



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Brückenbauexkursion 2022

Frankreich



**Institut für
Massivbau**

_ Einleitung

Johannes Reimer



Abb. 0.2: Fritz Leonhardt

„Dann muss die Brücke in der Phantasie, in der geistigen Vorstellung eine erste Gestalt annehmen. **Hierzu muss der Entwerfende viele Brücken mit vollem Bewusstsein gesehen haben [...].**“

Fritz Leonhardt (1979)

Getreu dieses Mottos fand sich Ende 2021 auf Initiative des Massivbau-Instituts (Prof. Marx, Max Herbers, Chongjie Kang, Enrico Baumgärtel) eine Gruppe von etwa 20 Bauingenieur-Studierenden zusammen, um im Sommer 2022 auf der beliebten Brückenbauexkursion quer durch Frankreich zu reisen und auf dem Weg die faszinierende Geschichte des Brückenbaus nachzuvollziehen sowie auch einige der beeindruckendsten Brücken aller Zeiten von Nahem zu betrachten.



Abb. 0.1: Rheinkniebrücke

Pläne schmieden ...

Doch so eine Exkursion plant sich nicht von selbst. Daher teilten wir frühzeitig verschiedene Taskforces ein, die einzelne Aspekte der Organisation übernehmen sollten – Alle trugen ihren Teil zur Organisation bei:

- **Sponsoren:** Janek, Gerda, Enrico
- **Planungsablauf:** Fabian
- **Reiseroute:** David, Jakob, Johannes
- **Baustellenrecherche:** Fabian S.
- **Tagesplanung:** Luise C., David, Jakob, Charlotte
- **Mobility:** Luise G., Tom, Johannes
- **Unterkünfte:** Anne, Gerda, Enrico
- **Exkursionsbericht:** Luise, Johannes

Bedingt durch die fortwährende Pandemiesituation fanden unsere Planungstreffen zunächst online über Zoom statt, was unsere Vorfreude aber nicht schmälern konnte, wie man eindrücklich an den begeisterten Gesichtern auf dem Screenshot rechts sehen kann.



Abb. 0.3: Online-Planungstreffen auf Zoom

Wo soll's lang gehen?

Für die Findung der Reiseroute wurden viele Wünsche und Ideen gesammelt, verglichen, bewertet, gestrichen oder wieder neu hinzugefügt. Nach einigen Iterationen stand dann gegen Mitte des Sommersemesters endlich die Reiseroute (siehe Karte rechts). Mit Zwischenstopp an der Baustelle der Bundesautobahn A49 sollte es zunächst nach Düsseldorf mit seiner Brückenfamilie gehen. Von dort aus dann der Weg weiter über Luzancy nach Paris mit seinen zahlreichen Sehenswürdigkeiten. Danach ging es gen Süden durchs Zentralmassiv zu den berühmten Viadukten von Fades, Garabit und Millau. In Okzitanien und der Provence war geplant, den Pont du Gard und die Städte Montpellier und Avignon anzusehen, bevor es dann wieder gen Norden in die Region von Grenoble ging. Bedingt durch die letzten Ausläufer der Alpen standen für dort einige beeindruckende Bauwerke auf dem Plan. Doch die Reiseroute musste ja irgendwann auch wieder den Weg zurück nach Dresden finden, sodass es dann am Cize-Bo-lozon-Viadukt vorbei in Richtung der Europametropole Straßburg gehen sollte, um dann von dort in einer letzten Etappe noch das Max Bögl Hauptwerk zu besuchen und die Heimreise nach Dresden anzutreten.

Unsere Reisegruppe

Am 15. August war es dann so weit und nach langer Planung konnten wir endlich aufbrechen. Vorher posierten wir aber noch einmal vor der ABS, unserem Fakultätsgebäude – eine gute Gelegenheit, um unsere Reisegruppe einmal vorzustellen (siehe Abb. 3).



Abb. 0.4: Die Exkursionsteilnehmenden (v. l. n. r.)

3. Reihe: Johannes, Vincent, Tom, Fabian S., Jonas, Ruben, Enrico

2. Reihe: Fritz, Fabian M., Jakob, Florian, David, Bruno, Rebecca, Charlotte, Prof. Marx

1. Reihe: Gerda, Anne, Luise C., Luise G., Paul, Christoph, Janek

Reiseroute



1 Tagesbericht

Luise Grambow

Anreise | Baustelle A49 | Düsseldorf

Aufbruchsstimmung und Vorfreude machten sich an unserem ersten Reisetag, dem 15.08.2022, bemerkbar. Früh morgens wurden die Autos mit unserem Gepäck beladen, die Baustellenschuhe verstaut und die Helme eingeladen. Mit insgesamt drei Neunsitzer-Bussen und einem Caddy für das Gepäck machten wir uns auf den Weg Richtung Frankreich.

Baustelle der Superlative

Unser erster Halt war die Baustelle der Bundesautobahn 49 bei Schwalmstadt in Hessen. Hier wurden wir von der Firma STRABAG sehr herzlich empfangen. Bei einem Kaffee wurde uns erst einmal in entspannter Atmosphäre erläutert, wie die Baustelle und die damit verbundenen einzelnen Abschnitte aufgebaut sind und was bei der Planung sowie Ausführung generell zu beachten ist. Nachdem es auf der Dachterrasse des ARGE-Büros noch "a kloane Jausn" gab – wir hatten die Auswahl zwischen Fleischkäse- und Bulettenbrötchen – durften wir drei der zahlreichen Baustellenabschnitte live und hautnah erleben.

Im ersten Bauabschnitt wurde eine semiintegrale Talbrücke gebaut. Die Pfeilerhöhe von 20 m beeindruckte uns schon sehr. Sowie die vielen Planungsaspekte, die aufgrund des Naturschutzes beachtet werden müssen. Beim Gang über die Baustelle und auf dem Deck der einen bereits fertiggestellten Richtungsfahrbahn wurden uns zum Beispiel die Bodenarbeiten und das verwendete Vorschubverfahren erläutert.

Bauen im Wasserschutzgebiet

Beim zweiten Baustellenabschnitt handelte es sich um eine Brücke in Stahlbauweise. Hier konnten wir Schweißnähte untersuchen und den Pumpensumpf diskutieren, der aufgrund des Wasserschutzgebiets gebaut wurde. Die Bauleiterin war für alle unsere Fragen offen und nahm sich viel Zeit, uns in Ruhe ihre Baustelle zu erläutern. Wir lernten zum Beispiel, warum und welches Verschiebverfahren für die Brücke mit ihrem veränderlichen Radius in Frage kommt.

Bei unserem dritten Brückenabschnitt sahen wir einen Betonhohlkasten mit interner und externer Vorspannung. Da hier die Baustelle gerade in vollem Gange war, konnten wir sehr gut die Bewehrungsführung und Vorgehensweise bei der Spanngliedführung erkennen. Einmal in einen Hohlkasten hineinzuschauen liefert doch ein ganz anderes Verständnis, als bloß die Theorie erläutert zu bekommen. Auf der Vorschubrüstung kletterten wagemutig einige Bauarbeiter in großer Höhe. So konnten wir auf dieser Baustelle auch einen Eindruck über die Gefährlichkeit solcher Klettereien gewinnen und uns klarmachen, wie wichtig das entsprechende Sicherheitsbewusstsein als Bauleiter ist. Wie schon zuvor nahm sich der zuständige Bauleiter die Zeit, uns auf der Baustelle herumzuführen und uns alles genauestens zu erläutern. Nach dieser beeindruckenden Führung ging es gut gelaunt weiter nach Düsseldorf.



Abb. 1.1: Aufbruchsstimmung



Abb. 1.2: Der Bauleiter erklärt den Bauablauf



Anreise | Baustelle A49 | Düsseldorf

Düsseldorf

Kassel

Leipzig

Dresden



Düsseldorfer Brückenfamilie



Baustelle A49



Abfahrt Dresden

Fahrt nach Düsseldorf

Die Busfahrten wurden vielseitig genutzt. Unser Bus wechselte zum Beispiel zwischen Kartenspielen wie UNO, Musik lauthals mitsingen, erzählen und auch mal tief und fest schlafen. Auch die anderen Busse hatten während ihrer Fahrt viel Spaß. Das Durchwechseln unserer Fahrer sorgte immer dafür, dass wir sicher und pünktlich ans Ziel kamen. In diesem Fall war es das Hostel in Düsseldorf.

Im Hostel angekommen bezogen wir gleich unsere Zimmer, genossen eine wohlverdiente Dusche und machten uns dann auf den Weg in die Innenstadt. In kleineren Gruppen suchten wir uns alle individuell etwas zum Abendbrot und fanden uns dann mit Pizza und Co. am Rheinufer ein. Hier bot sich uns ein wunderschöner Blick auf den Sonnenuntergang über der Rheinkniebrücke – eine der ersten modernen Schrägkabelbrücken und Teil der von Friedrich Tamms und Fritz Leonhardt geplanten Düsseldorfer Brückenfamilie. Dort ließen wir den Abend zusammen mit Geschichten und einem Bierchen ausklingen. Nach einem Abstecher durch die Innenstadt Düsseldorfs fielen wir dann irgendwann müde, aber glücklich in unsere Betten im Hostel. Und gespannt, was uns die nächsten Tage wohl bringen würden.



Abb. 1.3: Anfahrt durch den Wald

Quellen:
Svensson (2010)



Abb. 1.8: Übersichtskarte



Abb. 1.9: Talbrücke Joßklein



Abb. 1.10: Prof. Marx kann ergänzt weitere Fakten



Abb. 1.4: Blick über die Talbrücke Kälback



Abb. 1.5: Baustelleneinrichtung



Abb. 1.11: Vorbauschnabel



Abb. 1.12: Talbrücke Gleen mit Vorschubrüstung



Abb. 1.6: Fertige Brückenhälfte



Abb. 1.7: Luise als Größenvergleich



Abb. 1.13: Vorbereitete Hüllrohre



Abb. 1.14: Fugenausbildung mit Spanngliedführung



Abb. 1.15: Sonnenuntergang über der Rheinkniebrücke



Abb. 1.16: Feierabend mit Pizza



Abb. 1.17: Beleuchtung der Oberkassler Brücke



Abb. 1.18: Düsseldorfer Altstadt bei Nacht



Düsseldorf | Luzancy | Paris



Namur

Lüttich

Reims

Paris

Düsseldorf



2 Tagesbericht

Rebecca Lampe

Düsseldorf | Luzancy | Paris

Stadtbahnbaustelle – Taktschieben um die Ecke

Um 8:00 Uhr morgens ging es los zum ersten Besichtigungsziel des Tages, dem Neubauprojekt der Stadtbahnstrecke U81 in Düsseldorf. Dort bekamen wir ab ca. halb neun eine Einführung in das Projekt und uns wurden die Details zum ersten entstandenen Bauabschnitt zwischen dem Flughafen und der Haltestelle Freiligrathplatz erklärt. Hierbei handelt es sich um ein Verkehrsinfrastrukturprojekt, bei dem mit der neuen Straßenbahnlinie U81 das Düsseldorfer Straßenbahnnetz erweitert wird. Der erste Bauabschnitt umfasst eine Gesamtlänge von 1,85 km, unter anderem mit einem unterirdischen U-Bahnhof am Flughafen, einem Tunnelbauwerk, verschiedenen Rampenbauwerken und zwei Brücken. Die Stahlbrücke am Nordstern verläuft hierbei in einem 90-Grad-Bogen über eine viel befahrene Einfallstraße und die Autobahn A 44. In den nächsten 30 Jahren sind drei weitere Bauabschnitte für die U81 geplant, die eine wichtige Grundlage für die Zukunft der Rheinüberquerung mit öffentlichen Verkehrsmitteln bilden.

Gegen 10 Uhr erfolgte die eigentliche Baustellenbesichtigung mit Beginn am entstehenden U-Bahnhof beim Flughafen. Der Bahnhof und das Tunnelbauwerk werden in offener Bauweise errichtet und durch Schlitz- und Trägerbohlwände gesichert.

Darauf folgt ein 182 m langer Dammabschnitt, der vom U-Bahnhof bis zur Nordsternbrücke führt. Dieser wird als Stahlbetontrog mit einem etwa 11 m breiten U-Querschnitt in Hochlage hergestellt. In Abhängigkeit der Gleisabstände variiert die lichte Höhe der Trogwände zwischen 4 und 5,8 m. Dort führte uns unser Weg vorbei an der geplanten Spannbetonbrücke Tor 1, welche ebenfalls Teil des ersten Bauabschnitts ist. Schließlich erreichten wir die semiintegrale Stahlbrücke Nordstern, die wohl das Highlight unserer bisherigen Besichtigung darstellte.

Da die Stützen nur an wenigen Positionen in den Grünstreifen zwischen den Verkehrswegen hergestellt werden konnten, wurde eine Tragkonstruktion gewählt, die sich diesen Randbedingungen anpasst: Die Brücke besteht aus einem 11,9 m breitem Stahlüberbau mit oben liegendem Fachwerk. So kommt eine 6-feldrige Stahlkonstruktion mit Stützweiten zwischen 62,8 und 81,9 m zur Ausführung. Der 6,6 m hohe Stahlträger ist in die Widerlager voll eingespannt und die Lager der Zwischenstützen sind allseitig beweglich. So können Verformungen oder Temperaturänderungen über den Bogen aufgenommen werden – es handelt sich somit um eine "atmende Brücke", welche zum ersten Mal als Bahnbrücke zum Einsatz kommt. Sie wird in einem weiten Bogen mit 7 Stützen über den Kreuzungspunkt Danziger Straße/BAB A44 geführt. Beginn der Bauarbeiten war im Mai 2020 und eine Fertigstellung ist im Frühjahr 2025 geplant.

Hard Facts



Abb. 2.1

Standort	Düsseldorf, Nordrhein-Westfalen, DE
Gesamtlänge	441 m
Max. Spannweite	82 m
Konstruktionsart	Eisenbahnbrücke, Mittelträger in Stahlbauweise
Besonderheit	Taktschieben trotz Kreisbogen im Grundriss

Quellen:
Reeh (2020),
Landeshauptstadt Düsseldorf,
Ingenieurbüro GRASSL



Abb. 2.2: Tunnelbaustelle



Abb. 2.3: Taktkeller



Abb. 2.4: Seitliche Führung



Abb. 2.5: Gruppenfoto vorm Vorbauschnabel



Abb. 2.6: Vorbauschnabel



Abb. 2.7: Nordstern als entspanntes Plätzchen



Abb. 2.8: Übersichtskarte



Abb. 2.9: Prof. Marx erklärt die Totmann-Konstruktion

Erste Station in Frankreich: Luzancy

Heißhungrig wurden wir gegen 12 Uhr mit belegten Brötchen versorgt und nach einem kurzen Tankstopp ging es endlich auf in Richtung Frankreich. Die Reiseroute von rund 470 km führte uns über Belgien. Kurz vor 16 Uhr überquerten wir die langersehnte Landesgrenze zu Frankreich. Im "Busleben" wurde ganz entspannt geschlafen, gequatscht und an Belegen gearbeitet. Durch die "stille Sieben" wurde es beim UNO spielen manchmal sogar ganz still im Bus, außer man hatte Lust, ein paar zusätzliche Karten zu ziehen.

Gegen halb sieben erreichten wir unser erstes Bauwerk in Frankreich, die Pont de Luzancy, eine der ersten Spannbetonbrücken überhaupt, entworfen von Eugène Freyssinet. Spannende Fakten über das Bauwerk hat uns Johannes vorgestellt. Nach dem Vortrag erfolgte eine kleine Klettertour in das Innere des Hohlkastens. Für einen gemütlichen Ausklang ging es anschließend zum Italiener im nächstgelegenen Dorf. Von ein paar ganz Mutigen wurden sogar ein paar Schnecken verspeist.

Chaotische Ankunft in Paris

Anschließend begann die letzte Etappe des Tages mit rund 70 km nach Paris. Ernüchternd mussten wir feststellen, dass das Parkhaus schon ab 19:30 Uhr geschlossen war und wir mit unserer Ankunft um 23:20 Uhr leider knapp zu spät waren. Nach einigen sich als sehr schwierig erweisenden französischen Wortwechseln am Telefon wurden wir aber durch die sprachliche Hilfe eines Einheimischen doch noch durch das Tor gelassen und sind nach einem kurzen Fußmarsch mit all unserem Gepäck in unserem Hostel in Paris angelangt.



Abb. 2.9: Aufforderung umgesetzt.



Abb. 2.9: Ankunft in Paris

Pont de Luzancy

Johannes Reimer

Wer diese Brücke nicht kennt, fährt an ihr vorbei wie an jeder anderen. Doch diese unscheinbare Brücke ist ein wichtiger Meilenstein in der Entwicklung des Spannbetonbaus! Als angehende Bauingenieure kamen wir also nicht drum herum, die Pont de Luzancy kennenzulernen – und mit der Brücke auch ihren genialen Erfinder: Eugène Freyssinet.

Die Idee der Vorspannung

Die Idee, Bauteile vorzuspannen, war schon lange vor Freyssinets Zeiten zum Beispiel aus dem Schiffsbau bekannt. Für das Vorspannen von Beton im nachträglichen Verbund, wie es auch Freyssinet später verwenden sollte, meldete R. Färber aus Breslau schon 1927 ein ähnliches Patent an. Doch erst Freyssinet war es, der das unglaubliche Potential der Vorspanntechnik im Stahlbetonbau erkannte und Zeit seines Lebens voller Enthusiasmus dafür warb.

Das Prinzip der Vorspannung ermöglicht es, durch Überdrücken der Zugkräfte, zwei Entwurfsziele gleichzeitig zu erreichen: Eine hohe Schlankheit und Leichtigkeit bei gleichzeitiger Vermeidung von Rissen und somit hoher Dauerhaftigkeit. So können große Spannweiten ohne allzu massige Proportionen und ohne die Verwendung von Bögen realisiert werden.

Freysinet und die Entdeckung des Spannbetonbaus

Im Juli 1879 östlich von Bordeaux geboren, wuchs Freyssinet auf dem Land in einfachen Verhältnissen auf und entwickelte eine tiefe innere Verbundenheit mit der Einfachheit des Landlebens. Er bewunderte die Handwerker für die Genialität der von ihnen verwendeten Techniken, mit denen sie es schafften, mit wenig Aufwand und begrenzten Mitteln Großes zu leisten. Er formulierte diesen Leitgedanken selbst wie folgt:

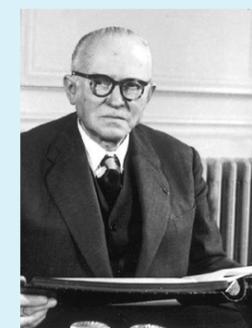


Abb. 2.11: Eugène Freyssinet

„Ich liebte diese Kunst des Bauens, die ich genau wie meine handwerklichen Vorfahren als ein Mittel verstand, um die zur Erreichung eines erwünschten Ziels notwendige menschliche Mühe so weit wie möglich zu reduzieren.“

Eugène Freyssinet

Hard Facts

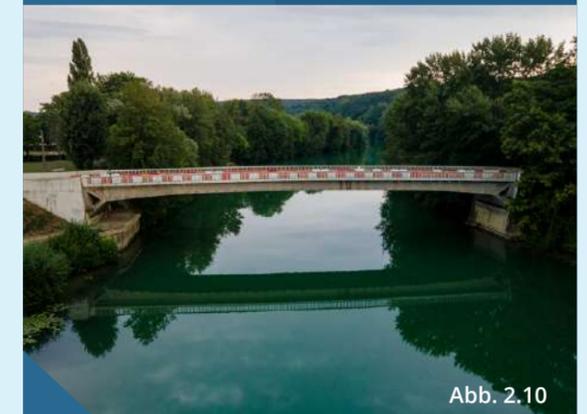


Abb. 2.10

Standort	Luzancy, Seine-et-Marne, FR
Spannweite	55 m
Ingenieur	Eugène Freyssinet
Fertigstellung	1946
Konstruktionsart	Zweigelenk-Rahmenbrücke
Besonderheit	Erste Spannbetonbrücke mit int. Vorspannung

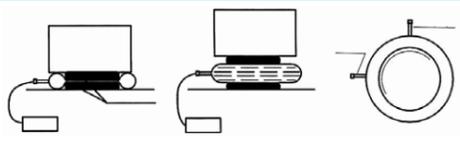


Abb. 2.12 Eingesetzte Pressen

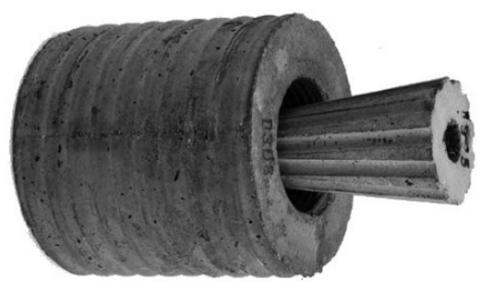


Abb. 2.13: Freyssinets Betonanker

Zeit seines Lebens verstand sich Freyssinet selbst als ein solcher Handwerker, der unter den gegebenen Randbedingungen das bestmögliche und sicherste Resultat zu erzeugen versuchte.

Jedoch zog er mit seiner Familie schon früh vom Land in die Großstadt Paris, wo er in den frühen 1900er Jahren die École Polytechnique besuchte, nachdem er bei der ersten Bewerbung zunächst abgelehnt wurde. Offensichtlich gehört zu einer Karriere als Pionier im Bauwesen also auch das Scheitern (und Verstehen) dazu. Später studierte er an der berühmten École des Ponts et Chaussées, wo ihm während einer Vorlesung die Idee zum Spannbeton einfiel.

Nach dem Studium arbeitete er zunächst als Ingenieur im Straßenbau mit viel Begeisterung auch für die kleinen Projekte. Der Umgang mit schwierigen örtlichen Gegebenheiten und die Konstruktion sparsamer Tragwerke lehrten ihn, immer das Optimum an Tragfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Ästhetik herauszukitzeln. Einen ersten Höhepunkt fand seine Karriere mit den Allierbrücken bei Veudre (siehe Beitrag zur Pont Boutiron).

Die Marne-Brücke bei Luzancy

Später wurde Freyssinet beauftragt, in Luzancy eine Brücke über die Marne zu realisieren. Das Marne-Ufer bot jedoch schlechte Randbedingungen für den Abtrag der Horizontalkräfte eines Bogens. Außerdem erschwerten Vorgaben der Durchfahrtshöhe für die Schifffahrt den Entwurf. Freyssinet entschied sich daher für eine Ausführung als Zweigelenrahmen und begann 1939 mit der Planung, direkt nachdem er ein Patent für seine Betonanker eingereicht hatte. Der Bau begann 1941 und wurde – unterbrochen durch den 2. Weltkrieg – 1946 vollendet.

Zunächst wurden die Kämpfeinheiten gebaut. Diese sind in der Ansicht dreieckig und sorgen durch Freyssinets geschickte Führung der Kräfte für ein negatives Stützmoment, welches sich vorteilhaft auf die Balkenhöhe in Feldmitte auswirkt. In den Kämpferpunkten wurden Betongelenke eingesetzt. Anders als bei den vom Bau der Salginatobelbrücke bekannten Mesnager-Betongelenken setzte Freyssinet allerdings keine durchgehende Bewehrung ein, da er erkannte, dass diese durch den triaxialen Druckzustand im Gelenk nicht nötig wäre und lediglich die Verdrehung des Gelenks erschweren würde. Für den Abtrag der Horizontalkräfte im Widerlager entwarf Freyssinet einen Totmann-Anker.

Der Oberbau besteht aus drei Kastenträgern mit einer Breite von 1,70 m und einer sehr geringen Stegdicke von 10 cm. Die Trägerhöhe beträgt an den Widerlagern 1,75m und im Scheitel 1,22 m, wodurch sich mit einer Länge von 55 m eine Schlankheit von 1:45 ergibt. Sowohl die geringe Stegdicke als auch die große Schlankheit sind selbst für die heutige Zeit außergewöhnlich und zeugen davon, wie effizient wir als Ingenieure und Ingenieurinnen bauen könnten, wenn wir den Mut dazu hätten, den Schritt aus der Komfortzone der Standardkonstruktionen heraus zu wagen.

Die Kastenträger wurden aus ca. 2,4 m langen, in allen Richtungen vorgespannten Fertigteilen zusammengesetzt und mit Spannritzen verbunden. Dazu wurden die Einzelteile über den Fluss angeliefert, mit einer 2 cm dicken Mörtelfuge versehen und vor Ort zu Montageeinheiten zusammengesetzt, die bis zu 39 m lang und 90 t schwer waren. Nachdem der Versuch, die einzelnen Segmente mithilfe eines Gerüsts einzuheben und zu verspannen, mit dem Zusammenbruch des Gerüsts scheiterte, erfolgte der Einhub der großen Mittelteile mit einem Kabelkran.

Nachdem die Kastenträger montiert waren, wurden die Fugen vermörtelt und die Spannhöhle verfüllt. Anschließend wurden sehr dünne, vorgefertigte Fahrbahnplatten aufgelegt und mit dem Rest der Brücke verspannt. Um den Lastabtrag der fertigen Brücke zu garantieren, erfand Freyssinet eigens eine Presse zur Anpassung der Widerlager und zum Ausgleich der Kriechverformungen.

Die Pont de Luzancy war bahnbrechend: Sie ist die erste Brücke mit interner Vorspannung, die erste Brücke mit triaxialer Vorspannung, die erste vorgespannte Brücke aus vorgefertigten Segmenten und die erste Spannbetonbrücke, die ohne Lehrgerüst hergestellt wurde. Da wundert es nicht, dass Freyssinet in den anschließenden Jahren nach dem gleichen Prinzip fünf weitere Brücken über die Marne realisierte, die mit Spannweiten von bis zu 74 m und unglaublichen Schlankheiten von bis zu 1:86 das Maß des Möglichen weiter verschoben.

Freyssinets Vermächtnis

Die Entwicklung des Spannbetonbaus nahm nach dem 2. Weltkrieg und nach Freyssinets Erfolgen mit den Allierbrücken und Marnebrücken weiter an Fahrt auf. Die Materialknappheit und die enorme Anzahl der Bauprojekte des Wiederaufbaus sorgten schon bald dafür, dass an vielen europäischen Hochschulen am effizienten Spannbetonbau geforscht wurde. Paul Abeles entwickelte ab 1941 die teilweise Vorspannung, Ulrich Finsterwalder ab 1952 das System Dywidag. Franz Dischinger erforschte die Grundlagen des Kriechverhaltens und Fritz Leonhardt entwickelte zusammen mit Willi Baur das Leoba-Verfahren. Nachdem Leonhardt 1954 sein Buch "Spannbeton für die Praxis" veröffentlichte, wurde der Spannbetonbau schließlich Teil des Standard-Repertoires aller Bauingenieure und Bauingenieurinnen.

