



Eva-Maria Wimmer, BSc

Webergrabenbrücke

Im Wandel der Zeit

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

Masterstudium Architektur

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Univ.-Prof. Dipl.Ing. Stefan Peters

Institut für Tragwerksentwurf

Graz, Oktober 2015

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 entnommenen, Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

16. Oktober 2015

Datum

Unterschrift

Affidavit

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 indicated all material which has been quoted either literally or by content from the sources used.

The text document uploaded to TUGRAZonline is identical to the present master's thesis dissertation.

16. October 2015

Date

Signature

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinem betreuenden Professor, Univ.-Prof. Dipl.Ing. Stefan Peters, bedanken, welcher mich während des gesamten Arbeitsprozesses unterstützt hat und mir mit Rat und Tat zur Seite stand.

Ein weiterer Dank gilt den Architekten des Architekturbüros HARDdecor, DI Johanna Digru-ber und DI Christian Fröhlich, für ihre Hilfe bei der Grundlagenforschung und der Beschaf-fung von Informationen über die Webergrabenbrücke.

Durch die problemlose Bereitstellung ihres 3D-Druckers, konnte das Modell der UHPC-Brü-cke verwirklicht werden und daher gilt mein großer Dank drei Personen der Media Markt Fi-liale in Amstetten. Dem Filialleiter Herr Janko Markus und den zwei Angestellten Herr Hand-stanger Phillip und Herr Leutgeb Mike.

Aber natürlich auch allen anderen Helfern ein großes Dankeschön, welche mich während des gesamten Arbeitsprozesses und bei jeglichen Fragen unterstützten und diese beantwor-ten.

Zu guter Letzt natürlich auch allen Freunden, Verwandten und Bekannten welche mir wäh-rend meines gesamten Studiums immer zur Seiten standen und mich stets ermutigten.

Ohne euch alle wäre dies alles gar nicht möglich gewesen!

Kurzfassung

Der Erlaufstausee in Mitterbach ist ein beliebtes Ausflugsziel für alle Altersgruppen.

Die langen und ausgiebigen Wanderwege führen in ländlicher Idylle rund um den See und auch weiter in das Gebiet von Mitterbach und die angrenzenden Berge hinein.

Über den Stausee führen einige Brücken, welche sich, mit einer Ausnahme, in gutem Zustand befinden. Die Webergrabenbrücke, hat bedingt durch die Witterung, ihre besten Zeiten bereits hinter sich und benötigt daher dringend einen Ersatz.

Eine Neuplanung des Oberbaus ist in diesem Fall unbedingt erforderlich, da der Verfall bereits sehr weit fortgeschritten ist. Die Frage, ob die Widerlager und Fundamente ebenfalls weiter verwendet werden können, bedarf einer Analyse durch Spezialisten.

Diese sind jedoch soweit zur Stauseemitte hin positioniert, dass auch hier eine Verbesserung der Situation durch Neupositionierung erzielt werden könnte.

Die Herausforderung hierbei besteht in dem unwegsamen Gelände, welches die Brücke umgibt und in weiterer Folge auch in der Bewirtschaftung der Baustelle. Außerdem müssen die Abbrucharbeiten mit großer Sorgfalt betrieben werden, da das umliegende Gelände und auch der Stausee innerhalb eines Naturschutzgebietes liegen.

Abstract

The Erlaufstausee in Mitterbach is a popular destination for all ages.

Long and extensive hiking trails lead into rural idyll around the lake and even further in the area of Mitterbach and the adjacent mountains.

Above the reservoir there are some bridges which, with one exception, are in good condition. The Webergrabenbrücke, conditioned by the weather, has seen better days, so it desperately need a successor.

A redesign of the superstructure is required in this case because the decline is already well advanced. The question whether the abutments and foundations may also be used, requires an analysis by specialists.

However, those are positioned too near to the centre of the reservoir, which means repositioning can improve the situation as well.

The challenge of this project consists in the rough terrain surrounding the bridge and also in the management of the construction site. It must be operated with a big diligence at the demolition work, because the surrounding terrain and the reservoir are placed within a nature reserve.

Inhalt

1.	Einleitung	10
2.	Geschichtliche Entwicklung Brückenbau	11
3.	Einführung in den Brückenbau	17
3.1.	Grundlagen	17
3.2.	Unterscheidung der Brücken nach Material	18
3.3.	Unterscheidung der Brücken nach Tragsystem.....	20
3.3.1.	Rahmenbrücken	21
3.3.2.	Bogenbrücken.....	23
3.3.3.	Schrägseil-, Schrägkabelbrücken	24
3.3.4.	Hängebrücken.....	26
3.3.5.	Verbundbrücken.....	27
3.4.	Unterscheidung der Brücken nach Herstellungsverfahren	29
3.4.1.	Tragwerksherstellung mit Hilfe konventioneller Rüstung (Lehrgerüst)	30
3.4.2.	Feldweiser Vorbau.....	31
3.4.3.	Taktschiebeverfahren	32
3.4.4.	Freivorbau (nach dem Waagebalkenprinzip)	33
3.4.5.	Sonderbauverfahren für Bogentragwerke	34
3.5.	Widerlager	35
3.5.1.	Kammerwand, Schottermauer	35
3.5.2.	Flügelmauer	36
3.5.3.	Schleppplatte.....	38
3.5.4.	Fahrbahnübergänge	40
4.	Mitterbach und der Stausee	41
4.1.	Geologische Daten.....	42
5.	Webergrabenbrücke	43
5.1.	Geschichtliche Entwicklung	43
5.2.	Allgemeines zur Brücke	44
5.3.	Zustandsbeurteilung.....	47
5.3.1.	Augenscheinliche Mängel.....	50
5.4.	Wiederverwendung oder Neubau.....	51
5.5.	Umweltverträglichkeit.....	52
6.	Planung	53
7.	Balkenbrücke	54

7.1.	Entwurf.....	55
7.2.	Betonrevitalisierung	57
7.3.	Oberbau.....	58
7.4.	Pläne	59
7.4.1.	Bauteil – Sprenggrafik.....	59
7.4.2.	Draufsicht	60
7.4.3.	Längsschnitt.....	60
7.4.4.	Regelquerschnitt.....	61
7.4.5.	Detail.....	62
7.5.	Statik.....	63
7.6.	Visualisierungen	66
7.7.	Kostenschätzung.....	67
8.	Sprengwerkbrücke.....	68
8.1.	Entwurf.....	70
8.2.	UHPC.....	71
8.2.1.	Beispiel: „Wild-Brücke“	74
8.3.	Abbruch Bestand	76
8.4.	Fundamente und Widerlager	77
8.5.	Vorspannung	78
8.6.	Geländer	79
8.7.	Montage	80
8.8.	Nachträgliche Nutzungsadaptierung und Wartung.....	81
8.9.	Pläne	82
8.9.1.	Grundriss	82
8.9.2.	Längsschnitt.....	83
8.9.3.	Regelquerschnitt.....	84
8.9.4.	Details.....	85
8.10.	Statik.....	87
8.11.	Visualisierungen	90
8.12.	Kostenschätzung.....	91
9.	Resümee	92
10.	Begriffserklärungen	93
11.	Literaturverzeichnis	94

11.1.	Bücher.....	94
11.2.	Internetrecherche.....	96
12.	Abbildungsverzeichnis	97
13.	Abbildungsnachweis.....	101
14.	Skizzen zur Entwurfsfindung	105
15.	Modellfotos	111

1. Einleitung

Die Webergrabenbrücke in Mitterbach ist eine veraltete Stahlbetonbrücke. Sie ist bereits sehr verfallen und daher auch seit Langem für jegliche Benutzung gesperrt.

Die Brücke liegt im Gebiet des Naturparks Ötscher-Tormäuer und ist von malerischer Natur umgeben.

Der Bahnhof Erlaufklause ist nur 15 Minuten entfernt und auch das Ortszentrum von Mitterbach ist fußläufig in zirka einer Stunde zu erreichen.

Direkt an der Brücke liegen Wanderwege, welche inmitten des Ötschergebietes führen. An diesen sind auch Hütten gelegen, die zur Einkehr zu einer gemütlichen Jause oder sogar zum Übernachten einladen.

Die Neuplanung dieser Brücke ist gerade auch dieses Jahr ein gut gewähltes Thema, da am 24.4.2015 die Ausstellung „Ötscherreich“ eröffnet wurde. Die Ausstellung lädt Besucher dazu ein, die Gegend rund um den Ötscher zu erkunden und auch unzählige Veranstaltungen und Ausstellungen in diesem Rahmen zu besuchen.

Um die angrenzende Landschaft und auch etwaige geschichtliche Aspekte in die Planung miteinzubeziehen, werden nachstehend sämtliche Einflüsse genau beleuchtet und durch diese Erkenntnisse eine optimale Planung vorgenommen.

In dieser Arbeit werden zwei Entwürfe beschrieben, bei denen anhand der Konstruktionsart und des Materials unterschieden wird.

Der erste Entwurf, in dem die bestehenden Fundamente, Widerlager und Pfeiler weiter verwendet werden, wird gemäß den Wünschen der Gemeinde aus Holz ausgeführt. Dieser Entwurf stellt die Variante einer derzeit durchaus gängigen Brückenkonstruktion dar.

Im zweiten Entwurf, wird die Brücke aus vorgespannten UHPC-Fertigteilelementen zusammengesetzt und der Bestand komplett abgerissen. Dieser Entwurf ist eine innovative und zukunftsorientierte Methode des Brückenbaus, welche in den kommenden Jahren wahrscheinlich immer populärer werden wird.

2. Geschichtliche Entwicklung Brückenbau

Der Brückenbau beginnt bereits sehr früh in der Geschichte der technischen Entwicklung. Die ersten Bauten waren Brücken, damals jedoch beginnend mit umgeworfenen Baumstämmen oder aufeinander geschichteten Steinen, wodurch man den Fluss überqueren konnte.



Abbildung 1: Brücke über Fluss Barle.

In Nepal zum Beispiel, wurden bereits sehr früh Hängebrücken errichtet, jedoch bei Weitem nicht mit derartigem Knowhow, wie wir sie heute kennen. Bambusstäbe wurden so lange unter der Erde begraben, bis nur noch die Zellulosefasern übrig blieben. Diese wurden dann zu drei Seilen verflochten, in regelmäßigen Abständen zusammengeknotet und somit eine Art Hängebrücke bildeten. Später wurden zusätzlich mehrere Seile in den Felswänden verankert und als Trittpläche Holzplatten eingelegt. Auch eine Abstraktion eines Geländers war bereits vorhanden.¹

¹ Graf 2007, 16.

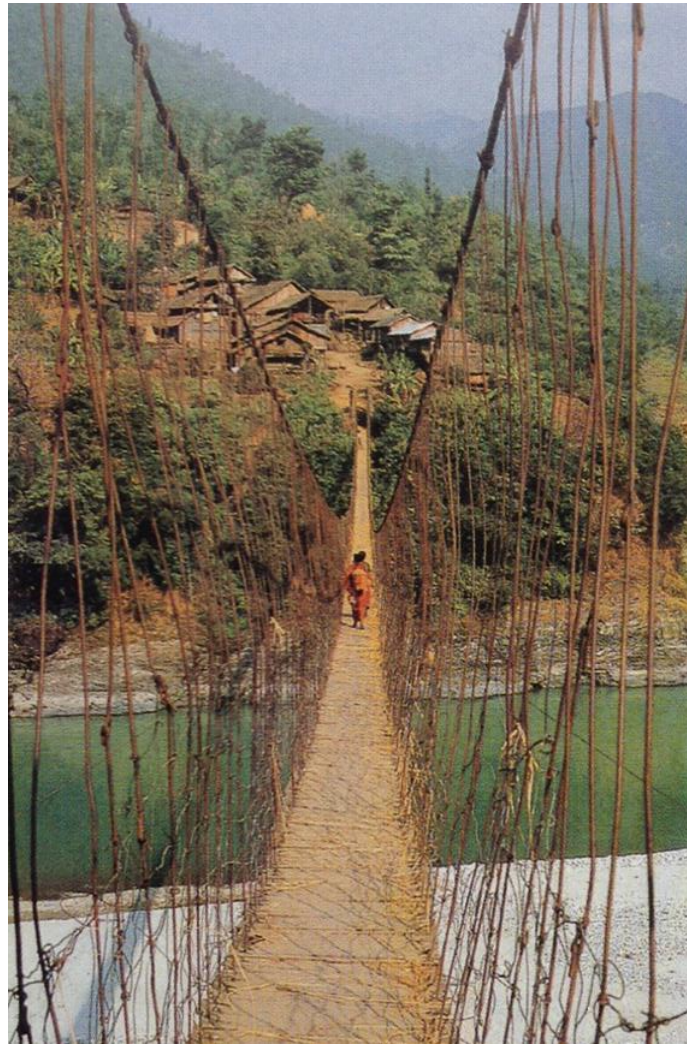


Abbildung 2: Seilhängebrücke Nepal.

In China beispielsweise, beginnt die Geschichte des Brückenbaus bereits etwa um 1134 v.Chr. mit Schiffsbrücken. Diese wurden aus Booten gebildet und mittels Bretterbelag begehbar gemacht.

Um 500 v.Chr. war die Holzbalkenbrücke die gängigste Methode einen Fluss zu queren. Es wird über eine 135 Meter lange, 19.2 Meter breite Holzbalkenbrücke mit mehreren Öffnungen berichtet, welche über den Fluss Fenshui führt. Die Holzpfeiler standen dabei direkt im Wasser und waren durch den Luft-Wasser-Wechsel sehr schnell dem Verfall ausgesetzt.²

² Mehlhorn 2007, 3 f.

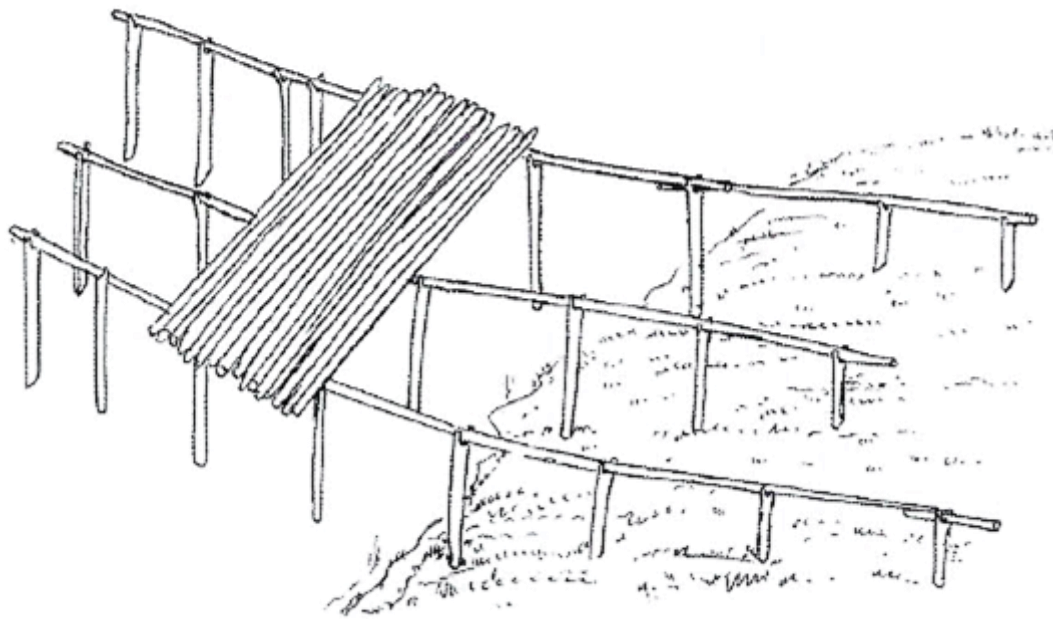


Abbildung 3:Rekonstruktionsvorschlag Holzbrücke.

Um dem Verfall entgegenzuwirken und somit langlebigere Pfeiler und Brücke zu erreichen, wurden später auch Holzbalkenbrücken mit Pfeilern aus Stein erbaut. Die Konstruktion wurde so ausgeführt, dass jeweils unter den Steinpfeilern und an dessen oberen Ende eine Steinplatte platziert wurde. Am oberen Pfeilerende wurde auf diese Steinplatte ein auskragender Holzbalken gelegt, welcher die Holzträger des Brückenoberbaus trug.

Darauf folgten die Holz-Stein-Brücken und aus diesen entwickelten sich die reinen Steinbrücken. Hierbei war allerdings wieder zu unterscheiden, ob lediglich eine Steinplatte über einen kleinen Bach gelegt wurde, mehrere Platten auf Pfeilern aufgelagert wurden oder ob eine lange, mehrfeldrige Brücke, welche Pfeiler aus behauenen Steinen vorweist, gebaut werden sollte. Der erhebliche Mehraufwand bei der Herstellung wurde jedoch durch die erheblich längere Nutzungsdauer ausgeglichen. Ein gutes Beispiel dafür ist die Anping-Brücke. Diese wurde im 12.Jahrhundert erbaut und wird auch heute noch benutzt.

Brücken, welche lediglich dem Fußgängerverkehr dienen sollten, wurden hauptsächlich als Steinbogenbrücken ausgeführt, wobei Spannweiten bis zu 9 Meter erreicht werden konnten. Die Dicke des Gewölbes betrug dabei $1/40$ bis $1/30$ der Spannweite.³

³ Mehlhorn 2007, 3-5.

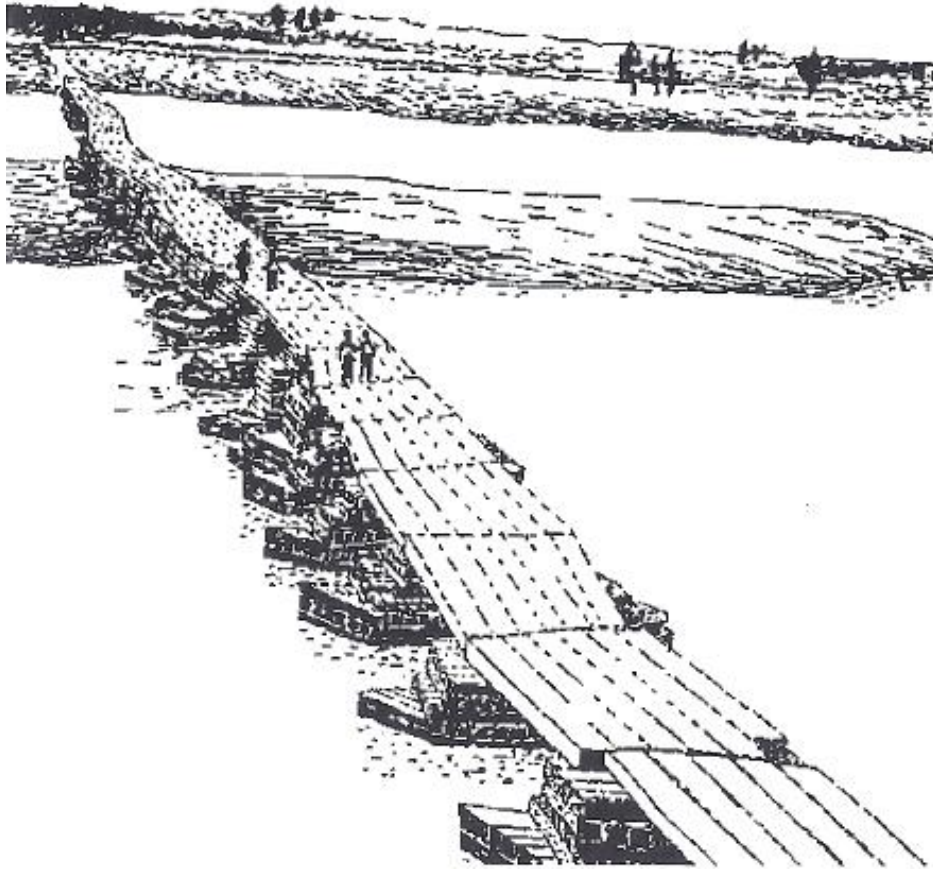


Abbildung 4: Anping-Brücke.



Abbildung 5: Anji Brücke.

Die Anji Brücke über den Fluss Xiache, erbaut Ende des 16. Jahrhunderts von Li Chun, war die weltweit erste Segmentbogenbrücke und ist auch heute noch erhalten. Sie weist eine Spannweite von 37 Meter, einen Bogenradius von 27,7 Meter und eine Stichhöhe von 7,23 Meter auf.⁴

Ein weiterer wichtiger Meilenstein in der Entwicklung der Brücken, waren die Aquädukte.

Diese wiesen ein natürliches Gefälle von 0,2 – 0,5% auf.⁵

Bereits Marcus Vitruvius schrieb in seinen zehn Büchern der Architektur darüber folgendes:

„Die Leitung des Wassers geschieht auf dreierlei Art: durch Rinnsale in gemauerten Fugen, durch Blei- oder Tonröhren [...]. Das Wasser ist aus den Tonröhren gesünder als das durch die Bleirohren geleitete, denn das Blei scheint deshalb gesundheitsschädlich zu sein, weil aus ihm Bleiweiß entsteht [...]. Kommt die Leitung an die Stadtmauer, so soll man ein Wasserschloss errichten.“⁶

Ein beeindruckendes Beispiel eines Aquäduktes ist das römische Aquädukt in Segovia. Es umfasst 119 Bögen und überquert mit einer gesamten Länge von 728 Meter die Vororte Segovias. Es wurde während der Regentschaft von Kaiser Titus Flavius Domitianus erbaut und brachte das Wasser aus dem 17 Kilometer entfernten Ort Riofrío.

Beginnend mit Naturmaterialien, wie Bambuszellulose, über Holz, Stein, und Ziegelbrücken ist die Entwicklung des Brückenbaus bereits weit vorangeschritten. Der nächste Entwicklungsschritt geht bereits in Richtung heutiger Brückenkonstruktionen, nämlich durch die Verwendung von Eisen. 1781 wurde die erste gusseiserne Brücke vorgestellt, die Severnbrücke bei Coalbrookdale. Vorgefertigte Elemente wurden innerhalb von 17 Wochen mittels Bolzen und schwalbenschwanzförmigen Überblattungen zusammengefügt. Die Fahrbahn bestand aus Lehm und Eisenschlacke.

Die Bogenspannweite beträgt 30,6 Meter und die zuerst gemauerten Widerlager wurden 1821 durch eiserne Bögen ersetzt. Die gesamte Konstruktion weist letztendlich ein Gewicht von 387,5 Tonnen auf. Diese Bauweise war so überzeugend, dass es bis zum Ende des Jahrhunderts viele Nachahmer gab.⁷

⁴ Mehlhorn 2007, 7.

⁵ Ebda., 19.

⁶ Graf 2007, 18f.

⁷ Ebda., 62f.

Ein weiterer wichtiger Schritt in der Entwicklung des Brückenbaus war die Verwendung von Stahl, wie bei der Firth-of-Forth-Brücke in Edinburgh, welche mit knapp 2,5 Kilometer die längste Stahlauslegerbrücke der Welt ist.

Der Einsatz von Beton, wie bei der 820 Meter langen, 190 Meter hohen Europabrücke in Innsbruck, ist eine der gängigen Methoden des modernen Brückenbaus.⁸

Natürlich gehört auch unter anderem Glas als Material erwähnt, wobei dieses hauptsächlich bei Tourismusattraktionen zum Einsatz kommt. Ein gelungenes Beispiel hierfür ist die Horseshoe-Bridge inmitten des Grand Canyon. Jedoch ist hier noch anzufügen, dass das Glas hier lediglich als Bodenbelag fungiert und keinesfalls die tragende Konstruktion ausbildet.



Abbildung 6: Horseshoe-Bridge.

⁸ Graf 2007, 94.

3. Einführung in den Brückenbau

3.1. Grundlagen

Um sich mit dem Thema des Brückenbaus auseinandersetzen zu können, bedarf es einiger Begriffe, welche die wichtigsten Brückenelemente definieren, um auch in weiterer Folge, die Pläne verstehen zu können, welche der Arbeit angefügt sind.

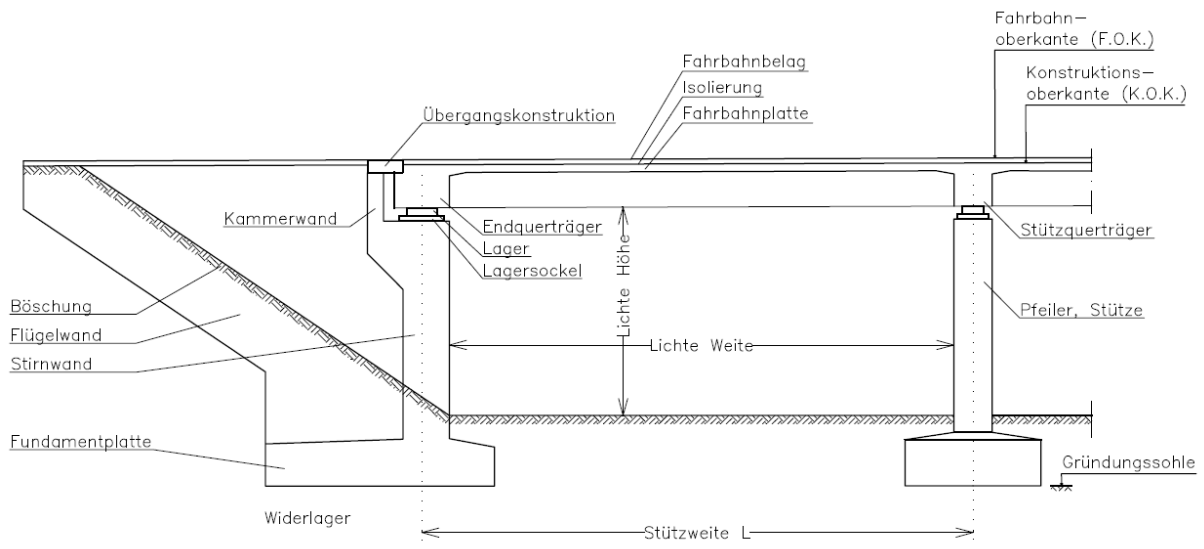


Abbildung 7: Längsschnitt einer Brücke.

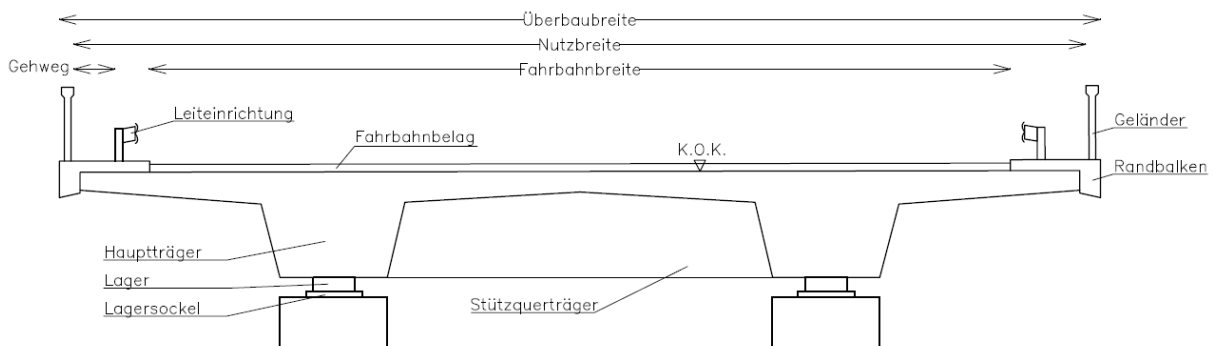
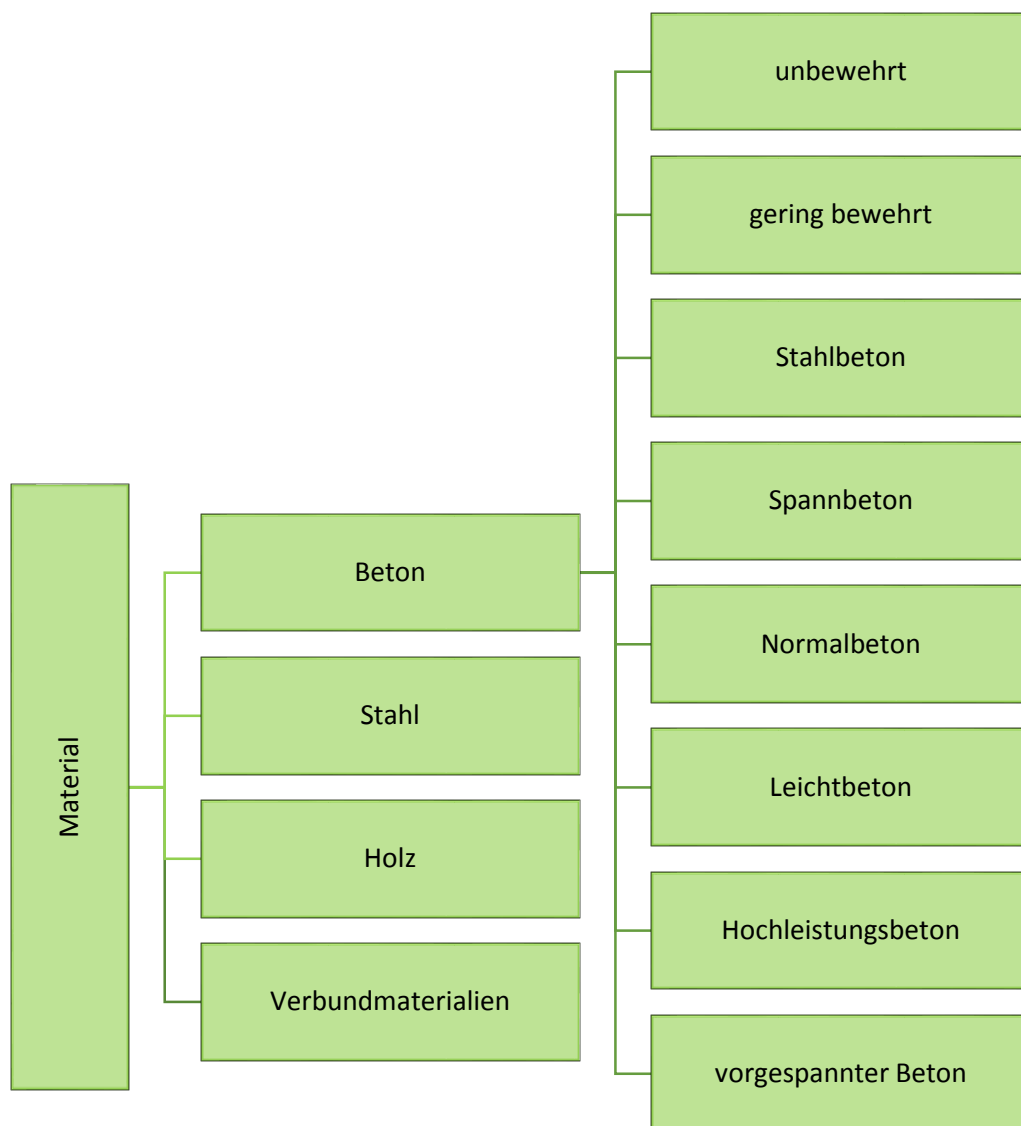


Abbildung 8: Querschnitt einer Brücke.

3.2. Unterscheidung der Brücken nach Material

Wie auch bereits in der geschichtlichen Entwicklung erkennbar ist, zeichnen sich drei Materialien ab, welche heute zur Brückenherstellung verwendet werden bzw. hauptsächlich zum Einsatz kommen.



Beton ist eines der am häufigsten verwendeten Materialien im Brückenbau. Hier unterscheidet man jedoch nochmals, ob es unbewehrter, gering bewehrter, Stahl- oder Spannbeton ist, der zum Einsatz kommt. Ob es Normal-, Leicht- oder Hochleistungsbeton ist, der Anwendung findet, oder ob eine Brücke aus Ortbeton, Fertigteilen oder Fertigteilen im Verbund mit Ortbeton gebildet wird. Um dünne und sehr beanspruchbare Elemente zu erzeugen kann auch eine Vorspannung eingeplant werden.

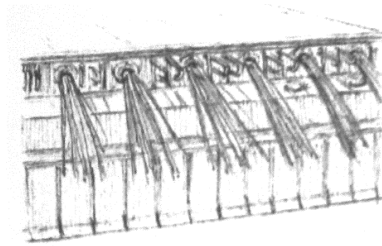


Abbildung 9: Vorspannglieder Betonbrücke.

Ist eine schnelle Montage notwendig, wird gerne Stahl zur Herstellung von Brücken verwendet. Auch hier wird wieder in einige Untergruppen eingeteilt: die Konstruktion kann als Vollwand oder Fachwerk ausgeführt sein, mit oder ohne Verbund mit Beton. Die Stabilität kann zusätzlich durch Zug- und Stützelemente als Abspannung oder Unterspannung unterstützt werden.

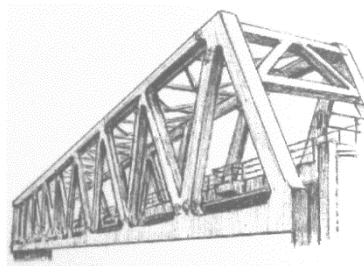


Abbildung 10: Stahlbrücke.

