

# PONTE MICHELANGELO

eine Fußgängerbrücke in Florenz

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades  
einer Diplom-Ingenieurin

Studienrichtung Architektur

Christina Rapposch

Technische Universität Graz

Erzherzog-Johann-Universität

Fakultät für Architektur

Betreuer:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Peters

Institut für Tragwerksentwurf

Mai 2014

#### 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

Abstract	3
Einleitung	5
HISTORISCHE ANALYSE - FLORENZ	7
A    Geschichte der Stadt Florenz	7
B    Architekturgeschichte in Florenz	11
C    Florenz und der Arno	19
D    Städtebauliche Analyse	23
RESEARCH BRÜCKENBAU	31
A    Geschichte der Bogenbrücken	31
B    Theorieexkurs Bogenstatik	37
C    Analyse der Florentiner Brücken	43
D    Analyse Fußgängerbrücken	51
PONTE MICHELANGELO - DAS PROJEKT	57
A    Beschreibung des Bauplatzes	58
B    Projektbeschreibung	62
C    Plandarstellung - Visualisierung	63
D    Details	83
BESCHREIBUNG UND ANALYSE DES TRAGWERKS	91
A    Vertikale Lastabtragung	94
B    Horizontale Lastabtragung	94
C    Lastannahmen	95
D    Lastfallkombinationen - nach Eurocode	96
E    Materialien	97
F    Berechnung	98
ZUSAMMENFASSUNG	103
ANHANG	105
Literaturliste	106
Abbildungsverzeichnis	108

### **Kurzfassung**

Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich mit dem Entwurf einer Fußgängerbrücke in urbanem Kontext unter Einbeziehung der näheren Umgebung.

Die Ponte Michelangelo schließt eine Lücke auf einer viel begangenen Touristenroute durch die Stadt von der David – Kopie vor dem Palazzo Vecchio zur David – Kopie auf der Piazzale Michelangelo und erschließt den neugestalteten Park am Flussufer für Einheimische und Touristen.

Die Arbeit basiert auf einer umfangreichen Recherche über die Stadt Florenz und ihrer Entwicklung einerseits und den Bogenbrückenbau andererseits.

Kern des Projekts ist der Entwurf einer Fußgängerbrücke über den Arno und den angrenzenden Park als Bogenkonstruktion, die Entwicklung des Tragwerks sowie der Leitdetails spielt dabei eine wichtige Rolle.

Abschließend erfolgt eine ausführliche Analyse des Tragwerks und eine Vorbemessung mit Hilfe des Finite – Elemente – Programms RSTAB.

### **Abstract**

This diploma thesis deals with the design of a pedestrian bridge in an urban context including the surroundings.

The ponte Michelangelo connects the two statues of David on one of the most popular tourist routes in the town centre of Florence - one in front of the Palazzo Vecchio, the other one on the Piazzale Michelangelo.

It also makes the newly designed park on the bank of the river accessible to tourists and locals. The paper is based on extensive research about the city of Florence and its development on the one hand, and the construction of arch bridges on the other hand.

The core of the project is the design of a pedestrian bridge across the river Arno and the adjacent park by means of an arch construction; however, the design of the supportive structure and the construction details play an important role, too.

Finally the supporting framework is analysed and predimensioned using the finite-element software RSTAB.

## EINLEITUNG

Das Thema Tragwerksentwurf begeistert mich schon mein ganzes Studium lang und führte zu wiederholten Ausflügen in die Welt der Bauingenieurwissenschaften.

Im Rahmen der Projektübung „footprint – eine Brücke im Grazer Stadtpark“ im Sommersemester 2009 am Institut für Tragwerksentwurf wurde ich dann völlig mit dem Thema Brückenbau infiziert.

Der Entwurf einer Fußgängerbrücke – in ihren Konstruktionen sind Architektur- und Tragwerksentwurf untrennbar miteinander verbunden - als Diplomarbeit erscheint so als logische Folge.

Dennoch sind Fußgängerbrücken mehr als nur Tragwerke, die eben zufällig einen Fluss überqueren: sie ermöglichen Verbindungen über Grenzen hinweg, schaffen Räume auf, neben und unter der Brücke und werden zum Begegnungsort für ihre Benutzer.

Die Stadt Florenz fasziniert vor allem durch ihren Reichtum an kunst- und architekturgeschichtlichen Schätzen, zynische Stimmen bezeichnen sie sogar als Freilichtmuseum der Renaissance.

Während einer Toskanareise im August 2013 hatte ich die Möglichkeit, die Stadt in ihrer Eigenheit zu erleben. Unterwegs zum Aussichtspunkt auf der Piazzale Michelangelo umrundete ich erstmals das Planungsgebiet zwischen der Ponte alle Grazie und der Ponte a San Niccolò auf den für Fußgänger unwirtschaftlichen Wegen. Zusammen mit dem Potential der bis jetzt nur inoffiziell genutzten parkartigen Uferzone entstanden in diesen Tagen die Grundgedanken der vorliegenden Arbeit.

Das heutige Erscheinungsbild und die Stadtstruktur von Florenz fußen auf ihrer historischen Entwicklung, deshalb steht ein Abriss der Geschichte und Architekturgeschichte am Beginn dieser Arbeit.

Nach einer Analyse der bestehenden Brücken, es handelt sich um eine Folge verschiedener Bogenbrücken, folgte rasch die Entscheidung für eine Bogenkonstruktion.

Die Geschichte des Bogenbrückenbaus, ein Exkurs in die Theorie der Bogenbrücken sowie die Analyse einiger beispielhafter Projekte bilden die Grundlage für den Entwurf meiner Brücke.

Die neue Brücke schafft eine attraktive fußläufige Verbindung zwischen den Stadtteilen Santa Croce und San Niccolò und erschließt gleichzeitig den neu gestalteten weiträumigen Park in der Uferzone.

Der Entwurf der Fußgängerbrücke, der mit ihrem Tragwerksentwurf Hand in Hand geht, steht im Zentrum meiner Arbeit. Er beinhaltet die Erarbeitung der Leitdetails sowie die Analyse und Vorbemessung seines Tragwerks mit Hilfe des Finite-Elemente Programms RSTAB.

HISTORISCHE ANALYSE - FLORENZ

A

GESCHICHTE DER STADT FLORENZ

Der florentiner Geschichtsschreiber Giovanni Villani beschreibt im 14. Jahrhundert nach Christus in seinen 13 Büchern zur Geschichte der Stadt Florenz, der „Nuova Cronica“ die Gründung der Stadt Florenz. Obwohl in seiner „Nuova Cronica“ reale historische Ereignisse nach heutiger Zeit nicht immer korrekt wiedergegeben werden und teilweise mit Vorstellungen aus der Sagenwelt nach Homer verknüpft werden stellen sie doch eine wichtige Quelle für die Geschichte der Stadt dar.<sup>1</sup>

Nach Villani wurde Florenz nach der Zerstörung des älteren Fiesoles unter Julius Cäsar im Kampf gegen Catilina 70 vor Christus gegründet und nach dem gefallenen Feldherrn Florinus „Floria“ benannt.<sup>2</sup> „Die Sprache des Volkes machte bald aus „Floria“ „Fiorenza“, das bedeutet das blühende Schwert“.<sup>3</sup>

Auch wenn weder Julius Cäsar in der Catilinarischen Verschwörung in der Toskana gekämpft hatte, noch die Jahreszahl korrekt ist, liegt die Wahrheit nicht allzu fern.

Die Stadt Florenz wurde 59 vor Christus nach den Agrargesetzen Julius Caesars als römische Kolonie an einer strategisch günstigen Position im Arnotal an der Kreuzung dreier bestehender Römerstraßen errichtet.

Nach einer Blütezeit während der Römischen Antike verlor die Stadt in der Zeit der Völkerwanderung vor allem durch ihre exponierte Lage und die andauernde Überschwemmungsgefahr an Bedeutung, diese verschob sich bis zur Jahrtausendwende nach Lucca, dem Sitz der karolingischen Markgrafen.<sup>4</sup>

Die Eroberung der lombardischen Gebiete als Kirchenstaat durch die Franken, die in der Krönung Karls des Großen im Jahr 800 endete, bildet die Wurzel für den immerwährenden Konflikt zwischen den deutschen Kaisern und dem jeweiligen Papst, der im Investiturstreit um die Einsetzung der Bischöfe seinen Höhepunkt hatte. Am Ende des 11. Jahrhunderts stand Florenz unter der Herrschaft der papsttreuen Mathilde von Canossa, deren Burg im vielzitierten „Canossagang“ Heinrichs IV. eine tragende Rolle spielte.<sup>5</sup> Während sich der Konflikt zwischen Kirche und Kaisertum im Alpenraum eher auf politischer Ebene abspielt, verlagern sich die Auseinandersetzungen im italienischen Raum in die Städte. Auf der einen Seite stehen die kaisertreuen Ghibellinen, auf der anderen die papsttreuen Guelfen. Dabei standen neben den religiösen Zielen vor allem wirtschaftliche und politische Interessen im Vordergrund. Die Vorherrschaft wechselte im Laufe der Jahre durch dauernde Kleinkriege mit der jeweilig gegensätzlich ausgerichteten Nachbarstadt sowie mit der verfeindeten Partei innerhalb der Stadtmauern. Dies führte zur wiederholten Vertreibung der Anhänger einer Partei aus den Städten, den dauernden Kämpfen, teilweise von Haus zu Haus verdanken wir aber auch die mächtigen Geschlechtertürme, die als kleine Trutzburgen innerhalb der Stadtmauern errichtet wurden<sup>6</sup>, aber nur mehr in San Gimignano erhalten sind. Diese Auseinandersetzungen erlebten im 13. Jahrhundert in Florenz ihren Höhepunkt, ab dem 14. Jahrhundert blieb Florenz guelfisch.<sup>7</sup>



Torre Guinigi in Lucca 01

Die wichtige Rolle Mathildes in den kriegerischen Auseinandersetzungen im Investiturstreit führte im beginnenden 12. Jahrhundert allerdings auch zu einer weitgehenden Demokratisierung der Stadtverwaltung, die zwar anfangs unter ihrem Vorsitz, während ihrer Abwesenheit aber auch unabhängig die Geschäfte der Stadt leitete. Diese, „boni homines“ genannte Gruppe wurde aus den mächtigen Familien der Stadt gewählt, wodurch sich die Regierungsgewalt auf einige wenige Familien konzentrierte. Ab dem 13. Jahrhundert begannen die Kaufleute und Handwerker sich in den „arti“ genannten Gilden zu organisieren, die nun gemeinsam die Regierung, die Signoria stellten und das gesellschaftliche und künstlerische Leben dominierten.<sup>8</sup>

So nennen einige Quellen 1115, das Todesjahr der Markgräfin Mathilde als Gründungsdatum einer ersten florentinischen Republik<sup>9</sup>, andere wiederum beziehen sich auf das Jahr 1250, als zum ersten Mal das durch den Handel reich gewordene Bürgertum, das der ewigen Kämpfe zwischen Guelfen und Ghibellinen müde war, die Macht ergriff.<sup>10</sup> Doch vor allem der wirtschaftliche Aufschwung prägte das 12. und 13. Jahrhundert, wodurch die Rolle des Bürgertums und der Gilden immer mehr an Bedeutung gewann, bis diese ab 1282 die Regierung stellten.



02 Palazzo Vecchio

Der Beginn des folgenden 14. Jahrhunderts, im Italienischen „Trecento“ genannt stellt einen Höhepunkt der florentinischen Geschichte dar. Kunst und Kultur erlebten einen Höhepunkt. Die Wende vom Duecento zum Trecento war die Wirkungszeit bis heute bekannter Künstler wie Giotto, Andrea Pisano oder Dante Alighieri, in Architektur und Kunst entstanden die berühmten Gebäude der florentinischen Gotik.<sup>11</sup>

Ein weiteres Aufflammen des guelfisch-ghibellinischen Konflikts, eine durch den Bankrott einiger Bankiersfamilien ausgelöste Finanzkrise sowie diverse politische Niederlagen leiteten den Niedergang der Stadt ein, der schließlich von der verheerenden Überschwemmung 1333 und der Pestkatastrophe von 1348 besiegelt wurde.<sup>12</sup> Die nun folgenden Jahre waren von ständigen Machtwechseln geprägt.

Am Beginn des Quattrocento erlangte die Familie der Medici, eine ursprünglich aus Rom stammende Bankiersfamilie, immer mehr Einfluss in der Stadtpolitik, den sie geschickt zu nutzen wussten. Obwohl kurzfristig aus der Stadt vertrieben, übernahm Cosimo der Ältere 1434 de Facto die Regierungsgeschäfte. Die Vorherrschaft der Medici in Florenz sollte mit einigen kurzen Unterbrechungen bis 1737 andauern, die Staatsform der Republik blieb formal bis 1532 erhalten.

In die Regierungszeit Cosimos des Älteren und später seines Enkels Lorenzo, genannt der Prächtige, fällt die Blütezeit der Renaissance in Florenz, deren richtungsweisende Werke waren jedoch schon vor den Medici entstanden.



03 Ponte Vecchio mit Corridorio Vasariano



04 Stadtansicht von Florenz 1463

Die Medici förderten humanistische Denker, gründeten eine Bibliothek und unterstützten die Kunst der Renaissance. Durch die zunehmend schwache finanzielle Lage der Medici traten auch andere Florentiner Familien als Mäzene auf.<sup>13</sup>

Die faktische Herrschaft der Medici wurde am Ende des 15. Jahrhunderts zum ersten Mal unterbrochen, als Piero de Medici 1494 während des Feldzugs der Franzosen gegen Italien nach eigenmächtigen Verhandlungen verbannt und eine vom radikalen Dominikanermönch Girolamo Savonarola angeführte Volksregierung eingesetzt wurde. Dieser wurde aber nur vier Jahre später – unter anderem auf Betreiben des Papstes, gegen den sich seine Predigten am Ende gerichtet hatten – hingerichtet. Nach konfliktreichen Jahren, in denen Florenz isoliert zwischen den Franzosen, Pisa, und dem Papst stand, wurden schließlich die Medici 1512 wieder als Herrscher eingesetzt.<sup>14</sup>

Auch ein zweites republikanisches Zwischenspiel um 1530, wieder nach einem Einfall der Franzosen, wurde vom Papst mit Waffengewalt beendet, die Medici wurden nun Fürsten des Herzogtums Toskana.<sup>15</sup>



Unter Cosimo I. erlebte Florenz eine weitere Blütezeit, die sich auch in einer regen Bautätigkeit widerspiegelte. Der Rückgang des Wollhandels, mehrere Pestepidemien und Hungersnöte begleiteten den Niedergang der Stadt in den folgenden Jahrzehnten.<sup>16</sup>

Nach dem Tod des letzten Medicifürsten 1737 fiel das Großherzogtum Toskana an die Habsburger, deren toskanische Nebenlinie mit einer kleinen Unterbrechung während der napoleonischen Kriege bis zur Eingliederung ins Königreich Italien 1859 die Herrschaft behielt.

Bis zur endgültigen Einigung Italiens 1870 war Florenz fünf Jahre lang Hauptstadt des Königreichs Italien.<sup>17</sup> Der für eine Großstadt typische Prozess der Industrialisierung mit seinen Problemen und Folgen kann auch im Florenz des ausgehenden 19. Jahrhunderts deutlich abgelesen werden, neben der Industrie florierten der Handel, der Finanzsektor und der Tourismus, die Einwohnerzahlen vervielfachten sich.

Italien trat 1915 auf Seite der Entente in den Ersten Weltkrieg ein, da es sich Gebietsgewinne in Istrien und Südtirol erwartete, die Front verlief dabei in Norditalien.

Nach dem ersten Weltkrieg übernahm Benito Mussolini die Macht und errichtete eine faschistische Diktatur in Italien. Durch verschiedene Bündnisse an Deutschland gebunden trat Mussolini 1940 auf dessen Seite in den Zweiten Weltkrieg ein. Nach der Landung alliierter Truppen auf Sizilien wurde Mussolini 1943 gestürzt, deutsche Truppen besetzten Italien, das nun auf Seite der Alliierten stand.<sup>18</sup>

Auch Florenz war von 11. September 1943 bis 11. August 1944 von deutschen Truppen besetzt, die allerdings mit starkem Widerstand innerhalb der Stadt zu kämpfen hatten. Während des Rückzugs 1944 sprengte die Wehrmacht mit Ausnahme der Ponte Vecchio, die angeblich von Adolf Hitler bewundert wurde, alle Brücken über den Arno. Nach dem Ende der Monarchie 1946 blühte Florenz wieder auf, vor allem aufgrund des wachsenden Tourismus.

Das verheerende Hochwasser des Arno von 1966 verschonte zwar die großteils gerade erst neu errichteten Brücken, richtete aber im angrenzenden Stadtgebiet, großen wirtschaftlichen und kunsthistorischen Schaden an und forderte 34 Menschenleben.<sup>19</sup>

- 1 Vgl.: Zimmermans, 2011, 15-17.
- 2 Vgl.: Borngässer/Toman, 2007, 45.
- 3 Vgl.: Pevsner, 1981, 84.
- 4 Vgl.: Zimmermans, 2011, 51f..
- 5 Vgl.: Müller/Vogel, 1981, 315.
- 6 Vgl.: Zimmermans 2011, 259f..
- 7 Vgl.: ebda 18f..
- 8 Vgl.: ebda, 165-167.
- 9 Vgl.: Müller/Vogel, 1981, 413.
- 10 Vgl.: Zimmermans, 2011, 65.
- 11 Vgl.: [http://www.duomofirenze.it/storia/catt-est\\_eng.htm](http://www.duomofirenze.it/storia/catt-est_eng.htm). [Stand: 2.1.2014].
- 12 Vgl.: Pevsner, 1981, 175f..
- 13 Vgl.: Müller/Vogel, 1981, 421-423.
- 14 Vgl.: Wundram, 1993, 47.
- 15 Vgl.: <http://www.aboutflorence.com/finenze/ponti-di-firenze/ponte-santa-trinita-firenze.html>. [Stand: 27.12.2013].
- 16 Vgl.: [http://www.ub.fu-berlin.de/service\\_neu/ausstellung/archiv/infobl\\_vasari.pdf](http://www.ub.fu-berlin.de/service_neu/ausstellung/archiv/infobl_vasari.pdf). [Stand: 09.01.2014].
- 17 Vgl.: König-Lein/Lein, 2011, 99f..
- 18 Vgl.: Zimmermans, 2011, 267f..
- 19 Vgl.: Wundram, 1993, 16.

## B ARCHITEKTURGESCHICHTE IN FLORENZ

Natürlich können die Geschichte der Stadt Florenz und jene ihrer Architektur nicht getrennt voneinander betrachtet werden, da sie in enger Beziehung zueinander stehen und sich gegenseitig bedingen. Die zentrale Rolle, die die Stadt vor allem am Beginn der Renaissance spielte, beeinflusst jedoch ihre Wahrnehmung in den Augen ihrer Besucher deutlich. Dabei vergisst der meist kunsthistorisch wenig vorgebildete Besucher, dass in Florenz auch außerhalb der Frührenaissance Architekturgeschichte geschrieben wurde.

### Römische Antike

Die Spuren der römischen Bebauung lassen sich im Straßenraster der Innenstadt rund um den Dom ablesen, das Forum befand sich an der Stelle der heutigen Piazza della Repubblica.<sup>20</sup>

### Romanik

Die ersten bis heute bestehenden Gebäude stammen aus der Zeit der Jahrtausendwende, wurden aber mit externen Mitteln errichtet.

Nach der Jahrtausendwende erlebte Florenz eine Blütezeit, die sich in den Kirchenbauten der sogenannten Protorenaissance, manchmal auch Vorrenaissance genannt, widerspiegelte. In Italien war im Gegensatz zum Alpenraum die Architektur der Antike nie ganz in Vergessenheit geraten, deren Ideen wurden im Laufe des Mittelalters immer wieder aufgegriffen. Der Name Protorenaissance zeigt bereits die Verbindung zur Renaissance, deren architektonische Ausprägung in Teilen vorweggenommen wird.



Baptisterium di San Giovanni 05



San Miniato al Monte 06



Ponte Vecchio 07

Als augenscheinlichstes Erkennungszeichen gelten dabei die Marmorinkrustationen: die Fassaden werden mit geometrischen Mustern aus schwarzem bis dunkelgrünem und weißem Marmor plastisch gestaltet. Diese sind besonders in Florenz bis ins 15. Jahrhundert hinein zu finden.<sup>21</sup> Andere Quellen beschreiben dies als „toskanischen“ Stil, als regionaltypische Ausprägung der Romanik in Italien.<sup>22</sup>

Das Baptisterium di San Giovanni, errichtet 1059 bis 1102, galt bis in die Renaissance hinein als authentisches antikes Bauwerk und wurde auf diese Weise zu einem wichtigen Vorbild für die Architekten der Renaissance. Neben den romanischen Formen in den Dekorationselementen weist vor allem die oktagonale Form des Zentralbaus auf die Vorbilder aus der christlichen Tradition hin: San Vitale in Ravenna und die Pfalzkapelle in Aachen.<sup>23</sup> Die Marmorinkrustationen der Fassadenflächen zeigen eine deutliche Auseinandersetzung mit den antiken Vorbildern: im Unterschied zur plastisch durchgebildeten Romanik verbleiben diese in der Ebene, die plastisch erscheinenden Bögen bilden eine Art Scheinarchitektur. Auch erscheinen hier zum ersten Mal seit der Antike wieder dreieckige Aedicula - Giebel über den rechteckigen Fenstern.<sup>24</sup>

Daneben gilt die Fassade der im 11. Jahrhundert erbauten Klosterkirche San Miniato al Monte in der Nähe der heutigen Piazzale Michelangelo als besonders schönes Beispiel der Protorenaissance.<sup>25</sup>

Im Laufe des 12. Jahrhunderts verlagerte sich der künstlerische Schwerpunkt nach Pisa und Lucca, Florenz konzentrierte sich auf den Ausbau seiner wirtschaftlichen Position. Damit verbunden ist jedoch der Neubau der Ponte Vecchio, die nach dem Hochwasser von 1117 bis 1170 erstmals Steinkonstruktion anstelle der bisher errichteten Holzbrücken errichtet wurde.



08 Porta a San Niccolò

Auch die politische Lage der Stadt im dauernden Kampf zwischen Guelfen und Ghibellinen schlägt sich in ihrer Architektur nieder:

die bis zu 70 Meter hohen Geschlechtertürme konnten im Konfliktfall schnell vom Statussymbol zur kleinen Festung innerhalb der Stadtmauern umfunktioniert werden. Als deutlich sichtbare Machtsymbole der Adelshäuser wurden sie während der bürgerlichen Regierung des „Primo Popolo“ 1250 auf eine einheitliche Höhe von 29 Metern gekürzt, das Baumaterial floss in den Bau einer neuen Stadtmauer, deren Teile jenseits des Arno bis heute sehr gut erhalten sind. Ihre Überreste sind jedoch im heutigen Stadtbild noch präsent, die ins Leere führenden Türöffnungen an einigen noch erhaltenen Gebäuden erinnern an Verbindungsbrücken zu benachbarten Türmen.<sup>26</sup>



09 Überreste eines Geschlechterturms in Florenz

### Gotik

Die auf den ersten Blick geringe Rezeption der Mitte des 12. Jahrhunderts in der französischen Île-de-France entstandenen Gotik auf dem Gebiet des heutigen Italien wird vor allem von zwei Faktoren beeinflusst: Auf der einen Seite steht der im Gegensatz zum übrigen Europa immer präsenste Einfluss der römischen Antike, die sich in der stärkeren Flächigkeit der sonst stark aufgelösten Raumstrukturen der Gotik zeigt. Andererseits spielen auch die im 12. Jahrhundert gegründeten Bettelorden der Franziskaner und der französischen Dominikaner eine wichtige Rolle für die mittelitalienische Sakralarchitektur. Sie beziehen sich in ihren Regeln für den Kirchenbau auf zisterziensische Traditionen und verzichten auf jeglichen Prunk, auch Höhendrang geht komplett verloren. Der seit der Romanik bekannte Typus der Hallenkirche mit mehreren gleich hohen Schiffen, diese meist mit Flachdächern oder offenen Dachstühlen, unterstreicht ihre Ausrichtung als städtischer Predigerorden. Dabei tritt neben dem typischen Höhendrang der französischen Gotik auch die klare Strukturierung in tragende und nichttragende Elemente zugunsten einer stärkeren Flächigkeit.

Auch die für Florenz seit der Romanik typische zweifarbige Fassadengestaltung bleibt erhalten, wodurch eine augenscheinliche Unterscheidung schwierig wird.

Der immense Reichtum der Stadt bildete im 13. Jahrhundert – auf Italienisch Duecento genannt - die Grundlage für die rege Bautätigkeit.

Die beiden in Florenz aktiven Bettelorden errichteten miteinander in Konkurrenz stehende, aber doch sehr ähnliche Kirchen: Die Grundstellung 1246 von Santa Maria Novella in der Nähe des heutigen Bahnhofs gilt als Beginn der Blütezeit des Duecento, die Fassade der Dominikanerkirche, begonnen 1530 von Alberti, weist mit ihren verkröpften Giebeln bereits auf die Renaissance hin. Ihr Innenraum mit den drei, entgegen der Bettelordensregeln, mit Kreuzrippengewölben überspannten Schiffen erhebt sich über einem Basilika-grundriss, in den ein Vorgängerbau inkludiert wurde.<sup>27</sup> Die Franziskanerkirche Santa Croce hingegen steht bereits an der Wende vom 13. zum 14. Jahrhundert und dient bis heute als Begräbniskirche für berühmte Persönlichkeiten der Stadt Florenz.



10 Santa Maria Novella



Santa Croce 11



Innenansicht von Santa Croce 12

Im Gegensatz zu Santa Maria Novella wurde hier auf Gewölbe verzichtet, wodurch das Mittelschiff eine für die Erbauungszeit ungekannte Breite erhielt. Durch die starke Flächigkeit des Dachstuhls, Fußbodens, der Seitenwände und der ebenen Chorwand entsteht ein einfaches, aber überwältigendes Raumbild, dem die gotische Bewegtheit, die sich in Santa Maria Novella findet, jedoch fehlt. Die Westfassade, wiederum in zweifarbigen Design, stammt allerdings aus dem 19. Jahrhundert<sup>28</sup>, die übrigen zeigen die für Florenz typische ockergelbe Pietra forte, einem festen Sandstein.

Auch die Ursprünge der Kathedrale Santa Maria del Fiore, des Doms zu Florenz, liegen an der Jahrhundertwende vom Duecento zum Trecento, die Bauzeit dauerte insgesamt etwa 170 Jahre, wobei die Westfassade erst im 19. Jahrhundert nach gotischen Vorbildern neu gestaltet wurde. Beflügelt von der Größe der Bettelordenskirchen unterstand dieser Neubau der Gilde der Wollweber, die den Bau abwickelten und finanzierten.<sup>29</sup> Nach toskanischer Tradition der Dome in Siena und Pisa verbindet der Entwurf von Arnolfo di Cambio, der auch Santa Croce plante, Elemente eines basilikalen Grundrisses mit einem Zentralbau: an ein überwölbtes Langhaus schließt eine überkuppeltes Oktogon an, das in drei Apsiden endet. Dem zweiten Dombaumeister, Giotto, verdanken wir den extra stehenden Campanile sowie eine Vergrößerung des Grundrisses im 14. Jahrhundert. Der riesige Raum des Langhauses wird durch nur vier Gewölbe überdeckt, die Gewölbe wirken durch das fehlende Triforium und ein ausgeprägtes Konsolgesimse an deren Ansatz wie aufgesetzt, wodurch der gotische Raumfluss fehlt.<sup>30</sup> Die seit dem ursprünglichen Entwurf vorgesehene Kuppel wurde nach diversen Schwierigkeiten nach dem siegreichen Wettbewerbsentwurf Filippo Brunelleschis ab 1420 errichtet. Die Konstruktion aus 24 Rippen, die acht großen sind nach außen sichtbar, auf die eine innere und eine äußere Schalung aus fischgrätartig ineinander verschränkten Ziegeln aufgebracht wurde, gilt als bis heute unübertroffenes Meisterwerk.



Dom - Santa Maria del Fiore 13



Dom - Santa Maria del Fiore 14

Die starke Rolle der Bürgerschaft zeigt sich im neuen Regierungssitz, dem 1299 begonnen Palazzo Vecchio, einem herausragenden Beispiel gotischer Profanarchitektur in Italien. In das an eine Festung erinnernde Gebäude wurde ein ehemaliger Geschlechterturm integriert, als Baumaterial diente ebenfalls Pietra forte. Schon aus der ersten Jahrhunderthälfte stammt der Palazzo del Bargello.

Die Blütezeit des Duecento setzte sich auch in der ersten Hälfte des Trecento fort, spätgotische Form- und Dekorationselemente finden sich vor allem in der Kirche Orsanmichele, die ursprünglich als Getreidespeicher errichtet wurde, sowie in der Loggia der Signoria gegenüber des Palazzo Vecchio.

## Renaissance

Die Entwicklung der Renaissance, die nie getrennt vom Humanismus gesehen werden darf, entspricht der Entwicklung der Architektur und Kunst des Quattrocento in Florenz. Sie gilt als der Höhepunkt der Kunst- und Architekturgeschichte in Florenz. Dass Florenz als Wiege der Renaissance gilt, ist auf mehrere Motive zurückzuführen.

Neben der öfter erwähnten Präsenz der Antike im mittelalterlichen Italien und der Förderung durch die führenden Familien der Stadt trug auch die rational wirtschaftlich ausgerichtete Atmosphäre der Handelsstadt zum Durchbruch der neuen Denkweise bei. Auch die Regierungsform der Signoria, die sich aus den sieben führenden Zünften zusammensetzte, bildet einen fruchtbaren Grund für humanistisches Gedankengut. Für die Geschichtsschreibung gilt der Fall Konstantinopels 1453 und die damit verbundene Flucht byzantinischer Gelehrter nach Italien als eine Art Auslöser, die ersten Bauten der Frührenaissance stammen jedoch schon aus den Anfangsjahren des Jahrhunderts.

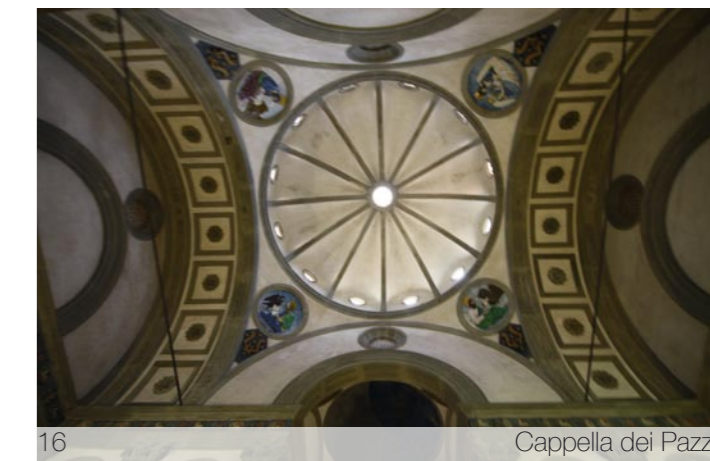
Erstmals in der Geschichte spielen die Künstlerpersönlichkeiten eine große Rolle im Kulturgefüge, sie erhalten Anstellungen und Förderungen. Mit der Entwicklung dessen, was wir heute als Renaissance bezeichnen sind in Florenz vor allem zwei Namen verbunden: Filippo Brunelleschi und Leon Battista Alberti, der die Theorie lieferte.

Brunelleschis Bau des Ospedale degli Innocenti 1419 gilt als erstes Renaissancebauwerk, und wurde parallel zu seiner berühmten Kuppel errichtet. Die ab 1421 zu seinen Baustellen gehörende Kirche San Lorenzo, deren alte Sakristei als erster überkuppelter Raum der Renaissance gilt, zeigt den Verzicht auf den gotischen



Ospedale degli Innocenti 15

Höhendrang im durch einen von der Zentralperspektive beeinflussten, durch Rundbögen gegliederten, kahlen Längsraum. Die ab 1436 errichtete Kirche Santo Spirito enthält Tendenzen zum Zentralbau, einem Idealbild der Renaissance.<sup>31</sup> Seine als Zentralbau 1430 errichtete Pazzi-Kapelle im Komplex von Santa Croce gilt als herausragendes Beispiel der Frührenaissance. Hier zeigen sich in den korinthischen Säulen der Vorhalle und den ebenmäßigen Proportionen des Raums bereits zwei wichtige Merkmale der Renaissance.



Cappella dei Pazzi 16

Mit der Renaissance kommt auch dem Profanbau immer mehr Bedeutung zu, die Entwicklung des Stadtpalasts fällt in diese Zeit. Deren frühere festungsartige Prägung als in die Stadt versetzte Burg zeigt sich noch in ihrem geschlossenen Grundriss und dem wehrhaften Rustikamauerwerk der Erdgeschoße. Nach außen geschlossen, entfalten sie sich mit Arkadenumgängen zum Innenhof hin. Die Fassaden mit ihren regelmäßigen Fensteröffnungen, meist mit Rundbögen abgeschlossen, werden durch Pilaster gegliedert.<sup>32</sup>

Michelozzos Palazzo Medici Riccardi, 1444 erbaut, gilt als erster Palazzo der Frührenaissance, ihm folgen unter anderem der Palazzo Rucellai von Alberti 1446, der Palazzo Strozzi dann gegen Ende des Jahrhunderts. Die rege Bautätigkeit der Renaissance spiegelt sich noch bis heute im Straßenbild, das von den diversen Palazzi geprägt ist, wieder und ruft immer wieder den Vergleich der Stadt Florenz mit einem gigantischen Museum hervor.

In der Hochrenaissance verlagerte sich das künstlerische Zentrum zunehmend nach Rom, da sich die politische und gesellschaftliche Lage der Stadt nach der Stabilität unter den Medici durch ihre zweimalige Vertreibung und deren Folgen drastisch destabilisierte. Am Höhepunkt seines Einflusses 1497 ließ Savonarola sogar im „Feuer der Eitelkeiten“ alle Luxusgegenstände, also Gemälde, Schmuck, Kosmetik, teure Kleidung oder Möbel, aber auch „heidnische“ Schriften verbrennen, später litt die Stadt vor allem wirtschaftlich unter ihrer Isolierung am Beginn des 16. Jahrhunderts.



Palazzo Strozzi 17

Eine Ausnahme zu dieser Entwicklung bildet die prägende Figur der Hochrenaissance: Michelangelo Buonarroti, selbst in Florenz aufgewachsen, wechselte zeitlebens vor allem zwischen Florenz und Rom. schuf zwischen 1501 und 1504 seine berühmte David-Statue, die heute in der Galleria dell'Accademia zu sehen ist, sowie mehrere Gemälde. Nach seinem zweiten Romaufenthalt flüchtete er 1506 ebenfalls nach Florenz.

In seine letzte Florentiner Periode von 1522 bis 1534 fallen die großen architektonischen Werke in Florenz,

diese sind allerdings größtenteils schon dem Manierismus zuzurechnen: die Biblioteca Laurenziana, die Neue Sakristei sowie die Grabmäler der Medici im Komplex von San Lorenzo im Auftrag der Medici. Während ihrer Vertreibung 1527-1530 wirkte er allerdings auch an den Verteidigungsanlagen der Stadt gegen das päpstliche Heer mit.<sup>33</sup> Außerdem wird ihm die Idee für die Korbbögen der Brücke Santa Trinità zugeschrieben, obwohl er sich zur Planungszeit in Rom aufgehalten hatte.<sup>34</sup>



David - Kopie vor dem Palazzo Vecchio 18

Das umfangreiche Wissen über die Renaissance in Florenz verdanken wir vor allem Giorgio Vasari, der heute als erster Kunsthistoriker bezeichnet wird. In seinen „Viten“ versucht er die Entwicklung der bildenden Kunst in Italien zu beschreiben, sie enthalten Biografien vieler Künstler von Cimabue bis Michelangelo. Auch wenn diese Werke aus aktueller Sicht fehlerhaft sind, spielen sie jedoch eine wichtige Rolle für die Rezeption der Florentiner Renaissance.<sup>35</sup>



19 Uffizien

Zu seinen Bauwerken zählen die als Verwaltungsgebäude für die Medici und heute als Museum genutzten Uffizien 1560 bis 1581, sowie 1565 der Corridoio Vasariano über die Ponte Vecchio zur Verbindung vom Palazzo Vecchio über die Uffizien und mehrere Gebäude zur neuen Residenz der Medici im Palazzo Pitti.<sup>36</sup> Dieser war im 15. Jahrhundert von Brunelleschi begonnen worden, wurde aber erst nach dem Kauf durch die Medici von Bartolomeo Ammanati zur Errichtungszeit des Corridoio Vasariano vollendet. Die Öffnung zu den Gärten an der Hofseite zeigt schon Ansätze des baro-

cken, sich öffnenden Palastgrundrisses, der auf den ersten Blick auch auf der Straßenseite zu sehen ist. Die seitlich angefügten Flügel stammen allerdings aus dem späten 18. Jahrhundert.<sup>37</sup>

Nach dem großen Hochwasser von 1557 wurden unter dem Architekten Ammanati die beiden unterhalb der Ponte Vecchio gelegenen Brücken errichtet: zuerst die Ponte alla Carraia, damals als Ponte Nuovo, etwas später dann die Ponte a Santa Trinità, deren originalgetreuer Wiederaufbau bis heute in Verwendung ist.

Im weiteren Verlauf der Geschichte konnte nicht mehr an die führende Stellung der Stadt Florenz in der kunsthistorischen Entwicklung angeschlossen werden. Parallel dazu erringt das Großherzogtum Toskana wenig Einfluss auf das politische Geschehen. Die sich in Rom entwickelnde Strömung des Barock hinterlässt nur wenig bekannte Spuren in der Stadt, einige Kirchen erhalten neue Fassaden. Im Allgemeinen bleibt die Ausprägung des Barock in Florenz gemäßiger als im übrigen Italien, auch unter der Habsburgischen Herrschaft ist wenig relevante Bautätigkeit zu verzeichnen.



20 Uffizien mit Vasari-Korridor



21 Ponte a Santa Trinità

## 19. Jahrhundert

Erst mit der Zugehörigkeit zum gerade entstehenden Königreich Italien ab 1860 beginnt sich das Bild der Stadt zu wandeln. Die Stellung der Stadt Florenz als zwischenzeitliche Hauptstadt Italiens zieht ein umfassendes städtebauliches Bauprogramm nach sich. Diese umfassende Stadterneuerung stand unter der Leitung des Architekten Giuseppe Poggi, dessen städtebauliche Planung trägt nach ihm den Namen Piano Poggi. An die Stelle der mittelalterlichen Mauern treten Ringstraßen, an den erhaltenen Toren wurden Plätze angelegt.

Außerdem wurde die Viale dei Colli, die Aussichtstraße in den Hügeln südlich der Stadt mit ihrem vor allem touristischen Höhepunkt, der Piazzale Michelangelo mit ihrem berühmten Blick über die Stadt, errichtet. Stilistisch sind seine Bauten, er plante auch diverse Palazzi für das Großbürgertum, der Neo-Renaissance zuzuordnen, wodurch sie sich gut ins Stadtbild einpassen.



Piazzale Michelangelo

22

Im späten 19. Jahrhundert wurde außerdem der schon desolate Bereich des alten Marktes und des Ghettos in der Innenstadt niedergerissen, an ihre Stelle tritt die Piazza della Repubblica. Neben den historistischen Bauwerken rund diese wurde auch die große städtische Markthalle, eine für die Zeit typische verglase Eisenkonstruktion errichtet.<sup>38</sup>

Die Architektur der Moderne konnte sich im Stadtzentrum kaum durchsetzen, eine Ausnahme bildet der 1935 errichtete Bahnhof. Auch in späteren Zeiten wurde in das historische Zentrum nur sehr kleinräumig eingegriffen, wodurch die Stadt insgesamt sehr einheitlich wirkt.

Mit dem Aufkeimen des Tourismus, der für Florenz, das traditionell eine Station auf der klassischen Europarundreise bildete, immer schon eine große Rolle gespielt hatte, kamen vermehrt Reisende in die Stadt, die das bis heute existierende vom Historismus geprägte romantische Bild der Stadt zeichneten.

Das Stadtzentrum der Stadt Florenz wurde 1982 zum UNESCO Weltkulturerbe ernannt, im Massentourismus genießt Florenz die zweifelhafte Rolle eines stadtumfassenden Museums der Renaissance.<sup>39</sup>

20 Vgl.: Zimmermans, 2011, 15-17.

21 Vgl.: Borngässer/Toman, 2007, 45.

22 Vgl.: Pevsner, 1981, 84.

23 Vgl.: Zimmermans, 2011, 51f..

24 Vgl.: Müller/Vogel, 1981, 315.

25 Vgl.: Zimmermans, 2011, 259f..

26 Vgl.: ebda, 18f..

27 Vgl.: ebda, 165f..

28 Vgl.: Müller/Vogel, 1981, 413.

29 Vgl.: Zimmermans, 2011, 65.

30 Vgl.: [http://www.duomofirenze.it/storia/catt-est\\_eng.htm](http://www.duomofirenze.it/storia/catt-est_eng.htm). [Stand: 2.1.2014].