Doch ohne Freyssinet hätten wir lange auf diese Entwicklung warten müssen. Er war es, der als erster das Potential und die immense Bedeutung des Spannbetonbaus erkannte und diese – wie er selbst sagte – "völlig neue Welt" des Bauens erschloss. Er trieb den Spannbetonbau mit großer Begeisterung voran und machte die Verfahren weltweit bekannt. Leider realisierte Freyssinet nicht die Vorteile der gemeinsamen Tragwirkung von Stahl- und Spannbeton und konnte nicht genug Erfahrungen im Korrosionsschutz sammeln, sodass auch die Spannglieder der Pont de Luzancy in den 1970er Jahren ersetzt werden mussten. So gab es also noch genug Aufgaben für die anderen genialen Bauingenieure dieser Zeit (und natürlich auch für alle Bauingenieure heute und in Zukunft).



Abb. 2.15: Vorfertigung der Kastenträger im Werk

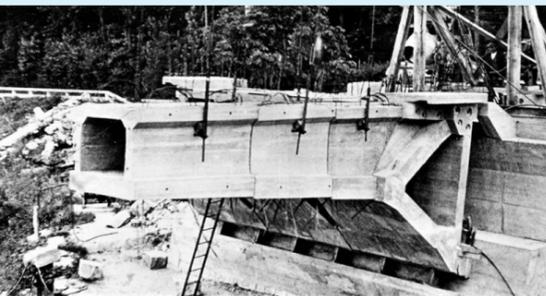


Abb. 2.14: Kämpferkonstruktion



Abb. 2.16: Montage mittels Holzgerüst



Abb. 2.17: Montage mittels Kabelkran

Quellen:

Billington (2013), Kap. 11,
Brühwiler, Menn (2003), S. 21 ff.,
Diceli (2016),
Shushkewich (2020),
Shushkewich (2012),
Schacht, Marx (2010),
Freyssinet (1954),
Jartoux (2011)

Weiterführende Literatur:

Fernández-Ordóñez Hernández (2018),
Zilch, Weiher (2008)



Abb. 2.18: Johannes erzählt begeistert von Freyssinet



Abb. 2.19 Diskussion übers Tragwerk



Abb. 2.20: Seitenansicht



Abb. 2.21: Untersicht



Abb. 2.22: Blick in einen der Hohlkästen

Paris | Gustave Eiffel Uni | Seine-Ufer

3



Sightseeing



Gustave-Eiffel-Uni



Seine-Ufer

Paris

3 Tagesbericht

Bruno Göbel

Paris | Gustave Eiffel Uni | Seine-Ufer

Zeit für Sightseeing

Nachdem alle die erste Nacht im Hostel in Paris gut überstanden hatten, war am Vormittag nun die Gelegenheit, sich Paris mal in Ruhe bei Tageslicht anzusehen. Als nächster Termin stand erst um 14:00 Uhr der Besuch der Pariser Universität Gustave Eiffel an. So nutzten wir nach einem ausgiebigen Hotelfrühstück den Vormittag zum Sightseeing.

Je nach Interessen und Zimmeraufteilung bildeten sich kleinere Grüppchen, um die verschiedenen und zahlreichen Sehenswürdigkeiten der französischen Hauptstadt zu begutachten. Während sich einige die Basilika Sacre-Coeur und den Stadtteil Montmartre ansahen, verschlug es andere schon an die Seine mit den vielen sehenswerten Brücken und der Kathedrale Notre Dame, auch wenn sich diese ja aufgrund des Brandes 2019 noch in der Wiederaufbauphase befindet.

Von dem Hügel des Montmartre aus hatte man einen guten Blick über Paris und bekam auch das erste Mal den Eiffelturm aus einiger Entfernung zu Gesicht. Das Wetter war eher durchwachsen, aber davon ließen wir uns nicht stören. Es gab viel Kultur, Straßenkünstler, Musiker und Graffitis, die die engen Straßen von Montmartre schmückten.

Wir kannten vom Vorabend schon den Pariser Autoverkehr und den waghalsigen Fahrstil einiger Franzosen. Umso zufriedener waren wir mit der Metro, mit der man ohne große Wartezeiten sehr flott von A nach B kam. Trotzdem war an diesem Vormittag natürlich nicht genug Zeit, um sich in Ruhe die vielen Attraktionen anzusehen. Vor allem diejenigen, die in der Schule Französischunterricht hatten, kannten noch einige Sehenswürdigkeiten aus dem Unterricht.



Abb. 3.1: Blick vom Montmartre-Hügel



Abb. 3.2: Basilika Sacré-Coeur

Université Gustave Eiffel

Um 14:00 Uhr fanden wir uns alle wieder vereint am Eingang zum Gelände der Universität Gustave Eiffel ein, die ein kleines Stück außerhalb der Pariser Innenstadt liegt. Die Uni selber ist sehr jung und wurde erst 2020 neu gegründet. Sie entstand aus einer Fusion der Universität Marne-La-Vallée und dem Forschungsinstitut IFSTTAR, welches sich auf die Forschungsgebiete Stadt und Raum, Verkehr und Bauwesen konzentriert.

Jean-Michel Torrenti und Franziska Schmidt, die beide in der Forschung im Bereich Bauingenieurwesen, Brückenbau und Werkstoffe beschäftigt sind, gaben uns mit ihren sehr informativen Vorträgen Einblicke in die Arbeit der Fakultät Bauingenieurwesen der Uni. Vor allem die Forschung an UH-PFRC (Ultra high performance fibre-reinforced concrete) war höchst interessant. Es handelt sich dabei um einen ultrahochfesten, faserbewehrten Beton, der vor allem im Brückenbau und für andere Spezialanwendungen verwendet wird. Im Gegenzug hielt auch Professor Marx einen Vortrag für die französischen Forscher, in dem er einen schönen Überblick über die Arbeit des Instituts für Massivbau unserer Universität hielt.

Nach der Theorie bekamen wir noch eine Führung durch die große Versuchshalle, in der verschiedenste Belastungsversuche von Betonbauteilen aufgebaut waren, beispielsweise zahlreiche Pressen für Langzeitversuche mit Kriechverformungen, oder Messeinrichtungen für nachträglich mit Carbonfasern verstärkte Bauteile. Zum Schluss machten wir noch ein Abschlussfoto (siehe Abb. 3.7 umseitig) und mussten uns wegen eines Regenschauers kurz in der École nationale des ponts et chaussées im Nachbargebäude unterstellen. Schließlich machten wir uns wieder auf den Weg zurück in die Pariser Innenstadt.



Abb. 3.3: Auf Erkundungstour in Montmartre



Abb. 3.4: Street Art

Abb. 3.5: Paris-Panorama





Abb. 3.6: Vortrag von Herrn Torrenti



Abb. 3.7: Gruppenfoto vor dem Gebäude der Universität Gustave Eiffel

Feierabend an der Seine

Der Abend war frei und so holten wir uns in mehr oder weniger preisintensiven Restaurants von Paris ein schönes Abendessen. Später ließen wir den Abend zusammen mit den wissenschaftlichen Mitarbeitern und Herrn Marx an der Seine ausklingen, als wir mit ein paar Flaschen Wein und Cidre am Wasser in der Nähe der Pont des Arts saßen.



Abb. 3.8: Blick auf die Pont des Arts



Abb. 3.9: Sonnenuntergang über der Pont des Arts



Abb. 3.10: Abendessen



Abb. 3.11: Angeregte Unterhaltungen

Pleyel | Eiffelturm | Seine-Brücken

4



Paris

4 Tagesbericht

Paul Krüger

Pleyel | Eiffelturm | Seine-Brücken

Sicherheit wird hier groß geschrieben!

Der vierte Tag der Brückenbauexkursion durch Frankreich startete zeitig, denn es gab viel zu sehen und zu erkunden. Begonnen wurde mit einem gemeinsamen Frühstück in unserem Joe & Jo Hostel. Anschließend begutachteten wir die Tunnelbaukunst des Pariser Untergrundnetzes und fuhren mit der U-Bahn zur Baustellenbesichtigung.

Hard Facts



Abb. 4.1

Standort	Paris, Ile-de-France, FR
Gesamtlänge	300 m
Max. Spannweite	80 m
Architekt	Marc Mimram
Baukosten	100 bis 200 Mio. €
Besonderheit	69 Monate Bauzeit trotz komplexer Baulogistik

In Vorbereitung auf die Olympischen Sommerspiele 2024 in Frankreich wird im Norden von Paris die Franchissement Urban Pleyel, die städtische Überführung Pleyel, errichtet. Die im Grundriss Y-förmige Brücke verbindet die olympischen Sportstätte mit der neuen Metro-Station "Saint-Denis – Pleyel". Des Weiteren führt sie einen Fuß- sowie einen Verkehrsweg über die Gleise der SNCF, also der staatlichen Eisenbahngesellschaft Frankreichs, und stellt somit eine Eisenbahnüberführung dar. Der Bau wird in zwei Etappen abgewickelt. Für die Sommerspiele 2024 soll der Teil der Fußgängerbrücke bereits fertiggestellt werden, um die anstehenden sportlichen Attraktionen zu Fuß zugänglich zu machen. Die 15 m breite Straße soll daraufhin bis 2026 abgeschlossen werden. Um den engen Terminplan der Baustelle einzuhalten, werden die Gleise an 25 Wochenenden pro Jahr gesperrt (vgl. 122.400 bis 244.800 €/Tag bei der DB).

Nach einem einführenden Vortrag des Bauleiters vor Ort konnten wir die Baustelle anschließend unter seiner Aufsicht begutachten. Der logistische Aufwand des Projektes sei hoch im Vergleich zum technischen Anspruch, so der Verantwortliche. Dementsprechend wird die Anbindung des Schienennetzes für die Anlieferung von Baumaterialien genutzt. Aufgrund des geringen Platzes auf der Baustelle ist viel Organisationsarbeit gefordert. Es gibt eine temporäre Brücke über die Gleise, welche für den Materialtransport sowie den Zugang zur Baugrube verwendet wird. Die Baugrube wurde mithilfe einer 36 m tiefen, durch Bentonit gestützten Schlitzwand hergestellt. Oberhalb davon wurde ebenfalls eine Trägerbohlwand als Baugrubenverbau geschaffen. Die geförderten Erdmassen, welche bei den Erdarbeiten entstehen, werden in Wasser und Boden separiert.

So kann der gewonnene Boden als Hinterfüllung wiederverwendet werden. Der Überbau der Brücke wird vor Ort zusammengeschweißt und anschließend mithilfe des lokalen Taktkellers eingeschoben. Dabei ist zu erwähnen, dass die Brücke zuerst in Längsrichtung und dann in Querrichtung geschoben wird.

Abschließend ist noch besonders hervorzuheben, dass der Bauleiter ausgesprochen genau auf die PSA und die Sicherheit auf der Baustelle achtete. Im Vergleich zu französischen Baustellen haben wir in Deutschland da noch einiges an Nachholbedarf.

Quellen:
Plaine Commune Développement,
Marc Mimram Architecture Ingénierie

Weiterführend:
Zeitraffer Vorschub: Maeg (11/2022),
Rendering Bauablauf: Maeg (10/2022)

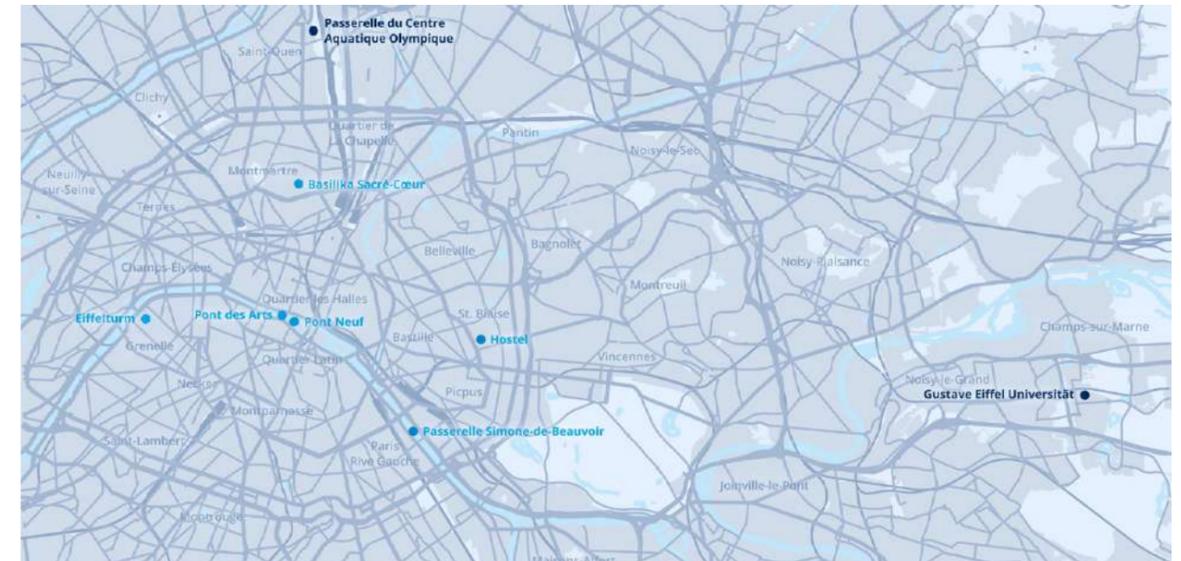


Abb. 4.2: Übersichtskarte – unsere Exkursionsziele in Paris



Abb. 4.3: Der Bauleiter erklärt



Abb. 4.4: Eindrücklich – das durch benachbarte Gleise extrem beengte Baufeld



Abb. 4.5: Behelfsbrücke zum Bau der Pfeiler



Abb. 4.6: Taktkeller mit erstem Brückensegment

Paris zu Fuß erkunden

Nach der Baustellenbesichtigung teilten wir uns in kleinere Gruppen auf, um die Stadt auf eigenem Fuß zu erkunden und eine Mittagspause einzulegen. Etwa um 13 Uhr fanden wir uns dann am Eiffelturm wieder zusammen, um dieses Denkmal aus dem Jahre 1889 zu bestaunen. Vielen Dank für den großartigen Vortrag, Ruben – genauere Infos dazu sind im dazugehörigen Bauwerksbericht auf der gegenüberliegenden Seite zu finden. Gemeinsam haben wir den restlichen Nachmittag damit verbracht, entlang der Seine viele faszinierende Fuß- und Straßenbrücken zu bestaunen. Unter anderem die Pont des Arts, die Pont Neuf sowie die Passerelle Simone-de-Beauvoir. Vielen Dank auch an dieser Stelle an die hervorragenden Vorträge von Christoph und Fritz. Die Notre-Dame konnten wir uns natürlich nicht entgehen lassen. Auch wenn sie noch nicht wieder in voller Pracht erstrahlt, war es ein sehr beeindruckender Anblick.

Wir beendeten den gemeinsamen Spaziergang gegen 17:30 Uhr. Währenddessen ergaben sich viele unterschiedliche Gespräche und wir lernten uns näher kennen. Hinterher teilten wir uns erneut in kleinere Gruppen auf, um individuell den Abend ausklingen zu lassen. Beispielsweise auf der Dachterrasse unseres Hostels oder bei einem Restaurantbesuch der feinen Art im Stadtzentrum. Alles in Allem ein sehr gelungener Tag in der Stadt der Liebe mit zahlreichen sehenswerten Bauwerken und vielen Schritten (bei mir waren es am Ende etwa 30.000).

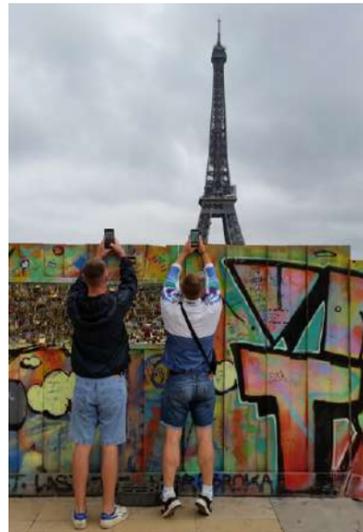


Abb. 4.7: Strecken für den Eiffelturm



Abb. 4.8: Klettereinlage an der Seine



Abb. 4.9: Untersicht Pont Alexandre III



Abb. 4.10: Passerelle Léopold-Sédar-Senghor



Abb. 4.11: Feierabend in einer echten Pariser Brasserie

Eiffelturm

Ruben Langer

Die Weltausstellung 1889 – Ein Politikum

Paris, 1884: Für die Weltausstellung 1889 zum Anlass des 100. Jahrestags der französischen Revolution will Gustave Eiffel, welcher sich mit dem Bau zahlreicher Großbrücken in Frankreich einen Namen gemacht hat, ein einmaliges Bauwerk beisteuern. Der Name "Weltausstellung", wie wir ihn heute kennen, täuscht jedoch. Es ging weniger um Austausch und Verbindung verschiedener Länder als um ein Zurschaustellen der Großartigkeit Frankreichs.

Gustave Eiffel beauftragte deshalb die Ingenieure in seinem Unternehmen mit der Planung eines besonders pompösen Bauwerks. Maurice Koechlin, der zu diesem Zeitpunkt 28 Jahre alt war, war der erste, der den Bau eines Turmes vorschlug. Zur Symbolisierung der schier Größe zeichnete er in der Skizze des Turms andere bekannte Gebäude wie den Arc de Triumph, die Kirche Notre Dame und die Freiheitsstatue ein, welche er aufeinanderstapelte. Damit stellte er dar, dass sein vorgeschlagener Turm alles bisher Bekannte um Längen überragen würde.

Anfänglich wirkte diese Skizze jedoch etwas zu technisch, weshalb Stephen Sauvestre als Architekt zur künstlerischen Ausgestaltung des Turms hinzugezogen wurde. Eiffel selbst war in diesem Prozess eher der Fürsprecher und Möglichmacher als der Vater des Turms. So trug seine Überzeugungsfähigkeit maßgeblich zum Bau des Turms und somit zum heutigen Wahrzeichen von Paris bei.

Heftige Proteste gegen den Bau gab es beispielsweise aus der Künstlerszene, zum Beispiel vom Schriftsteller Guy de Maupassant, vom Komponisten Charles Gounod oder dem Opernarchitekten Charles Garnier, da der "monströse Turm" wie ein "hässlicher Fabrik-schlot" in der sonst so unangetasteten Schönheit Paris anmuten würde. Doch diese Bedenken räumte Eiffel nicht zuletzt auch mit der Begründung aus dem Weg, dass der Turm von hoher militärischer und wissenschaftlicher Relevanz sei und entschied so den Diskurs letztendlich entgegen vielzähligen Stimmen aus der Gesellschaft schließlich für sich und so auch für den Bau des Turmes.

Hard Facts



Standort	Paris, Ile-de-France, FR
Höhe	330 m (312 m bei Fertigstellung)
Fertigstellung	1889
Ingenieur	Gustave Eiffel
Konstruktionsart	Fachwerkturm
Besonderheit	Höchstes Bauwerk der Welt zum Zeitpunkt der Fertigstellung

Quellen:

Wikipedia: Eiffelturm,
Eiffelturm historisch
(Süddeutsche Zeitung)

Der rasante Turmbau zu Paris

Beim Bau des Turms setzte Eiffel auf eine teilweise Vorfertigung im Werk, wo die meisten der 2,5 Mio. Nieten bereits eingesetzt werden konnten. Dies ermöglichte eine Just-in-Time-Lieferung von zusammengesetzten Bauteilgruppen, was für diese Zeit eine besondere Neuerung darstellte.

Auf der Baustelle am Champ de Mars waren 200 Arbeiter mit der Montage beschäftigt und schlugen dort 800.000 Nieten in das Bauwerk. Obwohl Stahl in dieser Zeit gerade sehr populär wurde, verließ sich Eiffel jedoch lieber weiterhin auf Schmiedeeisen, da er mit diesem Werkstoff durch seine Großbrückenprojekte viel Erfahrung hatte.

Drei Jahrzehnte Weltrekordhalter!

Zu seiner Eröffnung war der Eiffelturm mit 312 m das höchste Bauwerk der Welt und wurde erst 1930 durch das Chrysler Building in New York abgelöst. In Frankreich führte der Eiffelturm die Rangliste der höchsten Gebäude weiter an, bis Anfang der Zweitausender Jahre das Millau-Viadukt gebaut wurde. Als Wahrzeichen von Paris hat der Eiffelturm jedoch nicht an Strahlkraft verloren und täglich küssen sich immer noch zahlreiche Menschen im Schatten des Eiffelturms in der Stadt der Liebe.

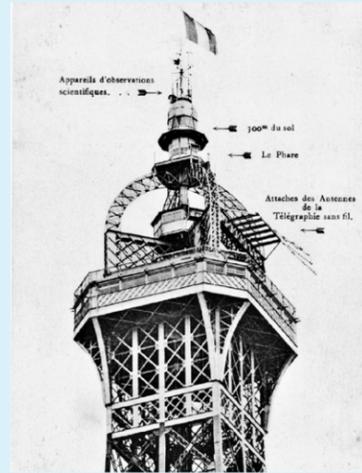


Abb. 4.13: Spitze mit Antennen

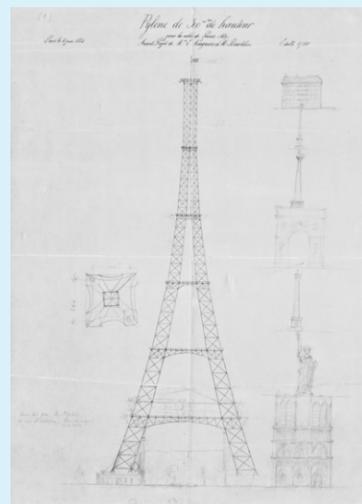


Abb. 4.14: Erster Entwurf



Abb. 4.15: Rubes Erklärungen zur Geschichte des Turms

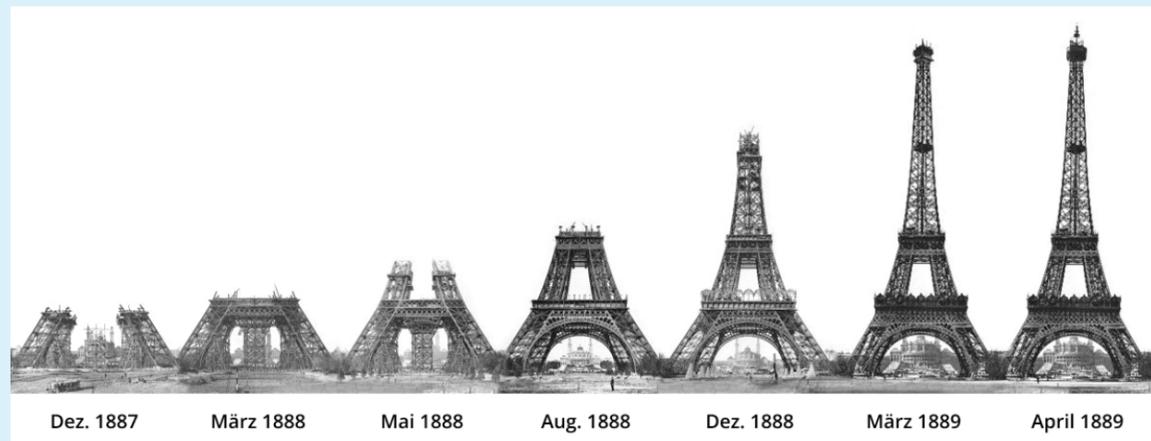


Abb. 4.16: Bauablauf

Pont des Arts

Christoph Becker

Brücke der Künste – Die Verbindung zum Louvre

Die Brücke Pont des Arts ist eine Fußgängerbrücke im Herzen von Paris. Sie verbindet den Louvre mit dem Institut de France und war die erste gusseiserne Brücke Frankreichs. Der Entwurf wurde von Louis-Alexandre de Cessart verfasst und sollte zugleich auch der letzte Brückenentwurf seines Lebens sein. In den Jahren 1802 bis 1804 wurde sie von seinem Schüler Jacques Vincent de Lacroix Dillon erbaut.

Die Brücke ist eine Bogenbrücke, die ursprünglich aus neun Bögen bestand, die eine maximale Spannweite von 17,34 m aufwiesen und durch fünf filigrane, parallel laufende Bogenträger gebildet wurden. Im Jahre 1853 und 1876 durchlief die Brücke verschiedene Umbauarbeiten. So wurde die Brücke auf acht Bögen verkürzt, um den Kai zu erweitern und die Fahrbahn der Brücke zu verbreitern.

Schäden, Einsturz und Wiederaufbau

Im 20. Jahrhundert erlitt sie erhebliche Schäden durch die beiden Weltkriege und diverse Zusammenstöße mit den Schiffen der Seine, bis sie im Jahre 1977 aufgrund der zahlreichen Schäden geschlossen wurde. Zwei Jahre später führte ein erneuter Zusammenstoß mit einem Lastkahn zum Einsturz der Brücke auf einer Länge von 60 m. Von 1982 bis 1984 wurde sie in Anlehnung an das ursprüngliche Vorbild neu erbaut. Jedoch hat sie heute nur noch sieben Bögen mit einer maximalen Spannweite von 22 m und wurde aus Stahlbögen erbaut, die auf Stahlbetonfundamenten stehen.

Schwer wiegt die Liebe ...

Bis zum Jahr 2014 war die Brücke für eine besondere Tradition bekannt: Pariser und Touristen besiegelten ihre Liebe mit einem Schloss, das an das Geländer der Brücke gehängt und dessen Schlüssel in die Seine geworfen wurde. Durch die immense Last der Schlösser stürzten Teile des Geländers auf einer Länge von 2,4 m ein. Daraufhin wurde ein neues Geländer verbaut, an dem das Anhängen der Schlösser nicht mehr möglich ist. Das Problem mit den Liebesschlössern beeinträchtigt aber weiterhin viele andere Brücken in der Stadt der Liebe und auf der ganzen Welt.