Aber auch Holz spielt eine tragende Rolle als Material im Brückenbau.⁹

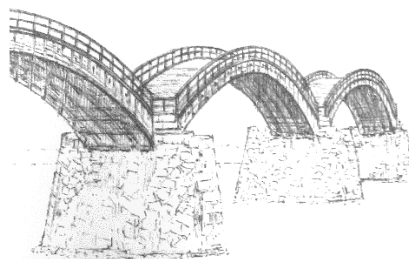


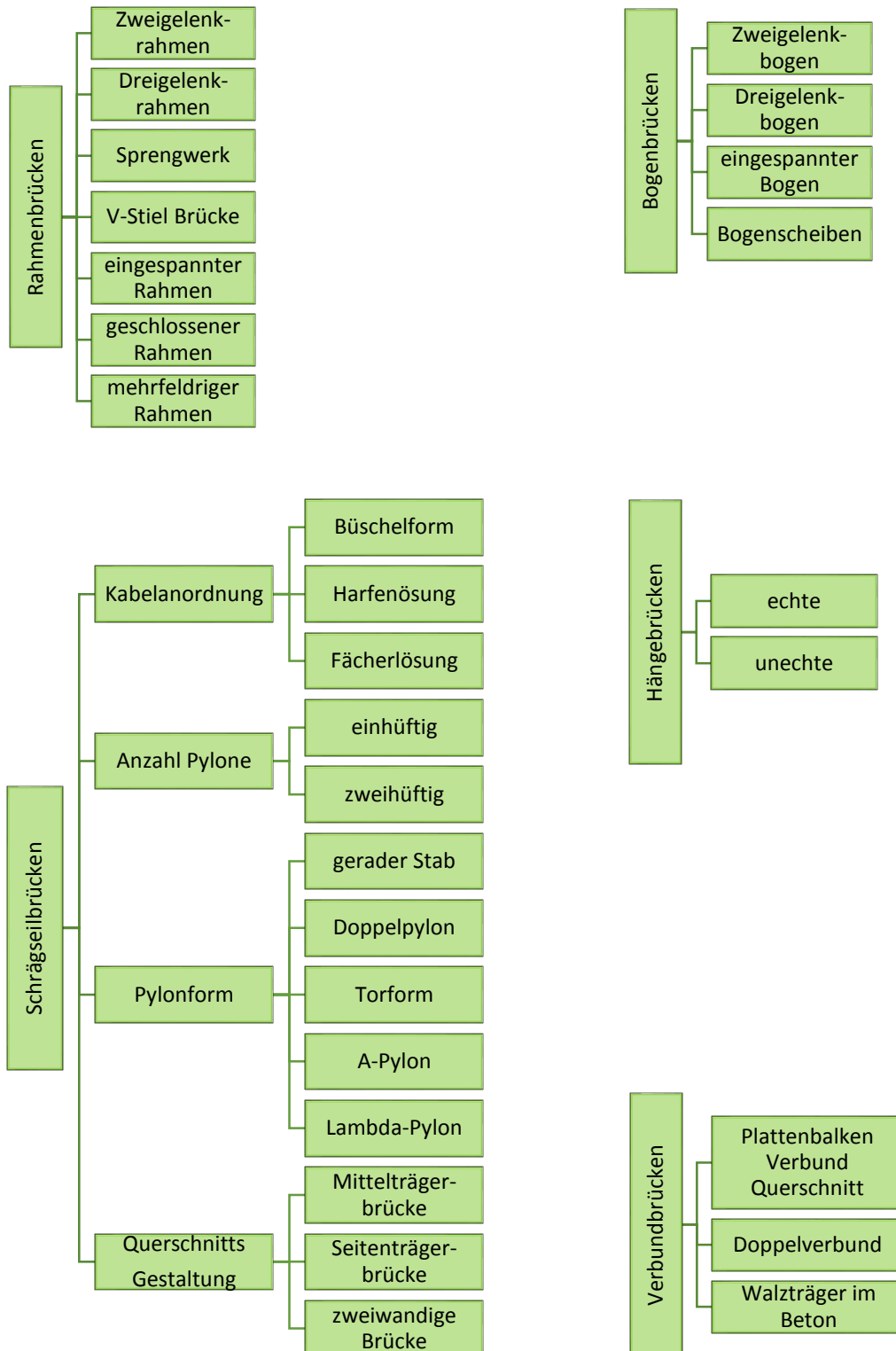
Abbildung 11: Holzbrücke.

⁹ Hohensinner 2009 Anlageverhältnisse, 7.

3.3. Unterscheidung der Brücken nach Tragsystem

Grundlegend gibt es fünf übergeordnete Systeme unter welchen unterschieden wird: Rahmen-, Bogen-, Schrägseil-, Hänge- und Verbundbrücken.

Diese fünf Systeme werden wiederum in einige Untergruppen aufgeteilt.



3.3.1. Rahmenbrücken

Hiervon spricht man, wenn der Brückenbalken und die Widerlagerwände bzw. die Stützpfiler biegesteif miteinander verbunden werden. Durch die Belastung eines Rahmentragwerkes, beispielsweise durch eine Gleichlast, versucht die Widerlagerwand bzw. der Pfeiler seitlich auszuweichen. Dieses Ausweichen wird durch die Aufbringung einer entgegengesetzten, horizontalen Kraft beim Festhaltepunkt (Auflager) verhindert.

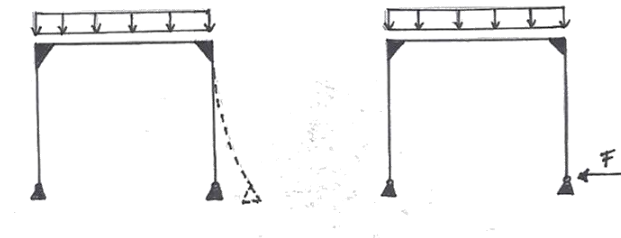


Abbildung 12: Ausweichen des Rahmens.

Den Auflagern sind bei diesem System besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Im Allgemeinen, ist dieses System nur bei Tiefengründungen oder geeignetem Baugrund sinnvoll.

- a. Zweigelenrahmen (mit und ohne Zugband)



Abbildung 13: Zweigelenrahmen.

- b. Dreigelenrahmen (statisch bestimmt)



Abbildung 14: Dreigelenrahmen.

- c. Sprengwerk

senkrechte oder geneigte Stiele mit aufliegendem Ausleger, meist Federgelenke



Abbildung 15: Sprengwerk.

d. V-Stielbrücke

gelenkig gelagert oder Federgelenke, Feldmomente reduziert, keine großen Verformungen



Abbildung 16: V-Stielbrücke.

e. eingespannter Rahmen (Unterführungen, Baudurchlässe, etc.)

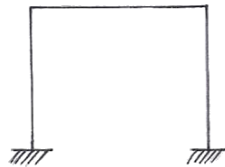


Abbildung 17: eingespannter Rahmen.

f. geschlossener Rahmen (auf besonders schlechtem Baugrund)¹⁰

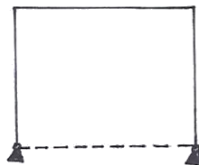


Abbildung 18: geschlossener Rahmen.

g. mehrfeldriger Rahmen (Stiele gelenkig oder eingespannt)

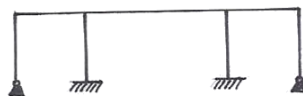


Abbildung 19: mehrfeldriger Rahmen.

¹⁰ Seelmann 2010 Teil 1, 6.

3.3.2. Bogenbrücken

Bogenbrücken sind dann gegeben, wenn die Schwereachse in gebogener Form auftritt. Durch diese Geometrie kommt es bei Belastung zum Bogenschub (große Horizontalkräfte), welcher bei flachen Tragwerken schwer in den Untergrund abzuleiten ist. Bei steilen V-Tälern, wo anstehend „gesunder“, tragfähiger Fels anzufinden ist, bildet die Bogenbrücke die beste Variante. Die maximale Stützweite dieses Systems beträgt 300 Meter, wenn Beton verwendet wird. Mit Stahl wären 500 Meter möglich.

Je nach statischem System unterscheidet man folgende Typen (f ist das Stichmaß):

- a. Zweigelenkbogen (einfach statisch unbestimmt; Faustformel: $l/f=4-12$)

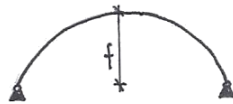


Abbildung 20: Zweigelenkbogen.

- b. Dreigelenkbogen (statisch bestimmt; $l/f=5-12$)

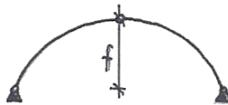


Abbildung 21: Dreigelenkbogen.

- c. eingespannter Bogen (dreifach statisch unbestimmt, am Kämpfer dicker als am Scheitel; $l/f=2-10$)



Abbildung 22: eingespannter Bogen.

- d. Bogenscheiben (dünnwandige bogenförmige Scheiben, meist gelenkig gelagert; Spannweite 20-40 Meter)¹¹

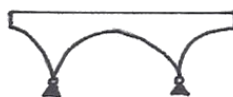


Abbildung 23: Bogenscheiben.

¹¹ Seelmann 2010 Teil 1, 8.

3.3.3. Schrägseil-, Schrägkabelbrücken

Bei besonders großen Spannweiten, bietet sich die Konstruktionsweise der Schrägseilbrücke an. Die Bestandteile sind: Fahrbahn, Pylon(e) und Seile. Diese bilden ein Kräftedreieck: der Pylon, welcher als Druckstab dient und die Lasten in den Untergrund ableitet und die Seile, welche als Zugstäbe dienen und die Fahrbahn in regelmäßigen Abständen unterstützend lagern. Durch die Bildung dieses Kräftedreiecks kommt es zu Druckkräften in der Fahrbahn. Wirtschaftlich sind Schrägseilbrücken erst ab Spannweiten von 100-1000 Meter.¹²

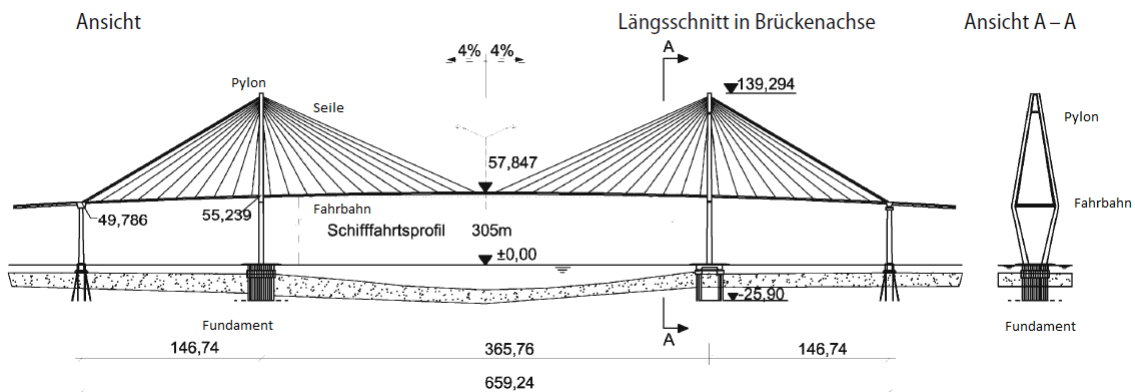


Abbildung 24: Bezeichnungen Schrägseilbrücke.

Es kommt aber auch bei den Schrägseilbrücken zu nachstehenden Einteilungen:

a. Einteilung nach Kabelanordnung

- Büschelform (alle Seile von einem Punkt aus, statisch beste Lösung)



Abbildung 25: Büschelform.

- Harfenlösung (aus architektonischer Sicht empfohlen, „geordnete“ Ansicht)



Abbildung 26: Harfenlösung.

- Fächerlösung mit Einzelseilen (statisch-ästhetischer Mittelweg)¹³



Abbildung 27: Fächerlösung.

¹² Seelmann 2010 Teil 1, 14.

¹³ Ebd.,15.

b. Einteilung nach Anzahl der Pylone

- Einhüftig
- Zweihüftig

c. Einteilung nach Pylonenform

- gerader Stab

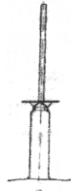


Abbildung 28: gerader Stab.

- Doppelpylon

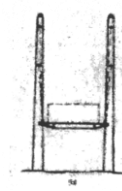


Abbildung 29: Doppelpylon.

- Torform

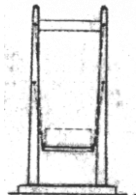


Abbildung 30: Torform.

- A-Pylon

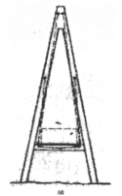


Abbildung 31: A-Form.

- Lambda-Pylon (s.o.)



Abbildung 32: Lambda-Pylon.

d. Einteilung nach Querschnittsgestaltung

- Mittelträgerbrücke (Seil in der Mittelebene)
- Seitenträgerbrücke (z.B. Fußgängerbrücken)
- Zweiwandige Brücken (Lastverteilung im Querschnitt nach Hebelsgesetz)¹⁴

¹⁴ Seelmann 2010 Teil 1, 16.

3.3.4. Hängebrücken

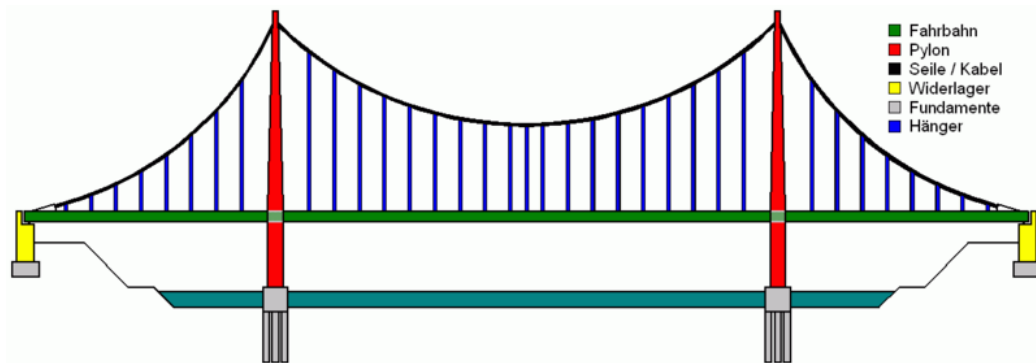


Abbildung 33: Bezeichnungen Hängebrücke.

a. echte Hängebrücken

Diese sind endverankert, also die Tragkabel, welche über die Pylone ausgelegt werden, sind an den Enden in Ankerblöcken verankert (Endverankerungspunkte). Mittels Hängerseilen wird der Brückenbalken an den Tragkabeln befestigt und somit aufgehängt.

Durch die extremen Stützweiten sind gerade Stahltragwerke sehr schwingungsanfällig und es bedarf einer vorangehenden dynamischen Berechnung.

Hauptsächlich werden zweiwandige Hängebrücken ausgeführt, welche lotrechte Hänger und Fachwerkversteifungsträger besitzen.

Es sind aber auch durchaus aerodynamische Varianten möglich. Eine Option wären Monokabelhängebrücken, wobei statt der lotrechten Hänger, fachwerkartige, schräge Hänger angeordnet werden.

Hängebrücken im Allgemeinen, sind ab einer Spannweite von 300 Meter (bis ca. 3000 Meter) wirtschaftlich.

b. unechte Hängebrücken

Der Unterschied zur echten Hängebrücke besteht darin, dass die Lasten nicht in die Tragkabel geleitet werden, sondern direkt in die Versteifungsträger, welche quer zwischen den Brückenbalken befestigt sind. Dieses System ist also in sich verankert. Es wird aber heute nicht mehr ausgeführt, da es aus fertigungstechnischen Gründen nicht mehr sinnvoll ist.¹⁵

¹⁵ Seelmann 2010 Teil 1, 22.

3.3.5. Verbundbrücken

Bei dieser Konstruktionsart werden die Hauptträger aus Stahl und die darüber liegende Fahrbahn aus Stahl- oder Spannbeton ausgeführt. Dies beinhaltet viele Vorteile, wie ein geringes Gewicht, eine geringe Bauhöhe, schnelle Montage durch die Verwendung von Fertigteilen und es ist kostengünstiger als die Verwendung einer orthotropen Platte. Der Verbund zwischen Stahl und Beton wird heute fast ausschließlich mittels Kopfbolzendübel erzeugt.

Bei Verbundbrücken werden drei Konstruktionsarten unterschieden:

a. Plattenbalken-Verbundquerschnitt

Zwei Hauptträger aus Stahl tragen eine Betonplatte, welche den Obergurt bildet. Der Stahlbetonobergurt kann 2,50-7,00 Meter gespannt werden. Somit ist, unter Berücksichtigung der Auskrägung an beiden Seiten, eine maximale Brückenbreite von 12,50 Meter gegeben.

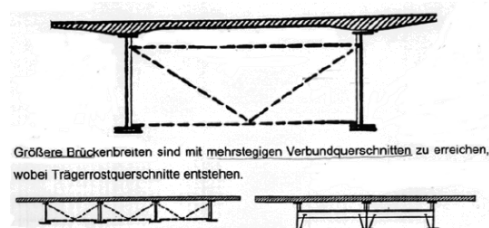


Abbildung 34: Plattenbalken-Verbundquerschnitt.

b. Doppelverbund

Wenn negative Momente im Träger auftreten, also bei Durchlaufträgern, wird auch der Untergurt in Beton-Verbundweise ausgeführt. Das bedeutet, dass die Querkraft aufnehmenden Stege oben und unten von Stahlbetonplatten eingeschlossen werden.¹⁶

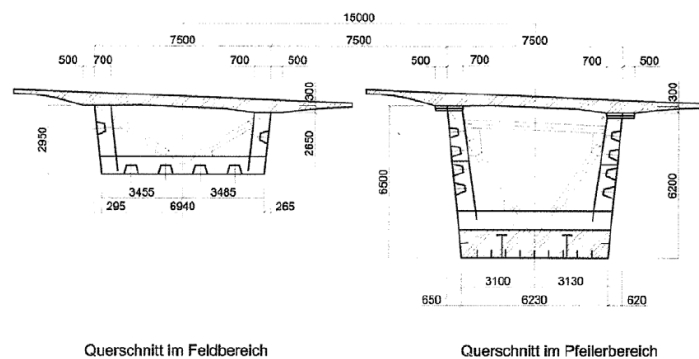


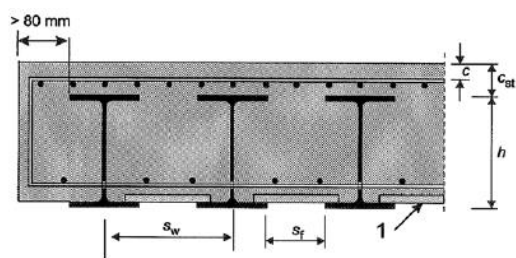
Abbildung 35: Doppelverbund.

c. Walzträger im Beton

¹⁶ Seelmann 2010 Teil 1, 27.

Bei diesem Tragsystem werden die Lasten in die Stahlträger und die Querkräfte in unbewehrten oder schlaff bewehrten Beton abgeleitet.

Der Konstruktionsaufbau besteht darin, dass Stahlträger als Einfeldträger zwischen den Widerlagern aufgelegt und in regelmäßigen Abständen platziert werden. Um den Zwischenraum zwischen den Untergurten der Stahlträger zu verschließen, werden Platten angeordnet. Anschließend wird über den Obergurt hinaus, Beton vergossen. Die Stahlträger übernehmen die Zugbeanspruchung und der Beton nimmt die Druckbeanspruchung auf. Die Platten zwischen den Untergurten dienen hier als verlorene Schalung.¹⁷



Legende

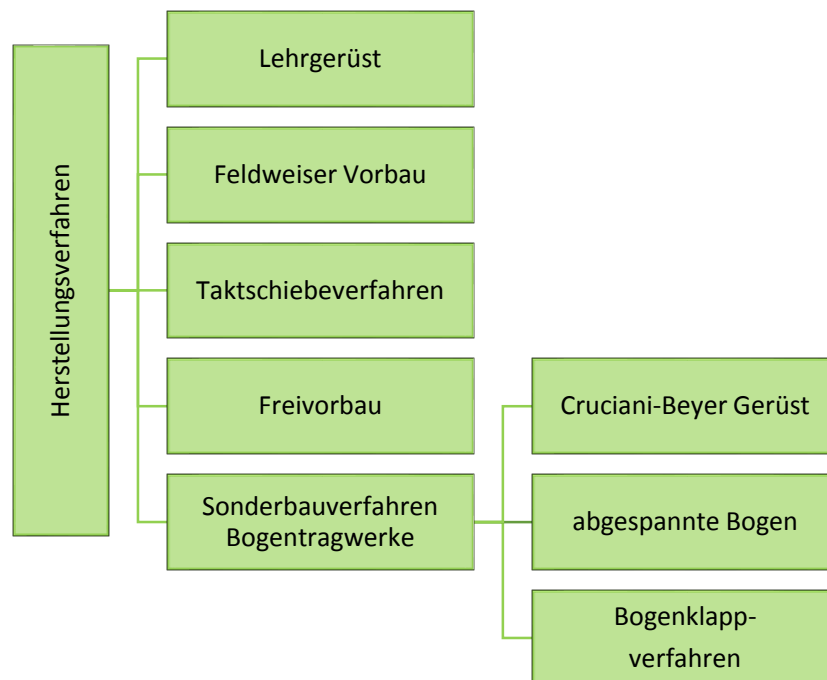
- 1 nicht tragende Schalungselemente

Abbildung 36: Ausführung gemäß EN 1994-2 einer WIB-Platte.

¹⁷ Seelmann 2010 Teil 1, 28.

3.4. Unterscheidung der Brücken nach Herstellungsverfahren

Es gibt im Brückenbau nicht nur die Einteilung der Brücken nach der Systemart sondern auch nach dem Herstellungsverfahren. Hier ist meist die Spannweite maßgebend, welches System zur Anwendung kommt. Jedoch entscheiden auch Faktoren wie die Geologie oder der Geländetyp.



3.4.1. Tragwerksherstellung mit Hilfe konventioneller Rüstung (Lehrgerüst)

Dieses Verfahren findet Anwendung bei Brücken bis 70 Meter Spannweite und bescheidenen Brückenlängen, also weniger als 6 Feldern. Es müssen gute Bodenverhältnisse gegeben sein, das heißt, es darf nur eine geringe Setzungsempfindlichkeit vorliegen. Auch dürfen keine besonderen Hindernisse gegeben sein und natürlich muss auch die Umsetzbarkeit einer Rüstung wirtschaftlich sein.¹⁸



Abbildung 37: Lehrgerüst.

¹⁸ Hohensinner 2009 Bauverfahren-Massivbrückenbau, 2.

3.4.2. Feldweiser Vorbau

Diese Methode findet ebenfalls bei eher kürzeren Spannweiten, 20-70 Meter, Anwendung und ist neben dem Taktschiebeverfahren die am weitesten verbreitete Methode zur Brückenherstellung.

Hierbei gibt es allerdings mehrere Möglichkeiten den feldweisen Vorbau auszuführen:

- a. Vorschubgerüst für querschnittsbreiten Vorbau
- b. Vorschubgerüst bei Ausführung eines Kernquerschnitts mit nachträglicher Querschnittsergänzung
- c. Vorbau mit temporärer Abspannung
- d. Vorbau unter Verwendung längsorientierter Fertigteile
- e. Vorbau querschnittsbreiter Fertigteilsegmente.¹⁹



Abbildung 38: Feldweiser Vorbau.

¹⁹ Hohensinner 2009 Bauverfahren-Massivbrückenbau, 2.

3.4.3. Taktschiebeverfahren

Dieses Verfahren kommt im speziellen bei längeren Brücken mit geradem oder nahezu kreisförmigem Grundriss zur Anwendung. Jedoch muss bei kreisförmigen Grundrissen eine konstante Krümmung vorliegen, um dieses Verfahren anwenden zu können.

Beim Taktschiebeverfahren erfolgt der Bau des Brückenüberbaus der Mehrfeldträger in mehreren Abschnitten. Hinter dem Widerlager befindet sich die Fertigungsstätte, der „Taktkeller“, in dem der nächste Abschnitt, „Takt“, vorbereitet und montiert wird. Dieser Abschnitt wird zusammen mit den vorhergehenden über die Pfeiler verschoben, „ingeschoben“, um den nächsten Abschnitt vorbereiten zu können.²⁰

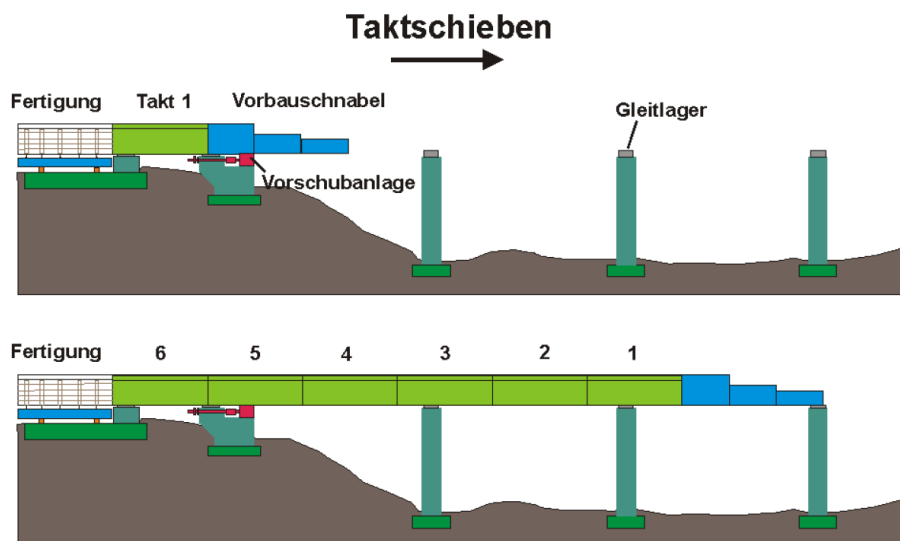


Abbildung 39: Schema Taktschiebeverfahren.



Abbildung 40: Taktschiebeverfahren.

²⁰ Hohensinner 2009 Bauverfahren-Massivbrückenbau, 3.

3.4.4. Freivorbau (nach dem Waagebalkenprinzip)

Bei dieser Bauweise wird am frei auskragenden Ende der nächste Bauabschnitt angefügt. Beim Waagebalkenprinzip ist während des Bauzustandes immer ein Kragträger als Grundsystem vorhanden. Der Freivorbau wird gerade bei größeren Spannweiten angewendet. Auch beim Freivorbau gibt es mehrere Varianten, dieses System anzuwenden:

a. klassischer Freivorbau

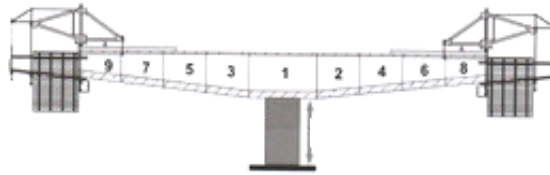


Abbildung 41: klassischer Freivorbau.

b. abgespannter Freivorbau

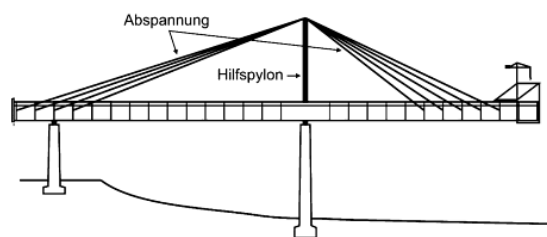


Abbildung 42: abgespannter Freivorbau.

c. Freivorbau mit Hilfsträgern.

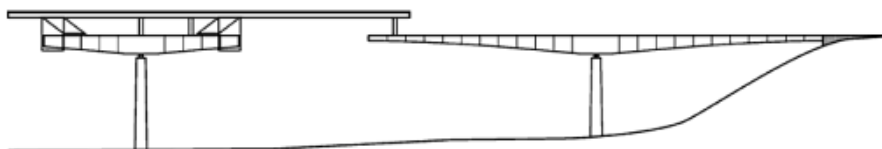


Abbildung 43: Freivorbau mit Hilfsträgern.

Die Variante mit den Hilfsträgern kommt dann zum Einsatz, wenn Spannweiten von 60-100 Meter und mindestens 6 Felder vorhanden sind, welche nicht mehr mit einer Vorschubbrüstung zu bewältigen wären. Hierbei tragen die Hilfsträger, wie bei einer Vorspannung, das Betongewicht eines Abschnittes und lagern die Lasten auf den Kragträger um.²¹

²¹ Hohensinner 2009 Bauverfahren-Massivbrückenbau, 4.

3.4.5. Sonderbauverfahren für Bogentragwerke

a. Cruciani – Beyer Gerüst

Diese Methode stammt aus den 1960er Jahren und wurde von einer Grazer Firma nach der Idee eines römischen Ingenieurs (Eusebio Cruciani) entwickelt. Das Lehrgerüst besteht aus mehreren Einzelteilen, welche erst vor Ort zusammengebaut und an deren Position eingehoben werden. Durch die Wiederverwendbarkeit von Holz und Verbindungsmitteln ist diese Methode sehr wirtschaftlich. Der Pressdruck in den Gurten wird durch Rundstahlbügel und Spannschlösser aufgenommen. Diese Methode wurde beispielsweise zum Bau der Falkensteinbrücke und der Pfaffenbergbrücke der Tauernbahn genutzt.²²

b. abgespannter Bogen

Diese Methode ist analog zum abgespannten Freivorbau, jedoch hier für Bogentragwerke.

c. Bogenklappverfahren

Dieses Verfahren ist, gerade bei größeren Spannweiten, eine beliebte Alternative zum Lehrgerüst. Begonnen wird hierbei mit der abschnittsweisen Herstellung der beiden Bogenhälften mittels Kletterschalung. Durch den Zug-Druck-Stempel und Abspannseile können die Hälften während der Bauphase in die jeweils statisch günstigste Position gebracht werden, um so die Biegebeanspruchung möglichst gering zu halten. Sobald die Hälften fertiggestellt sind, werden diese in ihre endgültige Position abgelassen und die Lücke in der Mitte geschlossen.²³

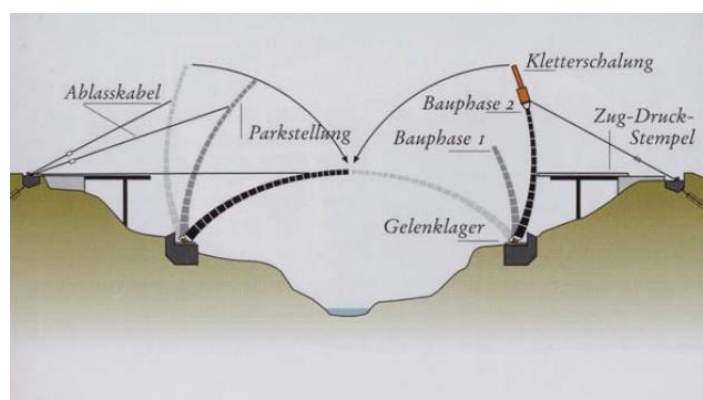


Abbildung 44: Bogenklappverfahren.

²² https://de.wikipedia.org/wiki/Freitragendes_Holzlehrger%C3%BCs, 16.06.2015

²³ Tönsmann 2006, 88.

3.5. Widerlager

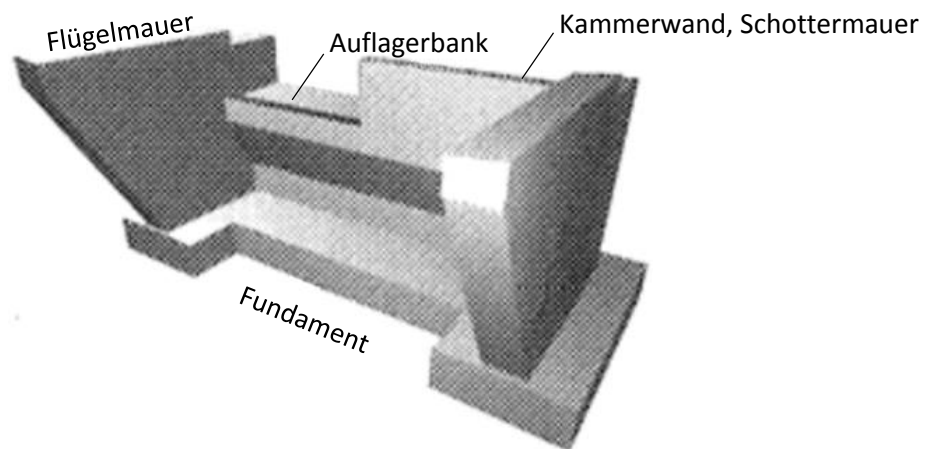


Abbildung 45: Rückansicht Widerlager.

Die Widerlager stellen die Verbindung zwischen Gelände und dem eigentlichen Brückentragwerk dar. Es besteht aus mehreren Bauteilen und dazugehörigen Begriffen:

- a. Auflagerbank
- b. Auflagersockel
- c. Kammerwand, Schottermauer
- d. Flügelmauer
- e. Stirnwand bzw. Widerlagerwand
- f. Fundament
- g. Übergangskonstruktion (Dilatation)
- h. Entwässerung
- i. Hinterfüllung
- j. Böschungskegel

3.5.1. Kammerwand, Schottermauer

Diese bildet den hinteren Abschluss des Widerlagers und verhindert das Eindringen des Hinterfüllungsmaterials. Auch dient diese als Auflager für die Übergangskonstruktion bzw. die Schleppplatte.²⁴

²⁴ Seelmann 2010 Teil 2, 5.

3.5.2. Flügelmauer

Diese sind die seitlichen Stützwände für die Hinterfüllung. Hierbei unterscheidet man drei Arten der Ausbildung.

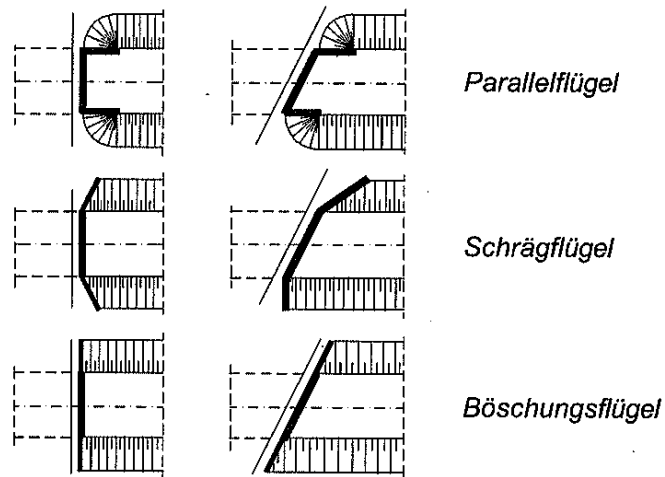


Abbildung 46: Flügelmauerarten.