31 Vgl.: Pevsner, 1981, 175f..

32 Vgl.: Müller/Vogel, 1981, 421-423.

33 Vgl.: Wundram, 1993, 47.

34 Vgl.: <http://www.aboutflorence.com/firenze/ponti-di-firenze/ponte-santa-trinita-firenze.html>. [Stand: 27.12.2013].

35 Vgl.: [http://www.ub.fu-berlin.de/service\\_neu/ausstellung/archiv/infobl\\_vasari.pdf](http://www.ub.fu-berlin.de/service_neu/ausstellung/archiv/infobl_vasari.pdf). [Stand: 09.01.2014].

36 Vgl.: König-Lein/Lein, 2011, 99f..

37 Vgl.: Zimmermans, 2011, 267f..

38 Vgl.: Wundram, 1993, 16.

39 Vgl.: König-Lein/Lein, 2011, 8f..

„The river Arno cuts the city in two, only to be stitched together again by its many bridges“<sup>40</sup>

Dieser Satz beschreibt die Beziehung der Stadt Florenz zu ihrem Fluss auf treffende Weise.

Der Fluss Arno hat die Geschichte der Stadt Florenz immer stark geprägt. Zur besseren Orientierung die Namen der Innenstadtbüden dem Flusslauf folgend von Ost nach West: Ponte a San Niccolò, Ponte alle Grazie, Ponte Vecchio, Ponte a Santa Trinità und Ponte alla Carraia am westlichen Rand der Innenstadt.

Zunächst ist die Stadtgründung auf die Lage an der Kreuzung einer Römerstraße mit dem Fluss an einer überquerbaren Stelle zu verdanken, eine erste Brücke etwas oberhalb der heutigen Ponte Vecchio ist bereits aus der Römerzeit bekannt.

Während des Mittelalters und der frühen Neuzeit diente der Fluss vor allem den wirtschaftlichen Bedürfnissen der Stadt. Neben seiner Rolle als Wasserlieferant diente er auch als Nahrungsreservoir für die Stadt. Aufgrund der beiden Staustufen, die sich zwischen den Enden der Stadtmauern am Ufer befinden und vordergründig der Verteidigung gegen Angriffe vom Fluss aus dienten, konnte ein Austrocknen des Flusses im Sommer und bei Niedrigwasser das Fortschwimmen des Fischbestands gewährleistet werden.

Außerdem musste der Fluss wie in allen mittelalterlichen Städten als Abfallkoake erhalten, stark abfallintensive Gewerbe wurden dazu direkt am Flussufer oder im Florentiner Fall direkt auf den Brücken angesiedelt. So waren vor den Goldschmieden und heute Schmuckhändlern bis 1564 vor allem die Schlachter und Gerber in den Läden der Ponte Vecchio angesiedelt.



Die Öffnung der Stadt zum Fluss geschah in einem langen Prozess: Während historische Stadtansichten zeigen, dass die Bebauung generell direkt bis an die Flussufer herangeführt wurde, eine derartige Bebauung ist heute noch rund um die Ponte Vecchio zu beobachten, öffnet sich die Stadt nun zum Arno hin. Die Konstruktion der Kaistraßen – im Italienischen „lungamo“, das heißt „längs des Arno“ genannt, begann am Ende des 18. Jahrhunderts zwischen der Ponte Vecchio und der Ponte a Santa Trinità.<sup>41</sup>



Die Planung des Flussufers um die heutige Piazza Poggi stammt vom gleichnamigen Architekten und steht in enger Verbindung mit dem Aufgang zur Piazzale Michelangelo.<sup>42</sup>

Im Zuge der Maßnahmen zur Trinkwasserversorgung der Stadt, die Teil des Stadtsanierungsplans waren, wurde am südlichen Flussufer zwischen der Ponte a San Niccolò und der Ponte alle Grazie, unterhalb der heutigen Piazzale Michelangelo, die sogenannte „Fabbrica dell'acqua“, übersetzt Wasserfabrik als Pumpwerk errichtet, die das Stadtbild bis zu ihrem Abriss in den 1960er-Jahren mit ihrer Werkshalle mit einem dreischiffigen Tonnengewölbe und einem großen Rauchfang prägten. Die Wasserleitungen wurden in einem noch erhaltenen Tunnel unter der Pescaia di San Niccolò an das andere Ufer geführt.<sup>43</sup> Ihre bastionsartig in den Fluss gebaute Fundamentanlage beherbergt heute eine Parkanlage mit Kiosk und gilt als beliebter Treffpunkt in heißen Sommernächten.



Ab dem 20. Jahrhundert wandelte sich die Rolle des Flusses. Neben den städtebaulichen Maßnahmen sah schon Giuseppe Poggi in seinem Stadtsanierungskonzept auch die Nutzung der Grünzonen an beiden Flussufern rund um die Ponte a San Niccolò zur Erholung vor und plante die passende Infrastruktur. Leider wurden diese Pläne bis heute nur sehr spärlich umgesetzt.<sup>44</sup> Dennoch diente der Fluss schon am Beginn des vergangenen Jahrhunderts mehrerer Freizeitaktivitäten. Oberhalb der Pescaia di San Niccolò befanden sich zur Jahrhundertwende sogar zwei Flussbäder.<sup>45</sup>

Betrachtet man die Beziehung zwischen dem Arno und Florenz, darf nicht auf das große Hochwasser von 1966 vergessen werden. Nach außergewöhnlichen Regenfällen überschwemmte der Arno große Teile der Innenstadt, die Aufarbeitung der Schäden in der direkt am Arno gelegenen Bibliothek und an den Kunstgegenständen in der Basilika Santa Croce sollten jahrzehntelang andauern.<sup>46</sup>

Aktuell kann eine zwiespältige Wahrnehmung des Arno beobachtet werden:

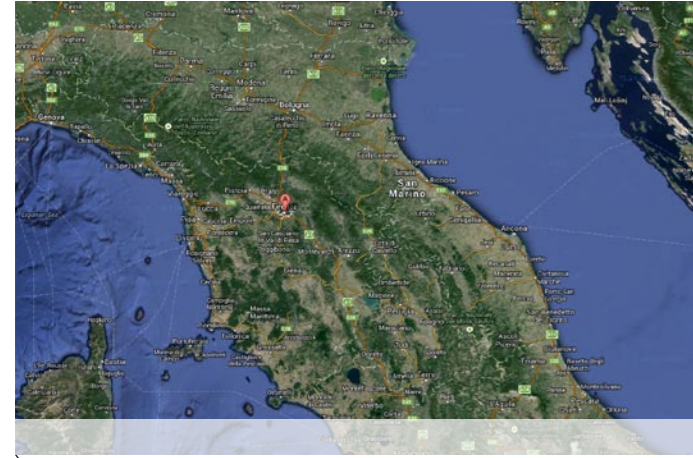
Einerseits bildet er ein Verkehrshindernis, begrenzt von engen Kaistraßen mit starkem Verkehr, aber andererseits birgt er unglaubliche Chancen als Naherholungsgebiet für Einheimische und Touristen im dicht bebauten, faktisch grünraumfreien Stadtzentrum.

Zwar bieten sich einige Möglichkeiten zur Freizeitgestaltung und sportlichen Betätigung rund um den Fluss, diese finden sich mit Ausnahme des kleinen Ruderzentrums neben der Ponte Vecchio allerdings etwas außerhalb des Zentrums.

Auf die Aktivierung der bisher nur inoffiziell genutzten parkartigen Uferzone zwischen Ponte alle Grazie und der Terrazza sull'Arno vor der Piazza Poggi als vielfältig nutzbares Erholungsgebiet werde ich in meinem Projekt näher eingehen.

40 McBride, 2010, 1.  
41 Vgl.: [http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=lungamo&ubicazione=&button=&proprietaria=&architetti\\_ingegneri=&pittori\\_sculptori=&note\\_storiche=&uomini\\_illustrati=&ID=2158](http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=lungamo&ubicazione=&button=&proprietaria=&architetti_ingegneri=&pittori_sculptori=&note_storiche=&uomini_illustrati=&ID=2158). [Stand: 18.3.2014].  
42 Vgl.: Zucconi, 1995, 123.  
43 Vgl.: D'Angelis, 2012, 179-181.  
44 Vgl.: [http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=lungamo&ubicazione=&button=&proprietaria=&architetti\\_ingegneri=&pittori\\_sculptori=&note\\_storiche=&uomini\\_illustrati=&ID=2477](http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=lungamo&ubicazione=&button=&proprietaria=&architetti_ingegneri=&pittori_sculptori=&note_storiche=&uomini_illustrati=&ID=2477). [Stand: 18.3.2014].  
45 Vgl.: D'Angelis, 2012, 196.  
46 Vgl.: D'Angelis, 2012, 219-221.





Die folgende Analyse befasst sich vordergründig mit dem eigentlichen Planungsgebiet und seiner Lage im System der Stadt Florenz. Sein Kern erstreckt sich über die Zone zwischen den Brücken Ponte alle Grazie im Westen und der Ponte a San Niccolò im Osten und umfasst beide angrenzenden Ufer und ihre Umgebung.



Innenstadt von Florenz 29



Planungsgebiet mit Umgebung 30



## Historische Entwicklung

Die Stadtgründung von Florenz in der römischen Antike lässt sich auf zwei Faktoren zurückführen: die Flussüberquerung im Bereich der heutigen Ponte Vecchio und die Lage an der Kreuzung dreier Römerstraßen. Diese geografische Lage erlaubte die Positionierung der Stadt Florenz als Handelsmacht durch den Lauf der Geschichte.

Anfangs bestanden noch zwei voneinander getrennte Ansiedlungen auf beiden Flussufern, im Laufe des beginnenden Mittelalters entwickelte sich dann die typische Vorstadt aus den Ansiedlungen von Händlern und Kaufleuten an den Brückenköpfen am gegenüberliegenden Flussufer. Diese bis heute „Oltrarno“ genannten, „auf der anderen Seite des Arno gelegenen“, Stadtviertel wurden schon mit dem Bau einer neuen Stadtmauer 1333 in die Stadt integriert. Die Überreste des Neubaus der Stadtmauern von 1250 sind in diesen Vierteln bis heute sehr gut erhalten und bilden die Grenze zwischen dem dicht besiedelten Flussufer und den Villenvierteln in den Hügeln.



Stadtmauer in Oltrarno 31

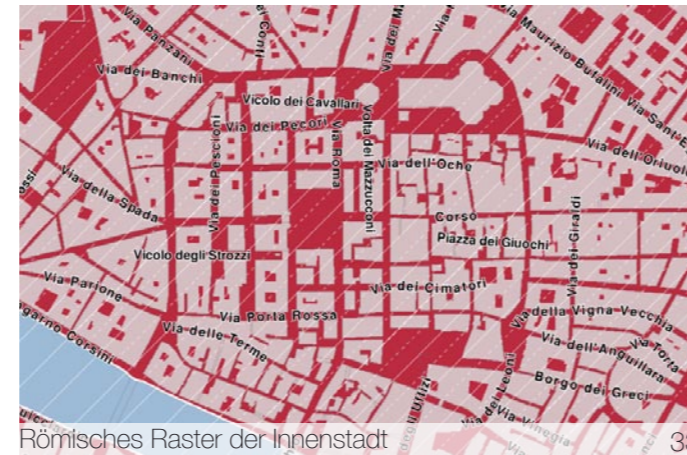


Oltrarno vom Campanile aus gesehen 32

Die Eingliederung der Vorstädte ging Hand in Hand mit dem Bau der neuen Brücken, die Ponte alla Carraia 1218, die Ponte alle Grazie 1237 und Santa Trinità 1252, die die Ponte Vecchio entlasteten und die Stadtviertel verbanden.

Das dichte Straßenraster der Stadt zeigt Überlagerungen des noch zu erkennenden römischen Straßennetzes mit den mittelalterlichen, durch die Geschlechterkämpfe geprägten Strukturen, die neuzeitliche Piazza della Repubblica stellt einen drastischen Eingriff in das System dar.

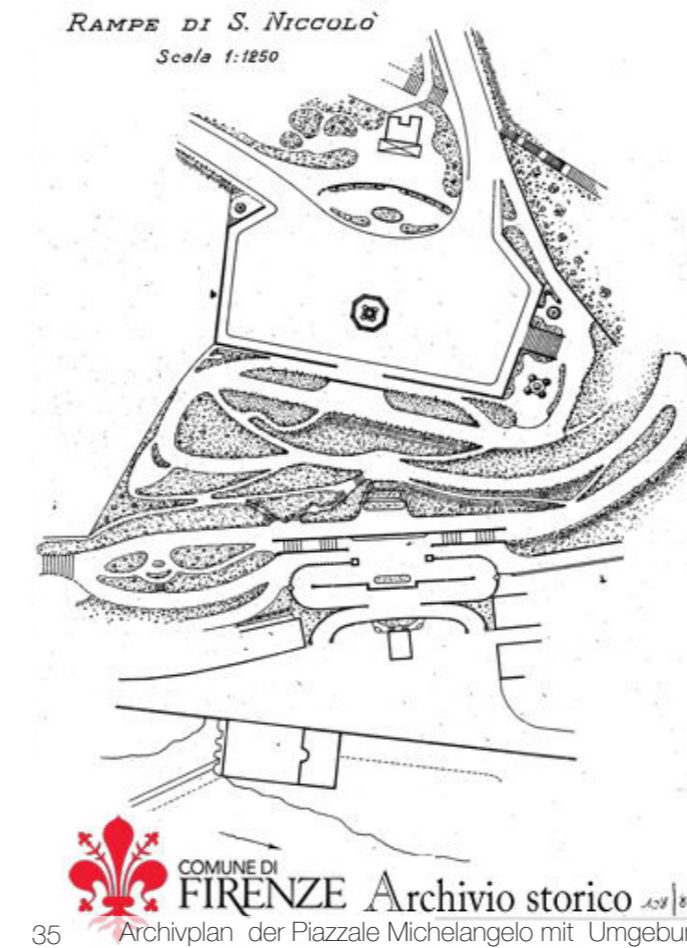
Im östlichen Bereich von Oltrarno lassen sich jedoch die Ursprünge der sich zwischen Hügeln und Fluss ausbreitenden Ansiedlung erkennen, der westliche, breitere Teil ähnelt eher der Innenstadt.



Römisches Raster der Innenstadt 33



Piazza della Repubblica vom Campanile aus 34



35 Archivplan der Piazzale Michelangelo mit Umgebung

Wesentliche städtebauliche Entscheidungen für den Stadtkern von Florenz wurden im „Piano Poggi“, ausgearbeitet vom namensgebenden Architekten Giuseppe Poggi, in den 1860er-Jahren festgelegt. Er gilt als der wesentliche Bestandteil der Stadtsanierung und prägt die städtebauliche Entwicklung der Stadt Florenz bis heute. An die Stelle der fallenden Stadtmauern, die nur in den Bereichen der Fortezza da Basso neben dem Bahnhof und wie zuvor erwähnt, in Oltrarno erhalten geblieben sind, tritt eine breite Umfahrungsstraße nach Pariser Vorbild mit großzügigen Plätzen an den ehema-



36 Ausschnitt aus dem Piano Poggi

ligen Toren, die jedoch meist als singuläre Elemente erhalten wurden. In ihrer Fortsetzung führt die Viale dei Colli, eine Aussichtsstraße durch die Villenviertel auf den Hügeln. An ihrem Höhepunkt befindet sich die Piazzale Michelangelo, die einen herrlichen Ausblick über das gesamte Stadtbild bietet. Diese Linienführung teilt Florenz in die historische Innenstadt und die nach und nach entstandenen Neubauviertel.

## Aktuelle Situation

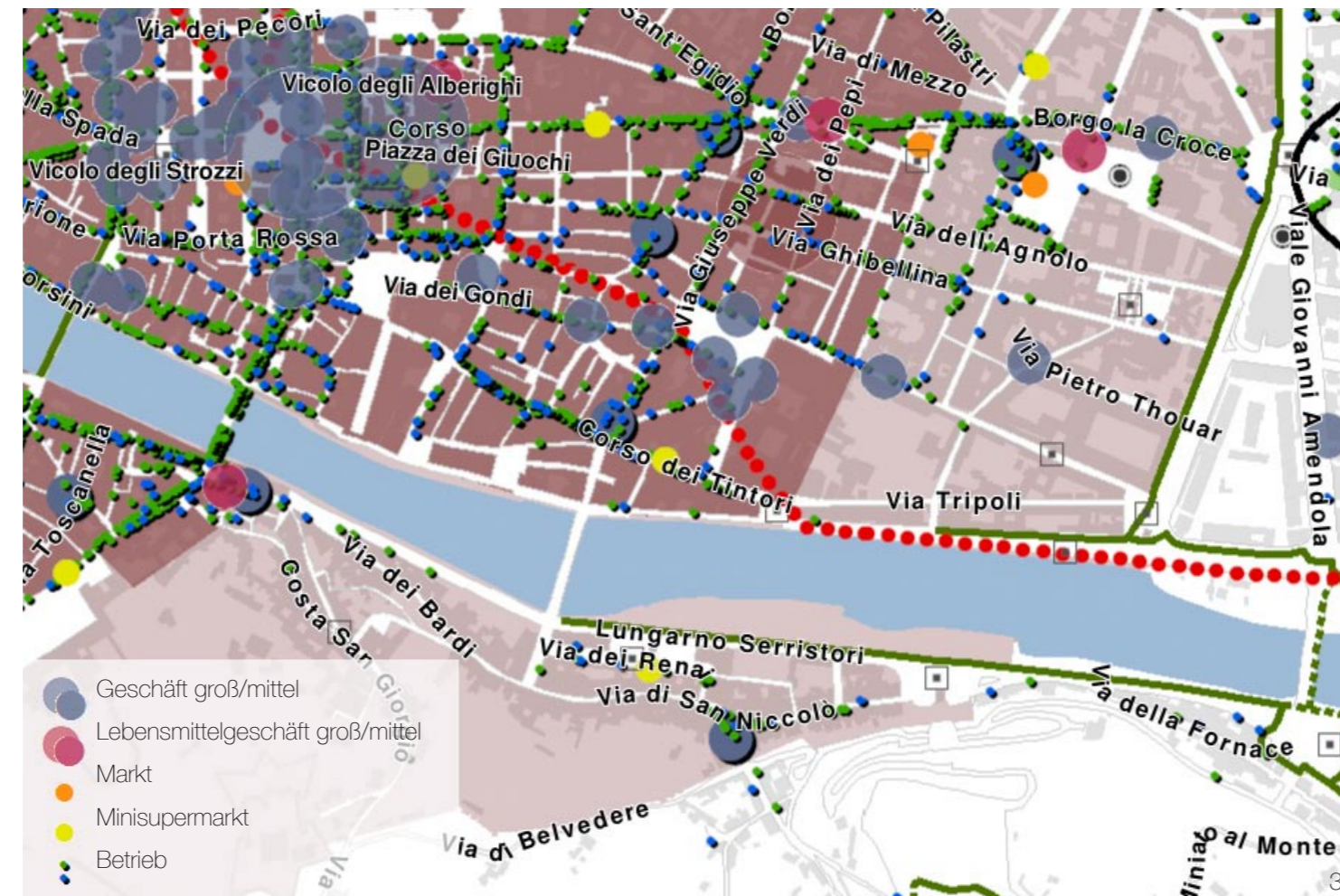
Verwaltungstechnisch ist das gesamte Gebiet dem Q1 Centro Storico, also dem historischen Zentrum zugeordnet, eine nähere, inoffizielle Einteilung erfolgt nach den Hauptkirchen.

Der nördliche, auf der Innenstadtseite gelegene Teil des Gebiets gehört zu Santa Croce, das andere Ufer wird San Niccolò zugeordnet.

Die beiden Viertel wirken auf den ersten Blick hin sehr ähnlich, sie sind jedoch in vielen Punkten sehr gegensätzlich geprägt.

Am Rand des historischen Zentrums gelegen, vermischt sich in diesen Vierteln der intensive Tourismus mit dem alltäglichen Leben der Einheimischen. Neben den touristischen Anziehungspunkten der Basilika von Santa Croce, der Piazzale Michelangelo mit ihrem Ausblick über die Stadt und der Abteikirche San Miniato al Monte sowie den Boboli-Gärten und den dazugehörigen Restaurants und Souvenihändlern prägen auch alltägliche Geschäfte, eine typisch italienische Markthalle, Schulen und Wohnbauten das Straßenbild der Gegend.

Dabei ist zu beobachten, dass sich sowohl die Infrastruktur täglichen als auch sekundären Bedarfs auf den Bereich von Santa Croce beschränkt, allerdings entsteht auf der anderen Seite des Arno eine kleine kreativ-alternative Szene, die sich in Teilen mit der Grazer Mariahilferstraße vergleichen lässt.



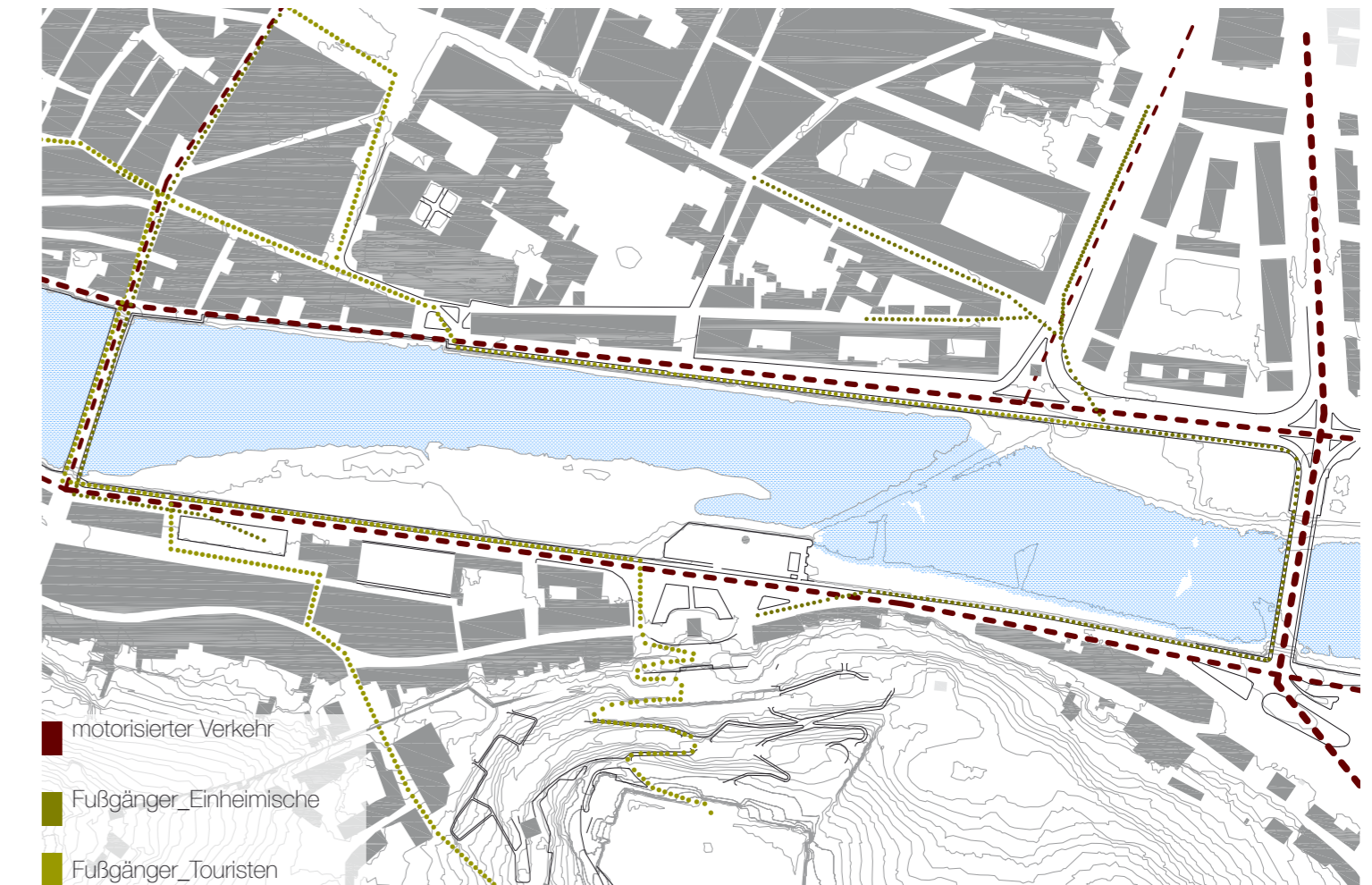
Die Wegeführung für automotorisierten Verkehr konzentriert sich durch die Fußgänger- und verkehrsberuhigten Zonen und die Enge der Innenstadt auf wenige Verbindungen.

Grundsätzlich wird dabei der Verkehr nach Möglichkeit vom Stadtzentrum ferngehalten, und über jenen zuvor erwähnten leistungsstarken Umfahrungsring gelenkt, der in Verlängerung um die Hügel herum zur Autobahn führt. Über die Ponte a San Niccolò werden die jenseits des Arno gelegenen Gebiete an diesen angeschlossen.

Daneben besteht eine Ost-West-Verbindung an beiden Arno-Ufern, die durch die Kombination aus räumlicher Enge und hohem Verkehrsaufkommen für Fußgänger äußerst unattraktiv wirken.

Daneben besteht eine historische Verbindung zwischen dem Zentrum und den Hügeln und dem Kloster San Miniato al Monte über die Ponte alle Grazie, die im aktuellen Straßennetz jedoch nur eine untergeordnete Rolle spielt. Diese Brücke dient vor allem der Verbindung der beiden Uferstraßen und der in Verlängerung gelegenen Durchzugsachse durch die Innenstadt.

Obwohl den Fußgängern und Radfahrern durch die Einrichtung großer verkehrsberuhigter Zonen im inneren historischen Zentrum mit beschränkter Zufahrt für den Automobilverkehr durchaus Platz geschaffen wird, erschwert neben dem hohen Verkehrsaufkommen auf den oben genannten Verbindungen vor allem der Platzmangel auf den schmalen Straßen die Situation der Fußgänger. Gehsteigbreiten von 80 cm und weniger an mehrspurigen Straßen sind im Planungsgebiet überall anzutreffen, eine Aufenthaltsqualität ist kaum gegeben.



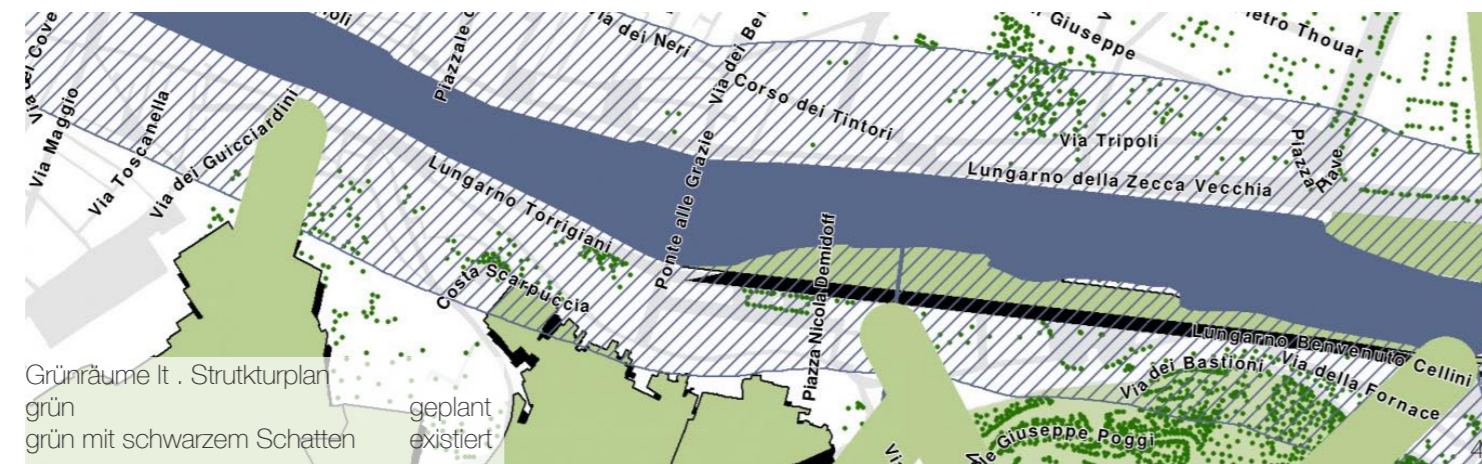
Auch die Verteilung der Grünzonen zeigt große Unterschiede zwischen den beiden Stadtvierteln.

Während sich das öffentlich zugängliche Stadtgrün im engen historischen Stadtkern auf sehr vereinzelt Straßenbäume beschränkt, daneben existieren noch einige private, begrünte Innenhöfe, ist das gegenüberliegende Arnoufer auf den ersten Blick sehr grün geprägt.

Die auf den Hügeln gelegenen historischen Villenviertel sind durch ihre großen Privatgärten und die landwirtschaftlich genutzten Olivenhaine geprägt. Außerdem bestehen mehrere Parkanlagen: einerseits der zu einem Museum gehörende Giardino Boboli, andererseits der Giardino delle Rose und der allerdings kaum nutzbare Aufgang zur Piazzale Michelangelo sowie der kleine Giardino Serristori direkt am Flusskai. Auch die an der Piazza Giuseppe Poggi, dem Ausgangspunkt des direkten Aufgangs zur Piazzale Michelangelo gelegene, bastionsartig in den Arno hineinreichende Anlage beherbergt einige Bäume und wird vor allem an Sommerabenden stark frequentiert.

Der Strukturplan der Stadt Florenz aus dem Jahr 2010 weist den am südlichen Ufer gelegenen Flusspark bereits als existierenden Park aus, die auf der Nordseite rund um den Brückenkopf der Ponte a San Niccolò gelegene Grünfläche ist jedoch als Park in Planung beschrieben.

Aus den bereits beschriebenen Faktoren ergeben sich drei Nutzergruppen für eine neue Fußgängerbrücke in diesem Bereich: die Bewohner von San Niccolò auf dem Weg zur Infrastruktur, die Bewohner von Santa Croce in Richtung Grünanlagen und schlussendlich die Touristen, die vom Dom ausgehend über die Piazza della Signoria und Santa Croce auf die Piazzale Michelangelo pilgern.



## RESEARCH BRÜCKENBAU

A

## GESCHICHTE DER BOGENBRÜCKEN

Der folgende Abriss über die Geschichte des Brückenbaus will zwar die verschiedenen Konstruktionstypen aufzeigen, konzentriert sich aber auf die Entwicklung der Bogenkonstruktionen in verschiedenen Materialien über die Jahrhunderte – von der Römischen Antike bis in die Gegenwart.

Der Bogen war historisch die erste Konstruktionsform, die überall dort eingesetzt wurde, wo die Spannweite der Balken aus Baumstämmen nicht ausreichte.

Die Entwicklung der Bogen- und Gewölbekonstruktion, die weder in den frühen Hochkulturen noch in der griechischen Antike bekannt gewesen war, wird der antiken etruskischen Kultur zugeschrieben und dann später von der Römischen Antike übernommen und weiterentwickelt. Besonders die Erfindung des Opus Cementum, eines Vorläufers des Betons trug viel zum wirtschaftlichen Einsatz dieser Konstruktion bei. Aus der Kombination der etruskischen Gewölbekonstruktion, des Opus Cementum und der aus Griechenland übernommenen Quadersteinbau entwickelte sich die römische Steinbrückenbaukunst, auf der alle zukünftigen Bogenbrücken bis zur Industriellen Revolution beruhen.

Im Zuge der Infrastrukturmaßnahmen des römischen Imperiums wurden neben den Städten und Straßen auch Brücken und Viadukte als Bogenkonstruktion errichtet. Die Halbkreis- oder steilen Segmentbögen erreichten Spannweiten von 20 bis 30 Metern, um größere Längen zu überspannen wurden mehrere Bögen aneinander- und übereinander gereiht. Die Fahrbahn befand sich immer über dem über einem Lehrgerüst gemauerten Bogen, der Zwischenraum zur Fahrbahn wurde aufgefüllt. Zur Verminderung des Bogenschubs durch das Eigengewicht und des Wasserdrucks bei hohen Wasserständen wurden die Zonen über den

Pfeilern und Widerlagern manchmal von kleineren Bogenöffnungen durchbrochen.<sup>47</sup>

Auf dem gesamten Gebiet des römischen Imperiums können auch heute noch sehr gut erhaltene Brückenkonstruktionen aus der Antike bewundert werden. Zu den bekanntesten der heute noch bestehenden römischen Steinbogenbrücken zählen die Brücke von Alcántara über den Tajo in Spanien, die bis heute benutzte Engelsbrücke über den Tiber in Rom, sowie der Aquädukt Pont du Gard in Südfrankreich.



Puente de Alcántara 41

Daneben existierte auch enormes Wissen im Bereich des Holzbrückenbaus: zum Einsatz kamen neben den Jochkonstruktionen militärischer Behelfsbrücken auch mehrfache Sprengwerkkonstruktionen, die an Stabbögen erinnern und Spannweiten bis zu 30 Metern erlaubten. Eine Beschreibung ersterer findet sich in Caesar's „De Bello Gallico“ in seinem Bericht über den Bau einer Rheinbrücke.<sup>48</sup>

Die hohe Wertschätzung des Brückenbaus zeigt sich darin, dass dieser dem „pontifex maximus“, dem

höchsten Priester und damit Brückenbauer zwischen Himmel und Erde unterstellt wurde. Dieser Titel ging im Christentum dann auf den Papst über.<sup>49</sup>

Mit dem Untergang des Römischen Reichs geriet gemeinsam mit vielen Errungenschaften der Antike auch dessen Ingenieurbaukunst in Vergessenheit. Parallel dazu entwickelte sich jedoch eine herausragende Brückenbaukunst im Chinesischen Reich, die später den europäischen Brückenbau der beginnenden Neuzeit deutlich beeinflusste. Im Unterschied zu den römischen Rundbögen verwendeten die chinesischen Baumeister Segmentbögen, die weniger als 180 Grad der Kreislinie abdecken und somit flacher sind als Halbkreisbögen gleicher Spannweite. Bei größerem Bogenstich wurde die Fahrbahn oft gekrümmt oder mit Stiegen ausgeführt.

Der allgemeine Aufschwung, der den Beginn des Hochmittelalters ab dem elften Jahrhundert kennzeichnet, erlaubt das Wachstum der Städte, dazu kommt der steigende Verkehr durch die Pilgerscharen auf dem Weg nach Rom oder Santiago de Compostela und natürlich die Kreuzfahrer. Folglich werden in ganz Europa ab dem zwölften Jahrhundert neue, dauerhafte Brückenkonstruktionen errichtet.

Zu den ersten großen Steinbrücken zählen die Old London Bridge, die sich aus 19 Spitzbögen zusammensetzt und später mit Häusern bebaut wurde, die steinerne Donaubrücke in Regensburg, und die berühmte Pont St. Bénézet über die Rhône in Avignon. Der Baumeister letzterer war auch Gründer des französischen Ordens der „fratres pontifices“, denen viele Brücken in Südfrankreich zugeschrieben werden. Auf konstruktiver Ebene sind vor allem die elliptischen Bögen zu beachten, die eine Gesamtlänge von etwa 900 Metern bei nur 20 oder 21 Feldern ermöglichen.<sup>50</sup>



42 Pont St. Bénézet

In dieser Entwicklungslinie steht auch der Neubau der Ponte Vecchio in Florenz 1339 bis 1345, hier kamen erstmals in Europa Segmentbögen zum Einsatz, chinesische Einflüsse werden in den Quellen diskutiert. (siehe Analyse Ponte Vecchio) Aus Platzmangel wurden viele mittelalterliche Brücken – so auch die Ponte Vecchio – bebaut und wurden so zum Teil der Stadt.

Neben den steinernen Konstruktionen wurden natürlich auch Holzbrücken errichtet, die jedoch größtenteils nicht mehr erhalten sind. Bei den beiden bekanntesten Wiederaufbauten, der Kapellenbrücke in Luzern und Palladios Ponte Vecchio in Bassano del Grappa, handelt es sich um gedeckte Jochbrücken.

Der Brückenbau von der Renaissance bis zur industriellen Revolution konzentriert sich auf die Weiterentwicklung der Steinbogenbrücken, um Spannweiten zu erhöhen und schlankere Konstruktionen zu ermöglichen. Wiederum spielt die Stadt Florenz eine wichtige Rolle: Die 1567 bis 1570 unter Ammanati errichtete Ponte a Santa Trinità mit ihren flachen elliptischen Bögen gilt als Meilenstein in der Entwicklung.<sup>51</sup>

Wenig später entstand auch die Rialtobrücke in Venedig, die vor allem aufgrund ihrer speziellen Fundamente in die Geschichte eingeht. Am Ende des Entwicklungsprozesses der Steinbogenbrücken steht die Pont de Neuilly des französischen Architekten und Bauingenieurs Perronet in Paris aus dem Jahr 1772, die ein Verhältnis zwischen Bogenspannweite und Pfeilerbreite von 9:1 erreicht.<sup>52</sup>

Mit der Renaissance entstehen auch erste theoretische Betrachtungen zur Architektur: Sowohl Palladios Überlegungen zu fachwerkartigen Trägern für Dächer und Brücken in seinen Quattro libri dell'architettura als auch Galileis Ansätze zur Elastizitätstheorie spielen eine wichtige Rolle für die Weiterentwicklung des Brückenbaus in der Neuzeit.



43 Kapellenbrücke Luzern



44 Ponte a Santa Trinità

Die erste industrielle Revolution stellt einen Wendepunkt für den Brückenbau dar: Einerseits die Entstehung der Industrie basierend auf Kohle und Eisen und später dessen Weiterentwicklung zum leistungsfähigeren Stahl und andererseits das Aufkommen der Mobilität durch die Dampfmaschine rufen drastische Änderungen im Brückenbau hervor.

Als 1777 bis 1779 erste vollständig aus Eisen errichtete Brückenkonstruktion steht die Severn-Brücke in Coalbrookdale im Zentrum der englischen Eisenindustrie bildlich für den Paradigmenwechsel in der Konstruktion. An die Stelle massiver Bauwerke treten leichte, in Stabwerke aufgelöste Tragwerke. Der Umgang mit dem völlig neuen Material stellt die Konstrukteure vor nie gekannte Herausforderungen: frühe Eisenbauwerke zeigen deutlich den historischen Einfluss der Steinkonstruktionen in der Formgebung und auf der anderen Seite das Vorbild des Holzbaus in der Verbindungstechnik.

Durch die Verhinderung der Biegemomente, zu deren Abtragung das Gusseisen nur sehr beschränkt fähig ist, wird der Bogen zu einem oft eingesetzten Tragwerkstyp.

Nach der Unabhängigkeit der USA von England wurden im Zuge der Erschließung des Landes eine Vielzahl von Brückentypen, meist als Kombination aus Bogen und Fachwerk, entwickelt und aus Holz errichtet. ab dem 19. Jahrhundert wurden diese Systeme in den Stahlbrückenbau übertragen und vor allem für Eisenbahnbrücken eingesetzt.

Ein weiterer wichtiger Faktor für die Weiterentwicklung des Brückenbaus ist die Entstehung der Bauingenieurwissenschaften im 19. Jahrhundert, die erstmals theoretische Überlegungen und Berechnungen zu den bis dahin empirisch entwickelten Tragwerken ermöglicht. Die ersten Ingenieurbauschulen wurden bereits am



Iron Bridge über den Severn 45

Ende des vorangegangenen Jahrhunderts in Frankreich gegründet, dort wurde auch die Grundlage für die moderne Baustatik entwickelt. Die 1860 publizierte vollständige Fachwerktheorie nach Karl Culman, die heute noch angewendet wird, leistete einen enormen Beitrag zur Weiterentwicklung der Fachwerkbrücken aus Holz und Stahl.<sup>53</sup>

Die Entwicklung der Eisenbahn, die zur Überwindung der großen Distanzen besonders in Amerika eine wichtige Rolle spielte, erforderte in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts zahlreiche Großbauten entlang der neuen Bahnstrecken. Dabei mussten neben der Spannweite erstmals auch die deutlich höheren Verkehrslasten in Betracht gezogen werden.

Zu Beginn wurde meist auf die seit der römischen Antike bekannten Bogenbrücken mit vielen aneinander gereihten Bögen mit kurzen Spannweiten zurückgegriffen. So entstanden unzählige, teilweise bis heute in Verwendung stehende Viadukte aus Stein oder Mauerwerk.

Die Weiterentwicklung des Eisens zu Stahl in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts leitete schließlich den Siegeszug der großen Stahlbrücken ein, die erste reine Stahlbrücke entstand 1897 unter einem der Pioniere der amerikanischen Ingenieurbaukunst, General William S. Smith, als Whipple-Fachwerk in Missouri.

Dabei wurden mehrere Tragwerkstypologien parallel zueinander verfolgt: Bogenbrücken, auf Fachwerken basierende Balkenbrücken und erstmals auch Hängebrücken, die die guten Zugeigenschaften des Stahls ausnutzen.

In diese Zeit fallen durch die theoretische Beschäftigung mit der Materie die Erfindungen verschiedener Trägervarianten – von den Pauli-Fischbauchträgern bis zum Gerber-Träger, der in seiner extremsten Form in der Firth-of-Forth Brücke 1883 bis 1890 umgesetzt wurde.