Quellen:

Wikipedia: Pont des Arts,
Liebesschloss.info,
Musée Virtuel du Protestantisme

Hard Facts



Abb. 4.17

Standort	Paris, Ile-de-France, FR
Gesamtlänge	155 m
Max. Spannweite	22 m (17,34 m bei Fertigstellung)
Fertigstellung	1804 (1984 wiedererr.)
Ingenieur	Louis-Alexandre de Cessart
Besonderheit	Erste gusseiserne Brücke Frankreichs



Abb. 4.18: Historisches Foto während einer Flut Januar 1910



Abb. 4.20: Christoph hält seinen Vortrag



Abb. 4.19: Pont des Arts von der Pont Neuf aus gesehen



Abb. 4.21: Rebeccas Skizze der Pont Neuf



Abb. 4.22: Historisches Gemälde "La pointe de l'île de la Cité vue du port Saint-Nicolas" von Alexandre Jean Noël (ca. 1780). Deutlich zu erkennen das Pumpwerk La Samaritaine und das Reiterstanbild



Abb. 4.23: Fritz hält seinen Vortrag

Pont Neuf

Fritz Fröde

Die Pont Neuf (deutsch: Neue Brücke) ist die älteste noch im Originalzustand erhaltene Brücke über die Seine. Sie verläuft über die westliche Spitze der Île de la Cité und verbindet einen der ältesten Stadtteile von Paris (1. Arrondissement) mit der auf der linken Seite der Seine liegenden Uferstraße (Quai des Grands Augustins). Die steinerne Bogenbrücke besitzt 12 asymmetrische Bögen mit Spannweiten von 9 bis 19 m, welche zusammen eine Länge von 238 m und eine Breite von 20 m besitzen.

Geschichte

Mitte des 16. Jahrhunderts gab es in Paris nur vier Brücken. Aufgrund des steigenden mittelalterlichen Großstadtverkehrs und der Schäden an den bereits bestehenden Brücken beschloss König Heinrich II. 1556, eine neue Brücke zu erbauen. Die Brücke sollte aber anders als die bereits vorhandenen Brücken keine Häuser oder Verkaufsläden auf der Fahrbahn haben. Diese Regelung führte jedoch zu großen Protesten der Kaufleute, welche die vorhandenen Flächen gerne genutzt hätten. Aufgrund dieser Unstimmigkeiten wurde erst 20 Jahre später unter Heinrich III. der Grundstein für die fünfte Brücke über die Seine gelegt. Sie war damals die erste Brücke, welche die beiden Ufer durchgehend miteinander verband. Entworfen wurde sie von Baptist Androuet du Cerceau. Nach einer 30-jährigen Bauzeit wurde die Brücke 1607 fertiggestellt.

Architektur

Das Erscheinungsbild der über 400 Jahre alten Brücke fügt sich perfekt in das bestehende Stadtbild von Paris ein und die Pont Neuf lässt sich ihr Alter kaum anmerken. Die elliptisch geformten Pfeiler ergeben zusammen mit dem massiven Überbau ein stimmiges Gesamtbild. Eine Reiterstau Heinrichs IV. schmückt zusätzlich die Brückenmitte. Ein besonderes Augenmerk gilt den steinernen Gesichtern unter den Kappen, deren Ursprung aber unbekannt ist. Mit einsetzender Dämmerung und der vorhandenen Beleuchtung lässt sich ein sehr idyllischer Ausblick über die Seine genießen.

Besonderheiten

Früher befanden sich auf den Pfeilern kleine Verkaufshäuschen. Eine weitere Besonderheit war die erste hydraulische Wasserpumpe in einem Pumpwerk (La Samaritaine), welche den Tuileriengarten und den Louvre mit Wasser versorgte. Das Gebäude stand auf dem Pfeiler zwischen dem ersten und zweiten Bogen am nördlichen Seine-Ufer und war Namensgeber für ein berühmtes Pariser Warenhaus. Die Pont Neuf wurde 1985 im Rahmen eines Kunstprojektes des Ehepaars Christo und Jeanne-Claude mit 40.000 m² sandfarbenem Polyamigewebe eingehüllt.

Hard Facts



Standort	Paris, Ile-de-France, FR
Gesamtlänge	238 m
Max. Spannweite	16,40 m
Fertigstellung	1607
Konstruktionsart	Steinbogenbrücke
Besonderheit	Älteste original erhaltene Seine-Brücke

Quellen:

Wikipedia: Pont Neuf,
Office du Tourisme et des Congrès de Paris

Passerelle Simone-de-Beauvoir

Fritz Fröde

Die Passerelle Simone-de-Beauvoir ist eine Fußgängerbrücke über die Seine in Paris. Ihren Namen hat die Brücke von der französischen Schriftstellerin Simone de Beauvoir. Damit ist die Brücke die Erste in Paris, die nach einer Frau benannt wurde. Die Passerelle Simone-de-Beauvoir überspannt die Seine mit einer Gesamtlänge von 304 m und hat eine Breite von 12 m. Ihre längste Stützweite beträgt 190 m, wobei die beiden Ufer nicht nur an zwei Punkten, sondern durch ihre besondere Wegführung an 6 Punkten miteinander verbunden werden. Somit gibt es jetzt eine Direktverbindung vom Park zur Nationalbibliothek, ohne dazu die Stadtautobahn überqueren zu müssen. Des Weiteren besitzt die Brücke einen beleuchteten Aluhandlauf und Eichendielen als Fahrbahnbelag.

Hard Facts



Abb. 4.25

Standort	Paris, Ile-de-France, FR
Gesamtlänge	304 m
Max. Spannweite	190 m
Fertigstellung	2006
Ingenieur	Dietmar Feichtinger
Konstruktionsart	Stahl-Linsenträger
Besonderheit	Einhub des 106 m langen Linsenträgers

Tragwerk

Wenn man sich die Brücke genauer anschaut, merkt man, dass sie aus mehreren Teilen zusammengesetzt ist. Zum einen gibt es an beiden Ufern schräge Stahlpfeiler. Dazu kommt ein Spannband, welches mit dem flachen Bogen eine Art Linsenträger entstehen lässt (siehe Abb. 4.25). Durch diese Kombination entstehen die drei charakteristischen Öffnungen, welche in der Mitte eine Höhe von 4,5 m erreichen. Jeweils links und rechts der Brücke gibt es noch zwei weitere, 35 m lange Bogenträger, die eine Verbindung zwischen den oberen Fahrspuren der Passerelle und den Geländeterrassen herstellt. Der Bogen besteht aus Kastenträgern, die durch Auskreuzungen miteinander verbunden werden.

Bei der Spannbandbrücke handelt es sich um einen leicht durchhängenden Bogen, der zur Aufnahme der vertikalen Lasten vorgespannt ist. Aufgrund dieser Bauweise entstehen große Horizontalkräfte. Für diese entstehenden Kräfte ist eine aufwendige Verankerung notwendig. Im Fall der Passerelle Simone-de-Beauvoir werden die 15 cm starken Spannblätter über

schräge Stahlpfeiler senkrecht nach unten umgelenkt und in Ankerkammern verankert (siehe Abb. 4.27). Durch diese abrupte Umleitung der Bänder entsteht von weitem die Form eines Bumerangs. In den Ankerkammern befinden sich außerdem hydraulische Dämpfer, die aufkommende Schwingungen mindern sollen und auf der Brücke sind mehrere Schwingungstilger montiert (siehe Abb. 4.26).

Der Druckbogen stützt sich ebenfalls auf die schrägen Stahlpfeiler. Durch die geschickte Form der Stützen werden einerseits die Druckkräfte des Bogens sowie die Zugkräfte der Spannblätter effizient abgetragen.

Baugeschichte

Dietmar Feichtinger gewann 1998 den damals ausgeschriebenen Wettbewerb. Nach vierjähriger Planungsphase begann dann im Juni 2004 der Bau. Die Montage der Fußgängerbrücke wurde von beiden Seiten begonnen. Zum Schluss wurde der vorgefertigte, 106 m lange Linsenträger per Schiff über den Rhein und durch den Ärmelkanal zur Baustelle transportiert und dort montiert. Eine vorher durchgeführte Simulation der Montage gewährleistete, dass nötige Korrekturen an den geschweißten Enden schnell vorgenommen werden konnten. Insgesamt wurden bei der Errichtung der Brücke 1600 t Stahl verbaut.

Nach der Fertigstellung wurden als Belastungstest Wasserbehälter mit einem Gewicht von insgesamt 550 t auf der Brücke platziert und gleichzeitig 100 Architekturstudierende im Gleichschritt über die Brücke geschickt. Weitere besondere Gebäude von Dietmar Feichtinger waren zum Beispiel die Dreiländerbrücke über den Rhein in Weil oder das Zugangsbauwerk zum Mont Saint Michel.

Quellen:

Wikipedia:
Passerelle Simone-de-Beauvoir,
Lemoine (2007),
Dietmar Feichtinger Architects



Abb. 4.26: Linsenträger



Abb. 4.27: Schwingungstilger in Brückenmitte



Abb. 4.28: Kraftumleitung des Spannbandes

5 Tagesbericht

Fabian Marx

Boutiron | Fades

“Au revoir Paris!”

Nach zwei Nächten in der Hauptstadt Frankreichs ging es für unsere Exkursionsgruppe weiter in den Süden. Nach zeitigem Frühstück holten die Fahrer die Autos aus dem mittelmäßig naheliegenden Parkhaus, während die Anderen die letzten Sachen in ihre Taschen packten. (Fast) pünktlich starteten alle drei Bullis und der Caddy Richtung Vichy und der nahegelegenen Pont Boutiron. Doch was wäre ein Parisbesuch, ohne den berühmten Arc de Triomphe gesehen zu haben! So schlugen zwei Bullis einen kleinen Umweg ein, um eine (oder auch zwei) Runden im berühmtesten Kreisverkehr der Welt zu drehen.

Pont Boutiron

Erstmal ging es raus aus Paris und dann vier Stunden über französische Autobahnen. Die Verspätung der beiden Touri-Busse wurde vom dritten Bus genutzt, um für das gemeinsame Mittagsbuffet einzukaufen. Als dann alle an der Brücke eingetroffen waren, hielt Florian einen spannenden Vortrag über die Pont Boutiron. Trotz der umfangreichen Informationen im Vortrag hatte Prof. Marx noch einige weitere spannende Geschichten über die Brücke und seinen Baumeister zu erzählen. Man konnte die schon in den Vorlesungen angedeutete Bewunderung des Professors für Freyssinet förmlich spüren.

Nach dem anschließenden Baguette-Picknick blieb noch Zeit, um je nach Interessenslage die Brücke weiter zu inspizieren, Steine über den Fluss springen zu lassen oder einfach nur die Füße ins Wasser zu hängen. Anschließend fuhren wir eine weitere Stunde über die verwundenen Straßen des Zentralmassivs in das Fades-Tal.



Abb. 5.1: Champs Élysées

Kommentar: Autofahren in Frankreich

Jonas Scharf

Nichts ist unmöglich – Toyota

Die französischen Autofahrer bevorzugen zwar eher Citroën, das Motto passt jedoch sehr gut zu ihrer Fahrweise. Da wir mit Bullis unterwegs waren und so fast jeder einmal gefahren ist, konnten auch alle in den Genuss dieses außergewöhnlichen Spektakels des französischen Fahrstils kommen. In Frankreich werden die meisten Kreuzungen über Kreisverkehre geregelt. So weit, so gut oder sogar besser als in Deutschland. Jedoch nur unter der Voraussetzung, dass die Franzosen in der Fahrschule lernen, wie diese besondere Verkehrsregelungsmethode funktioniert.

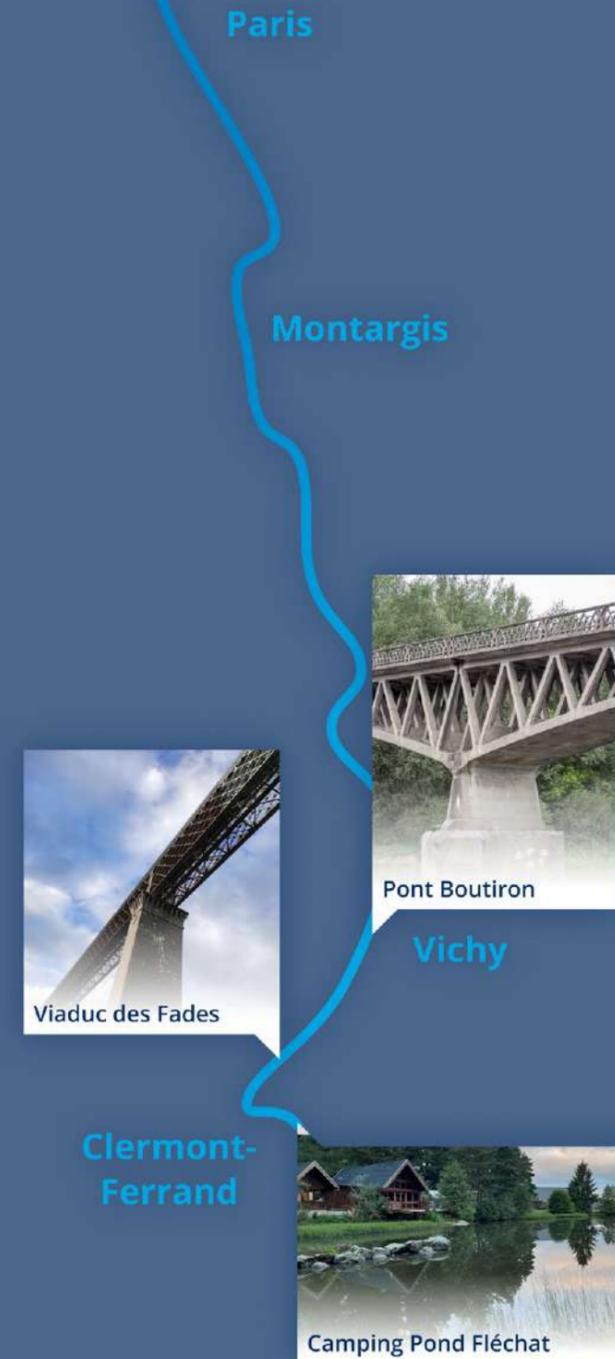
Unglücklicherweise machen die französischen Fahrschulen dabei anscheinend einen miserablen Job. Blinken ist wohl ebenfalls nicht Teil des Lehrplans. Als wir uns dann doch irgendwie ohne Regeln durch

den Kreisverkehr gekämpft hatten und an der nächsten normal erscheinenden Kreuzung angekommen waren, hatte plötzlich das Auto Vorfahrt, das zuerst da war. Das Recht des Stärkeren eben oder halt des Früheren.

Logische Konsequenz: Ab auf die Autobahn, dort gibt es wenigstens keine Kreuzungen. Spätestens jedoch, sobald uns der erste Franzose bei einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 130 km/h mit 180 km/h rechts überholte, wünschten wir uns ganz schnell die deutschen Straßen wieder.

Es stellt sich die abschließende Frage: Sind die Franzosen schlechte Autofahrer oder wir nur ordnungsliebende Spießer?

Boutiron | Fades



5



Abb. 5.2: Prof. Marx erzählt spannende Geschichten über Freyssinet



Abb. 5.3: Pause und Steine hüpfen lassen an der Pont de Boutiron



Abb. 5.4: Erschwerlicher Aufstieg zum Viaduc des Fades

Viaduc des Fades

Der nahegelegene Staudamm Barrage de Fades entpuppte sich als guter Parkplatz für die Autos und bot einen exzellenten Blick auf das Viaduc des Fades. Doch nachdem auf dem geschlossen geglaubten Viadukt Menschen gesichtet wurden, gab es für die Dozenten inkl. Professor kein Halten mehr. Die Brücke musste erklommen werden! Die über die Jahre zugewachsenen und mit querliegenden Bäumen verbauten "Wanderwege" führten schlussendlich zu einem halb eingerissenen Zaun, hinter dem sich das 470 m lange Viadukt schnurgerade über das Tal zieht. Die Brombeerkratzer an den Beinen und dreckigen Schuhe all derer, die sich mit nach oben getraut hatten, waren beim Ausblick vom Viadukt aus schnell vergessen. Von oben ließ sich gut erkennen, dass der Zahn der Zeit schon deutlich an Stahlfachwerk, Schwellen und Schienen genagt hatte – vielleicht machte das die Brückenüberquerung besonders spannend. Auf der anderen Seite fand sich zum Glück ein etwas weniger hindernisreicher Abstieg zurück zum Staudamm. Dort wieder angekommen hielt Fabian M. einen interessanten Vortrag über das eben begangene Viadukt.

Nachdem alle Fragen geklärt waren, ging es wieder in die Autos und zügig zum ersten Zeltplatz dieser Exkursion. Da es für einige die erste Nacht im Zelt überhaupt und generell die erste Nacht für uns als Exkursion auf einem Campingplatz war, wurde eine Ankunft noch im Hellen anvisiert. In Kombination mit den Straßen des Zentralmassivs sorgte dies für eine achterbahnmäßige Autofahrt auf den hinteren Reihen der Autos.

Erster Zelttag

Unser Campingplatz Pond Fléchat lag, wie sich für Französisch-Kenner leicht erkennen lässt, an einem kleinen Teich im kleinen Dorf Fléchat. Die Zelte standen für den ersten Tag recht schnell. Der leichte Regen des Tages sorgte aber für zum Teil schlammige Bodenverhältnisse und die der einbrechenden Dunkelheit geschuldeten kühlen Temperaturen ließen nur wenig südfranzösisches Feeling aufkommen. Das tat der guten Laune aber keinen Abbruch, denn erstmals konnte für die gesamte Exkursionsgruppe auf dem großen Gaskocher ein schmackhaftes Chili sin Carne gekocht werden. Ein dazu passender Wein tat sein Übriges für heitere Gespräche bis in die Nacht hinein.



Abb. 5.5: Aufbau des Camps in der Dämmerung

Pont Boutiron

Florian Ziedler

Die Pont Boutiron ist eine Bogenbrücke über den Allier im Norden von Vichy. Die von Eugène Freyssinet geplante Brücke wurde 1913 fertiggestellt. Die drei Bögen mit Spannweiten von 67 m, 72 m und 67 m erreichen eine Gesamtlänge von 206 m. Zum ersten Mal wurde eine Art anpassbares Betongelenk verwendet. So gelang es Freyssinet, ein Pfeilverhältnis von gerade einmal 1/15 bzw. 1/14 zu realisieren. Die Bogenstärke am Scheitel beträgt nur 19 cm und an den Pfeilern 50 cm.

Entstehung der Allier-Brücken

Im gleichen Zuge wurden Anfang des 20. Jahrhundert zwei weitere Brücken entlang des Allier gebaut. Es sollten drei Hängebrücken ersetzt werden. Als Freyssinet auf den hohen Preis des ersten Brückenentwurfs aufmerksam wurde, bemerkte er sofort, dass das Geld nicht mehr für den Ersatzneubau der anderen beiden Brücken reichen würde. Zusammen mit dem Unternehmer François Mercier schlug er dem Straßenbauamt vor, alle drei Brücken zum Preis des ersten Brückenentwurfs für eine einzelne Brücke zu bauen. Ohne dass je jemand seine Pläne gesehen hatte, wurde ihm die Verantwortung zum Bau der drei Brücken übertragen.

Ihm gelang es, die erste Brücke bei Le Veudre für ein Drittel des Geldes des ursprünglichen Entwurfs zu bauen. Die Brücke ist weitgehend mit der in Vichy identisch. Es gab noch keine vergleichbaren Brücken mit solch einer sparsamen Bauweise und so großer Spannweite.

Untersuchungen zum Schwinden

Mit einem Versuchsbogen versuchte Freyssinet, das bis dato unerforschte Tragverhalten einer solchen Brücke zu untersuchen. Hier beobachtete er das noch unbekannte Kriechen und Schwinden des Betons. Nach dem Bau der Pont du Veudre stellte er fest, dass die Brücke schon nach kurzer Zeit im Scheitel um 13 cm abgesackt war. In einer Nacht-und-Nebel-Aktion hob er zusammen mit vier Männern und mittels Pressen die Brücke in ihre ursprüngliche Position und vergoss die Hohlräume mit Beton.

Freyssinet zog seine Lehren daraus. Für konstruktive Änderungen an der Pont Boutiron war es jedoch zu spät. Er ließ Öffnungen im Scheitel, in die später Pressen eingesetzt werden konnten. Mit deren Hilfe ließ sich die Brücke immer wieder auseinanderdrücken und somit anheben. Die neue Position wurde dann mit Beton vergossen. Durch die äußere Krafteinleitung gelang es Freyssinet, ungeplant die erste Spannbetonbrücke herzustellen. Seine Lieblingsbrücke war dennoch immer die Pont du Veudre. Leider kann man diese heute nicht mehr bewundern, da sie am 7. September 1944 im Zweiten Weltkrieg gesprengt wurde. Als Trost bleibt nur noch die fast baugleiche Pont Boutiron.

Hard Facts



Abb. 5.6

Standort	Vichy, Allier, Auvergne-Rhône-Alpes, FR
Gesamtlänge	206 m
Max. Spannweite	72 m
Fertigstellung	1913
Ingenieur	Eugène Freyssinet
Konstruktionsart	Stahlbeton-Dreigelenk bogen
Besonderheit	Erste Brücke mit äußerer Krafteinleitung

Schwierigkeiten auch beim Bau der Pont Boutiron

Während des Baus der Pont Boutiron kam es zu einer Jahrhundertflut, die fast das Lehrgerüst zum Einstürzen brachte. Mit einer provisorischen Hilfskonstruktion und mithilfe der Pressen, die zum Anheben der Scheitel gedacht waren, gelang es, das Gerüst wieder anzuheben. Freyssinet sagte einst darüber:

“Als eines Abends die Nacht hereinbrach, kam eins der heftigsten Sommerhochwasser, die seit Jahrhunderten beobachtet wurden, wie eine Wand auf uns zu. Es schickte alle Zelthalen und Palisaden einer Ausstellung, die in Vichy vorbereitet wurde, und das gesamte Heu aus der Auvergne, das gerade gemäht worden war, auf meine Bögen [der Brücke, Anm. Autor]. Den ganzen Tag über ließ ich Bretter, Baumstämme und Steinschüttungen anliefern. Am nächsten Tag konnten wir arbeiten. In den Gräben ließ ich große Gabionen aus Brettern, die mit Stahldraht zusammengehalten wurden, aufstellen und mit Kies aus dem Flussbett füllen. In der tiefen Rinne, in der die Strömung immer noch sehr stark war, errichtete man Schieber aus großen, geneigten Tannenstämmen, die vor den überfluteten Flutmulden verbogen und an ihrer Basis gegen die ins Flussbett geworfenen Steinschüttungen gedrückt wurden. Dann zwang ich mithilfe von Hebe- und Senkzylindern die Köpfe der Spundwände, genau die umgekehrte Strecke zurückzulegen, die sie unter dem Einfluss des Hochwassers zurückgelegt hatten. Unter dem Lärm von zerbrochenem Holz nahmen die Gewölbe, Schalungen und Bewehrungen genau ihre ursprüngliche Form an. Ich befahl, Tag und Nacht ununterbrochen zu betonieren, denn ich hatte schreckliche Angst vor der zweiten Flut, die laut der Geschichte des Flusses oft auf eine erste Sommerflut folgt.”

Eugène Freyssinet

Quellen:

Wikipedia: Pont Boutiron, Billington (2013)

Die Brücke befindet sich noch heute in einem bemerkenswerten Zustand. Weiterhin ist ein zweisepuriger Verkehr für Fahrzeuge bis 3,5 Tonnen möglich.



Abb. 5.7: Scheitelgelenk



Abb. 5.8: Scheitelgelenk



Abb. 5.9: Die Schlankheit der Brücke wird im Panorama deutlich

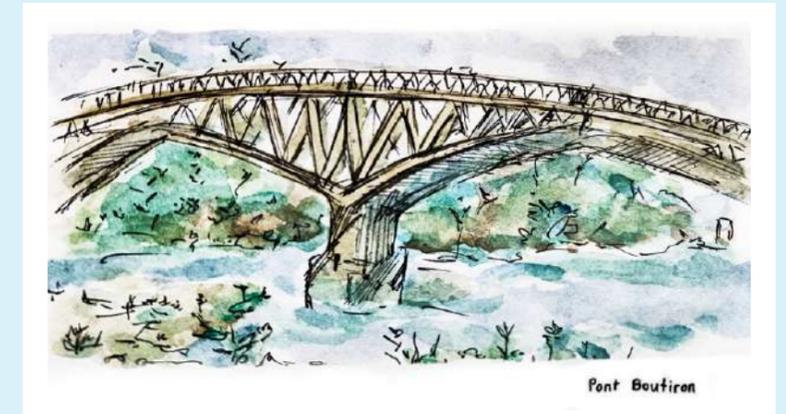


Abb. 5.10: Rebeccas Skizze der Pont Boutiron



Abb. 5.11: Ansicht der Schwesterbrücke Pont du Veurdre (fertiggestellt 1910)



Abb. 5.12: Florian erklärt die Baugeschichte



Abb. 5.13: Mittelpfeiler mit Betongelenken



Abb. 5.14: Begutachtung der Dehnfuge



Abb. 5.15: Blick ins Fachwerk



Abb. 5.16: Kämpfergelenk

Viaduc des Fades

Fabian Marx

Das Viaduc des Fades (Fades-Viadukt) ist ein Eisenbahnviadukt im französischen Zentralmassiv. Es spannt sich über das Flusstal der Sioule im Berggebiet "Les Combrailles" und ist das höchste Eisenbahnviadukt Frankreichs. Bis ins Jahr 2007 wurde das Viadukt für die Eisenbahnlinie zwischen Volvic und Lapeyrouse genutzt. Seitdem ist es für den Eisenbahnverkehr aufgrund seines schlechten Zustands gesperrt. Sichtlich erkennbar ist an vielen Stellen der mittlerweile fehlende Korrosionsschutz aufgrund mangelnder Wartung. Seit 1984 ist das Viadukt als historisches Monument geschützt. Das Viadukt ist mittlerweile für den Tourismus geöffnet und kann mit einer Fahrradraisine befahren werden.