Während alle drei Flügelarten für Dämme geeignet sind, können Parallelfügel zusätzlich für Einschnitte und Täler genutzt werden und Böschungsfügel für Unterführungen.

Die nächste Unterscheidung der Flügel besteht in der Gründungsart.

Diese unterscheidet, ob man einen Stand- oder Hängeflügel (Kragflügel) vorfindet.²⁵

Der Standflügel, wie der Name schon vermuten lässt, ruht auf dem Fundament, während der Hängeflügel an der Widerlagerrückwand hängt.

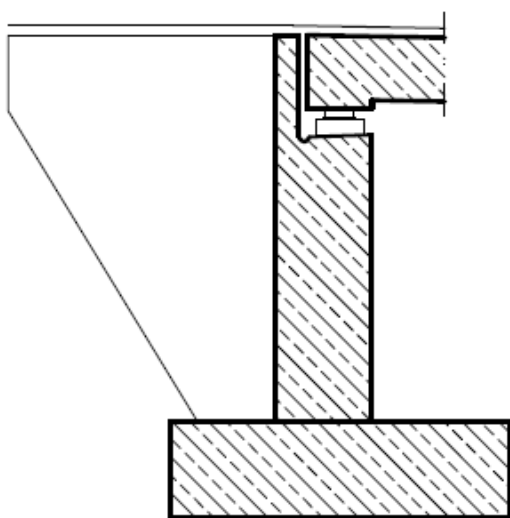


Abbildung 47: Standflügel.

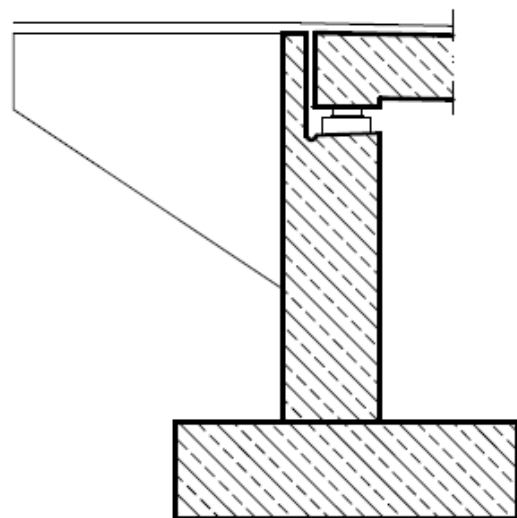


Abbildung 48: Hängeflügel.

²⁵ Seelmann 2010 Teil 2, 5.

Benötigt man sehr lange Flügel, sind es Flügel bei Rahmenbrücken oder steht dieser auf schlechtem Untergrund, ist der Flügel mittels Raumfuge von dem restlichen Widerlager zu trennen. Dies ist so zu verstehen, dass die Flügel als Stützmauer ausgeführt werden und mit einer verzahnten, abgedichteten Fuge vom Widerlager getrennt sind.

Bei der Ausbildung des Widerlagers ist ein Augenmerk auf die Randbedingungen zu legen, um die Form und die Dimensionierung richtig einschätzen zu können. Auch auf mögliche Setzungen durch die Hinterfüllung ist bereits während der Planung zu achten.

Weiters muss auch die Entwässerung und die Zugänglichkeit für sämtliche Revisionen gewährleistet sein.²⁶

²⁶ Seelmann 2010 Teil 2, 5.

3.5.3. Schleppplatte

Schleppplatten dienen zum Ausgleich der Setzungen der Hinterfüllung. Alternativ dazu kann auch Magerbeton als Hinterfüllung verwendet werden, um die Schleppplatte zu ersetzen.

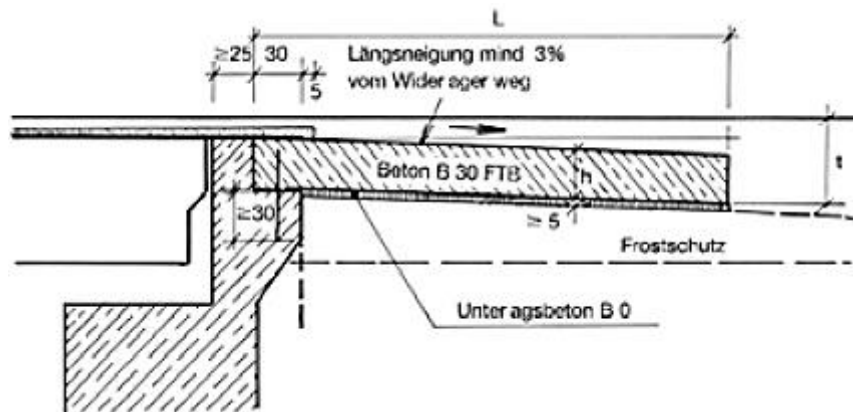


Abbildung 49: Längsschnitt Schleppplatte.

Die Schleppplatte kann eingespart werden, wenn das einwandfreie Verdichten der Hinterfüllung möglich ist oder es sich um Bauwerke untergeordneter Bedeutung handelt, also jenen mit geringem Verkehrsaufkommen.

Auch bei Instandsetzungen benötigt man keine Schleppplatte, da hier die Setzungen bereits abgeklungen sind.

Wird allerdings eine Schleppplatte benötigt, ist darauf zu achten, diese längs nicht weniger als 3% zu neigen. Die Länge der Platte ist vom Boden darunter abhängig, je nach den Kennwerten, kann die Länge ermittelt werden.

Die Schleppplatte muss mindestens eine Betongüte von C25/30 aufweisen und direkt darunter muss sich frostsicheres Hinterfüllmaterial befinden.

Die Hinterfüllung im Allgemeinen, muss in Schichten, welche eine maximale Höhe von 30cm nicht überschreiten dürfen, verdichtet werden.

Ist eine Verdichtung nicht möglich, muss mit Füllbeton der Güte B0 hinterfüllt werden.

Und auch trotz dieser Verdichtungen der Hinterfüllung muss immer eine Entwässerung dieser und der Auflagerbank gewährleistet sein. Neben einigen konstruktiven Maßnahmen, sollte auch darauf geachtet werden, dass eine Drain- und Sickerschicht eingebracht wird, welche aus grobkörnigem, wasserdurchlässigem Hinterfüllmaterial besteht.²⁷

²⁷ Seelmann 2010 Teil 2, 8-10.

Als Hinterfüllung werden im Allgemeinen drei Materialien herangezogen, welche den Kriterien der Entwässerung genügen und auch beinahe keine Setzungen aufweisen.

a. Monokorn-Beton

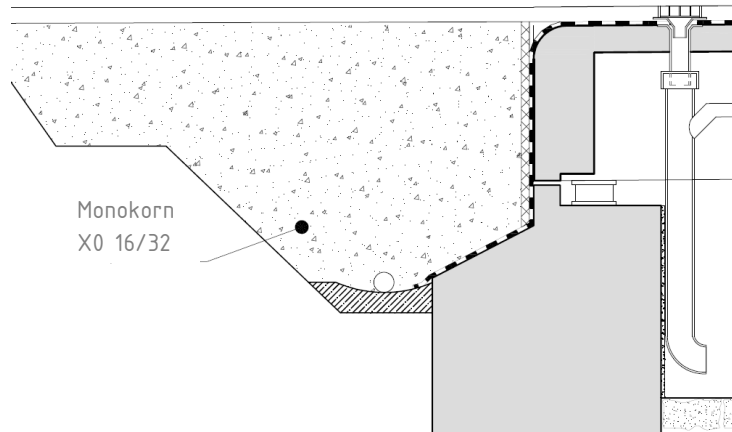


Abbildung 50: Monobeton.

b. Steinschichtung

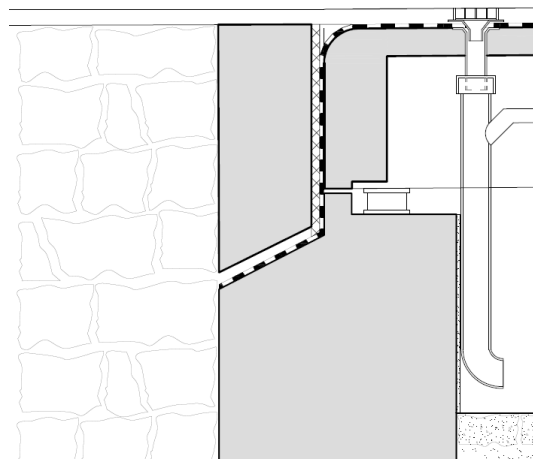


Abbildung 51: Steinschichtung.

c. grobkörniges, wasserdurchlässiges Hinterfüllmaterial z.B. Rollschotter

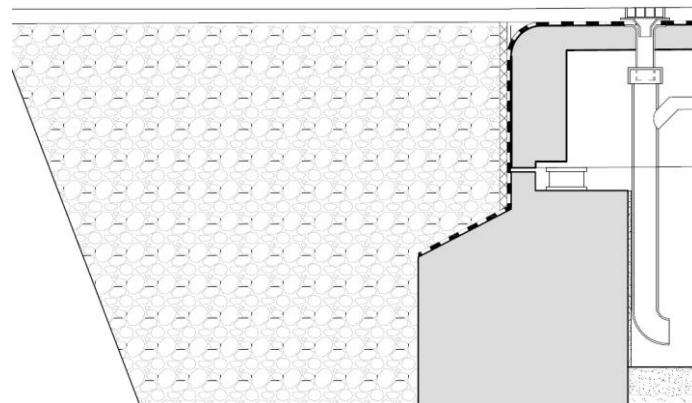


Abbildung 52: durchlässiges Hinterfüllmaterial.

3.5.4. Fahrbahnübergänge

Diese dienen der Aufnahme von Verschiebungen oder Verdrehungen direkt befahrener oder begangener Bauteile, aber auch zur Abtragung von Verkehrslasten.

Solche Übergänge sind jedoch auch erforderlich bei einem Materialwechsel vom Stahlbeton auf Beton, zwischen dem Überbau und den Pfeilern oder eben als Übergang von Überbau auf Widerlager.²⁸

Je nachdem, wieviel Dehnweg die Fugen aufnehmen müssen, werden die Profile in drei Gruppen geteilt:

- a. kleiner Dehnweg bis 25mm: Unterflurkonstruktion bzw. elastische Belagsdehnfuge
- b. mittelgroßer Dehnweg von 25-80mm: Profil- und Mattenkonstruktion
- c. großer Dehnweg mehr als 80mm: Lamellen-, Matten-, Fingerkonstruktion

Die beiden gängigsten Varianten sind die Fingerübergänge und die Einprofilübergänge.

Bei den Fingerübergängen können die „Finger“ bis zu 2 Meter lang ausgebildet werden und die Revision der Entwässerungsrinne kann somit von oben erfolgen.

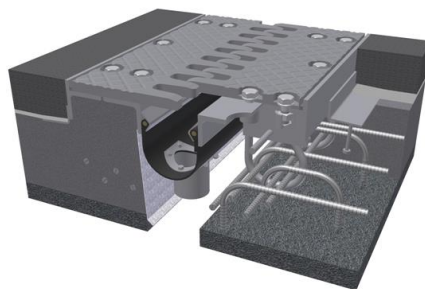


Abbildung 53: Fingerübergang.

Bei den Einprofilübergängen werden die Profile in die Klemmränder der Stahlrandprofile geklemmt. Das darunter befindliche Elastomer kann somit die Verformungen aufnehmen.²⁹

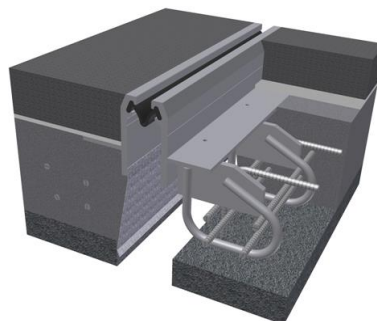


Abbildung 54: Einprofilübergang.

²⁸ Kolbitsch 2012, 353.

²⁹ Seelmann 2010 Teil 2, 13-16.

4. Mitterbach und der Stausee

Die Gemeinde war im Altertum ein Teil der Provinz Noricum. Im 18. Jahrhundert wanderten evangelische Holzknechte in Mitterbach ein und prägten es mit einem Toleranzbethaus, welches auch heute noch gut erhalten ist.

Die Gemeinde gehört heute zum Bezirk Lilienfeld, gelegen im südlichen niederösterreichischen Mostviertel.

Die Gemeinde weist eine Fläche von 67,32 Quadratkilometern auf und ist zu knapp 80% bewaldet.

Die Einwohnerentwicklung ist eher rückläufig: waren es 1971 noch 768 Einwohner, so hat Mitterbach in diesem Jahr gerade noch 521 Einwohner und 366 Nebenwohnsitze.

Mitterbach selbst grenzt direkt an die Steiermark und bietet Attraktionen wie die Ötschergräben, den Erlaufstausee, den Erlaufsee und das Skigebiet Gemeindealpe.³⁰

Der Stausee an sich, liegt in Niederösterreich und ist ein künstlich angelegter Stausee auf 776,7 müA.³¹

Er ist 2800m lang, im Durchschnitt 50m breit und an der tiefsten Stelle, an der Staumauer, 20m tief.³²

Das Betriebsstauziel liegt auf 779,42 müA, das HQ100 auf 780,57 müA und das HQ500 auf 780,83 müA.³³

Der Stausee speist das Wasserkraftwerk Wienerbruck und erreicht eine Engpassleistung von 7,8MW. Bis 1970 diente der erzeugte Strom dem Betrieb der Mariazellerbahn. Heute wird der erzeugte Strom in das öffentliche Netz gespeist und nur noch bei Bedarf für die Mariazellerbahn verwendet.³⁴

³⁰ http://de.wikipedia.org/wiki/Mitterbach_am_Erlaufsee, 31.03.2015.

³¹ BEV Land Niederösterreich.

³² <http://de.wikipedia.org/wiki/Erlaufstausee>, 31.03.2015.

³³ EVN AG, persönliche Mitteilung am 11.05.2015.

³⁴ http://de.wikipedia.org/wiki/Kraftwerk_Wienerbruck, 31.03.2015.

4.1. Geologische Daten

Mitterbach liegt in der Zone der nördlichen Kalkalpen und im Bereich der Brücke besteht der Untergrund aus Ramsaudolomit.

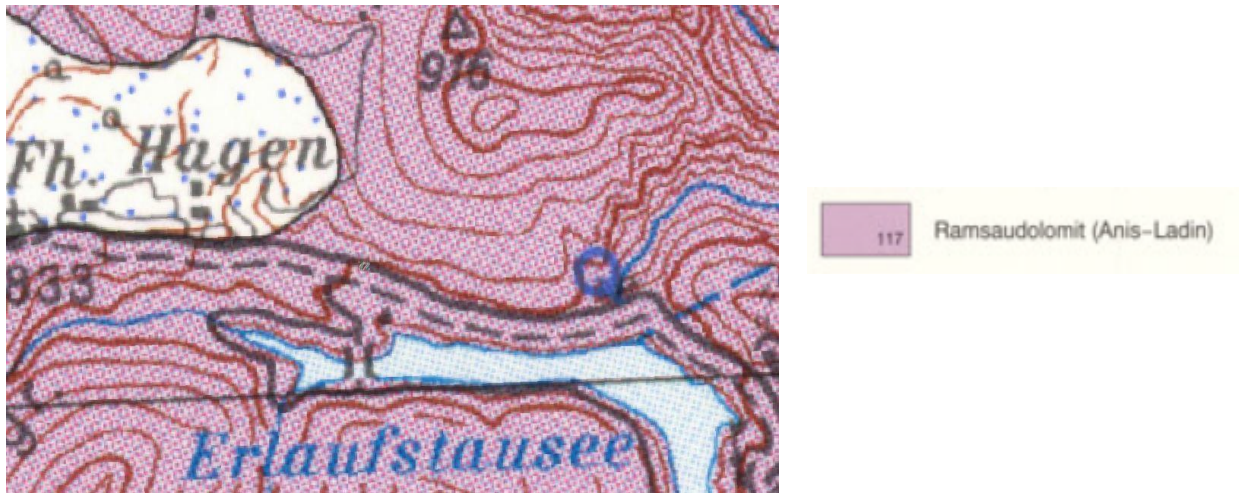


Abbildung 55: Geologie Erlaufstausee.

Viele der bekanntesten und beliebtesten Wanderwege führen in die Regionen der schroffen Gebirge der nördlichen Kalkalpen. Hauptsächlich sind die Gebirge aus Kalk und Dolomit aufgebaut, jedoch findet man hier, in Trias und Jura entstandene Schichten, welche auch Korallen und Fossilien enthalten.³⁵

Dolomit weist eine hohe Sprödigkeit auf, kommt aber sehr oft in den unterschiedlichsten Bereichen zur Anwendung. Im ländlichen Wegebau wird dieser gerne eingesetzt. Denn durch die Karbonatauflösung und die nachfolgende Ausfällung in Hohlräume, kommt es zu einer Verkittung der Gesteinspartikel und somit wird die Tragfähigkeit erhöht. Auch bei Putzen oder als Zuschlagsstoff für Sichtbeton kommt Dolomit häufig zur Anwendung, jedoch wird hierfür ein sehr heller Dolomit verarbeitet.³⁶

Der nahegelegendste Steinbruch ist jener in Moosbachrotte, welcher lediglich 45 Minuten mit dem Auto entfernt liegt. Dessen Dolomit ist für Güterwege und, in geringen Mengen, für Beton als Zuschlagsstoff geeignet.

³⁵ https://de.wikipedia.org/wiki/Geologie_%C3%96sterreichs, 13.07.2015

³⁶ Schwaighofer 2002, 6-7.

5. Webergabenbrücke

5.1. Geschichtliche Entwicklung

Für diesen Punkt stand leider nicht sehr viel Material zur Verfügung.

Die Brücke dürfte so um 1914 gebaut worden sein, gleichzeitig mit dem Bau des Stausees. Zu dieser Zeit war die Straße entlang des Stausees auch noch für Fahrzeuge zugänglich, worauf auch die Brücke ausgelegt wurde. Sogar Lastwagen konnten die Brücke ohne Probleme passieren. Dies dürfte jedoch eingestellt worden sein, als die Wege rund um den Stausee zu Wanderwegen wurden und somit nur noch als Forststraßen dienten.³⁷

Heute ist die Brücke nicht einmal mehr für Fußgänger passierbar, da sich der Oberbau und die Absturzsicherungen in desolatem Zustand befinden.

Hinweisschilder und Stacheldraht weisen darauf hin, dass es strengstens verboten ist, die stark verfallene Brücke zu betreten. Jedoch wagen sich sehr viele Wanderer darüber, was der niedergetretene Stacheldraht und die kahlen Stellen im Gras sehr gut veranschaulichen.



Abbildung 56: Sicherung der Brücke.

³⁷ Hinterecker Alfred (Bürgermeister Mitterbach), persönliche Mitteilung am 21.05.2015.

5.2. Allgemeines zur Brücke

Die Webergrabenbrücke ist so gelegen, dass sie direkt an den Wanderweg entlang des Erlaufstausees anschließt. Die beiden Mittelpfeiler befinden sich, je nach Stauziel des Kraftwerks Wienerbruck, im oder außerhalb des Wasserpegels.

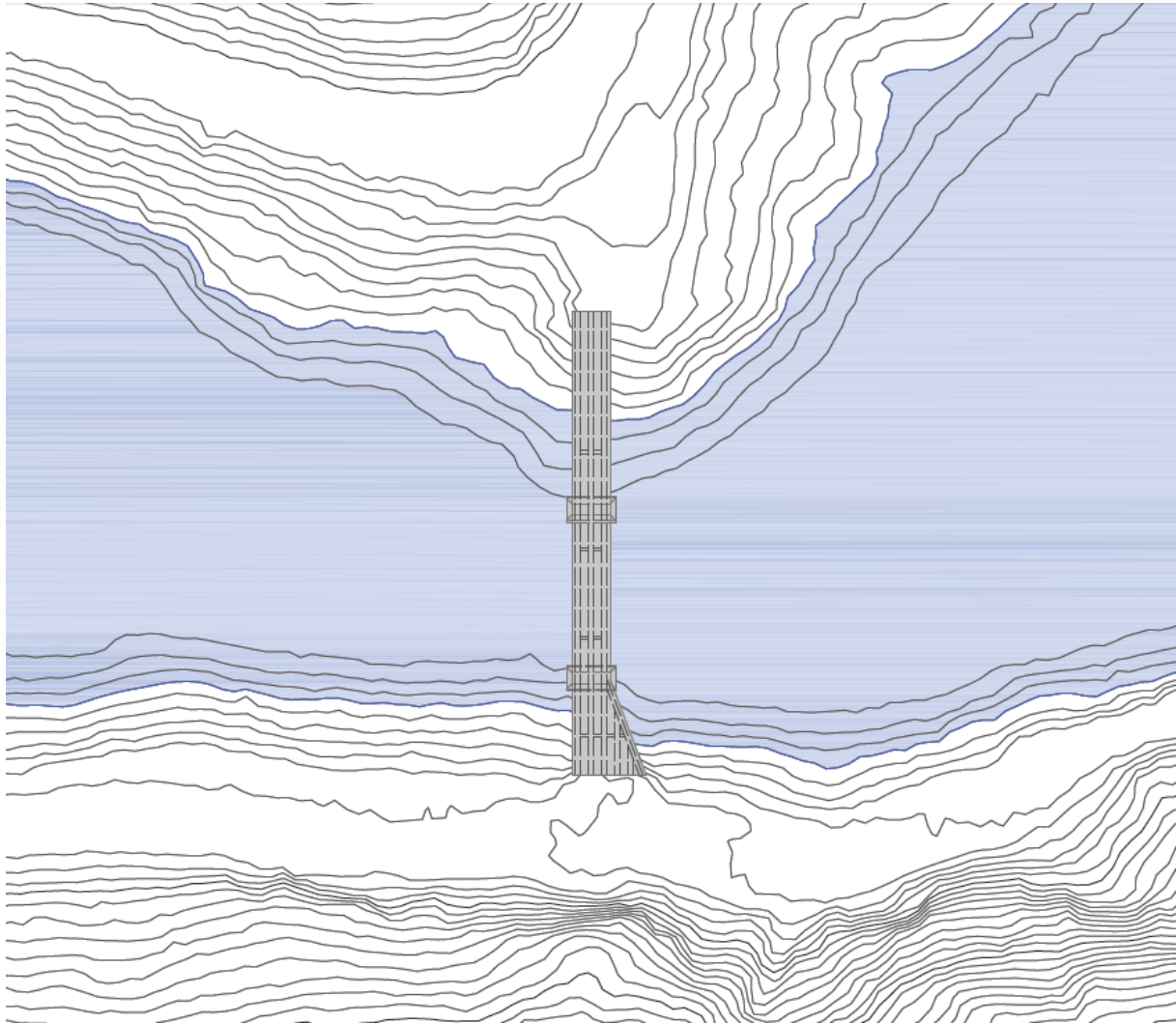


Abbildung 57: Lage Brücke, genordet, M1:500.

Das Tragsystem der Brücke kann aufgrund des verfallenen Zustandes nicht mehr eindeutig definiert werden. Dennoch sind zwei Annahmen möglich:

- durchlaufende, angevoutete Biegeträger auf denen mittels Verbindungsmittel die Fahrbahnplatte ruht
- ein Plattenbalken mit drei Stegen, wobei diese Variante am wahrscheinlichsten ist.

Der Sinn der Anvoutungen im Bereich der Mittelpfeiler besteht darin, die negativen Stützmomente aufzunehmen.

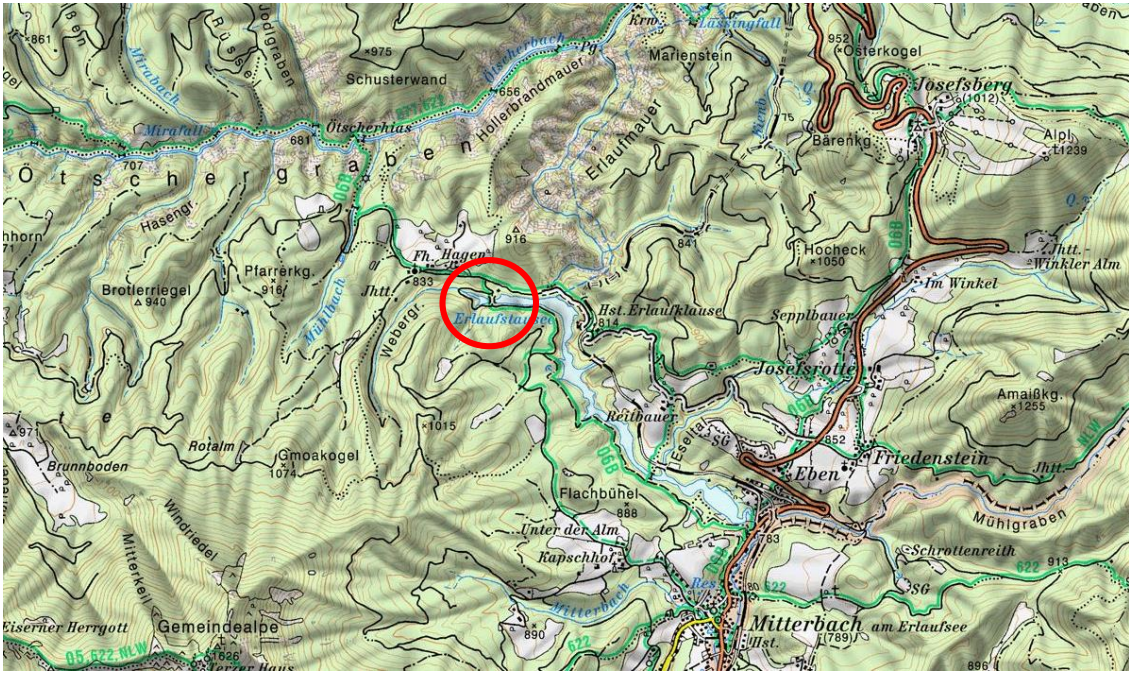


Abbildung 58: Übersichtsplan Erlaufstausee und Mitterbach.

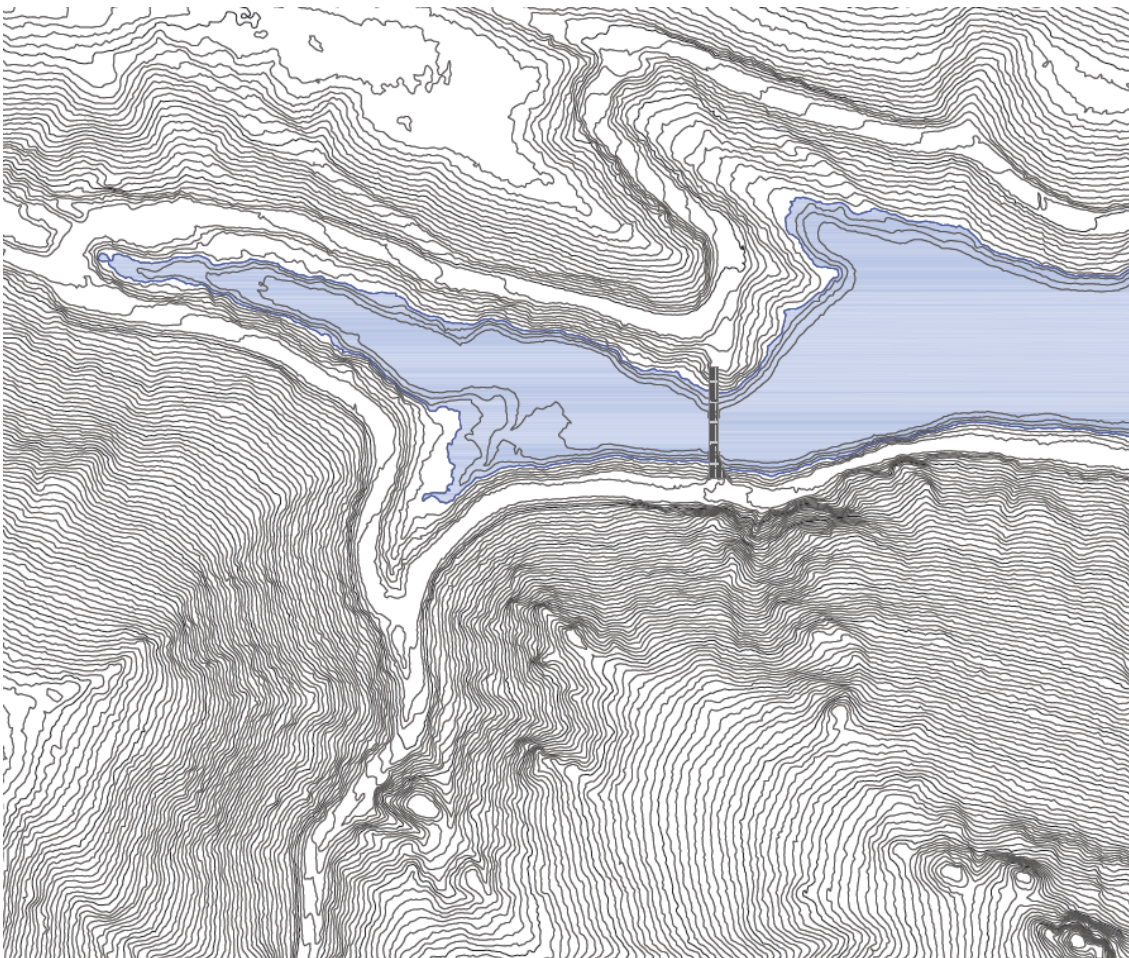


Abbildung 59: Lage Brücke 1:2000.



Abbildung 60: Auflagersituation.

Die zwei Mittelpfeiler bilden die festen Auflager und die Widerlager der Endfelder erfüllen die Aufgabe der beweglichen Auflager. Im Normalfall sollten diese sämtliche Dehnwege der Brücke aufnehmen, jedoch ist hier auch nicht mehr eindeutig feststellbar, ob es Übergangskonstruktionen gibt bzw. ob diese je zum Einsatz kamen. Die Webergrabenbrücke besitzt eine Spannweite von 30,60 Meter, eine Gesamtlänge von 45,30 Meter und eine Oberbaubreite von 3,30 Meter. Das Geländer, sofern dieses noch vorhanden ist, besitzt ab Vegetationsoberkante eine Höhe von 1 Meter. Es besteht aus Betonstehern und zwei, untereinander angeordneten, horizontalen Lagen von Stahlrohren. Die Rohre besitzen einen Durchmesser von 5 Zentimeter und sind mit einem vertikalen Abstand von 45 Zentimeter angeordnet. An den Enden der Geländer werden die Stahlrohre noch einen halben Meter weitergeführt und nach unten abgerundet. Die Betonsteher sind in beide Richtungen 15 Zentimeter breit und an der oberen Kante abgerundet. Auf der gesamten Brücke waren 14 Steher verteilt (Annahme durch Abstandsabschätzung, da nicht mehr alle vorhanden sind) und somit in einem Abstand von 2,80 Meter aufgestellt.

5.3. Zustandsbeurteilung

Bauwerke, im Allgemeinen, haben nur eine begrenzte Lebensdauer, ganz gleich welches Konstruktionsmaterial verwendet wurde. Der Zustand von Brücken, beeinträchtigt durch erschwerte Witterungsbedingungen, Korrosionsangriffe usw., verschlechtert sich im Laufe der Zeit maßgebend, bis die Tragfähigkeit ein Minimum erreicht. Jedoch leidet meist zuerst die Gebrauchstauglichkeit unter den schädlichen Einflüssen, bevor die Tragfähigkeit vermindert wird. Dieser Prozess geschieht besonders im fortgeschrittenen Alter immer rapider. Bei Brücken ist die Lebensdauer im Generellen mit 50 bis maximal 100 Jahren, je nach Bauart, Einwirkungen, Standort, usw., festgelegt.

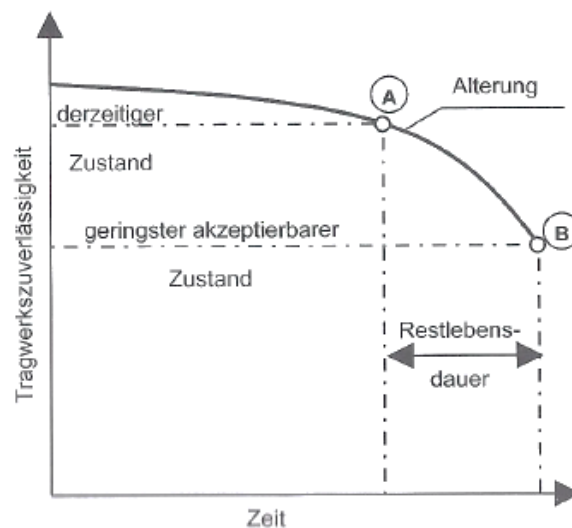


Abbildung 61: zeitliche Veränderung Brückenzustand.

Eine Brücke muss auf jeden Fall nach den Kriterien der Verkehrssicherheit, Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit bemessen werden. Gerade bei Bestandsbrücken ist eine genaue Beurteilung nötig um, falls notwendig, eine Entscheidung zu treffen, ob eine Brückensanierung oder der Neubau einer Brücke wirtschaftlicher ist.

Die Tragfähigkeit einer Brücke ist auf jeden Fall zu prüfen, wenn sich bereits Schäden, wie Risse, Verformungen, Korrosion, usw. abzeichnen. Diese Schäden können aber auch bereits Rückschlüsse auf das Tragverhalten geben. Bei Bestandsbrücken kann eine exaktere Bestandsanalyse aller Einwirkungen und Materialkennwerte erhoben werden, zum Beispiel durch die Entnahme von Bohrkernen. Bei einer Neuplanung wären diese Werte abzuschätzen.³⁸

³⁸ Mehlhorn 2007, 967-969.