Die Bogenbrücken aus Stahl ermöglichen nun große Spannweiten in Kombination mit großen Höhen. Der Bogenquerschnitt wird dabei in ein Fachwerk aufgelöst und dadurch extrem steif gestaltet. Die vergleichsweise dünne Fahrbahn wird je nach geografischer Lage entweder aufgeständert oder abgehängt werden. Alle herausragenden Bauten dieser Blütezeit des Stahlbaus aufzuzählen würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, als Beispiel sollen die Werke des bekannten französischen Ingenieurs Gustave Eiffel dienen: die zweistöckige Puente Pia Maria in Porto 1877 sowie der nur wenig längere Viaduc du Garabit in Südfrankreich 1844, der als seine schönste Brücke gilt.<sup>54</sup>



46 Viaduc du Garabit

Am Ende des 19. Jahrhunderts wurden mit der Pont des Arts und der Pont Alexandre III in Paris erstmals Stabbogenbrücken mit dünnen Bögen und steifer Fahrbahn errichtet, der Durchbruch des Stabbogens gelang jedoch erst in den 1930er-Jahren in Kombination mit dem sogenannten Langer'schen Balken. Basierend auf einer Erfindung des österreichischen Ingenieurs Joseph Langer aus dem Jahr 1865 wird der Bogenschub hier über den Fahrbahnquerschnitt kurzgeschlossen. Die erste gebaute Bogenbrücke, die diesem Prinzip folgt, war die 1883 erbaute Ferdinandsbrücke, auch obere Murbrücke genannt, die sich an der Stelle der heutigen Keplerbrücke befindet.<sup>55</sup> Die S-Bahn Brücke in Düsseldorf-Hamm treibt dieses Prinzip dann an die Spitze.<sup>56</sup>

Obwohl schon im ausgehenden 19. Jahrhundert erste rein auf Druck beanspruchte kurze Betonsbrücken in Spanien errichtet wurden, beginnt der Siegeszug der Betonbrücken erst mit der Erfindung des Spannbetons nach dem Zweiten Weltkrieg, ab 1960 wird ein Großteil der Brücken aus Beton errichtet, darunter auch einige Bogenbrücken.



47 Historische Ansicht der Ferdinandsbrücke

Auch der Beginn für die Entwicklung der Verbundbrücken wurde schon im 19. Jahrhundert gelegt, mit der Erfindung der schubfesten Verbindung zwischen Stahlträgern und Betonplatten konnte nun auch die Betonplatte eingerechnet werden, und steht bei mittleren Spannweiten in direkter Konkurrenz zu den reinen Betonbrücken.

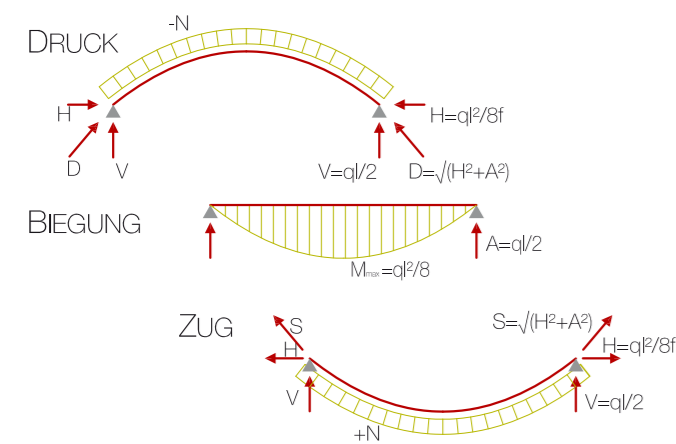
Nachdem der Holzbrückenbau lange Zeit in Vergessenheit geraten war, erlebte er durch die Entwicklung des Leimholzes und später Brettsperrholzes einen neuen Aufschwung in der jüngeren Vergangenheit, wobei die Steiermark hier in den 1990er-Jahren eine tragende Rolle spielte.

47 Vgl.: Brown, 2007, 24.  
 48 Vgl.: Melhorn, 2007, 14-16.  
 49 Vgl.: ebda, 14.  
 50 Vgl.: Brown, 2007, 30.  
 51 Vgl.: Brown, 2007, 36-38.  
 52 Vgl.: Unterweger, 2010, 54-62.  
 53 Vgl.: [http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=Santa+Trinita&ubicazione=&button=&proprietari=&architetti\\_ingegneri=&pittori\\_sculptori=&note\\_storiche=&uomini\\_illustri=&ID=1348](http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=Santa+Trinita&ubicazione=&button=&proprietari=&architetti_ingegneri=&pittori_sculptori=&note_storiche=&uomini_illustri=&ID=1348). [Stand: 20.03.2014].  
 54 Vgl.: Brown, 2007, 93f.  
 55 Vgl.: Schiffer-Ekhardt, 1993, 111.  
 56 Vgl.: Ewert, 2003, 128f.



Bogentragwerke stellen in der Betrachtung der Tragwerke nach ihrer Lastabtragung ein Extrem des möglichen Spektrums dar: Bei Bogentragwerken erfolgt die Lastabtragung im idealen Fall rein über Druckkräfte, am anderen Ende der Skala befinden sich die mit dem Bogen dennoch eng verwandten Seiltragwerke, die über reine Zugkräfte funktionieren. Zwischen diesen beiden stehen die zahlreichen biegebeanspruchten Tragwerkstypen.

Aus diesem Zusammenhang heraus können Bogentragwerke über zwei Seiten hergeleitet werden:

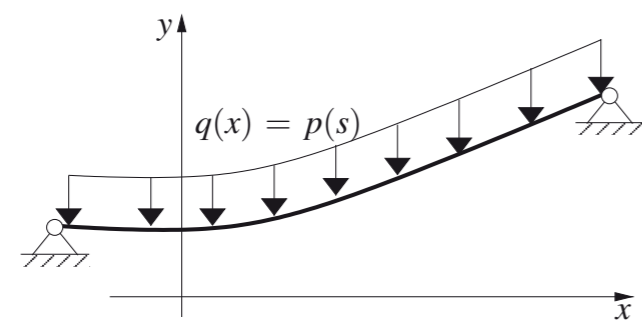


Prinzipiell handelt es sich bei Bogentragwerken um umgekehrte Seiltragwerke. Während sich in einem Seil, das in sich keine Biegesteifigkeit aufweist, dessen Form je nach Belastungssituation verschieden einstellen kann, ist ein Bogen jedoch in seiner Lage fixiert und kann sich nicht nach seiner Belastung verformen.

Abweichungen zwischen der Stützlinie, die sich unabhängig von der Bogengeometrie je nach Belastungssituation einstellt, und der Bogenschwerachse führen zu einer Momentenbelastung im Bogen.

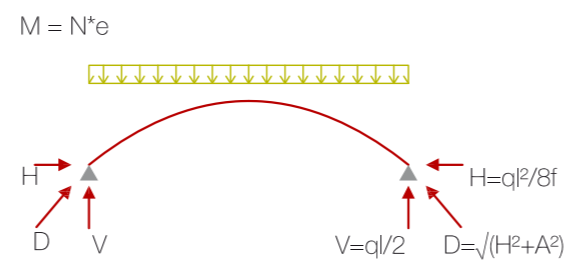
Die Seillinie eines Seiles unter seinem Eigengewicht folgt der Kettenlinie, unter Gleichlast nimmt sie die Form einer Parabel an. Bei geringen Stichhöhen ergeben sich jedoch kaum Unterschiede zwischen den beiden Kurven, sodass aufgrund der einfacheren Beherrschbarkeit meist Parabelbögen eingesetzt werden.

Dabei ist zu beachten, dass vor allem die Stichhöhe  $f$ , natürlich unter Annahme einer konstanten Spannweite, die Effizienz des Systems deutlich beeinflusst, da sich die resultierende horizontale Auflagerkomponente schnell der Unendlichen nähert.

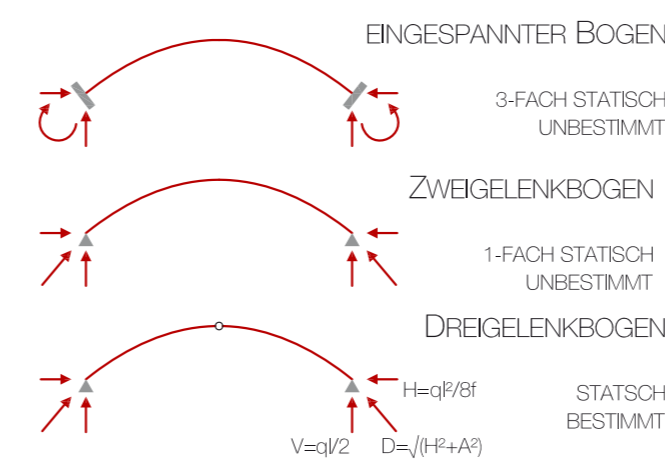


Seilkurve eines Seils unter Eigengewicht

Vergleicht man einen Bogen mit einem Balken bei gleicher vertikaler, konstanter Belastung und Spannweite, ist zu bemerken dass im Unterschied zum Balken, bei dem nur vertikale Auflagerreaktionen auftreten, der Bogen einen beträchtlichen Horizontalschub in den Auflagern hervorruft. Dieser kann über das maximale Moment des Ersatzbalkens und natürlich die Bogenstichhöhe  $f$  berechnet werden, der vertikale Anteil der Auflagerreaktion ergibt sich aus der Belastung. In dieser Beziehung zeigt sich auch die Verwandtschaft zu den Seiltragwerken.



Grundformeln Bogenstatik



Bogentragwerke lassen sich auch nach ihrem statischen System einteilen:

Der ideale reine Druckzustand kann nur bei einem Dreigelenksbogen dessen Stützlinie der Schwerachse entspricht und durch alle drei Gelenke verläuft, erreicht werden. Im einfachsten Fall passiert dies in einem parabolischen Bogen unter Gleichlast mit einem Gelenk in Bogenmitte.

Zweigelenkbögen weisen zwar geringere Verformungen als Dreigelenkbögen auf, aus Temperaturveränderungen oder Lagerveränderungen entstehen allerdings zusätzliche Schnittkräfte.

Im Brückenbau werden meist Zweigelenkbögen eingesetzt, die Literatur verweist bei steileren Bögen ab einem Verhältnis von Stich zu Spannweite von 1/7 bis 1/3 auf eingespannte Konstruktionen, sofern die Einspannung im Fundament durch die Gründungsverhältnisse möglich ist. Diese erleiden die geringsten Verformungen, aus Temperaturlasten und Auflagerverchiebungen entstehen allerdings beträchtliche Schnittkräfte.

Werden Bogenkonstruktionen als Brückentragwerke eingesetzt, ergibt sich ihre endgültige Form aus dem Umgang mit drei Aspekten:

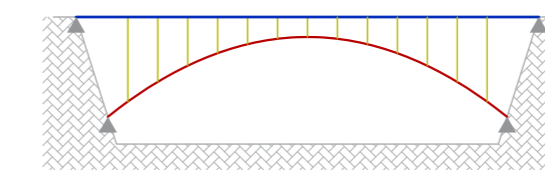
der Lage der Fahrbahn im Bezug zum Bogen,

dessen Aussteifung gegenüber asymmetrischer Lasten und der Umgang mit dem Bogenschub.

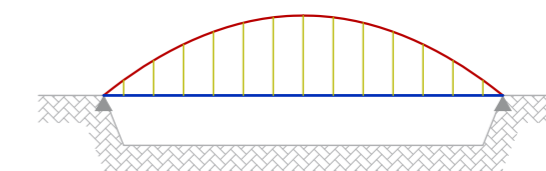
Die Lage der Fahrbahn ist grundsätzlich von den geografischen Bedingungen am Brückenstandort und der Materialwahl abhängig.

Die Fahrbahn ist entweder auf dem Bogen aufgeständert, von ihm abgehängt oder kann in einer Kombination beider Systeme dazwischen liegen. Bei Massivkonstruktionen aus Stein, oder Mauerwerk kann nur ein unter der Fahrbahn liegender Bogen ausgeführt werden, Bogenkonstruktionen aus Holz oder Stahl erlauben alle Möglichkeiten.

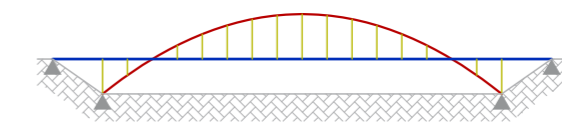
BOGEN UNTER DER FAHRBAHN



BOGEN ÜBER DER FAHRBAHN



BOGEN IN DER MITTE



49 Puente de la Barqueta, Sevilla



50 Wennerbrücke Murau



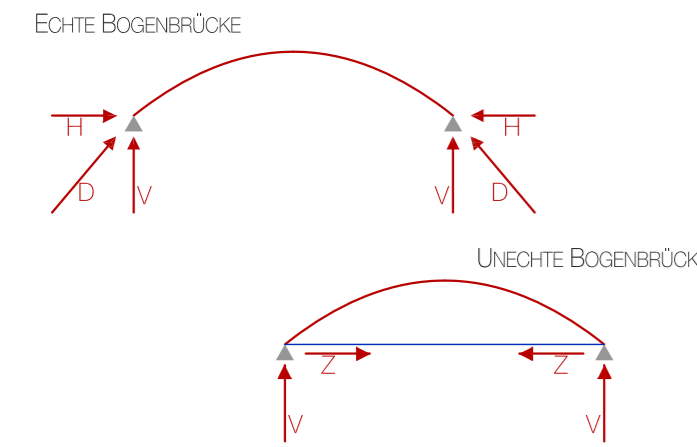
51 Passerelle des Trois Pays, Weil am Rhein

Daneben muss der Umgang mit dem horizontalen Bogenschub im Auflager beachtet werden, dieser erreicht in Abhängigkeit des Verhältnisses aus Länge und Stich entwurfsbestimmend große Ausmaße.

Wird dieser Bogenschub über die Auflagerkonstruktion in den Baugrund abgegeben, handelt es sich um eine sogenannte „echte Bogenbrücke“.

Wird der Bogenschub aber über ein Zugband, meist die Fahrbahnkonstruktion, kurzgeschlossen, liegt eine „unechte Bogenbrücke“ vor, die wie ein gewöhnlicher Balken gelagert werden kann und aus vertikalen Lasten nur vertikale Auflagerkomponenten produziert. Unechte Bogenbrücken sind auch unter den Namen Langer'scher Balken, manchmal auch Langer-Balken im internationalen Bereich als Tied-Arch-Bridge oder Bowstring-Bridge bekannt.

Bei unter der Fahrbahn liegenden Bögen ist logischerweise nur eine echte Bogenbrücke möglich, diese bedingen also - abhängig von der gewünschten Spannweite- einen gut tragfähigen Untergrund und die Möglichkeit dementsprechend große Fundamentkonstruktionen herzustellen.



Über der Fahrbahn liegende Bögen werden oft als Langer'scher Balken ausgeführt, da die Aufnahme der Zugbelastung nur wenig konstruktiven Mehraufwand im Bezug auf die Fahrbahnkonstruktion bedeutet.

Die Ausführung als echter Bogen ermöglicht jedoch, dass Fahrbahn und Bogen quasi unabhängig voneinander funktionieren, wodurch jedoch freiere Grundrissvarianten möglich werden.

Liegt die Fahrbahnebene in der Mitte, sind ebenfalls beide Varianten möglich. Einerseits kann die Fahrbahn von einem echten Bogen, dessen Fußpunkte eben tiefer liegen, abgehängt und aufgeständert werden, andererseits besteht die Möglichkeit den über der Fahrbahnebene liegenden Teil als Langer'schen Balken zu konstruieren, sodass nur mehr die Horizontalanteile der unterhalb liegenden Bogenabschnitte von den Auflagern aufgenommen werden müssen. Diese können sich auch durch den Bogenschub seitlich fortgesetzter Bogenabschnitte ganz oder teilweise aufheben.



Europabrücke Bruck an der Mur 52

Ein weiteres Thema der Bogenkonstruktionen ist der Umgang mit dem Steifigkeitsverhältnis zwischen Bogen und Fahrbahn. Dabei sind zwei Aspekte zu beachten, die jedoch untrennbar miteinander verwoben sind: Der Umgang mit den Momenten aus asymmetrischen Lasten sowie die Verteilung der Steifigkeiten.

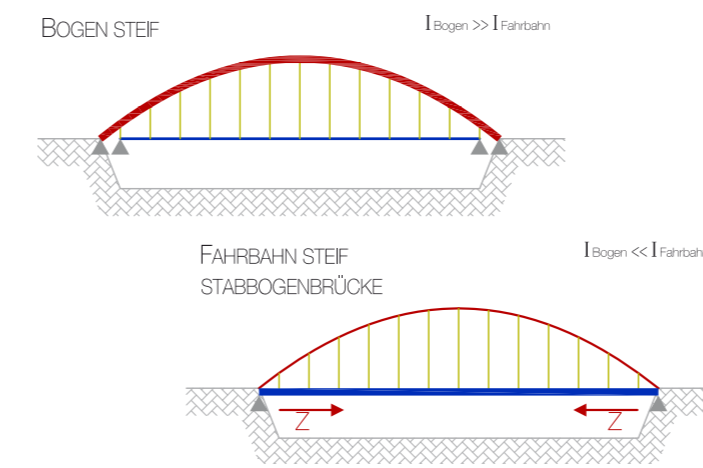
Die Steifigkeitsverteilung zwischen Bogen und Fahrbahn bestimmt, inwiefern von einem vertikal beanspruchten Bogen oder im anderen Extremfall einem Stabbogen, gesprochen werden kann.



Puente Nuevo, Ronda 53

Zunächst einmal kann der Bogen massiv genug ausgeführt werden, sodass sich die jeweilige Stützlinie immer innerhalb des Materials ausbildet. Dies ist vor allem bei den historischen Massivbogenbrücken der Fall, Bogen und Träger werden zu einer Einheit.

Außerdem kann der Bogen selbst auch biegesteif und dick genug ausgeführt werden, um die Momente abzutragen, wodurch bei einer echten Bogenbrücke freie Grundrissvariationen möglich werden. Der Brückenträger kann folglich sehr schlank gehalten werden.



Auf der anderen Seite ist es möglich, die Biegesteifigkeit der Fahrbahnkonstruktion zuzuordnen, der Bogen wird schlank gehalten. Dann spricht man von einer Stabbogenbrücke. Stabbögen sind meist polygonal geformt und besitzen Knicke an den Anschlusspunkten der Hänger oder Streben. Durch den kleinen Bogenquerschnitt würden sie ohne Verbindung zum Träger schon unter Vollast ausknicken. Oben angeordnete Bögen werden gerne als Tied-Arch-Konstruktionen ausgeführt.

Werden bei über der Fahrbahn liegenden Bögen die Hänger V-förmig angeordnet, wirken Bogen und Fahrbahnträger gemeinsam als extrem steife Fachwerkscheibe. Die Steifigkeit kann durch Überkreuzen der Hänger noch weiter verstärkt werden, es handelt sich dann um sogenannte Lohse-Nielsen-Bogentragwerke, die aufgrund ihrer hohen Steifigkeit bei generell verformungsintoleranten Eisenbahnbrücken eingesetzt werden.

Als weitere Möglichkeit einen Bogen auszusteifen ist die Verspannung mittels vorgespannter Seile zu nennen, diese werden allerdings im Brückenbau nicht eingesetzt.

Unabhängig von den oben genannten Problemfeldern und ihren Lösungsansätzen, die die Tragwerke auf zweidimensionale Systeme in Brückenlängsrichtung reduzieren, muss auch auf die Aussteifung in Brückenquerrichtung geachtet werden.

Einzelne Bögen werden oft im Grundriss eingespannt oder sind selbst ausreichend breit, Systeme aus zwei Bögen können über Rahmen- oder Fachwerksysteme schubsteif miteinander verbunden werden oder berühren sich im Scheitelpunkt. Bei unter der Fahrbahn liegenden Bögen kann auch dessen Konstruktion diese Funktion übernehmen.

Diese Ausführungen zur Bogentheorie und zum Bogenbrückenbau beziehen sich auf alle Nutzungsvarianten, im Fall von Fußgängerbrücken wird aufgrund der schlankeren Querschnitte dank der niedrigeren Lastannahmen besonders die Aussteifung der Systeme maßgebend für Entwurf und Bemessung.

Aus den vorangegangenen Ausführungen ergeben sich eine Vielzahl möglicher Kombinationen aus den drei Spannungsfeldern Lage des Bogens im Bezug auf die Fahrbahn, echte oder unechte Bogenbrücke sowie die Verteilung der Biegesteifigkeiten.

Auch wenn diese Entscheidungen am Endbild einer Brücke nicht immer sofort ersichtlich sind, beeinflussen sie das Tragwerk und damit das Erscheinungsbild einer Brücke deutlich.

Die folgende Seite soll die Möglichkeiten dieses Entscheidungsprozesses aufzeigen.

Quellen:

Block, Philippe; Gengnagel, Christoph, Peters, Stefan: Faustformeln Tragwerksentwurf. München 2013, S. 94 - 97;134

Ewert, Sven: Brücken. Die Entwicklung der Spannweiten und Systeme, Berlin 2003. S. 3, 125-131

Keil, Andreas: Detail Praxis Fußgängerbrücken. Stege und Rampen; Entwurf; Konstruktion, München 2012, S. 35-37

Melhorn, Gerhard (Hg): Handbuch Brücken. Entwerfen, Konstruieren, Bauen und Erhalten, Berlin (u.a.) 2007, S. 313-319

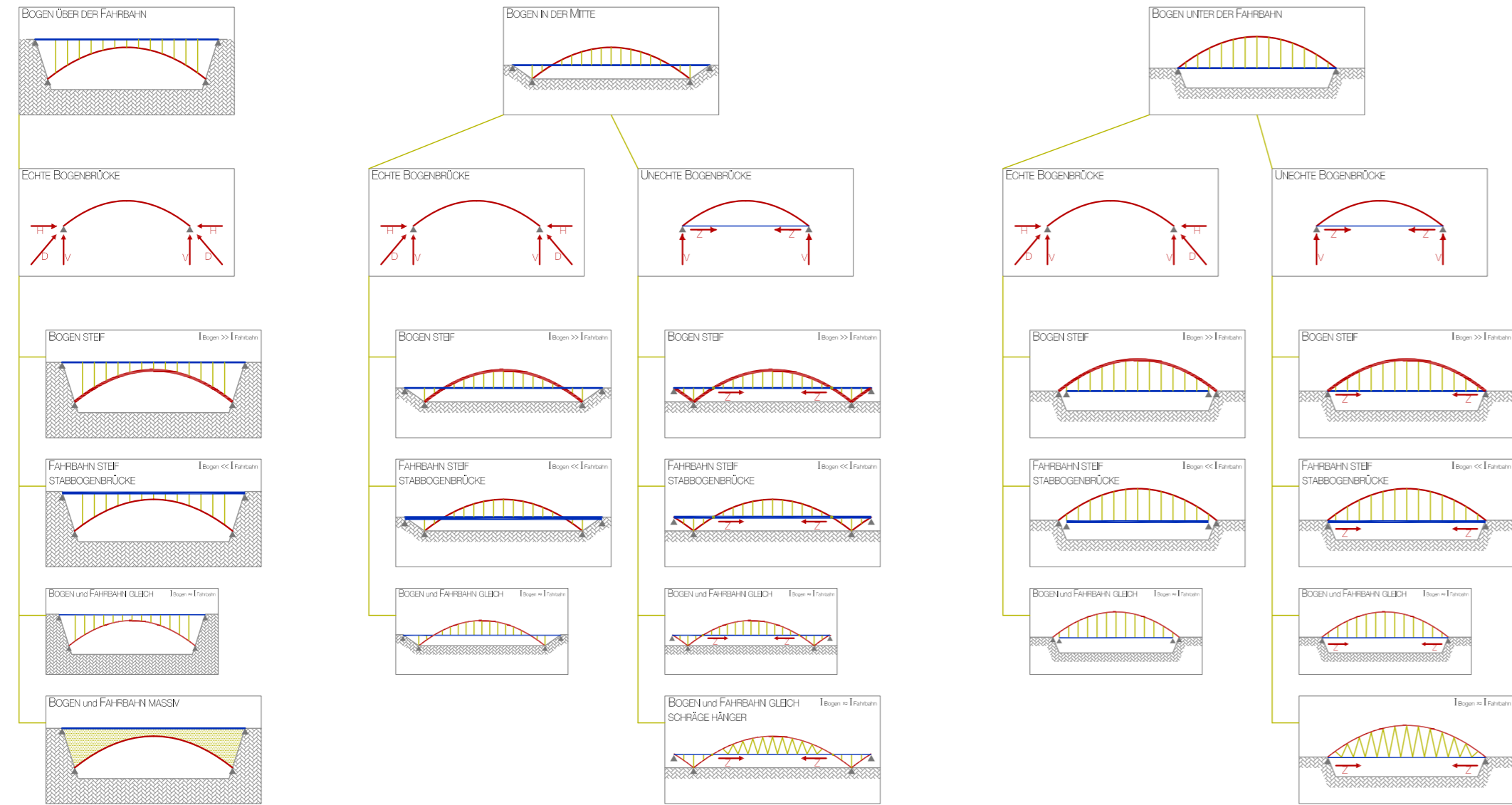
Peters Stefan, u. A.: Folien zur VU Tragwerkslehre 2. SS 2013. Institut für Tragwerksentwurf, TU Graz. VO\_05 Bogen.

Schanz Martin: Mechanik B1 – Statik. Manuskript zur Vorlesung, WS 2010/11. Institut für Baumechanik, TU Graz. S. 80-85

Schober Helmut: Skelettskriptum TWL 1. WS 2007/08. Institut für Tragwerksentwurf. TU Graz. VO\_11 Bogen

Unterweger Harald: Brückenbau – Grundlagen. Ausbildung, Tragsysteme, Tragverhalten, Einwirkungen, Baumethoden, Lagerung und Tragwerksentwurf. Version 3, August 2010. Institut für Betonbau. TU Graz. S. 54-62





C ANALYSE DER FLORENTINER BRÜCKEN

Florenz - vom Arno getrennt, durch seine Brücken aber zusammengehalten.

Florenz verdankt sein wirtschaftliches Wachstum über Jahrhunderte hinweg vor allem der günstigen Lage an einer Straßenkreuzung am Arno, erste Brücken stammen bereits aus der römischen Antike.

Die Geschichte der Florentiner Brücken wird vor allem von den wiederkehrenden Hochwasserkatastrophen des Arno geprägt. Alle Brücken wurden durch die Wassermassen immer wieder zerstört oder zumindest beschädigt. Die großen Fluten, darunter vor allem jene der Jahre 1333 und 1557, lassen sich - mit der Ausnahme des letzten großen Hochwassers von 1966 - in den Baudaten der Brücken ablesen. Im 14. Jahrhundert mussten deshalb bis auf die Ponte alle Grazie alle Brücken erneuert werden, aus dieser Zeit stammt die bis heute bestehende Ponte Vecchio, eines der Wahrzeichen der Stadt.

In der Regierungszeit des Medicifürsten Cosimo I. in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts trugen die Baumeister der Renaissance mit der Ponte a Santa Trinità und die Ponte alla Carraia, die das Stadtbild bis heute prägen, wesentlich zur Weiterentwicklung der Bogenkonstruktionen bei.

Eine zweite Zäsur in der Geschichte der Florentiner Brücken stellt der Rückzug der deutschen Armee im August 1944, als bis auf die Ponte Vecchio alle Brücken über den Arno gesprengt wurden. Im Wiederaufbau in den 1950er Jahren wurden verschiedene Wege beschritten: die Bandbreite reicht von der originalgetreuen Restauration der Ponte a Santa Trinità bis zur völligen Neukonzeption der Ponte San Niccolò.

Nach der Phase des Wiederaufbaus wurden im Stadtzentrum keine weiteren Brücken errichtet, das Baugeschehen verlagerte sich in die neuen Siedlungsgebiete am Stadtrand.

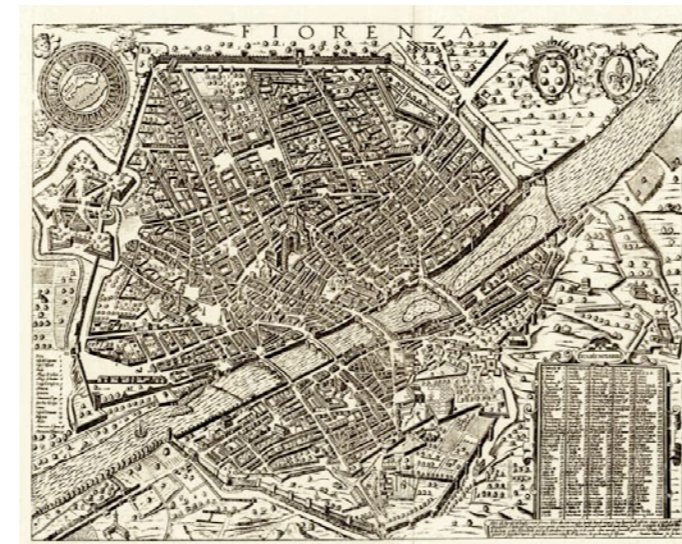
Obwohl historisch verschiedene Brückentypen vorhanden waren, zeigen alle Brücken der Stadt Variationen des unter der Fahrbahn liegenden Massivbogens. Dabei variiert nur die geometrische Ausbildung der Bogenkurve, deren Evolution sich in den Florentiner Brücken vom kompletten Rundbogen der alten, heute nicht mehr existierenden Ponte alle Grazie über die Segmentbögen der Ponte Vecchio bis zu den der Kettenlinie sehr nahe kommenden Korbbögen der Ponte a Santa Trinità und der Parabel der Ponte a San Niccolò abzeichnet.

Auch in der Materialität wurde lange an der für das historische Florenz typischen Pietra forte, einem gelb-ocker-farbenen kalkhaltigen Sandstein festgehalten, der zumindest die Verkleidung der Brücken aus Stein oder später Mauerwerk bildet. Selbst die gelbe Farbe des Betons der nach dem zweiten Weltkrieg neukonzipierten Ponte alle Grazie soll an dieses Material erinnern.

Trotz aller Gemeinsamkeiten ist jede der Brücken getrennt zu analysieren.



Brücken von Florenz 54



Stadtplan von Florenz um 1600 55

### Ponte a San Niccolò

Erste Pläne für eine Brücke an dieser Stelle sind schon aus dem Jahr 1317 bekannt, wurden aber vom Hochwasser 1333, das die übrigen Florentiner Brücken stark beschädigte, zunichte gemacht.

Im 19. Jahrhundert errichtete die französische Ingenieurfirma Séguin dann eine eiserne Hängebrücke, die nach dem habsburgischen Großherzog Ponte San Ferdinando benannt wurde.<sup>57</sup>

Schon wenige Jahre nach ihrer Fertigstellung 1837 wurde sie 1844 bei einem Hochwasser zerstört, und 1853 wiederaufgebaut um schließlich 1890 durch einen Neubau von Ingenieur G. Rodriguez ersetzt zu werden. Es handelte sich wiederum um eine Eisenkonstruktion, einige Quellen sprechen von einer Bogenbrücke, die den Arno in drei Feldern überspannte. Archivpläne zeigen allerdings einen als Fachwerk aufgelösten Träger.<sup>58</sup> Diese Brücke wurde wie alle Florentiner Brücken außer der Ponte Vecchio während des Abzugs der Deutschen 1944 vernichtet.<sup>59</sup>

Nachdem schon vor dem Zweiten Weltkrieg über einen Neubau der Ponte di San Niccolò als Bogenstruktur nachgedacht worden war, wurde 1948 Wettbewerb zur „Errichtung einer Bogenbrücke aus Mauerwerk“ ausgeschrieben. Diesen konnte das römische Büro S.P.E.R mit einem Projekt des Ingenieurs R. Moranti für sich entscheiden.<sup>60</sup>

Ein flacher Bogen aus Stahlbeton mit einer Stichhöhe von nur rund zehn Metern überbrückt die Spannweite von 90 Metern bei einer Gesamtlänge von 132 Metern in einem Schwung. Dabei beträgt die Konstruktionshöhe im Bogenstich nur 1,3 Meter, an den Auflagern sind es 3,5 Meter, was jedoch durch den ausgefüllten Zwischenraum zwischen Bogen und Fahrbahn nur schwer wahrnehmbar ist.

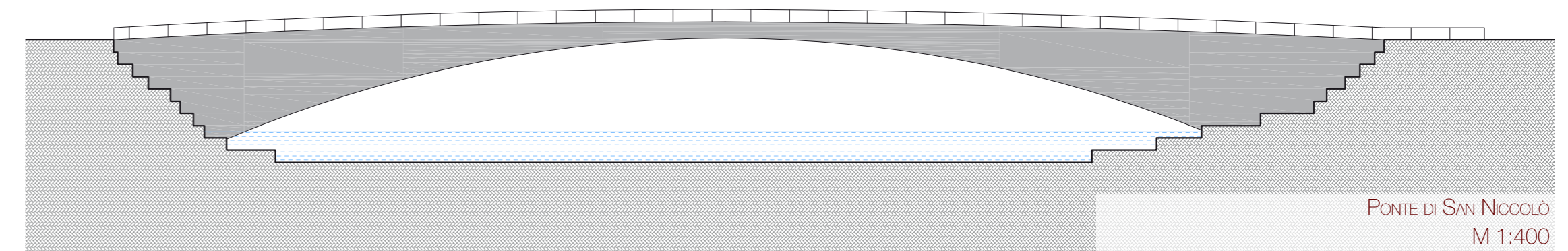
Ihr einfaches grünes Stabgeländer, von der Florentiner Bevölkerung Gartenzaun genannt, unterstreicht ihre elegante Form, die vor allem zur Errichtungszeit stark kritisiert wurde.<sup>61</sup>



56 Ponte di San Niccolò



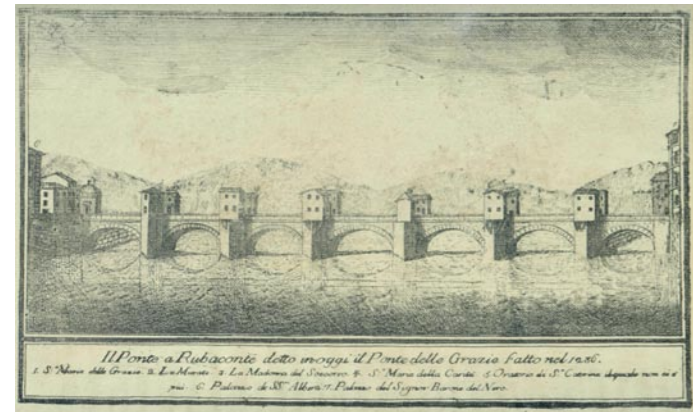
57 Historische Ansicht aus dem 19. Jh



PONTE DI SAN NICCOLÒ  
M 1:400



Ponte alle Grazie 58



Historische Ansicht aus dem 19. Jh 59

### Ponte alle Grazie

Die Ponte alle Grazie ist die erste Brücke oberhalb der berühmten Ponte Vecchio. Ursprünglich war die an ihrer Stelle existierende Ponte di Rubaconte - benannt nach ihrem Auftraggeber - die älteste und längste Brücke der Stadt. Die 1237, etwa 100 Jahre vor der Ponte Vecchio errichtete Steinbogenbrücke wird beim ersten Kunsthistoriker der Renaissance, Giorgio Vasari, dem Architekten Jacopo Tedesco, genannt Lapo, zugeschrieben, sie wurde auch in Dantes Divina Commedia erwähnt.<sup>62</sup>

Von den ursprünglich neun Bögen wurden 1347 für die Erweiterung der Uferzone zwei geschlossen, ein weiterer wurde im 19. Jh. in die Konstruktion der Uferstraßen integriert. Ihr Anblick wurde von den über den Brückentauern errichteten hölzernen Bildstöcken, Kapellen und Geschäften dominiert, diese wurden im 19. Jh. abgerissen. Ihren heutigen Namen hat die Brücke von einer der kleinen Kapellen, die der Madonna del Soccorso - genannt „alle Grazie“.<sup>63</sup>

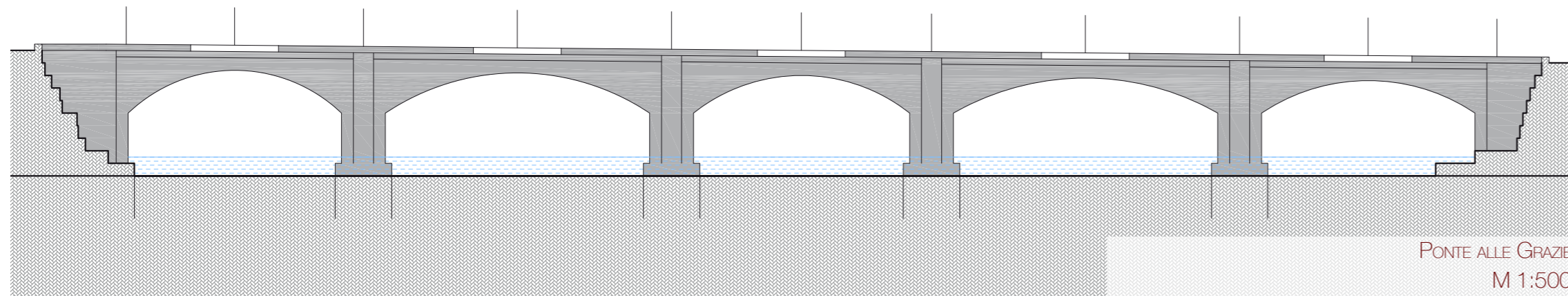
Auch dieser Bau wurde beim Abzug der deutschen Truppen 1944 gesprengt.

Das heutige Bauwerk, fertig gestellt 1957, ist Ergebnis eines 1946 ausgelobten Wettbewerbs den die Architektengruppe G. Michelucci, E. Detti und R. Gizdulich gemeinsam mit dem Ingenieur P. Melucci für sich entscheiden konnte.<sup>64</sup>

Der Entwurf orientiert sich dabei an der Form der alten Brücke, bedient sich aber des neu aufkommenden Materials Stahlbeton, der gelb gestrichen wurde, einzig die Pfeiler wurden mit dem für Florenz typischen Pietra forte, einer Art kalkhaltigen Sandstein, verkleidet.

In der Literatur wird die Struktur als Gerberträger mit fünf Feldern beschrieben, allerdings sind augenscheinlich weder Gelenke noch verschiebliche Auflager zu erkennen.<sup>65</sup> Fünf extrem flache Bogenpaare, die mit der Fahrbahn komplett verbunden sind, überbrücken den Arno in verschiedenen Spannweiten.

Aufgrund des extrem flachen Steigungserhältnisses kann das Tragwerk beinahe als Surchlaufträger mit Querschnittserhöhungen über den Auflagern gesehen werden.



### Ponte Vecchio

Die erste Brücke über den Arno wurde im ersten Jahrhundert nach Christus etwas oberhalb der heutigen Stelle errichtet. Mit dem Bau der Via Cassia unter Kaiser Hadrian 123 nach Christus verschob sich auch die Brücke an ihre heutige Stelle.

Bis ins 13. Jahrhundert blieb diese die einzige Verbindung zwischen den beiden Arnoufern, die erste urkundliche Erwähnung stammt aus dem Jahr 972. Unbekannt ist, wie oft sie im Lauf der Jahrhunderte wiederaufgebaut werden musste, bekannt sind die Zerstörungen bei den Hochwasserkatastrophen von 1117, nach der 1170 die erste fünf-bogige Steinbrücke errichtet wurde, und deren Zusammenbruch 1333, als alle Florentiner Brücken außer der Ponte alle Grazie zerstört wurden.<sup>66</sup>

Die heute so bekannte Ponte Vecchio wurde in den Jahren 1339 bis 1345 gebaut, die Quellenlage bezüglich des Architekten ist jedoch unklar. Giorgio Vasari nennt in seinem Werk Taddeo Gaddi. Neri di Fioravante war zur fraglichen Zeit Baumeister der Stadtregierung von Florenz und Domenico da Campi sollte wenig später den Neubau der Ponte alla Carraia beaufsichtigen.<sup>67</sup>

In der Konstruktion der Ponte Vecchio wurden erstmals seit der Antike wieder Segmentbögen eingesetzt,<sup>68</sup> wodurch das Verhältnis von Spannweite zu Bogenstich verbessert werden konnte. Als mögliches Vorbild dafür gilt durch die Handelsbeziehungen die chinesische An Ji Brücke aus dem siebten Jahrhundert,<sup>69</sup> andere Quellen halten einen chinesischen Einfluss für unwahrscheinlich.<sup>70</sup>

Die kühn flach gehaltenen Bögen ermöglichen die Lage der Fahrbahn auf dem Straßenniveau der umgebenden Straßen und werden durch die vergleichsweise mächtigen Pfeilerkonstruktionen ausgeglichen.

Die für das Aussehen der Brücke charakteristische beinahe durchgehende Bebauung mit kleinen Geschäften stammt aus der Errichtungszeit, einzig der Corridorio Vasariano wurde erst 1565 unter Cosimo I. von Giorgio Vasari hinzugefügt.