Hard Facts



Abb. 5.17

Standort	Les Ancizes-Comps, Auvergne-Rhône-Alpes, FR
Gesamtlänge	470 m
Max. Spannweite	144 m
Fertigstellung	1909
Ingenieur	Felix Virard
Konstruktionsart	Dreifach gekreuztes Stahlfachwerk
Besonderheit	Höchstes Eisenbahnviadukt Frankreichs



Abb. 5.18: Stark korrodierte Stahlträger

Wortherkunft "Fades"

Um das namensgebende Fadestal gibt es viele Sagen. Die Plausibelste sei an dieser Stelle erläutert: Vor langer Zeit betrieben zwei Schwestern eine ärmliche Mühle am Ende des Tals. Auf die letzten Tage ihres Lebens wurden sie von einer im Tal lebenden Fee inspiriert, ihr letztes Erspartes in den Bau einer Brücke über die Sioule zu investieren, um Reisenden die Flussüberquerung zu erleichtern – die "Pont des Fades". Fades bedeutet im Okzitanischen, einer romanischen Sprache Südfrankreichs, so viel wie "Fee" und erinnert an die hier früher lebenden Fabelwesen. Äquivalent bekamen das Viadukt und auch die naheliegende Stau-mauer den Zusatz "Fades" in ihren Namen.



Abb. 5.19: Fabian zeigt uns die Details

Bauwerksbeschreibung

Das Viadukt besteht aus einem Fachwerkträger, gefertigt aus gewalztem Stahl und Eisen, der auf zwei gemauerten Granitpfeilern lagert. Das Bauwerk ist insgesamt 470 m lang und auf drei Felder aufgeteilt (116 – 144 – 116 m). Die Pfeiler sind jeweils 92 m hoch und verlaufen nach oben hin konisch, wobei sie in ihrem Fuß über 20 m breit sind. Das Viadukt liegt 132,5 m über dem niedrigsten Talpunkt. Der Längsträger besteht aus einem dreifach gekreuzten Stahlfachwerk. Die Schienen verlaufen oben auf dem Träger. Der Fachwerkträger ist ca. 8 m breit und verfügte zuletzt über ein einzelnes Gleis. Das Brückenwiderlager sollte ursprünglich auf jeder Seite aus einem gemauerten Bogen bestehen. Nach einem Erdbeben auf der Nordseite während der Bauarbeiten wurde der Bogen dort durch einen kleinen Fachwerkträger ersetzt.

Bau des Viadukts

Ende des 19. Jahrhunderts wurde an die "Compagnie du Chemin de Fer de Paris à Orléans", damals eine der fünf großen privaten Eisenbahngesellschaften Frankreichs, der Auftrag gegeben, eine Strecke von Saint Éloy nach Pauniat zu planen und später zu bauen. Daraufhin wurden Untersuchungen bezüglich einer Überquerung des Tals der Sioule angestellt. Zwischen 1893 und 1896 konnte keine finale Lösung gefunden werden. Ab 1896 übernahm der junge Ingenieur Felix Virard die Planungen der Überquerung unter der Leitung von Chefingenieur Abel Draux. Sein Entwurf wurde 1901 genehmigt. Daraufhin wurde das Projekt unter dem Bauleiter Emilie Robert gebaut und 1909 fertiggestellt. Die gemauerten Pfeiler sind hohl und beinhalteten während der Bauzeit Personen- und Materialaufzüge. Somit konnten die Pfeiler ohne Gerüst errichtet werden. Die kleinen Stützweiten des Fachwerkträgers von 116 m wurden zur Hälfte mit einem stützenden Holzgerüst gebaut, die zweite Hälfte dann im Freivorbau. Die mittlere Spannweite von 144 m wurde komplett im Freivorbau von beiden Seiten her errichtet. Nach dem erfolgreichen Belastungstest konnte das Viadukt am 10.10.1909 eingeweiht werden. Damals war das Viadukt die höchste Brücke der Welt und bis heute sind die gemauerten Brückenpfeiler die höchsten ihrer Art.

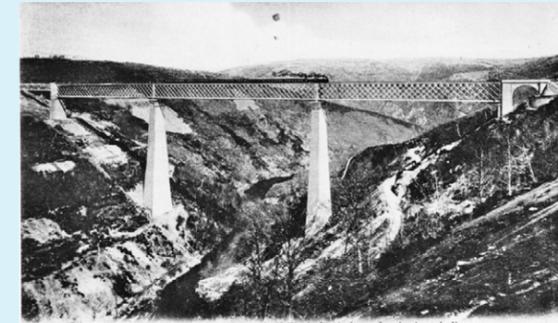


Abb. 5.20: Zugüberfahrt



Abb. 5.21: Blick in den Fachwerkträger

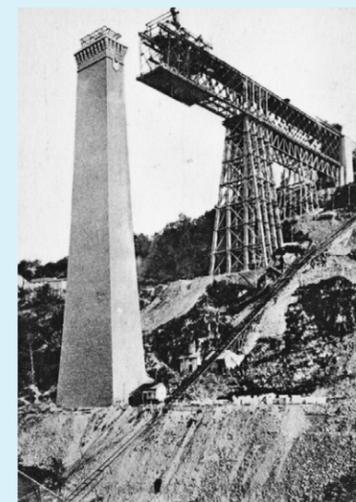


Abb. 5.22: Bau der Nebenspannweiten mit Hilfsgerüst

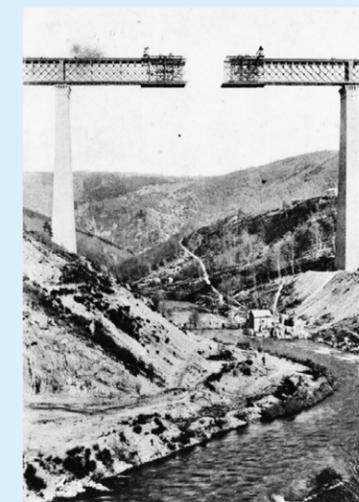


Abb. 5.23: Zusammentreffen der beiden Enden der Hauptspannweite

Quellen:
Wikipedia: Viaduc des Fades,
Structurae: Viaduc des Fades



Abb. 5.24: Dreifach gekreuztes Stahlfachwerk



Abb. 5.25: Majestätisch thront das Viadukt über dem Tal



Abb. 5.26: Wanderung auf den Brückenträger



Abb. 5.27: Tom inspiziert die korrodierten Träger



Abb. 5.28: Bei Ruben keine Spur von Höhenangst

Garabit | Millau

Clermont-Ferrand

Saint Flour

Millau



Garabit-Viadukt



Viaduc de Millau

6 Tagesbericht

Anne Palm

Garabit | Millau

Ein kalter Morgen

Nach der ersten kühlen Nacht auf dem Campingplatz hieß es morgens erst einmal "Aufwärmen". Während es sich die Morgenmuffel noch im Schlafsack gemütlich machten, sprangen die Energiegeladenen in den See und schwammen eine Runde. Dennoch waren alle in Aufbruchstimmung, denn heute standen zwei der eindrucksvollsten Bauwerke unserer Reise auf dem Tagesplan – zum einen das Garabit-Viadukt und zum anderen das Viaduc de Millau.

Bis zum ersten Treffpunkt war es ein langer Weg durch die spannende, hügelige Landschaft Frankreichs, die die einzelnen Busse bewältigen mussten. Der Gute-Laune-Express hielt zur Stärkung an einem Supermarkt und stillte die hungrigen Frühstücksmägen bei einem kleinen Picknick mit französischem Käse und Baguette, der wohl besten Kombination. So ließ sich auch der weitere Weg bei guter Musik und Gesang bestreiten.



Abb 6.1: Gute-Laune-Express



Abb. 6.2: Morgenstimmung am Pond Fléchat

Schwimmen unter dem Stahlkoloss

Nach der Ankunft am Garabit-Viadukt nutzten wir das tolle sonnige Wetter und schwammen eine Runde durch den Truyère-Fluss unterhalb der Brücke und bestaunten so die Konstruktion aus einem anderen Blickwinkel. Den steil ansteigenden Felsen konnten die geübten Kletterer und Klippenspringer unter uns nicht widerstehen. Die Kerzensprünge, Salti und natürlich Arschbomben sorgten für heitere Stimmung und viel Spaß. Nachdem alle wieder heil das Ufer erreicht hatten und getrocknet waren, erzählte uns Jakob viele interessante Fakten über die alte Eisenbahnbrücke und ihren "Zwilling" in Portugal.



Abb. 6.3: Schwimmen unterm Garabit-Viadukt



Abb. 6.4: Picknick in Millau

Kein Stau in Millau

Bis zum nächsten Etappenziel war es wieder ein Stück Autofahrt, jedoch waren wir alle sehr neugierig auf das nächste Bauwerk, über das schon so viel erzählt wurde während der Vorlesungen. Die Fahrt verging schnell, sodass wir uns eine kleine Essenspause am Parkplatz erlaubten. Während des Vortrages von Jonas genossen wir den Ausblick auf das Wahrzeichen von Millau – das von Michel Virlogeux und Norman Foster entworfene, berühmte Viaduc de Millau. Da wir danach noch Zeit hatten, besuchten wir das Informationszentrum und erhielten dort noch verschiedene Einblicke zum Bau der Brücke mit ihren Tücken und Herausforderungen sowie deren Bedeutung für die Stadt.



Abb. 6.5: Florian beim Überfahren des Viadukts

Abendausklang in Millau

Der letzte Ritt zum Campingplatz stand an und nach dem Aufbau der Zelte klang der Tag bei gemeinsamen Aktivitäten aus. Einige kühlten sich im Fluss ab, es wurde gekocht, auf der Slackline balanciert, Handstände geübt und gemeinsam gesungen und getanzt. Bei einer Runde Flunkyball (mit Prof. Marx) wurde das französische Bier auf Trinktauglichkeit geprüft und für "schmeckt gut, aber die Flaschen sind zu klein" befunden. Wir freuten uns auf den nächsten Tag.



Abb. 6.6: Jakob an der Mandoline



Abb. 6.7: Fabian probiert die Highline



Abb. 6.8: Akrobatik üben mit Luise



Abb. 6.9: Gemeinsam singen

Garabit-Viadukt

Jakob Vogt

Räumliche Einordnung

Die Brücke befindet sich nahe Ruynes und wurde während der Planung einer Bahnverbindung von Clermont-Ferrand nach Millau zur Überquerung des tiefen Tals der Truyère erdacht. Der Bau ist vor allem dem jungen Ingenieur Leon Boyer zu verdanken, der den Vorschlag machte, eine Brücke zu bauen. Zuvor war durch die staatlichen Ingenieure eine konventionelle Querung durch einen Einschnitt des Tals geplant. Eine Brücke sollte nach ersten Rechnungen günstiger sein als die ursprüngliche Variante.

Hard Facts



Abb. 6.10

Standort	Ruynes, Auvergne-Rhône-Alpes, FR
Gesamtlänge	565 m
Max. Spannweite	165 m
Fertigstellung	1884
Fertigstellung	1884
Konstruktionsart	Aufgeständerte Bogenbrücke
Besonderheit	Laut D. P. Bellington: Größtes mit Eisenbögen erbautes Bauwerk der Structural Art

Erbauung

Aus diesem Grund wandte sich Boyer 1878 an Gustave Eiffel, ob dieser eine Querung des Tals bauen könne. Er hatte schon Brücken mit ähnlichen Höhen und Weiten in Portugal und Frankreich geplant. Der dann geschlossene Vertrag beinhaltete eine Klausel, dass Eiffel der am besten qualifizierte Ingenieur für diesen Auftrag sei, weshalb auf eine Ausschreibung verzichtet wurde. Der eigentliche Bau begann 1880 und war nach vier Jahren fertiggestellt, wobei insgesamt bis zu 500 Arbeiter (Eiffel & Compagnie) auf der Baustelle tätig waren. Der Bogen wurde im abgespannten Freivorbau innerhalb eines Jahres errichtet. Die Brücke selbst besteht aus 3169 Tonnen Schmiedeeisen, 41 Tonnen Stahl und 23 Tonnen Gusseisen, welche mit 678.768 Nieten verbunden sind. Die Fundamente sind aus etwa 20.000 m³ Mauerwerk hergestellt.



Abb. 6.11: Jakob referiert über Gustave Eiffel

Statisches System

Die Anforderungen an das System waren vielfältig. Es wurde eine Form gesucht, die "gleichzeitig am anmutigsten und am besten für die Aufnahme der Lasten geeignet" ist, so schrieb einer von Eiffels Ingenieuren 1878. Somit wurde als Haupttragwerk ein Sichelbogen gewählt. Als Auflager wurden drehbare Auflager verwendet, sodass etwaige Berechnungen deutlich vereinfacht werden konnten. "Jeder, der schon eine vollständige Berechnung eines Bogens durchgeführt hat, weiß, dass ein solcher Vorteil nicht zu verachten ist" (Théophile Seyrig, 1878, S. 755). Der Zweigelenbogen ist einfach statisch unbestimmt.

1878 errichtete Eiffel bereits die Pia-Maria-Brücke in Porto in fast gleicher Gestalt. Das Garabit-Viadukt ist sozusagen ein Zwilling dieser Brücke, jedoch gibt es ein paar Verbesserungen. Zum Beispiel sind die Zwischenstützen deutlich näher an den Scheitel gerückt worden. Die horizontalen Gitterträger werden beim Garabit-Viadukt kontinuierlich und strukturell getrennt vom Bogen geführt, was auf die größeren Dimensionen zurückzuführen ist. Beim "älteren Bruder" hätte dies zu höheren Kräften geführt, da der Bogen hätte flacher ausgebildet werden müssen.

Die Fahrbahn selbst wurde als Gitterträger ausgeführt und beidseitig eingeschoben. Eine massive Balkenkonstruktion wäre aufgrund ihrer Steifigkeit ungeeignet gewesen, da sehr große Kräfte auftreten würden. Dies hätte eine Erhöhung der Kosten bedeutet. Fachwerkelemente hingegen reduzieren die Windkräfte und sparen Material. Die Stabilität wird ebenso erhöht, da die Kräfte durch Zug- und Druckstreben in Form von geschlossenen Dreiecken aufgenommen werden.

Gegenwart

Die Brücke hat auch heute noch eine große Bedeutung. Diese ist weniger auf den noch andauernden, aber eingeschränkten Bahnverkehr zurückzuführen, sondern auf die herausragende Strahlkraft der filigranen Baukunst. Seit der Erbauung besuchen somit viele Touristen das Viadukt als Ausflugsziel. Ebenfalls ist das gesamte Tal der Truyère inklusive der Brücke gut vom Rastplatz der Autobahn A75 "La Meridienne" einsehbar.



Abb. 6.12: Bau des Bogens



Abb. 6.13: Seitenfelder und Baustelle

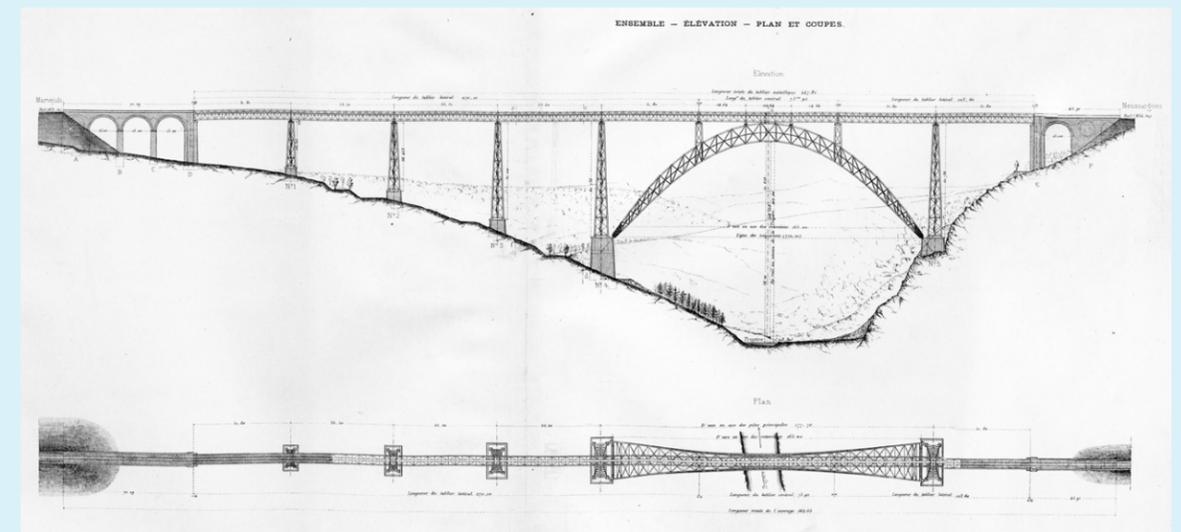


Abb. 6.14: Bauzeichnung des Viadukts von 1881

Erwähnenswertes

Quellen:

Billington (2013), Kap. 4,
Ramaswany (2009),
Hawkes (1990),
Wikipedia: Garabit-Viadukt,
Seyrig (1878)

Weiterführend:

Maria-Pia-Brücke:
Thrall, Billington, Bréa (2012)

- Die Höchstgeschwindigkeit auf der Brücke betrug 50 km/h, später 40 km/h. Nunmehr sind nur noch 10 km/h möglich.
- Die ursprüngliche Farbe des Bauwerks war grau. Diese wurde 1990 durch einen neuen Anstrich in "rotem Gauguin" überdeckt. Des Weiteren wird die Brücke nachts in Szene gesetzt und illuminiert.
- Die Brücke wurde 24 Jahre lang von demselben Wärter begangen und inspiziert – ohne Sicherungseinrichtungen!
- Laut David P. Billington ist die Brücke das größte Bauwerk der Structural Art, welches jemals mit Eisenbögen erbaut wurde. Zuvor war es die Pia-Maria-Brücke über den Douro-Fluss in Porto (1877, auch Gustave Eiffel).
- Die Brücke besitzt Ähnlichkeiten zum Müngstener Viadukt. Dort ist allerdings der gelenklose Bogen dreifach statisch unbestimmt und besitzt etwa gleiche Abmessungen.



Abb. 6.15: Südliches Widerlager



Abb. 6.16: Kämpfer

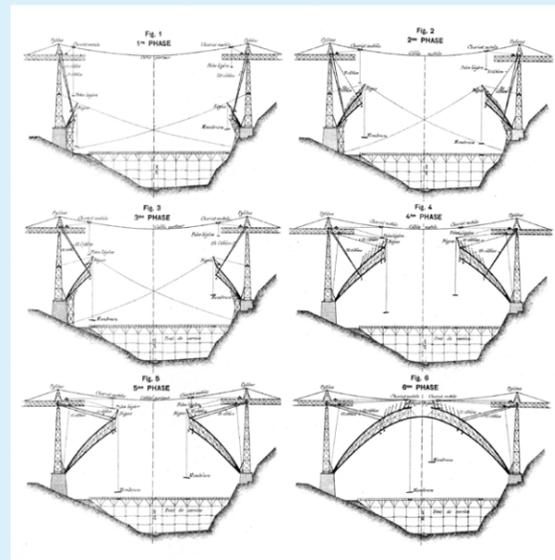


Abb. 6.17: Bauablauf (Bauzeichnung von 1881)



Abb. 6.18: Ständerkonstruktion

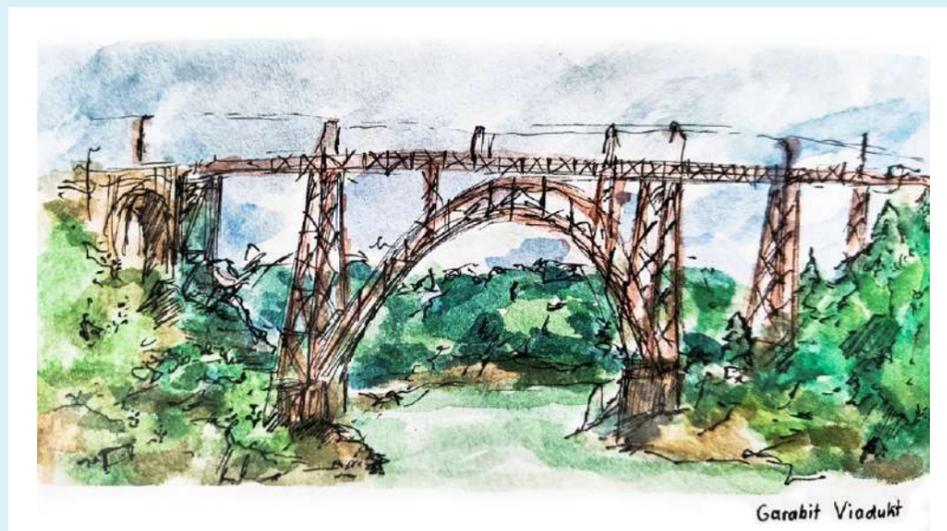


Abb. 6.19: Rebeccas Skizze des Viadukts

Viaduc de Millau

Jonas Scharf

Das Highlight

Das Viaduc de Millau war ohne Frage eines der größten Highlights unserer Brückenbauexkursion. Die vom Ingenieur Michel Virlogeux entworfene und vom Architekt Norman Foster gestalterisch detaillierte Brücke führt die Autobahn A75 mit einer Länge von 2.460 m über das Tarn-Tal bei Millau. Damit ist sie die längste Multischrägseilbrücke der Welt. Durch ihre atemberaubende Höhe von 343 m, an der Spitze der Mittelpylone, ist das Viaduc de Millau höher als der Eiffelturm und somit das höchste Bauwerk Frankreichs. Die Superlativen des eindrucksvollen Bauwerks enden hier jedoch nicht: Die vierspurige Fahrbahn der Brücke liegt auf einer Höhe von 270 m, womit das Viaduc de Millau zusätzlich die höchste Brücke Europas und die zweithöchste Brücke der Welt ist.

Die Brücke besteht aus acht Feldern mit einem Stahlüberbau, die von sieben stählernen Pylonen mit Schrägseilen im Harfensystem getragen werden. Die Pylone und der Überbau stehen auf Stahlbetonpfeilern, die zum Zeitpunkt des Baus der Brücke mit einer Höhe von 245 m die höchsten Stahlbetonpfeiler der Welt darstellten. Die Spannweite der Brücke beträgt in den sechs Innenfeldern 342 m und in den zwei Seitenfeldern 204 m.

Tragsystem

Das Tragsystem des Viaduc de Millau entspricht dem einer Multischrägseilbrücke, wobei mehrere Schrägseilbrückenfelder hintereinander gekoppelt sind. Diese zur damaligen Zeit neuartige Brückenform wurde gewählt, um eine harmonische, architektonisch ansprechende Überquerung des Tarn-Tals zu erreichen, ohne gleichzeitig Pfeiler an schwer zu erreichenden Stellen gründen zu müssen. Der Entwurf hat sich in mehreren Wettbewerbsphasen über insgesamt 20 Jahre gegen zahlreiche Gegenentwürfe durchgesetzt. Ein Hauptargument für die Variante der Multischrägseilbrücke war der Verzicht auf die eigentlich logische, fokussierte Hauptspannweite, welche durch die örtlichen Begebenheiten und Blickwinkel dem Tal nicht gerecht geworden wäre. Dies erkannte Michel Virlogeux schon in einem sehr frühen Entwurfsstadium, in dem die Variante der Multischrägseilbrücke von ihm erdacht und vorangebracht wurde.

Hard Facts

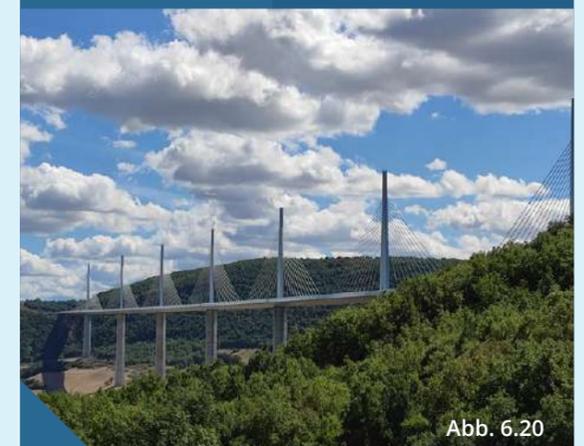


Abb. 6.20

Standort	Millau, Occitanie, FR
Gesamtlänge	2460 m
Max. Spannweite	342 m
Fertigstellung	2004
Ingenieur	Michel Virlogeux
Architekt	Norman Foster
Konstruktionsart	Schrägseilbrücke
Besonderheit	Höchste Brücke Europas und zweithöchste Brücke der Welt



Abb. 6.21: Jonas erklärt das Tragwerk

Ein Entwurf, der sich durchsetzt

In der andauernden Entwurfsphase mussten für zahlreiche aufkommende Herausforderungen Lösungen gefunden werden. Dabei kristallisierten sich zwei Hauptprobleme heraus, die das Aussehen des Viaduc de Millau maßgebend prägen sollten: Das Tragverhalten einer Multischrägseilbrücke bedingt, dass feldweise Belastungen zu einer starken Beanspruchung in den Pylonen und zu einem Abheben der benachbarten Felder führen können, siehe Abbildung 6.25. Das zweite Problem bezieht sich auf die Ausdehnung des Überbaus in Längsrichtung infolge Temperaturveränderungen. Die Ingenieure um Michel Virlogeux lösten die beiden Probleme mit einer Aufteilung der Pfeiler in eine V-Form. Die V-Form führt in den Randpfeilern zu einer ausreichenden Verschieblichkeit in Längsrichtung, während in Kombination mit den A-Pylonen eine hohe Steifigkeit gewährleistet wird, die das Abheben der Felder verhindert. Diese statisch sehr effiziente Form führt gleichzeitig zu dem architektonisch charakteristischen Aussehen des Viaduc de Millau, wie in Abbildung 6.22 zu sehen ist.

Quellen:

Virlogeux (2006),
Foster + Partners,
Atlas of Places: Viaduc de Millau



Abb. 6.22: Pfeileransicht



Abb. 6.23: Aufrichtung der Pfeiler



Abb. 6.24: Brückeneinschub

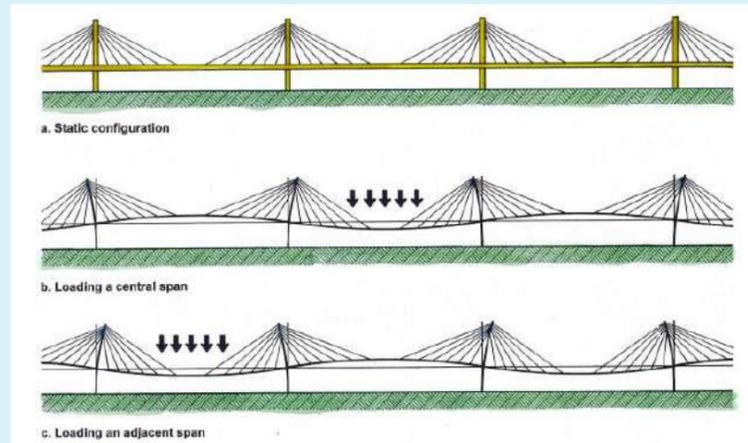


Abb. 6.25: Tragverhalten einer Multischrägseilbrücke



Abb. 6.26: Viaduc de Millau

7 Tagesbericht

Fritz Fröde

Montpellier | Pont du Gard | Avignon

Entspannter Vormittag in der Occitanie

Nach einem sehr ausgelassenen und ereignisreichen Abend auf dem Campingplatz in Millau startete der 7. Tag unserer Exkursion. Der Tag begann für jeden von uns etwas anders: Während die einen voller Energie in den anliegenden Fluss sprangen, brauchten andere erstmal gemütlich eine Tasse Kaffee. Nachdem, wie auch bereits an den Tagen zuvor, alle Zelte abgebaut und das Gepäck in den Bullis verstaut war, wurde der anstehende Tag geplant. Für den Vormittag standen entweder Sightseeing in Montpellier oder etwas Entspannen am Strand zur Auswahl.