Die Beurteilung der Tragfähigkeit erfolgt letztendlich in drei Stufen. Zuerst wird mit dem aktuellen Normenstand berechnet. Sollte dieser Nachweis nicht erfüllt sein, werden die Daten der Einwirkung, des Widerstandes und der Sicherheitsbeiwerte aktualisiert.

Sollte dieser Nachweis immer noch nicht erfüllt werden, wird mittels Anwendung einer probabilistischen Analyse berechnet.

Die Berechnung ist im Regelfall der ausschlaggebende Wert, eine Entscheidung zu treffen, die Brücke zu sanieren oder diese generell neu zu planen.

Nachstehend eine Grafik, welche eine Entscheidungshilfe darstellen soll, die Brücke neu zu planen oder zu sanieren.³⁹

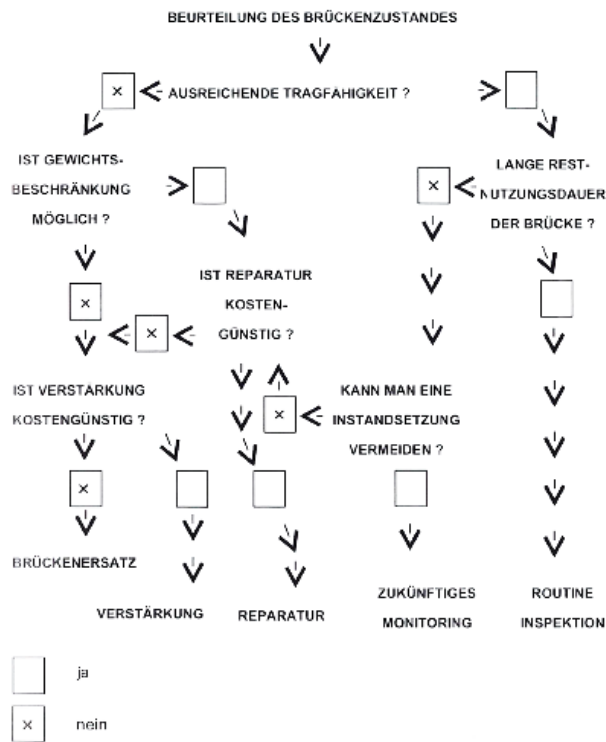


Abbildung 62: Hilfe zur Entscheidungsfindung.

Um eine genaue Bestandanalyse der Webergrabenbrücke im Zusammenhang mit dieser Arbeit durchführen zu können, fehlen allerdings die Mittel. Jedoch kann beim Sichten des Zustandes der Brücke bereits erkannt werden, dass im speziellen der Oberbau die Grenzwerte der Tragfähigkeit, der Dauerhaftigkeit und der Verkehrssicherheit wohl bei weitem überschreitet.

³⁹ Mehlhorn 2007, 969-972.

Da, wie bereits in Punkt 4.1 angeführt, die Brücke aus dem Jahr 1914 stammt, nehme ich an, dass die Widerlager, die Pfeiler und deren Fundamente ebenfalls bereits ihre zeitliche Grenze erreicht haben dürften.

Auf jeden Fall aber müssen diese einer ausgiebigen Betonrevitalisierung unterzogen werden, damit diese ihre statischen Aufgaben wieder erfüllen können.

5.3.1. Augenscheinliche Mängel

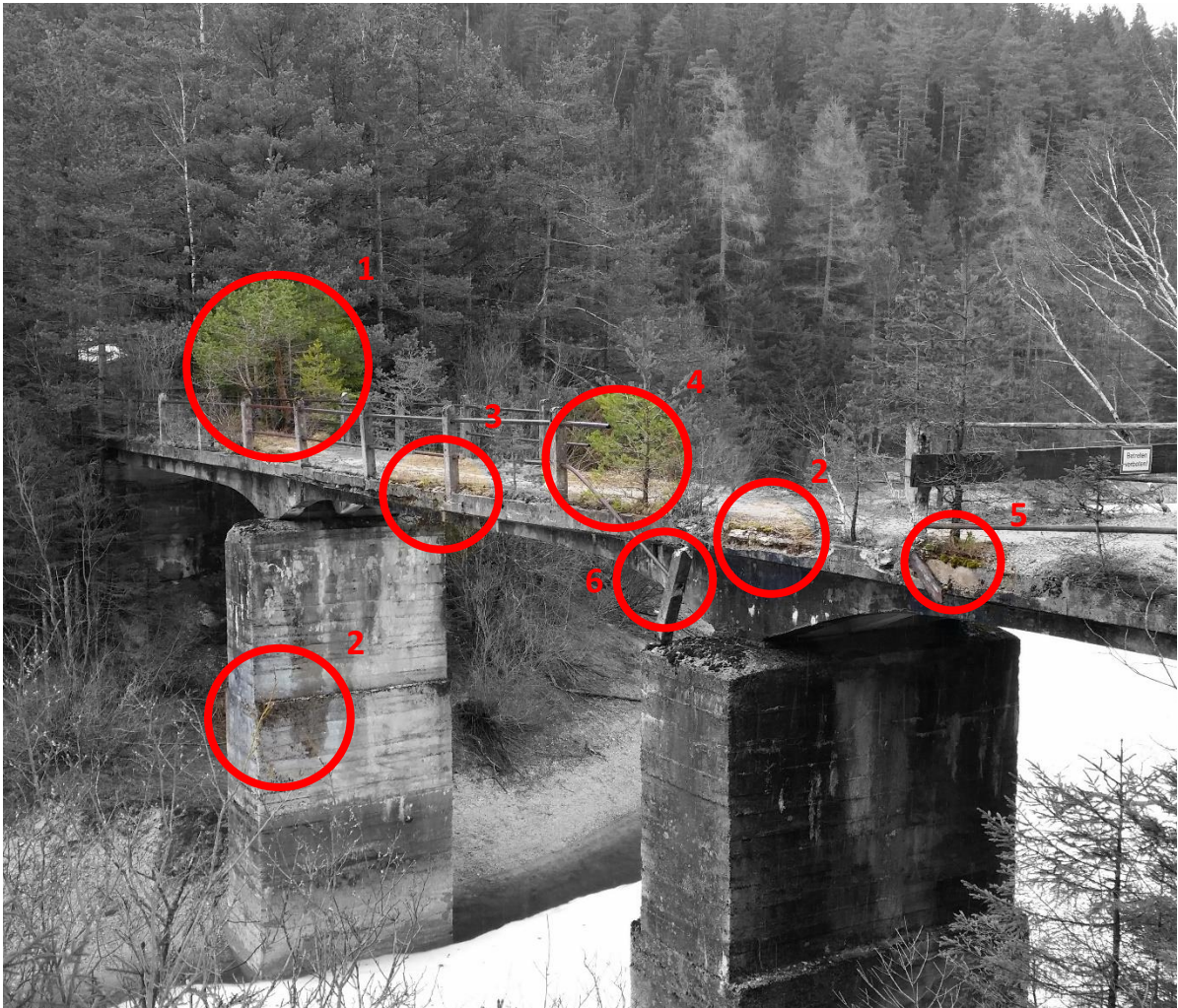


Abbildung 63: Zustand der Brücke.

Verlust der Gebrauchstauglichkeit (SLS):

- 1) Pflanzenbewuchs -> Sprengkräfte durch Wurzeln
- 2) Betonabplatzungen an Widerlager, Pfeiler und Tragwerk $\geq 2\text{cm}$
- 3) großer Durchhang beim Mittelfeld
- 4) fehlendes Geländer
- 5) freiliegende Bewehrung
- 6) Geländersteher, wenn noch vorhanden, mangelhaft

Verlust der Tragfähigkeit (ULS):

- 1) Pflanzenbewuchs -> Sprengkräfte durch Wurzeln
- 2) Betonabplatzungen an Widerlager, Pfeiler und Tragwerk $\geq 2\text{cm}$
- 5) freiliegende Bewehrung

5.4. Wiederverwendung oder Neubau

Wie bereits im vorhergehenden Punkt erläutert, muss bei einer alten Bestandsbrücke eine Zustandsbeurteilung erfolgen. Um eine fundierte Meinung zu erhalten, holte ich mir Hilfe bei einem renommierten Wiener Bauunternehmen.

Der Bauleiter der Abteilung Brückenbau und auch dessen Polier, welche mehrjährige Erfahrung in diesem Bereich aufweisen und bereits auch einige Brücken in und um Mitterbach saniert haben, lieferten mir hierzu viele hilfreiche Informationen.

Sie haben die Bestandsfotos eingehend betrachtet, brauchten aber nicht sehr lange, bis ihr Urteil gefällt war. Der Rat war, bei meiner Planung neue Fundamente und Widerlager einzuplanen, denn die Bauteile würden trotz einer Sanierung kein großes Gewicht (wie eine Betonbrücke) mehr tragen können.

Aufgrund dieser Informationen ist es notwendig den bestehenden Oberbau zur Gänze abzureißen, zu erneuern und die Pfeiler einer eingehenden Betonrevitalisierung zu unterziehen. All diese Maßnahmen werden für eine Brücke ergriffen, welche es aus Sicht der Gemeinde nicht wert ist, erneuert zu werden. Meiner Ansicht ist das aber sehr wohl nötig, denn auch wenn ein Wanderweg um den See führt und diese Brücke daher überflüssig erscheinen lässt, wagen es noch immer genug Wanderer, die Brücke zu passieren. Nachstehendes Foto ist ein guter Beweis dafür, denn es wurde nach nur lediglich 2 Minuten Wartezeit an Stauseeufer aufgenommen.



Abbildung 64: Personen auf der Brücke.

5.5. Umweltverträglichkeit

Während der gesamten Bauarbeiten und auch während der gesamten Lebensdauer der Brücke, ist immer darauf zu achten, die Umwelt niemals zu beeinträchtigen. Sei es durch die Verwendung umweltschonender Herstellungsverfahren, den Einsatz umweltverträglicher Baustoffe, die Sorgfalt beim Abbruch und die gerechte Entsorgung und Deponierung des Bauschuttes.⁴⁰

Diesen Punkten sollte bei jedem Bauvorhaben besonderes Augenmerk geschenkt werden. Gerade bei der Webergrabenbrücke ist der Bedacht des Umweltschutzes von großer Bedeutung, denn die Brücke liegt in einem Naturpark.

Dies bedeutet, dass sämtliche Eingriffe in die Natur verboten sind, es sei denn, diese wären per Gesetz oder Verordnung ausdrücklich erlaubt. Die Kategorie des Naturparks wird auch im Flächenwidmungsplan als solche ausgewiesen.⁴¹

„ Naturparks dienen der Erholung der Bevölkerung und der Vermittlung von Wissen über die Natur unter dem Motto ‚Naturerleben und Naturbegreifen‘ Österreichweit gibt es ca. 50 Naturparks, z.B. Untersberg, Ötscher-Tormäuer etc.“⁴²



Abbildung 65: Hinweis Naturpark.

Somit ist bei dieser Planung das Thema des Umweltschutzes ein noch größeres als sonst üblich. Gerade die Abbrucharbeiten werden sich hierbei als größeres Problem darstellen. Denn es darf kein Schutt in den Erlaufstausee gelangen, zum einen wegen der Umwelt und zum anderen, um einen Störfall des Kraftwerkes Wienerbruck zu verhindern. Denn dessen Einlauf befindet sich in unmittelbarer Nähe der Brücke.

⁴⁰ Hohensinner 2009 Anlageverhältnisse, 3.

⁴¹ Hiltgartner 2015, 34.

⁴² Ebda., 35.

6. Planung

Bezugnehmend auf eine Konversation mit dem Bürgermeister von Mitterbach, Alfred Hinter-ecker, soll der Entwurf so billig wie möglich sein, da die Gemeinde kein großes Budget für solche Bauaufgaben hat. Es sollen die bestehenden Widerlager, Fundamente und Pfeiler verwendet werden und die Brücke wäre aus Holz denkbar.

Der Entwurf soll also der, einer traditionellen Holzbrücke sein, welcher alle bestehenden, revitalisierten Bauteile der alten Brücke übernimmt.

Da jedoch die Variante der Holzbrücke momentan beinahe allgegenwärtig zu sein scheint, fiel die Entscheidung auch einen zweiten, innovativen, Brückenentwurf anzufertigen.

Dieser beinhaltet durchaus das Potential, ein großer Tourismusspot zu werden und somit noch mehr wanderfreudige Menschen nach Mitterbach zu holen.

Das soll allerdings nicht bedeuten, dass jener der Gemeinde nicht weniger attraktiv gestaltet wird, jedoch birgt der Werkstoff des Ultrahochleistungsbetons einen wesentlich größeren Gestaltungsspielraum.

Der hauptsächliche Unterschied zwischen beiden Entwürfen wird allerdings sein, dass bei der Holzbrücke Fundamente, Widerlager und Pfeiler wiederverwendet werden und bei dem Entwurf der UHPC-Brücke alles neu gebaut wird. Denn bei der UHPC-Brücke wird das Tragwerkssystem des Sprengwerkes genutzt und für dieses können die bestehenden Teile allein der Position wegen, nicht genutzt werden. Abgesehen von der Gewichtsbelastung, für die der Bestand nicht mehr geeignet ist.

Also werden die Entwürfe nach der Tragwerksart benannt: Balkenbrücke und Sprengwerkbrücke.

7. Balkenbrücke

Beim ersten Entwurf, der Balkenbrücke, besteht das Konzept darin, die bestehenden Fundamente, Widerlager und Pfeiler wieder zu verwenden.

Nach einer ausgiebigen Betonrevitalisierung wird auf diese Teile die neue Brücke, welche komplett aus Holz gefertigt sein wird, aufgebracht.

Durch die Verwendung der bestehenden Teile bleibt die Lage natürlich auch komplett gleich und auch die Form wird sich kaum ändern.

Holz wird deshalb als Baumaterial gewählt, weil es einerseits der ausdrückliche Wunsch der Gemeinde ist Holz zu verwenden und andererseits aber auch weil Holz sehr leicht ist, im Gegensatz zu anderen Baumaterialien, und somit überhaupt erst die Möglichkeit der Wiederverwendung der bestehenden Brückenelemente gegeben ist.

Denn wäre die Konstruktion schwerer, würde eine Betonrevitalisierung nicht ausreichen und die Fundamente, die Widerlager und die Pfeiler müssten komplett abgerissen und an gleicher Stelle erneut aufgebaut werden.

Dies wäre nicht nur ein wesentlicher Mehraufwand im zeitlichen Aspekt, sondern auch wenn man die endgültigen Baukosten betrachtet.

Da die Gemeinde, wie bereits in Punkt 6 erläutert, kein großes Budget für derartige Bauaufgaben bereitstellen kann, muss natürlich mit allen Mitteln versucht werden, die Baukosten so gering wie möglich zu halten.

Auch ist eine Konstruktion aus Holz wesentlich schneller und mit weniger Aufwand zu errichten, als bei Verwendung anderer Konstruktionsmaterialien.

Ein weiterer Aspekt, warum Holz gewählt wurde, ist, dass sich die Konstruktion dadurch sehr gut in die bestehende Umgebung einschmiegt.

7.1. Entwurf

Der Entwurf sieht vor, drei Leimbinder als tragende Konstruktion mittels Gabellagerung auf den revitalisierten Pfeilern und den Widerlagern aufzusetzen. Bei den Leimbindern wird durch die auftretenden Lasten differenziert. Der Leimbinder in der Mitte ist doppelt so breit, wie jene am Rand, da hier, wie bereits erwähnt, die größten Lasten auftreten.

Da es im Bezug auf den Transport zur Baustelle nicht möglich ist, die Leimbinder in einem Stück zu liefern, werden diese als Gerberträger ausgeführt. Die Längen sind auf die Nullpunkte des Momentenverlaufes ausgelegt.

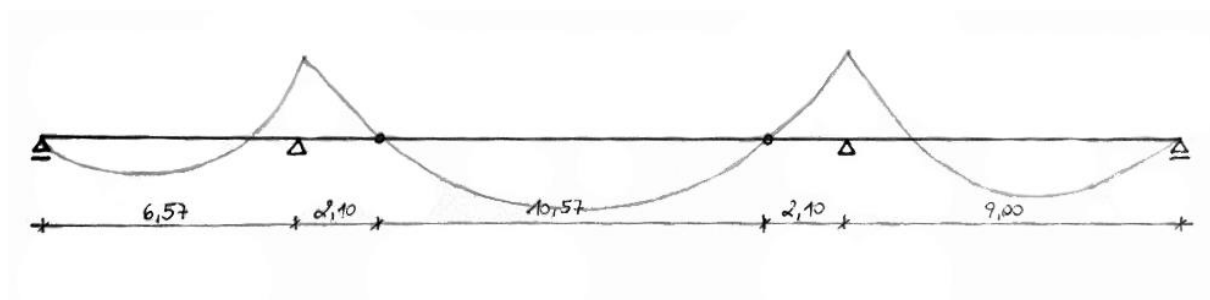


Abbildung 66: Momentenverlauf Balkenbrücke.

Um die Stabilität der Leimbinder zu gewährleisten, werden im rechten Winkel darauf Holzschotte in regelmäßigen Abständen angeordnet. Diese werden mittels Balkenschuh an den Leimbindern befestigt.

Auf die Leimbinder kommt das Bruckstreu, die Holzbohlen, welche den späteren Belag ausbilden. Um diese rutschhemmend auszuführen, werden an der Oberseite pro Brett vier Rillen eingefräst. Die Lage der Bohlen wird durch Holzschrauben gesichert, welche ebenfalls in die Leimbinder geschraubt werden.

Das Geländer wird aus Holzstehern gebildet, welche eine Breitenentwicklung von 10,00cm auf 27,00cm und wieder auf 10,00cm aufweisen. Dabei ist der Steher um 75° nach innen geneigt.

Diese und die horizontalen Drahtseile, welche in einem vertikalen Abstand von 3,00cm angeordnet sind, bilden das Geländer aus und gleichzeitig auch die Absturzsicherung.

Die Drahtseile werden durchgehend gespannt und an beiden Enden des Geländers mittels Drahtseilhaltern befestigt.

Das obere Ende des Geländers wird durch einen Holzhandlauf gebildet, welcher der Form des Geländers folgt und ebenfalls geteilt zur Baustelle geliefert wird.

Durch die Zapfenverbindung „schräges Blatt“ wird der Handlauf ebenfalls bei den Momentennullpunkten gestoßen.

Um den Übergang vom Brückentragwerk auf das anstehende Gelände auszuführen, wird gleich nach dem Tragwerk ein Metallwinkel angeordnet, welcher den Kies des angrenzenden Weges zurückhält. Somit wird ein sauberer Übergang gewährleistet und zusätzlich wird auch verhindert, dass unkontrolliert Kies auf die Auflagerbank gelangt. Das würde einen Verlust der Kishöhe bedeuten und somit eine Stolperfalle für alle Wanderer bedeuten. Gegebenenfalls könnte aber auch das Auflager durch den Kies beschädigt werden, würde man keine Maßnahmen ergreifen.

Die Breite der Brücke entspricht jener des Bestandes. Jedoch am südlichen Widerlager wird die jetzt vorhandene Aufweitung geschmälert.

Der aufgeweitete Flügel wird abgebrochen und deponiert, da diese Aufweitung nicht unbedingt notwendig ist.

Durch den Abbruch des Flügels wird es erst möglich, einen neuen, der Brückenbreite entsprechenden Flügel, anzufertigen. Damit bleibt die Brückenbreite entlang der gesamten Länge ident.

7.2. Betonrevitalisierung

Bei der Betonrevitalisierung werden die bereits sehr stark in Mitleidenschaft gezogenen Bauteile wie Fundamente, Widerlager und Pfeiler ertüchtigt, um die Brücke, welche später darauf gelagert werden soll, wieder tragen zu können.

Da die Webergrabenbrücke in einem Naturpark liegt, muss bei sämtlichen Arbeiten große Sorgfalt herrschen. Da für einen sicheren und sorgfältigen Abbruch ein Arbeitsgerüst bzw. Schutzgerüst erforderlich ist, kann dieses so umgerüstet werden, dass auch Auflagen des Naturschutzes eingehalten werden können. Beispielsweise, um zu verhindern, dass beim Abbruch kleinere oder größere Betonstücke in den Stausee fallen. Hierzu wird das Arbeitsgerüst mit einer dickeren Plastikfolie oder einem Flies an Holzbrettern beplankt, um abplatzende Bruchstücke abzufangen. Dieses System kann, sofern sorgfältig ausgeführt, auch wasserdicht sein, wenn die Folie unter dem (Schal-)Boden weitergeführt wird. Das bedeutet, falls es regnet oder das Tragwerk HD (Hochdruck) gestrahlt wird, kann so auch verhindert werden, dass das verschmutzte Wasser direkt in das Gewässer eingeleitet wird.



Abbildung 67: Schutzzaun seitlich.



Abbildung 68: Schutzzaun detailliert.

Um die Revitalisierung durchführen zu können, müssen zuerst die Teile des Oberbaus entfernt werden, denn an dieser Stelle wäre eine Revitalisierung unwirtschaftlich.

Ist dann alles soweit vorbereitet, dass mit der Revitalisierung begonnen werden kann, werden die Bauteile zuerst HD (Hochdruck) gestrahlt. Durch diesen Arbeitsschritt werden sämtliche losen Betonstücke abgetragen. Sollte nach dem HD-Strahlen der Bewehrungsstahl bereits zu sehen sein, muss dieser mit einem Korrosionsschutz versehen werden. Danach wird auf dem verbleibenden Beton ein Haftgrund aufgetragen, um einen besseren Verbund mit dem nachfolgenden Saniermörtel zu erreichen. Je nachdem wieviel Höhe mit dem Saniermörtel wieder auszugleichen ist, muss dieser in Schichten aufgetragen werden.

7.3.Oberbau

Nach Vollendung der Betonarbeiten kann nun mit dem Oberbau begonnen werden. Als erstes werden die drei parallelen Leimbinder auf die Widerlager und die Pfeiler aufgelegt. Damit auch mögliche Längenänderungen des Holzes durch die Temperaturunterschiede ausgeglichen werden können, werden zwischen Beton und Holz Neoprenlager platziert. Die Leimbinder selbst, sind größtmäßig so gestaltet, dass die beiden äußeren Leimbinder kleiner dimensioniert sind, als jener in der Mitte. Dies beruht auf den anzunehmenden Lasten, welche der jeweilige Leimbinder aufnehmen muss. Die Größenstaffelung dient somit nicht nur gestalterischen, sondern auch wirtschaftlichen Aspekten. Zur Lagesicherung der Leimbinder gegen Kippen, werden Schotte, ebenfalls aus Holz, in regelmäßigen Abständen zwischen den Leimbindern angebracht.

Die Bohlen, welche den Belag der Brücke (Bruckstreu) bilden, sind horizontal jeweils 2cm verschoben, um zusätzlich zur Längs- und Querneigung eine optimale Entwässerung zu bieten.

Da durch diese 2,00cm die Meteorwässer aber auch auf den darunterliegenden Leimbinder gelangen, wird auf der gesamten Leimbinderlänge ein Metallpaneel angebracht, um das Wasser somit an den Seiten des Leimbinders nach unten in den Stausee abzuleiten.

Die Steher des Geländers werden mittels zwei Bolzen an den äußeren Leimbindern angebracht. Somit ist auch die Stabilität der Steher gegen Kippen gewährleistet.

Die horizontale Absturzsicherung bilden dünne Stahlseile, welche durch Bohrungen in den Stehern verlaufen. Der obere Abschluss, also der eigentliche Handlauf, wird durch einen abgefassen Holzbalken gebildet. Dieser wird mittels Zapfenverbindung und Schrauben an den Stehern befestigt.

7.4.Pläne

7.4.1. Bauteil – Sprenggrafik

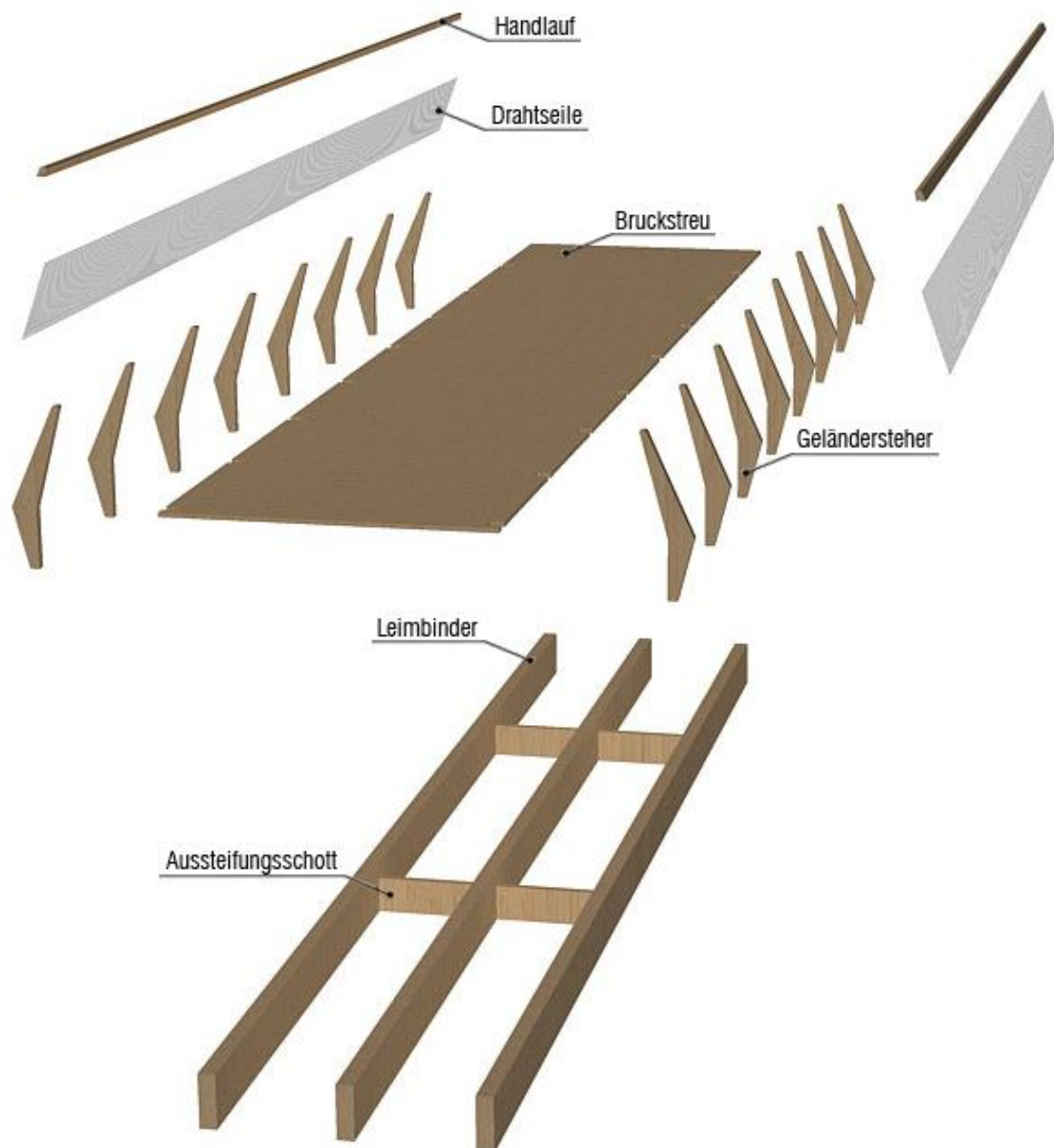


Abbildung 69: Sprenggrafik Balkenbrücke.

7.4.2. Draufsicht

Dieser Plan ist hier in verkleinerter Form dargestellt. Der Originalplan im Maßstab 1:50 wird am Ende dieser Arbeit angefügt.

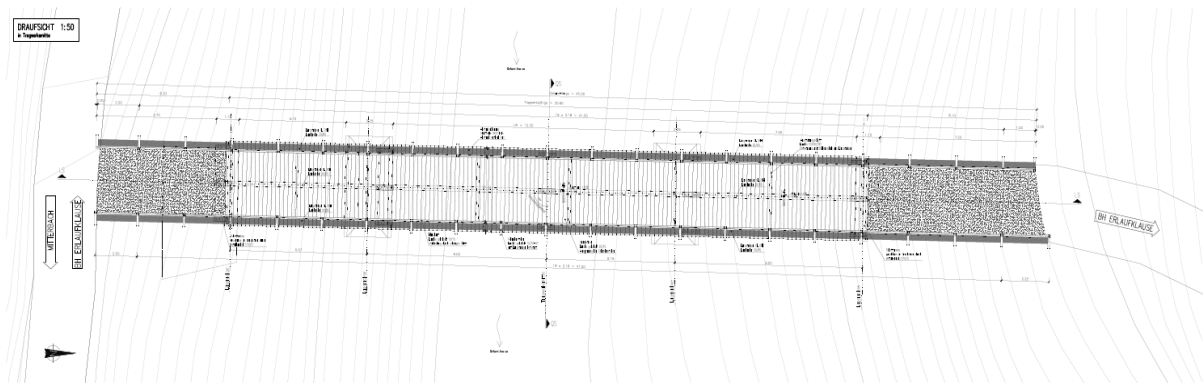


Abbildung 70: Draufsicht Balkenbrücke.

7.4.3. Längsschnitt

Dieser Plan ist hier in verkleinerter Form dargestellt. Der Originalplan im Maßstab 1:50 wird am Ende dieser Arbeit angefügt.

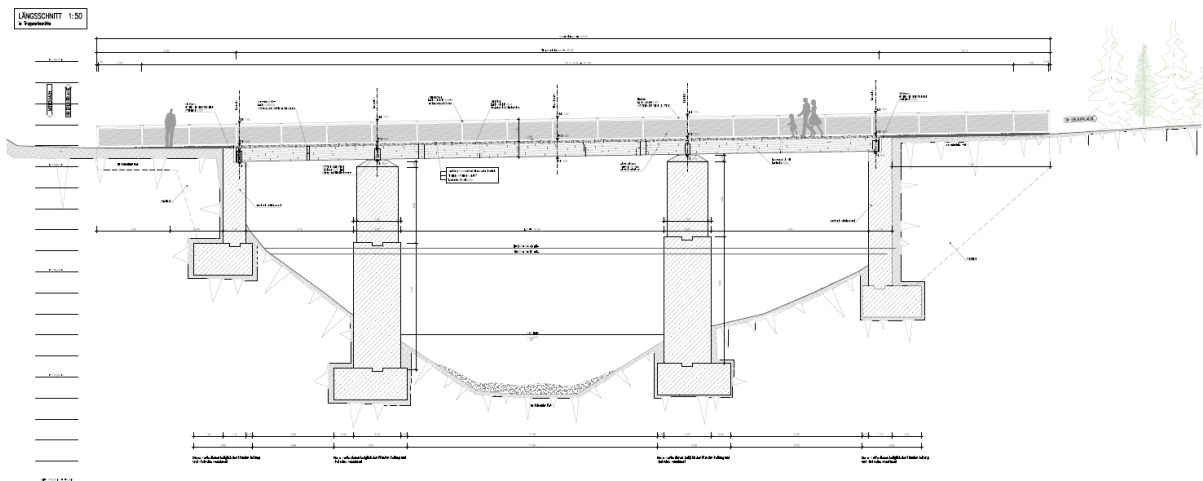


Abbildung 71: Längsschnitt Balkenbrücke.

7.4.4. Regelquerschnitt

Dieser Plan ist hier in verkleinerter Form dargestellt. Der Originalplan im Maßstab 1:50 wird am Ende dieser Arbeit angefügt.

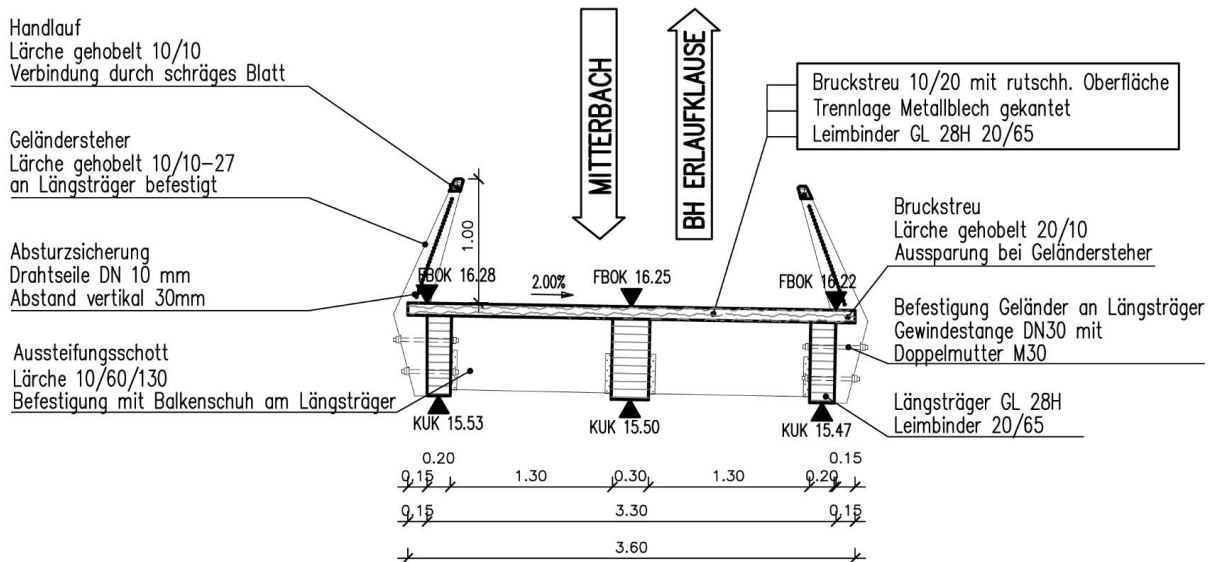


Abbildung 72: Regelquerschnitt Balkenbrücke.

7.4.5. Detail

Dieser Plan ist hier in verkleinerter Form dargestellt. Der Originalplan im Maßstab 1:25 wird am Ende dieser Arbeit angefügt.