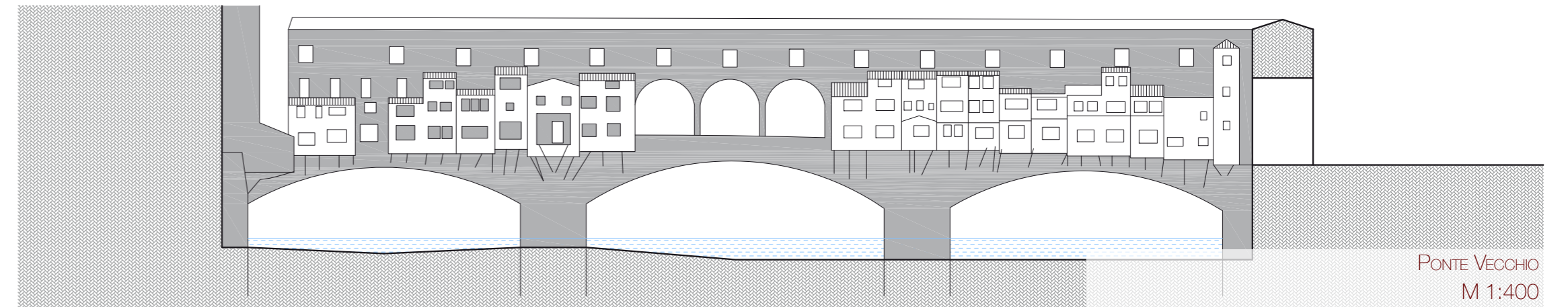
Von Hitler bewundert überlebte sie als einzige Brücke den Abzug der deutschen Armee 1944, es wurden nur die Zugänge durch Trümmerteile versperrt.<sup>71</sup>

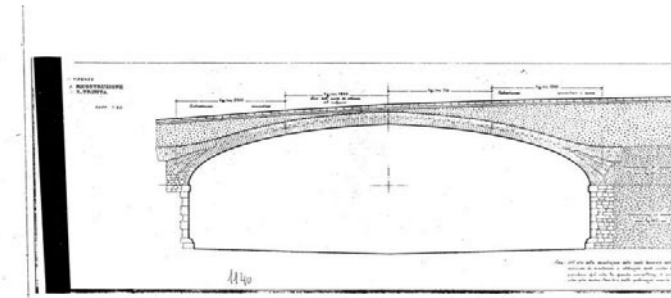


60 Ponte Vecchio von flussaufwärts



61 Ponte Vecchio von flussabwärts





COMUNE DI FIRENZE Archivio storico

Archivplan für den Wiederaufbau

62



Ponte a Santa Trinità heute

63

### Ponte a Santa Trinità

Die erste Holzbrücke an dieser Stelle unterhalb der Ponte Vecchio sollte nur von 1252 bis 1259 bestehen, ihr erster Wiederaufbau in Stein wurde beim großen Hochwasser 1333 zerstört, der nächste, 1415 fertig gestellt, hielt bis zur Flut von 1557.<sup>72</sup>

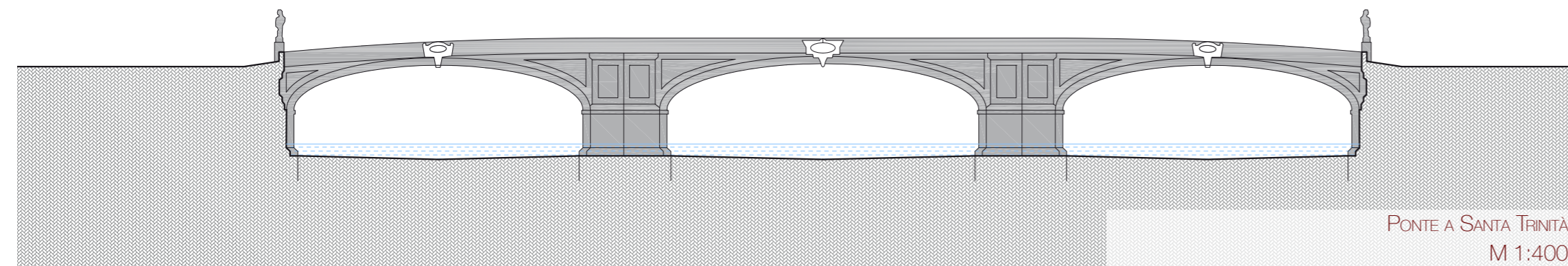
Die Planungen für eine neue Brücke, die ihrer Stellung zwischen wichtigen neuen Palazzi an beiden Ufern gerecht werden sollte, wurden bereits 1557 vom regierenden Medicifürsten Cosimo I. bei seinem Hofarchitekten und Bildhauer B. Ammanati in Auftrag gegeben. Es scheint allerdings, dass auch Michelangelo Buonarroti an der Planung beteiligt war. Die Idee der Korbbögen, die er schon Jahre zuvor in den Capelle Medicee und der Biblioteca Laurenziana in Florenz ausprobiert hatte, wird ihm zugeschrieben.<sup>73</sup>

Die Brücke wurde schließlich zwischen 1567 und 1570 aus dem für Florenz typischen gelbbraunen Pietra forte, einer Art kalkhaltigem Sandstein errichtet. Es handelt sich um eine Bogenbrücke aus Mauerwerk, die den Fluss in drei Bögen überspannt.<sup>74</sup>

Deren elliptische Form kommt der statisch günstigen Parabelform sehr nahe und erlaubt ein extrem flaches Verhältnis von 7:1 zwischen Spannweite und Bogenstich. Ihre Geometrie konnte erst während des Wiederaufbaus nach dem Zweiten Weltkrieg völlig entschlüsselt werden.<sup>75</sup>

Die beiden Pfeiler sind extrem angespitzt um Verklautungen durch Baumstämme zu vermeiden. Die Brückenausstattung mit vier allegorischen Statuen der vier Jahreszeiten an den Endpunkten und die Brüstungsgestaltung lassen schon die beginnende Barockzeit erahnen.

Nach der Zerstörung während des Rückzugs der deutschen Armee 1944 wurde die Ponte a Santa Trinità bis 1958 unter der Leitung von R. Gizdulich und E. Brizzi unter Verwendung der Überreste originalgetreu wieder aufgebaut, die allegorischen Statuen waren im Fluss gefunden worden.<sup>76</sup>



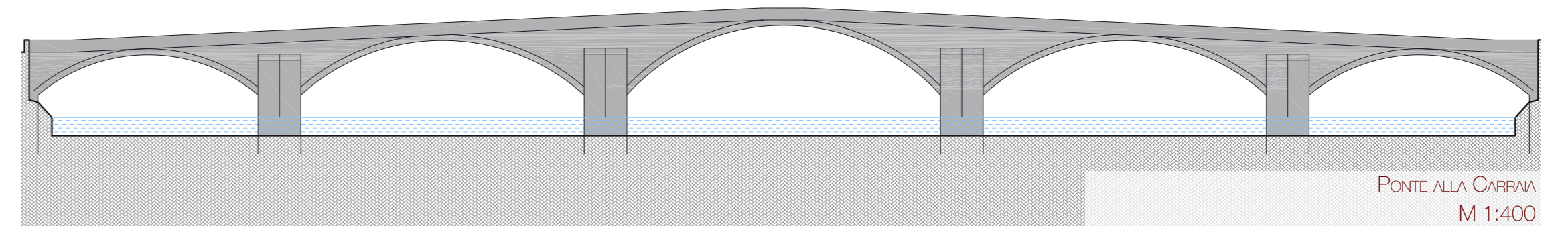
PONTE A SANTA TRINITÀ  
M 1:400

### Ponte alla Carraia

Die zweitälteste Brücke der Stadt trug ursprünglich den Namen Ponte Nuovo, um sie von der Ponte Vecchio zu unterscheiden, der Name Ponte alla Carraia stammt vom ständigen Wagenverkehr auf der wichtigen Verkehrsverbindung nach Pisa.<sup>77</sup>

Die erste 1218-1220 errichtete Holzbrücke wird in Vasaris Viten Jacopo Tedesco, genannt Lapo, zugeschrieben, sie hielt bis 1272, weitere Wiederaufbauten, nun aus Stein, wurden 1304 und nach dem Hochwasser von 1333 notwendig. Nach dem letzten Zusammenbruch wegen eines Hochwassers 1557 wurde der Neubau auf Betreiben des Medicifürsten Cosimo I. vom Hofarchitekten der Stadtverwaltung, B. Ammanati, der auch die benachbarte Ponte alla Trinità plante, errichtet. Die genaue Bauzeit wird in den Quellen nicht erwähnt, der Name weist allerdings auf einen Baubeginn vor der Ponte a Santa Trinità, erbaut 1567 – 1570, hin.<sup>78</sup>

Der an dieser Stelle 125 Meter breite Arno wird in fünf Bögen mit variablen Spannweiten überbrückt. Auch hier kommen wie bei der Ponte Vecchio Segmentbögen zum Einsatz, diese fallen jedoch deutlich steiler und

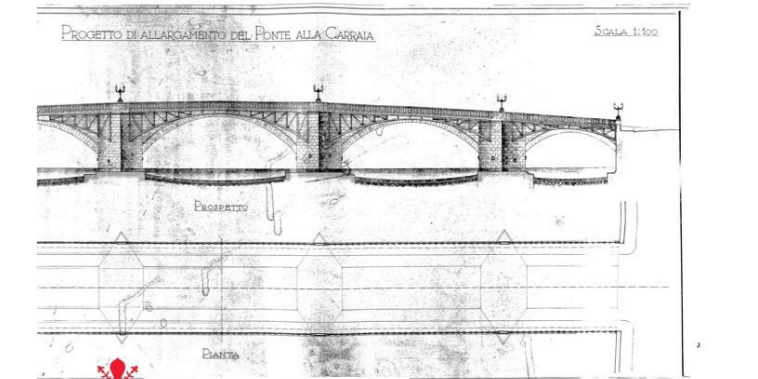


PONTE ALLA CARRAIA  
M 1:400

damit konservativer als im bekannten Vorbild aus.

Die Gehsteige auf beiden Seiten wurden aufgrund des starken Wagenverkehrs 1867 in einer abgespreizten Holzkonstruktion hinzugefügt.<sup>79</sup>

Wie beinahe alle Florentiner Brücken von den sich zurückziehenden Deutschen 1944 zerstört, wurde sie von 1948 bis 1952 unter E. Fagioli wiederaufgebaut.<sup>80</sup> Dabei wurde die ursprüngliche Struktur mit fünf Segmentbögen mit nach außen hin abnehmender Spannweite sowie die Verkleidung in Pietra forte erhalten, die zusätzlichen Gehsteige und die manieristischen Dekorationselemente aber weggelassen. Der Neubau wurde aufgrund seines „Buckels“ von den Florentinern aber abgelehnt, heute wird sie deshalb auch „Ponte Gobbo“, buckelige Brücke, genannt.



Archivplan für die Gehsteige



Ponte alla Carraia heute

57 Vgl.: <http://www.aboutflorence.com/firenze/ponti-di-firenze/ponte-san-niccolo-firenze.html>. [Stand: 27.12.2013].

58 Vgl.: [http://archivistorici.comune.fi.it/cgi-bin/easyweb/ewgettest?EW\\_HIL=dis/ew\\_menu.html&EW\\_HFL=dis/ew\\_copy.html&EW\\_D=DIS&EW\\_FL=dis/limiti.html&EW4\\_DLL=10&EW4\\_DLP=10&EW4\\_NVR=&EW4\\_NVT=&EW4\\_NMI=&EW\\_P=LT\\_EW&EW4\\_PY=%28DE=NICCOLO%29\\_AND\\_%28DE=PONTE%29&EW\\_T=R&EW=%28DE=NICCOLO%29\\_AND\\_%28DE=PONTE%29&EW\\_FM=80&#20175](http://archivistorici.comune.fi.it/cgi-bin/easyweb/ewgettest?EW_HIL=dis/ew_menu.html&EW_HFL=dis/ew_copy.html&EW_D=DIS&EW_FL=dis/limiti.html&EW4_DLL=10&EW4_DLP=10&EW4_NVR=&EW4_NVT=&EW4_NMI=&EW_P=LT_EW&EW4_PY=%28DE=NICCOLO%29_AND_%28DE=PONTE%29&EW_T=R&EW=%28DE=NICCOLO%29_AND_%28DE=PONTE%29&EW_FM=80&#20175). [Stand: 27.12.2013].

59 Vgl.: [http://it.wikipedia.org/wiki/Ponte\\_di\\_San\\_Niccol%C3%B2](http://it.wikipedia.org/wiki/Ponte_di_San_Niccol%C3%B2). [Stand: 27.12.2013].

60 Vgl.: Paolini Claudio: Ponte di San Niccolò. Online im Internet: URL: [http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=San+Niccol%F2&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti\\_ingegneri=&pittori\\_scultori=&note\\_storiche=&uomini\\_illustri=&ID=1353](http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=San+Niccol%F2&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti_ingegneri=&pittori_scultori=&note_storiche=&uomini_illustri=&ID=1353). [Stand: 27.12.2013].

61 Vgl.: ebda.

62 Vgl.: <http://curiositasufirenze.wordpress.com/tag/ponte-di-rubaconte/>. [Stand: 27.12.2013].

63 Vgl.: [http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=ponte+alle+grazie&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti\\_ingegneri=&pittori\\_scultori=&note\\_storiche=&uomini\\_illustri=&ID=1347](http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=ponte+alle+grazie&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti_ingegneri=&pittori_scultori=&note_storiche=&uomini_illustri=&ID=1347). [Stand: 27.12.2013].

64 Vgl.: [http://it.wikipedia.org/wiki/Ponte\\_alle\\_Grazie](http://it.wikipedia.org/wiki/Ponte_alle_Grazie). [Stand: 27.12.2013].

65 Vgl.: ebda.

66 Vgl.: <http://www.aboutflorence.com/firenze/ponti-di-firenze/ponte-vecchio-firenze.html>. [Stand: 27.12.2013].

67 Vgl.: [http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=Ponte+Vecchio&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti\\_ingegneri=&pittori\\_scultori=&note\\_storiche=&uomini\\_illustri=&ID=1346](http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=Ponte+Vecchio&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti_ingegneri=&pittori_scultori=&note_storiche=&uomini_illustri=&ID=1346). [Stand: 27.12.2013].

68 Vgl.: <http://structurae.de/structures/data/index.cfm?ID=s0000472>. [Stand: 27.12.2013].

69 Vgl.: Graf, 2005, 38.

70 Vgl.: Brown, 2007, 32-34.

71 Vg.: König-Lein/Lein, 2011, 250f..

72 Vgl.: [http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=Santa+Trinita&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti\\_ingegneri=&pittori\\_scultori=&note\\_storiche=&uomini\\_illustri=&ID=1348](http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=Santa+Trinita&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti_ingegneri=&pittori_scultori=&note_storiche=&uomini_illustri=&ID=1348). [Stand: 27.12.2013].

73 Vgl.: <http://www.aboutflorence.com/firenze/ponti-di-firenze/ponte-santa-trinita-firenze.html>. [Stand: 27.12.2013].

74 Vgl.: <http://structurae.de/structures/data/index.cfm?ID=s0002021>. [Stand: 27.12.2013].

75 Vgl.: McCarthy, 1960, 42.

76 Vgl.: [http://it.wikipedia.org/wiki/Ponte\\_Santa\\_Trinita](http://it.wikipedia.org/wiki/Ponte_Santa_Trinita). [Stand: 27.12.2013].

77 Vgl.: <http://wikimapia.org/1649603/it/Ponte-alla-Carraia>. [Stand: 27.12.2013].

78 Vgl.: <http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?den>

ominazione=alla+CArraia&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti\_ingegneri=&pittori\_scultori=&note\_storiche=&uomini\_illustri=&ID=1349. [Stand: 27.12.2013].

79 Vgl.: <http://www.aboutflorence.com/firenze/ponti-di-firenze/ponte-alla-carraia-firenze.html>. [Stand: 27.12.2013].

80 Vgl.: [http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=alla+CArraia&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti\\_ingegneri=&pittori\\_scultori=&note\\_storiche=&uomini\\_illustri=&ID=1349](http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=alla+CArraia&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti_ingegneri=&pittori_scultori=&note_storiche=&uomini_illustri=&ID=1349). [Stand: 27.12.2013].

## D

## ANALYSE FUSSGÄNGERBRÜCKEN



Puente de la Barqueta 66



Puente de la Barqueta 67



Puente de la Barqueta 68

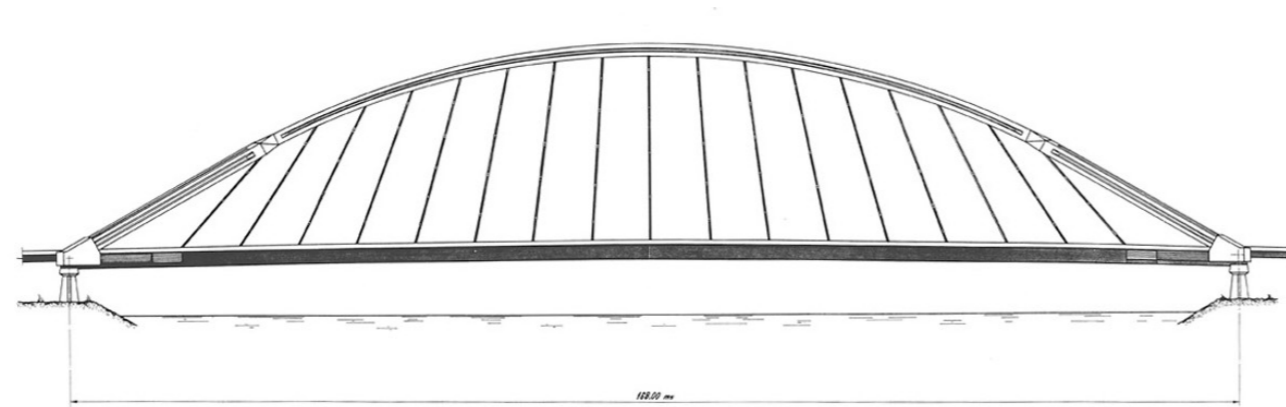
### Puente de la Barqueta

Im Rahmen der Infrastrukturmaßnahmen zur Expo 1992 in Sevilla wurden unter anderem einige neue Brücken über den Guadalquivir errichtet, darunter auch die bekannte Puente del Alamillo von Santiago de Calatrava am Nordende der Stadt, sowie die Pasarela de la Cartuja, die schlankste Brücke der Welt.<sup>81</sup>

Die Puente de la Barqueta, die sich ein Stück flussabwärts davon befindet, wurde als Haupteingang ins Expogelände auf der Isla de la Cartuja auf der anderen Seite des Guadalquivirs errichtet.

Der monumental wirkende Entwurf stammt von den spanischen Ingenieuren Juan Arenas de Pablo und Marcos Pantaleón Prieto und zeichnet sich besonders durch seine visuelle Klarheit aus.<sup>82</sup>

Die Bogenbrücke ist als Langer'scher Balken, dessen Prinzip im internationalen Gebrauch als Tied-Arch-Bridge bekannt ist, ausgeführt.<sup>83</sup>



PONTE DE LA BARQUETA

Ein zentraler Stahlbogen, von dem der ebenfalls aus Stahl gefertigte Fahrbahnträger fächerförmig angeordneten Hängern in Brückenmitte abgehängt ist, überquert den Fluss mit einer Spannweite von 168 m. Die Gabelung des Bogens an beiden Seiten um 30m unterstreicht einerseits die Funktion der Brücke als Eingangsportal zur Expo und übernimmt andererseits die Stabilisierung des Bogens in Brückenquerrichtung. Die beiden Gabelungspunkte, in denen die Bogenkräfte aufgespalten werden, gelten als Schlüsselpunkte für die Detailgestaltung im Inneren des Bogenquerschnitts.<sup>84</sup>

Im Falle einer asymmetrischen Last wird die Biegetragfähigkeit des immerhin 2,40m hohen gevouteten Stahlkastenträgers, der die Fahrbahnkonstruktion bildet, aktiviert.

Die Stabilität der Konstruktion unabhängig von den Auflagern erlaubte, dass die Brücke an Land zusammengefügt und dann in ihre Endposition eingeschwommen wurde.

### Puente Zubizuri

Nach Frank Gehrys Guggenheim Museum steht die Puente Zubizuri, ein Entwurf des katalanischen Stararchitekten und Ingenieurs Santiago Calatrava, symbolisch für den Aufschwung der baskischen Industriestadt in den 1990er Jahren. Die 1994 bis 1997 errichtete Puente Zubizuri überquert den Río Nervion zwischen der Peggy Guggenheim Foundation und dem alten Stadtzentrum und verbindet die teils neugestalteten Uferpromenaden zweier Stadtviertel miteinander.

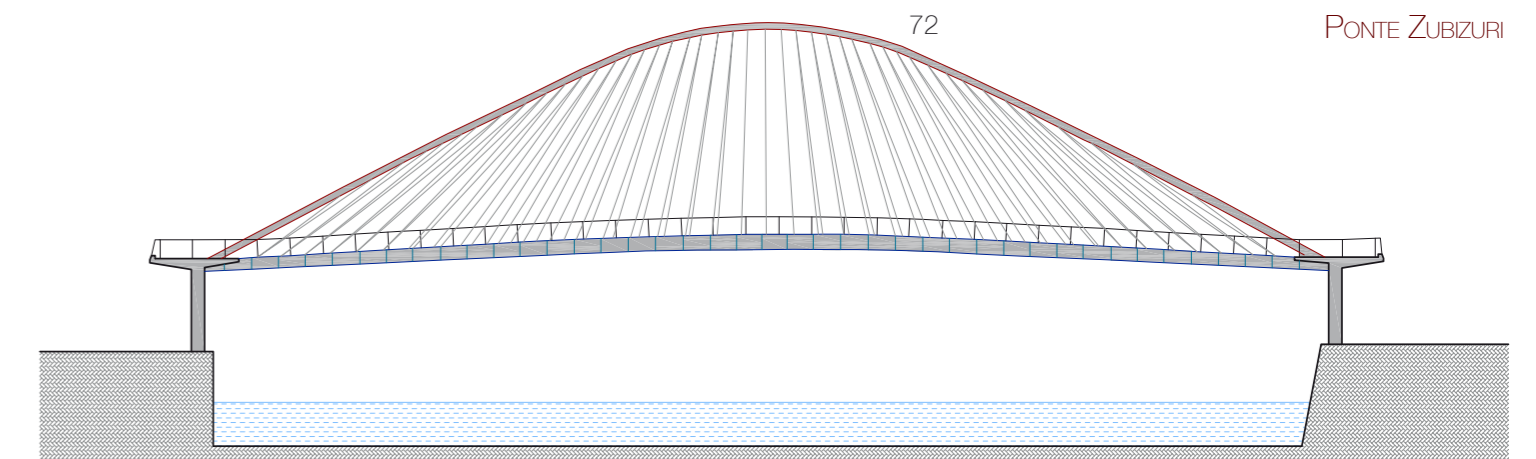
Die Expressivität der Formgebung, die an eine eingefrorene Bewegung erinnert, unterstreicht die Zeichenhaftigkeit des Entwurfs. Die für den Architekten typische strahlend weiße Farbe der Konstruktion, die sich deutlich vom regengrauen Hintergrund der Stadt abhebt, gab der Brücke auch ihren Namen: Zubizuri bedeutet auf baskisch „weiße Brücke“.<sup>85</sup>

Die im Grundriss gekrümmte Gehwegkonstruktion ist mit zarten, schrägen Hängern von einem parabelförmigen Bogen abgehängt, wodurch die Brücke insgesamt an ein im Wind geblähtes Segel erinnert. Der schräggestellte Stahlbogen wird dabei von den beiden Trägerebenen stabilisiert. Durch die Ausführung als Stabbogenbrücke konnte der Bogenquerschnitt verhältnismäßig schlank – bei einer Spannweite von 75m mit einem Durchmesser von nur 45cm – ausgeführt werden, neben der Kurzschließung des Bogenschubs aus den Auflagerpunkten übernimmt der ebenfalls runde Hauptträger unter der Gehebene auch die Aussteifung gegenüber asymmetrischen Lasten. Auf diesem Hauptträger, dessen Querschnitt einen Durchmesser von etwa 60cm besitzt, sind in engen Abständen Stahlschwerter aufgeschweißt, auf denen die Glasplatten des Gehbelags aufliegen.<sup>86</sup>

Die Höhendifferenz zwischen Brücke und Uferpromenaden wird von einer skulpturalen Rampenkonstruktion überwunden, deren auskragende Enden die Auflager für die eigentliche Brückenkonstruktion bilden.

Die nachträglich nach einer Planung des japanischen Architekten Arata Isozaki hinzugefügte Verbindung zur etwa auf Brückenniveau liegenden Straße, die im Vergleich mit der filigranen Konstruktion Calatravas plump und unbeholfen wirkt, führte zu einem Rechtsstreit zwischen der Stadtgemeinde Bilbao und dem Architekten. Am Ende musste die Stadt eine deutliche Summe als Entschädigung zahlen.<sup>87</sup>

Auch der Gehbelag aus Glasplatten mit eingelegten Edelstahlstreifen führte nachträglich zu Konflikten, da der Belag neben den ständig hohen Austauschkosten durch die unterschiedlichen speziellen Formen in dem ständig regnerisch-feuchten Klima der Stadt als zu rutschig empfunden und deshalb inzwischen von einem grauen Kunststoffeppich bedeckt wurde.



PONTE ZUBIZURI



Puente de la Barqueta 70



Puente de la Barqueta 71

## Passerelle Simone de Beauvoir

Die erst vierte Fußgängerbrücke von Paris wurde nach einem Wettbewerbsentwurf aus dem Jahr 1998 in den Jahren 2004 bis 2006 errichtet. Der Entwurf stammt vom nach Paris ausgewanderten Grazer Architekten Dietmar Feichtinger, der mit diesem Projekt erstmals internationale Anerkennung erhielt und sich gegen durchaus prominente Konkurrenz durchsetzen konnte. Die Tragwerksplanung erfolgte in Zusammenarbeit mit dem internationalen Büro RFR.<sup>88</sup>

Die Passerelle Simone-de-Beauvoir verbindet den Vorplatz der Bibliothèque Mitterrand mit dem Parc de Bercy am gegenüberliegenden Flussufer, dabei werden auch die verschiedenen Niveaus von Kaistraßen, Bibliotheksvorplatz und Parkzugang berücksichtigt.

Der Brückenentwurf spielt mit der Überlagerung zweier komplett konträr funktionierende Tragwerke – Bogen und Spannband.

Die Geometrie entsteht aus der Kombination eines sehr flachen Bogens mit einem Spannband, wodurch sich im Mittelbereich eine steife linsenartige Konstruktion ergibt, die auf beiden Seiten auf Konsolen aufliegt. Diese aus der Ansicht heraus entwickelten Kurven bestimmen auch die Konfiguration des Grundrisses mit drei sich schneidenden Wegen. Dabei folgen die beiden äußeren den Spannbandern, der mittlere beschreibt den flachen Bogen. Dadurch entsteht ein reizvolles Spiel zwischen den verschiedenen Höhenniveaus. Innerhalb der Linse ergibt sich außerdem eine überdachte, frei bespielbare Fläche.<sup>89</sup>

Das Tragwerk mit einer Gesamtlänge von 304 Metern teilt sich in die Flussüberquerung mit einer freien Spannweite von 190 Metern und Verbindungsbrücken an beiden Seiten.

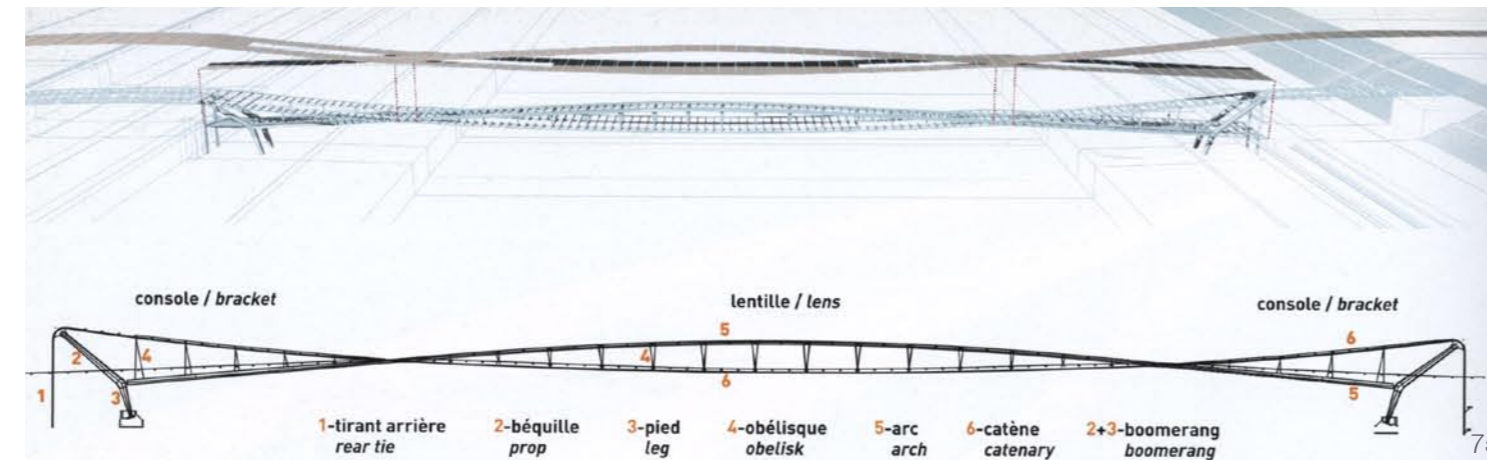
54

Die Linien der beiden parallel verlaufenden Bögen und Spannbandern kreuzen sich an den Viertelpunkten und werden im Mittelbereich durch V-förmige Stützen voneinander abgespreizt, wodurch in vertikaler Richtung ein halber Vierendeelträger entsteht.

Betrachtet man die Konstruktion in Brückenlängsrichtung handelt es sich um ein an einen Gerberträger erinnerndes System mit Gelenken an den Kreuzungspunkten.

Die Filigranität des Entwurfs ist auch durch die Wahl des Materials Stahl bedingt, es wird mit einem Holzbelag als Oberfläche der Brückendecks kombiniert.

Die Linsenkonstruktion wurde komplett im Werk vorgefertigt und in einer spektakulären Aktion über Rhein, Nordsee und Seine in ihre Position eingeschommen und in die Konsolen eingehoben.<sup>90</sup>



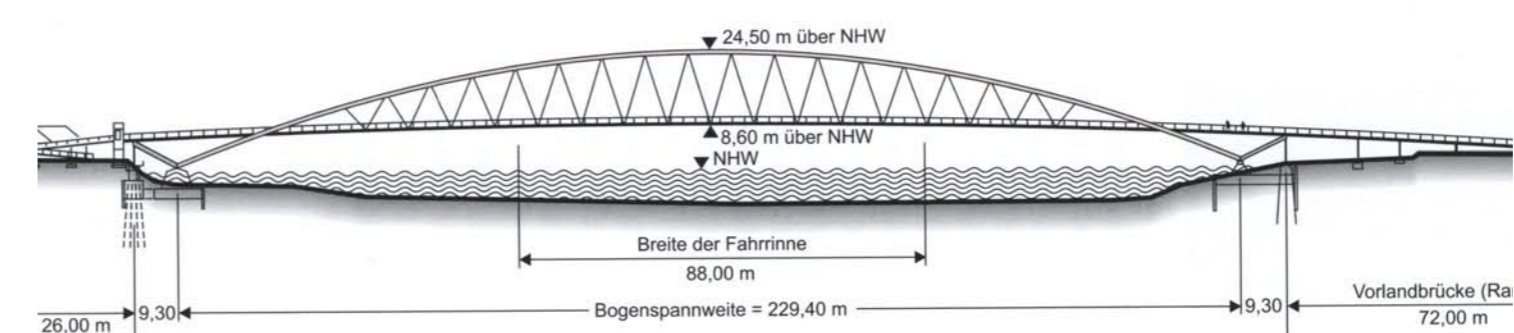
## Dreiländerbrücke

Die Dreiländerbrücke, auf französisch Passerelle des Trois Pays, steht zeichenhaft für die Einigung Europas, sie schafft eine Verbindung über Landesgrenzen hinweg von Weil am Rhein auf deutscher Seite und Huningue in Frankreich in der Nähe des deutsch-französisch-schweizerischen Dreiländerecks.<sup>91</sup>

Auch diese Brücke gehört zu den Projekten von Dietmar Feichtinger, in Zusammenarbeit mit dem Büro Leonhardt, Andrä und Partner, sie wurde 2007 fertig gestellt. Zur Erhaltung der bestehenden Sichtbeziehung wurde die Brücke neben diese Achse gestellt.<sup>92</sup>

Es handelt sich um eine Stabbogenbrücke mit in der Mitte liegender Fahrbahn, die Fahrbahn übernimmt nach dem Prinzip des Langer'schen Balkens die Horizontalkomponente des Bogens. Trotzdem entstehen aufgrund der Spannweite hohe Kräfte in den Auflagern, weshalb die Brücke auf einer facherkartigen Konstruktion aufgelagert wurde.

Die beiden Bögen folgen einer aus optischen Gründen angepassten Parabelkurve, durch die geringe Stichtiefe des extrem flachen Bogens wirkt das Tragwerk



76

DREILÄNDERBRÜCKE

extrem spannend und elegant. Aus ingenieurtechnischer Sicht ist der geringe Stich von nur 23 Metern bei 230 Metern Spannweite hervorzuheben, die Dreiländerbrücke hält außerdem den Weltrekord in der Kategorie Fußgängerbrücken-Spannweiten.

Durch die Neigung des südlichen Bogens entsteht ein asymmetrischer Brückenquerschnitt. Der nördliche Bogen besteht aus zwei sechseckigen Hohlprofilen, der südliche besitzt ein etwas dünneres Rohrprofil und stützt sich am Hauptbogen ab. Dadurch weitet sich die Sichtachse. Die dreieckige Anordnung der Hängerseile sorgt für eine Stabilisierung gegenüber veränderlicher Lasten.<sup>93</sup>

Durch die Lage der Laufplatte etwa 10 Meter über den Ufern wurden an beiden Ufern große Rampen- und Stiegenanlagen nötig, die den finalen Eindruck der Brücke von den Ufern aus etwas schmälern.



81 Vgl.: [http://es.wikipedia.org/wiki/Pasarela\\_de\\_la\\_Cartuja](http://es.wikipedia.org/wiki/Pasarela_de_la_Cartuja). [Stand: 25.02.2014].  
 82 Vgl.: Roig, 1996, 164.  
 83 Vgl.: Unterweger, 2010, 55.  
 84 Vgl.: <http://www.arenasing.com/proyectos/puentes-urbanos/puente-de-la-barqueta>. [Stand: 07.02.2014].  
 85 Vgl.: <http://es.wikipedia.org/wiki/Zubizuri>. [Stand: 26.02.2014].  
 86 Vgl.: Baus/Schlaich 2008, 166f.  
 87 Vgl.: [http://diepresse.com/home/kultur/kunst/460305/CalatravawbrBrucke-umgebaut\\_Bilbao-muss-Entscheidung-zahlen-](http://diepresse.com/home/kultur/kunst/460305/CalatravawbrBrucke-umgebaut_Bilbao-muss-Entscheidung-zahlen-). [Stand: 25.02.2014].  
 88 Vgl.: [http://www.rfr-group.com/de/projekte/land/einzelansicht/?no\\_cache=1&user\\_rfrprojects\\_pi1\[project\]=19&ch-hash=4444927ef85eba2e710e23707b6b365](http://www.rfr-group.com/de/projekte/land/einzelansicht/?no_cache=1&user_rfrprojects_pi1[project]=19&ch-hash=4444927ef85eba2e710e23707b6b365). [18.05.2014].  
 89 Vgl.: [http://www.feichtingerarchitectes.com/display\\_project.php/1/326](http://www.feichtingerarchitectes.com/display_project.php/1/326). [Stand: 18.05.2014].  
 90 Vgl.: Lavalou/Feichtinger, 2006, 20-44.  
 91 Vgl.: [http://www.feichtingerarchitectes.com/display\\_project.php/1/155](http://www.feichtingerarchitectes.com/display_project.php/1/155). [Stand: 18.05.2014].  
 92 Vgl.: Baus/Schlaich, 2008, 177.  
 93 Vgl.: Idelberger, 2001, 108-109.

55

PONTE MICHELANGELO - DAS PROJEKT



„The river Arno cuts the city in two, only to be stitched together by its many bridges.“<sup>1</sup>

„Von Mensch zu Mensch eine Brücke baun...“



Planungsgebiet von der Ponte alle Grazie aus 79

Der erste Satz stammt aus einem Kinderbuch, das die Geschichte zweier Katzen in Florenz erzählt, der zweite ist der Beginn eines christlichen Kinderlieds.

Gemeinsam zeigen sie dennoch die Doppelfunktion jeder Fußgängerbrücke: Brücken überwinden Grenzen und verbinden nicht nur Stadtteile und Funktionen, sondern vor allem die Menschen auf beiden Ufern, sie werden selbst zu Begegnungs- und Kommunikationsorten.

Das Projektgebiet befindet sich am östlichen Rand der Innenstadt und erstreckt sich über die Zone zwischen der Ponte alle Grazie und der Ponte a San Niccolò an beiden Arno-Ufern.

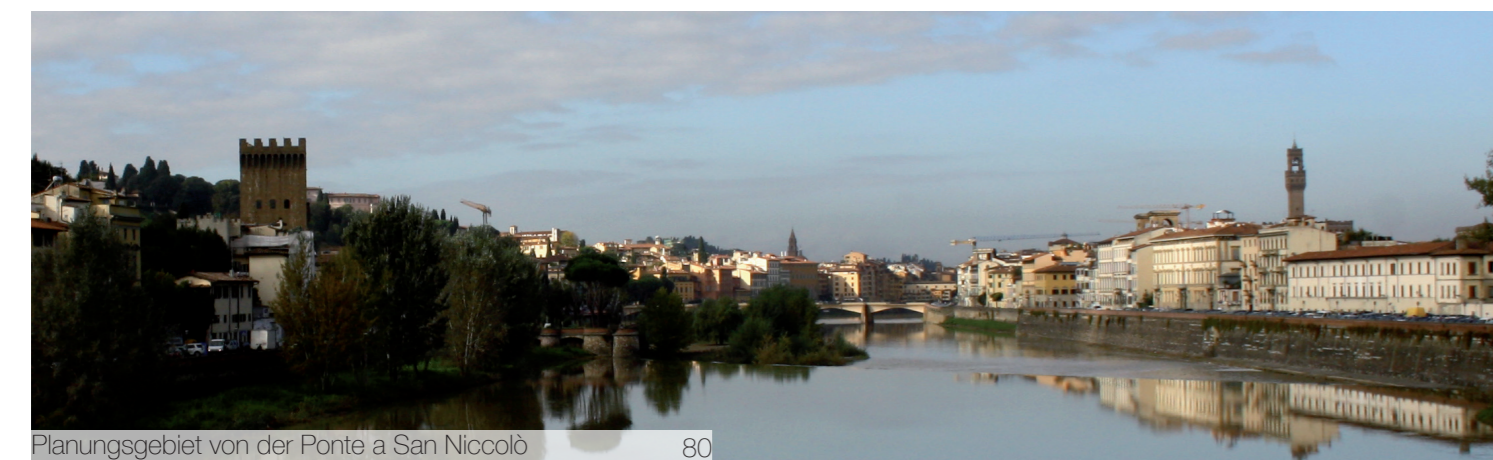
Das innenstadtseitige nördliche Ufer gehört zum dicht besiedelten Bezirk Santa Croce, das gegenüber liegende Oltrarno ist vor allem durch die grünen Hügel geprägt, die bis dicht an den Fluss heranreichen und besonders von der Piazzale Michelangelo aus einen grandiosen Ausblick über die Stadt bieten.

Während der Fluss und die Stadt am nördlichen Ufer durch eine enge, stark befahrene Kaistraße und eine hohe Ufermauer streng voneinander getrennt sind, erfolgt der Übergang auf der gegenüberliegenden Seite deutlich fließender.

Unterhalb der Piazzale Michelangelo ragt das Fundament der ehemaligen Fabbrica dell' acqua bastionsartig in den Fluss hinein, diese sogenannte Terrasse über dem Arno wird heute als kleiner Park genutzt. Flussabwärts und neben dieser befindet sich eine nur wenig über dem Flussniveau liegende Uferzone, die durch eine kleine Rampe zwischen der Ufermauer und der Terrazza sull' Arno erschlossen wird.

Der Flussquerschnitt ist so in drei Höhenniveaus gegliedert: das je nach Wasserstand leicht variierende Flussniveau, den rund zwei Meter darüberliegenden Flusspark und schließlich das etwa zehn Meter über dem Wasserspiegel liegende Niveau der Uferstraßen.

Durch die Pescaia di San Niccolò wird das Flussniveau knapp oberhalb dieses Parks um etwa drei Meter abgesenkt, das rasch über die Staustufe fließende Wasser liefert die beruhigende Geräuschkulisse für den Park.