Am Ende fuhr dann ein Bulli zum Strand und die anderen beiden nach Montpellier. In Montpellier herrschte durch das angenehme Klima und die idyllischen Sandsteinhäuser eine schöne mediterrane Atmosphäre. Neben der Besichtigung der Innenstadt gab es zwischendurch auch noch eine Kleinigkeit zur Stärkung, besonders Bruno brauchte nach dem letzten Abend ein wenig Stärkung und aß am Vormittag in Montpellier einen Döner, einen Burger, Crêpes und zum Mittag eine Pizza. Bei der Strandgruppe lief alles sogar noch entspannter ab, es wurde etwas geschwommen, in der Sonne entspannt und zum Mittag gab es – mal wieder – Baguette mit Aufstrich.



Abb. 7.1: Mediterranes Flair



Abb. 7.2: Promenade du Peyrou mit Triumphbogen



Abb. 7.3: Aqueduc de Saint-Clément



Abb. 7.4: Montpelliers schmale Gassen



Abb. 7.5: Rebeccas Skizze des Château d'eau du Peyrou

Montpellier | Pont du Gard | Avignon

Millau

Avignon

Montpellier



Pont Saint Benezet



Pont du Gard



Montpellier

Abkühlung unterm Aquädukt

Am Nachmittag trafen wir uns alle wieder an der Pont du Gard. Dort angekommen, suchten wir uns einen schattigen Platz direkt unter einem Bogen des Aquäduktes. Ein Vorteil bei der Hitze war, dass es unter dem Bogen sehr windig war, was zur Abkühlung ideal war. Auch der angrenzende Fluss Gardon wurde dazu ausgiebig genutzt. Eine Besonderheit war, dass es einige Klippen gab, von denen man gut ins Wasser springen konnte.

Nachdem sich alle etwas erfrischt hatten, gab es einen sehr lehrreichen Vortrag von Jakob. Anschließend versuchten wir noch, einen Weg auf die Pont du Gard zu finden, was aber leider nicht funktionierte. Man hätte locker noch den ganzen Tag dort verbringen können, aber leider hatten wir noch einiges vor uns.



Abb. 7.6: Gruppenfoto vorm Pont du Gard

Ankunft in Avignon

Nach der Ankunft auf dem Zeltplatz in Avignon war es schon spät am Abend. Wir entschieden uns, entspannt in einem Restaurant essen zu gehen. Um schnell in die Innenstadt von Avignon zu kommen, nahmen wir die letzte Fähre auf die andere Flussseite. Auf der Fähre durfte dann sogar Luise G. kurz ans Steuer. Nachdem uns Käpt'n Luise sicher auf die andere Seite gebracht hatte, genossen wir einen gemütlichen Abend im Restaurant. Mit dem sehr lebhaften Abendeleben in Avignon und einer Lichtshow direkt nebenan herrschte eine sehr ausgelassene Stimmung. Als Nachtschiff gab es auf dem Rückweg dann noch für die, die wollten, ein Eis. Zum Abschluss des Abends gab es im Vordergrund der beleuchteten Brücke einen Vortrag zur Pont Saint Benezet mit musikalischer Untermalung. Nach einem kleinen Fußmarsch zurück zum Zeltplatz gingen wir alle etwas geschafft, aber mit vollem Magen zufrieden schlafen.



Abb. 7.8: Kapitänin Grambow

Abb. 7.7: Avignon bei Nacht

Pont du Gard

Jakob Vogt

Räumliche Einordnung

Das Aquädukt befindet sich im Departement Occitanie im Ort Vers-Pont-du-Gard – diesmal hat der Ort seinen Namen dem Bauwerk zu verdanken. Das Brückenbauwerk ist Teil der 50 km langen römischen Wasserleitung, welche aus dem Eure-Tal in das jetzige Nîmes (damals Nemausus, einst eine der größten Städte Galliens) führt. Die Brücke wurde zur Überquerung des Flusses Gardon benötigt.

Erbauung und Historie

Der Bau ist eines der besterhaltenen Meisterwerke der römischen Baukultur. Die insgesamt 52 Bögen (6 Bögen mit 6 m Breite, 11 Bögen mit 4 m Breite, 35 Bögen mit 3 m Breite) überqueren das Tal mit einer definierten Neigung von 0,34 ‰. Während des Baus Mitte des 1. Jhd. n. Chr. wurde die Neigung mithilfe eines Chorobaten, einer Art Nivelliergerät, bestehend aus einem Tisch mit Wasserwanne und zwei Lotpendeln, sichergestellt und ist auf der gesamten Leitungslänge (50 km) gleich – noch heute eine nahezu unerklärliche Meisterleistung. Für den Transport und die Bearbeitung der Steine waren circa 1000 Sklaven und Kriegsgefangene nötig. Als Hilfsmittel standen ihnen lediglich einfachste Werkzeuge wie Meißel, Schlägel, Winkel und Wasserwaagen zur Verfügung. Das wohl Modernste waren die Baukräne, welche mit Hilfe von Flaschenzügen und Tretmühlen betrieben wurden.

Als Material wurden Kalksteine verwendet, welche nicht durch Mörtel, sondern allein durch ihr Gewicht und die entstehende Reibung an Ort und Stelle verharren. Diese Bauweise ist unter dem Namen "opus quadratum" bekannt. Die 50.400 Tonnen Kalkstein in Form quadratischer Blöcke stammen aus einem etwa 600 m flussabwärts gelegenen Steinbruch. Um den Wasserverlust gering zu halten, wurden bei der oberen Wasserleitung einige wirksame Maßnahmen umgesetzt. Einerseits ist das Innere des Kanals mit Puzzolanzement ausgekleidet, andererseits wurde die Leitung mit schweren Steinplatten abgedeckt. Diese sind jedoch nicht mehr gänzlich vorhanden. Mit einer Höhe des Kanals von 1,20 m (später 1,80 m) konnten Durchflussmengen von 200 bis 400 l/s erzielt werden. Dadurch standen jedem Einwohner Nîmes täglich etwa 1000 l zur Verfügung.

Ab dem 3. Jhd. n. Chr. wurde die Leitung zunehmend vernachlässigt, wodurch sich allmählich Sedimente ablagerten. Dadurch sanken die Durchflussmengen, sodass das Aquädukt unbrauchbar wurde und Einwohner spätestens im 9. Jhd. damit begannen Steine für anderweitige Zwecke abzutragen. Die Straße am Fuße der mittleren Bogenreihe wurde erst 1747 erbaut. Hierfür wurden die unteren Pfeiler verbreitert. Die Arbeitsfuge ist heute deutlich sichtbar.

Hard Facts



Abb. 7.9

Standort	Vers-Pont-du-Gard, Occitanie, FR
Gesamtlänge	275 m
Max. Spannweite	24,40 m
Fertigstellung	etwa 50 n. Chr.
Konstruktionsart	Steinbogenbrücke, 3 Ebenen
Besonderheit	Teil des Römischen Aquädukts bei Nîmes

Statisches System

Das Bauwerk nutzt – wie zur damaligen Zeit üblich – den echten Bogen als Haupttragelement. Die Vorteile sind klar: Die Steine können keine Zugkräfte und keine Biegung aufnehmen, somit bieten die uns bekannten Balken oder Kragbogen keine Alternative. Der Bogen kann hingegen die entstehenden Druckkräfte ideal in die Auflagerpunkte ableiten. Die Anordnung mehrerer Bogenreihen ist auf zwei Aspekte zurückzuführen. Einerseits auf die benötigte Höhe des Bauwerks, andererseits auf die teils starken Überschwemmungen des Flusses Gardon. Deshalb wurden an der flussaufwärts gelegenen Seite der untersten Bogenreihe Strebepfeiler angeordnet, welche fest mit den Felsen verankert sind. Die Einwirkung durch die starke Wasserströmung konnte so gering gehalten werden. Hervorzuheben ist auch, dass trotz der unterschiedlichen Anzahl an Bögen je Ebene die Bogenpfeiler immer genau übereinander stehen.



Abb. 7.10: Blick in die Wasserleitung



Abb. 7.11: Gesamtansicht



Abb. 7.13: Ansicht



Abb. 7.14: Detailansicht



Abb. 7.15: Bauwerksfuge

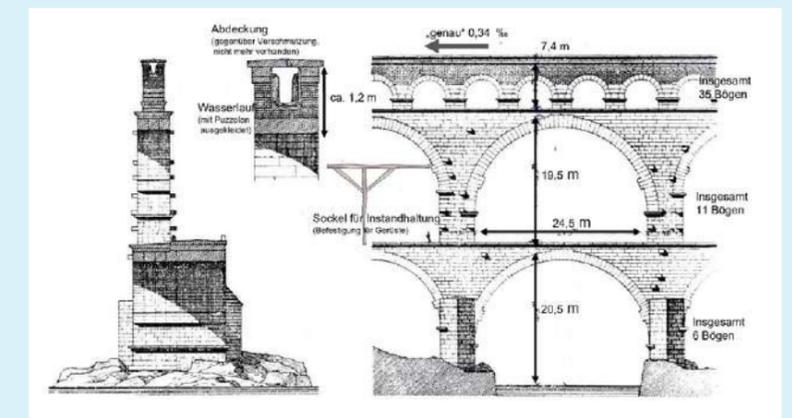


Abb. 7.16: Zeichnung (Querschnitt und Ansicht)

Erwähnenswertes

- Die herausstehenden Steine sind nicht (nur) wegen der Ästhetik eingebaut worden, sondern sollten sowohl den Bau als auch Instandhaltungsmaßnahmen vereinfachen. An diesen Stellen konnten Gerüste eingeschoben werden, wodurch Arbeiter einfacher und schneller Fehler beheben konnten.
- Auf dem Schlussstein eines Bogens in der zweiten Bogenreihe ist die Silhouette eines Mannes und der Name "Veranius" eingraviert. Vielleicht eine Signatur des Architekten? – Das kann jedoch nicht sicher bestätigt werden.
- Die Querung der Brücke ist ein beliebter Etappenteil der Tour de France, wovon verschiedene Zeichen und eingeritzte Symbole zeugen. 2019 war das Bauwerk Start der 17. Etappe der Tour.

Abschließend können die römischen Aquädukte als sehr dauerhaft beschrieben werden (nicht nur weil sie sehr alt sind). Die Funktionstüchtigkeit während der Antike war bei allen römischen Aquädukten herausragend. Das "Aqua Virgo" speist z. B. bis heute den Trevi-Brunnen in Rom. Ebenso geht von diesen Bauwerken eine Vorbildwirkung aus, z. B. für das Aquädukt de la Vanne bei Paris oder das Göltschtalviadukt. Gerade deshalb ist der Pont du Gard zu Recht seit 1985 Teil des UNESCO-Welterbes und bereits seit 1840 ein historisches Denkmal Frankreichs.

Quellen:

Fiches (2013),
Lippert (o. D.),
Pontdugard.fr,
Wikipedia: Pont du Gard



Abb. 7.12: Das "Brückenmännchen"



Abb. 7.17: Jakobs Vortrag über die lange Geschichte des Viadukts



Abb. 7.18: Ansicht von unten

Pont Saint-Bénézet

Luise Grambow

“Sur le Pont d’Avignon”

Die Pont Saint Benezet wird meist auch Pont d’Avignon genannt. Egal ob jung oder alt, jedem Franzosen und jeder Französin ist diese Brücke aufgrund des allseits beliebten Kinderliedes “Sur le Pont d’Avignon” bekannt.

Hard Facts



Abb. 7.19

Standort	Avignon, Provence-Alpes-Côte d’Azur, FR
Gesamtlänge	ursprünglich ca. 900 m
Max. Spannweite	33,5 m
Fertigstellung	1185
Konstruktionsart	Steinbogenbrücke
Besonderheit	Teilweise zerstört

Sur le pont d’Avignon,
Auf der Brücke von Avignon,
On y danse, on y danse,
Tanzen wir, tanzen wir,
Sur le pont d’Avignon,
Auf der Brücke von Avignon,
On y danse, tous en rond.
Tanzen wir alle im Kreis.

Der Legende nach entstand die Brücke durch den Schäferjungen Benezet. Er fühlte sich durch eine himmlische Stimme veranlasst, eine Brücke über die Rhone zu bauen. Als er diese Nachricht an die Bewohner der Stadt weitertrug, wurde er verlacht und verspottet. Daraufhin hob er vor Wut einen großen und schweren Stein auf und warf ihn hin. Damit war der Grundstein der Brücke gelegt und die Bewohner ließen sich doch dazu hinreißen, die Brücke zu bauen. Nach dem Tod Benezets wurde er mutmaßlich in der Brücke beigesetzt.

Abb. 7.20: Pont Saint-Bénézet bei Nacht



Abb. 7.21: Die Brücke von der Fähre aus fotografiert



Abb. 7.22: Luises Vortrag zum Abschluss des Tages

Eine geschichtsträchtige Brücke

Zeitlich wurde die Brücke nach acht Jahren Bauzeit im Jahr 1185 fertiggestellt. Andere Quellen nennen das Jahr 1230 für die Fertigstellung. Die Brücke bestand aus 22 gleichen Bögen. Sie war 915 m lang und damit für die damalige Zeit die längste Brücke Europas. Die Bögen hatten jeweils eine lichte Weite von 33 m und einen Stich von 13 m. Die Pfeilerdurchmesser lagen bei 8 m. Auf einem der Pfeiler wurde eine Kapelle errichtet, die bis heute erhalten ist.

Von den 22 Bögen sind heute leider nur noch vier erhalten. Die restlichen Bögen wurden im Laufe der Zeit durch Hochwasser der Rhone weggerissen. Im 17. Jahrhundert wurde dann beschlossen, dass die Brücke nicht wieder aufgebaut, sondern ihrem Schicksal überlassen werden soll. Ludwig XIV. war einer der Letzten, die diese Brücke überquerten. Er wollte sie zwar in Besitz nehmen, aber nicht für ihre Erhaltung bezahlen.

Im Mittelalter gehörte diese Brücke allerdings zu den wichtigsten Pilgerstrecken zwischen Italien und Spanien. Sogar der Papst (Clemens V.) residierte hier ab 1309 und Benedikt XII. ließ 1335 hier einen Papstpalast bauen. Im Jahr 1377 wurde die Brücke nachträglich gepflastert, damit es nicht mehr zu so vielen Stürzen in den Fluss und Unfällen beim Überqueren der Brücke kommt.

Im Jahr 1840 wurde die Brücke als Monument Historique in die staatliche Denkmalschutzliste Frankreichs aufgenommen. Die Brücke gilt heute wie schon früher als Wahrzeichen der Stadt. Der Papstpalast, die Brücke und die Kathedrale wurden zusammen als UNESCO-Weltkulturerbe ausgezeichnet.



Abb. 7.23: Dieses Detail aus dem Perussis-Altar von Nicolas Froment (um 1480) gilt als die älteste Darstellung der Brücke



Abb. 7.24: Die auf einem der Pfeiler errichtete Doppelkapelle

Quellen:

Wikipedia: Pont Saint-Bénézet, Office de Tourisme d’Avignon, CoteProvence.com, Structurae: Saint-Bénézet Brücke, Explore France, Provence.com

8 Tagesbericht

Florian Ziedler

Pont Julien | ITER

Eine Nacht unter freiem Himmel

Der achte Tag startete in Avignon. Passend dazu klingelte der Wecker pünktlich um acht. Einige von uns hatten sich entschieden, ohne Zelt zu übernachten und nur auf der Zeltplane zu schlafen. Ob dies eine gute Entscheidung war? Da teilten sich die Meinungen: Der eine freute sich über die frischen Priesen in der Nacht, der Nächste beschwerte sich über kalten Wind. Das Frühstück bestand aus einem provisorischen Resteessen – zur Abwechslung mal wieder mit Baguette. Dann mussten wir uns leider schon von der ersten Person verabschieden. Tom verließ uns zunächst Richtung Marseille, ehe es für ihn weiter nach Skandinavien zum Angeln ging.



Abb. 8.1: Unser Camp in Avignon

Hard Facts



Abb. 8.2

Standort	Apt, Provence-Alpes-Côte d'Azur, FR
Gesamtlänge	117,70 m
Max. Spannweite	16,20 m
Fertigstellung	3 v. Chr.
Konstruktionsart	Steinbogenbrücke
Besonderheit	Teil der Via Domitia

Historische Baukunst in der Provence

Unser erster Anlaufpunkt für den Tag war die Pont Julien. Sie ist eine Steinbogenbrücke der römischen Baukunst und wurde bereits im Jahr 3 v. Chr. erbaut. Die Brücke quert den Calavon ca. 5 km nördlich von Bonnieux. Der Fluss war jedoch komplett ausgetrocknet, als wir dort waren. Als Teil der Verbindungsstraße Via Domitia gehörte die Brücke zu einer der wichtigsten Handelsstraßen zwischen Turin und Spanien. Obwohl sie schon über 2000 Jahre alt ist, gilt sie heute als die am besten erhaltene römische Brücke in Frankreich. Dies ist möglich, weil sie von den Römern aus Kalksteinen aus der Umgebung und ohne Mörtel hergestellt wurde. Ihren Namen erhielt sie von der rund 8 km entfernten Stadt Apt (Colonia Apta Julia). Die Brücke erreicht eine Länge von 80 m und hat eine Breite von 5,90 m. Der mittlere und höchste Bogen erreicht eine Scheitelhöhe von 9 m und eine Spannweite von 16 m. Bei den Aussparungen in den Pfeilern handelt es sich um einen Hochwasserschutz.

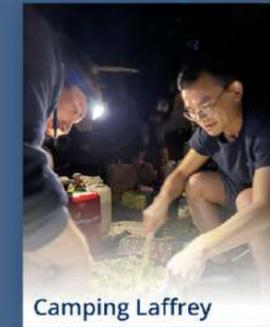
Für uns gab es hier aber nur einen kurzen Fotostopp, bei dem mal wieder die Drohne zum Einsatz kam. Sie lieferte erneut spannende Bilder, davon ein Gruppenbild, welches sich von den anderen auf spektakuläre Weise unterscheidet.



Abb. 8.3: Kontrovers: die benachbarte Stahlbetonbrücke

Quellen:
Provence-Entdecken.de,
Wikipedia: Pont Julien

Pont Julien | ITER



Grenoble

Avignon

Saint-Paul-lès-Durance





Abb. 8.4: Spektakuläres Gruppenfoto



Abb. 8.5: Blick vom Weg aus



Abb. 8.6: Pfeiler mit Durchlass



Abb. 8.7: Klettereinlage von Jonas



Abb. 8.8: ITER-Baustelle

Auf der Baustelle des größten Kernfusionsreaktors der Welt

Dann ging es schon weiter zu unserem nächsten Ziel, dem ITER. In unserem Bulli entschieden wir uns dafür, von den Mautstraßen fernzubleiben und so genossen wir die Landschaften der Provence. Im malerischen Bonnieux machten wir halt und besserten unser beschauliches Frühstück auf. Bei einer kleinen Bäckerei bekamen wir Kaffee, Croissants und belegte Baguettes.

Beim ITER angekommen, wurden wir freundlich empfangen und bekamen einen Vortrag über das Bauwerk und seinen erhofften Nutzen. Nach der Baustellenbesichtigung führen wir dann den weiten Weg zu unserem Campingplatz. Auf der Fahrt konnten wir noch die außergewöhnlichen Kreisverkehre betrachten. Sie alle waren dafür ausgelegt, dass die Schwerlasttransporte zur Anlieferung der Bauteile des ITER geradeaus über sie drüber fahren konnten. Außerdem konnten wir auf der Fahrt die atemberaubenden französischen Alpen genießen und Jakob und Johannes entdeckten auf ihrem serpentinreichen Umweg noch zwei interessante gemauerte Viadukte.



Abb. 8.9: Abendliches Panorama des Grand lac de Laffrey



Abb. 8.10: Gemeinsames Boccia

Eine Kulinarische Köstlichkeit zum Tagesabschluss

Am Campingplatz rund 20 km südlich von Grenoble gab es ebenfalls einen wunderschönen Ausblick. Der ein oder andere sprang noch ins kalte Wasser des großen Alpsees von Laffrey. Zum Abendessen gab es einen vom Chongjie mit ein paar fleißigen Helfern gekochten Egg Fried Rice, welcher den Abend perfekt abrundete. Das Rezept dazu enthüllt der Chefkoch exklusiv auf dieser Seite.



Abb. 8.11: Es wird wieder zusammen musiziert



Abb. 8.12: Unsere Chefköche

Rezept: Gebratener Eierreis

Chongjie Kang

Zutaten

- Garnelen/Gemüse/Schinken
 - Reis
 - Knoblauch
 - Gewürze (Salz, Pfeffer, Ingwer, ...)
 - Frische Kräuter (z. B. Schnittlauch, Koriander, ...)
 - Öl
 - Eier
 - Sojasoße
- (Mengen nach Augenmaß)

Zubereitung

1. (Am besten am Vortag) Reis kochen, trocknen und kalt werden lassen.
2. Garnelen/Gemüse/Schinken klein schneiden, Knoblauch, Ingwer und andere Kräuter (z. B. Schnittlauch, Koriander) hacken.
3. Öl im Wok oder in einer Pfanne erhitzen, Eier anbraten und dann Knoblauch und Ingwer zusammen anbraten.
4. Garnelen/Gemüse/Schinken hinzufügen und zusammen anbraten, Salz hinzufügen.
5. Reis dazugeben und anbraten, dann mit Sojasoße würzen. Kräuter hinzufügen und zusammen anbraten.
6. Mit Salz abschmecken, fertig.

Hinweis: Man kann immer kreativ sein und andere Gewürze oder Gemüse verwenden.

ITER

Fabian Schülke

Der International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) ist ein Versuchs-Kernfusionsreaktor und kein Fusionskraftwerk. Es handelt sich um ein gemeinsames Forschungsprojekt, welches von China, der EU, Indien, Japan, Südkorea, Russland und den USA entwickelt, gebaut und betrieben wird.

Hard Facts



Abb. 8.13

Standort	Saint-Paul-lès-Durance, Provence-Alpes-Côte d'Azur, FR
Konstruktionsart	Versuchs-Kernfusionsreaktor
Geplante Leistung	ca. 500 MW
Baustellenfläche	180 ha
Baukosten	10-15 Mrd. € (ursprünglich ca. 5 Mrd. €)
Fertigstellung	nach 2037
Beteiligte Länder	EU, USA, China, Südkorea, Japan, Russland, Indien

Das Prinzip der Kernfusion

Wie auch bereits seine Vorgänger beruht der ITER auf dem Tokamak-Prinzip: Magnetspulen (mit supraleitenden Eigenschaften im Falle des ITER) umschlingen ein ringförmiges Vakuumgefäß. Die Spulen erzeugen ein Magnetfeld, welches der Plasmaheizung- und -kontrolle dient. Die Technologie der Plasmaheizung beruht auf den gleichen Prinzipien wie ein Induktionsherd: Durch elektromagnetische Wellen wird der Brennstoff (ca. 1 Gramm Deuterium-Tritium-Gas) in den Plasmazustand überführt. In der Fusionsreaktion werden dann die Wasserstoffisotope (Deuterium, Tritium) zu Helium-Atomkernen verschmolzen, wobei Energie in Form von schnellen Neutronen freigesetzt wird. Etwa 20 Prozent der freigesetzten Energie entfallen auf die Rückstoßenergie der schnellen Neutronen. Sie dient der Selbstheizung des Plasmas. Die übrigen 80 Prozent der freigesetzten Energie werden an den Kühlwasserkreislauf abgegeben. Diese Energie ist nutzbar und kann als thermische Leistung des Reaktors aufgefasst werden.

Ziele des Projekts

Am ITER soll die Technologie der Plasmaheizung- und -kontrolle erprobt und weiterentwickelt werden. Ein wesentlicher Fortschritt besteht im Einsatz von supraleitenden Magnetspulen und der deutlich gesteigerten Größe der eingesetzten Vakuumkammer. Das langfristige Ziel besteht darin, dass die freigesetzte Fusionsleistung (500 MW) die eingebrachte Heizleistung um ein Vielfaches übersteigen soll (Faktor 10).

Bau-/Projektlauf

2007	Bauvorbereitung
2011	Aushub des Seismic Pit (Tokamak-Baugrube) Rohbau der Poloidal Field Coils Winding Facility
2012	Fundament des Seismic Pit (Tokamak-Komplex)
2014	Errichtung der temporären Kryostaten-Montagehalle
2019	Rohbau des Reaktormantels (Bio-Schild)
2020	Fertigstellung des Brückenkrans zwischen Montagehalle und Tokamak-Komplex

Poloidal Field Coils Winding Facility

Nach einem kurzen Vortrag im Besucherzentrum und dem obligatorischen Gruppenfoto ging es für uns endlich auf die Baustelle. Hierfür wurden wir mit einem Reisebus über die Baustelle gefahren. Bei unserem ersten Halt gingen wir in die Poloidal Field Coils Winding Facility. Diese 250 m lange Halle ist das erste fertiggestellte Nebengebäude in unmittelbarer Nachbarschaft zur Tokamak-Grube. Hier werden die Magnetspulen mit supraleitenden Eigenschaften hergestellt. Diese werden anschließend in der Tokamak-Gruppe verbaut und umschließen dort das Vakuumgefäß. Mit Hilfe ihres Magnetfeldes wird die Stabilität des Plasmas erhalten und dadurch die Umwelt gegen Strahlung und Temperatur isoliert. Aufgrund ihres Durchmessers von bis zu 24 m und einem maximalen Gewicht von 400 t werden sie größtenteils auf der Baustelle gefertigt.