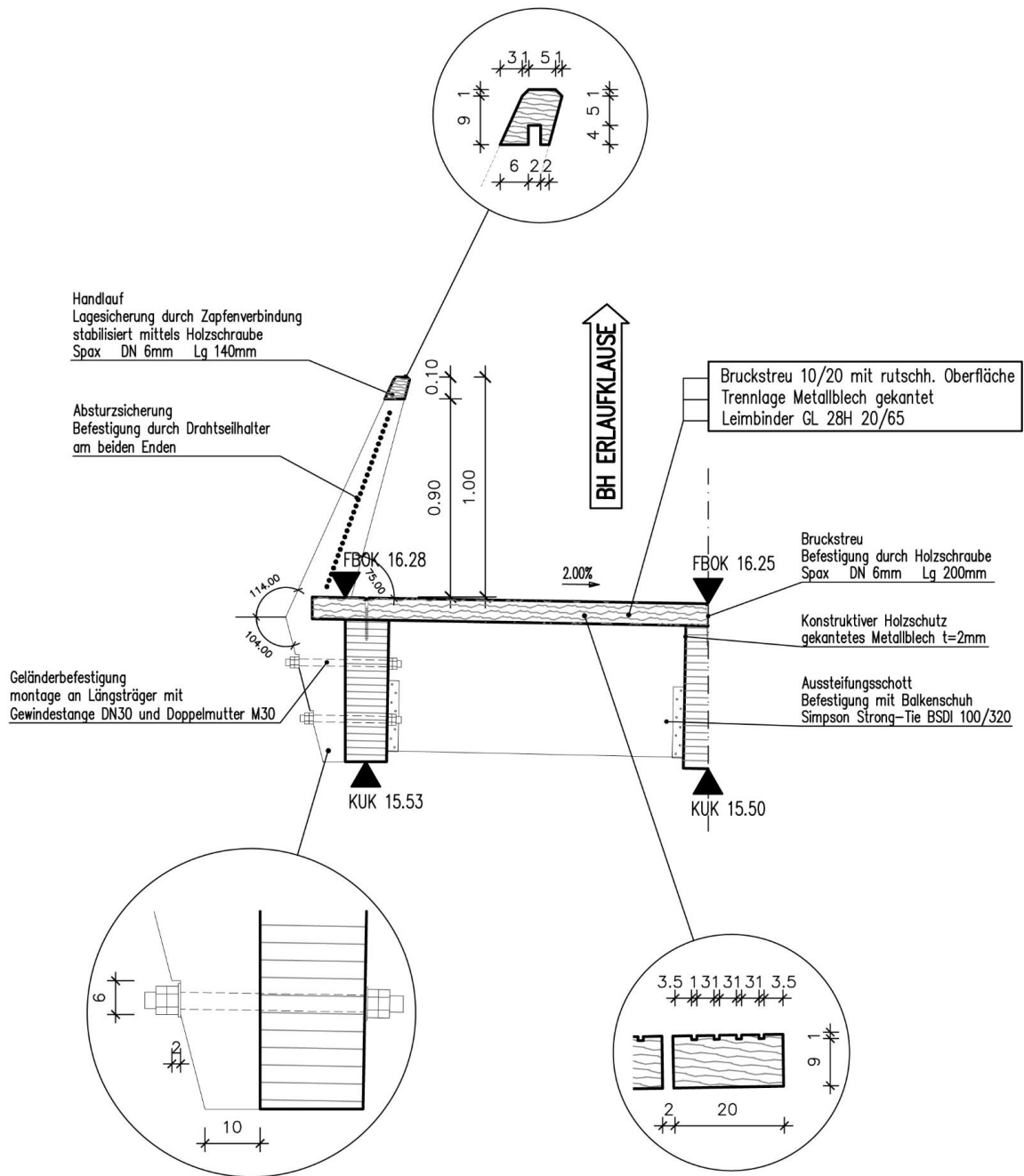


Abbildung 73: Detail Balkenbrücke.

7.5. Statik

Die Berechnungen werden in dieser Arbeit auf die Stabilität bzw. die Durchbiegung beschränkt, da weitreichendere Berechnungen außerhalb meines Wissensspektrums liegen würden.

Die Lastannahmen für die Berechnung wurden zum Teil von mir gewählt und zum Teil aus Normenwerken entnommen. Der Wert für die Schneebelastung wäre nur bei überdachten Brücken anzusetzen, jedoch wird dieser hier ebenfalls mitberechnet, da man sich so garantiert auf der sicheren Seite befindet.

Die Lastannahmen sind wie folgt:

	Bezeichnung	b [m]	h [m]	A [m ²]	l [m]	kN/m ³	kN
g_{k1}	Längsträger Rand	0,20	0,65	0,1300	1,00	7,00	0,9100
g_{k2}	Längsträger Mitte	0,30	0,65	0,1950	1,00	7,00	1,3650
g_{k3}	Bruckstreu	3,60	0,10	0,3600	1,00	7,00	2,5200
g_{k4}	Geländersteher	i.M. 0,20	1,75	0,3500	0,10	7,00	0,2450
g_{k5}	Stahlseile DN10	-	-	0,0079	1,00	78,50	0,6162
g_{kges}	= Eigengewicht						5,6562
p_k	= Nutzlast					5,00	kN/m ²
s_k	= Schnee					5,85	kN/m ²
w_k	= Wind					0,88	kN/m ²

Mit diesen Werten wurde die Balkenbrücke mittels eines Statikprogrammes für finite Elemente, dem RFEM, berechnet. Die Berechnung des Eigengewichtes ist rein informativ, denn es wird vom RFEM automatisch berücksichtigt. Nutzlast, Schnee und Wind wurden separat berechnet und auch ein Wert der gesamten Belastung wurde ermittelt.

Bei der Nutzlast alleine, welche auf die gesamte Brücke wirkt, ergibt sich ein maximaler Durchhang von 10,80mm.

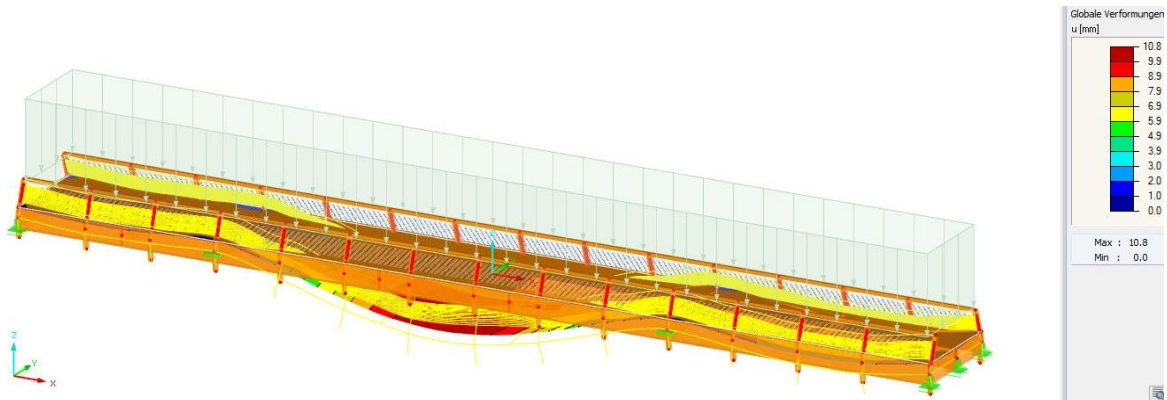


Abbildung 74: Durchhang Nutzlast Balkenbrücke.

Auch der Schnee wird auf die gesamte Brücke aufgebracht und ergibt einen maximalen Durchhang von 12,20mm.

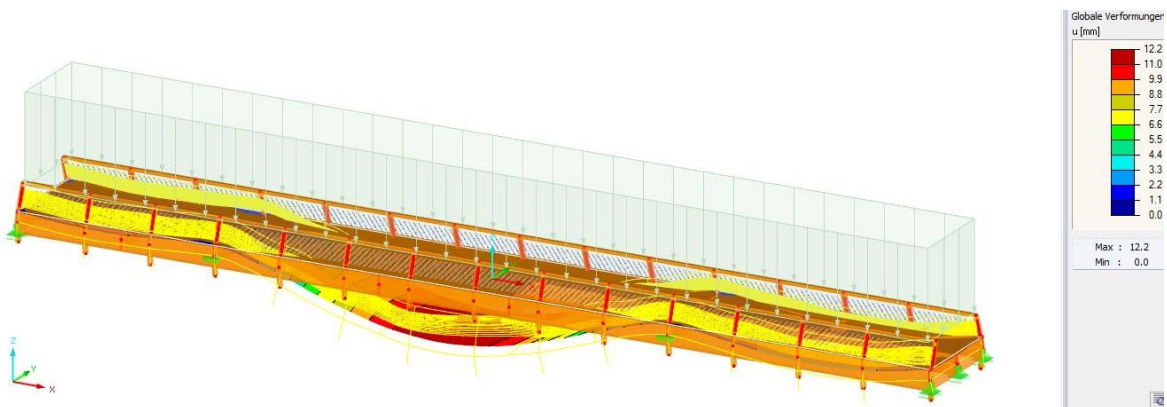


Abbildung 75: Durchhang Schnee Balkenbrücke.

Bei der Windbelastung, welche seitlich auf die Leimbinder angesetzt wurde, entsteht eine maximale Biegung in y-Richtung von 0,30mm.

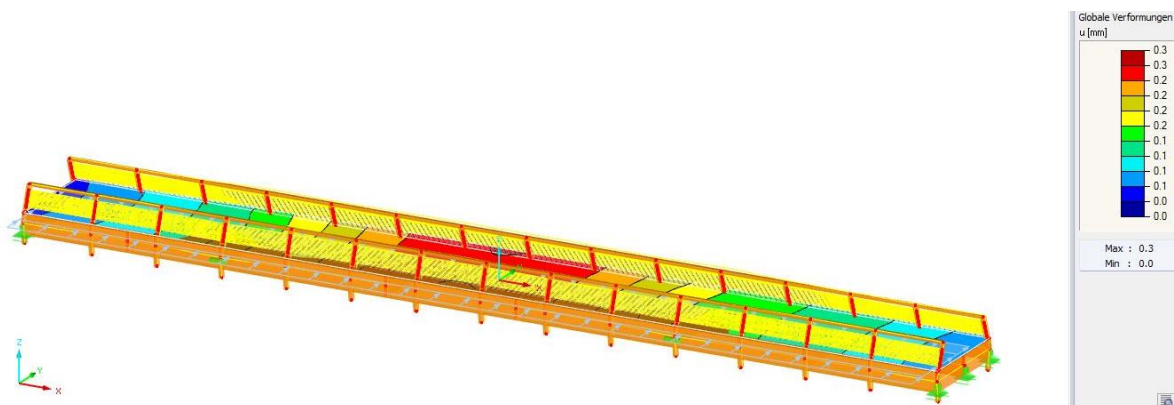


Abbildung 76: Verformung Wind Balkenbrücke.

Bei der maximalen Gesamtverformung wurden alle Belastungen zusammen auf die Brücke aufgebracht und berechnet.

Dies soll den Maximalzustand, trotz der Schneebelastung, darstellen, um somit auf die größt-möglichen Verformungen eingehen zu können.

Hierbei ergeben sich maximale Verformungen von 39,20mm.

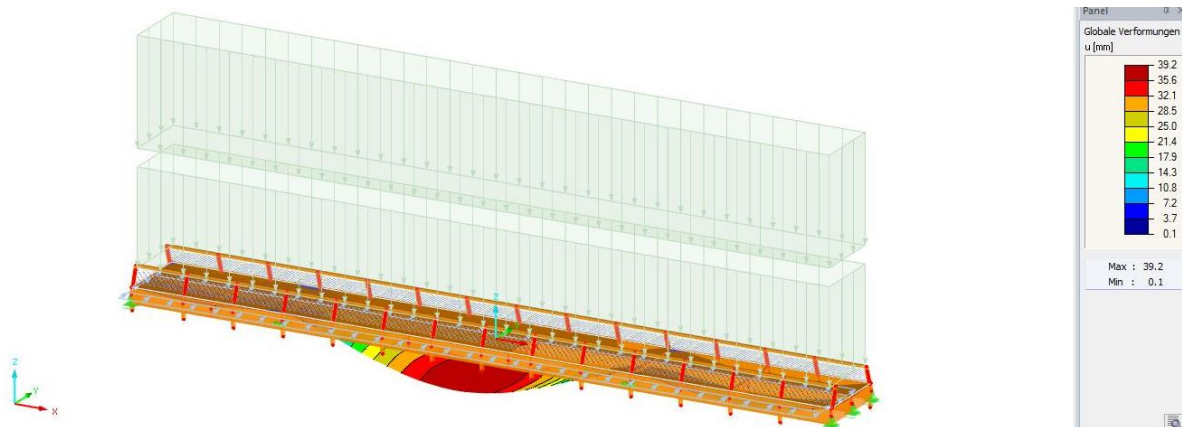


Abbildung 77: Gesamtverformung Balkenbrücke.

Die maximal erlaubte Durchbiegung für einen Einfeldträger wird mit der Formel $l/300$ berechnet. In der Feldmitte angesetzt, ergibt dies somit die maximale Durchbiegung, da an den beiden äußeren Feldern geringere Spannweiten bestehen.

Rechnet man nun mit der lichten Weite von 12,50 Meter, ergibt sich eine maximale Durchbiegung von 41,67mm.

Mit den errechneten 39,20mm von der maximalen Gesamtbelastung liegt die Brücke also im Rahmen und ist somit gut dimensioniert.

Denn wäre der Unterschied der beiden Werte zu groß, würde das bedeuten, dass die Abmessungen nicht wirtschaftlich gewählt wurden. Jedoch dürfte der Wert der maximal erlaubten Durchbiegung natürlich auch nicht kleiner sein, als die tatsächliche Durchbiegung, denn dies würde ein Versagen des Tragverhaltens bedeuten.

7.6. Visualisierungen



Abbildung 78: Ansicht seitlich in Fließrichtung.



Abbildung 79: Ansicht vom Wanderweg Richtung Mitterbach.

7.7.Kostenschätzung

Bezeichnung	Menge	Einheit	EP [€]	Gesamt [€]
Allgemeines:				
PA Einrichten der Baustelle				3 500,00
PA Zeitgebundene Kosten				30 000,00
PA Gewässerschutz erstellen + räumen				1 500,00
Arbeitsgerüst erstellen + räumen	27,00	m	150,00	4 050,00
PA Enge der Baustelle				1 500,00
PA Fläche roden bis Ø25cm				750,00
PA Räumen der Baustelle				1 500,00
PA Baukoordinator				3 000,00
PA Container Baubüro				2 500,00
Betonrevitalisierung:				
Geländer abtragen	91,00	m	10,00	910,00
PA schonender Abtrag				5 000,00
STB abbrechen	16,00	m ³	200,00	3 200,00
STB schneiden >20cm	18,00	m ²	150,00	2 700,00
HD-Strahlen	98,00	m ²	5,00	490,00
Übergangskonstruktion abtragen	10,00	m	50,00	500,00
Fertigmörtel auftragen	20,00	m ²	80,00	1 600,00
Schutt abtransportieren + deponieren	38,00	t	60,00	2 280,00
Brücke herstellen:				
Lager vorbereiten (Gabellager)	12,00	Stk	250,00	3 000,00
Leimbinder + Befestigung	14,00	m ³	2700,00	37 800,00
PA Kran + Transporte				8 500,00
Bruckstreu 20/10 + Befestigung	1,00	m ³	930,00	930,00
Geländersteher + Befestigung	1,50	m ³	930,00	1 395,00
Drahtseile + Befestigung	2 720,00	m	15,00	40 800,00
Handlauf + Befestigung	1,00	m ³	930,00	930,00
			Gesamtbetrag netto:	158 335,00 €
			30 % für Positionen die hier nicht aufgeführt sind:	205 835,50 €
			Gesamtbetrag brutto:	247 002,60 €

PA...Pauschale

8. Sprengwerkbrücke

Der wesentliche Unterschied zu der Balkenbrücke besteht darin, dass bei der Sprengwerkbrücke sämtliche Bauteile der bestehenden Brücke abgebrochen werden. Dieser Schritt ist nötig, da die neue Brücke komplett aus Beton gefertigt wird und somit schwerer ist als die Balkenbrücke, welche aus Holz besteht.

Das Holztragwerk kann von den bestehenden, revitalisierten Teilen wieder getragen werden, das Betontragwerk allerdings auf keinen Fall.

Das Tragsystem der Sprengwerkbrücke wurde gewählt, weil es dadurch ermöglicht wird, eine sehr schlanke Konstruktion auszuführen.

Vergleicht man beispielsweise das statische System der Bogenbrücke, mit jenem der Sprengwerkbrücke, erkennt man deutliche Unterschiede in dessen Tragverhalten.

Betrachtet man hierzu ein Fadenmodell, welches als praktisches Beispiel für die Kettenlinie gesehen werden kann, erkennt man sofort, dass der Durchhang bei der Sprengwerkbrücke wesentlich geringer ist, als jener der Bogenbrücke.

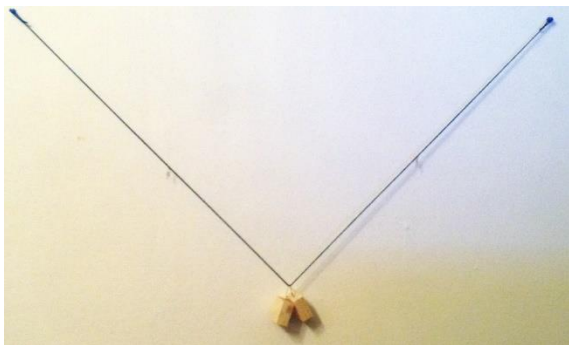


Abbildung 80: Kettenlinie Bogenbrücke.

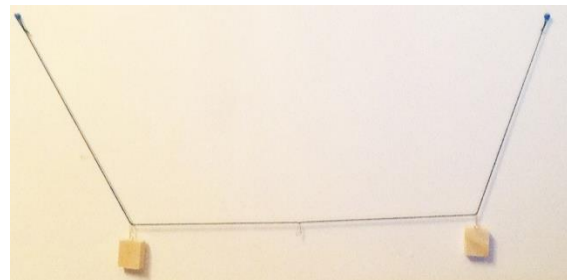


Abbildung 81: Kettenlinie Sprengwerkbrücke.

Überträgt man nun diese Erkenntnis auf ein einfaches statisches Modell, erhält man in deren Momentenverläufen exakt dasselbe Bild.

Die Belastung bei dem Modell mit einer Last weist nur an einem Punkt ein Maximum auf und ist daher aber auch größer.

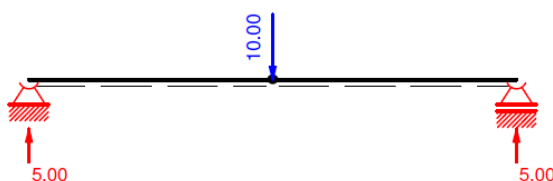


Abbildung 82: Belastungsmodell Bogen.

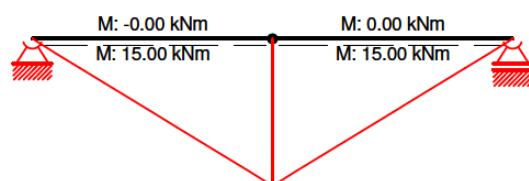


Abbildung 83: Momentenverlauf Bogen.

Der Verlauf des Modells mit derselben Last, jedoch verteilt auf zwei Belastungspunkten, weist hingegen an zwei Punkten ein Maximum auf, welche jedoch geringer ist, als bei der vorhergegangenen Situation.

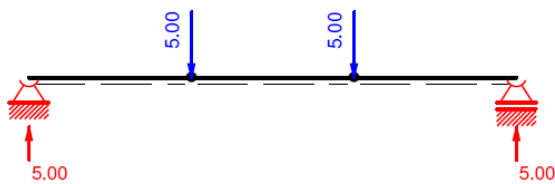


Abbildung 84: Belastungsmodell Sprengwerk.

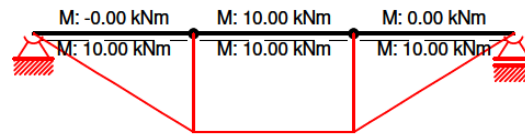


Abbildung 85: Moment Sprengwerk.

In diesen statischen Analogien stellen die Lasten die unterstützenden Bauteile der Brücken dar, also Pfeiler bzw. Stiele.

Ein zusätzlicher Aspekt, um die Dimensionen sehr schlank zu halten, ist das verwendete Material, der UHPC-Beton (Ultra-high-performance-concrete), welcher hier eine Betongüte von C165/185 aufweist.

Dieser Entwurf ist im Vergleich zur Balkenbrücke zeitgemäß und zukunftsweisend. Der momentane Stand der Technik im Bereich des UHPC liegt bei der Verwendung in Fertigteilen, da der Beton zu zäh ist, vergleichbar mit Kaugummi, um diesen direkt vor Ort gut verarbeiten zu können.

Also wird die gesamte Brücke aus Fertigteilen konzipiert, welche später durch Vorspannlitzen und ausgeklügelte Verbindungsmethoden zusammengehalten werden.

Beton als Konstruktionsmaterial steht im Kontext zur naheliegenden Staumauer des Kraftwerkes und dessen Einlauf. Die Analogie zur Natur wird hier nicht über das Material hergestellt, sondern durch die Struktur des Geländers. Diese sollen an die Äste des umliegenden Waldes erinnern.

Die Entscheidung UHPC zu nehmen basiert darauf, dass dieses Material in der Weiterentwicklung des Brückenbaus eine große Rolle spielen wird. Daher ist es vorteilhaft, sich bereits jetzt mit dessen Eigenschaften vertraut zu machen.

Auch werden durch dieses Material Wartungsarbeiten beinahe komplett überflüssig, was gegenüber sämtlichen anderen Materialien einen großen Vorteil birgt.

8.1. Entwurf

Bei diesem Entwurf ist ausnahmslos jedes Bauteil statisch wertvoll und trägt zur Lastableitung bei.

Das Tragwerk der Sprengwerkbrücke besteht durch die beiden flach geneigten Stiele, welche als Auflager für den Oberbau dienen.

Diese Brücke wird komplett aus UHPC-Fertigteilen gefertigt, da dieser Beton momentan noch nicht so weit konzipiert ist, diesen direkt vor Ort an der Baustelle verarbeiten zu können. Die hier verwendete Betongüte ist C165/185, also weist dieser Beton 165 N/mm² Zylinderdruckfestigkeit und 185 N/mm² Würfeldruckfestigkeit auf.

Der Oberbau selbst, besteht aus der Laufplatte und zwei Geländerteilen. Das Gelände ist durch eine versteckte Bolzenverbindung mit der Laufplatte verschraubt und bildet dadurch einen homogenen Querschnitt, der auch als solcher berechnet wurde. Die Verbindungen müssen alle Belastungen übertragen können, also Abscheren durch Quer- und Normalkraft, Zug und Durchziehen.

Die Fertigteile des Oberbaus werden in fünf Meter Stücken geplant, denn wären diese länger, würden diese nicht mehr auf einen Standard-Lastwagen passen. Ein Sondertransport würde erhebliche Mehrkosten verursachen und wegen den geringen Breiten der Zufahrtswege ohnehin nicht zur Baustelle gelangen.

Die Zubringung der Fertigteile erfolgt per Zug bis zur Haltestelle Erlaufklausen und diese werden dann per Lastwagen auf einer ca. 1km langen, nahezu geraden Strecke zur Baustelle gebracht. Somit wird auch gleichzeitig darauf geachtet, die Belastung der Umwelt bei dieser Baustelle auf ein Minimum zu reduzieren.

Das Gelände soll eine Analogie zu den Ästen der umliegenden Bäume darstellen, welche durch einen umlaufenden Rahmen eingesäumt werden.

Jede Verstrebung hat eine statische und eine ästhetische Aufgabe zu erfüllen und ist deshalb genauestens bedacht.

Zusätzlich zu den zierlichen „Verästelungen“, wird das Gelände durch eine nach oben verlaufende Verschmälerung an der Brückeninnenseite optisch noch filigraner gestaltet.

Außerdem verläuft in den Verästelungen die umgelenkte Vorspannung, um somit die Stützmomente über den Verbindungen von Stiel und Riegel abzufangen.

Da die gesamte Konstruktion aus Fertigteilen besteht, wird durch eine Verzahnung die Weiterleitung der Lasten gewährleistet und bildet dadurch eine zusätzliche Stabilisierung.

8.2.UHPC

UHPC, also ultra-high-performance-concrete, ist ein relativ neu entwickelter Beton. Dieser Beton zeichnet sich vor allem durch seine neu entwickelte Zusammensetzung aus. Die Reduktion des Größtkorndurchmessers bewirkt eine Optimierung der Korngrößenverteilung. Quarz oder Basalt zum Beispiel werden als hochfeste Zuschlagstoffe entdeckt und mithilfe von Hochleistungsfließmitteln kann der Wasser-Bindemittel-Wert ebenfalls erheblich reduziert werden. Das alles zieht natürlich auch eine wesentliche Reduktion des Porenvolumens nach sich.

UHPC hat durch die neue Betonzusammensetzung wesentlich verbesserte Eigenschaften in Bezug auf die Dichtigkeit, Festigkeit, chemische und mechanische Resistenz. Alles das macht eine erhöhte Dauerhaftigkeit aus, vergleichbar mit jener des Granits. Die Nutzungsdauer kann, verglichen mit ähnlichen Strukturen aus Normalbeton, bis zu fünf Mal höher ausfallen. Durch die eingelegten Fasern, welche als Ersatz für die Bewehrung dienen, erhöht sich die Duktilität des Betons, die Verformbarkeit bzw. die Zähigkeit, erheblich.⁴³

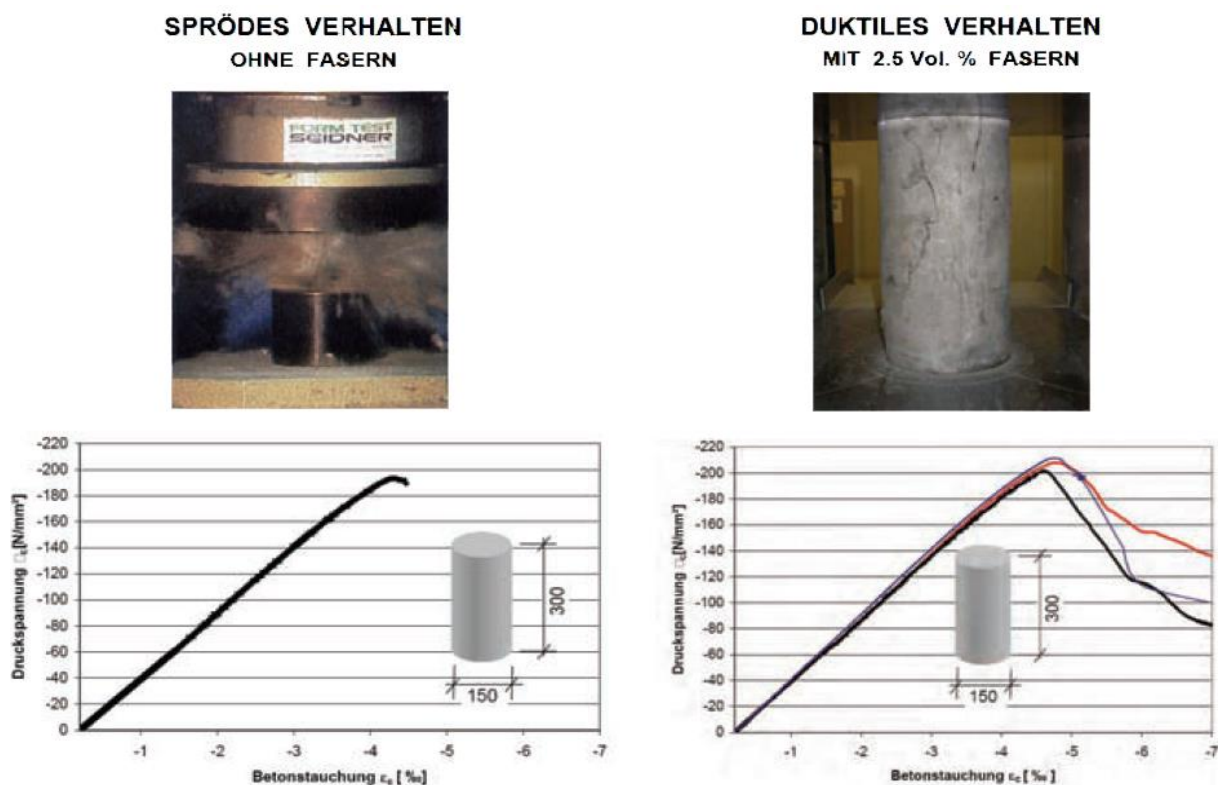


Abbildung 86: Bruchverhalten.

⁴³ Sparowitz 2008, 3-8.

Da gerade im Bereich des modernen Brückenbaus das Material Beton eine sehr wesentliche Rolle spielt, sind auch hier die meisten Forschungsansätze zu beobachten.

Es können filigranere, aber dennoch sehr tragfähige Bauteile erstellt werden. In Bezug auf die Dauerhaftigkeit haben diese derzeit keine Konkurrenz.

Betrachtet man die Gestaltungsmöglichkeiten, bietet sich hier auch ein breites Spektrum welches ausgeschöpft werden kann.

Durch die feine Struktur des Betons zeichnen sich an der Oberfläche selbst die feinsten Strukturen der Schalung ab. Auch ist, ohne zusätzliche Oberflächenbehandlung, eine glänzende oder strukturierte Oberfläche möglich. Und auch das Einfärben mit den kräftigsten Farben stellt für diesen Beton kein Hindernis dar.⁴⁴



Abbildung 87: Oberflächengestaltung UHPC.

Der Wiener Ingenieur Johannes Berger bemerkte: „Durch das Weglassen von Abdichtung und Fahrbahnbelag – bei integralen Brücken auch von Lagern und Fahrbahnübergängen – entfallen Verschleißteile und es entstehen dadurch zusätzliche Einsparungen für den Brückenerhalter.“ Weiters merkt er an, „dass derartige – vorgespannte – Brücken wie vergleichbare Brücken der römischen Baumeister de facto eine unbegrenzte Lebensdauer aufweisen und keine Erhaltungsmaßnahmen erfordern.“⁴⁵

⁴⁴ Kirnbauer 2014, 2.

⁴⁵ <http://www.betonmarketing.at/gute-gruende/belastbarkeit/154-ultrahochfester-beton-wild-bruecke-in-kaernten-ist-die-laengste-strassenbruecke-der-welt-mit-uhpc>, 22.07.2015.

Somit amortisieren sich die Kosten, betrachtet man diese im Verlauf der gesamten Lebensdauer einer Brücke, beinahe zur Gänze. Jedoch genau diese Betrachtungsweise wird häufig nicht berücksichtigt, da man sich von den Hohen Kosten zu Beginn verunsichern lässt.

Das sind sehr viele Punkte, die für die Verwendung von UHPC sprechen, jedoch findet dieser noch kaum Anwendung im täglichen Baugeschehen.

Gründe dafür sind vermutlich die hohen Fertigungskosten zu Beginn des Bauvorhabens, die dadurch fehlende Erfahrung, auch in Bezug auf die Fertigungsweise (da UHPC momentan nur als Fertigteil zu verwenden ist). Auch ist es wahrscheinlich wieder eine Kostenfrage, warum die Industrie eher wenig Interesse an Innovation und Forschungsarbeiten zeigt.

Eine nicht zu unterschätzende Hürde bietet auch die aktuelle Normen Situation, denn UHPC ist noch nicht darin geregelt.⁴⁶

Es gibt jedoch weltweit bereits ein paar Fußgängerbrücken, welche aus UHPC errichtet wurden. Aber auch für Möbel oder Überdachungen etc. ist UHPC bereits ein beliebtes Material.

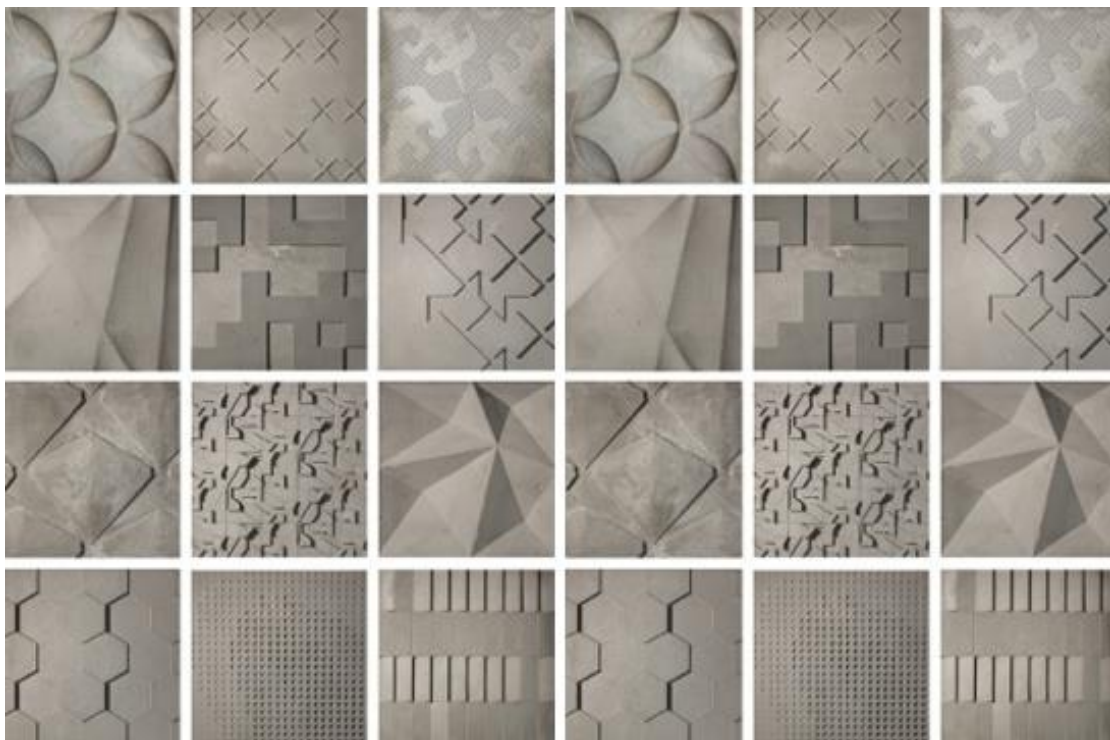


Abbildung 88: Oberflächenstruktur UHPC.