Planungsgebiet von der Ponte a San Niccolò 80



81 Terrazza sull' Arno

Dieser wird durch eine Reihe Büsche und Bäume zum Fluss hin begrenzt, wodurch sich auch natürliche Schattenzonen finden lassen, ein kleiner Back kreuzt etwa in der Mitte des Planungsgebiets.

Aktuell kann diese Uferzone in zwei Abschnitte unterteilt werden: Unterhalb der Terrazza sull' Arno befindet sich eine strandartige - Schwimmen ist und bleibt jedoch verboten - Zone mit Sandboden, die sogar Spiaggia sull' Arno genannt wird. Gegen Westen wird der Bewuchs ursprünglicher, es finden sich am Westend soogar Areale mit ufertypischem Schilfbewuchs. Dazwischen liegt jedoch eine weitgehend nicht nutzbare Fläche mit dichtem, hohen Brennesselbewuchs.

Die Terrazza sull' Arno hingegen beherbergt eine klassische Parkanlage mit Rasenflächen, befestigten Wegen und einigen Schatten spendenden Schirmpinien sowie anderen großen Laubbäumen. Neben den Überresten der Fabbrica dell' acqua existiert auch ein kleiner Kiosk.

Die Porta di San Niccolò, die eher an einen Turm erinnert, dominiert die Piazza Poggi auf der gegenüberliegenden Straßenseite, dort beginnt auch die Rampenkonstruktion zur Piazzale Michelangelo hinauf.



83 Park vom anderen Flussufer aus



82 Spiaggia sull' Arno



84 westlicher Parkteil



85 Planungsgebiet mit Piazzale Michelangelo

Der Namen Ponte Michelangelo leitet sich aus folgenden Motiven ab:

Einerseits schließt die neue Fußgängerbrücke eine wichtige Lücke einer der wichtigsten Touristenrouten zwischen der Innenstadt und der Piazzale Michelangelo mit ihrem grandiosen Ausblick über die Stadt.

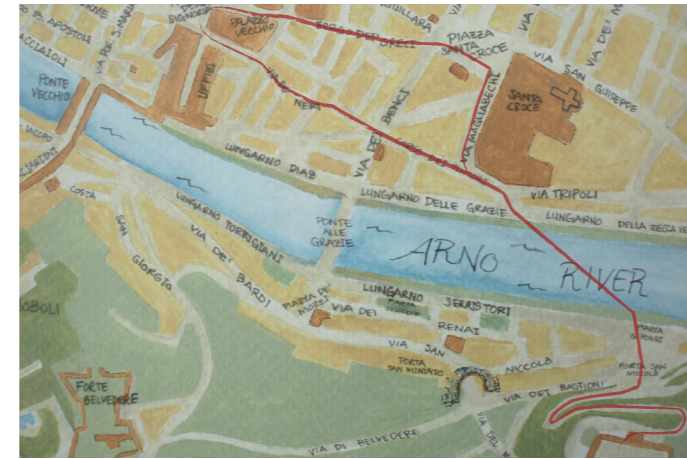
Ausgehend vom Dom zu Florenz führt diese Route vom ursprünglichen Standort der Davidskulptur, heute sieht man eine Kopie, vor dem Palazzo Vecchio auf der Piazza della Signoria, wahlweise mit einem Schlenker zum Grabmal Michelangelos in der Kirche von Santa Croce zu beiden Aufgängen zur Piazzale Michelangelo, wo sich eine zweite Kopie des David findet.

Das Original der Davidstatue ist übrigens in der Galleria dell'Accademia zu besichtigen.

Andererseits fügt sich der Name Michelangelo, der auf den Erzengel Michael zurückgeht, auch in die katholische Tradition der florentiner Brückennamen ein: Sowohl die Brücken San Niccolò, Santa Trinità - die heilige Dreifaltigkeit als auch die Ponte alle Grazie, die nach einer ehemaligen Kapelle, die der Santa Maria alle Grazie geweiht war, stehen in dieser Tradition.



David-Kopie vor dem Palazzo Vecchio 86



David-Kopie auf der Piazzale Michelangelo 87



Ausblick von der Piazzale Michelangelo 88

Ziel meiner Arbeit ist die Neugestaltung des Flussraums zwischen der Pescaia a San Niccolò im Osten und der Ponte alle Grazie im Westen durch die Errichtung einer neuen Fußgängerbrücke, die einerseits eine große Lücke im fußläufigen Verkehrsnetz schließt und andererseits die Erschließung des Parks als vielfältig nutzbares Erholungsgebiet übernimmt.

Die Ponte Michelangelo schafft eine neue Verbindung über den Arno und verbindet die beiden Flussufer von der Piazza Piave zur Terrazza sull' Arno und der dahinter liegenden Piazza Poggi am anderen Flussufer.

Diese Wegführung ergibt sich aus der städtebaulichen Analyse des Gebiets und seiner Beziehungen.

Aus der Überlagerung des Bedarfs der Einheimischen einerseits und der Touristen andererseits entstand die Linienführung des Bauwerks.

Durch die Konzentration der Infrastruktur am nördlichen Ufer profitieren die Einheimischen auf dem Weg zum Einkaufen, in die Schule oder in die Innenstadt von der neuen Brücke.

Für die Touristen schafft die Brücke den Lückenschluss auf der direkten Wegverbindung vom Zentrum über Santa Croce zur Piazzale Michelangelo.

Außerdem schafft die Ponte Michelangelo attraktive Zugänge zum neu gestalteten Flusspark von beiden Uferseiten aus.



89 Situation am nördlichen Brückenkopf



90 Nationalbibliothek am nördlichen Brückenkopf



91 Südlicher Brückenkopf an der Piazza Poggi

Der nördliche Brückenkopf liegt an der Piazza Piave, der einzigen Ausweitung der sonst sehr engen Kaistraße, dort mündet auch die Verbindung von der Innenstadt und Santa Croce über den Corso dei Tintori in die flußbegleitende Straße, Aufenthaltsqualität kann durch den starken Verkehr nicht entstehen.

Die schon bestehende Erhöhung des Gehsteigs gegenüber dem Fahrniveau am Brückenkopf schafft eine gewisse Trennung zwischen den Menschen und dem motorisierten Verkehr.

Optisch wird die Piazza Piave von der Nationalbibliothek mit ihrer markanten Doppelturmfassade geprägt.

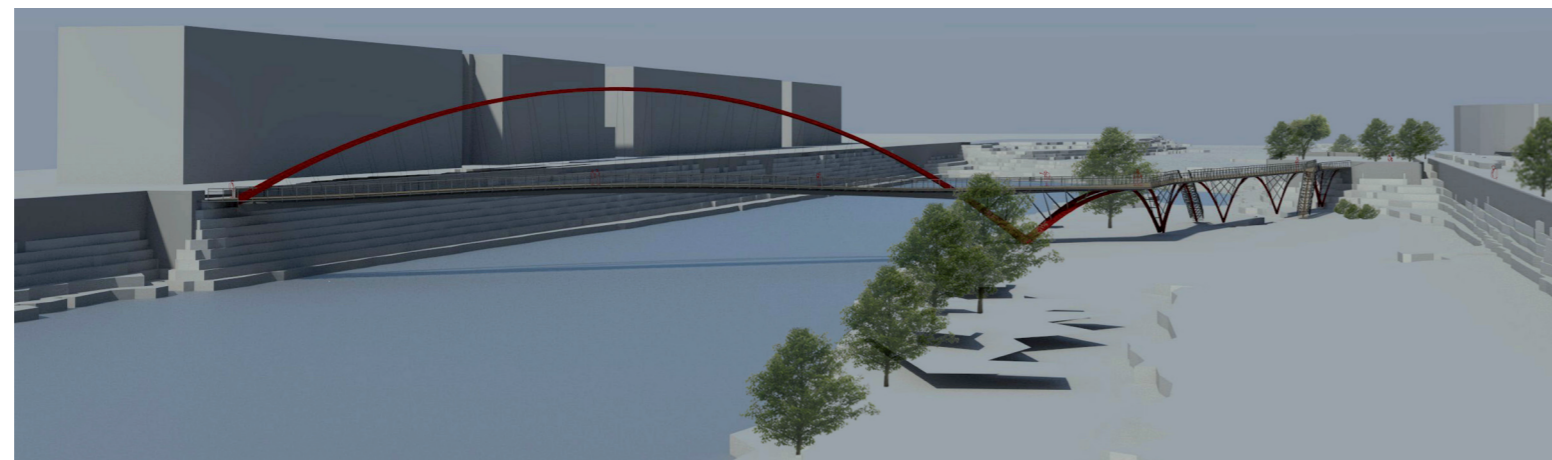
Das südliche Ende der Brücke schließt an der Terrazza sull' Arno an, wodurch ein sanfter Übergang zwischen dem reinen Fußgänger- und Radfahrerumfeld der Brücke und dem motorisierten Verkehr des Kais geschaffen wird. Überquert ein Besucher diesen, gelangt er direkt zum Ausgang zur Piazzale Michelangelo, der optisch von der Porta a San Niccolò, einem Überrest der mittelalterlichen Stadtmauer, dominiert wird.

Der Bau der Ponte Michelangelo geht Hand in Hand mit der Aktivierung des Flussparks, der aufgrund seiner Nachbarschaft zur Porta a San Niccolò den Namen Parco San Niccolò erhält.

Seine Gestaltung greift so wenig wie möglich in die bestehenden Naturbiotope ein und stützt sich auf die vorhandene Zonierung. Der Parco San Niccolò als Naturgarten fügt sich harmonisch als Zwischenelement zwischen die klar urban strukturierte französische Gartengestaltung der Terrazza sull'Arno und den Fluss ein.

Neben der Wegeverbindung zwischen den beiden Flussufern schafft die Ponte Michelangelo auch die beiden Zugänge in den Parco San Niccolò. Ihre Linieneinführung im Grundriss leitet sich aus den Blickbeziehungen des Bauplatzes ab und folgt zunächst der direkten Verbindung zwischen der Piazza Piave und der Porta a San Niccolò auf der Piazza Poggi, um über dem Park nach der Durchquerung der Baumzone zu ihrem Endpunkt hin abzuknicken, über dem Park verläuft sie beinahe parallel zum Fluss. Dieser Knick teilt die Brücke in einen Abschnitt über dem Fluss und einen weiteren über dem Park, die aufgrund der gegensätzlichen Voraussetzungen auch differenziert bearbeitet werden. Der Knick im Grundriss wird dabei zur Schlüsselstelle für den Entwurf.

Die Stiegenabgänge zum Park sind integraler Entwurfsbestandteil der Brückenkonstruktion und spreizen sich jeweils an einer Seite vom Tragwerk ab. Die barrierefreie Erschließung erfolgt durch einen Lift von der Terrazza sull'Arno aus, im Anschluss an diesen befindet sich eine kleine WC-Anlage. Zur Anlieferung und Wartung bleibt auch der aktuelle Zugang über die sehr steile unattraktive Rampe erhalten.



Die Brücke wiederum durchkreuzt den Park in Längsrichtung und gliedert ihn so in eine Strandzone zum Flussufer hin und eine Aktivitätszone zwischen der Ufermauer und der Brücke, die naturbelassenen Schilfzonen finden sich in den westlichen Uferzonen.

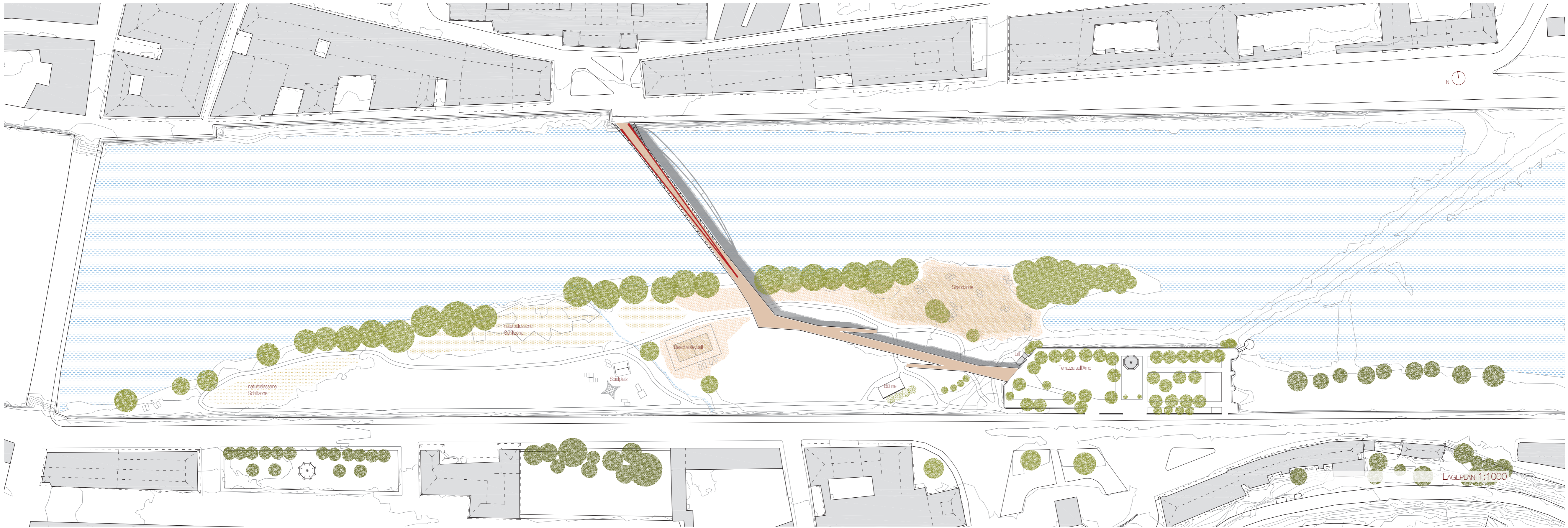
Die innere erfolgt durch ein befestigtes, aber nicht versiegeltes Wegenetz, das einerseits die Barrierefreiheit ermöglicht und andererseits eine Benutzbarkeit bei Schlechtwetter.

Der Strand – Spiaggia sull'Arno holt plötzlich Meeresfeeling in die Stadt hinein, der Sand lädt zum Mittagschlafchen, Picknicks und zum Sandburgen Bauen ein. Variabel verstellbare Sitz- und Liegemöbel ermöglichen dessen Nutzung auch in der Übergangssaison.

Die Aktivitätszone bietet neben einer großen Freifläche für diverse sportliche Betätigungen einen Beachvolleyballplatz, eine kleine Bühne und einen Kinderspielplatz.

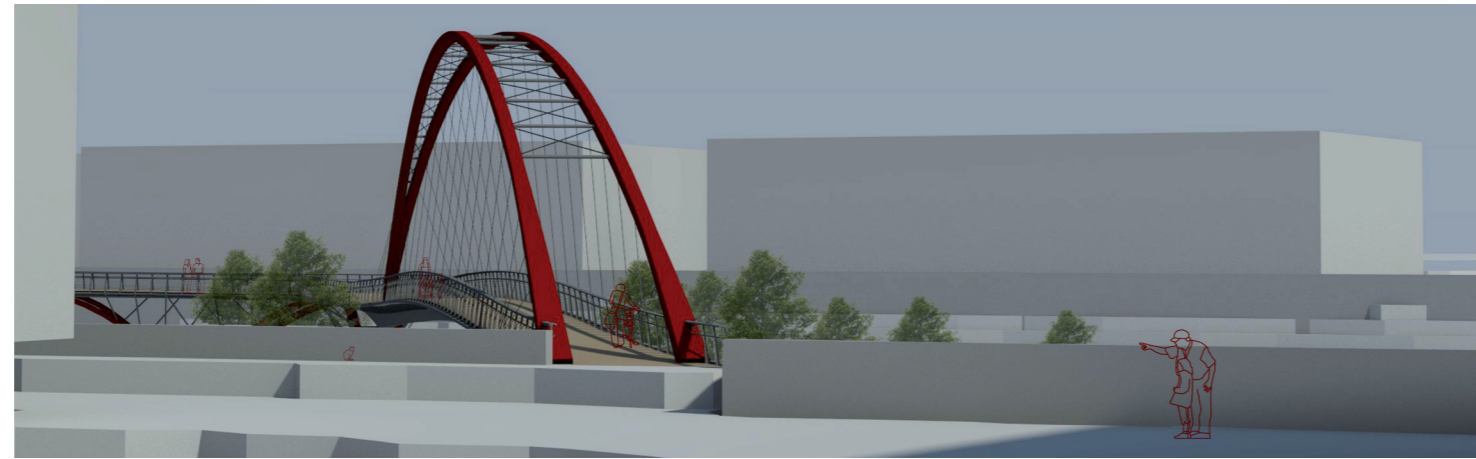
Der vorhandene Baumbewuchs wird erhalten, und in der Aktivitätszone noch um einige Schatten spendende Bäume ergänzt.





Der Entwurf der Ponte Michelangelo spielt mit Variationen der in Florenz vorherrschenden Bogentragwerke in zeitgemäßer Art und Weise. An die Stelle der massiven Bauten tritt eine filigrane Stahlkonstruktion mit schlanken Querschnitten.

Neben den Verbindungen zwischen den Ufern und dem Park ermöglicht sie einen Ausblick auf die Stadt, den Arno und die Ponte Vecchio aus bisher unbekannt Perspektiven. In den Wintermonaten, in denen die Sonne früh hinter den Hügeln untergeht, wird sie zum letzten gastlichen Platz an der Sonne .



Der Bogen über den Fluss steht symbolisch für die Rolle der Brücke als Übergangsort, sie übernimmt dabei die Funktion des Stadttors in einer Stadtmauer. Dieses Tormotiv – die Brücke wird zum verbindenden Torelement über die stadträumliche Grenze durch den Fluss – ist im Entwurf in beiden Richtungen der Brücke wiederzufinden.

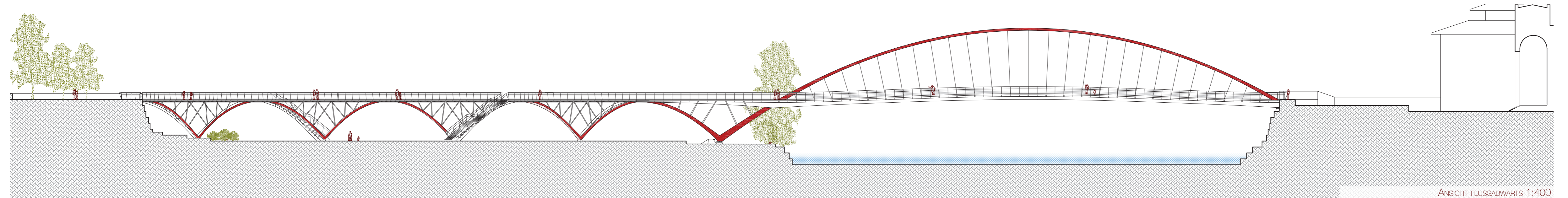
Neben dem großen Tor zur Stadt hin, das sich in Flussrichtung ausbildet, entsteht durch die Spaltung des Bogens ein symbolisches Tor zur Stadt hin und markiert den Übergang zwischen enger, dicht besiedelter Innenstadt und den grünen Fluss- und Hügelgebieten.

Der Bogen durchstößt die Laufplatte über der Uferlinie und öffnet sich dann in zwei Bogenarmen zu den stadtseitigen Auflagern hin, er spaltet sich auch unter der Laufplatte in der Fortsetzung zum Knick hin auf. Auch die von den Bögen mit schrägen Hängern abgehängte Fahrbahn schwingt sich entlang einer flachen Bogenkurve über den Fluss .

Diese Spaltung des Bogens entsteht eigentlich durch eine Verdrehung der Achsen im Grundriss, wodurch die Bögen selbst nicht zur Seite geneigt werden. Sie stützen sich über einen Windverband, der den Brückenraum nach oben hin begrenzt, aneinander ab.

Das Motiv der sich zueinander verdrehenden Bögen wiederholt sich an beiden Enden des über dem Park gelegenen Brückenabschnitts, sie werden von einem einzelnen Bogen verbunden. Allerdings befinden sich die Bögen hier vollkommen unter der Laufplatte und vereinigen sich in den Scheitelzonen mit dem Hauptträger der Laufplatte. Ihre Spannweiten reagieren auf die kleinteiligere Parksituation. Die ausgedrehten Bögen tragen die Stiegenkonstruktionen über die der Parco San Niccolò erschlossen wird.

Analog zum Abschnitt über den Arno sind die Streben, die Bogen und Laufplatte verbinden, schräg gestellt.



Der Grundriss der Brücke öffnet sich zu beiden Auflagern und vor allem zum Knick hin. Hier entsteht eine großzügige Platzsituation die mit ihrem Ausblick über den Parco San Niccolò, den Arno und zur Ponte Vecchio hin zum Aufenthalt einlädt.

Die Höhenentwicklung des Bogens nimmt auf die umliegende Bebauung Rücksicht, durch den relativ flachen Bogen entsteht ein spannungsreiches Erscheinungsbild. Der Besucher bewegt sich vom Niveau der Kaistraße aus leicht ansteigend zur Brückenmitte hin und durchquert den Baumbewuchs des Ufers in den Baumkronen um schlussendlich eben am anderen Ufer zu landen.

Die angestrebte Filigranität der Stahlstruktur zeigt sich auch in der Ausarbeitung der Laufplatte, die in stabförmige Elemente zerlegt wurde. Ihre Konstruktion besteht aus einem Hauptträger, dessen Untersicht an einen Schiff erinnert, auf den sich zu den Randträgern hin verjüngende Querschwerter aufgeschweißt sind. Die Sekundärträger, die den Holzbohlenbelag tragen, sowie die Geländersteher stützen sich auf den Querschwertern auf. Die Abhängung beziehungsweise Aufständerrung erfolgt an den Randträgern.

Auch die Gestaltung des Geländers aus gespannten Seilen unterstützt die Feingliedrigkeit der Struktur.

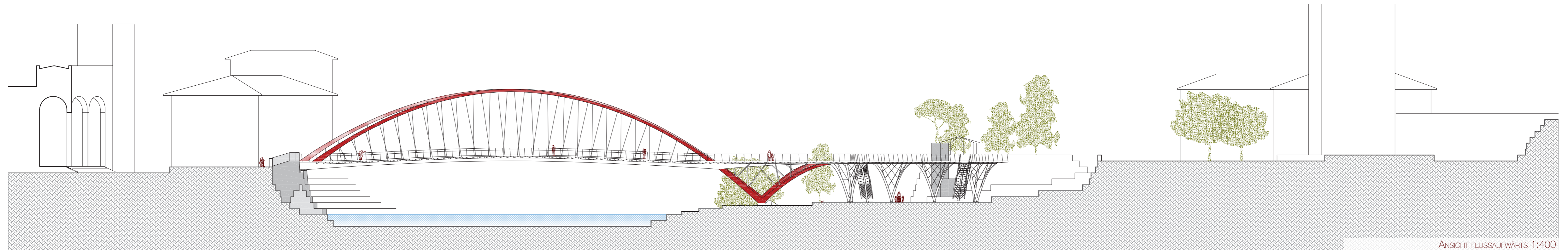
Diese unmittelbare Wahrnehmbarkeit des Tragwerks zeigt sich auch in der Gestaltung des Brückenquerschnitts über dem Fluss. Um ein passendes Lichtraumprofil zwischen den schräggestellten Hängern zu gewährleisten wurde hier die Wegführung vom Tragwerksrand losgelöst und zieht sich frei als Band über die Brücke. Zwischen dem Geländer und dem Randträger wird die aufgelöste Konstruktion offen gezeigt, durch sie hindurch ergibt sich ein Ausblick auf den Fluss.

Die Farbgebung nimmt das Rot des Wappens der Stadt Florenz auf und fügt sich in das von der gelb-ockerfarbigen Pietra forte ausgehende warme Farbschema der historischen Brücken und Gebäude ein. Der rote Bogen wird so zu einem bestimmenden Merkmal der Skyline von Florenz.

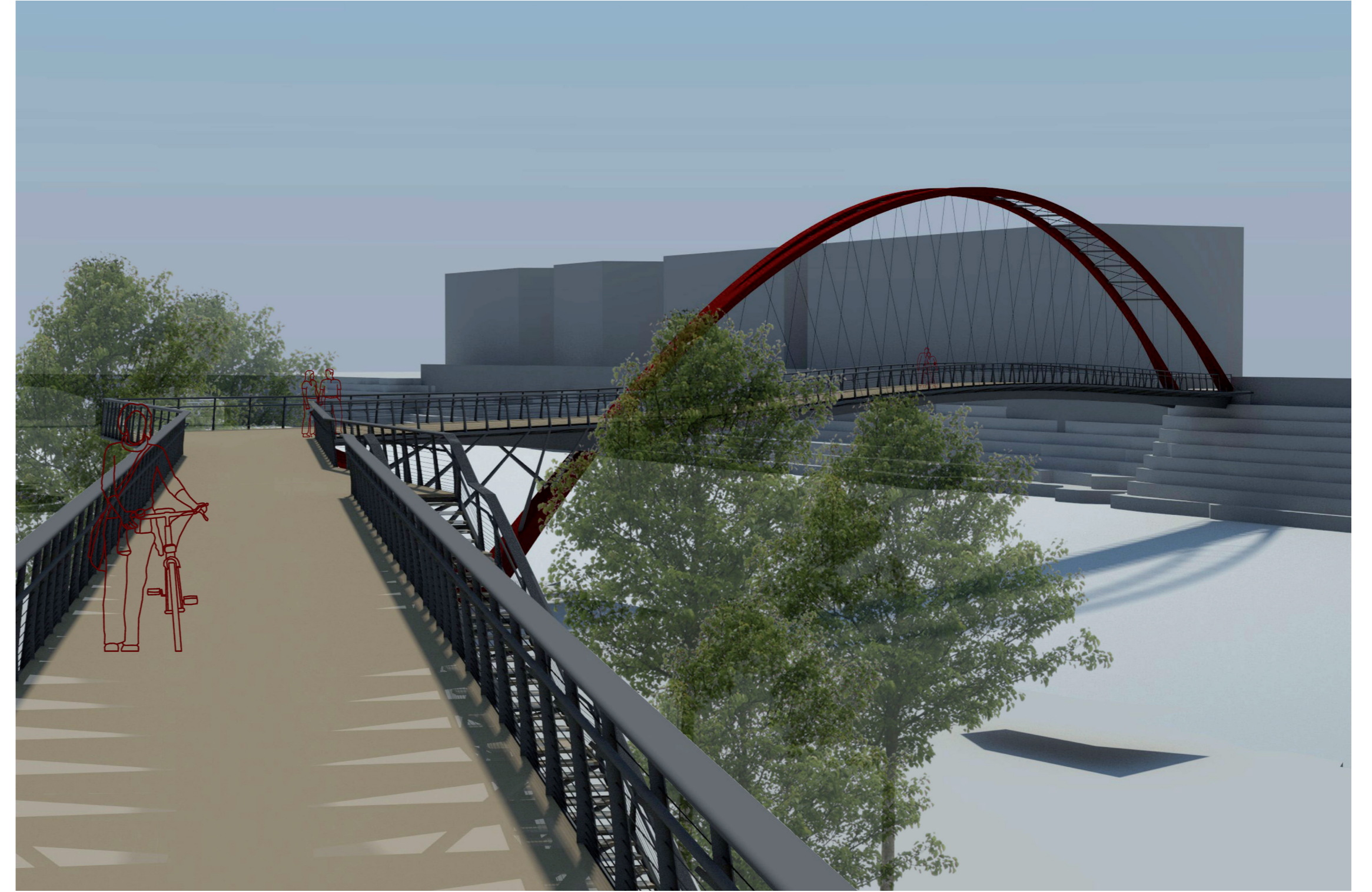
In der Kombination mit dem grauen Stahl passt sie sich an die reinweiße, benachbarte Ponte a San Niccolò an.

Die folgenden Seiten zeigen die Darstellung des Projekts in Grundrissen, Ansichten und Schnitten sowie die Ausarbeitung einiger Leitdetails.

94 McBride, 2010, 1.



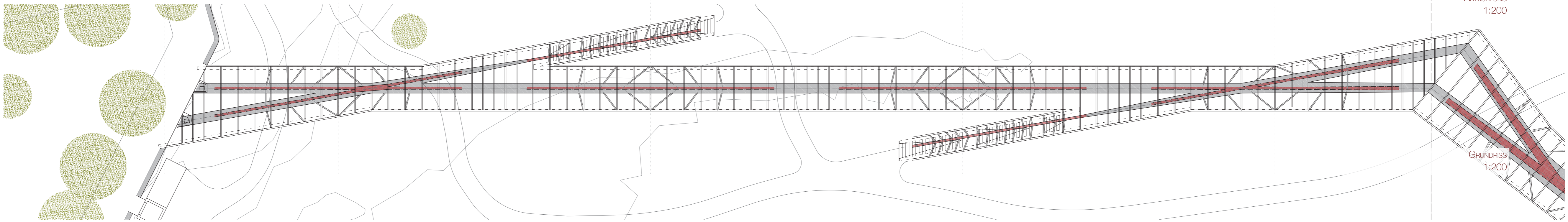
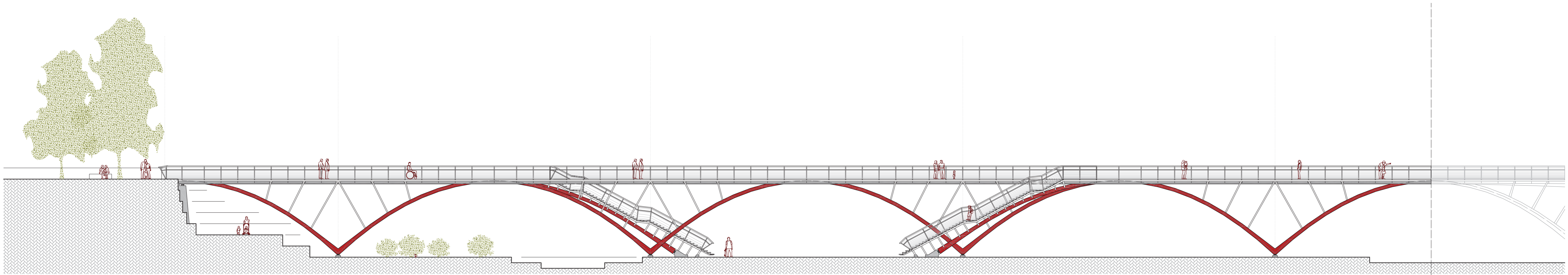
ANSICHT FLUSSAUFWÄRTS 1:400







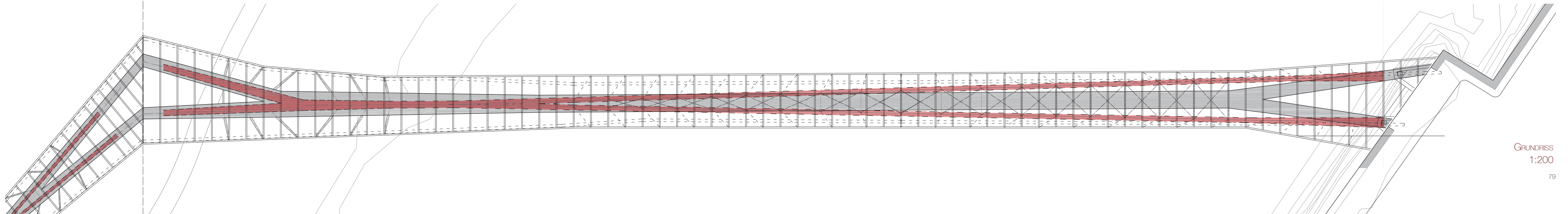
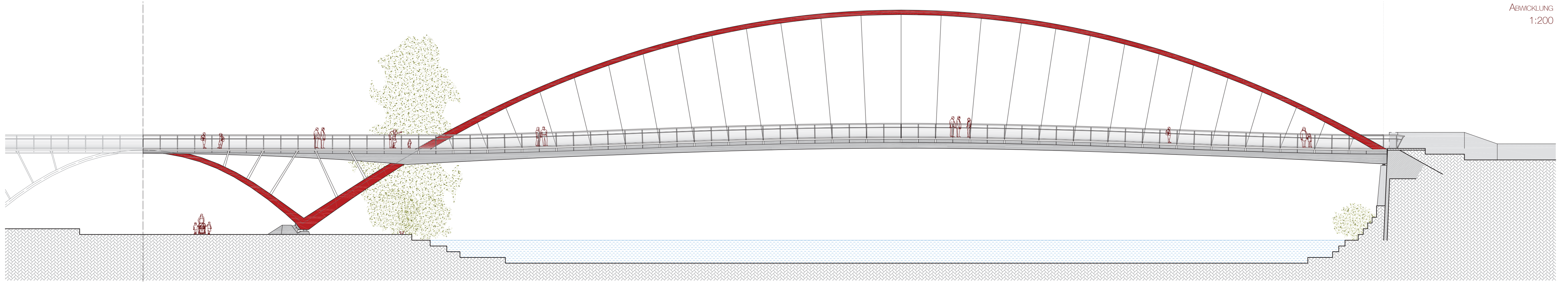




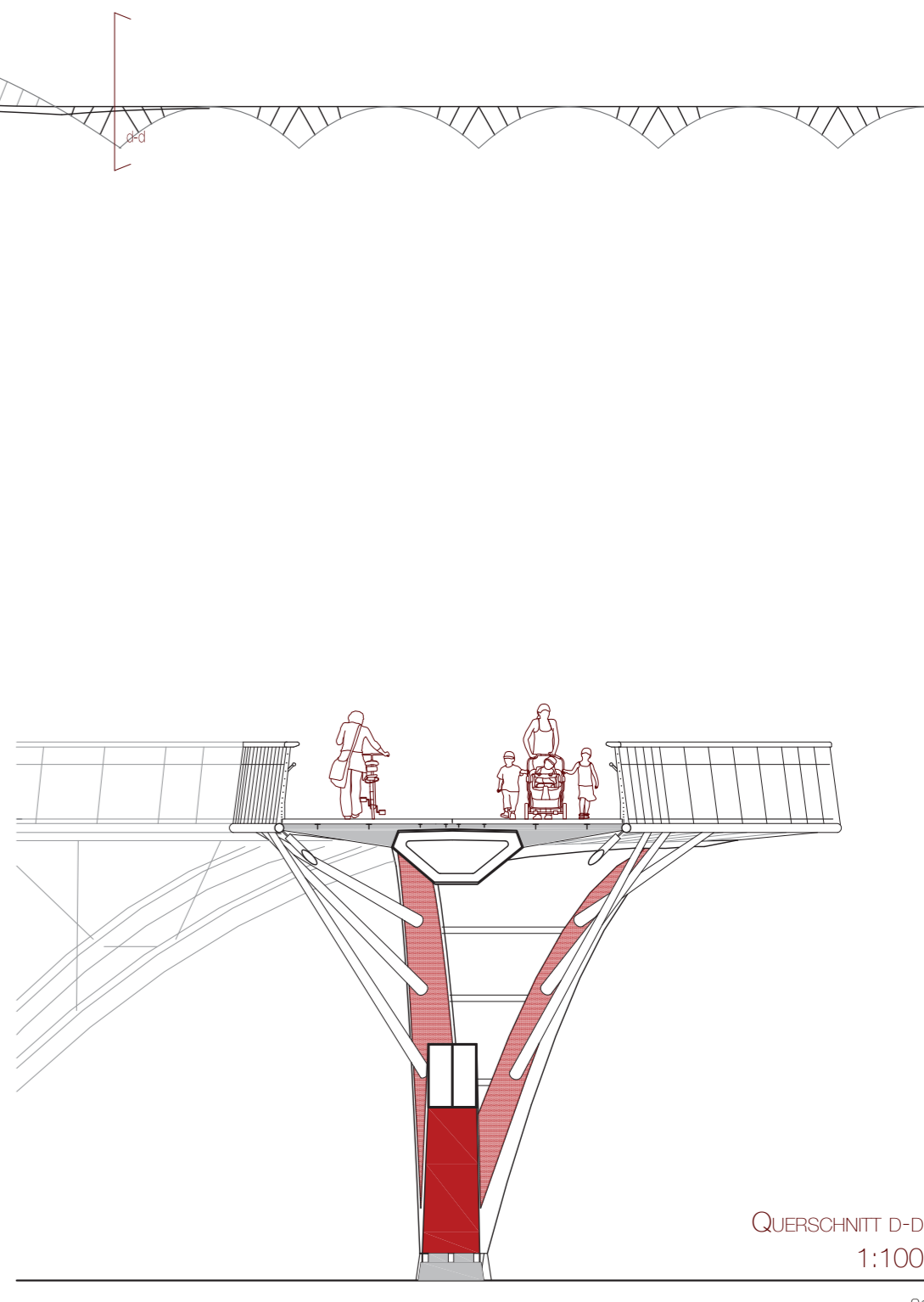
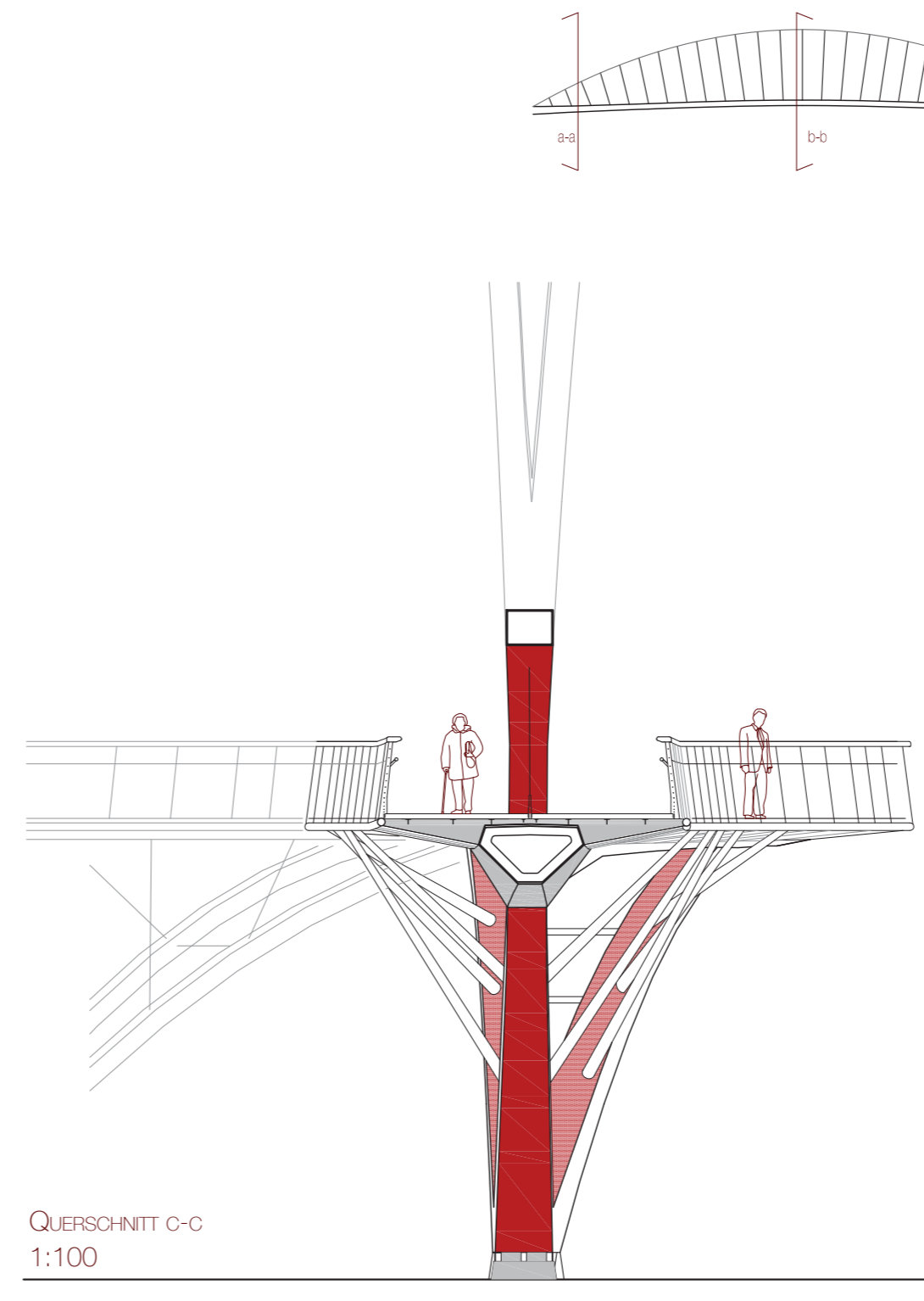
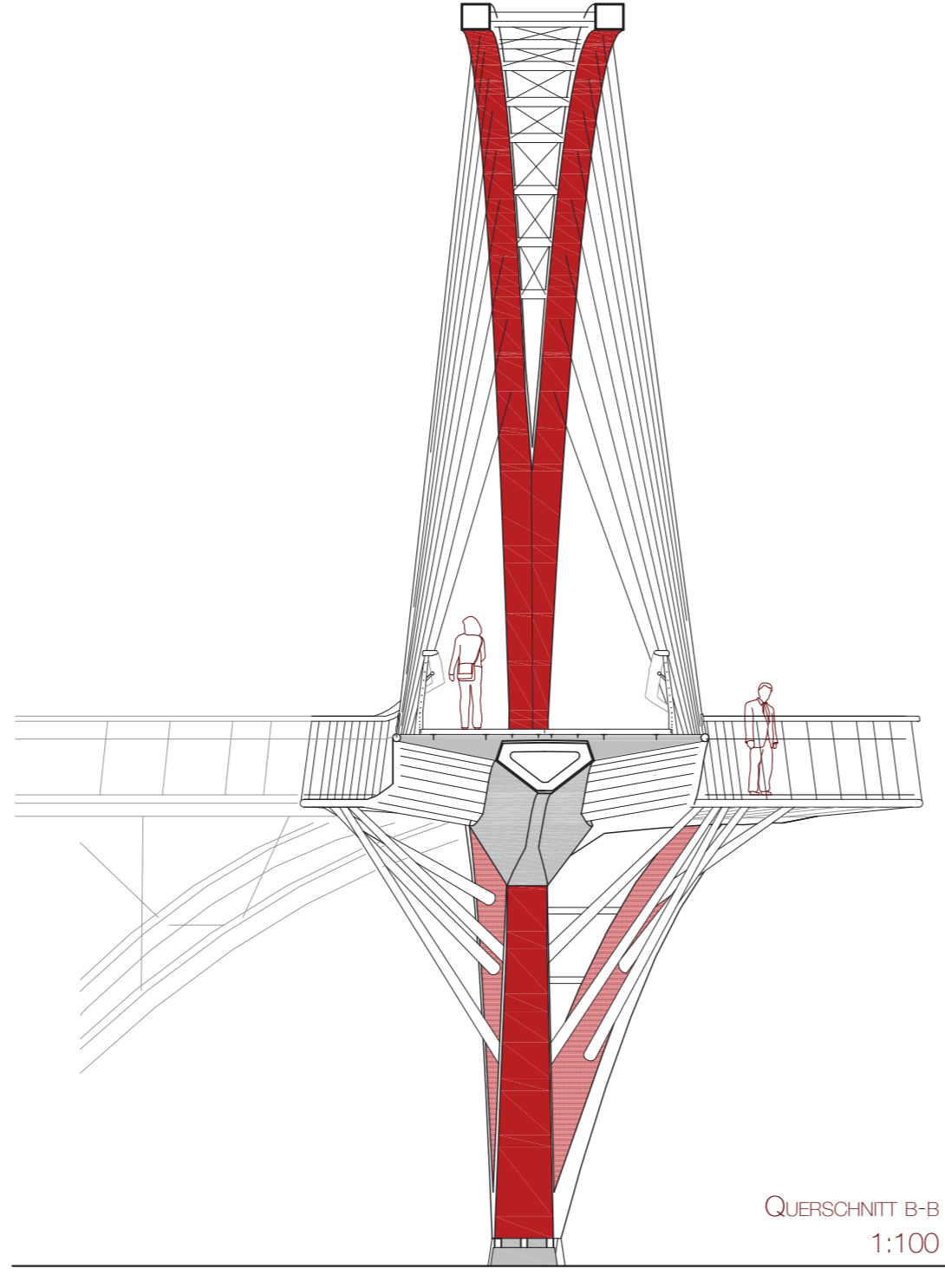
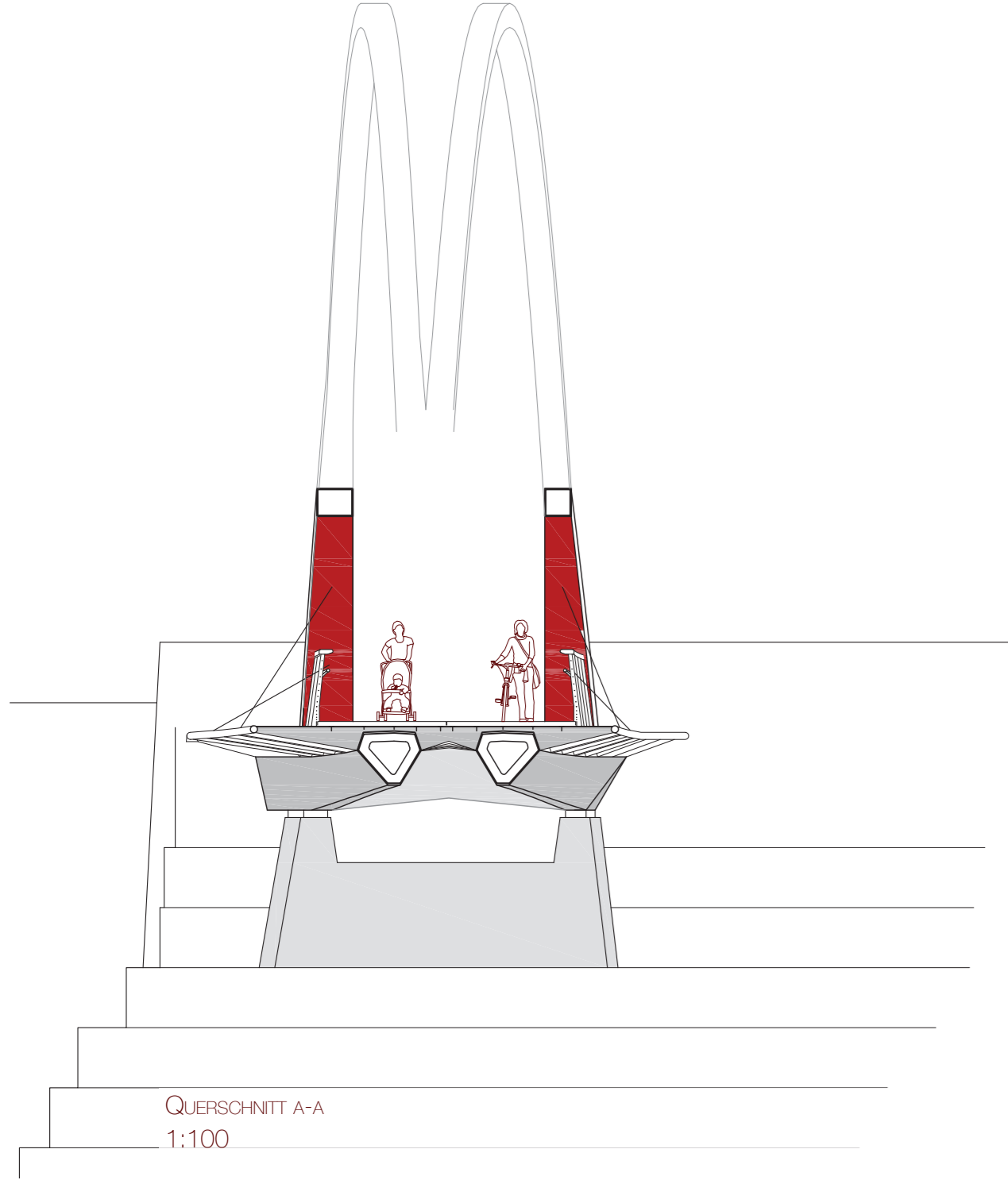
ABWICKLUNG  
1:200