Tokamak-Komplex

Nach der Hallenbesichtigung wurden wir weiter über die 180 Hektar große Baustelle gefahren. Aus allen Richtungen konnten wir das siebenstöckige Hauptgebäude sehen, in dem sich der Tokamak befindet. Die Konstruktion des Tokamaks ist für angehende Bauingenieure in vielerlei Hinsicht spannend: Da wäre zum Ersten die Erdbeben-unempfindliche Bauweise der Gründungskonstruktion. Die sogenannte Seismic Pit misst 130 x 90 x 17 m und ist auf 500 Pfählen gegründet. Dem schließt sich ein schwingungsdämpfender Sockel samt Bodenplatte an. Diese schwimmende Bauweise erlaubt im Falle seismischer Aktivität ein Bewegungsspiel der aufgehenden Konstruktion von 10 cm in jede Richtung.

Der strahlensichere Reaktormantel weist einige für den Reaktorbau typische Konstruktionsweisen auf. Als sogenannter Bio-Schild schützt die 3,2 m starke Stahlbetonkonstruktion Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung. Aufgrund des hohen Bewehrungsgrades wurde selbstverdichtender Beton eingesetzt. Alle Durchdringungen der Schildwände sind mit Stahltores verschlossen. Ganz im Sinne einer massigen und damit strahlensicheren Bauweise werden die Stahltores nach ihrem Einbau ausbetoniert.

Hard Facts

Gewicht	23 000 t
Höhe	30 m
Durchmesser	30 m
Plasmavolumen	840 m ³
Plasmatemperatur	150 Mio. °C



Abb. 8.14: Poloidal Field Coils Winding Facility

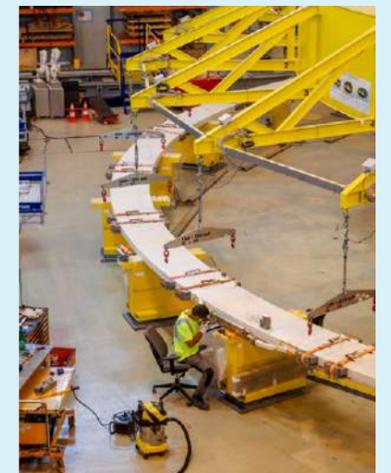


Abb. 8.15: Feinarbeit an massiven Bauteilen



Abb. 8.16: Tokamak-Modell



Abb. 8.17: Kühltechnik (Kryogenik)

Quellen:

ITER Organization,
 Wikipedia: ITER,
 Ascheraden (2022),
 Schmidt (2020),
 Speicher (2022)

Weitere Infrastruktur

Zum Projekt gehört ebenfalls ein Umspannwerk mit einer beeindruckenden Anzahl von Leistungstransformatoren. Diese sind erforderlich, um die kurzfristig nachgefragte Heizleistung von 620 MW aus dem französischen Elektrizitätsnetz bereitzustellen. Die intensive Kooperation mit dem französischen Netzbetreiber RTE ermöglichte die Errichtung einer eigenen 400-kV-Leitung zum 125 km entfernten Netzknoten bei Avignon. Weiterhin muss die Bereitstellung des kurzfristigen Regelbedarfs von 300 bis 400 MW bei Betrieb der Kernfusion durch das Umspannwerk gesichert werden.

Nicht zu vergessen ist der Energiebedarf der Kühlanlagen. Dieser Anteil kann als Grundbedarf der Anlage im Normalbetrieb aufgefasst werden. Die Kühlanlagen dienen der Erhaltung des Kühlwasserkreislaufs. Sie werden außerdem benötigt, um die supraleitenden Spulen mit Helium auf den absoluten Nullpunkt (-273,15 °C) zu kühlen. Dadurch wird eine nahezu widerstands- und verlustfreie elektrische Leitfähigkeit erreicht. Das erforderliche Magnetfeld kann somit besonders effizient bereitgestellt werden.

Leider konnte man von außen nicht viel erkennen. Das Innere des Gebäudes hätte uns alle sicher sehr interessiert. So war es leider "nur" eine weitere Baustelle, bei der lediglich die Größe und Menge an Beton beeindruckte. Auch nach über 2000 Bauarbeitern sah es nicht aus.



Abb. 8.18: Interessanter Vortrag unserer Tourleiterin



Abb. 8.19: Gruppenfoto vor dem riesigen Tokamak-Gebäude

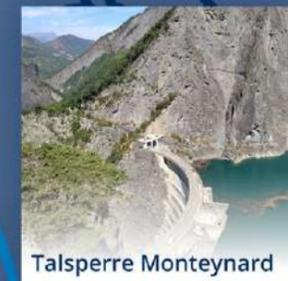
Lac de Monteynard | Cize-Bolozon



Cize-Bolozon-Viadukt



How-Do-You-Feel-Runde



Talsperre Monteynard



Passerelle Himalayenne

9 Tagesbericht

Charlotte Marx

Lac de Monteynard | Cize-Bolozon

Am Abend des achten Tages wurde beraten, dass wir am nächsten Morgen bei Sonnenaufgang auf einen nahegelegenen Berg wandern wollen. Leider war ich durch die letzten Tage gut geschafft und habe daher eine Mütze Schlaf vorgezogen. Folgend ein kleiner Bericht der Sonnenaufgangswanderer:



Abb. 9.1: Die Lichter Grenobles

Morgenwanderung oder Ausschlafen?

Der Zeltplatz schlummerte noch tief und fest, als 4 Uhr unsere Wecker klingelten. Ganz leise schlichen wir aus den Zelten und quetschten uns zu dreizehn in den 9er-Bulli, um zum Startpunkt unserer Wanderung zu fahren. Als wir ausstiegen, kam uns die kalte Bergluft entgegen. Angeführt von den Hochmotivierten setzte sich unsere kleine Kolonne in Bewegung. Mit dem spärlichen Licht der wenigen Stirnlampen ging es in Serpentina oder auf direktem Wege – so ganz genau ließ sich das in der Dunkelheit nicht ausmachen – nach oben. Das schnelle Tempo ließ selbst den einen oder anderen geübten Bergmenschen ins Schwitzen kommen.



Abb. 9.2: Frühsport gegen die Kälte

Nachdem die Baumgrenze überschritten war, passierten wir einige Elektrozaune, die die Weiden der Kühe erahnen ließen. Auch das gelegentliche Läuten der Kuhglocken ließ auf ihre Anwesenheit schließen. Der helle Mond leuchtete die gesamte Szenerie aus und der dunkle Gipfel setzte sich vor dem klaren Sternenhimmel ab. Angeführt von Professor Marx, der sich solch eine spontane Bergtour natürlich nicht entgehen ließ, wurden die letzten Meter erklommen.



Abb. 9.3: Der erste Sonnenstrahl

Auf dem Gipfel angekommen, hatten wir eine atemberaubend schöne Sicht auf das nächtliche Lichtermeer der Stadt Grenoble. Schnell stellten wir fest, dass wir nicht allein waren – eine kleine Kuhherde schützte sich auf der Windschattenseite des Berges vor dem schneidend kalten Wind. Langsam begannen auch wir zu frösteln. Das schnelle Aufstiegs tempo wurde uns jetzt zum Verhängnis, da der Sonnenaufgang noch auf sich warten ließ. Wir flitzten um den kleinen Steintisch, der auf dem Gipfel prangte, machten Gruppenkniebeugen und verkrochen uns dann zwischen den Tischbeinen, um noch ein wenig die Wärme zu halten. Eindeutig zu kalt angezogen – Sport-T-Shirt und kurze Hose mussten reichen – bildeten Gaskartusche und Kaffeekocher eine willkommene Wärmequelle.

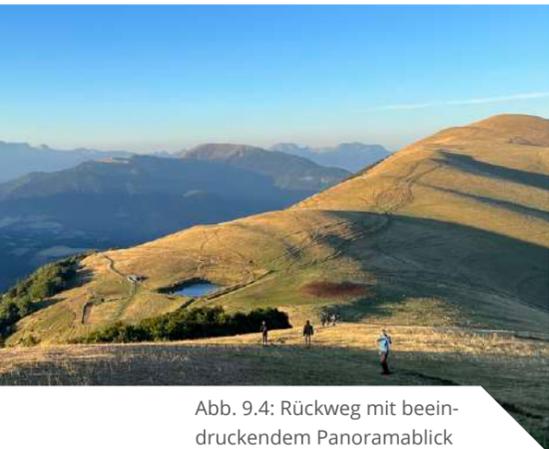


Abb. 9.4: Rückweg mit beeindruckendem Panoramablick

Doch langsam wurden wir durch die aufgehende Sonne belohnt. Die ersten Strahlen glitten über die Berge und die Wärme kam zurück. Jetzt hatten wir eine grandiose Aussicht und erblickten das ganze Tal im Morgenlicht. Glücklicherweise wanderten wir zum Ausgangspunkt zurück, während die Sonne das Tal immer weiter erhellte. Wieder am Zeltplatz angekommen, sprangen wir in den glasklaren, kalten See – zum Glück gab es danach eine warme Dusche! Der gut ausgeschlafene Rest unserer Mannschaft begrüßte uns mit warmem Kaffee und Nutella-Baguette.

Die schaukelnde Passerelle Himalayenne

Nach Abbau des Zeltlagers brachen wir zur Passerelle Himalayenne auf. Nach einer kleinen Wanderung erreichten wir schließlich die zierliche Hängebrücke, die die beiden Felsflanken über dem Fluss Drac miteinander verbindet. Es war ein beeindruckender Anblick – die Dimension und Schroffheit des hohen V-Tals stand im direkten Kontrast zur filigranen Brücke. Nachdem Janek uns Genaueres erzählt hatte, wagten wir uns entweder vorfreudig oder doch ein wenig vorsichtiger auf das Bauwerk. Zum Leidwesen und Unverständnis der anderen Besucher begann im Drittelpunkt die Suche nach der Eigenfrequenz. Angeführt von einem begeisterten Max brachten wir die Brücke durch schnelle Kniebeugen zum Schwingen. Da dabei selbst dem ein oder anderen Exkursionsteilnehmer ein wenig schlecht wurde, klärte uns Professor Marx anschließend über die Bemessung und Tragfähigkeit des Bauwerks auf. Um hier ernsthafte Schäden anzurichten, müssten wir schon ein ganzes Stück schwerer bzw. ein paar Teilnehmer mehr sein.



Abb. 9.5: Die Schlucht des Drac

Beeindruckende Szenerie

an der Monteynard-Talsperre

Jetzt kam es zum wesentlichen Teil der Brückenbauexkursion – meiner Monteynard-Talsperre. Gewaltig und wunderschön staut sie den Drac als Teil eines Kaskadensystems von vier großen Absperrbauwerken zur Stromerzeugung auf. Mein Bulli war schon ein bisschen früher am Ziel, so hatten wir genug Zeit, uns die Bogenstaumauer in Ruhe anzuschauen. Ich war begeistert, da in Deutschland fast nur Gewichtsstaumauern vorzufinden sind – für mich also doppelt spannend! Zufälligerweise ist das Jahr 2022 gleichzeitig 60. Jubiläumsjahr des Bauwerksbestehens. Neben Festlichkeiten gab es daher auch viele interessante Informationstafeln. Ein freundlicher, älterer Franzose beobachtete von der Plattform aus mit einem Fernglas die Natur. "Regardez, le chamois!", sagte er und ließ uns durch sein Fernglas schauen. Wir konnten eine Gruppe Mutter- und Junggämse beobachten, die sich meisterhaft am steilen Hang bewegte. Er erzählte mir, dass die Tiere einmal im Jahr über die Talsperre wandern, um ihr Habitat zu wechseln. Das fand ich sehr spannend – die Natur schien das Bauwerk akzeptiert zu haben. Außerdem sahen wir am Felshang hoch oben über dem Stausee eine verschüttete alte Bahntrasse, deren zugehörige Bahnviadukte – wie sich herausstellen sollte – Jakob und Johannes schon am Vortag gesehen hatten. Nach meinem kleinen Vortrag zur Staumauer brachen wir zu unserem letzten Zeltplatz auf.



Abb. 9.6: Charlotte voll Begeisterung



Abb. 9.7: Eine Gämse am Steilhang



Abb. 9.8: Picknick auf die Schnelle ...

Cize-Bolozon-Viadukt

Als Zwischenstopp besuchten wir das Cize-Bolozon-Viadukt, welches 50 km westlich von Genf den Fluss Ain überspannt. Bruno hielt einen spannenden Vortrag über das Bauwerk und manche machten eine kurze Pause mit Baguette und Sardinen.



Abb. 9.9: Autofahrt mit Panoramablick



Abb. 9.10: ... und für Genießer

How-Do-You-Feel-Runde

Nachdem das Zeltlager nahe der Stadt Besancon errichtet und der Hunger gestillt war, trafen wir uns alle für eine letzte How-Do-You-Feel-Runde zusammen. Jeder hatte nun die Möglichkeit zu sagen, wie ihm die Reise gefallen hatte, was zu verbessern wäre oder was besonders schön war. Ein letztes Mal wurde mit Jakobs Mandoline-Begleitung gesungen. Es war wirklich ein schöner, ereignisreicher Tag.

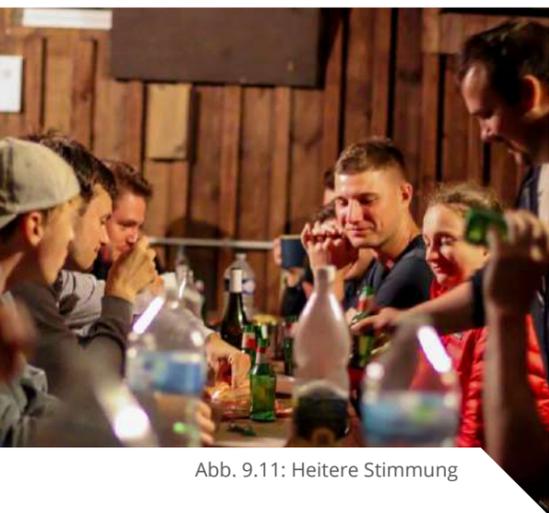


Abb. 9.11: Heitere Stimmung



Abb. 9.12: How-Do-You-Feel-Runde

Passerelle Himalayenne du Drac

Janek Gruhne

In luftiger Höhe über den Drac

Etwa 40 km südlich von Grenoble befinden sich die beiden Drahtseilhängebrücken Passerelle Himalayenne du Drac und Passerelle Himalayenne de l'Ébron. Durch den Bau der beiden Fußgängerbrücken entsteht eine 30 km lange Wanderroute von Matheysin bis Trièves. Die beiden Brücken gleicher Bauart wurden vom Ingenieurbüro Alpes-Ingé geplant und 2007 fertiggestellt. Die Projektkosten beliefen sich auf 1,5 Mio. € für beide Brücken. Insgesamt wurden 60 Tonnen Stahl alleine für die Fußgängerbrücke über den Drac verwendet.

Im Rahmen unserer Exkursion schauten wir uns die 220 m lange Passerelle Himalayenne du Drac an und überquerten diese auch. Die großen Horizontalkräfte der Fußgängerhängebrücke werden über Felsverankerungen aufgenommen. Über insgesamt vier Umlenkböcke werden die 56 mm durchmessenden Haupttragseile an den Widerlagern umgelenkt. Dadurch wird ein dauerhafter Betrieb der Brücke möglich. Das 120 cm breite Deck besteht aus einfachen Stahlgittern, die auf Querträgern gelagert sind. Die Querträger sind über Hängerstäbe an die Haupttragseile angeschlossen. Alle Anschlüsse sind gelenkig realisiert – auf diese Weise ist ein für den Lastabtrag notwendiger Durchhang möglich, ohne dass ungewollte Einspannmomente auftreten.

Das Deck ist außerdem mit zwei Stahlseilen unterspannt. Über parallel zueinander angeordnete Hänger werden Deck und Aussteifungsseile miteinander verbunden. Das trapezförmige Layout der Hänger eignet sich deutlich besser als ein dreieckiges, da dadurch zu hohe Seilkräfte in den Diagonalen verhindert werden. Durch Eigengewicht und Vorspannung entsteht die Parabelform der Aussteifungsseile. Durch die Lage im Taleinschnitt zwischen den Bergen nimmt die Aussteifung auch die horizontal wirkenden Windlasten auf.

Hard Facts



Abb. 9.13

Standort	Monteynard, Auvergne-Rhône-Alpes, FR
Spannweite	220 m
Höhe über Wasser	45 bis 85 m
Fertigstellung	2007
Ingenieurbüro	Alpes Ingé
Konstruktionsart	Drahtseilhängebrücke für Fußgänger
Besonderheit	Hubschraubereinsatz zum Bau der Brücke



Abb. 9.14: Janek hält seinen Vortrag

Bewusst schwingungsanfällig

Quellen:

L'Oeil d'Édouard,
Wikipedia:
Passerelle himalayenne du Drac,
Informationsschilder vor Ort

Aufgrund der großen Länge der Brücke ist die erste Eigenfrequenz sehr gering (< 1 Hz), sodass Fußgänger durchaus die Brücke in Schwingung versetzen können. Besonders für Torsionsschwingungen ist die Brücke anfällig, wodurch die Überquerung der Brücke zum Erlebnis wird. Die aussteifende Unterspannung verhindert jedoch größere Querschwingungen infolge starken Windes.

Für die Herstellung der Brücke wurden sowohl ein Helikopter als auch eine Materialseilbahn eingesetzt. Bei Drahtseilhängebrücken muss man aufgrund der Gegebenheiten der Lage häufig eine angepasste Bauweise wählen. Da die Fußgängerbrücke im sehr beengten Gebirgsgelände über einem tiefen Taleinschnitt steht, wurde zuerst ein leichtes Drahtseil per Hubschrauber von einem Widerlager zum anderen gebracht. Danach wurde mit Seilwinden ein stärkeres Seil eingezogen. Dieser Vorgang wurde wiederholt, bis das tragfähige Seil hinüber gespannt war. Darauffolgend konnten Hänger und Deck an die Tragseile angeschlossen werden.



Abb. 9.15: Umlenksattel



Abb. 9.16: Die Passerelle über dem Monteynard-Stausee



Abb. 9.17: "Schwingungsanalyse"

Pont de Brion

Johannes Reimer

Von der Antike bis ins Mittelalter

Schon in der Antike, zur Zeit der alten Römer, existierte etwa 40 m flussaufwärts der heutigen Brücke bereits eine Brücke über den Ébron. Da diese sich aber im Flussbett befand, wurde sie immer wieder durch Hochwasser weggespült.

Im 14. Jahrhundert wurde dann an der gleichen Stelle, wahrscheinlich auf den antiken Fundamenten, eine Steinbogenbrücke als Verbindung zwischen den Gemeinden Monestier-de-Clermont und Mens des Départements Isère errichtet. Erwähnt wurde die Brücke erstmals, als 1399 eine Reparatur der Brücke anstand.

Im 16. Jahrhundert wüteten in Frankreich dann die Hugenottenkriege: Teile des katholischen Adels versuchten, unterstützt von Teilen der Bevölkerung, die absolutistische Macht des protestantischen Königs zu stürzen. Auch die Pont de Brion war strategisch von hoher Bedeutung und wurde im Rahmen des Achten Hugenottenkriegs ("Krieg der drei Heinriche") für zahlreiche Truppendurchzüge genutzt. Im Juni 1586 kam es dann an der Brücke zu einer Schlacht, als 3000 Infanteristen und 500 Reiter der Katholischen Liga, angeführt von Lavalette, von Grenoble aus in Richtung Mens marschierten. Die protestantischen Hugenotten, angeführt von François de Bonne, duc de Lesdiguières, lauerten ihnen an der Brücke auf und verteidigten sie erfolgreich. Ihre Feinde mussten sich nach Monestier-de-Clermont zurückziehen.

Über ein Jahrhundert später, 1730, fiel die Brücke dann heftigen Stürmen zum Opfer. Die Ufer wurden so geschwächt, dass die Brücke zusammenbrach. Sie wurde zwar 1732 wieder aufgebaut, aber danach kaum gewartet, sodass nach schleichendem Verfall der Brücke im Jahr 1795 die Brüstung verschwunden war und nur noch ein drei Fuß breiter Pfad übrig blieb.

Hard Facts



Abb. 9.18

Standort	Roissard, Isère, FR
Spannweite	100 m
Höhe über Talsohle	96 m
Fertigstellung	1951
Konstruktionsart	Hängebrücke in Stahlbauweise
Besonderheit	Strategische Bedeutung im 8. Hugenottenkrieg

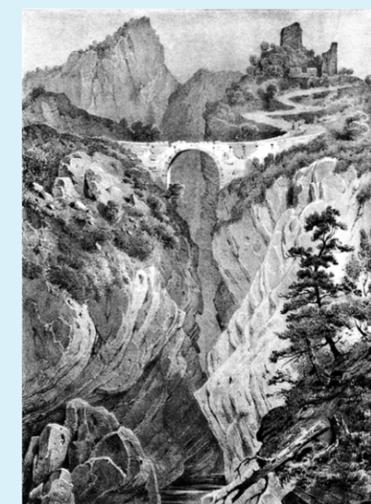


Abb. 9.19: Darstellung der Antiken Brücke vor 1837

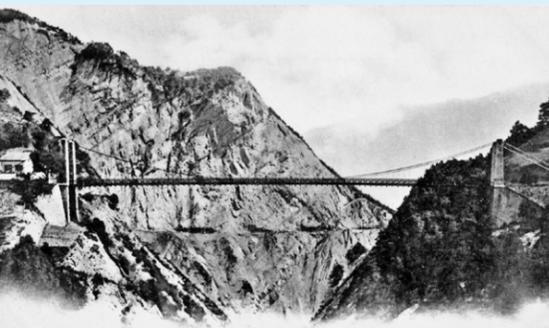


Abb. 9.20: Erste Hängebrücke



Abb. 9.21: Abbildung von 1900

Der Baustoff Stahl – ein neues Zeitalter

Nach dem Verfall der Steinbogenbrücke wurde 1850 eine Untersuchung begonnen, ob die Brücke wiederhergestellt werden könnte. Doch die Zeiten hatten sich geändert – ein neuer Baustoff hatte sich durchgesetzt: der Stahl. Mithilfe des Stahls war es möglich geworden, das Tal mit einer Hängebrücke weit über dem Ébron zu überspannen und somit der Hochwassergefahr zu entgehen. Der Wiederaufbau der Steinbrücke war also unpraktikabel und so wurde sie 1853 endgültig zerstört, die Widerlager der alten Brücke sind aber bis heute sichtbar.

Die neue Hängebrücke wurde 1854 fertiggestellt. Mit einer Länge von 100 m überspannte sie den Ébron in einer Höhe von 96 m. Der Oberbau wurde aus Stahl hergestellt und die Fahrbahn bestand aus Holzbalken. Bis 1880 wurden für die Querung der Brücke Mautgebühren erhoben, wofür extra ein Häuschen für den Mautbeamten gebaut wurde.



Abb. 9.22: Spontane Klettereinlage



Abb. 9.23: Inspektion der Brücke

Das heutige Bauwerk

Nach Ende des Zweiten Weltkriegs war die Tragfähigkeit der Brücke von etwa zwei bis vier Tonnen jedoch nicht mehr für den zunehmenden Lastwagen- und Busverkehr geeignet und erneut musste die Brücke ersetzt werden.

Im Jahr 1951 wurde dann die heutige, zweite Hängebrücke fertiggestellt und ist nun Teil der Departementstraße D34. Anders als bei der ersten Hängebrücke an dieser Stelle, besteht die heutige Brücke aus einem genieteten Stahlrohrträger und die Hängerabstände sind größer. Außerdem sind die Pylone größer und in Querrichtung als Rahmen versteift. Auch auf der Kinoleinwand war die Pont de Brion schon zu sehen – als Schauplatz der Schlusszene in Bertrand Bliers Film "Den Mörder trifft man am Buffet" von 1979 mit Gérard Depardieu.

Quellen:
 Infotafel der Gemeinde Tièves,
 Art-et-Histoire.com,
 Structurae: Hängebrücke Brion,
 Bridgemeister.com

Monteynard-Talsperre

Das Kaskadensystem des Drac

Charlotte Marx

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts wurden der Drac und seine Nebenflüsse zur Nutzung der Wasserkraft turbinieren. In den 1930er Jahren wurde das hohe Potential, also die große Fallhöhe des in einer tiefen Schlucht verlaufenden Wildbachs in seinem vollen Ausmaß erkannt – es entwickelte sich der Plan, ein Kaskadensystem aus vier großen Absperrbauwerken zu errichten (siehe Abb. 9.30).

Hard Facts



Abb. 9.25-9.28

Bauwerk	Le Sautet	Saint-Pierre-Cognet	Monteynard-Avignonet	Notre-Dame-de-Commiers
Bauweise	Bogengewichtstaumauer	Bogenstaumauer	Bogenstaumauer	Schüttdamm
Bauzeit	1930 bis 1934	1954 bis 1957	1955 bis 1962	1960 bis 1964
Installierte Leistung	126 MW	n. a.	360 MW	n. a.

Die Talsperre Monteynard-Avignonet

Die Monteynard-Talsperre (Barrage de Monteynard (frz.), Dam of Drac (engl.)) ist eine einfach im Grundriss gekrümmte Bogenstaumauer aus Beton, die den Fluss Drac zwischen den Gemeinden Avignonet und Monteynard aufstaut. Mit einer Kronenhöhe von 153 m staut sie ein Wasservolumen von 275 hm³ an. Dabei hat das Bauwerk selbst mit seinen Abmaßen (Kronenlänge: 230 m, Kronenbreite: 5 m, Gründungsdicke: 20 m) ein Volumen von 457.000 m³. Die Hochwasserentlastung wurde in Form zweier Überfallwehre mit unterströmbaren Drucksegmentwehren ausgeführt, welche die Bemessungshochwasserwelle (2.500 m³/s) in zwei Schussrinnen überleiten. Bei Talsperrenversagen würde die Hochwasserwelle nach 40 Minuten in der stromabwärts liegenden Stadt Grenoble eintreffen.

Der Entwurf erfolgte durch das Ingenieurbüro Coyne et Bellier, heute eine Tochtergesellschaft von Tractebel. Bauherr war EDF (Electricité de France) – der zweitgrößte Stromversorger weltweit. Vier Druckrohrleitungen mit einer Länge von je 127 m münden in vier Francis-Turbinen. Mit einer installierten Leistung von 360 MW wird eine Jahresarbeit von 480 GWh erreicht, welche zur Energieversorgung einer Stadt mit 200.000 Einwohnern ausreicht.