⁴⁶ Sparowitz 2008, 13.

8.2.1. Beispiel: „Wild-Brücke“

Die Wild-Brücke im kärntnerischen Völkermarkt ist die erste Straßenbrücke bei der das Bogen-tragwerk komplett aus UHPC gefertigt wurde. Den Namen hat die Brücke der Firma Wild zu verdanken, welche gemeinsam mit dem Land Kärnten und der Stadtgemeinde Völkermarkt die Kosten trug.⁴⁷



Abbildung 89: "Wild-Brücke".

Die Brücke weist eine Länge von 158 Meter und eine Höhe von 40 Meter auf. Zwei schlanke, parallele Sprengwerkbögen überspannen beinahe 70m von einer Talflanke zur Nächsten. Die Bögen bestehen jeweils aus sechs geraden Stäben und acht Knoten.

Die Lebensdauer ist, wie in Punkt 8.2 erwähnt, wesentlich höher und wurde bei der Wild-Brücke mit mehr als 200 Jahren prognostiziert.⁴⁸

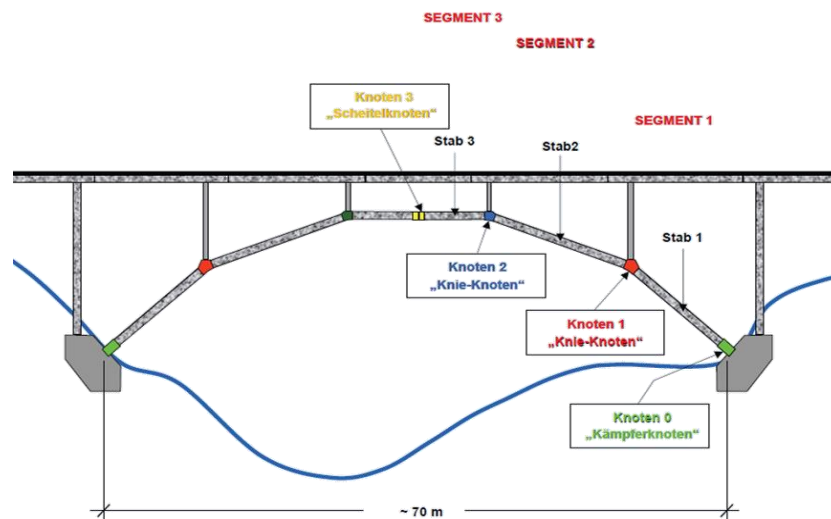


Abbildung 90: Segmente Wild-Brücke.

⁴⁷ Sparowitz 2010, 2-6.

⁴⁸ Ebda., 5-7.

Die verwendete Betongüte ist hier C165/185 und wurde mittels Kaltgussverfahren in die gewünschte Form gegossen.

Alle Teile des Tragwerkes wurden als Kastenquerschnitt ausgeführt, welche lediglich eine Wandstärke von 60mm aufweisen und in den Ecken 100mm.

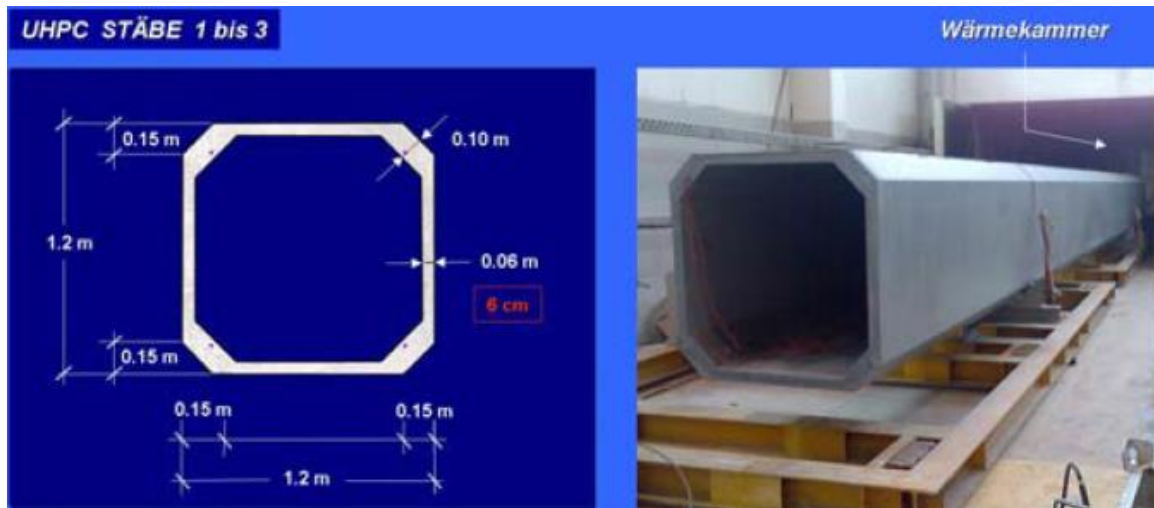


Abbildung 91: Detail Kastenquerschnitt.

Bei den Knoten wurde die Wandstärke mit 200mm berechnet. In den Kastenquerschnitten verlaufen entlang des inneren Umfanges die Monolitzen, welche der Vorspannung dienen.⁴⁹

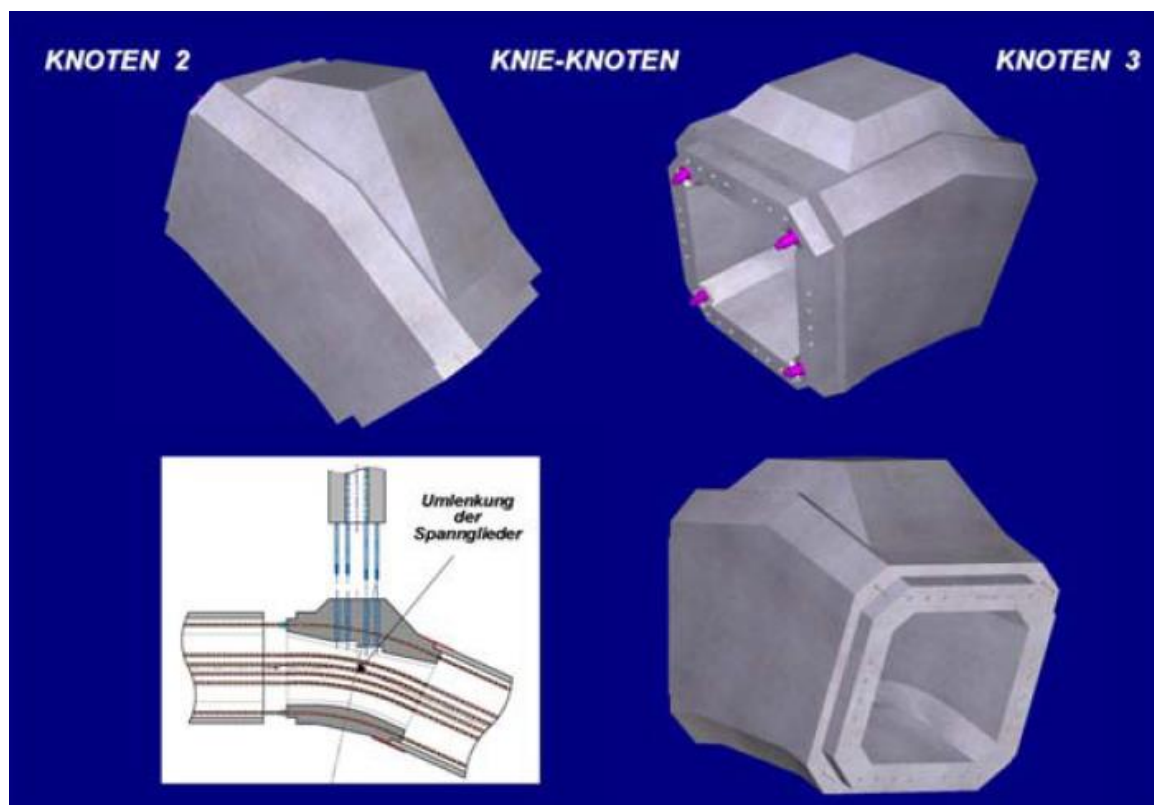


Abbildung 92: Knotenpunkte.

⁴⁹ Sparowitz 2010, 7-12.

8.3. Abbruch Bestand

Der Abbruch der bestehenden Brücke muss, wie die Betonrevitalisierung bei dem Balkenbrücken-Entwurf, unter größter Sorgfalt erfolgen.

Daher wird zuerst das Tragwerk mittels eines geeigneten Gerüstes unterstellt und mit Planen verhängt. Dies hindert Staub und kleine Bruchstücke daran in den See zu fallen und gegebenenfalls den Einlauf des Kraftwerks zu beschädigen.

Beim Abbruch selbst wird so vorgegangen, dass zuerst am bestehenden Tragwerk das Geländer, wo vorhanden, abgebrochen wird. Danach wird in fünf Meter Abschnitten die bestehende Fahrbahnplatte durchtrennt und mittels Kran auf einen bereitstehenden Tieflader gehoben.

Um die Pfeiler über das Stauziel hinaus vollständig abbrechen zu können muss über einen kurzen Zeitraum das Stauziel auf den kleinsten Durchfluss abgesenkt werden, damit eine Wasserumleitung durch PVC Rohre DN 500 hergestellt werden kann. Durch diese Rohre können kurzfristige Wasserschwankungen z.B. durch Niederschläge abgeleitet werden, damit ein sicheres Arbeiten gewährleistet wird.



Abbildung 93: Wasserumleitung.

Somit können die unteren Teile der Pfeiler und deren Fundamente abgebrochen werden und gleichzeitig auch die Widerlager an der Böschung. Die Stellen, welche die Widerlager hinterlassen, werden mit dem Aushubmaterial der neuen Widerlager verfüllt.

8.4. Fundamente und Widerlager

Da die bestehenden Bauteile (Geländer, Plattenbalken, Widerlager, Fundamente, Pfeiler) durch die lange Bewitterung bereits sehr verfallen sind, werden diese rückgebaut und auf die Deponie gebracht.

Der Aushub für die neuen Fundamente und Widerlager wird als Massenausgleich für das Verfüllen der abgebrochenen Fundamentkubatur verwendet.

Das Widerlager des Tragwerks und des linken Stiels werden an der südlichen Seite als ein Element gefertigt. Am nördlichen Ufer werden die Widerlager des Tragwerks und des Stiels separat ausgeführt, da hier das Ende des Stiels und der Laufplatte nicht übereinander liegen. Die neuen Bauteile werden direkt vor Ort geschalt und betoniert.

Um später für die Revision der Spannglieder einen Zugang zu ermöglichen, werden in den Widerlagern Revisionsschächte eingeplant. Diese werden über eine herausnehmbare UHPC-Abdeckung in den Trogquerschnitten erschlossen. Mitbetonierte Stahlsteigeisen bilden die vertikale Leiter, um in den Schacht hinunter zu gelangen. Da die Widerlagerhöhen unter 5m liegen, muss keine zusätzliche Absturzsicherung ausgeführt werden.

Die Vorspannlitzen benötigen eine Ausnehmung im Beton, um später die Vorspannhülse ansetzen zu können, welche die Litzen spannt. Diese Ausnehmungen sind bereits in der Planung der Widerlager und des nördlichen Auflagers miteingeschlossen.

Zwischen den nördlichen Widerlagern, befinden sich knapp 4 Meter Böschung. Diese wird im Steigungsverhältnis 2:3 angeglichen, um eine Berme zu erzeugen.

8.5. Vorspannung

Um das Prinzip der Vorspannung zu erklären, ist es am besten, einen Streifen Schaumstoff mit einem integrierten Gummiband als Beispiel heranzuziehen.

Der Schaumstoffstreifen stellt den Biegeträger dar und das Gummiband übernimmt die Position der Vorspannung.



Abbildung 94: Lose Vorspannung.

Wird nun das Gummiband gezogen und man verkürzt das unter Zug stehende Gummiband, werden die Finger an die Schaumstoffenden gedrückt. Die Finger stellen hier die Vorspannanker dar.

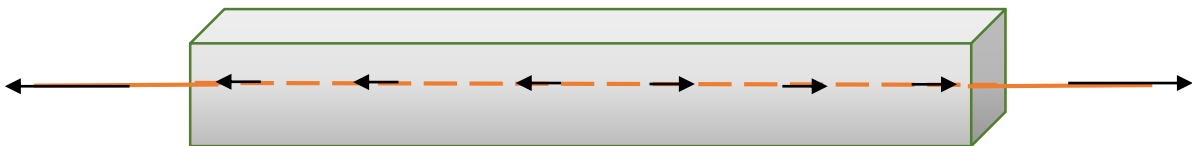


Abbildung 95: Zug in Vorspannung.

Dadurch entsteht im Schaumstoff Druck, welcher gegen allfällig auftretende Belastungen wirkt.



Abbildung 96: Druck durch Vorspannung.

Diese Vorspannung erzeugt nicht nur Druck im Tragwerk, sondern je nach Lage der Hüllrohre auch Momente, die der Belastung entgegen wirken.

8.6. Geländer

Das Geländer an sich, ist kein eigenes statisches Bauteil. Jedoch es bildet gemeinsam mit der Laufplatte eine Art Trogquerschnitt aus, welcher die Fahrbahn bildet.

Um eine homogene Verbindung zwischen der Laufplatte und dem Geländer zu erzeugen, werden versteckte Bolzenverbindungen eingebracht. Diese Bolzen müssen auf Abscheren in Quer- und Normalrichtung, auf Durchziehen und Zug nachgewiesen werden.

Jedoch ist bei der filigranen Ausführung des Geländers darauf Acht zu geben, dass auch diese feinen Verstreibungen Lasten ableiten müssen.

Daher ist die Gestaltung genauestens durchdacht und auf jegliche Belastungseinwirkung Rücksicht genommen.

Wirken die Stiele des Sprengwerks als negatives Stützmoment, werden im Feld positive Feldmomente erzeugt.

Daher werden sowohl Druck-, als auch Zugkräfte im Geländer auftreten. Um diese abfangen zu können bzw. diesen entgegen zu wirken, wird die Tragstruktur wie im Betonbau üblich als Fachwerksmodell ausgebildet und auch zusätzlich um die horizontale Achse gespiegelt.

Durch einzelne, rein gestalterische, Verästelungen, wird die Tragstruktur in den Hintergrund versetzt und das Muster wirkt wie zufällig arrangiert.

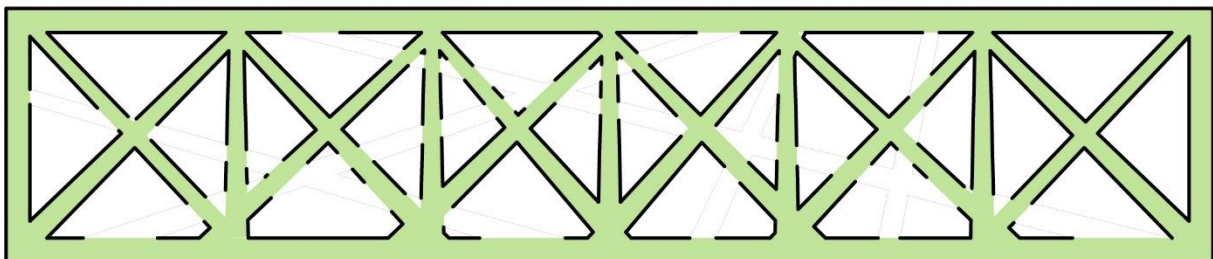
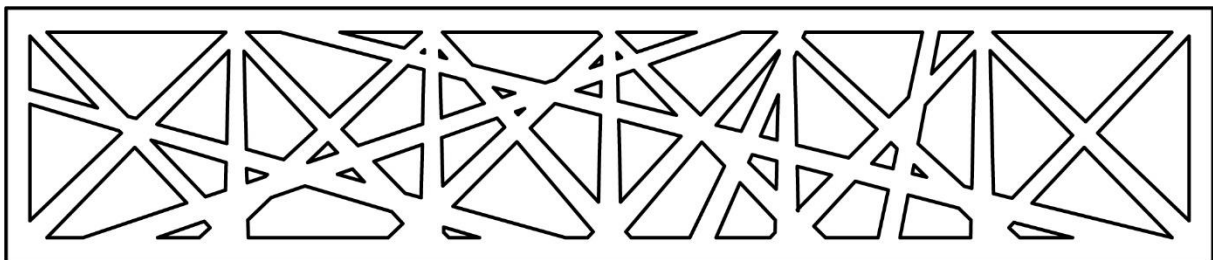


Abbildung 97: Tragstruktur Geländer.

8.7.Montage

Die Reihenfolge der Montage beginnt bei der Herstellung der Fundamente, Widerlager deren Auflager. Diese werden direkt vor Ort betoniert und müssen daher auch noch aushärten. Danach wird mit der Montage der Stiele des Sprengwerks begonnen. Diese werden beginnend bei den Widerlagern bis zum Scheitel hin auf einer Unterstellung ruhend zusammengesetzt. Durch die Nut-und Federverbindung besteht bereits ohne Vorspannung eine gewisse Festigkeit, da die Stiele durch ihr Eigengewicht durch Druck beansprucht werden. Danach werden von den Widerlagern beginnend, die Laufplattenteile zusammengefügt. Sind diese miteinander verbunden, werden die Geländerteile daran befestigt. Sind all diese Schritte erledigt, kann mit dem Spannvorgang begonnen werden, welcher der Brücke die endgültig Festigkeit verleiht.

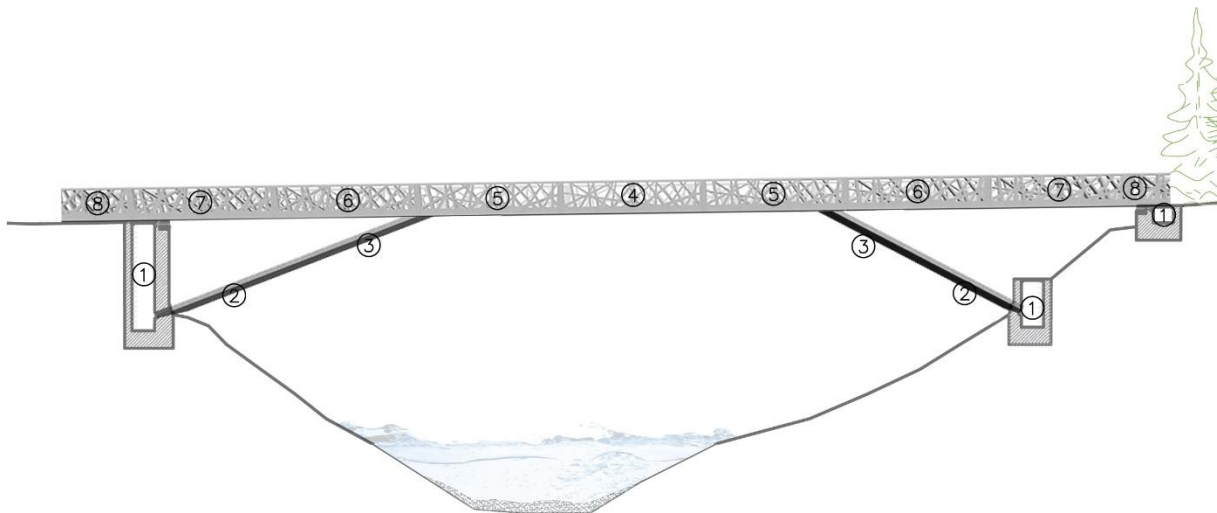


Abbildung 98: Bauablauf.

8.8. Nachträgliche Nutzungsadaptierung und Wartung

Geplant wurde die Sprengwerkbrücke in erster Linie als Fußgängerbrücke. Jedoch sind auch bereits Maßnahmen gesetzt, um diese später zu einer untergeordnete Straßenbrücke umwidmen zu können, falls dies einmal erwünscht wäre.

Mit einer lichten Breite von 3,20m kann ohne weiteres eine einspurige Fahrbahn angelegt werden. Auch an die zusätzlichen Belastungen wurde bereits in der jetzigen Planung gedacht.

Möglich macht dies die Vorspannung. Es sind auch bereits Leerverrohrungen in dem Brückenquerschnitt vorgesehen, welche für nachträgliche Stromleitung etc. gedacht sind. Derzeit sind deren einzige Aufgabe, die Gewichtsreduktion des Querschnittes.

Unter dem Schutzasphalt befinden sich 5cm starke UHPC-Platten, welche auf einer demontierbaren Stahlkonstruktion ruhen.

Diese Stahlkonstruktion bildet einerseits die Kammerwand der Widerlager, aber auch den Fahrbahnübergang zwischen Brücke und Fels. Auf dieser Konstruktion gleitet das Blech, welches den Tragwerksspalt überbrückt und somit den Dehnweg der Brücke aufnimmt.

Der Schutzasphalt ist in diesem Bereich durch Heißvergussfugen geteilt, um einen 'sauberen' Teilabbruch des Schutzasphaltes zu gewährleisten.

Ist es nötig, die Litzen der Vorspannung zu warten, eröffnet sich der Revisionsschacht in den Widerlagern durch wegheben der UHPC-Platten. Durch Demontage der I-Profile, welche den UHPC-Platten der Schachteinstiege als Auflager dienen, gelangt man zu den Spannankern.

In der aufgehenden Widerlagerwand wurden an der Innenseite bereits Ausnehmungen für das Vorspanngerät angedacht.

Um zu der Vorspannung der Stiele zu gelangen, folgt man den stählernen Steigeisen hinunter in den Schacht.

8.9.Pläne

8.9.1. Grundriss

Dieser Plan ist hier in verkleinerter Form dargestellt. Der Originalplan im Maßstab 1:50 wird hinter dieser Arbeit angefügt.

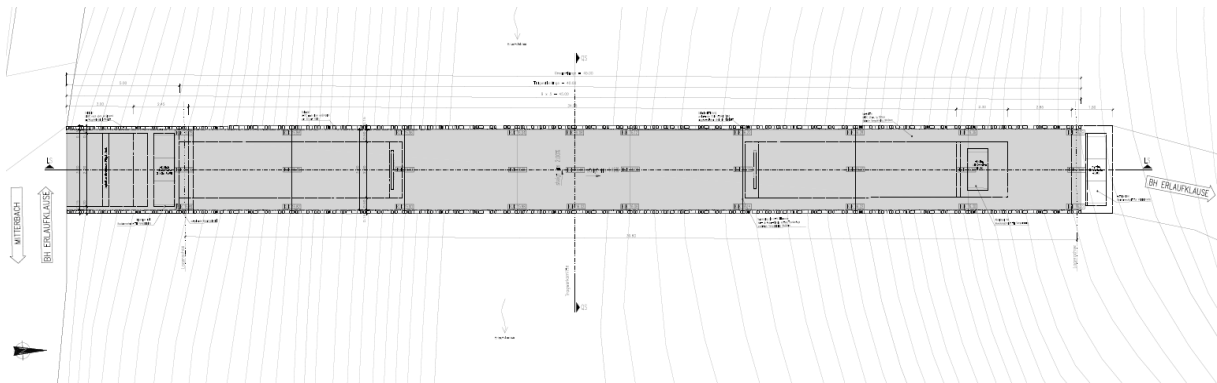


Abbildung 99: Grundriss Sprengwerkbrücke.

8.9.2. Längsschnitt

Dieser Plan ist hier in verkleinerter Form dargestellt. Der Originalplan im Maßstab 1:50 wird hinter dieser Arbeit angefügt.

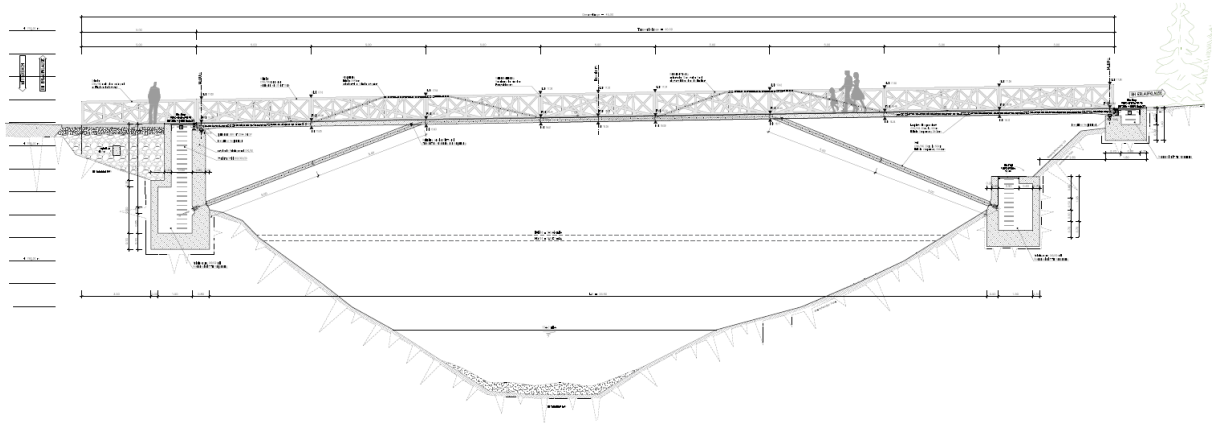


Abbildung 100: Längsschnitt Sprengwerkbrücke.

8.9.3. Regelquerschnitt

Dieser Plan ist hier in verkleinerter Form dargestellt. Der Originalplan im Maßstab 1:50 wird hinter dieser Arbeit angefügt.

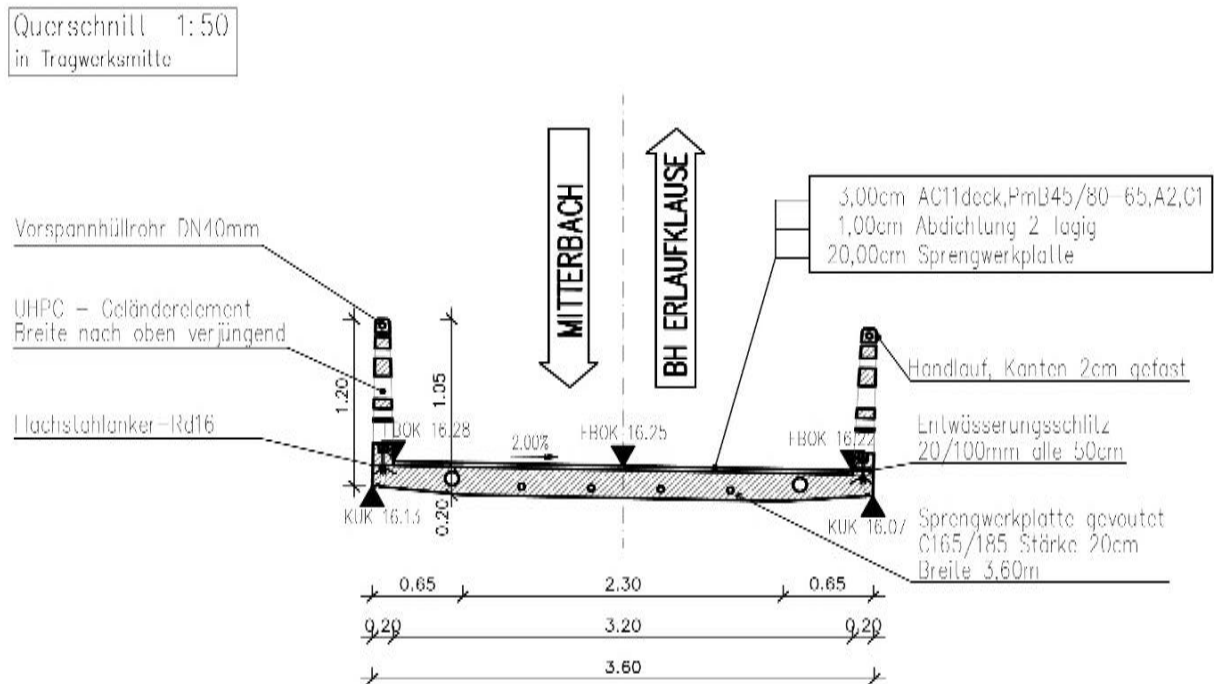
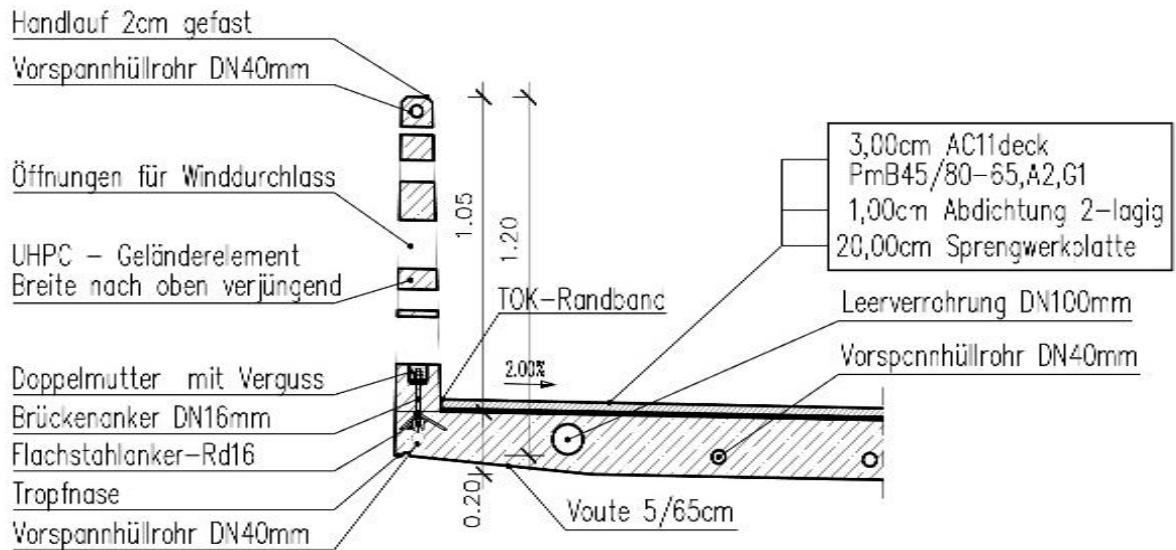


Abbildung 101: Regelquerschnitt Sprengwerksbrücke.

8.9.4. Details

Dieser Plan ist hier in verkleinerter Form dargestellt. Der Originalplan im Maßstab 1:20 wird hinter dieser Arbeit angefügt.