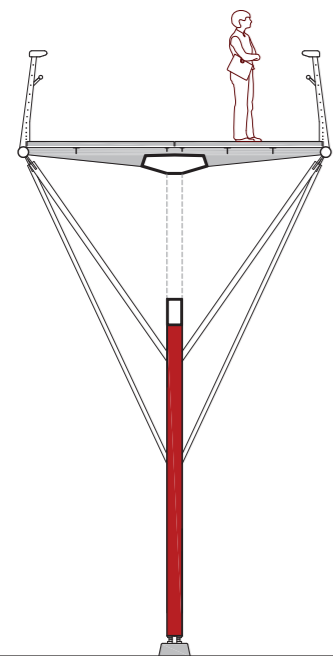
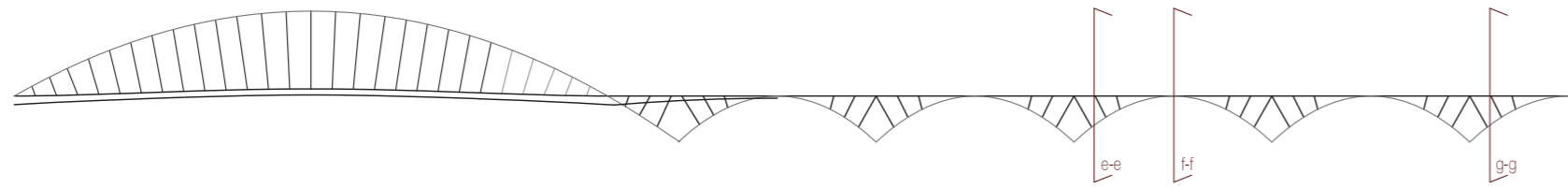
GRUNDRISS  
1:200

ABWICKLUNG  
1:200

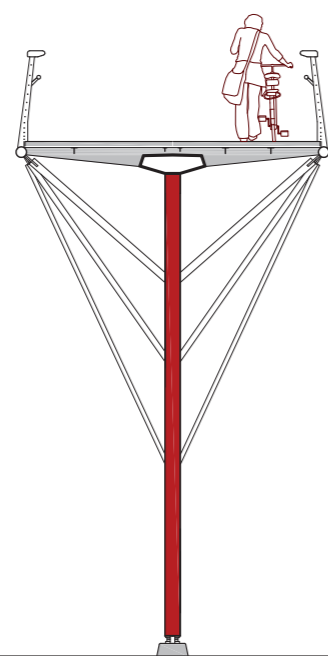


GRUNDRISS  
1:200

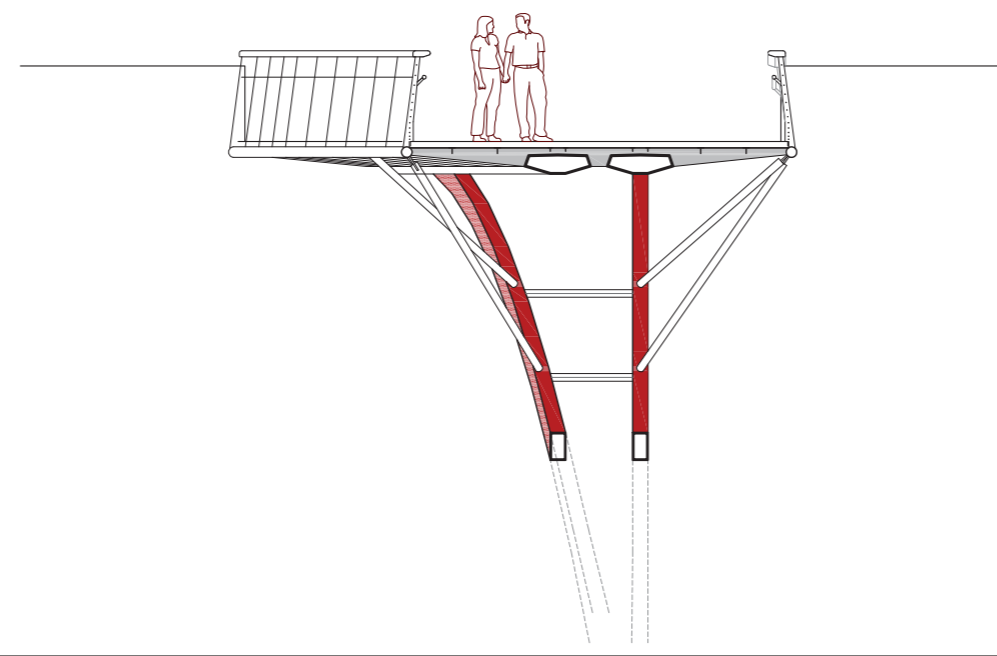




QUERSCHNITT E-E  
1:100

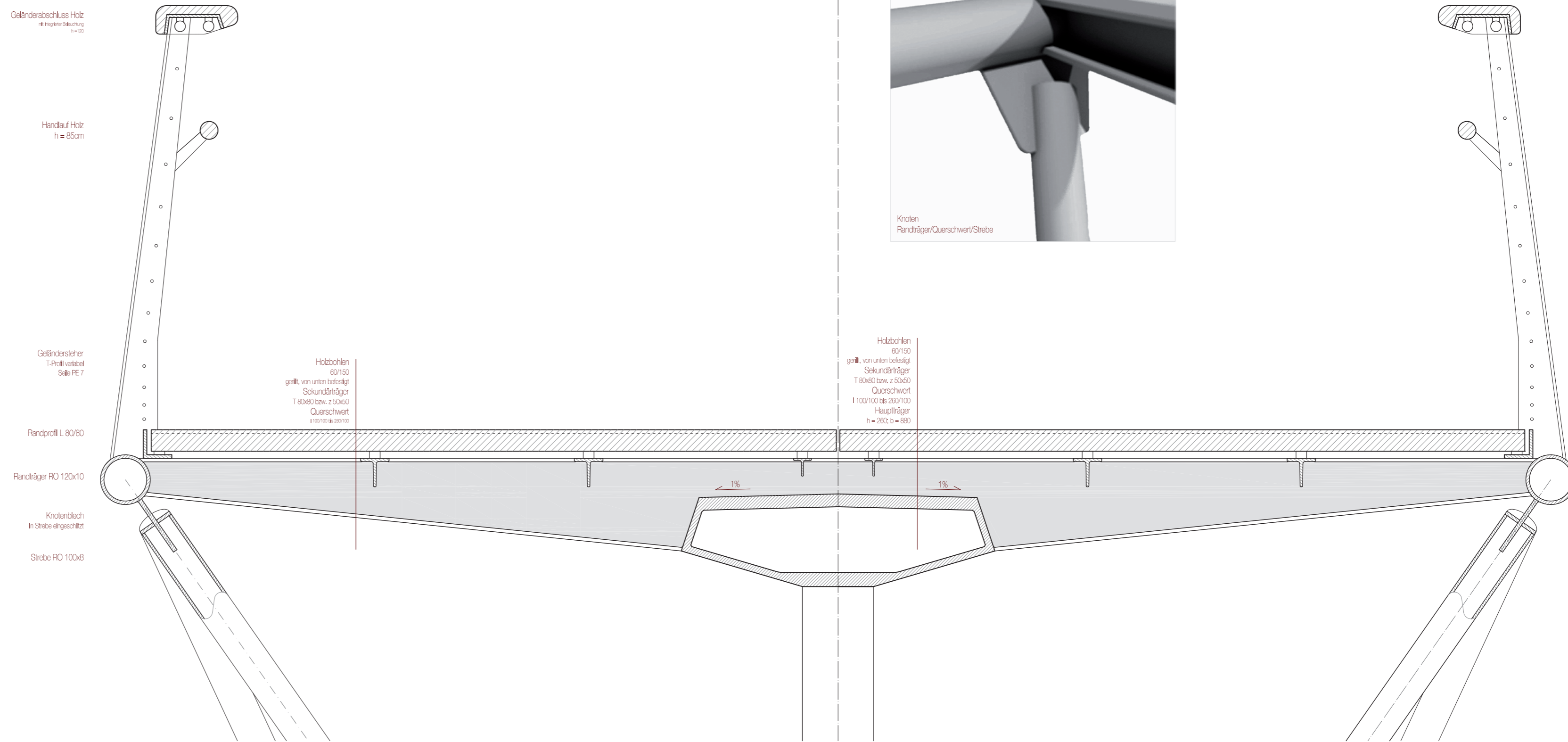
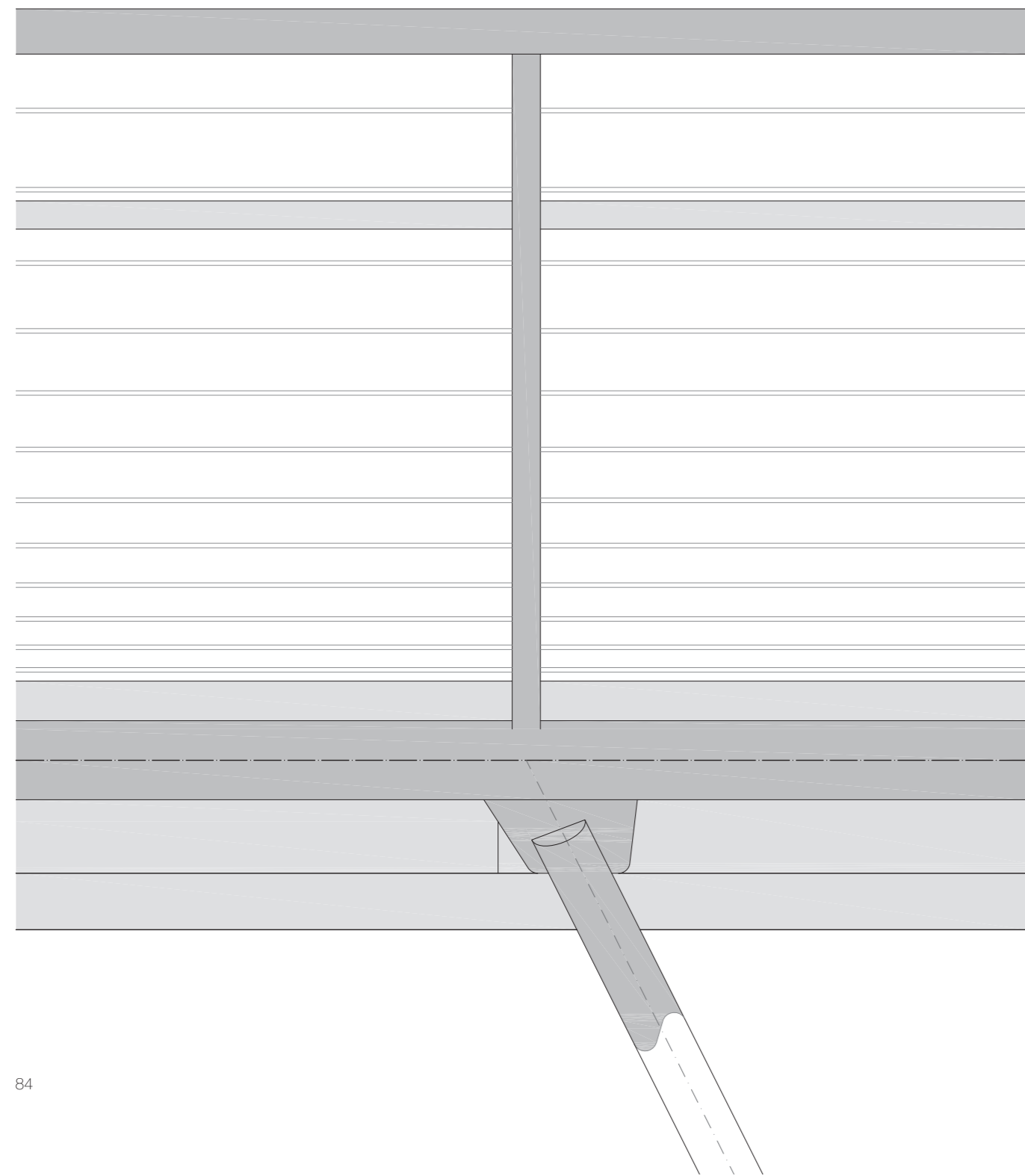


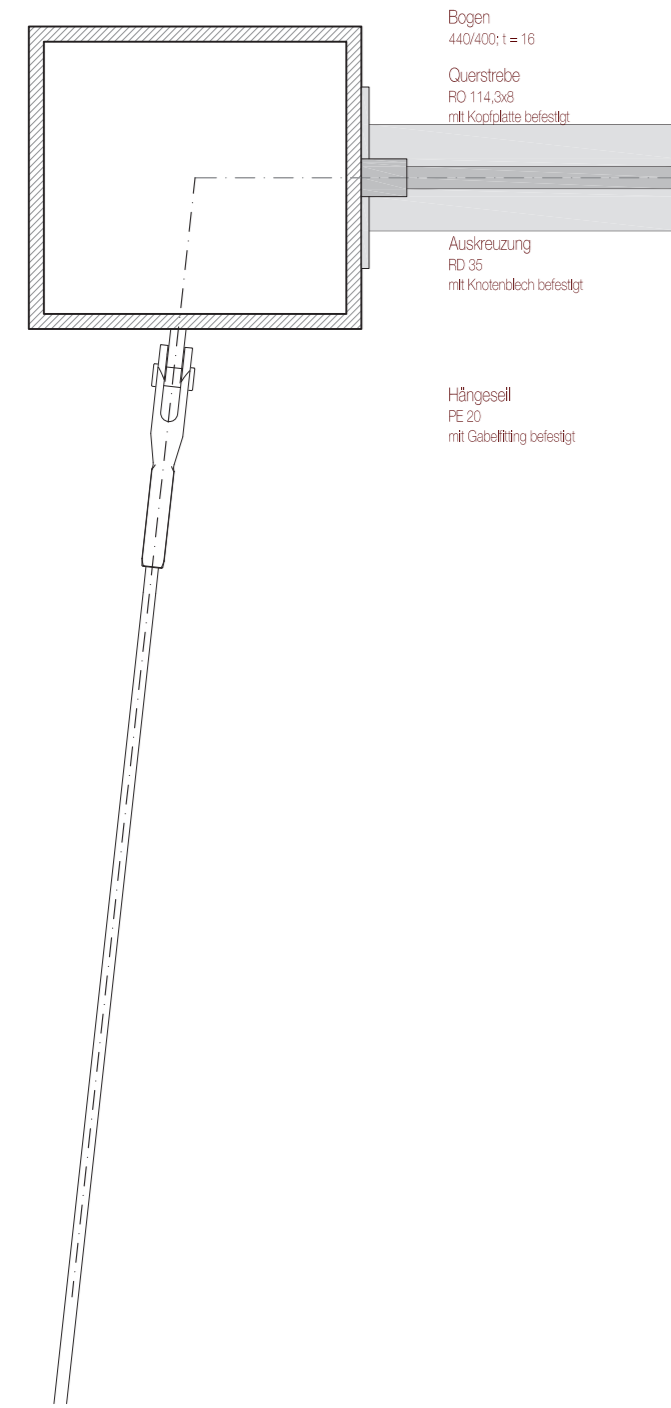
QUERSCHNITT F-F  
1:100



QUERSCHNITT G-G  
1:100

DETAILS





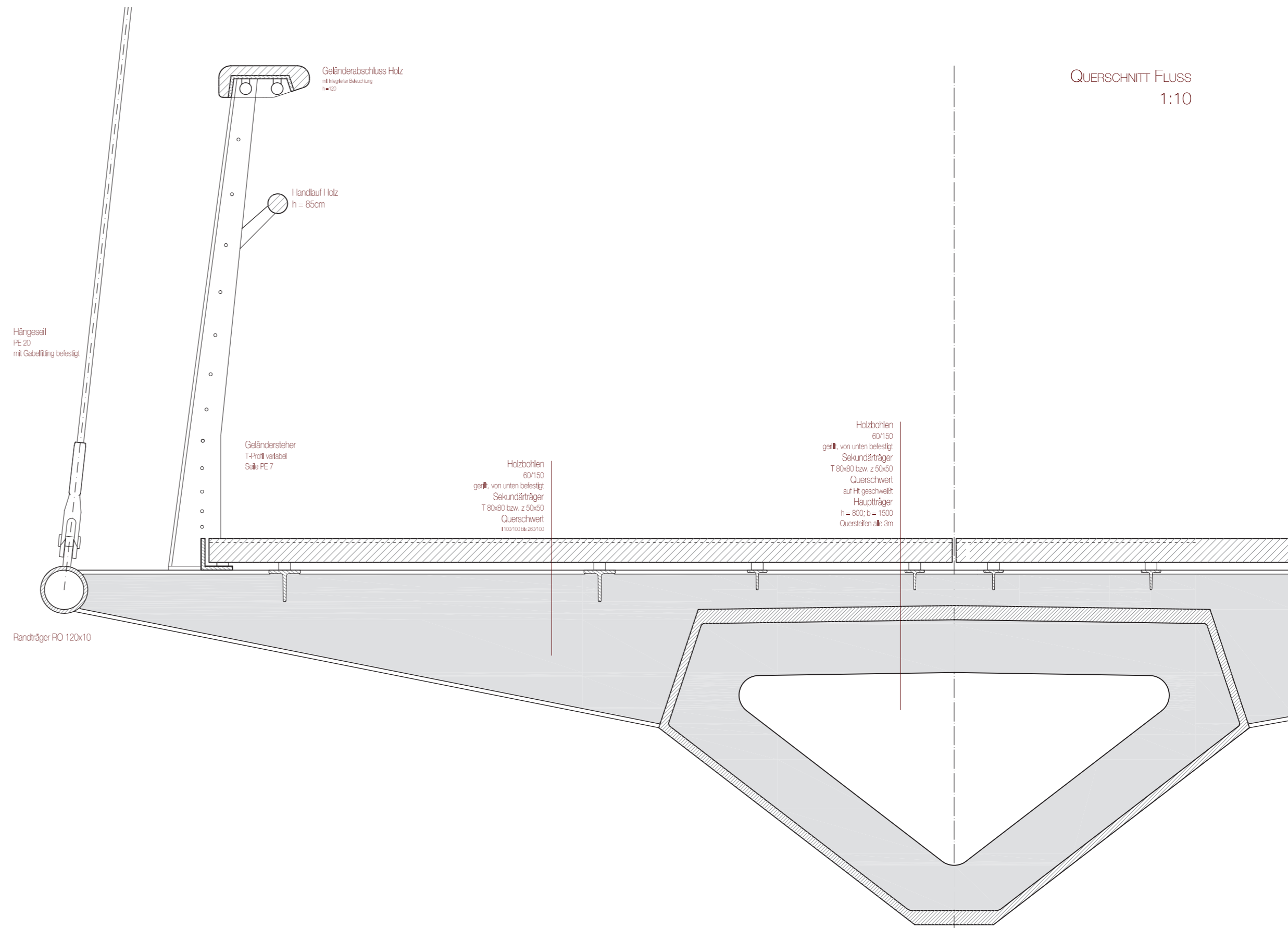
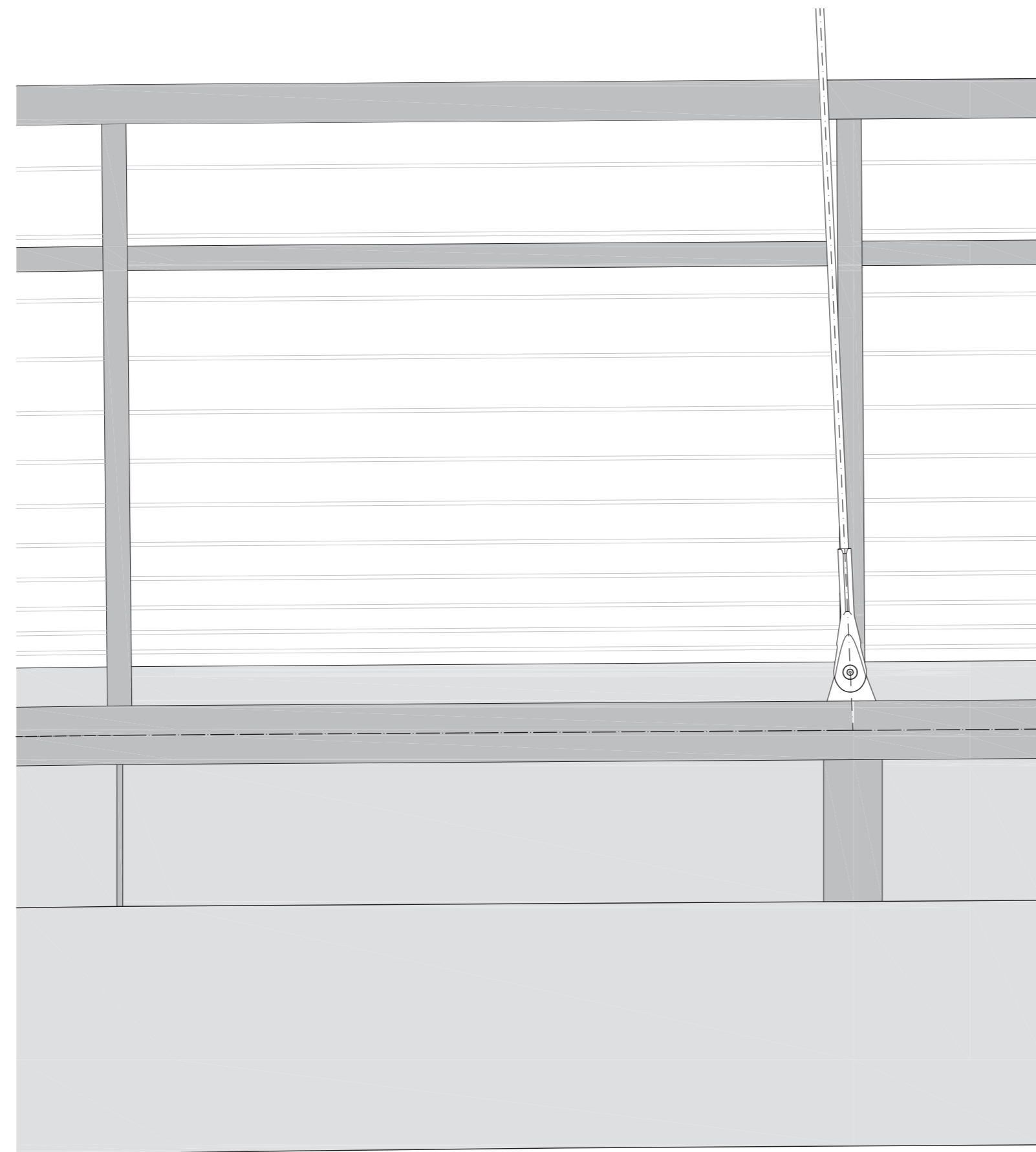
Bogen  
440/400; t = 16

Querstrebe  
RO 114,3x6  
mit Kopfplatte befestigt

Auskreuzung  
RO 35  
mit Knotenblech befestigt

Hängeseil  
PE 20  
mit Gabelhülse befestigt

HÄNGERANSCHLUSS OBEN  
1:10



Geländerabschluss Holz  
mit Hängeseil befestigt  
h = 120

Handlauf Holz  
h = 85cm

Hängeseil  
PE 20  
mit Gabelhülse befestigt

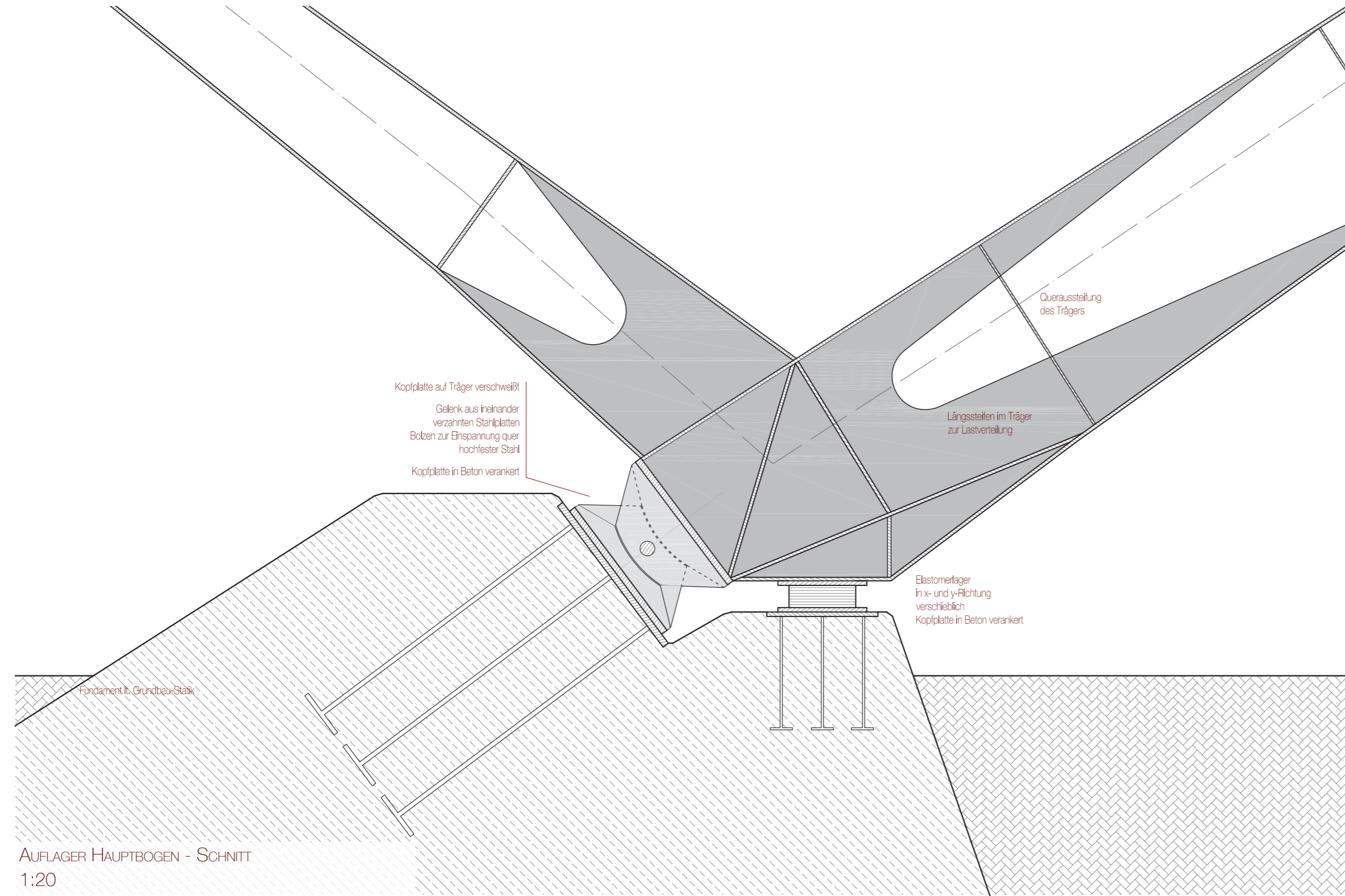
Geländersteher  
T-Profil variabel  
Selle PE 7

Holzbohlen  
60/150  
geill., von unten befestigt  
Sekundärträger  
T 80x80 bzw. z 50x50  
Querschwert  
h 100/100; l 250/100

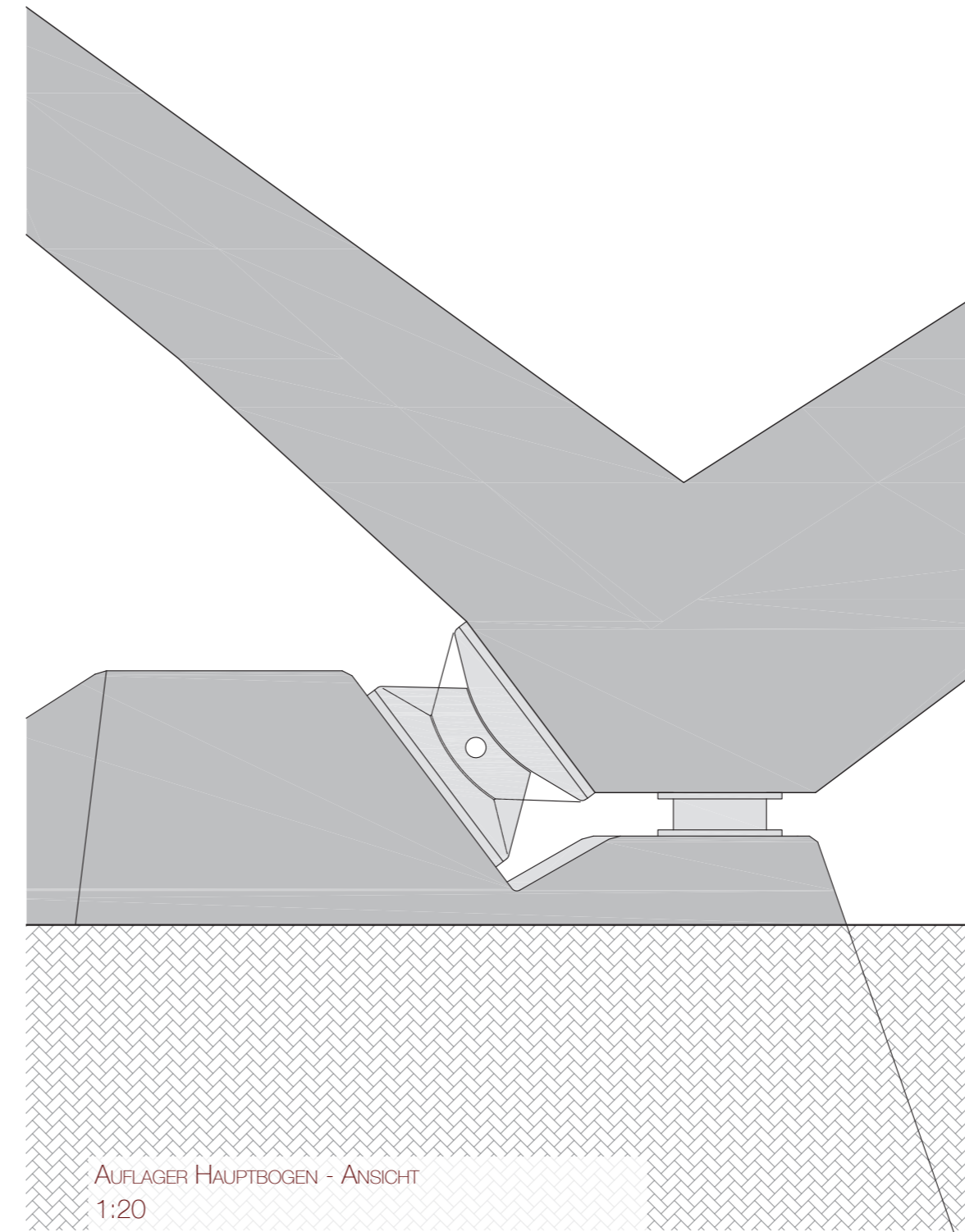
Randträger RO 120x10

Holzbohlen  
60/150  
geill., von unten befestigt  
Sekundärträger  
T 80x80 bzw. z 50x50  
Querschwert  
auf Hg geschweißt  
Hauptträger  
h = 800; b = 1500  
Querstreben alle 3m