Quellen:

Structurae: Talsperre Monteynard,
 Wikipedia: Coyne et Bellier,
 Wikipedia:
 Barrage de Monteynard-Avignonet,
 Lac-Monteynard

Weiterführend:

Vorher-Nachher-Luftbilder: IGN



Abb. 9.29: Talsperre Monteynard-Avignonet von oben

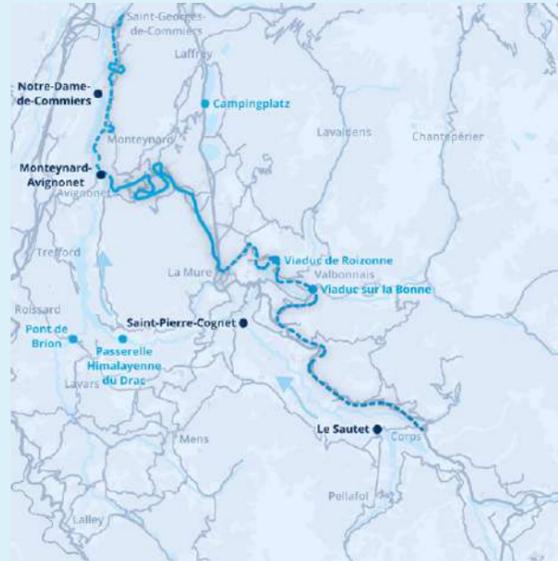


Abb. 9.30: Übersichtskarte mit Kaskadensystem des Drac sowie der Schmalspurbahn von La Mure



Abb. 9.31: Hochwasserüberlauf



Abb. 9.32: Turbinenhalle der Talsperre Monteynard-Avignonet



Abb. 9.33: Luftaufnahmen des Lac de Monteynard aus der Zeit 1950-1965 und heute überlagert



Abb. 9.34: Stausee Monteynard

Schmalspurbahn von La Mure

Johannes Reimer

Hoch oben über der Staumauer von Monteynard, an der nahezu senkrechten Felswand gegenüber der Aussichtsplattform, konnten wir Überreste einer Eisenbahnstrecke sighten. Kleine Viadukte und Tunnel waren zu erkennen und eines der Viadukte schien durch einen Felssturz verschüttet worden zu sein. Was da wohl für eine Geschichte dahinter steckt?

Erst nach Abschluss unserer Reise, als mich die Neugier erneut packte, fand ich es heraus: Das, was wir ganz klein am Berghang über dem Stausee von Monteynard sahen, ist die "Chemin de fer de La Mure" (Schmalspurbahn von La Mure, Kürzel: SGLM). Von den Franzosen liebevoll "La plus belle ligne des Alpes" (die schönste Eisenbahnstrecke der Alpen) genannt – kann sie sich mit der weltbekanntesten Albula- oder der Berninabahn in der Schweiz messen, denn der Streckenverlauf der Schmalspurbahn ist an Kühnheit kaum zu überbieten. Ganze 143 Ingenieurbauwerke säumen die 30 km lange Strecke von St. Georges-de-Comniers nach La Mure. Darunter sind Stützmauern und kleinere Unterführungen, aber auch neun majestätische Viadukte und 18 Tunnel mit einer Gesamtlänge von über vier Kilometern. Ein Blick auf den Streckenverlauf (siehe Abb. 9.30) zeigt deutlich, welche komplexen Unterfangen der Bau der Bahnlinie gewesen sein muss. Doch die schwierige Topographie und ein Mangel an befestigten Straßen machten den Bau einer Eisenbahn unausweichlich, um die Kohle aus den Anthrazitminen von La Mure und La Motte-d'Aveillans ins Umland zu schaffen und mit anderen Kohlezechen konkurrieren zu können.

Ungewöhnliche Baumethoden

So wurde im Spätsommer 1882 unter der Leitung von Marc Antoine Marie Rivoire-Vicat, dem Chefingenieur der französischen Brücken- und Straßenbaubehörde, mit dem Bau der Schmalspurbahn (Spurweite: 1000 mm) begonnen. Bereits nach drei Jahren, im Jahr 1885, waren die Bauarbeiten fertiggestellt. Dazu wurden auch einige ungewöhnliche Methoden eingesetzt: Am 23. Mai 1885 wurde der nahezu senkrechte Berghang bei Monteynard durch die französische Armee mit 103 Artilleriegranaten beschossen, um das Gelände wegsamer zu machen! Am 24. Juli 1888 wurde schließlich der 30 km lange Abschnitt von Saint-Georges-de-Comniers nach La Mure eingeweiht. Mehrere Dampflokomotiven kletterten täglich in 133 Kurven bei einer Steigung von 2,75 % eine Höhendifferenz von 550 m hinauf. Dabei passierten sie nicht nur das Viaduc de Vault – mit 170 m das längste der Strecke – sondern auch den Point de Vue du Grand Balcon – eben jenen Streckenabschnitt, den wir von der Staumauer an der Felswand sahen. Als die Strecke gebaut wurde, gab es die Talsperre von Monteynard allerdings noch nicht und neben den Schienen tat sich ein 300 m tiefer Abgrund bis zum Grund des Tals auf.

Hard Facts



Abb. 9.35

Standort	La Mure, Isère, FR
Streckenlänge	30 km
Höhendifferenz	550 m
Spurweite	1000 mm
Fertigstellung	1888
Chefingenieur	Marc Antoine Marie Rivoire-Vicat
Besonderheit	Außergewöhnlich kühne Streckenführung mit zahlreichen Ingenieurbauwerken

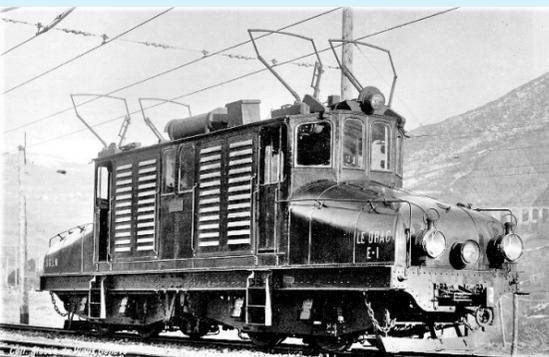


Abb. 9.36: Elektrolok E1 „Le Drac“ von 1903, erste Hochspannungs-Gleichstromlokomotive der Welt

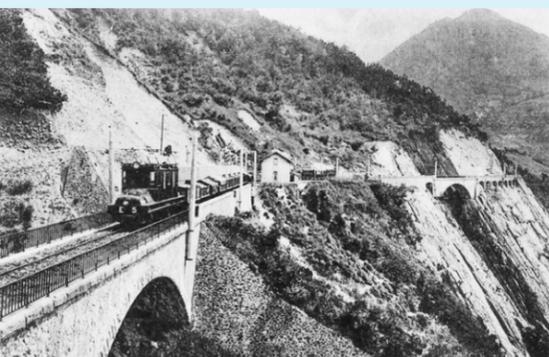


Abb. 9.37: Gütertransport auf dem „Gran Balcon“

Abb. 9.38: Panorama am Viaduc de Roizonne



Elektrifizierung – Die Erste ihrer Art

Mit der Zeit stellten sich die dampfbetriebenen Züge als zu langsam und somit unrentabel heraus und eine alternative Antriebstechnik wurde gesucht. 1903 wurden daher vom Schweizer Ingenieur René Thury erste Tests mit einer strombetriebenen Lok durchgeführt. Dazu wurde eigens ein Kraftwerk errichtet. Die Züge führen zunächst mit einer zweipoligen Oberleitung (plus und minus 1200 Volt und die Schiene als Nullleiter), 1951 folgte dann die Umstellung auf 2400 Volt Gleichstrom. Die Schmalspurbahn von La Mure war somit die erste mit Hochspannungs-Gleichstrom betriebene Eisenbahn der Welt.

Die Eisenbahn wurde übrigens nicht nur für den Kohletransport genutzt: Als zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Wasserkraft im Hinblick auf die Stromgewinnung immer mehr an Bedeutung gewann, stellte sich schnell der Fluss Drac mit seinem engen Tal als geeignet heraus. Um die Staumauer von Avignonet zu errichten, wurde eigens dafür ein kleiner Nebenbahnhof mit Seilbahn ins Tal gebaut. Die 1902 fertiggestellte Staumauer bestand jedoch nur bis 1962, als sie vom Stausee der etwas talabwärts gelegenen Staumauer von Monteynard "verschluckt" wurde. Durch die enorme Höhe der Staumauer von Monteynard beträgt die Höhendifferenz zwischen Wasserspiegel des Stausees und Bahnlinie nun nur noch etwa die Hälfte: ca. 150 m.

Höher, weiter, schneller!

Durch den Erfolg der Schmalspurbahn von La Mure wurden schon bald Stimmen laut, die eine Weiterführung der Strecke bis nach Gap forderten, um somit eine Direktverbindung zwischen Grenoble und Gap herzustellen. Der Bau der ca. 90 km langen Streckenverlängerung wurde 1906 beschlossen, jedoch stießen die Ingenieure hier auf wesentlich größere Herausforderungen als noch beim Bau des ersten Abschnitts: Insbesondere die Bonne-Schlucht und der Fluss Roizonne mussten mit zwei großen Viadukten überwunden werden und der Bau des Buzon-Viadukts verzögerte sich durch den 1. Weltkrieg um über 10 Jahre. Der Bau dieser Viadukte verlief jedoch ohne größere Schwierigkeiten. Genau diese beiden Viadukte entdeckten wir zufällig am Vortag während der Fahrt zum Campingplatz am Grand Lac de Laffrey.

Zunächst wurde von 1913 bis 1928 das **Viaduc de Roizonne**, eine große Steinbogenbrücke mit aufgeständerter Fahrbahn, gebaut. Mit seiner Fahrbahn 120 m über dem Tal war es in den 1920er Jahren das höchste Viadukt Europas. Der Ingenieur Paul Séjourné, der schon zahlreiche Steinbogenviadukte ähnlicher Bauart entworfen hatte, plante die Brücke in drei Abschnitten – einem geradlinigen großen Mittelbogen von 80 m Länge und zwei im Grundriss gebogenen Vorlandbrücken mit je zwei bzw. sechs Bögen. Insgesamt hat das Viadukt eine Gesamtlänge von 260 m. Kühn war auch die Art und Weise der Herstellung des Mittelbogens: Von beiden Widerlagern aus wurde ohne Stützen im Tal das Holz-Lehrgerüst errichtet und mithilfe einer hängenden Gondel die Baumaterialien an ihren Bestimmungsort gebracht.

Etwas später, im Jahr 1921, begann der Bau des 180 m langen **Viaduc sur la Bonne**, ebenfalls unter der Leitung Séjournés. Dieses besteht aus sieben im Grundriss halbkreisförmig angeordneten Bögen mit Spannweiten von jeweils 20 m. In der Mitte ragen die Bögen 55 m über dem Tal in die Höhe. Auch dieses Viadukt wurde 1928 fertiggestellt.

Das Viaduc de Roizonne und das Viaduc sur la Bonne gelten als zwei der letzten großen Steinbogenbrücken Frankreichs – schließlich sollte Robert Maillart schon 1930 mit der Salginatobelbrücke die Hochzeit des Stahlbetonbrückenbaus einläuten. Leider standen beide Viadukte nicht lange im Dienste der Eisenbahn, denn nachdem 1930 der Abschnitt bis Saint-Bonnet fertiggestellt und 1932 in Betrieb genommen wurde, dauerte es nur neun Jahre, bis schließlich 1941 die Streckenerweiterung wieder eingestellt wurde – der Autoverkehr verdrängte langsam aber sicher die Eisenbahn. Viele der im Rahmen der Streckenerweiterung gebauten Brücken wurden daher auch zu Straßenbrücken der N85 und der D26 umgerüstet, manche der Bauwerke fanden für Fahrrad- oder Wanderwege eine neue Verwendung. Auch auf dem ursprünglichen Abschnitt von St. Georges-de-Commiers nach La Mure wurde aufgrund der zunehmenden Verdrängung der Kohle durch Erdölprodukte 1988 der Güterverkehr eingestellt.



Abb. 9.39: Nutzung eines Kabelkrans zur Errichtung des Lehrgerüsts

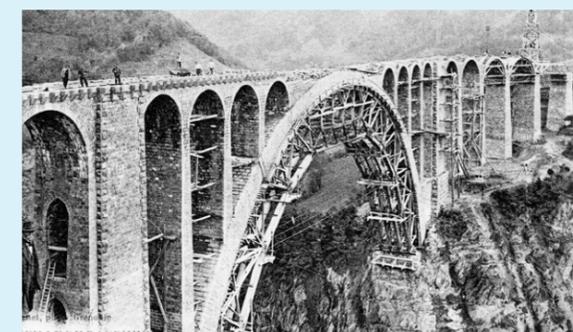


Abb. 9.40: Bau des Viaduc de Roizonne

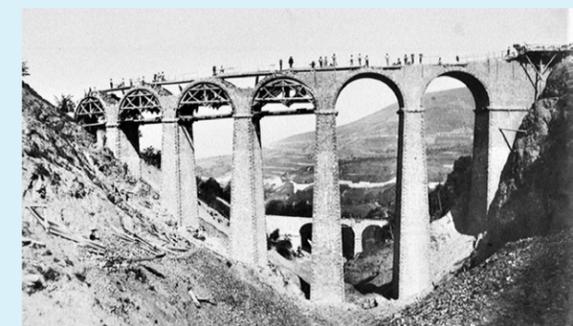


Abb. 9.41: Bau der Viaducs de Loulla, welche dem Viaduc sur la Bonne ähnlich sind



Abb. 9.42: Schattenwurf der Bögen



Abb. 9.43: Ansicht des Viaduc sur la Bonne

Hoch hinaus mit der Touristenbahn

Die außergewöhnliche Streckenführung weckte jedoch die Idee, die Strecke als Touristenattraktion weiterzubetreiben und so wurde 1997 der Eisenbahnbetrieb wieder aufgenommen. Bis zu 60.000 Besucher fuhren jährlich mit den roten Personenwagen auf der Strecke. Am 26. Oktober 2010 ereignete sich jedoch ein schwerer Felssturz etwa auf halber Strecke – genau an der Stelle, die wir auch vom Aussichtspunkt an der Staumauer gut sehen konnten. Das Viaduc de la Clapisse wurde stark beschädigt und teilweise verschüttet. Direkt wurden umfangreiche geologische Untersuchungen und Sicherungsmaßnahmen angeordnet (Kosten ca. 4 Mio. €), welche das Aus des Touristenbetriebs bedeuteten. Lange hörte man nur schlechte Nachrichten über die Bahn, jedoch wurden durch das Engagement zahlreicher Eisenbahn-Enthusiasten schließlich die nötigen Mittel für eine teilweise Sanierung der Strecke gefunden, sodass 2021 der 16 km lange Streckenabschnitt oberhalb der Unglücksstelle wiedereröffnet werden konnte. Ob und wann die vollständige Strecke wieder befahren werden kann, ist nicht abzusehen.

Quellen:

Gallay (o. D.),
 Forumnutzer "Railwalker" (2018),
 Südwestrundfunk (2002),
 Cadosch, Cadosch (2010),
 Wikipedia: Chemin de fer de La Mure,
 Villeneuve, Betttega (1997),
 Wikipedia: Viaduc de la Bonne,
 Wikipedia: Viaduc de la Roizonne



Abb. 9.44: Rückstände des Felssturzes 2010



Abb. 9.45: Unglücksstelle aus der Nähe

Cize-Bolozon-Viadukt

Lage und Nutzung

Bruno Göbel

Das Cize-Bolozon-Viadukt ist eine historische Bogenbrücke im Osten Frankreichs. Wir steuerten die Brücke während unserer Fahrt zwischen Monteynard und Besançon an, also am neunten Tag unserer Reise. Das Viadukt befindet sich im Departement Ain in der Nähe der Gemeinden Corveissiat, Cize und Bolozon. Bei der Konstruktion handelt es sich um eine doppelstöckige Bogenbrücke aus Bruchsteinmauerwerk, welche im Jahre 1875 nach drei Jahren Bauzeit fertiggestellt wurde. Die gesamte Brücke besteht aus elf Bögen mit einer Spannweite von jeweils 24 m. Die Gesamtlänge der Brücke beträgt 273 m und der höchste Pfeiler in der Mitte hat eine Höhe von 73 m. Das Viadukt überspannt das Ain-Tal sowie der gleichnamige Fluss Ain. Sowohl Eisenbahn- als auch Straßenverkehr werden auf der Brücke über das Tal geführt. Dabei fahren die Eisenbahnen über die obere Ebene, auf der eine eingleisige Bahnstrecke verläuft, während der Autoverkehr auf der unteren Ebene durch die Pfeiler hindurchgeführt wird.

Hard Facts



Abb. 9.46

Standort	Bolozon, Auvergne-Rhône-Alpes, FR
Gesamtlänge	273 m
Max. Spannweite	16 m
Fertigstellung	1875
Konstruktionsart	Steinbogenbrücke, 2 Ebenen
Besonderheit	Größter Pfeiler 73 m hoch

Bewegte Brückengeschichte

Der Bau wurde im Jahr 1872 durch die "Compagnie des Dombes et des chemins de fer du Sud-Est" im Zuge der neuen Bahnstrecke von Bourg-en-Bresse nach Bellegarde begonnen. Bis zum Zweiten Weltkrieg war die Brücke dann planmäßig in Betrieb, bis sie 1944 von der französischen Resistance gesprengt wurde, um das Vorrücken der Deutschen zu erschweren. Obwohl dabei nur einer der Bögen gesprengt wurde, stürzte der Großteil der Brücke nach dem Dominoeffekt ein. Nach dem Krieg entschied man sich für einen identischen Wiederaufbau ab 1946, welcher 1950 fertiggestellt und wieder in Betrieb genommen wurde. Der Wiederaufbau wurde zu einem großen Teil auch von deutschen Kriegsgefangenen durchgeführt.

Da mit der Zeit die alte Strecke zwischen Bourg-en-Bresse und Bellegarde nur noch wenig genutzt wurde, wurde die Eisenbahnstrecke in den Neunziger Jahren stillgelegt, wodurch die Brücke vorläufig nur durch Straßenverkehr auf der unteren Ebene genutzt wurde. Im Zuge der Planung einer neuen Schnellfahrstrecke zwischen Paris und Genf in den frühen Zweitausendern wurde sich dafür entschieden, die Brücke doch wieder für den Eisenbahnverkehr zu nutzen. Dafür waren eine Renovierung und Elektrifizierung der Brücke notwendig. Die Arbeiten dafür wurden 2007 fertiggestellt, woraufhin die Brücke wieder in Betrieb genommen werden konnte. Bis heute wird die Brücke regelmäßig vom TGV auf der Strecke zwischen Paris und Genf überquert, der allerdings eine Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h einhalten muss.



Abb. 9.47: Brunos Vortrag zum Viadukt

Ein erhabener Anblick

Das Cize-Bolozon-Viadukt ist ein Wahrzeichen für die Region des Ain und ist in der sonst relativ wenig bebauten Umgebung ein wahres Monument. Wie man schon auf den Bildern erahnen kann, bietet sich dem Betrachter ein beeindruckender Anblick, der noch einmal mehr wirkt, wenn man direkt daneben steht.

Quellen:

Wikipedia: Viaduc de Cize-Bolozon, Gros (2020)

Weiterführend:

Video der Rekonstruktion: Périé (1950)

Leider gerieten wir gerade an dem Tag unseres Besuches etwas in Eile, da wir schon eine Wanderung und diverse andere Bauwerksbesichtigungen hinter uns hatten und noch ein paar Kilometer bis zum nächsten Campingplatz vor uns hatten. Deswegen konnten wir nach dem Vortrag nur einmal kurz die Straße auf der unteren Ebene auf und ab gehen. So mussten wir (ganz untypisch) leider auf eine Badepause im überbrückten Gewässer verzichten.



Abb. 9.48: Nach der Zerstörung 1944

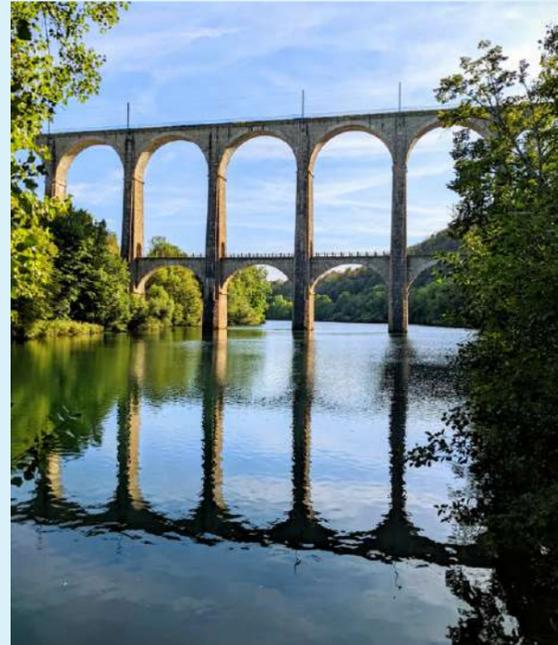


Abb. 9.49: Das Viadukt mit Spiegelung im Abendlicht



Abb. 9.50: Wiederaufbau ab 1946



Abb. 9.51: Nach der Fertigstellung



Abb. 9.52: Blick durch die Tore der unteren Ebene



Abb. 9.53: Ausblühungen des Mörtels und starke Korrosion der Betonkappe



10 Tagesbericht

Gerda Zimmermann

Straßburg

Zelte packen und ab nach Straßburg

Der Hahn vom Zeltplatz war gnädig mit uns. Er krächte etwas später als zum Tagesanbruch, erst zwischen 7:00 und 7:30 Uhr – sowieso höchste Zeit zum Aufstehen. Denn wir hatten heute wieder viel vor. Und so wie es sich am letzten Morgen eines Campingurlaubs gehört, waren die Zelte durch die hohe Luftfeuchtigkeit im Tal klatschnass. Sie brauchten noch etwas Zeit, um in der Sonne zu trocknen. Derweil ging jeder seinen morgendlichen Bedürfnissen nach: frühstücken, waschen, packen.

Halb 10 rollten wir gemeinsam hintereinander vom Platz. Mit nur 218 km war diese Etappe eine der kürzesten der ganzen Exkursion. Über die Autobahn kamen wir in nur 2,5 Stunden an unserem heutigen Ziel an. In Straßburg, oder wie man in Frankreich sagt, Strasbourg, hatten wir unsere letzte Unterkunft gebucht. Und nicht nur das. Die Stadt hielt einige angenehme Überraschungen für uns bereit.

Unser Hostel Ciarus begrüßte uns mit einer eigenen Tiefgarage und einem richtigen Flügel im Foyer. Da unsere Zimmer um die Mittagszeit noch nicht fertig vorbereitet waren, verschnauften wir kurz im Foyer und lauschten Luise, Vincent und Bruno am Klavier. Nach einer kleinen Stärkung beim Supermarkt und Fastfood-Diner liefen wir, immer dem Canal du Faux-Rempart folgend, zu unserer ersten Station – den gedeckten Brücken.

(Un-)Gedekte Brücken und mittelalterliche Schönheit

Die drei Brücken sind zwar nicht mehr gedeckt und die Türme haben seit langem keine Gefangenen oder Wächter mehr beherbergt, jedoch verschaffte uns Rebecca mit ihrem Vortrag einen guten Eindruck davon. Wir standen am Abzweig des Kanals vom Fluss Ill und hatten dabei auch einen tollen Blick auf das direkt gegenüberliegende Vauban-Wehr. Ein beeindruckender mehrstöckiger Bau aus rosa Sandstein, mit dem sich im Bedarfsfall der gesamte südliche Stadtteil einstauen ließ.

Die gedeckten Brücken waren unser Eingang in die historische Altstadt auf der Grande-Île, einer großen Insel zwischen dem Faux-Rempart-Kanal und der Ill. Wir staunten nicht schlecht über die gut erhaltenen Fachwerke, die geschmückten Fassaden und Sandsteinbauten. Das romanisch-gotische Straßburger Münster aus rosa Sandstein erhob sich jedoch über alles. Die Kathedrale ist das Wahrzeichen Straßburgs und ist ein so riesiger und künstlerischer Bau, dass wir dort kurz innehielten. Die Cafés und Touristenshops auf dem Kathedralen-Platz wirkten einladend und manche von uns waren froh, dass es hier den einen oder anderen Wasserspender gab. Es war ein sonnig heißer Tag und die Stadt war voller Menschen.



Abb. 10.1: Die Ill durchzieht die Stadt



Abb. 10.2: Blick auf die Grande-Île



Abb. 10.3: Betrachtung des Münsters

Das Quartier "Port du Rhin"

Viel Zeit, die Atmosphäre zu genießen, blieb uns allerdings nicht. Wir wollten weiter in Richtung der deutsch-französischen Grenze. Eine Stunde lang liefen wir aus der Innenstadt heraus, vorbei an der INSA, unserer Partneruniversität, zum Rheinufer. Dort fanden wir gleich mehrere Brücken, die Straßburg mit der deutschen Stadt Kehl verbinden. Besonders interessierten uns aber zwei davon: Die Beatus-Rhenanus-Brücke und die Brücke der zwei Ufer.

Während wir auf der "alten" Europabrücke die Grenze überquerten, ließen wir diese beiden Brücken links und rechts von uns liegen. Von dort aus gingen wir über die Wasserterrassen zum Rheinufer hinunter und suchten uns unter der Doppelbogen-Konstruktion der Beatus-Rhenanus-Brücke ein schattiges Plätzchen. Seit 2017 fährt hier auch eine Straßenbahn über den Rhein. Auf der anderen Seite des Bogens dürfen Fußgänger und Radfahrer passieren. Eine so asymmetrisch belastete Brücke sieht man selten. Wir ließen es uns nicht nehmen, an den Auflagern die Schweißnähte und Konstruktionsdetails zu betrachten. Vor dem kleinen Kehler Eidechsenhabitat erzählte Vincent noch mehr zu der Konstruktion.

Anschließend machten wir uns auf den Weg durch den Garten der zwei Ufer zur gleichnamigen Brücke. Von einer Wiese im Park hatten wir einen schönen Blick auf die zweihüftige und mehrfach gekrümmte Schrägkabelbrücke. Sie ist ein außerordentlicher und vielseitiger Bau. Davids Vortrag machte uns auf viele Details und Konstruktionschwerpunkte aufmerksam. Und als wir wieder hinüber auf die französische Seite wechselten, blieben wir immer wieder stehen, um uns das Ingenieurbauwerk noch genauer anzusehen und darüber zu diskutieren.