DETA_ 01 Geländerebefestigung 1:20
in Trogwerksmitte



DETAIL 02 Endpunkt Vorspannung 1:20

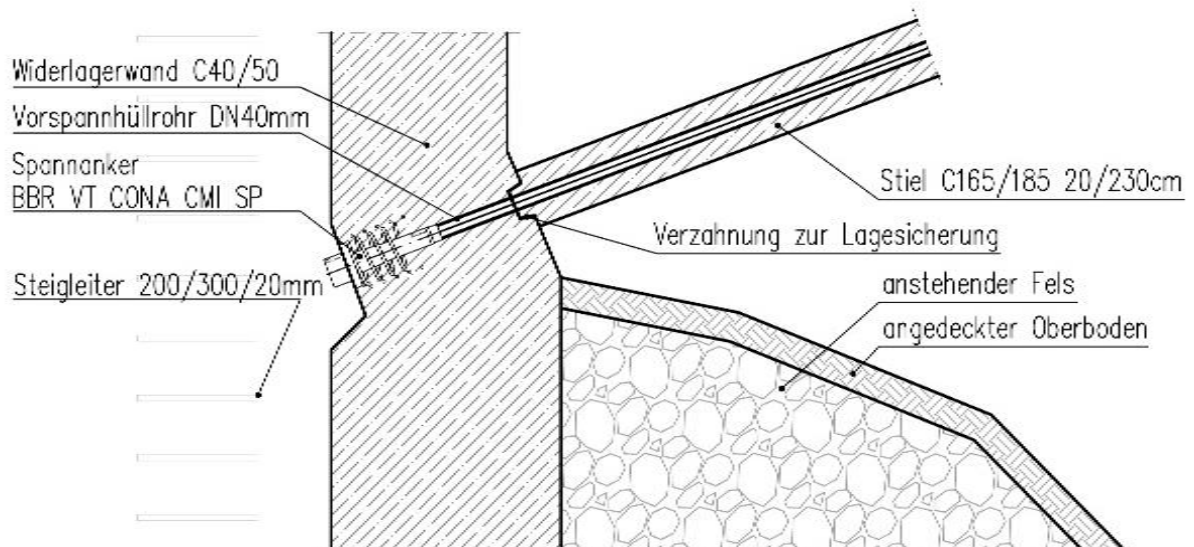
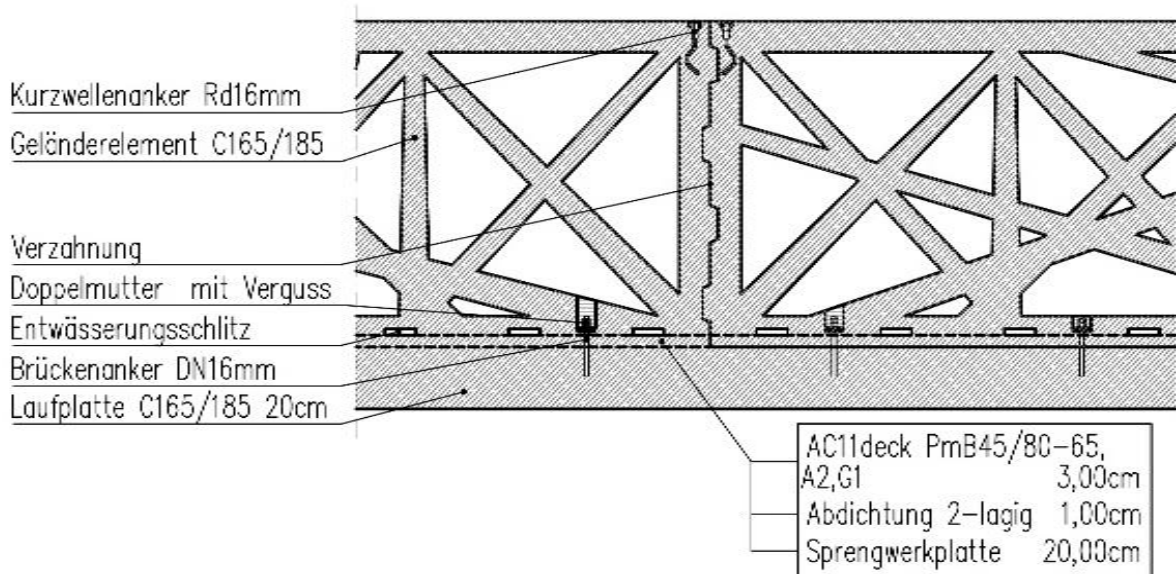


Abbildung 102: Detail 1 + 2

DETAIL 03 Geländerebefestigung 1:20



DETAIL 04 Widerlagerdetail 1:20

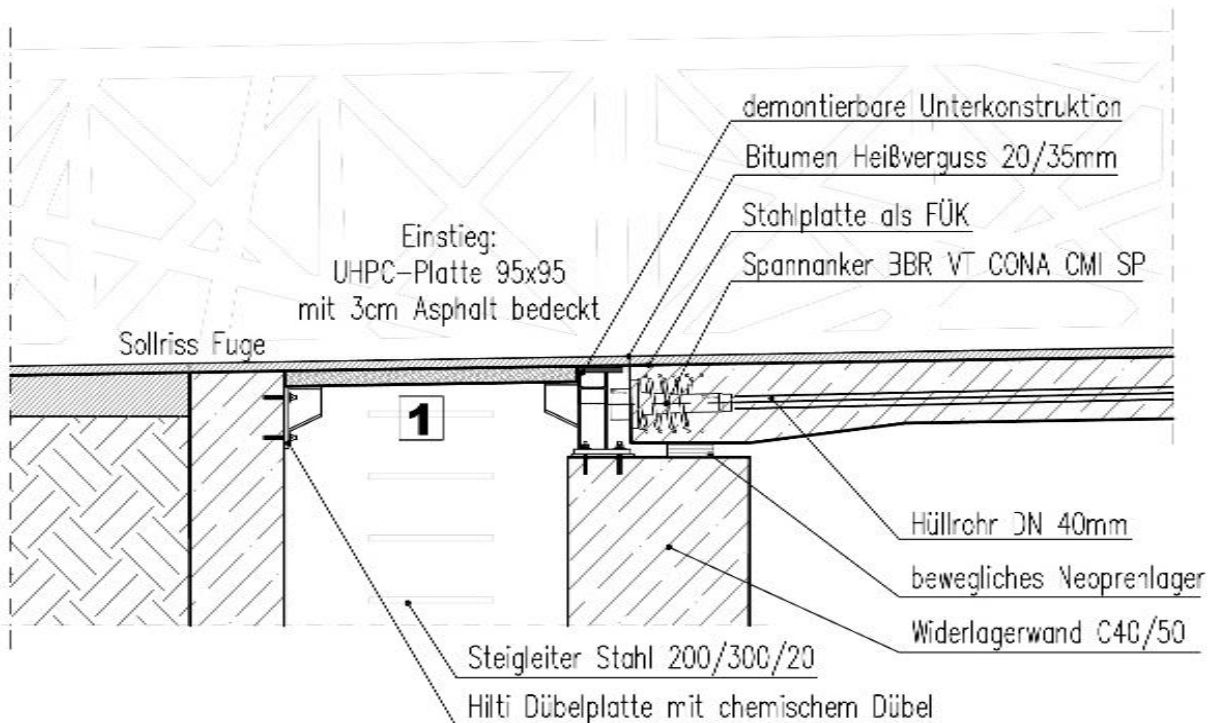


Abbildung 103: Detail 3 + 4.

8.10. Statik

Auch hier wurden die gleichen Werte als Belastung angesetzt, wie bei der Holzbalkenbrücke. Für die Nutzlast $5,00 \text{ kN/m}^2$, für den Schnee $5,85 \text{ kN/m}^2$ und für den Wind $0,88 \text{ kN/m}^2$.

Da jedoch der Werkstoff UHPC noch in keinen Normen geregelt ist, wird dieser auch noch nicht im Statikprogramm RFEM berücksichtigt.

Mittels faktorieller Umrechnung wurden die Eigenschaften an jene des UHPCs angepasst.

Natürlich kann somit auch keine Richtigkeit der Bemessung garantiert werden. Da die Materialspezifischen Eigenschaften eines UHPC Betons mit jenen des Normalbetons oder des hochfesten Betons nicht vergleichbar sind.

Bei der Berechnung des Eigengewichts und der Nutzlast, welche auf die gesamte Brücke wirken, ergibt sich ein maximaler Durchhang von $2,40 \text{ mm}$.

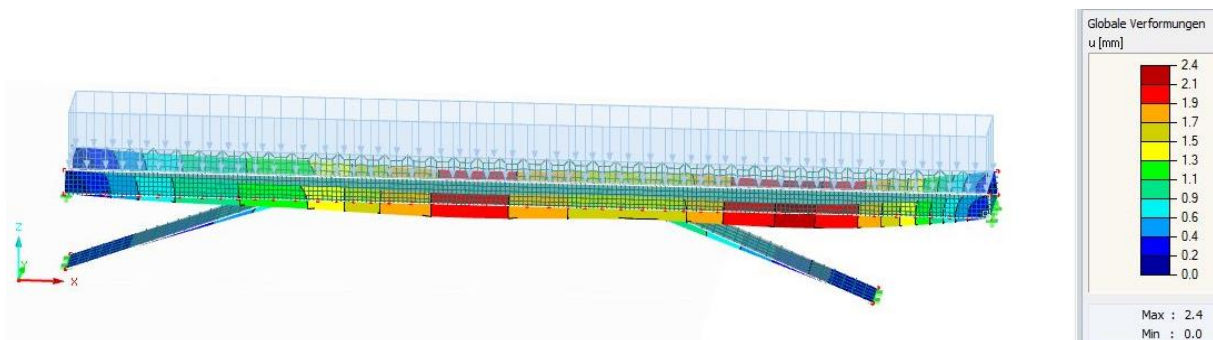


Abbildung 104: Durchhang Nutzlast Sprengwerkbrücke.

Auch der Schnee wird auf die gesamte Brücke aufgebracht und ergibt einen maximalen Durchhang von $2,80 \text{ mm}$.

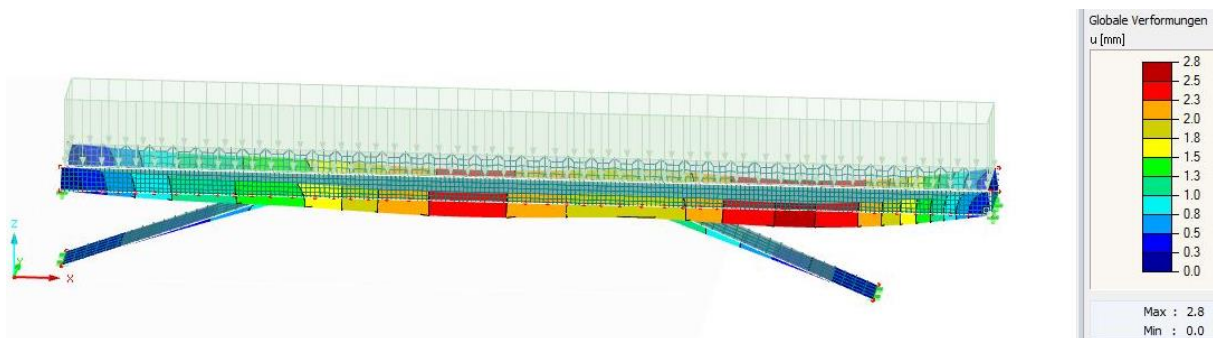


Abbildung 105: Durchhang Schnee Sprengwerkbrücke.

Bei der Windbelastung, welche seitlich auf die Brücke angesetzt wurde, entsteht eine maximale Biegung in y-Richtung von 0,40mm.

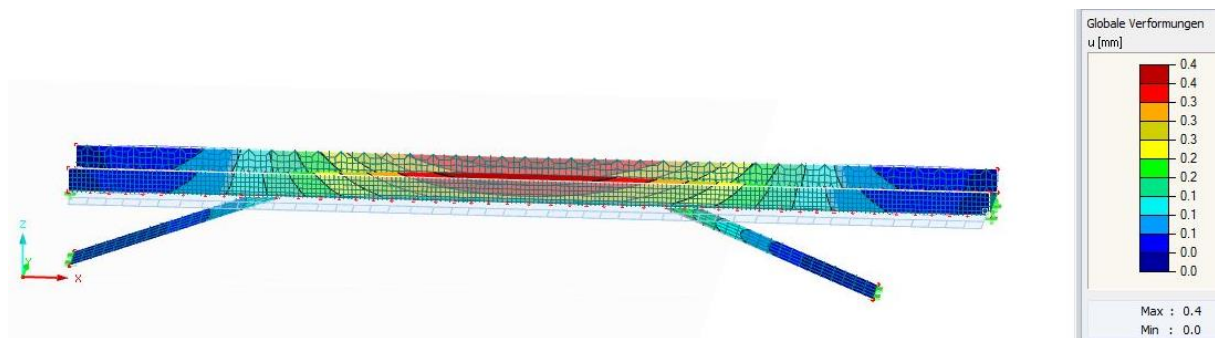


Abbildung 106: Verformung Wind Sprengwerkbrücke.

Durch die Vorspannung und deren Abstand zum Schwerpunkt des Brückenquerschnitts, entsteht im Feld ein negatives Moment, welches der Belastung entgegenwirkt. Um die Belastbarkeit einer Brücke aus Beton mit der Güte C165/185 darzustellen, wurde bei der Berechnung die Abmindernde Wirkung der Vorspannung nicht berücksichtigt.

Obwohl dieser Schritt gewählt wurde, sprechen die Ergebnisse für sich. Im Speziellen jenes der Gesamtbelastung.

Denn trotz der Mitberechnung der Schneebelastung, welche laut Önorm nur bei überdachten Brücke angesetzt werden muss, sind die Verformungen sehr gering.

Die Gesamtverformung im Grenzzustand der Tragfähigkeit ergibt sich zu 11,20mm.

Da auch hier die maximal zulässige Durchbiegung bei $l/300$, also 50mm, liegt, ist diese bei Weitem unterschritten.

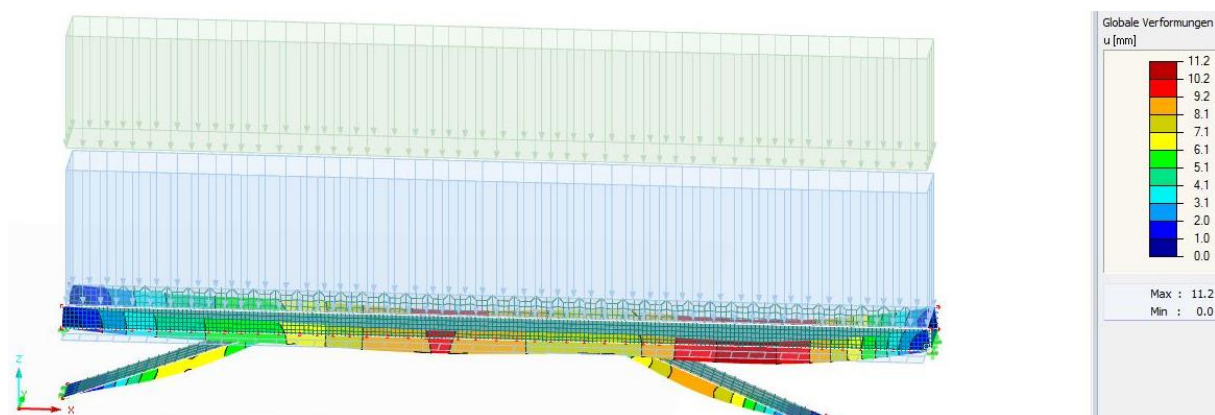


Abbildung 107: Gesamtverformung Sprengwerkbrücke.

An dieser Stelle ist jedoch erneut darauf hinzuweisen, dass alle Abmessungen der Bauteile frei geschätzt wurden, da weder Faustformeln noch Erfahrungswerte vom Umgang mit UHPC vorliegen.

Somit sind auch die Bemessungen gesondert nachzuweisen, da diese mittels faktoriell erhöhter Faustformeln berechnet wurden.

Zugrisse im Steg infolge der Vorspannung werden hier nicht weiter nachgewiesen. Eventuell könnte hier eine zusätzliche Bewehrung erforderlich werden.

8.11. Visualisierungen



Abbildung 108: Ansicht seitlich in Fließrichtung.



Abbildung 109: Ansicht vom Wanderweg Richtung Mitterbach.

8.12. Kostenschätzung

Bezeichnung	Menge	Einheit	EP [€]	Gesamt [€]
Allgemeines:				
PA Einrichten der Baustelle				3 500,00
PA Zeitgebundene Kosten				30 000,00
PA Gewässerschutz erstellen + räumen				1 500,00
Arbeitsgerüst erstellen + räumen	90,00	m	150,00	13 500,00
PA Enge der Baustelle				1 500,00
PA Fläche roden bis Ø25cm				750,00
PA Räumen der Baustelle				1 500,00
PA Bodengutachten				10 000,00
PA Baukoordinator				3 000,00
PA Container Baubüro				2 500,00
Abbrucharbeiten:				
Geländer abtragen	91,00	m	10,00	910,00
PA schonender Abtrag				5 000,00
STB abrechen	355,00	m ³	200,00	71 000,00
STB schneiden >20cm	20,00	m ²	150,00	3 000,00
Übergangskonstruktion abtragen	7,20	m	140,00	1008,00
Schutt abtransportieren + deponieren	90,00	t	60,00	5 400,00
PA Unterstellungen und Lehrgerüste				15 000,00
Brücke herstellen:				
Erdarbeiten laden + wegschaffen	80,00	m ³	130,00	10400,00
Beton Widerlager herstellen	42,00	m ³	400,00	16 800,00
Beton Laufplatte und Geländer	40,00	m ³	2000,00	80 000,00
Beton Sprengwerk	17,00	m ³	2000,00	34 000,00
PA Kran + Transporte				8 500,00
PA Vorspannung erzeugen				16 000,00
Schutzasphalt weiß AC11 deck	12,00	t	96,00	1152,00
Neoprenlager liefern + einbauen	4,00	Stk	500,00	2000,00
Abdichtung am Tragwerk	150,00	m ²	50,00	7500,00
Oberboden liefern	5,00	m ²	20,00	100,00
Spezialfundierung	30,00	m	300,00	9000,00
Gesamtbetrag netto:				354 520,00 €
30 % für Positionen die hier nicht aufgeführt sind:				460 876,00 €
Gesamtbetrag brutto:				553 051,20 €

9. Resümee

Betrachtet man somit beide Entwürfe, kristallisieren sich jeweils klare Vor- und Nachteile heraus.

Bei der Balkenbrücke liegen die Vorteile klar in der kostenarmen Herstellung und der durchaus schnellen Montage vor Ort.

Auch müssen nur geringe Anteile der Bestandsbrücke rückgebaut werden und diese bedeutet eine geringere Naturbelastung. Da das gewählte Material hier der Werkstoff Holz ist, entspricht dieser auch den Wünschen der Gemeinde.

Jedoch ist bei einer derartigen Brückenbauweise mit erheblichen Wartungsarbeiten zu rechnen. Es wäre durchaus denkbar, dass diese Brücke in einem zwei Jahres Intervall zu schleifen und erneut zu lackieren ist.

Auch müssen bei dem Stahlgeländer in regelmäßigen Abständen Kontrollen erfolgen, ob sich Flugrost angesetzt hat oder etwaige Beschädigungen vorliegen.

Die Sprengwerkbrücke hingegen stellt auf alle Fälle die kostenintensivere und heiklere Brückenvariante dar. Und gerade durch diese enorme Kostenbelastung lassen sich zu Beginn viele Menschen abschrecken, jedoch muss man die Kosten auf die gesamte Lebensdauer der Brücke rechnen.

Bei der UHPC-Brücke werden Lebenszyklen von mehr als 200 Jahren prognostiziert, was dem vierfachen des derzeitigen Standes der Technik entspricht.

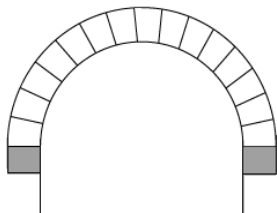
Es entfallen sämtliche Wartungsarbeiten und es ist zudem noch eine innovative Methode, welche derzeit noch kaum Anwendung findet.

In diesem Material steckt ein enormes Potential und bei den bisher vereinzelt Bauwerken, welche dieses Material nutzen, sind noch lange nicht alle Möglichkeiten ausgeschöpft.

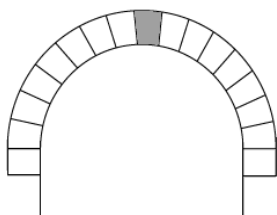
Ich würde jedenfalls den Entwurf der UHPC-Brücke bevorzugen, da dies ein komplett neuer Ansatz ist, Brücken in Zukunft zu bauen. Die Wirtschaft und auch die Forschung müssen dieses Potential nur noch erkennen um damit neue Wege in der bautechnischen Geschichte zu beschreiten.

10. Begriffserklärungen

- Anvoutung: Querschnittsverstärkung z.B. eines Trägers
- BEV: Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen
- EVN AG: Energieversorgung Niederösterreich
- HQ100: 100-jähriges Hochwasser
- HQ500: 500-jähriges Hochwasser
- Kämpfer: bildet die Basis des Bogens



- MW: Megawatt
- müA: Meter über Adria, Höhe über dem Meeresspiegel (oft auch Seehöhe genannt)
- Revision: Wartung, Überprüfung
- Scheitel: dies bezeichnet den höchsten Punkt eines Bogens



- Schwereachse: Achse durch den Schwerpunkt eines (Bau-) Körpers
- Stichmaß: die Höhe vom Scheitel bis zu den Auflagern
- verlorene Schalung: eine Schalung, welche nach dem Betonieren nicht wieder entfernt wird

11.Literaturverzeichnis

11.1. Bücher

Ackermann, Kurt/Institut für Entwerfen und Konstruieren Stuttgart: Architekt-Ingenieur. Arbeiten am Institut für Entwerfen und Konstruieren, Stuttgart 1997

Baus, Ursula/Schlaich, Mike: Fußgängerbrücken. Entwurf, Gestalt, Geschichte, Basel u.a. 2008

Bayrische Gesellschaft für Unterwasserarchäologie: Archäologie der Brücken. Vorgeschichte/Antike/Mittelalter/Neuzeit, Regensburg 2011

Bill, Max: Robert Maillart, o. O. ³1969

Brown, David Jolyon: Brücken. Kühne Konstruktionen über Flüsse, Täler, Meere, München 2005

Brühwiler, Eugen/Menn, Christian: Stahlbetonbrücken. Dritte, aktualisierte und erweiterte Auflage, Wien ³2003

Bühler, Dirk: Brückenbau im 20.Jahrhundert. Gestaltung und Konstruktion, München 2004

Denison, Edward/Stewart, Ian: How to read bridges. A crash course spanning the centuries, Großbritannien 2012

Eichinger-Vill, Eva M./Glatzl, Johann (Hg.): Einwirkungen auf Straßen-, Fußgänger- und Radwegbrücken gemäß Eurocode. Handbuch für die Praxis, Wien 2009

Graf, Bernhard: Die schönsten Brücken der Welt, Slowakei 2007

Hiltgartner, Karin: Vertiefende Unterlagen zur Vorlesung Rechtsfragen des Umweltschutzes (LVA-Nr. 265.045). Sommersemester 2015, Lehrskriptum TU Wien, Wien 2015.

Hohensinner, Monika: Anlageverhältnisse Brückenbau, Lehrskriptum HTL1, Linz 2009.

Hohensinner, Monika: Einführungsskript Brückenbau, Lehrskriptum HTL1, Linz 2009.

Hohensinner, Monika: Bauverfahren-Massivbrückenbau, Lehrskriptum HTL1, Linz 2009.

Idelberger, Klaus: Fußwegbrücken und Radwegbrücken. Beispielsammlung, Berlin 2011

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

Kirnbauer, Johannes: Wirtschaftsimpulse durch Forschung. UHPC - ein innovativer Hochleistungswerkstoff für Konstruktion und Design, Wien 2014

Kolbitsch, Andreas: TW-BKL. Tragwerke-Baukonstruktionen, Wien 2012

Mehlhorn, Gerhard (Hg.): Handbuch Brücken. Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bauen und Erhalten, Berlin Heidelberg 2007

Seelmann, Alexander: Brückenbau Teil 1, Maturavorbereitung HTL1, Linz 2010.

Seelmann, Alexander: Brückenbau Teil 2, Maturavorbereitung HTL1, Linz 2010.

Schwaighofer, Bernd/Eppensteiner, Walter: Dolomit (=Nutzbare Gesteine von Niederösterreich und Burgenland), Wien 2002

Sparowitz, Lutz: alumniTalks 011. Brücken verbinden, Brücken aus Hochleistungsbeton, Graz 2008

Sparowitz, Lutz: Der Bogenbau zu Völkermarkt 2010. Wild-Brücke, o.O. ²2010

Tzonis, Alexander/Caso Donadei, Rebeca: Calatrava Bridges, London 2005

Tönsmann, Frank (Hg.): Brücken. Historische Wege über den Fluss, 13. Kasseler Technikgeschichtliche Kolloquium, Kassel 2006

11.2. Internetrecherche

Bimminger, Christoph, (2009): Freitragendes Holzlehrgerüst, https://de.wikipedia.org/wiki/Freitragendes_Holzlehrger%C3%BCst, in: <https://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite>, 16.06.2015

o.N., (2015): Erlaufstausee, <http://de.wikipedia.org/wiki/Erlaufstausee>, in: <https://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite>, 31.03.2015

o.N., (2014): Geologie Österreichs, https://de.wikipedia.org/wiki/Geologie_%C3%96sterreichs, in: <https://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite>, 13.07.2015

o.N., (2015): Mitterbach am Erlaufsee, http://de.wikipedia.org/wiki/Mitterbach_am_Erlaufsee, in: <https://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite>, 31.03.2015

o.N., (2015): Kraftwerk Wienerbruck, http://de.wikipedia.org/wiki/Kraftwerk_Wienerbruck, in: <https://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite>, 31.03.2015

12. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Brücke über Fluss Barle.

Abbildung 2: Seilhängebrücke Nepal.

Abbildung 3: Rekonstruktionsvorschlag Holzbrücke.

Abbildung 4: Anping-Brücke.

Abbildung 5: Anji Brücke.

Abbildung 6: Horseshoe-Bridge.

Abbildung 7: Längsschnitt einer Brücke.

Abbildung 8: Querschnitt einer Brücke.

Abbildung 9: Vorspannglieder Betonbrücke.

Abbildung 10: Stahlbrücke.

Abbildung 11: Holzbrücke.

Abbildung 12: Ausweichen des Rahmens.

Abbildung 13: Zweigelenkrahmen.

Abbildung 14: Dreigelenkrahmen.

Abbildung 15: Sprengwerk.

Abbildung 16: V-Stielbrücke.

Abbildung 17: eingespannter Rahmen.

Abbildung 18: geschlossener Rahmen.

Abbildung 19: mehrfeldriger Rahmen.

Abbildung 20: Zweigelenkbogen.

Abbildung 21: Dreigelenkbogen.

Abbildung 22: eingespannter Bogen.

Abbildung 23: Bogenscheiben.

Abbildung 24: Bezeichnungen Schrägseilbrücke.

Abbildung 25: Büschelform.

Abbildung 26: Harfenlösung.

Abbildung 27: Fächerlösung.

Abbildung 28: gerader Stab.

Abbildung 29: Doppelpylon.

Abbildung 30: Torform.

Abbildung 31: A-Form.

Abbildung 32: Lambda-Pylon.

Abbildung 33: Bezeichnungen Hängebrücke.

Abbildung 34: Plattenbalken-Verbundquerschnitt.

Abbildung 35: Doppelverband.

Abbildung 36: Ausführung gemäß EN 1994-2 einer WIB-Platte.

Abbildung 37: Lehrgerüst.

Abbildung 38: Feldweiser Vorbau.

Abbildung 39: Schema Taktschiebeverfahren.

Abbildung 40: Taktschiebeverfahren.

Abbildung 41: klassischer Freivorbau.

Abbildung 42: abgespannter Freivorbau.

Abbildung 43: Freivorbau mit Hilfsträgern.

Abbildung 44: Bogenklappverfahren.

Abbildung 45: Rückansicht Widerlager.

Abbildung 46: Flügelmauerarten.

Abbildung 47: Standflügel.

Abbildung 48: Hängeflügel.

Abbildung 49: Längsschnitt Schleppplatte.

Abbildung 50: Monobeton.

Abbildung 51: Steinschichtung.

Abbildung 52: durchlässiges Hinterfüllmaterial.

Abbildung 53: Fingerübergang.

Abbildung 54: Einprofilübergang.

Abbildung 55: Geologie Erlaufstausee.

Abbildung 56: Sicherung der Brücke.

Abbildung 57: Lage Brücke, genordet, M1:500.

Abbildung 58: Übersichtsplan Erlaufstausee und Mitterbach.

Abbildung 59: Lage Brücke 1:2000.

Abbildung 60: Auflagersituation.

Abbildung 61: zeitliche Veränderung Brückenzustand.

Abbildung 62: Hilfe zur Entscheidungsfindung.

Abbildung 63: Zustand der Brücke.

Abbildung 64: Personen auf der Brücke.

Abbildung 65: Hinweis Naturpark.

Abbildung 66: Momentenverlauf Balkenbrücke.

Abbildung 67: Schutzzaun seitlich.

Abbildung 68: Schutzzaun detailliert.

Abbildung 69: Sprenggrafik Balkenbrücke.

Abbildung 70: Draufsicht Balkenbrücke.

Abbildung 71: Längsschnitt Balkenbrücke.

Abbildung 72: Regelquerschnitt Balkenbrücke.

Abbildung 73: Detail Balkenbrücke.

Abbildung 74: Durchhang Nutzlast Balkenbrücke.

Abbildung 75: Durchhang Schnee Balkenbrücke.

Abbildung 76: Verformung Wind Balkenbrücke.

Abbildung 77: Gesamtverformung Balkenbrücke.

Abbildung 78: Ansicht seitlich in Fließrichtung.

Abbildung 79: Ansicht vom Wanderweg Richtung Mitterbach.

Abbildung 80: Kettenlinie Bogenbrücke.

Abbildung 81: Kettenlinie Sprengwerkbrücke.

Abbildung 82: Belastungsmodell Bogen.

Abbildung 83: Momentenverlauf Bogen.

Abbildung 84: Belastungsmodell Sprengwerk.

Abbildung 85: Moment Sprengwerk.

Abbildung 86: Bruchverhalten.

Abbildung 87: Oberflächengestaltung UHPC.

Abbildung 88: Oberflächenstruktur UHPC.

Abbildung 89: "Wild-Brücke".

Abbildung 90: Segmente Wild-Brücke.

Abbildung 91: Detail Kastenquerschnitt.

Abbildung 92: Knotenpunkte.

Abbildung 93: Wasserumleitung.
Abbildung 94: Lose Vorspannung.
Abbildung 95: Zug in Vorspannung.
Abbildung 96: Druck durch Vorspannung.
Abbildung 97: Tragstruktur Geländer.
Abbildung 98: Bauablauf.
Abbildung 99: Grundriss Sprengwerkbrücke.
Abbildung 100: Längsschnitt Sprengwerkbrücke.
Abbildung 101: Regelquerschnitt Sprengwerksbrücke.
Abbildung 102: Detail 1 + 2.
Abbildung 103: Detail 3 + 4.
Abbildung 104: Durchhang Nutzlast Sprengwerkbrücke.
Abbildung 105: Durchhang Schnee Sprengwerkbrücke.
Abbildung 106: Verformung Wind Sprengwerkbrücke.
Abbildung 107: Gesamtverformung Sprengwerkbrücke.
Abbildung 108: Ansicht seitlich in Fließrichtung.
Abbildung 109: Ansicht vom Wanderweg Richtung Mitterbach.

13. Abbildungsnachweis

Abbildung 1: Graf, Bernhard: Die schönsten Brücken der Welt, Slowakei 2007, 13.

Abbildung 2: Graf, Bernhard: Die schönsten Brücken der Welt, Slowakei 2007, 16.

Abbildung 3: Bayrische Gesellschaft für Unterwasserarchäologie: Archäologie der Brücken. Vorgeschichte/Antike/Mittelalter/Neuzeit, Regensburg 2011, 12.

Abbildung 4: Graf, Bernhard: Die schönsten Brücken der Welt, Slowakei 2007, 12.

Abbildung 5: <http://german.cri.cn/1833/2011/10/24/1s165373.htm>, 11.05.2015.

Abbildung 6: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/3f/f8/ba/3ff8ba9a846d84cd4af10c7f381ebb21.jpg> , 20.05.2015.

Abbildung 7-8: Hohensinner, Monika: Einführungsskript Brückenbau, Lehrskriptum HTL1, Linz 2009, 1.

Abbildung 9: Denison, Edward/Stewart, Ian: How to read bridges. A crash course spanning the centuries, Großbritannien 2012, 31.

Abbildung 10: Denison, Edward/Stewart, Ian: How to read bridges. A crash course spanning the centuries, Großbritannien 2012, 29.

Abbildung 11: Denison, Edward/Stewart, Ian: How to read bridges. A crash course spanning the centuries, Großbritannien 2012, 21.

Abbildung 12-23: Wimmer, Eva-Maria, Amstetten 2015.

Abbildung 24: Seelmann, Alexander: Brückenbau Teil 1, Maturavorbereitung HTL1, Linz 2010, 14.

Abbildung 25-27: Seelmann, Alexander: Brückenbau Teil 1, Maturavorbereitung HTL1, Linz 2010, 15.

Abbildung 28-32: Seelmann, Alexander: Brückenbau Teil 1, Maturavorbereitung HTL1, Linz 2010, 16.

Abbildung 33: Seelmann, Alexander: Brückenbau Teil 1, Maturavorbereitung HTL1, Linz 2010, 22.

Abbildung 34: Seelmann, Alexander: Brückenbau Teil 1, Maturavorbereitung HTL1, Linz 2010, 25.

Abbildung 35: Seelmann, Alexander: Brückenbau Teil 1, Maturavorbereitung HTL1, Linz 2010, 27.

Abbildung 36: Seelmann, Alexander: Brückenbau Teil 1, Maturavorbereitung HTL1, Linz 2010, 28.

Abbildung 37: Ebner, Martin (2004): LV Einführung in das Bau- und Vermessungswesen – Betonbau (Slide 41), <http://de.slideshare.net/mebner/einfuehrung-in-das-bau-und-vermessungswesen>, in: <http://de.slideshare.net/mebner/>, 15.06.2015.

Abbildung 38: Ebner, Martin (2004): LV Einführung in das Bau- und Vermessungswesen – Betonbau (Slide 43), <http://de.slideshare.net/mebner/einfuehrung-in-das-bau-und-vermessungswesen>, in: <http://de.slideshare.net/mebner/>, 15.06.2015.

Abbildung 39: Hohensinner, Monika: Bauverfahren-Massivbrückenbau, Lehrskriptum HTL1, Linz 2009, 3.

Abbildung 40: Ebner, Martin (2004): LV Einführung in das Bau- und Vermessungswesen – Betonbau (Slide 44), <http://de.slideshare.net/mebner/einfuehrung-in-das-bau-und-vermessungswesen>, in: <http://de.slideshare.net/mebner/>, 15.06.2015.

Abbildung 41: Freivorbau, <http://www.bdb-suedhessen-nassau.de/index.php?id=1321>, in: <http://www.bdb-suedhessen-nassau.de/>, 16.06.2015.

Abbildung 42: Mehlhorn, Gerhard (Hg.): Handbuch Brücken. Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bauen und Erhalten, Berlin Heidelberg 2007, 998.

Abbildung 43: Mehlhorn, Gerhard (Hg.): Handbuch Brücken. Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bauen und Erhalten, Berlin Heidelberg 2007, 1000.

Abbildung 44: Tönsmann, Frank (Hg.): Brücken. Historische Wege über den Fluss, 13. Kasseler Technikgeschichtliche Kolloquium, Kassel 2006, 88.

Abbildung 45: Mehlhorn, Gerhard (Hg.): Handbuch Brücken. Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bauen und Erhalten, Berlin Heidelberg 2007, 426.

Abbildung 46: Mehlhorn, Gerhard (Hg.): Handbuch Brücken. Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bauen und Erhalten, Berlin Heidelberg 2007, 427.

Abbildung 47-48: Wimmer, Eva-Maria, Amstetten 2015.

Abbildung 49: Seelmann, Alexander: Brückenbau Teil 2, Maturavorbereitung HTL1, Linz 2010, 9.

Abbildung 50-52: Wimmer, Eva-Maria, Amstetten 2015.

Abbildung 53: Fingerübergang: <http://www.hebag-ag.ch/index.php?id=751>, in: <http://www.hebag-ag.ch/index.php?id=711>, 17.06.2015.

Abbildung 54: Einprofilübergang: <http://www.hebag-ag.ch/index.php?id=751>, in: <http://www.hebag-ag.ch/index.php?id=711>, 17.06.2015.