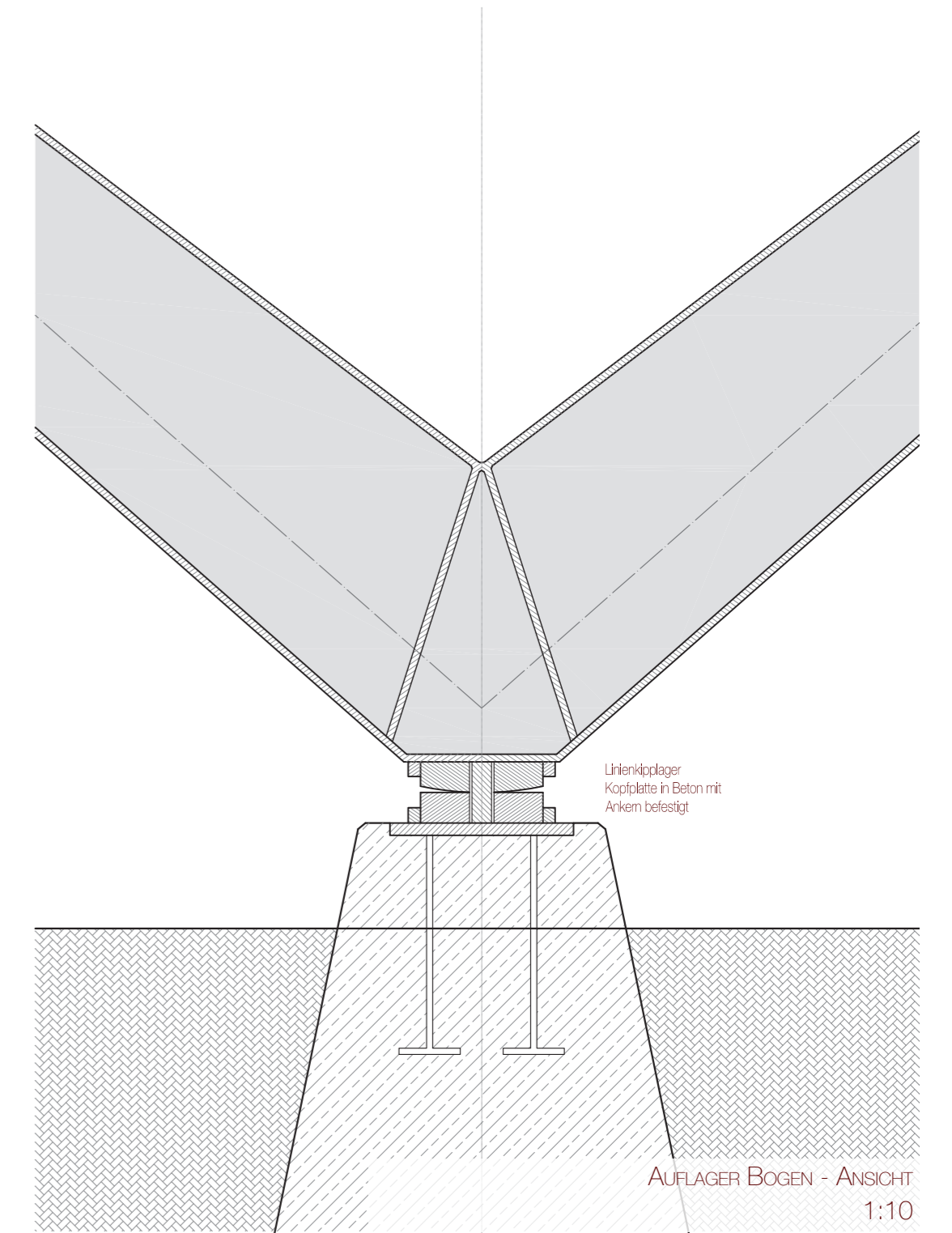
QUERSCHNITT FLUSS  
1:10



AUFLAGER HAUPTBOGEN - SCHNITT  
1:20

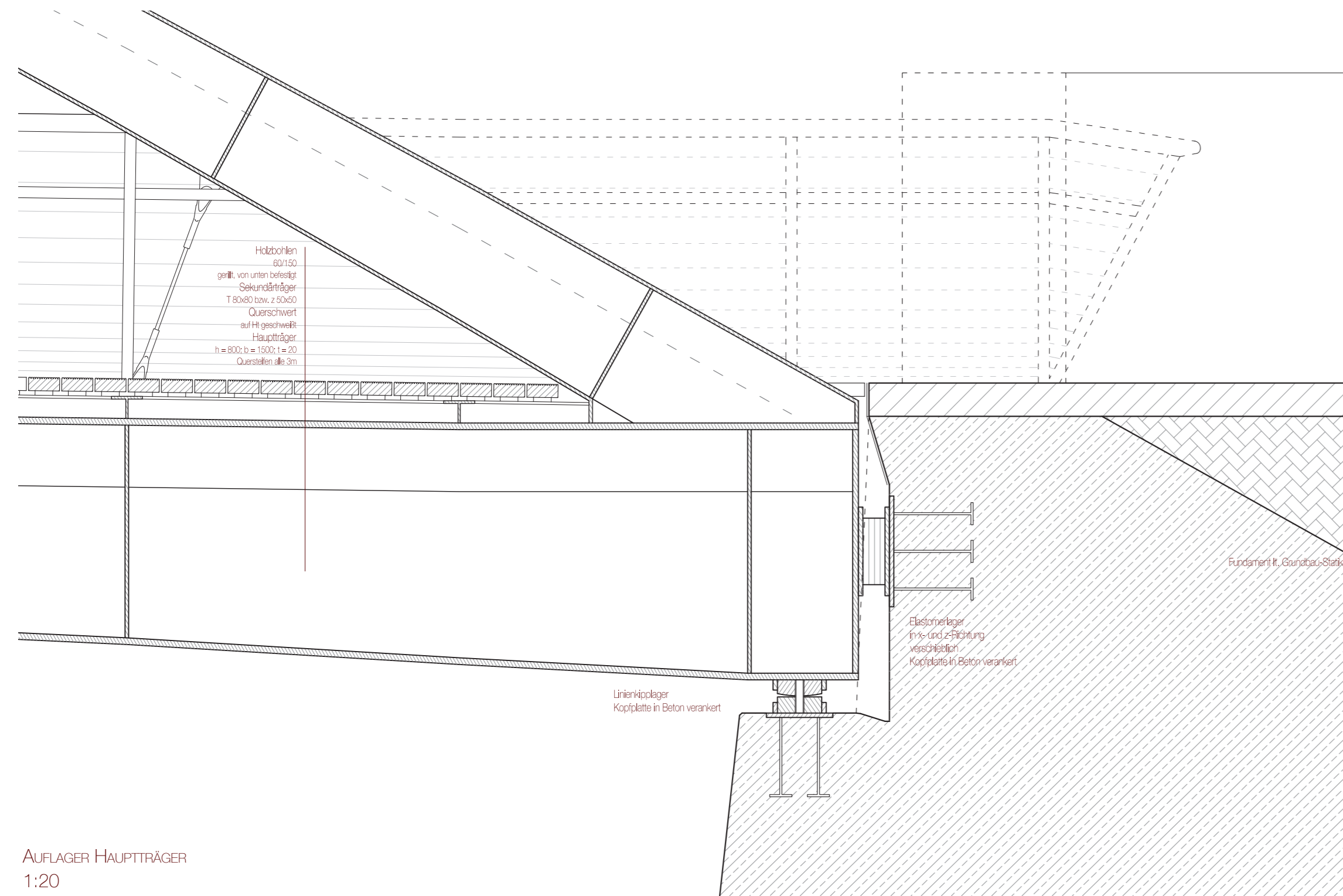


AUFLAGER HAUPTBOGEN - ANSICHT  
1:20



AUFLAGER BOGEN - ANSICHT  
1:10





AUFLAGER HAUPTTRÄGER  
1:20

BESCHREIBUNG UND ANALYSE DES TRAGWERKS

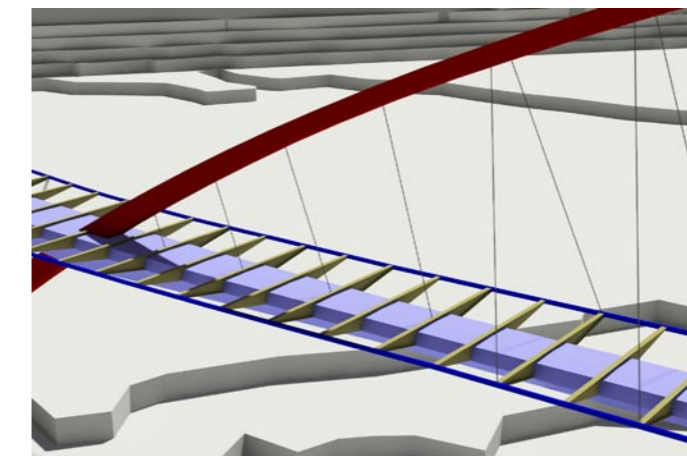
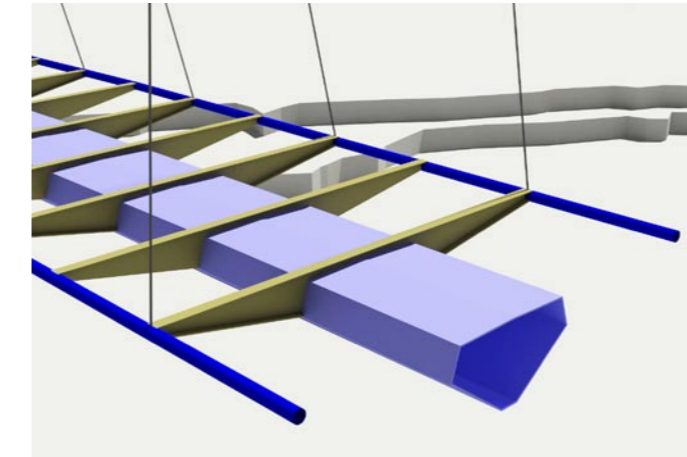
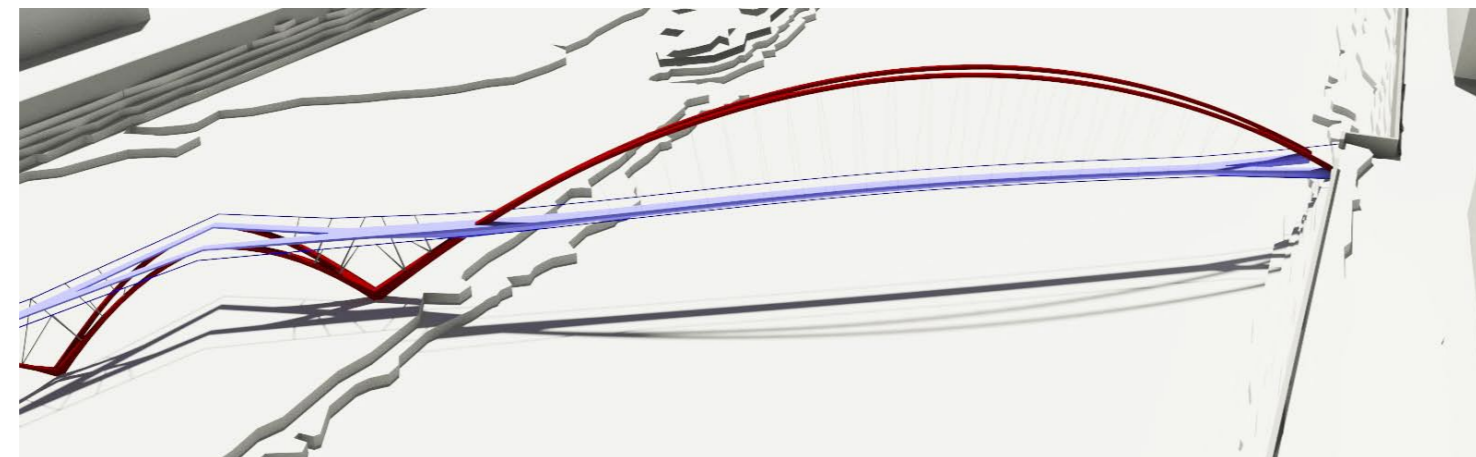
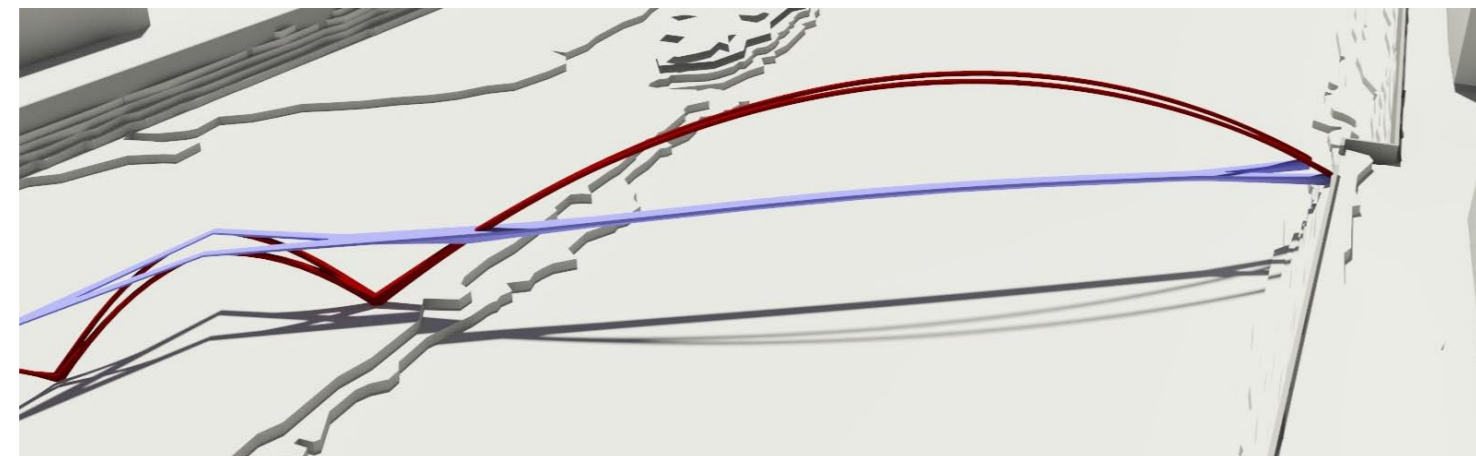
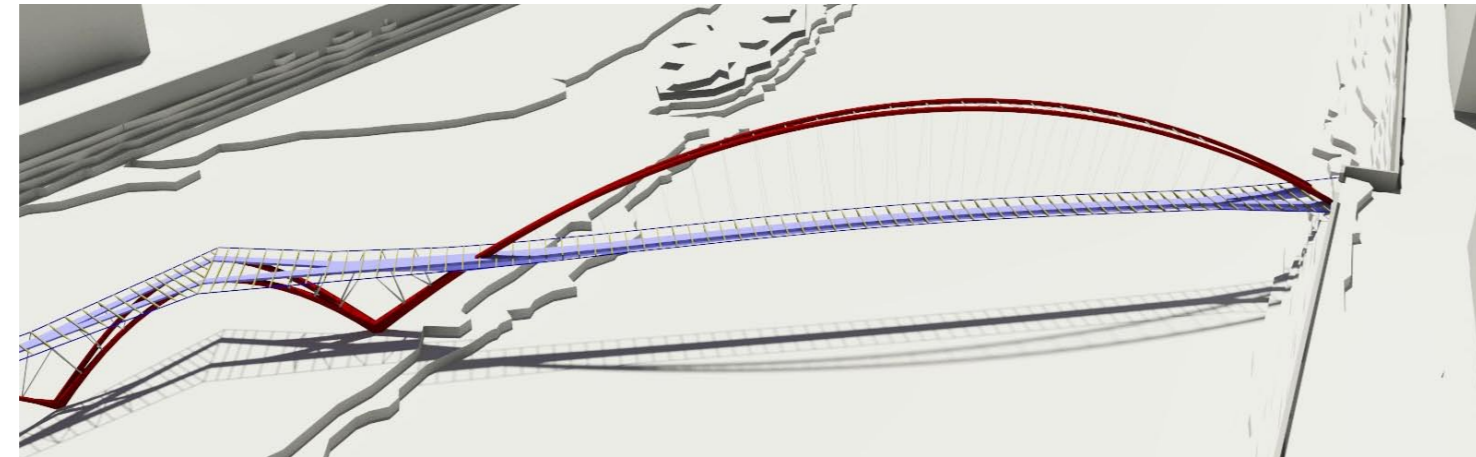
Analog zum Entwurf lässt sich das Tragwerk der Ponte Michelangelo in zwei Abschnitte unterteilen: einerseits die Flussüberquerung und andererseits der Weg über und durch den Park mit seinen Verbindungen. Der Kreuzungspunkt dieser beiden Abschnitte, an dem auch die Linienführung der Brücke einen Knick besitzt, bildet den Schlüsselpunkt des Bauwerks, dessen Auskrugung seine Funktion noch unterstützt.

In beiden Fällen handelt es sich nach florentinischer Tradition um Bogentragwerke, die jedoch auf zeitgemäße Art und Weise interpretiert werden.

Die Flussüberquerung des an der Stelle etwa 72 Meter breiten Flusses erfolgt durch ein Bogentragwerk mit abgehängter Laufplatte, das sich am südlichen Ufer unter dieser fortsetzt. Durch die Schrägstellung der ganzen Brücke zum Fluss im Grundriss beträgt die Bogen-spannweite des Hauptbogens circa 94 Meter, inklusive des fortsetzenden Bogenarms ergibt sich eine Länge von 108 Metern bis zum Grundrissknick. Dieser Hauptbogen, dessen südliches, im Park gelegenes Auflager sich in zentraler Position unter dem Brückenquerschnitt befindet, spaltet sich über der Uferlinie in zwei Bögen auf, die am nördlichen Ufer auf Straßenniveau an den beiden Brückenrändern enden.

Von diesen Bögen ist das Tragwerk der Gehebene mit schrägen Seilen abgehängt. Die Laufplatte selbst beschreibt wiederum einen flachen Bogen, ihr Tragwerk ist aus drei Elementen zusammengesetzt: einem zentralen Hauptträger, den Randträgern und den Querschwertern, die die Verbindung zwischen den beiden Elementen übernehmen.

Nach der Durchdringung von Bogen und Hauptträger wird die nun ebene Laufplatte über schräge Strebenpaare auf den Bögen aufgeständert.



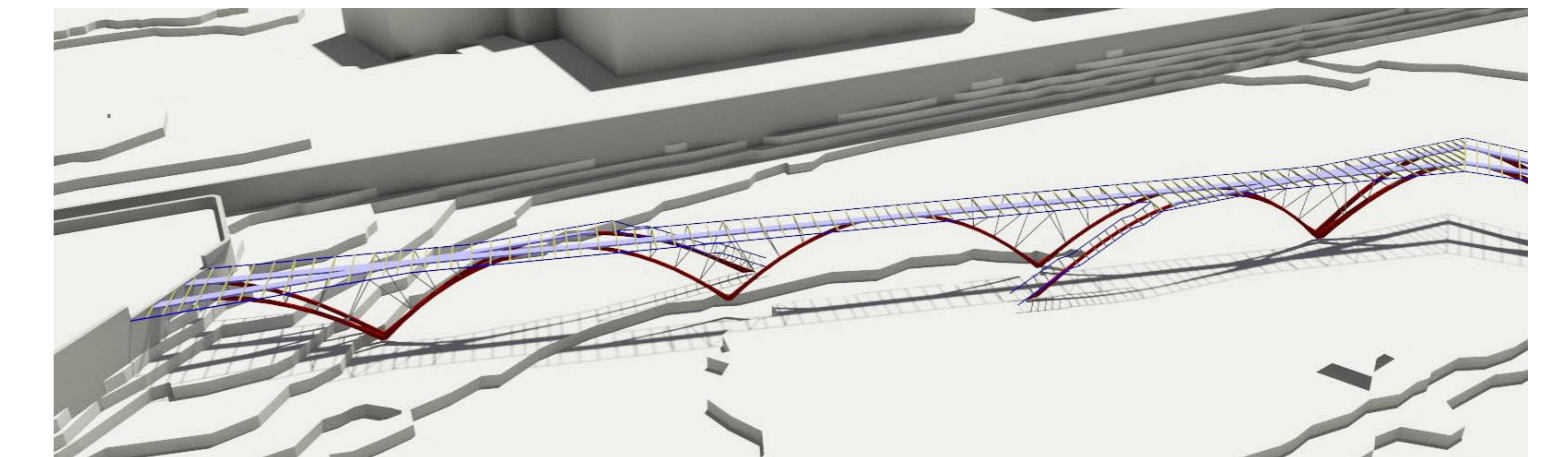
Der Hauptträger wird von einem aus Blechen geschweißten Hohlkastenprofil gebildet, dessen Querschnitt dem Momentenverlauf angepasst ist. Die Hängerseile werden an den Randträgern angeschlossen, die Kraftübertragung zum Hauptträger erfolgt über die alle 1,5 Meter angeordneten, an den Hauptträger angeschweißten Querschwerter. Dabei ist zu beachten, dass nur an jedem zweiten Querschwert ein Hänger anschließt, wodurch diese verstärkt als Doppel-T-Profil ausgeführt werden, während die übrigen nur einfache T-Profile bilden. Außerdem dienen diese Querschwerter für den Hauptträger als externe Querstreifen gegen das Beulen der Bleche.

In der Zone vor der Spaltung der beiden Bögen erfolgt die Abhängung direkt am Hauptträger, um eine nutzbare Durchgangslichte zu ermöglichen. Die beiden Hauptbögen werden über der Fahrbahn mit einem Windverband mit Auskreuzungen verbunden, um eine gewisse Steifigkeit in Brückenquerrichtung zu erreichen. Zusätzlich werden die Bögen in den Auflagern in Querrichtung eingespannt.

Die Auskrugung des Knicks wird von beiden Tragwerksteilen durch sich mit den Hauptträgern vereinigende Bogenpaare gestützt und ragt etwa 20 Meter über den Park hinaus.

Nach dem Knickpunkt verändert sich das Tragwerk, um sich den Gegebenheiten des Parks mit den Verbindungen zwischen Brücken-, Uferstraßen- und Parkebene anzupassen. Es handelt sich um eine Folge dünner Stabbögen, die unter der Konstruktion der Laufplatte angeordnet sind und in den Scheitelzonen mit dieser verschmelzen. Diese überspannen den Park in drei Hauptfeldern mit einer Spannweite von 28 Metern mit jeweils einem halben zusätzlichen Feld am Ende. An den beiden äußeren Feldern ist jeweils ein zusätzlicher Bogen angeordnet, der sich auch in das halbe Randfeld fortsetzt. Dieser ist verdreht zum jeweiligen Hauptbogen ausgerichtet und sorgt für die Aussteifung des Systems in Horizontalrichtung. Außerdem bildet er die Primärkonstruktion für die Stiegen, die Park- und Brückenebene verbinden.

Zwischen den Bogenscheiteln ist die Laufplatte über schräge Streben auf den Bögen aufgeständert, diese schließen analog zur Konstruktion über dem Fluss ebenfalls an den Randträgern des Brückenquerschnitts an. Ihr Aufbau erfolgt gleichfalls aus einem Hauptträger, Querschwertern und den Randträgern, durch die geringeren Spannweiten ergibt sich jedoch ein kleinerer Querschnitt für den Hauptträger.



### a Vertikale Lastabtragung

Die vertikalen Lasten – Eigengewicht, Brückenausstattung, Nutzlast und Schnee – wirken auf die Holzbohlen des Gehwegs ein und werden über die Sekundärträger an die Querschwerer übertragen, die sie dann an den Hauptträger und die Bögen verteilen.

Ausgehend vom Idealfall einer konstanten Streckenlast auf den parabelförmigen Bögen entstehen in diesen reine Drucknormalkräfte, Biegemomente sind auf geometrische Imperfektionen wie die Schrägstellung der Hänger und Streben und auf der anderen Seite auf asymmetrische Lastfälle zurückzuführen. Die Aussteifung des Systems gegenüber letzterer erfolgt über die Laufplatte. Die Lasteinleitung in den Bogen über dem Fluss erfolgt durch die alle drei Meter angeordneten Hänger, dieser Abstand ergibt sich als Kompromiss zwischen obiger Forderung und den optischen Ansprüchen an das Tragwerk.

Im Parkbereich wurde der Abstand der Streben halbiert um einerseits auf den kleineren Maßstab des Tragwerks einzugehen und andererseits die Kraft in den einzelnen auf Druck belasteten, also knickgefährdeten Streben zu vermindern um ihren Querschnitt möglichst gering halten zu können.

Das Tragwerk funktioniert nach dem Prinzip des Langer'schen Balkens, der Hauptträger übernimmt dabei den Bogenschub aus den Auflagern, sodass nur die Horizontalkomponente des Hauptträgers im Auflager übrig bleibt. Betrachtet man die Schnittkräfte im Hauptträger, ist zu beachten, dass dieser, obwohl es sich selbst um einen Bogen handelt, unter hoher Zugkraft steht. Die gesamte Laufplatte ist auch für die Aussteifung des Systems gegenüber asymmetrischer Lasten zuständig, die dünnen Stabbögen erhalten nur geringfügige Momente aus der Schrägstellung der Hänger.



### b Horizontale Lastabtragung

Horizontale Lasten in Brückenlängsrichtung sind aus der Beschleunigung durch Fußgänger und Radfahrer auf den Brückenträger anzusetzen und werden über diesen in die Bögen und den Untergrund abgetragen.

Horizontale Lasten in Brückenquerrichtung entstehen vor allem durch die angreifende Windlast, die natürlich auf Bögen und Laufplatte gleichfalls wirken.

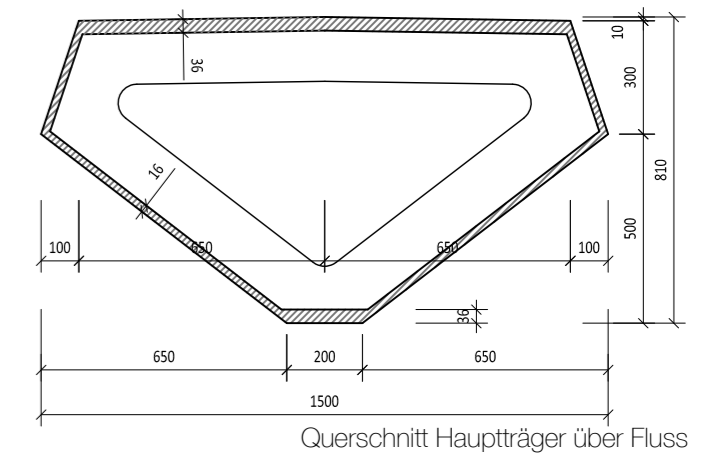
Die an den Bögen über den Fluss angreifenden Windlasten werden über den Windverband, der wie ein liegender Fachwerkträger wirkt, an die Auflager übertragen. Die Laufplatte übernimmt die Verteilung der Windlasten selbst, dessen Steifigkeit entsteht aus dem Zusammenspiel aus dem Widerstandsmoment des Hauptträgers um die z-Achse und dem Rost aus Querschwerern, Randträgern und Sekundärträgern.

### c Lastannahmen

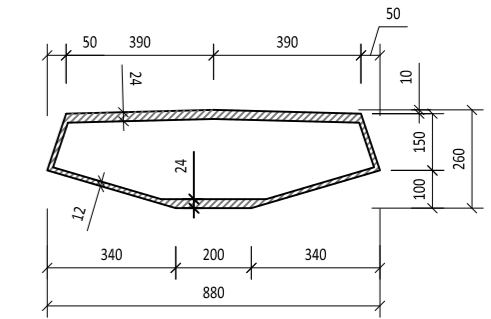
#### c.1 Eigengewicht

Die hier folgend gezeigte Berechnung des Gesamtgewichts der Brücke pro Laufmeter soll allein der Übersicht dienen, sie basiert auf überschlägigen Vereinfachungen des Systems. Zur Berechnung des Eigengewichts im Finite-Elemente-Programm zieht dieses selbstständig die korrekten Eigengewichte der einzelnen Bauteile in Betracht.

Name	Querschnitt [mm]	Wichte [kN/m³]	Eigengewicht/ Laufmeter Bauteil [kN/m]	Anzahl	Eigengewicht [kN/m]
Bogen	TO 400/440/16/16/16/16	78.5	2.03	2	4.06
Hauptträger	Hohlprofil siehe Skizze	78.5	6.00		5.90
Randträger	RO 114.3x10	78.5	0.26	2	0.52
Querschwerer	Doppel-T-Profil siehe Skizze	78.5	12 kN/Stk	1 alle 1.5m	8.00
Sekundärträger	T 80x80	78.5	0.107	4	0.43
	T 50x50	78.5	0.044	4	0.18
Querstreben	RO 114.3x8	78.5	0.21	2/3	0.13
Auskreuzung	RD 35	78.5	0.076	l= 2x4m	0.61
Holzbelag quer	150/60	6	0.054	b=380	0.25
Geländerkonstruktion					
Steher	T 80x80	78.5	0.107		
+ Handlauf, Geländerseile usw					0.40
<b>Summe Qs über Fluss</b>					<b>20 kN/m</b>



Querschnitt Hauptträger über Fluss



Querschnitt Hauptträger über Park

Name	Querschnitt [mm]	Wichte [kN/m³]	Eigengewicht/Laufmeter [kN/m]	Anzahl	Eigengewicht [kN/m]
Bogen	TO 300/200/12.5/12.5/12.5/12.5	78.5	0.93	2	1.86
Hauptträger	Hohlprofil siehe Skizze	78.5	2.5		2.50
Randträger	RO 114.3x10	78.5	0.26	2	0.52
Querschwerer	Doppel-T-Profil siehe Skizze	78.5	8 kN/Stk	1 alle 1.5m	6.00
Sekundärträger	T 80x80	78.5	0.107	4	0.43
	T 50x50	78.5	0.044	4	0.18
Streben	RO 101.6x8	78.5	0.18	2 alle 1.5m	1.10
Holzbelag quer	150/60	6	0.054	b=380	0.25
Geländerkonstruktion s.o.					0.40
<b>Summe Qs über Park</b>					<b>13 kN/m</b>

## c.2 Verkehrslast

Verkehrslast  $p_k = 5 \text{ kN/m}^2$  vertikal  
 0,5 kN/m horizontal  
 in Brückenlängsrichtung

vereinfacht laut ÖNORM EN 1991 - 2 und B 1991 – 2  
 angenommen

## c.3 Schneelast

$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2$  für Florenz,  
 wird nur auf gedeckten Brücken berechnet

## c.4 Windlast

Grundlagen:  
 Florenz (Zone 3 Italien)  
 $v_b = 27 \text{ m/s}$   $q_b = 0,46 \text{ kN/m}^2$   
 Geländeklasse III (B in Italien) → Kategorie IV (in Italien)  
 $k_r = 0,22$   $z_o = 0,3 \text{ m}$   $z_{min} = 8 \text{ m}$   $ct = 1$

$$e_{min} = k_r^2 * c_t * \ln\left(\frac{z}{z_o}\right) * (7 + c_t * n\left(\frac{z}{z_o}\right))$$

$$e_{7m} = e_{min} = 0,2^2 * \ln\left(\frac{8}{0,3}\right) * (7 + \ln\left(\frac{8}{0,3}\right)) = 1,6$$

$$e_{5m} = 2,6$$

für umströmte Bauteile

$$w = q_b * c_e * c_f$$

Abschnitt über Fluss:

Bogen – oberer Teil

$$d=0,44 \text{ m } b=0,40 \text{ m } d/b=1,1 \rightarrow c_{to}=2,0$$

$$\psi_r=1 \psi_\lambda=1 \rightarrow c_f = c_{to} * \psi_r * \psi_\lambda = 2$$

$$w_{\text{Bogen, Fluss, o}} = 0,46 * 2,06 * 2 = 1,89 \text{ kN/m}^2 * 0,4 \text{ m} = 0,76 \text{ kN/m}$$

Bogen – unterer Teil

$$d=0,6 \text{ m } b=0,60 \text{ m } d/b=1 \rightarrow c_{to}=2,1$$

$$\psi_r=1 \psi_\lambda=1 \rightarrow c_f = c_{to} * \psi_r * \psi_\lambda = 1$$

$$w_{\text{Bogen, Fluss, u}} = 0,46 * 1,63 * 2,1 = 1,57 \text{ kN/m}^2 * 0,6 \text{ m} = 0,94 \text{ kN/m}$$

Hauptträger

$$d=4,5 \text{ m } b=1,5 \text{ m } d/b=3 \rightarrow c_{to}=1,4$$

$$\psi_r=0,7 \psi_\lambda=1 \rightarrow c_f = 0,98$$

$$w_{\text{ht, Fluss}} = 0,46 * 1,63 * 0,98 = 0,73 \text{ kN/m}^2 * 1,5 \text{ m} = 2,03 \text{ kN/m}$$

Abschnitt über Park

Bogen

$$d=0,2 \text{ m } b=0,30 \text{ m } d/b=0,66 \rightarrow c_{to}=2,38$$

$$\psi_r=1 \psi_\lambda=1 \rightarrow c_f = 2,38$$

$$w_{\text{Bogen, Park}} = 0,46 * 1,63 * 2,38 = 2,72 \text{ kN/m}^2 * 0,3 \text{ m} = 0,81 \text{ kN/m}$$

Hauptträger

$$d=4,5 \text{ m } b=0,7 \text{ m } d/b=6,43 \rightarrow c_{to}=1,0$$

$$\psi_r=0,5 \psi_\lambda=1 \rightarrow c_f = 0,5$$

$$w_{\text{ht, Park}} = 0,46 * 1,63 * 0,5 = 0,37 \text{ kN/m}^2 * 2,24 \text{ m} = 0,83 \text{ kN/m}$$

## d Lastfallkombinationen - nach Eurocode

ULS

charakteristisch – Verkehr führend: LK1  $1,35 * g_k + 1,5 * p_k + 1,5 * 0,3 * w_k^+$

$$\text{LK2 } 1,35 * g_k + 1,5 * p_k + 1,5 * 0,3 * w_k^-$$

charakteristisch – Wind führend:

$$\text{LK3 } 1,35 * g_k + 1,5 * w_k^+ + 1,5 * 0,75 * p_k$$

$$\text{LK4 } 1,35 * g_k + 1,5 * w_k^- + 1,5 * 0,75 * p_k$$

SLS

häufig – Verkehr führend:

$$\text{LK5 } g_k + p_k + 0,3 * w_k^+$$

$$\text{LK6 } g_k + p_k + 0,3 * w_k^-$$

häufig – Wind führend:

$$\text{LK7 } g_k + w_k^+ + 0,75 * p_k$$

$$\text{LK8 } g_k + w_k^- + 0,75 * p_k$$

## e Materialien

Während alle historischen Brücken in Florenz den Massivbauten angehören und aus Stein, Mauerwerk oder Beton errichtet wurden, folgt die Ponte Michelangelo einem anderen Weg.

Das Tragwerk der Ponte Michelangelo nutzt die große Gestaltungschance der Fußgängerbrücken mit ihren vergleichsweise geringen Lasten zur Auflösung des Systems in stabförmige Elemente, die eine große Transparenz und Grazilität erzeugen.

Aus dieser Motivation heraus wurde auch zu Stahl als Material für das Tragwerk gegriffen: er erlaubt schlanke Querschnitte in Kombination mit großen Spannweiten und bietet gleichzeitig alle Gestaltungsfreiheiten für freie Querschnittsformen.

Die dunkelrote Beschichtung der Bögen spielt auf das Rot des Florentiner Stadtwappens an und steht in einem Kontrast zum vorherrschenden Ockergelb der Pietra Forte, des vorherrschenden Materials der historischen Brücken und Gebäude.

Die Materialwahl der Brückenausstattung soll einerseits die Fußgänger- und Radfahrerbrücke aus dem Straßennetzwerk herausheben und andererseits ihre Funktion der Brücke als Stadtmöbel unterstreichen. Dies geschieht durch den für Italien eigentlich untypischen Einsatz des Materials Holz für Gehbelag, Handlauf und oberen Geländerabschluss.

Um im Regenfall eine gewissen Rutschfestigkeit zu gewährleisten werden die quer zur Brücke ausgerichteten Bohlen mit Längsrillen mit eingelegten Edelstahlstreifen versehen.



## f Berechnung

Vorbemessung in 2D

Grundlage der Bemessung bilden die bereits im Kapitel zur Bogentheorie erwähnten Formeln zur Ermittlung der Druckkraft im Bogen sowie den Auflagerkräften.

Ausgehend von einer überschlägigen Belastung wurde so die durchschnittliche Bogenkraft - hier für den Bogen über den Fluss - ermittelt:

$$l = 84\text{m}, f = 12\text{m}, q = 15\text{ kN/m}$$

$$V = ql/2 = 84 \cdot 15 / 2 = 630\text{ kN}$$

$$H = ql^2/8f = 15 \cdot 84^2 / (8 \cdot 12) = 1\,102,5\text{ kN}$$

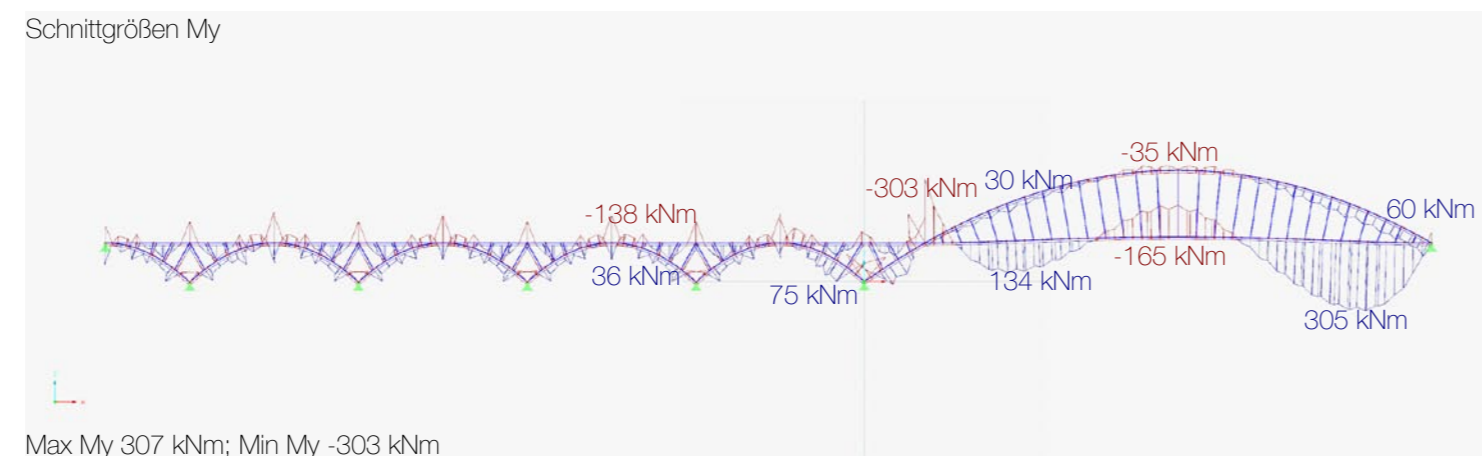
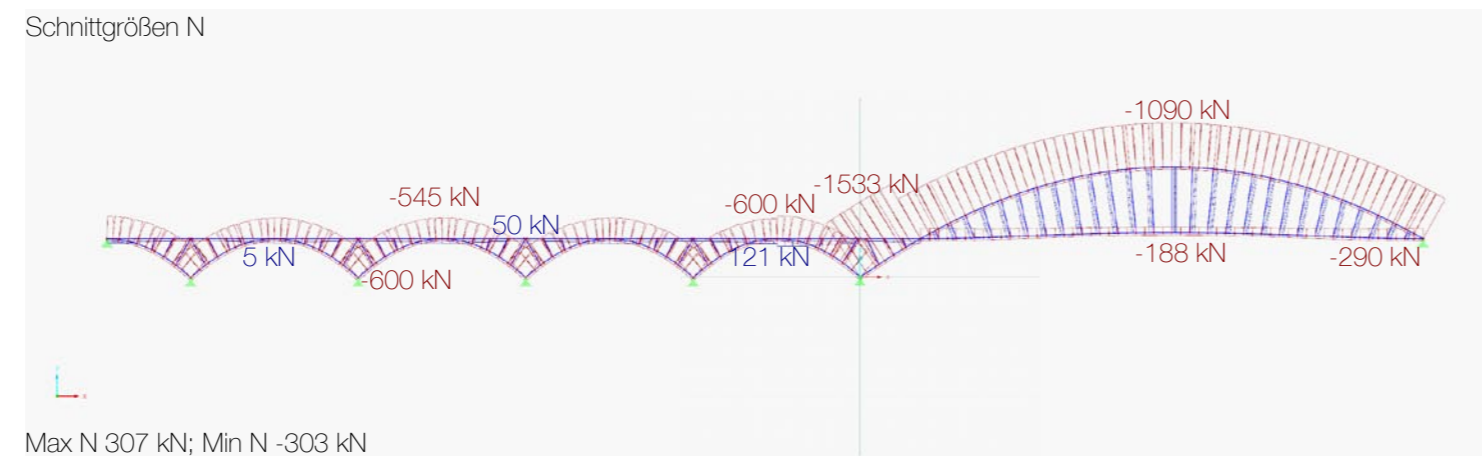
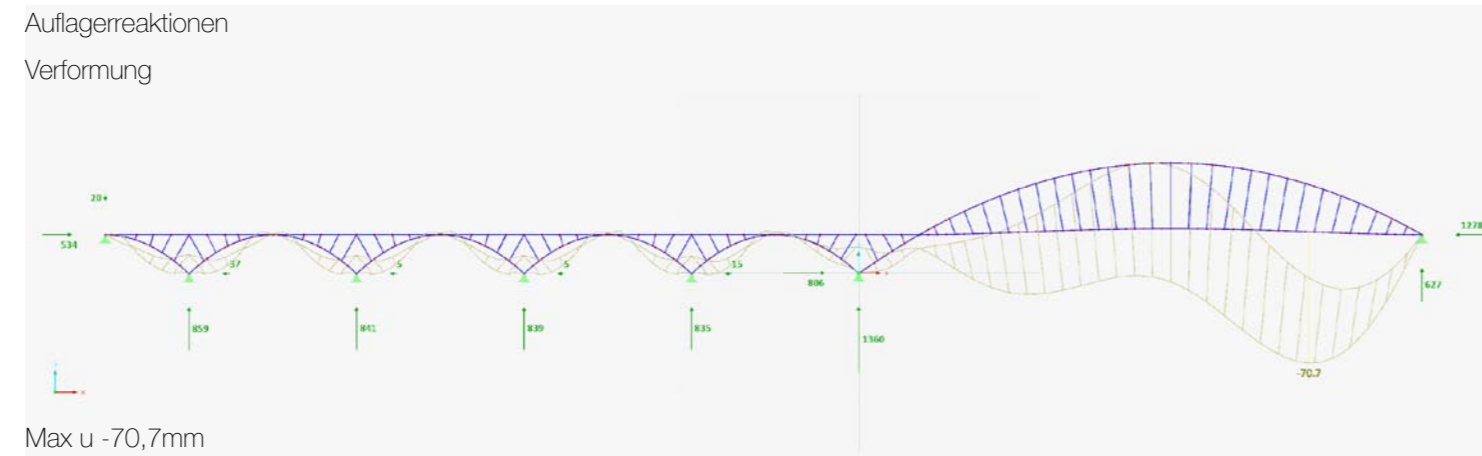
$$D = \sqrt{V^2 + H^2} = \sqrt{630^2 + 1102,5^2} = 1270\text{ kN}$$

Zur Abschätzung der Lasten und Querschnitte wurde der Entwurf zunächst auf ein zweidimensionales System reduziert, das im Finite-Elemente-Programm RSTAB eingegeben und berechnet wurde, anhand dessen nach einer Optimierungsphase eine Vorbemessung der Bauteile vorgenommen wurde.

Dabei ist zu bemerken, dass im Hauptteil nur die halbe Last angesetzt wurde, um die beiden quasi parallel zueinander liegenden Bögen zu simulieren.

Aus den Ergebnissen ist zu erkennen, dass durch die Schrägstellung der Hänger auch unter Gleichlast geringfügige Momente im Bogenquerschnitt entstehen, die aufgrund der parabolischen Bogenstützlinie eigentlich nicht vorhanden sein sollten.

