>

<http://www.designboom.com>

<http://www.ebrowne.cl/>

<http://www.bing.com/maps/>

<http://www.pxt.at/>

<http://www.nextroom.at>

<http://www.patrikschumacher.com>

<http://www.archdaily.com>

<http://www.proholz.at>

<http://www.rsp.com.sg/>

<http://www.brueckenbaupreis.de>