Abbildung 55: Geologische Karte: <http://gisgba.geologie.ac.at/PublishedMaps/>, in: <http://gisgba.geologie.ac.at/>, 13.07.2015.

Abbildung 56: Wimmer, Eva-Maria, Mitterbach 2015.

Abbildung 57: Wimmer, Eva-Maria, Amstetten 2015.

Abbildung 58: Übersichtsplan Mitterbach: <http://www.bergfex.at/sommer/lackenhof-oetscher/touren/wandern/>, in: <http://www.bergfex.at/>, 08.07.2015.

Abbildung 59: Wimmer, Eva-Maria, Amstetten 2015.

Abbildung 60: Wimmer, Eva-Maria, Mitterbach 2015.

Abbildung 61: Mehlhorn, Gerhard (Hg.): Handbuch Brücken. Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bauen und Erhalten, Berlin Heidelberg 2007, 971.

Abbildung 62: Mehlhorn, Gerhard (Hg.): Handbuch Brücken. Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bauen und Erhalten, Berlin Heidelberg 2007, 972.

Abbildung 63-65: Wimmer, Eva-Maria, Mitterbach 2015.

Abbildung 66-85: Wimmer, Eva-Maria, Amstetten 2015.

Abbildung 86: Sparowitz, Lutz: alumniTalks 011. Brücken verbinden, Brücken aus Hochleistungsbeton, Graz 2008, 8.

Abbildung 87: Kirnbauer, Johannes: Wirtschaftsimpulse durch Forschung. UHPC - ein innovativer Hochleistungswerkstoff für Konstruktion und Design, Wien 2014, 2.

Abbildung 88: Ultrahochfester Beton: http://www.beton-campus.de/wordpress_b7z6d7fDS/wp-content/uploads/2014/10/141013-BET-TU-Muenchen-Ausstellung-Sichtbetonoberflaechen-Ultrahochfester-Beton-Prof-Florian-Musso-BetonMarketin-Sued.jpg, in: <http://www.beton-campus.de/2014/10/ultrahochfester-beton-ausstellung-muenchen/>, 06.08.2015.

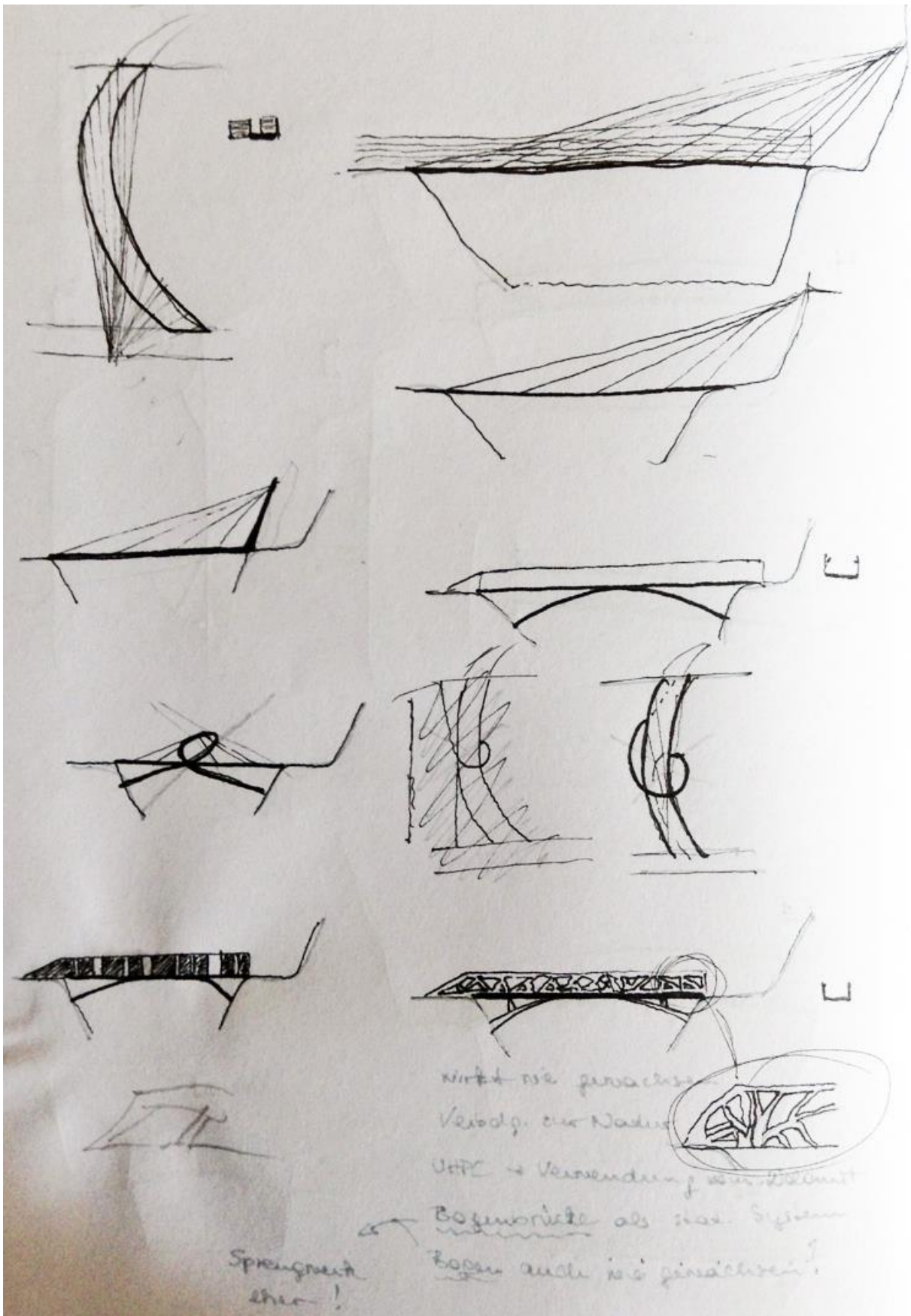
Abbildung 89: Wild-Brücke: http://www.khp-leipzig.de/wp-content/uploads/2014/09/000001_1.jpg, in: http://www.khp-leipzig.de/?page_id=539, 06.08.2015.

Abbildung 90: Sparowitz, Lutz: alumniTalks 011. Brücken verbinden, Brücken aus Hochleistungsbeton, Graz 2008, 54.

Abbildung 91-92: Sparowitz, Lutz: Der Bogenbau zu Völkermarkt 2010. Wild-Brücke, o.O. 2010, 12.

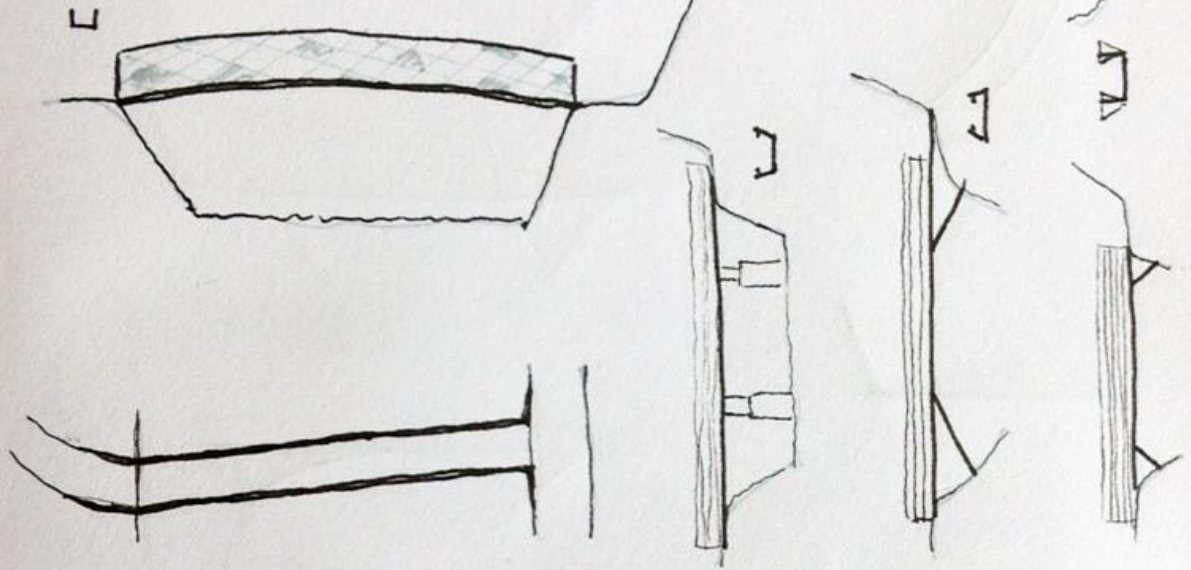
Abbildung 93-109: Wimmer, Eva-Maria, Amstetten 2015.

14. Skizzen zur Entwurfsfindung

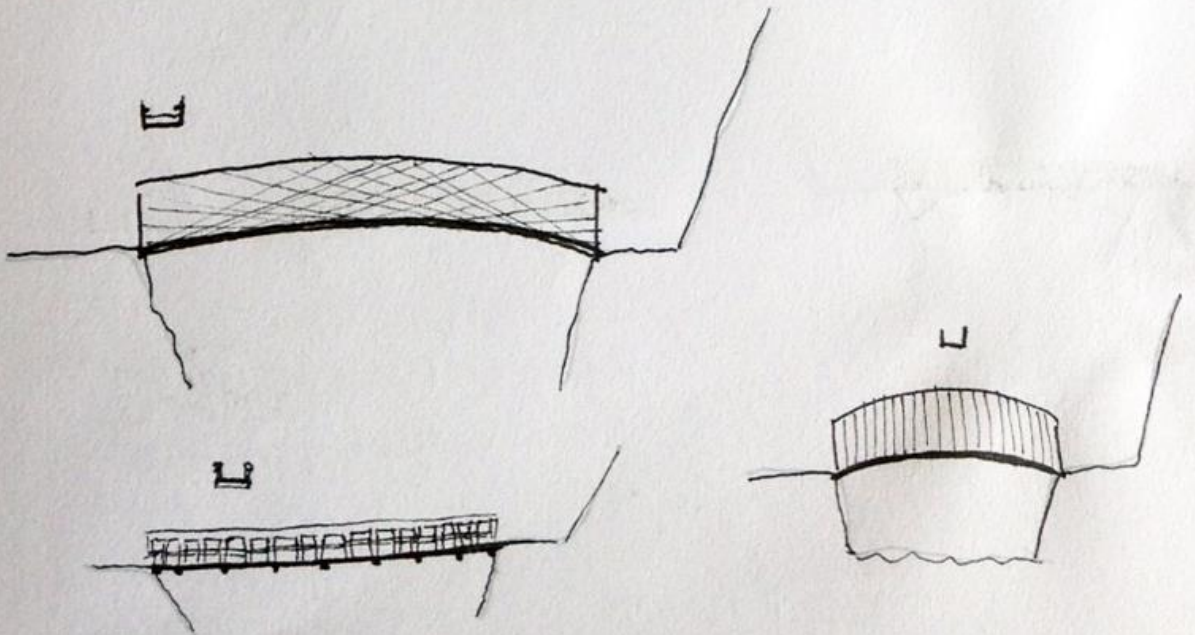


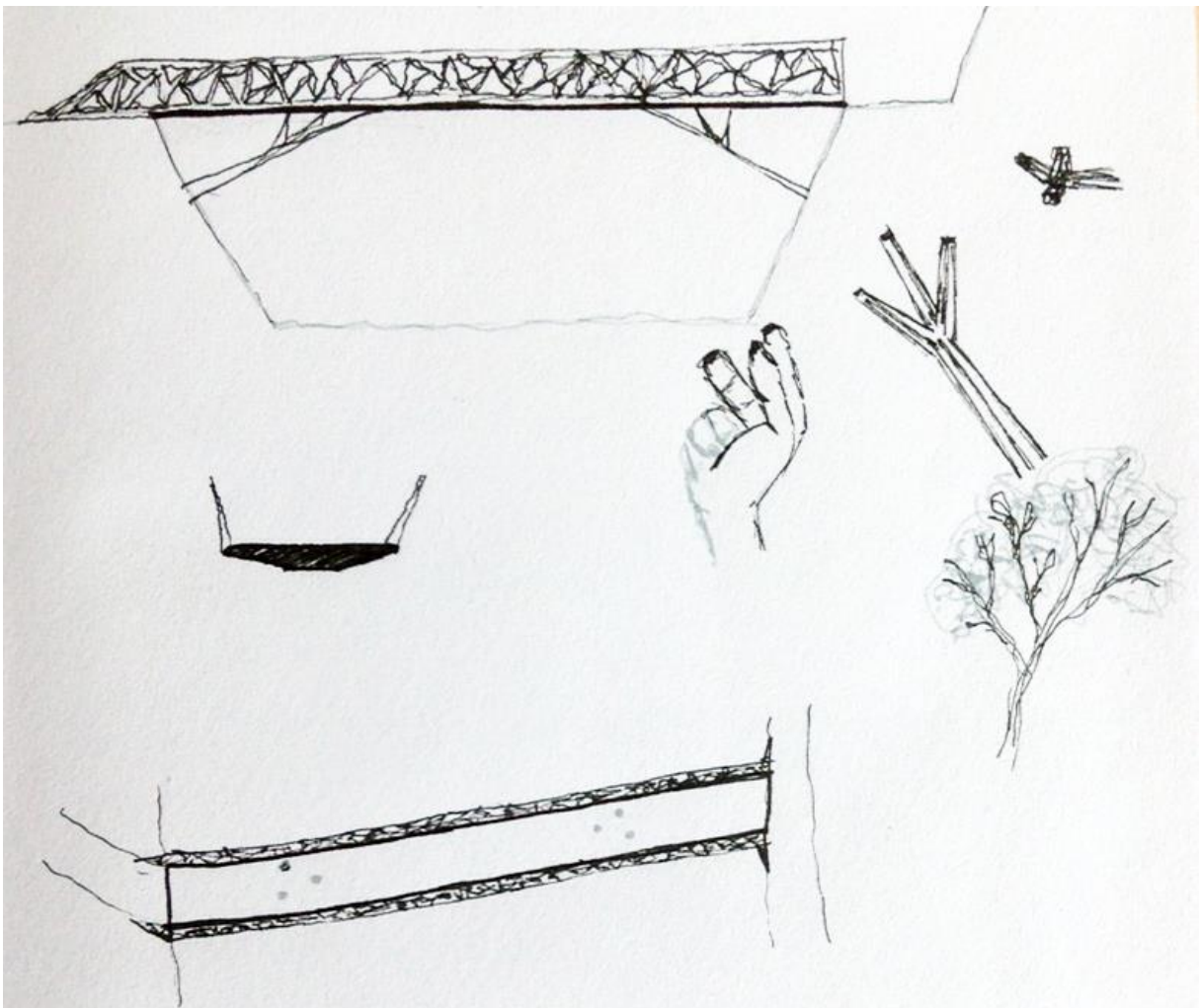
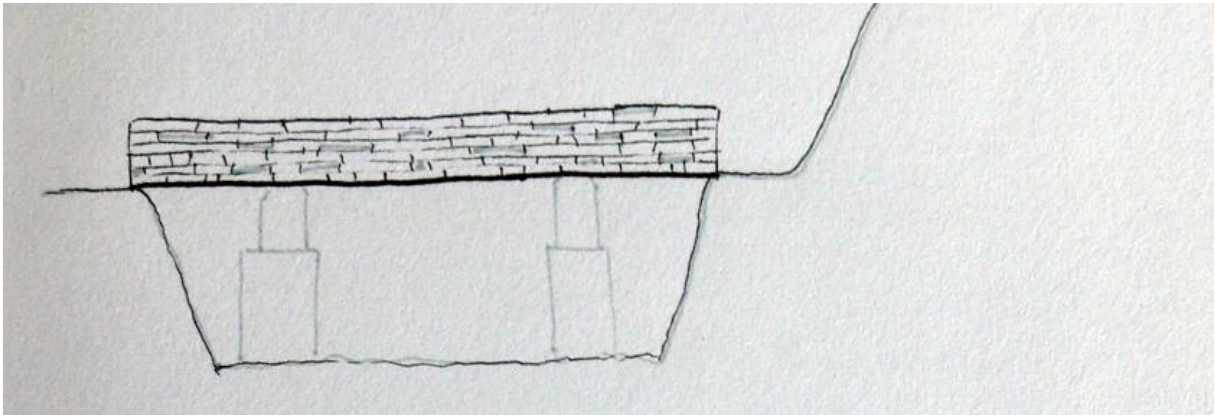
Bürgermeister-Verstärkung

billig !!
Glas- oder Holz-Geländer ev. → nur Holz !!
Leicht erhöht
Wiederlager, Position, Verlauf ident wie jetzt

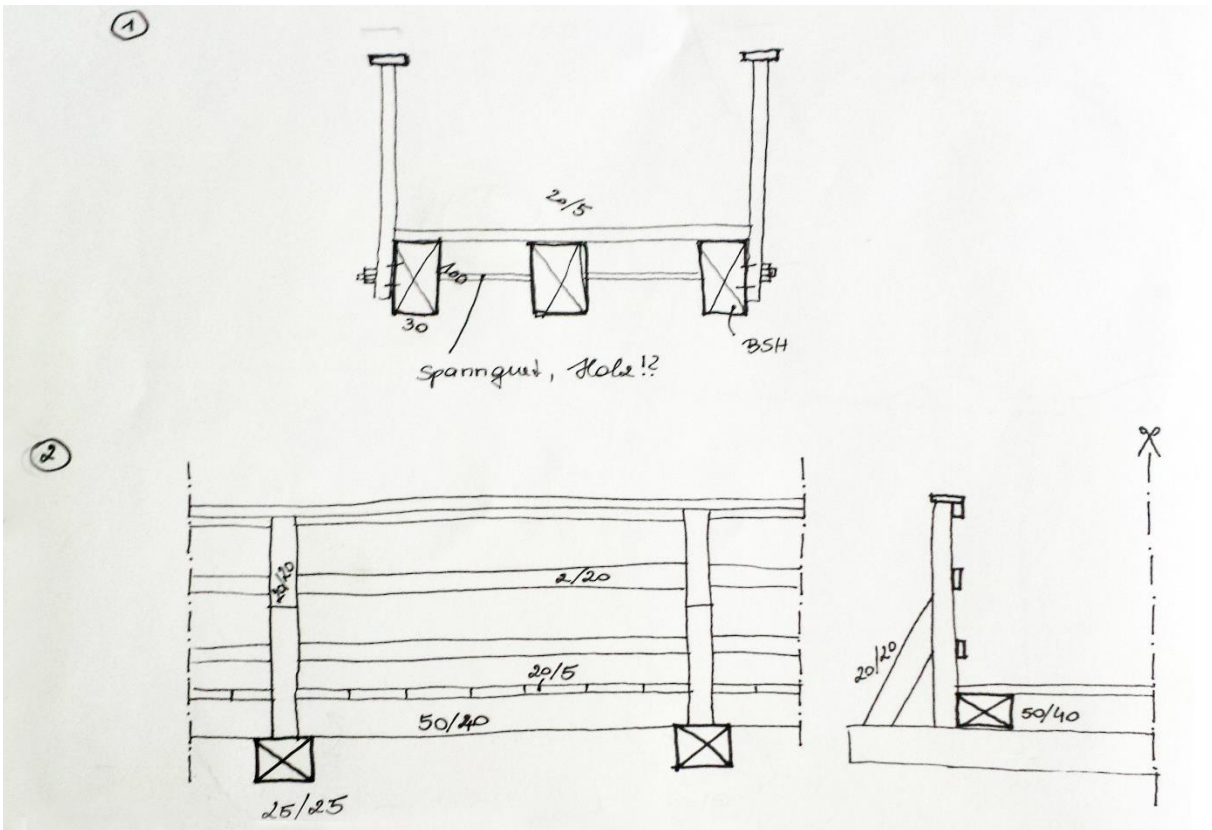
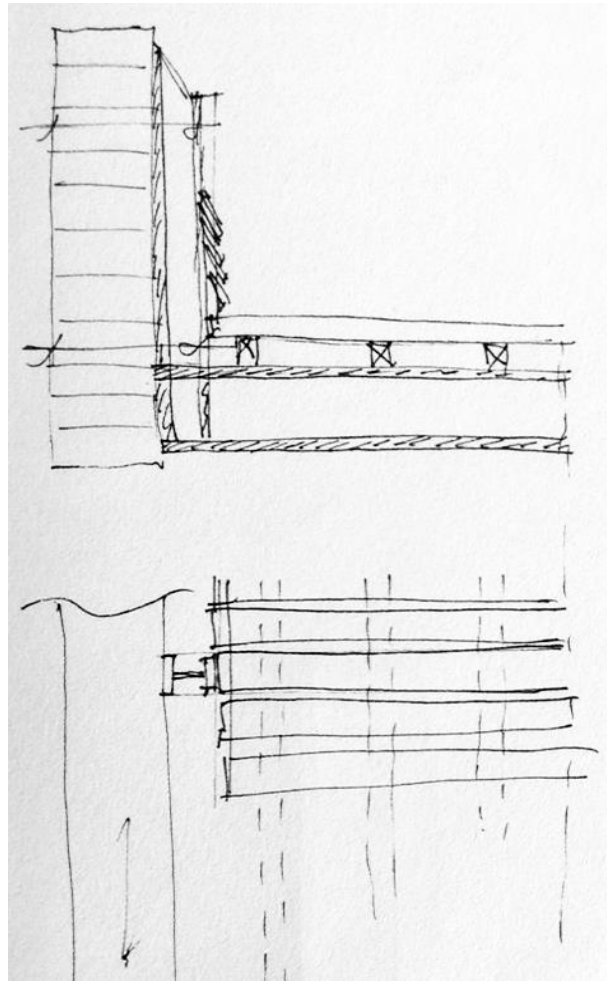
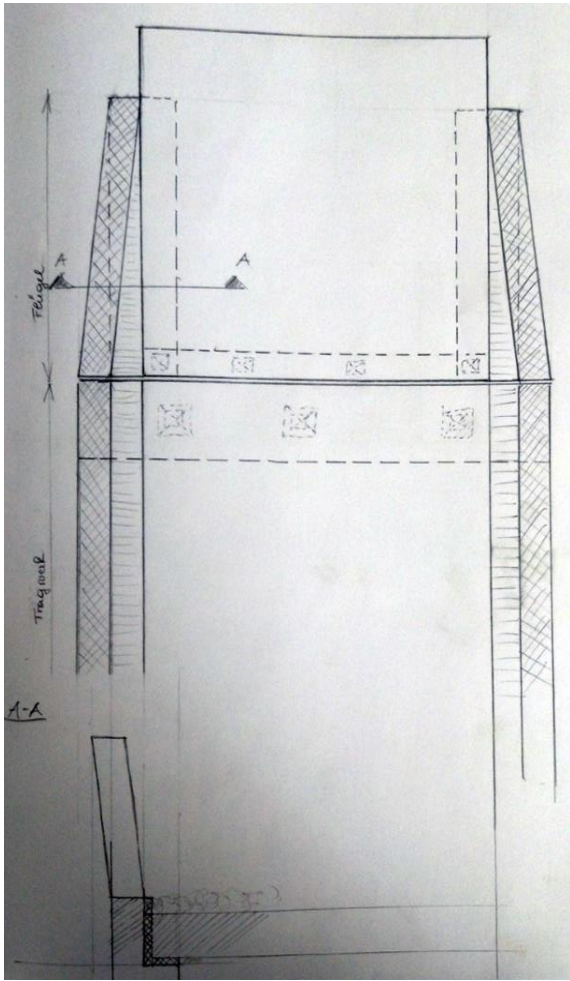


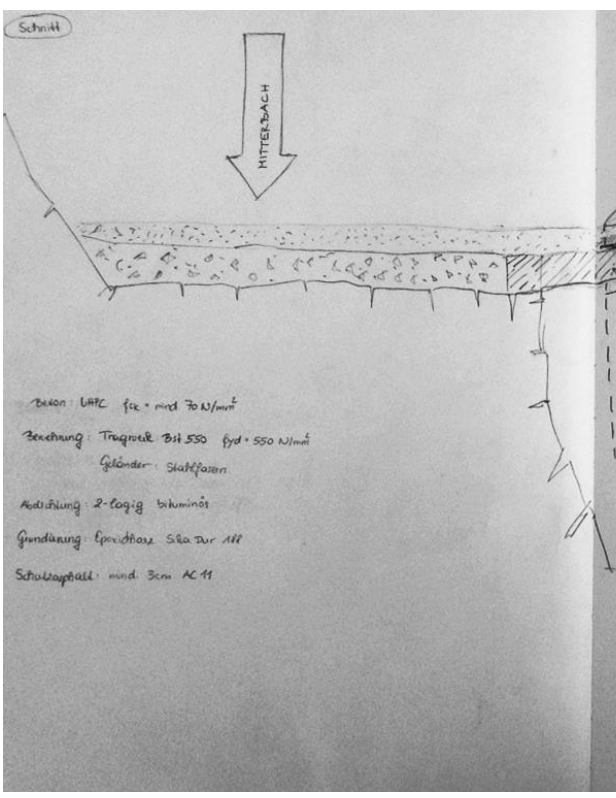
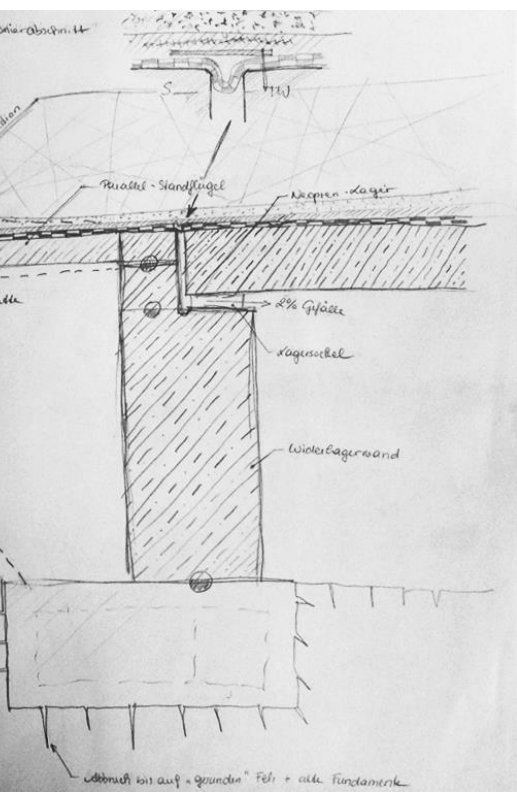
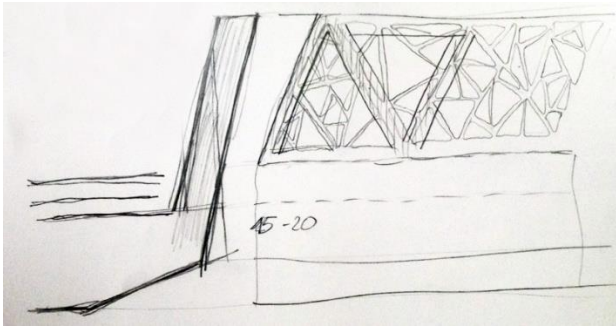
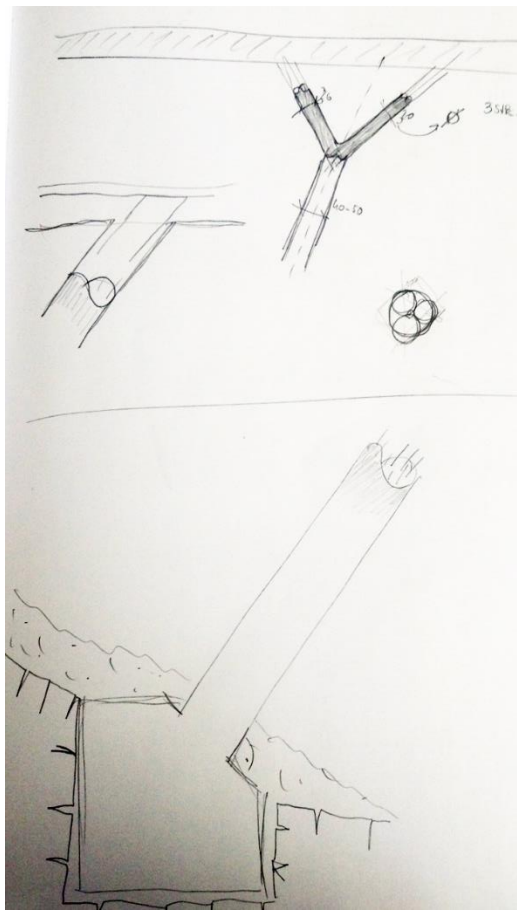
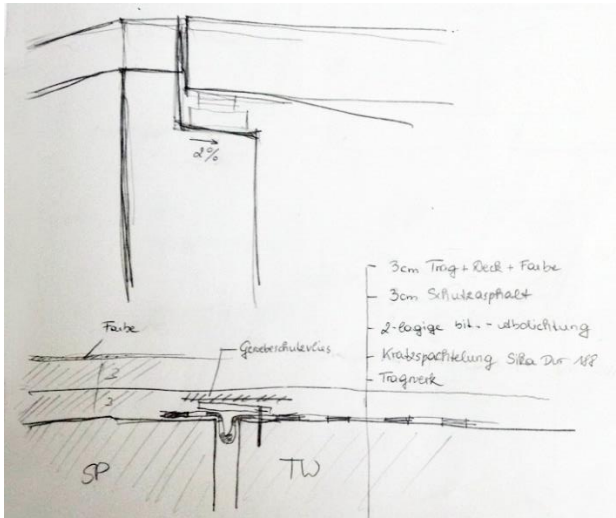
Polsterlinien mit Lauffläche
„Geländer“ aus gespannten Stahlseilen → tangential zur Lauf-
fläche

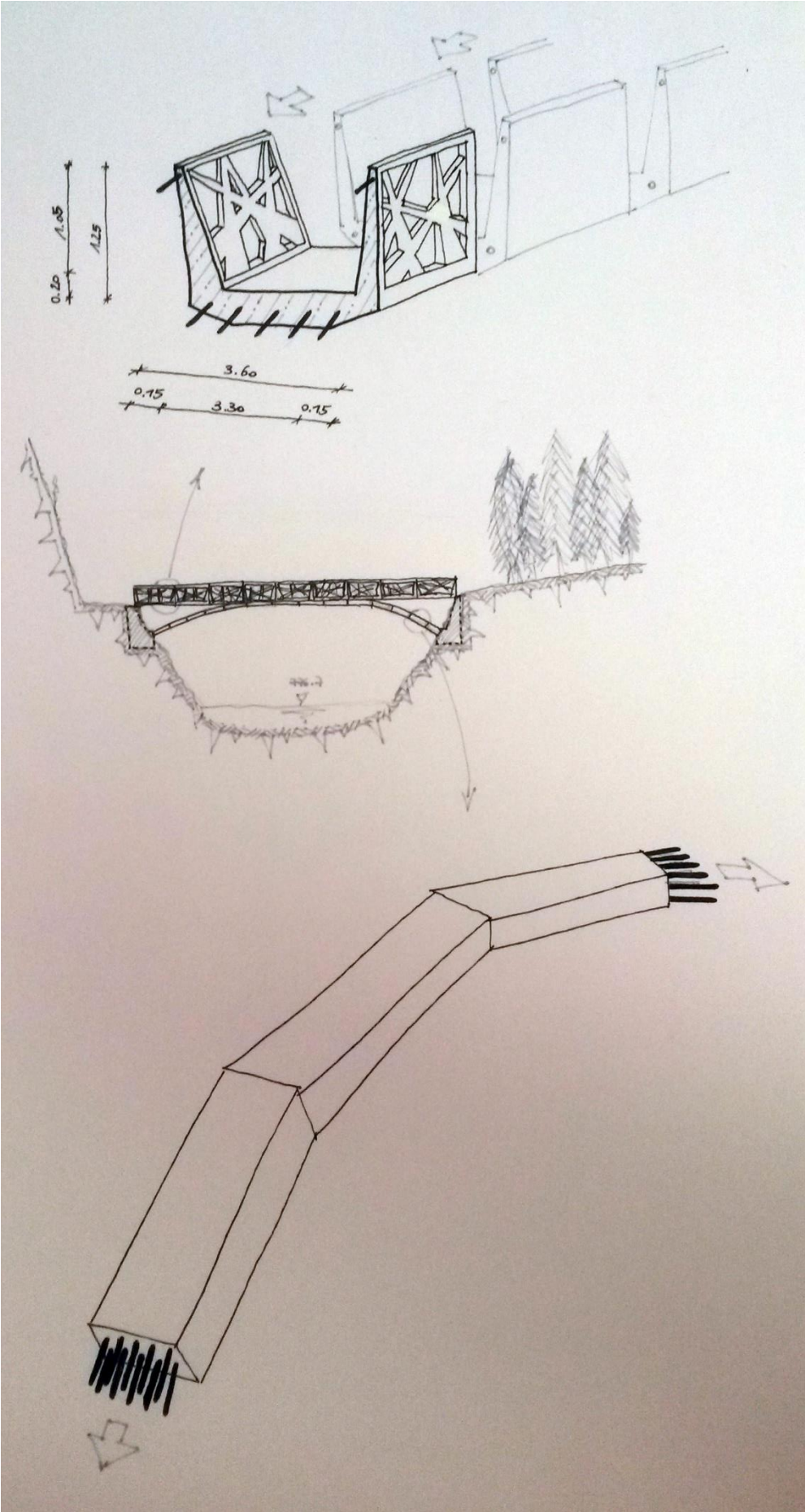




- naturnaher Aufbau → Beitrag zur Umgebung
- durch Beton (Ansatz von vert. Gestein) springt Brücke nicht sofort ins Auge → erst auf 2. Blick sichtbar
- durch Sprengwerk zuerst Längsmessungen möglich → macht "Nadeneindruck" glaubwürdiger







15.Modellfotos