Der Hauptträger wurde nach der Momentenlinie des Hauptträgers nachgeformt, um den Querschnitt genau dort zu erhöhen, wo es notwendig ist.



## RFEM-Modell

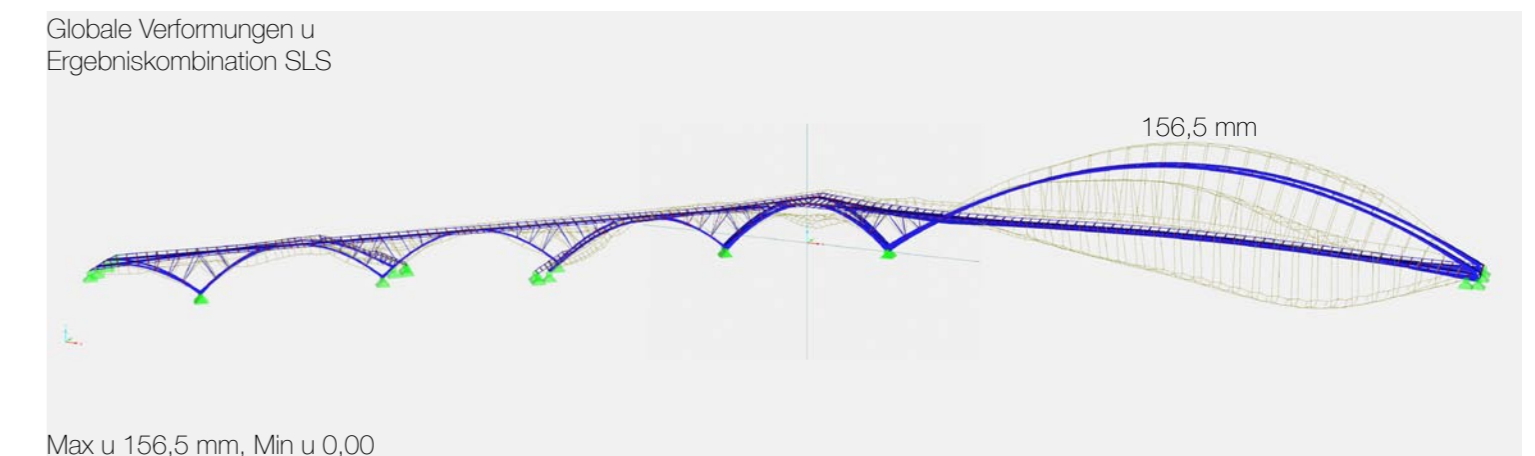
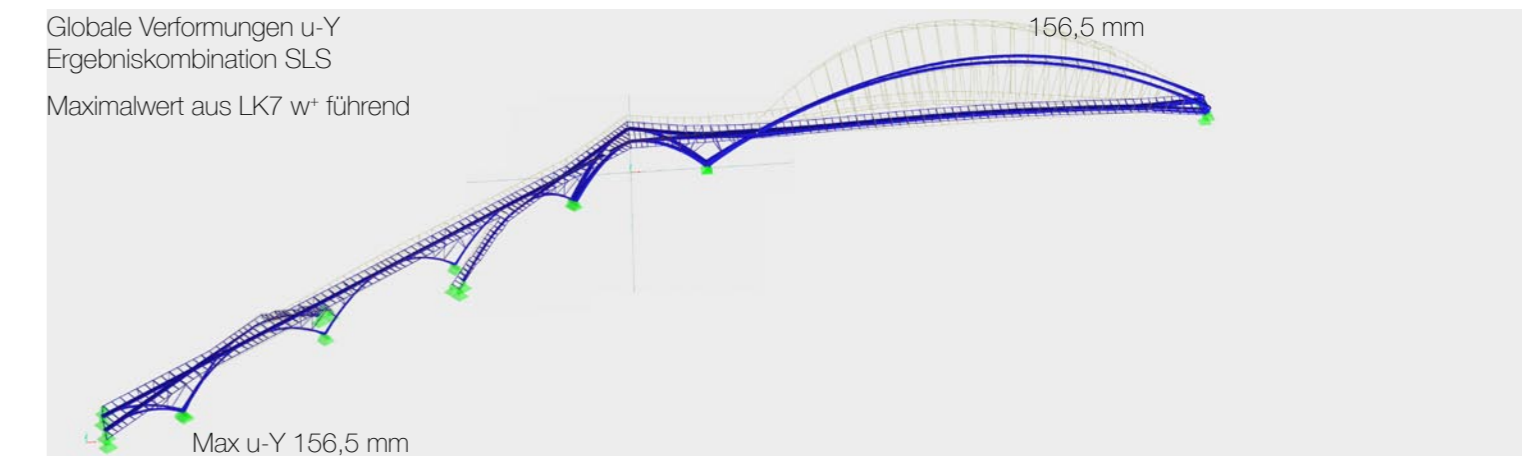
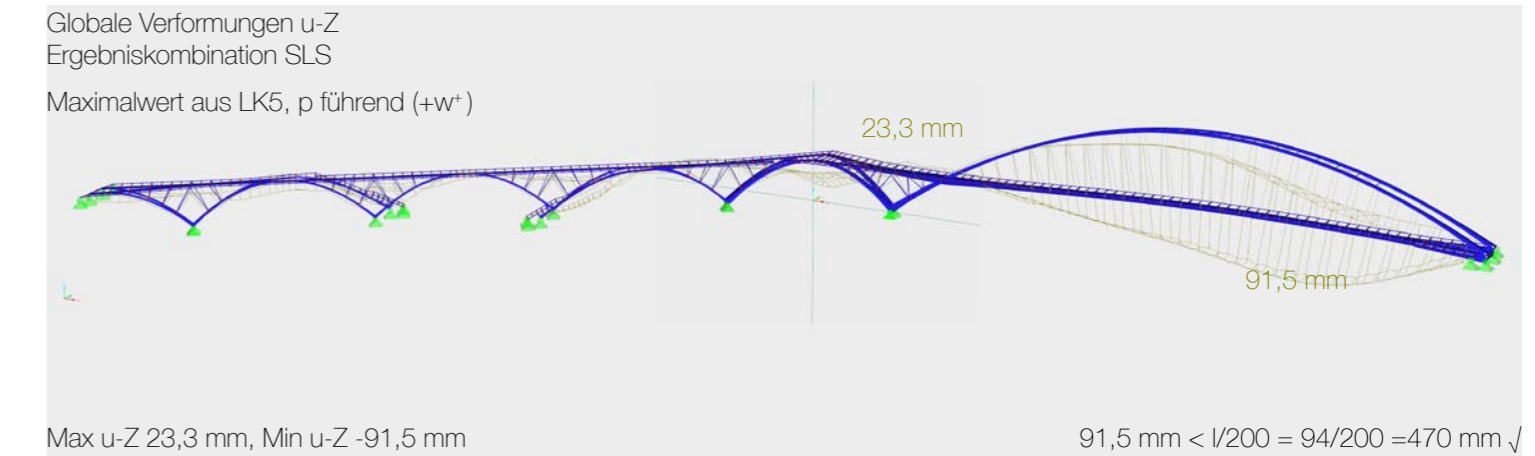
Zur genaueren Berechnung wurde das Tragwerk mit seinen Belastungen in das Finite-Elemente-Programm RSTAB, dem Stabwerksprogramm der Gruppe Dlubal, eingegeben.

Basierend auf einem dreidimensionalen CAD-Linienmodell konnte so jedem Stab sein Querschnitt zugewiesen und die zugehörige Belastung nach Lastfällen eingegeben werden. Die etwas komplizierteren Profile der Hauptträger wurden zuvor im zur selben Programmfamilie gehörigen Programm DUENQ zur Erstellung dünnwandiger Querschnitte erstellt und abgespeichert.

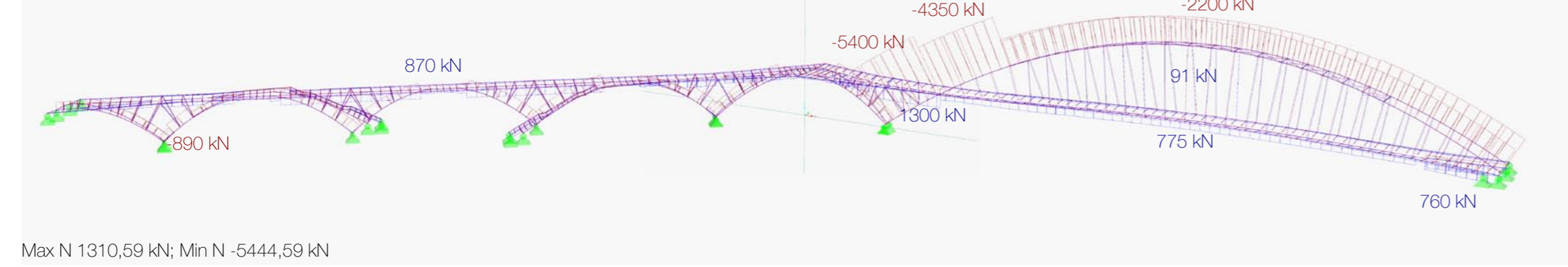
So konnten die genauen Schnittgrößen und Verformungen für jeden Lastfall in dem doch komplexen, auf manuellen Wegen kaum berechenbarem System, ermittelt werden.

In vereinfachter Betrachtungsweise wurde die Verkehrslast nur als Volllast angenommen, auf eine feldweise Lastaufstellung wurde verzichtet. Um dies zu kompensieren, wurde auf ausreichend Reserven in Ausnutzung und Verformung geachtet.

Die Ergebnisse der maßgebenden Schnittgrößen, Auflagerreaktionen und der Auslastung finden sich auf den folgenden Seiten. Um eine bessere Lesbarkeit zu ermöglichen, wurden nur einige Ergebnisse exemplarisch dargestellt, da das Programm für jeden Stab die Werte an den Endpunkten sowie die Extremwerte darstellt, was zu einem wahren Werteschwungel führt.

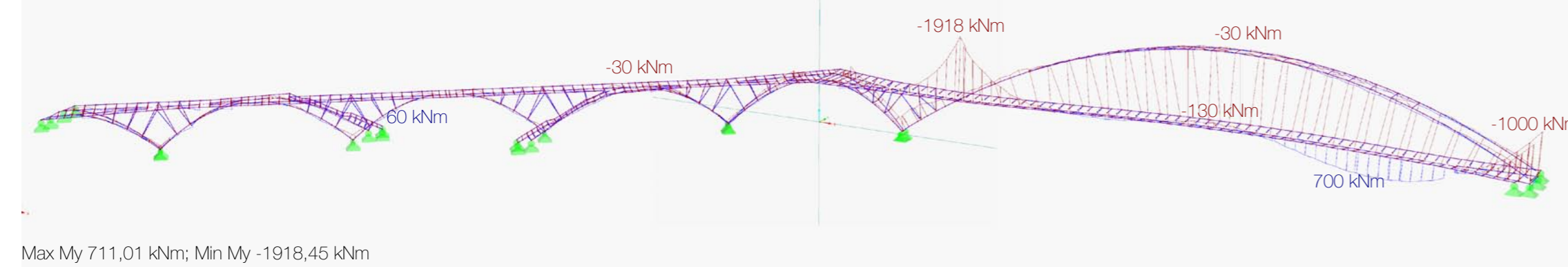


Normalkraft N  
Ergebniskombination ULS



Max N 1310,59 kN; Min N -5444,59 kN

Momente My  
Ergebniskombination ULS



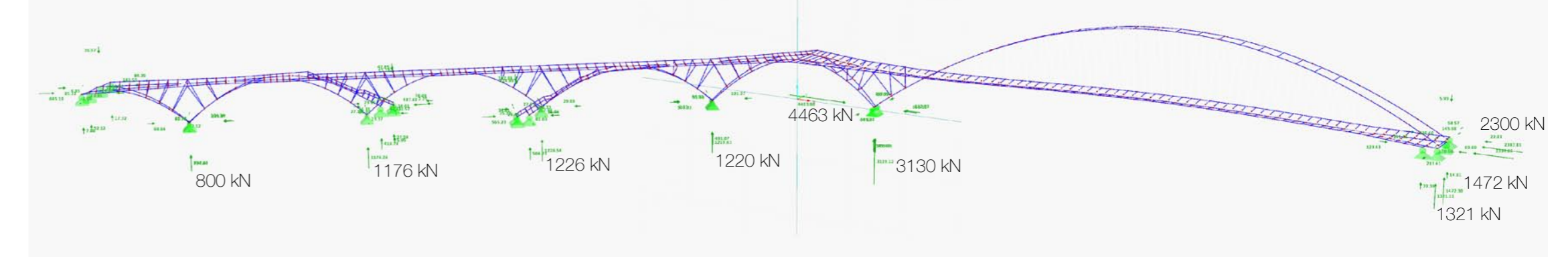
Max My 711,01 kNm; Min My -1918,45 kNm

Momente Mz  
Ergebniskombination ULS

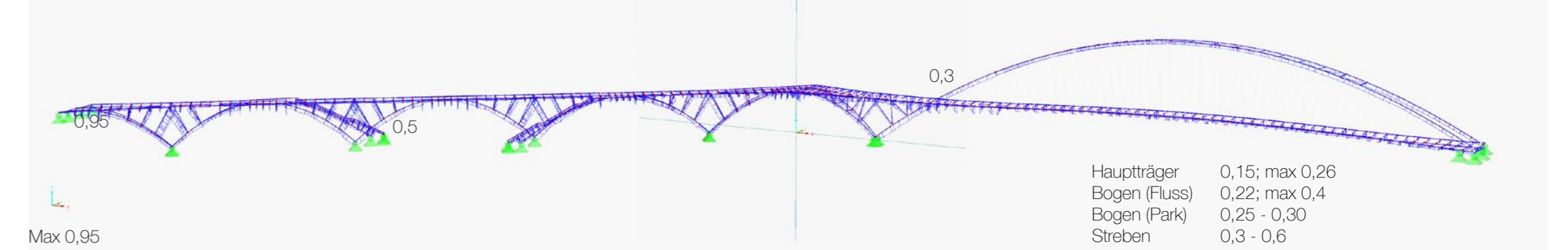


Max Mz 2171,56 kNm; Min Mz -1167,17 kNm

Auflagerreaktionen  
Ergebniskombination ULS



Auslastung nach STAHL EC3  
Ergebniskombination ULS



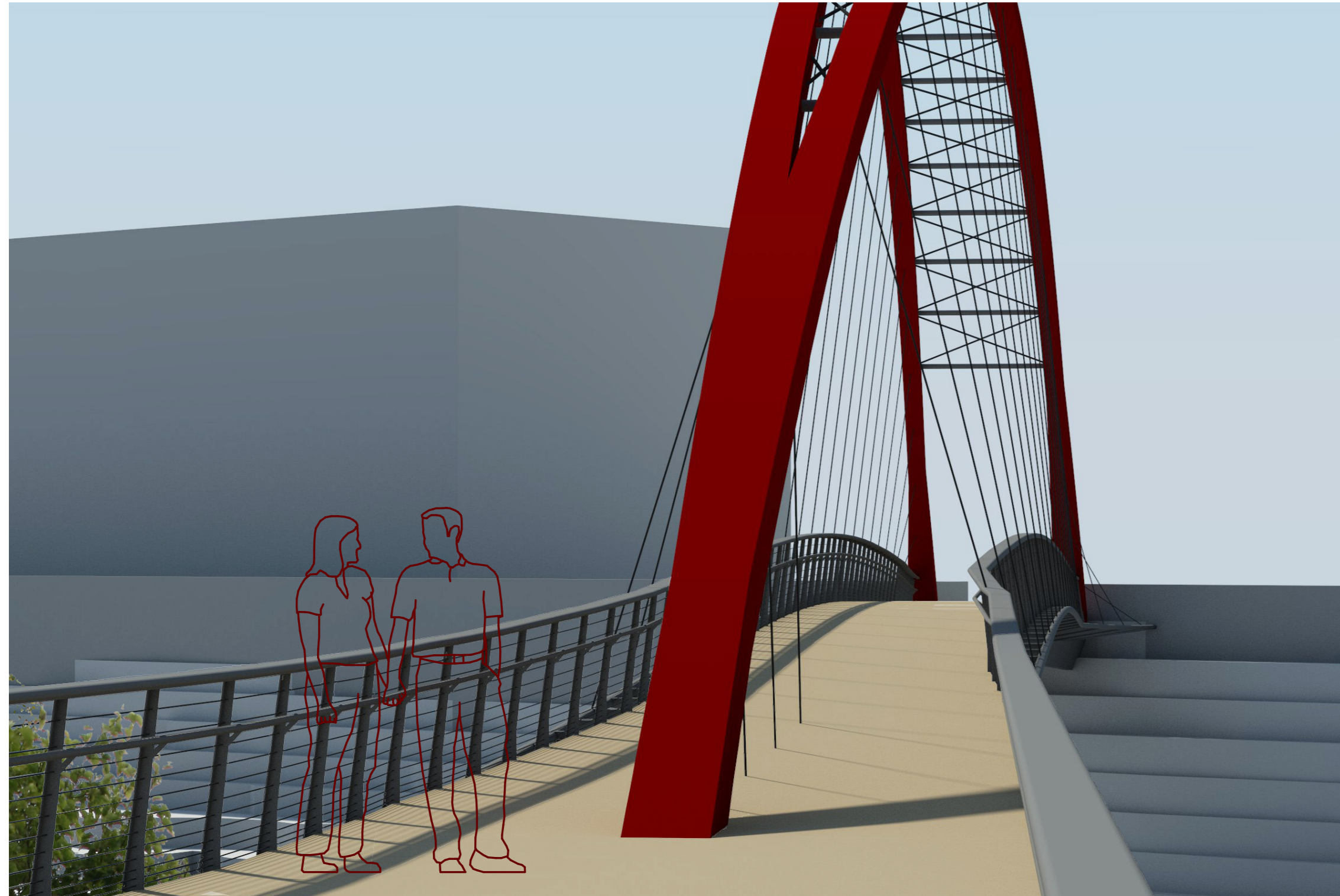
Max 0,95

Vorbemessung Hängerseil  
wird vom Zusatzmodul STAHL EC3 nicht abgedeckt

$N_d = 95 \text{ kN} < Z_{r,d} = \text{Grenzzugkraft}$   
 gewählt Seil PE 20 Fa. Pfeifer  
 Charakteristische Bruchkraft 195 kN  
 Grenzzugkraft 118 kN  
 Daten aus Datenblatt der Fa. Pfeifer

Die Analyse der berechneten Resultate zeigt deutlich einen für Fußgängerbrücken typische Eigenschaft: Aufgrund der niedrigen Lasten werden anstatt der Schnittkräfte und damit dem Gebrauchstauglichkeitsnachweis die Verformungen bemessungsrelevant. Dies zeigt sich in den durchwegs sehr niedrigen Ausnutzungsgraden der Elemente. Dabei ist jedoch zu beachten, dass noch Reserven für die Ausbildung der Verbindungsdetails, die nicht berechnet wurden, einkalkuliert werden müssen.

Die einzige Ausnahme bezüglich des berechneten Ausnutzungsgrades bilden einige Querschwerer, bei denen der Stabilitätsnachweis nur knapp ausgeht. Zieht man jedoch die Knickhalterung durch die im Finite-Elemente-Modell nicht berücksichtigten, aber im Tragwerk vorhandenen Sekundärträger in Betracht, relativiert sich dieses Problem wieder.



## ZUSAMMENFASSUNG

Mit der Diplomarbeit bot sich mir erstmals die Chance ein Projekt von der Formulierung der Aufgabenstellung über Analyseaufgaben bis zur Ausarbeitung der Details hin durchzuarbeiten.

Im Zuge der Ausarbeitung wurde mir die enge Verflechtung vom Tragwerk und seiner Berechnung und Bemessung mit dem Entwurf deutlich vor Augen geführt: der nun vorliegende Entwurf ist das Ergebnis mehrerer iterativer Abfolgen aus Entwurfsüberlegungen, die in den gezeichnet und berechnet, wieder verworfen, verbessert oder ganz ersetzt und weiterentwickelt wurden.

Doch die Grundidee des sich spaltenden Bogens, der ein Tor zur Stadt hin bildet, ist seit den ersten Entwurfsansätzen vorhanden, auch der Wunsch nach einer möglichst stabförmigen Auflösung des Systems zieht sich durch die verschiedenen Entwurfsstadien.

Die Ponte Michelangelo fügt sich harmonisch ins Stadtbild ein und setzt mit ihrem dunkelroten Bogen einen Akzent in der Skyline der Stadt.

Sie ist Wegeverbindung und Aussichtspunkt, Durchgangsort und Treffpunkt, Kommunikationsfläche und Stadtmöbel für Einheimische und Touristen.

Der Park wandelt sich von der weithin ungenutzten Brachfläche in ein vielfältig beispielbares Freizeitareal, das die Natur in die Stadt hinein holt.

Im Rahmen der Vorbemessung wurde mir deutlich bewusst, dass auch Fußgängerbrücken nicht ohne Grund in Zusammenarbeit zwischen Bauingenieuren und Architekten entstehen.

„Von Mensch zu Mensch eine Brücke bauen,  
dem andern in die Augen schauen  
in jedem Menschen das Gute sehn  
und nicht an ihm vorübergehn“

„The river Arno cuts the city in two, only to be stitched  
together by its many bridges“

Nun besitzt der Arno eine Verbindung mehr - auf Papier  
und im Modell.

## LITERATURLISTE

Baus, Ursula/ Schlaich, Mike: Fußgängerbrücken. Konstruktion. Gestalt. Geschichte, Basel 2008

Block, Philippe; Gengnagel, Christoph, Peters, Stefan: Faustformeln Tragwerksentwurf. München 2013

Borngässer, Barbara/ Toman, Rolf: Kathedralen. Die schönsten Kirchenbauten aus 1700 Jahren, Bath 2007

Brown, David John: Brücken. kühne Konstruktionen über Flüsse, Täler, Meere, München 22007.

D’Angelis, Erasmus: La conquista dell’acqua. Dai laghi preistorici alla gestione del bene comune, Firenze 2012

Ewert, Sven: Brücken. Die Entwicklung der Spannweiten und Systeme, Berlin 2003

Graf, Bernhard: Bridges that changed the world, München 2005

Idelberger, Klaus: Fußgängerbrücken. Beispielsammlung, Berlin 2001

Keil, Andreas: Detail Praxis Fußgängerbrücken. Stege und Rampen; Entwurf; Konstruktion, München 2012

König-Lein, Susanne/ Lein, Edgar: Florenz. Reclams Städteführer Architektur und Kunst, Stuttgart 2011

Lavalou, Amelle/ Feichtinger, Dietmar: Passerelle Simone-de-Beauvoir, Brüssel: 2006

McBride, Kate: Tales of two worlds. Arnie & Soot navigate Florence, Florenz 2010

McCarthy, Mary: Florenz. Gütersloh 1960

Melhorn, Gerhard (Hrsg.): Handbuch Brücken. Entwerfen, Konstruieren, Bauen und Erhalten, Berlin (u.a.) 2007

Pevsner Nikolaus: Europäische Architektur, München 51981

Roig, Juan: Neue Brücken, Stuttgart 1996

Schanz Martin: Mechanik B1 – Statik. Manuskript zur Vorlesung. WS 2010/11. Institut für Baumechanik, TU Graz

Schiffer-Ekhardt, Armgard u.a.: Graz zur Gründerzeit, Leopold Bude, k.k. Hof-Fotograf, Graz 1993

Schober Helmut: Skelettskriptum TWL 1. WS 2007/08. Institut für Tragwerksentwurf. TU Graz. VO\_11 Bogen

Unterweger Harald: Brückenbau – Grundlagen. Ausbildung, Tragsysteme, Tragverhalten, Einwirkungen, Baumethoden, Lagerung und Tragwerksentwurf, Graz 32010

Werner Müller, Werner/Vogel, Gunther (Hg.): dtv Atlas zur Baukunst. Baugeschichte von der Romanik bis zur Gegenwart. Band 2, München 1981

Wundram, Manfred: Kunstführer Florenz, Stuttgart 1993

Zimmermans, Klaus: Florenz. Kirchen, Paläste und Museen in der Stadt der Medici, Köln 22011

Zucconi, Guido: Architekturführer Florenz, Stuttgart 1995

## INTERNETRESSOURCEN

o. A.: Calatrava-Brücke umgebaut: Bilbao muss Entschädigung zahlen (12.3.2009), [http://diepresse.com/home/kultur/kunst/460305/CalatravawbrBrucke-umgebaut\\_Bilbao-muss-Entschadigung-zahlen-](http://diepresse.com/home/kultur/kunst/460305/CalatravawbrBrucke-umgebaut_Bilbao-muss-Entschadigung-zahlen-), in <http://diepresse.com/>, [Stand: 25.02.2014].

o. A.: Dreiländerbrücke, [http://www.feichtingerarchitectes.com/display\\_project.php/1/155](http://www.feichtingerarchitectes.com/display_project.php/1/155), in <http://www.feichtingerarchitectes.com/>, [Stand: 18.05.2014]

o. A.: Giorgio Vasari. Ausstellung zum 500. Geburtstag an der Universität der Freien Künste Berlin, [http://www.ub.fu-berlin.de/service\\_neu/ausstellung/archiv/infobl\\_vasari.pdf](http://www.ub.fu-berlin.de/service_neu/ausstellung/archiv/infobl_vasari.pdf), in <http://www.ub.fu-berlin.de/>, [Stand: 09.01.2014]

o. A.: Passerelle Simone-de-Beauvoir, [http://www.feichtingerarchitectes.com/display\\_project.php/1/326](http://www.feichtingerarchitectes.com/display_project.php/1/326), in <http://www.feichtingerarchitectes.com/>, [Stand: 18.05.2014]

o. A.: Ponte a San Niccolò, [http://archivistorici.comune.fi.it/cgi-bin/easyweb/ewgettest?EW\\_HIL=dis/ew\\_menu.html&EW\\_HFL=dis/ew\\_copy.html&EW\\_D=DIS&EW\\_FL=dis/limiti.html&EW4\\_DLL=10&EW4\\_DLP=10&EW4\\_NVR=&EW4\\_NVT=&EW4\\_NMI=&EW\\_P=LT\\_EW&EW4\\_PY=%28DE=NICCOLO%29\\_AND\\_%28DE=PONTE%29&EW\\_T=R&EW=%28DE=NICCOLO%29\\_AND\\_%28DE=PONTE%29&EW\\_RM=80&#20175](http://archivistorici.comune.fi.it/cgi-bin/easyweb/ewgettest?EW_HIL=dis/ew_menu.html&EW_HFL=dis/ew_copy.html&EW_D=DIS&EW_FL=dis/limiti.html&EW4_DLL=10&EW4_DLP=10&EW4_NVR=&EW4_NVT=&EW4_NMI=&EW_P=LT_EW&EW4_PY=%28DE=NICCOLO%29_AND_%28DE=PONTE%29&EW_T=R&EW=%28DE=NICCOLO%29_AND_%28DE=PONTE%29&EW_RM=80&#20175), in <http://archivistorici.comune.fi.it/easyweb/dis/ricerche.html>, [Stand: 27.12.2013]

o. A.: Ponte a San Niccolò, <http://www.aboutflorence.com/firenze/ponti-di-firenze/ponte-san-niccolo-firenze.html>, in <http://www.aboutflorence.com/>, [Stand: 27.12.2013]

o. A.: Ponte a Santa Trinità, <http://www.aboutflorence.com/firenze/ponti-di-firenze/ponte-santa-trinita-firenze.html>, in <http://www.aboutflorence.com/> [Stand: 27.12.2013]

o. A.: Ponte alla Carraia, <http://www.aboutflorence.com/firenze/ponti-di-firenze/ponte-alla-carraia-firenze.html>, in <http://www.aboutflorence.com/>, [Stand: 27.12.2013]

o. A.: Ponte Vecchio, <http://www.aboutflorence.com/firenze/ponti-di-firenze/ponte-vecchio-firenze.html>, in <http://www.aboutflorence.com/> [Stand: 27.12.2013]

o. A.: Ponte alle Grazie, già fu di rubaconte, <http://curiositasufirenze.wordpress.com/tag/ponte-di-rubaconte/>, in <http://curiositasufirenze.wordpress.com/tag/ponte-di-rubaconte>, [Stand: 27.12.2013]

o. A.: Ponte alle Grazie, [http://it.wikipedia.org/wiki/Ponte\\_alle\\_Grazie](http://it.wikipedia.org/wiki/Ponte_alle_Grazie), in <http://it.wikipedia.org/> [Stand: 27.12.2013]

o. A.: Ponte di San Niccolò, [http://it.wikipedia.org/wiki/Ponte\\_di\\_San\\_Niccol%C3%B2](http://it.wikipedia.org/wiki/Ponte_di_San_Niccol%C3%B2), in <http://it.wikipedia.org/>, [Stand: 27.12.2013]

o. A.: Ponte Santa Trinità, [http://it.wikipedia.org/wiki/Ponte\\_Santa\\_Trinita](http://it.wikipedia.org/wiki/Ponte_Santa_Trinita), in <http://it.wikipedia.org/>, [Stand: 27.12.2013]

o. A.: Ponte Santa Trinita (29.09.2001), <http://structurae.de/structures/data/index.cfm?ID=s0002021>, in <http://structurae.de/> [Stand: 27.12.2013]

o. A.: Puente de „La Barqueta“, <http://www.arenasing.com/proyectos/puentes-urbanos/puente-de-la-barqueta>, in <http://www.arenasing.com>, [Stand: 07.02.2014]

o. A.: The cathedral. the Exterior. [http://www.duomofirenze.it/storia/catt-est\\_eng.htm](http://www.duomofirenze.it/storia/catt-est_eng.htm), in: <http://www.duomofirenze.it/index.htm>, [Stand: 2.1.2014]

o. A.: Zubizuri, <http://es.wikipedia.org/wiki/Zubizuri>, in <http://es.wikipedia.org/>, [Stand:26.02.2014]

o.A.: Pasarela de la Cartuja. [http://es.wikipedia.org/wiki/Pasarela\\_de\\_la\\_Cartuja](http://es.wikipedia.org/wiki/Pasarela_de_la_Cartuja), in <http://es.wikipedia.org/>, [Stand: 25.02.2014]

o.A.: Passerelle Simone-de-Beauvoir, [http://www.rfr-group.com/de/projekte/land/einzelansicht/?no\\_cache=1&user\\_rfrprojects\\_pi1\[project\]=19&chHash=44449f27ef85aba2e7f0e23707b6b365](http://www.rfr-group.com/de/projekte/land/einzelansicht/?no_cache=1&user_rfrprojects_pi1[project]=19&chHash=44449f27ef85aba2e7f0e23707b6b365), in <http://www.rfr-group.com/>, [Stand: 18.05.2014]

Paolini, Claudio (2.10.2010): Ponte alle Grazie, [http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=Santa+Trinita&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti\\_ingegneri=&pittori\\_scultori=&note\\_storiche=&uomini\\_illustri=&ID=1348](http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=Santa+Trinita&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti_ingegneri=&pittori_scultori=&note_storiche=&uomini_illustri=&ID=1348), in <http://www.palazzospinelli.org/architetture/default.asp>, [Stand: 20.03.2014].

Paolini, Claudio (21.02.2014): Lungarno della Zeccha Vecchia, [http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=lungarno&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti\\_ingegneri=&pittori\\_scultori=&note\\_storiche=&uomini\\_illustri=&ID=2655](http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=lungarno&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti_ingegneri=&pittori_scultori=&note_storiche=&uomini_illustri=&ID=2655), in <http://www.palazzospinelli.org/architetture/default.asp> [Stand: 18.3.2014]

Paolini, Claudio (23.7.2013): Lungarno degli Acciaiuoli, [http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=lungarno&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti\\_ingegneri=&pittori\\_scultori=&note\\_storiche=&uomini\\_illustri=&ID=2158](http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=lungarno&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti_ingegneri=&pittori_scultori=&note_storiche=&uomini_illustri=&ID=2158), in <http://www.palazzospinelli.org/architetture/default.asp>, [Stand: 18.3.2014]

Paolini, Claudio: Ponte a Santa Trinità (2.10.2010), [http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=Santa+Trinita&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti\\_ingegneri=&pittori\\_scultori=&note\\_storiche=&uomini\\_illustri=&ID=1348](http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=Santa+Trinita&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti_ingegneri=&pittori_scultori=&note_storiche=&uomini_illustri=&ID=1348), in <http://www.palazzospinelli.org/architetture/default.asp>, [Stand: 27.12.2013]

Paolini, Claudio: Ponte alla Carraia (2.10.2010), [http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=alla+CAraia&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti\\_ingegneri=&pittori\\_scultori=&note\\_storiche=&uomini\\_illustri=&ID=1349](http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=alla+CAraia&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti_ingegneri=&pittori_scultori=&note_storiche=&uomini_illustri=&ID=1349), in <http://www.palazzospinelli.org/architetture/default.asp>, [Stand: 27.12.2013]

Paolini, Claudio: Ponte alle Grazie (02.10.2010), [http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=ponte+alle+grazie&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti\\_ingegneri=&pittori\\_scultori=&note\\_storiche=&uomini\\_illustri=&ID=1347](http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=ponte+alle+grazie&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti_ingegneri=&pittori_scultori=&note_storiche=&uomini_illustri=&ID=1347), in <http://www.palazzospinelli.org/architetture/default.asp>, [Stand: 27.12.2013]

Paolini, Claudio: Ponte di San Niccolò (3.10.2010), [http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=San+Niccol%F2&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti\\_ingegneri=&pittori\\_scultori=&note\\_storiche=&uomini\\_illustri=&ID=1353](http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=San+Niccol%F2&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti_ingegneri=&pittori_scultori=&note_storiche=&uomini_illustri=&ID=1353), in <http://www.palazzospinelli.org/architetture/default.asp>, [Stand: 27.12.2013]

Paolini, Claudio: Ponte Vecchio (2.10.2010), [http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=Ponte+Vecchio&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti\\_ingegneri=&pittori\\_scultori=&note\\_storiche=&uomini\\_illustri=&ID=1346](http://www.palazzospinelli.org/architetture/scheda.asp?denominazione=Ponte+Vecchio&ubicazione=&button=&proprieta=&architetti_ingegneri=&pittori_scultori=&note_storiche=&uomini_illustri=&ID=1346), in <http://www.palazzospinelli.org/architetture/default.asp>, [Stand: 27.12.2013]



## Abbildungsverzeichnis

01 Christina Rapposch - R  
02 R  
03 R  
04 <http://www.palazzospinelli.org/architetture/tavole/vedute/ing/secoloXVI-XVIII/veduta1493.asp>, [Stand: 18.12.2013].  
05 R  
06 R  
07 R  
08 R  
09 R  
10 R  
11 R  
12 R  
13 R  
14 R  
15 R  
16 R  
17 R  
18 R  
19 R  
20 R  
21 R  
22 R  
23 google maps  
24 R  
25 R  
26 <http://www.palazzospinelli.org/architetture/tavole/vedute/ing/secoloXIX/veduta1865circa.asp>, [Stand: 20.3.2014]  
27 [http://www.teladoiofirenze.it/wp-content/uploads/2013/07/fabbrica\\_2\\_VecchiaFirenzeMia\\_n.jpg](http://www.teladoiofirenze.it/wp-content/uploads/2013/07/fabbrica_2_VecchiaFirenzeMia_n.jpg), [Stand: 20.3.2014]

28 R  
29 google maps  
30 google maps  
31 R  
32 R  
33 <http://maps.comune.fi.it/pianostrutturale/?config=sistemater&PHPSESSID=m8c2i2mt2astnj2fkm4gl1omp0&resetsession=groups>, [Stand: 18.03.2014]  
34 R  
35 <http://archivistorici.comune.fi.it/easyweb/dis/img/grandi/016014.jpg>, [Stand: 18.03.2014]  
36 <http://archivistorici.comune.fi.it/easyweb/dis/img/grandi/016014.jpg>, [Stand: 18.03.2014]  
37 <http://maps.comune.fi.it/pianostrutturale/?config=sistemater&PHPSESSID=m8c2i2mt2astnj2fkm4gl1omp0&resetsession=groups>, [Stand: 18.03.2014]  
38 <http://maps.comune.fi.it/pianostrutturale/?config=economiche&PHPSESSID=m8c2i2mt2astnj2fkm4gl1omp0&resetsession=groups>, [Stand: 18.03.2014]  
39 R  
40 <http://maps.comune.fi.it/pianostrutturale/?config=dotazecoamb&PHPSESSID=m8c2i2mt2astnj2fkm4gl1omp0&resetsession=groups>, [Stand: 18.03.2014]  
41 [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d5/Bridge\\_Alcantara.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d5/Bridge_Alcantara.JPG)  
42 [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Le\\_Pont\\_d%27Avignon.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Le_Pont_d%27Avignon.jpg)  
43 [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/56/Kapellenbr%C3%BCcke\\_Luzern.jpg/1280px-Kapellenbr%C3%BCcke\\_Luzern.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/56/Kapellenbr%C3%BCcke_Luzern.jpg/1280px-Kapellenbr%C3%BCcke_Luzern.jpg), [Stand: 14.05.2014]  
44 R  
45 [http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:The\\_Iron\\_Bridge?uselang=de#mediaviewer/File:Iron\\_Bridge\\_from\\_the\\_village.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:The_Iron_Bridge?uselang=de#mediaviewer/File:Iron_Bridge_from_the_village.jpg), [Stand: 14.05.2014]  
46 <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f3/Garabit.jpg> [Stand: 14.05.2014]

47 Schiffer-Ekhardt, 1993, 111  
48 Schanz 2010, 79  
49 R  
50 [http://www.holzweltmurau.at/a\\_holzweltmurau/cache/xmlist/holztouren/bau-trifft-architektur/gr-i50ba8-i9e1e6aBild\\_1-Holzeuropabrcke.St.Georgen28web.jpg](http://www.holzweltmurau.at/a_holzweltmurau/cache/xmlist/holztouren/bau-trifft-architektur/gr-i50ba8-i9e1e6aBild_1-Holzeuropabrcke.St.Georgen28web.jpg), [Stand: 10.04.2014]  
51 <http://structurae.de/photos/index.cfm?id=164321>, [Stand: 10.04.2014]  
52 <http://derstandard.at/1356427845889/Eine-Harfe-fuehrt-nun-ueber-die-Mur>  
53 R  
54 R  
55 <http://www.palazzospinelli.org/architetture/tavole/piante/ing/SecoloXVI-XVIII/pianta1600.asp>, [Stand: 27.12.2013]  
56 R  
57 [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/36/Pittore\\_ottocentesco%2C\\_veduta\\_dell%27amo\\_col\\_vecchio\\_Ponte\\_di\\_San\\_Niccol%C3%B2.jpg/1024px-Pittore\\_ottocentesco%2C\\_veduta\\_dell%27amo\\_col\\_vecchio\\_Ponte\\_di\\_San\\_Niccol%C3%B2.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/36/Pittore_ottocentesco%2C_veduta_dell%27amo_col_vecchio_Ponte_di_San_Niccol%C3%B2.jpg/1024px-Pittore_ottocentesco%2C_veduta_dell%27amo_col_vecchio_Ponte_di_San_Niccol%C3%B2.jpg), [Stand: 27.12.2013]  
58 R  
59 [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/Ponte\\_delle\\_Grazie\\_-\\_Ponte\\_a\\_Rubaconte\\_-\\_Firenze.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/Ponte_delle_Grazie_-_Ponte_a_Rubaconte_-_Firenze.jpg), [Stand: 27.12.2013]  
60 R  
61 R  
62 [http://archivistorici.comune.fi.it/easyweb/dis/img/grandi/019054\\_a.jpg](http://archivistorici.comune.fi.it/easyweb/dis/img/grandi/019054_a.jpg), und [http://archivistorici.comune.fi.it/easyweb/dis/img/grandi/019054\\_b.jpg](http://archivistorici.comune.fi.it/easyweb/dis/img/grandi/019054_b.jpg), [Stand: 27.12.2013]  
63 R  
64 [http://archivistorici.comune.fi.it/easyweb/dis/img/grandi/028031\\_b.jpg](http://archivistorici.comune.fi.it/easyweb/dis/img/grandi/028031_b.jpg), [Stand: 27.12.2013]

65 <http://www.florence-on-line.com/images/ponte-alla-carraia.jpg>, [Stand: 27.12.2013]  
66 R  
67 R  
68 R  
69 <http://www.arenasing.com/proyectos/puentes-urbanos/puente-de-la-barqueta>, [Stand: 18.05.2014]  
70 R  
71 R  
72 Baus, / Schlaich, 2008  
73 <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Peniche-sous-la-passerelle-.jpg>, [Stand: 18.05.2014]  
74 R  
75 Lavalou/Feichtinger, 2006, 38.  
76 Dreiländerbrücke  
77 <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/6/60/Dreilaenderbruecke003.jpg>, [Stand: 18.05.2014]  
78 [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/95/Dreilaenderbruecke\\_002.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/95/Dreilaenderbruecke_002.jpg), [Stand: 18.05.2014]  
79 R  
80 R  
81 R  
82 R  
83 R  
84 R  
85 R  
86 R  
87 R  
88 R  
89 R  
90 R  
91 R