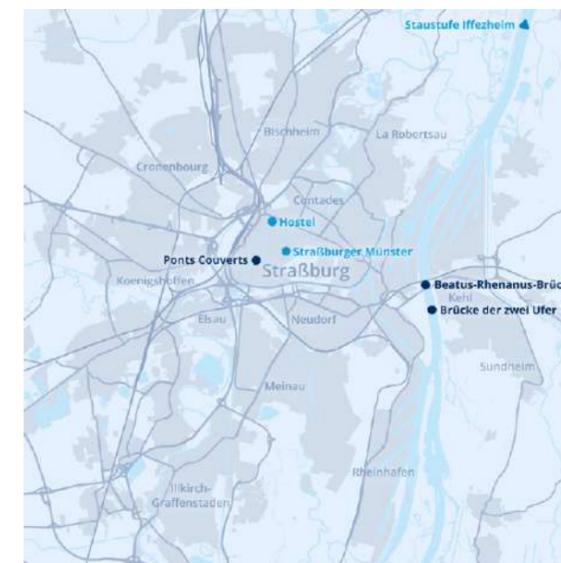


Abb. 10.6: Übersichtskarte Straßburgs und Kehls



Abb. 10.4: Max testet die Schwingungsanfälligkeit der Schrägseile



Abb. 10.5: Straßburger Münster bei Nacht



Abb. 10.7: Flammkuchen und Wein

Letzter Abend

Der Eiswagen am Ende der Brücke war ein Segen. Zufrieden schleckend liefen wir hinüber zur nächsten Bahnstation und rekapitulierten mit Fabian S. noch einmal den Besuch auf der Baustelle des ITER Kernfusionskraftwerks. Gegen 18 Uhr waren wir wieder am Hostel und bezogen schnell unsere Zimmer. Wir wollten noch unseren letzten Abend zusammen ausklingen lassen. Deswegen hatte Enrico bereits eine Bierstube reserviert, mitten in der Innenstadt. Vor allem Flammkuchen und andere regionale Küche gab es dort. Eine Stunde zogen wir in Kleingruppen durch die Stadt, kauften Souvenirs und Andenken, bevor wir 19:30 im "Troquet des Kneckes" einkehrten. An einer langen Tafel nahmen wir dort mindestens die Hälfte des Innenraumes ein. Wir plauderten und diskutierten bei Flammkuchen, Bier und Wein und spielten zu acht an einem enorm langen Tischkicker gegeneinander. Zwischen 22 und 24 Uhr fanden wir schließlich auf kleineren oder größeren Umwegen zum Hostel zurück und genossen eigene Duschen und richtige Betten.

Kommentar: Kulinarik in Frankreich

Luise Clages

Zum Frühstück freuten wir uns anfangs noch sehr auf Croissants und Pain au Chocolat, doch genauso schnell wünschten sich einige von uns unser gutes dunkles, deutsches Brot zurück, von dem man "wirklich" satt wird. Dazu durfte natürlich das ein oder andere Tässchen Kaffee jeden Morgen auch nicht fehlen, egal ob im Hostel oder auf dem Campingplatz. Beim Zelten wurde manchen der Kaffee sogar direkt ins Zelt serviert. Was für ein Service!

Neben den vielen Croissants zum Frühstück gab es teilweise mehrmals täglich Baguette mit gutem französischen Käse oder Sardinen aus der Dose, da unsere Einkaufsplanung nicht immer ganz gut war. Baguette mit Aufstrich konnte man schnell holen und direkt essen. Die Bullis waren am Ende nur ein ganz kleines bisschen vollgekrümelt.

Am zweiten Abend ebenfalls ohne Essensplanung fanden wir spontan im Nachbardorf von Luzancy eine Pizzeria. Da wir in Frankreich und nicht in Italien waren, bestellten viele von uns Pizza mit Meeresfrüchten und einige Tapfere unter uns haben sogar Schnecken probiert. Nachdem die Zangenhalterung fürs Schnecken Essen verstanden war und lange genug nach der Schnecke im Schneckenhäuschen gestochert wurde, kam prompt eine sehr treffende und exakte Beschrei-

bung: "Das fühlt sich irgendwie knorpelig, glipschig an". Geschmeckt hat man wohl aber nur den Knoblauch aus dem Pesto, mit welchem die Schnecken verfeinert wurden. Die nächsten Tage waren wir dann auf der Suche nach Froschschenkeln. Diese haben sich aber gut versteckt und sind uns leider in keinem Restaurant über die Teller gehüpft.

Am Ende der Tour, in Straßburg, lernten wir noch eine andere kulinarische Seite Frankreichs kennen – die Elsassische Küche. Den letzten Abend verbrachten wir mit dem Durchprobieren und Nachbestellen vieler Flammkuchen, bis am Ende nach durchschnittlich zwei Flammkuchen doch jeder gesättigt war.

Die Weinverkostung kam natürlich auch nicht zu kurz. Fast täglich wurden verschiedene Weine probiert. In manch einem kleinen Laden wurden sogar mit ein paar wenigen Brocken Englisch Weinempfehlungen gegeben: "No, no, no, not this. This one! Good one!" Auch Cidre wurde in Paris schnell gefunden und verkostet. Da die Bierfläschchen in Frankreich nur 0,25 l fassen, konnte man umso mehr davon trinken. Besonders in einem der Bullis sah man mehr leere Bierflaschen als Boden – aber das lag natürlich nur an der Flaschengröße. Scheinbar hat es trotz der Größe den noch gut geschmeckt.

Ponts Couverts

Rebecca Lampe

"Ponts Couverts" – das steht für "Gedeckte Brücken". Diese überqueren die vier Flussläufe des Flusses Ill im historischen Straßburger Viertel La Petite France ("Klein-Frankreich"). Insgesamt besteht das Bauwerk aus drei Brücken und vier Türmen, von denen heute noch drei erhalten sind.

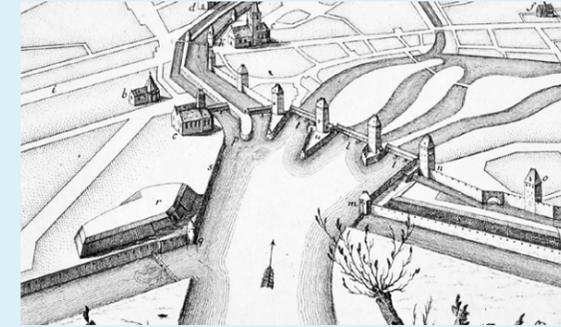


Abb. 10.8: Darstellung der alten Stadtmauer

Zur Geschichte und Namensgebung

Die Brücken wurden zwischen 1230 und 1250 errichtet und im Zuge des Baus der ersten Straßburger Stadtmauer eröffnet. Im 13. Jahrhundert waren die Brücken Teil der Verteidigungsanlage Straßburgs und befanden sich bis in das Jahr 1690 in Gebrauch. Dieser Fakt ist auf die damalige Lage der Ponts Couverts zurückzuführen. In der früheren Stadtgeschichte befand sich dort nämlich das westliche Ende der Stadt, sodass durch die Brücken der Zugang zur Stadt gesichert und reguliert werden konnte.

Bei den gedeckten Brücken handelte es sich meist um Galerien aus Holz, die mit Ziegeln eingedeckt waren. Der Zweck der Überdeckung war der Schutz der tragenden Holzbalken vor Verwitterung, da zur damaligen Zeit noch keine adäquaten Holzschutzmittel existierten und ungeschützte Holzbrücken deshalb alle 10 bis 15 Jahre saniert werden mussten. Sie bot ebenfalls Schutz vor feindlichen Angriffen – die von der Stadt abgewandte Seite besaß Schießscharten, und der Zugang zur Stadt über die Ill konnte mittels unter der Brücke befindlicher, eiserner Fallgitter gesperrt werden. Gedeckte Brücken wurden meist in Fachwerkbauweise errichtet, die der Stadt zugewandte Seite wurde dabei offen gehalten.



Abb. 10.10: Wenzel Hollar: "Strasbourg" 1607-1677

Hard Facts



Abb. 10.9

Standort	Straßburg, Grand-Est, FR
Gesamtlänge	230 m
Fertigstellung	1250
Konstruktionsart	Steinbogenbrücke
Besonderheit	Vorgänger: Überdachte (gedeckte) Holzbrücke in Fachwerkbauweise

Noch eine Brücke?

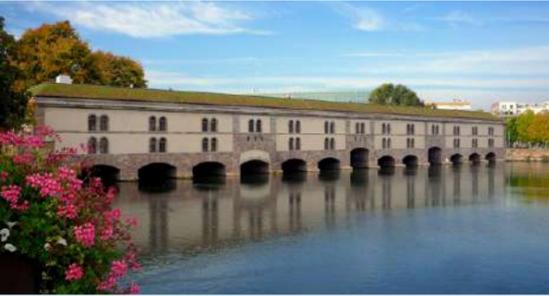


Abb. 10.11: Vauban-Schleusenbrücke

Etwa 100 m stromaufwärts wurde zwischen 1681 und 1688 der Vauban-Staudamm errichtet. Architekt Jacques Tarade entwarf diesen nach Plänen des französischen Generals und Festungsbaumeisters Vauban zum Schutz des südwestlichen Zugangs der Grande Île, der Insel, auf der sich bis heute große Teile der Straßburger Altstadt befinden. Vauban entwickelte diesen "Schleusenbrücke" (pont-écluse) genannten Gebäudetypus, der gleichermaßen als Brücke und Wehr diente, damit der südliche, flussaufwärts gelegene Teil der Stadt im Falle eines Angriffs geflutet werden konnte – eine Verteidigungstaktik der Franzosen, um das Vordringen der Feinde zu verhindern. Die Schleusenbrücke von Straßburg kam 1870 während der Belagerung der Stadt tatsächlich zum Einsatz.



Abb. 10.12: Johann Baptist Kreitmayer: "Die gedeckten Brücken in Straßburg"

Warum ist keine Überdeckung mehr zu sehen?

Aber zurück zu den Gedeckten Brücken – man könnte sich jetzt fragen: "Warum ist heute keine Überdeckung mehr zu sehen?". Die Dächer der Brücken wurden im Jahr 1784 entfernt und die mittelalterlichen Brücken der Stadt durch einfache Fußgängerbrücken aus Holz auf Pfahlbauten ersetzt. Diese hölzerne Konstruktion wurde dann im 19. Jahrhundert ebenfalls abgerissen und 1863 bis 1865 durch aus Sandstein gemauerte Brücken ersetzt. Das ursprüngliche Aussehen der Brücken ist durch die Gravur "Strasbourg" von Wenzel Hollar (zwischen 1607 und 1677) sowie die Behelfskonstruktionen durch das Ölgemälde "Die gedeckten Brücken in Straßburg" von Johann Baptist Kreitmayer aus dem Jahr 1863 festgehalten.

1869 wurde einer der vier Türme, der Malzerturm, nach einem Brand zerstört. Die anderen drei Türme blieben durch ihre Nutzung als Gefängnisse erhalten – der Heinrichsturm diente als Zivilgefängnis, der Hans von Althheimsturm und der Franzosenturm dienten als Militärgefängnisse. Auch wenn die ursprünglichen, gedeckten Brücken längst abgerissen sind, hat sich der Name "Ponts Couverts" bis heute bewahrt. Seit 1928 steht der Komplex unter Denkmalschutz.

Quellen:

Stadt und Eurometropole Straßburg,
Wikipedia: Ponts Couverts (Strasbourg),
Wikipedia: Gedeckte Brücke,
Wikipedia: Schleusenbrücke (FR),
Archi-Wiki: Ponts couverts (Strasbourg)



Abb. 10.13: Heutiges Panorama ()



Abb. 10.14: Rebeccas Erläuterungen

Beatus-Rhenanus-Brücke

Vincent Nutschan

Die Beatus-Rhenanus-Brücke ist eine Straßenbahn- und Fußgängerbrücke, welche den Rhein überquert und die Städte Straßburg und Kehl miteinander verbindet. Im Dezember 2012 fiel die Entscheidung für den Entwurf des französischen Bouygues-Konzerns in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Früh Ingenieurbau. Die Alternative wäre ein Umbau bzw. eine Ertüchtigung der vorhandenen Brücken gewesen, was jedoch als zu teuer erachtet wurde. Die Bauarbeiten erstreckten sich von April 2014 bis Februar 2017, als sechs mit Wassersäcken beladene Straßenbahnen den Belastungstest durchführten. Die Brücke wurde am 28. April 2017 eingeweiht.

Quellen:

Wikipedia: Beatus-Rhenanus-Brücke,
Structurae: Beatus-Rhenanus-Brücke,
Gotsch (2017)

Zwei kunstvolle Bögen

Die Brücke besteht aus zwei Bögen, welche ihren Bogenschub über die Fahrbahn kurzschließen und somit als Langerscher Balken funktionieren. Sowohl die jeweils 130 m langen und 20 m hohen Bögen als auch die Fahrbahn bestehen aus Stahl. Die Bögen wurden in Belgien vorgefertigt und bestehen aus einem Kastenprofil. Sie wurden über den Rhein auf einen Vormontageplatz am Rheinufer in Kehl verschifft. An ihre endgültige Position wurden sie anschließend eingeschleppt, indem der Pegel des Rheins mithilfe eines Stauwehrs künstlich erhöht wurde.

An den beiden Rheinufern schließt je ein 10 m langes Randfeld an. Die Gesamtlänge der Brücke beträgt 290 m. Die Breite der Fahrbahn beträgt 16,80 m, wovon 2,00 m für den Gehweg und 2,50 m für den Radweg genutzt werden. In Summe wurden für die Konstruktion 3000 t Stahl verbaut. Die Fundamente und die Bohrpfähle mit einer Gesamtlänge von 576 m kommen auf ein Betonvolumen von 4300 m³. Bemerkenswert ist die Höhe des Fahrbahnträgers, die kaum geringer ist als die der benachbarten Europabrücke von 1960. Bei der Beatus-Rhenanus-Brücke wurde die Höhe des Fahrbahnträgers jedoch durch die Wahl eines flachen Querprofils geschickt kaschiert.

Die Namensgebung folgte dem Vorschlag der Stadtverwaltungen der Städte Straßburg und Kehl nach dem im Mittelalter wirkenden deutschen Humanisten und Philologen Beatus Rhenanus.

Hard Facts



Abb. 10.15

Standort	Straßburg, Grand-Est, FR
Gesamtlänge	290 m
Max. Spannweite	130 m
Fertigstellung	2017
Ingenieurbüro	ARCADIS
Architekt	Marc Barani
Konstruktionsart	Stabbogenbrücke
Besonderheit	Asymmetrische Straßenbahn- und Fußgängerbrücke



Abb. 10.16: Ansicht mit Rheinfrachter



Abb. 10.17: Lagerdetail Mittelpfeiler

Brücke der zwei Ufer

David Scherzer

Neben den altherwürdigen Eisenbahnbrücken sind es vor allem die Fußgängerbrücken, die uns mit einem interessanten Tragsystem begeistern können. Aufgrund der geringen Nutzlasten und meist nicht ganz so strengen Steifigkeitsanforderungen steht den Planenden in der Regel eine Vielzahl an möglichen Tragwerken zur Auswahl. Auf Wunsch des Bauherrn sind somit auch spektakuläre Bauwerke realisierbar. Zu solchen lässt sich sicher auch die "Passerelle des Deux Rives", zu Deutsch "Die Brücke der zwei Ufer" zählen.

Eine Brücke für die Landesgartenschau

Diese ist eine Rad- und Fußwegbrücke, welche die deutsche Stadt Kehl mit der französischen Stadt Straßburg über den Rhein verbindet. Eröffnet wurde sie am 23. April 2004 anlässlich der ersten grenzüberschreitenden Gartenschau der beiden Nachbarstädte. Die Kosten beliefen sich auf rund 22 Mio. €, wobei der überwiegende Teil der Kosten von der Stadtgemeinschaft Straßburg finanziert wurde. Die restlichen Anteile wurden von der Stadt Kehl, vom Land Baden-Württemberg und der EU übernommen. Die Brücke wurde von dem Pariser Architekten Marc Mimram gemeinsam mit den Ingenieuren Reiner Saul, Karl Humpf und Arend Schäfer von Leonhardt, Andrä und Partner entwickelt. Der Entwurf gewann den im Jahr 2000 ausgerufenen Wettbewerb, ausgeführt wurde das Bauvorhaben dann von einer ARGE aus der Bilfinger Berger Freiburg GmbH in Zusammenarbeit mit der Ingenieur- und Brückenbau Niesky GmbH.

Bei der Brücke selbst handelt es sich um eine zwei-hüftige Schrägseilbrücke, die den Rhein im Fächersystem überspannt. Deren zwei Seilebenen liegen innen zwischen den beiden separierten Laufstegen und laufen auf den zwei Pylonen zusammen. Der im Bogen verlaufende Radwegsteg ist mit einer Stützweite von 183,4 m etwas länger als der gerade Fußwegsteg mit nur 177 m. An ihn schließen beidseitig rampenartige Vorlandbrücken an, die auf Pendelstützen gelagert sind. Der Fußweg hingegen reicht zu beiden Ufern treppenartig hinab. Somit unterscheiden sich die beiden Gesamtlängen der beiden Stege von 387,4 m bzw. 270,9 m deutlich.

Die nutzbare Breite des Radweges beträgt 3 m, die des Fußweges 2,5 m. In der Brückenmitte, an der Stelle des maximalen Abstands von 16,7 m werden beide Stege durch eine Aussichtsplattform miteinander verbunden. Diese besitzt eine Fläche von 300 m², sodass sich die Gesamtfläche der Brücke zu 2200 m² ergibt. Insgesamt wurden 1050 Tonnen Stahl S 355 verbaut.

Hard Facts



Abb. 10.18

Standort	Straßburg, Grand-Est, FR
Gesamtlänge	387,4 m / 270,9 m
Max. Spannweite	183,4 m / 177 m
Fertigstellung	2004
Ingenieure	R. Saul, K. Humpf, A. Schäfer (LAP)
Architekt	Marc Mimram
Konstruktionsart	Schrägseilbrücke, zwei-hüftig
Besonderheit	Ausgefallene Form durch getrennte Fuß- und Radwegstege

Kompliziertes Tragsystem

Das Haupttragwerk, welches die vertikalen Kräfte aufnimmt, wirkt in den beiden Laufstegen unterschiedlich. Der Radwegsteg ist klassisch in sich selbst verankert. Aus den schrägen Seilen resultierende Normalkräfte werden also als gegenläufige Druckkräfte in der Fahrbahnplatte kurzgeschlossen. Die Fahrbahnplatte besteht aus 15 cm bewehrtem Beton und bildet mit dem Hauptlängsträger in Seilebene (0,8 bis 1 m hoch), dem Nebenlängsträger außen (0,2 m hoch) sowie den Konsolenquerträgern den Verbundquerschnitt. Beim Gehwegsteg werden die Normalkräfte von 5 MN über Zug in einer zusätzlichen Stahlplatte unter der Betonfahrbahnplatte mittig kurzgeschlossen.

Zudem sind noch weitere sekundäre Tragprinzipien notwendig, zum Beispiel zum Abtrag der horizontalen Kräfte, die aus der schrägen Seilebene am Radwegsteg resultieren. Da der Verbundquerschnitt zu schmal für einen Lastabtrag über Biegung ist, wurde ein Fachwerk zwischen den Laufstegen angeordnet. Die dünnen Zugdiagonalen leiten die Horizontalkräfte bis auf schräg angeordnete Pendelstützen seitlich der Pylone. Der Torsion der beiden einseitig aufgehängten Laufstege wird mit deren regelmäßigen Verbindung mittels Querträgern begegnet. Diese sind zeitgleich auch die Druckstreben des horizontalen Fachwerkes. In Längsrichtung ist die gesamte Brücke schwimmend gelagert. In Querrichtung hingegen liegt sie auf der – von der Brückenmitte aus gesehen – jeweils ersten Achse der Vorlandrampen auf, die entsprechend als Rahmen ausgeführt sind. Zur Schwingungsbegrenzung und gegen Torsions-Galloping sind Tilgerwippen und vertikal bewegliche Tilger angebracht.

Die beiden Pylone, die mittig zwischen den beiden Laufstegen schräg aufragen, haben eine Höhe von etwa 36 m über dem Rhein. Sie sind aus 70 mm dicken Blechen zusammengeschweißt und haben eine 150 mm dicke Fußplatte. Diese sind auf den 25×11×2 m mächtigen Flusspfeilern aufgeschraubt sowie vorgespannt. In den Pylonköpfen sind die insgesamt 76 vollverschlossenen Seile verankert. Die Rückspannseile zum Ufer haben einen Durchmesser von $d = 139$ mm, die Mittelseile zur Verbindungsplattform $d = 102$ mm, alle restlichen $d = 60$ mm. Der Mindestwert wurde in einer Umweltverträglichkeitsstudie zum Schutz von Vögeln festgelegt. Alle Seile sind mit GALFAN beschichtet (Zink-Aluminium-Legierungsbeschichtung). Die Gründung der Widerlager erfolgte mit jeweils zwölf 120 cm dicken und 16 m langen Bohrpfeilern. Für die Flusspfeiler wurden lediglich Flachgründungen ausgeführt.



Abb. 10.23: Pylon



Abb. 10.24: Übergangsbereich



Abb. 10.19: David erklärt die Brücke



Abb. 10.20: Horizontale Dämpfer des Fachwerks am Pylon



Abb. 10.21: Schwingungstilger



Abb. 10.22: Anschlussknoten



Abb. 10.25: Aussteifendes Fachwerk



Abb. 10.26: Ansicht der Brücke der zwei Ufer



Abb. 10.27: Eine der vier Tilgerwippen



Abb. 10.28: Pylonkopf mit Kabelfächer

Quellen:

Structurae: Passerelle des Deux Rives, Morgenthal, Saul (2005), Schäfer (2008), Alpin Technik Leipzig, Structurae: ATIS Cableskin®

Bauablauf mit Unterbrechung

Baubeginn war der 1. Februar 2003. Zuerst wurden die Flusspfeiler mit einer 4 m dicken Unterwasserbetonsohle im Spundwandkasten errichtet. Auf diesen wurden die Fußplatten angebracht. Darauf erfolgte der Einhub der Pylone sowie deren Verschlosserung und Verschweißung mit der jeweiligen Fußplatte. An denen konnte anschließend der Überbau im Freivorbau mittels Schwimmkranmontage aufgebaut werden. Die einzelnen Schüsse mit Längen von ca. 22 m wurden am Ufer bereits mit der Betonplatte vormontiert. Die Gewichte von etwa 120 t wurden mit einem 600 t Raupenkran und einem 250 t Schwimmkran bewegt. Die Verbindungsplattform wurde aufgrund ihrer Masse von 620 t von einem Ponton aus mittels Litzenhebern angehoben. Da der Gehwegsteg erst mit dem letzten Einhub mittig kurzgeschlossen werden konnte, wurde er zum Abtrag der Längskraft bauzeitlich mit hydraulischen Pressen an den Enden fixiert. Die Bauzeit betrug 15 Monate, sodass die Brücke wie geplant zur Landesgartenschau eröffnet werden konnte.

Zur Einhaltung des Eröffnungstermins war von vornherein vorgesehen worden, den finalen Korrosionsschutz der Seile erst 2008 aufzubringen. Dafür wurden die Seile zunächst auf einer Fläche von 8250 m² einer Rostüberprüfung unterzogen. Anschließend kam dann erstmals das Korrosionsschutzverfahren "ATIS Cableskin®" von Alpin Technik zum Einsatz, das laut Hersteller über 60 Jahre halten soll. Dieses Langzeitkorrosionsschutzverfahren für Seile wurde weltweit erstmalig automatisch auf die Seile gewickelt und hat mit Basis- und Decklage eine Dicke von 2,6 mm.

Die Brücke überzeugte bei unserem Besuch vor Ort vor allem aus der Entfernung. So war sie in der Nachbarschaft der Rheinbrücke Kehl, der Beatus-Rhenanus-Brücke und der Europabrücke ein Blickfang. Erst von Nahem wurden uns dann die doch nicht ganz so schlanken Abmessungen bewusst. Diese resultieren aus der herausfordernden Geometrie der seitlich auskragenden Laufstege und der Bogenform. Um eine Hauptspannweite von gut 83 m zu überbrücken, ist eben doch etwas Stahl notwendig. Der komplexe Kraftabtrag der Brücke ermöglichte uns angehenden Ingenieurinnen und Ingenieuren ein Fachsimpeln über den Sinn und Zweck der vielen Bauteile. Die Brücke ist also definitiv einen Besuch wert!

Max Bögl | Abreise



Abschied



Kochertalbrücke



Max Bögl Hauptwerk

Straßburg

Heidelberg

Kehl

Nürnberg

Dresden

11 Tagesbericht

Fabian Schülke

Max Bögl | Abreise

Abreise!

Am 25. August fuhren wir von Straßburg zurück nach Dresden. Frühstück gab es noch im Hostel. Am Vorabend wurden Essensmarken ausgegeben und es herrschte zunächst Unsicherheit, ob womöglich nur die angegebenen Positionen in einfacher Ausführung verzerrt werden durften – also 1 Obst, 1 Ei, 1 Brot etc. – Tatsächlich verstanden sich die Angaben auf der Essensmarke nur als Angebotsübersicht und am Büfett durfte sich All-you-can-eat-mäßig bedient werden. Zumindest wurden wir vom Personal nicht auf Gegenteiliges hingewiesen. Wir kamen mehrheitlich zu dem Ergebnis, dass das Hostel in Straßburg die besten Betten und das beste Frühstücksangebot auf unserer Reise geboten hatte. Im direkten Vergleich mit Düsseldorf und Paris muss fairerweise erwähnt werden, dass die Unterbringung in Straßburg auch am teuersten war.

Gegen 8:30 Uhr fuhren wir in Straßburg ab. Am Rhein-km 334 überquerten wir die deutsch-französische Grenze. Die Departementstraße 4 (weiter als Bundesstraße 500) wird hier über das Bauwerk der Staustufe Iffezheim geführt. Aufmerksame Studierende kennen die Staustufe Iffezheim bereits aus den Wasserbauvorlesungen. Das komplexe Bauwerk kann in fast jedem Themenbereich als Beispielobjekt herangezogen werden: Die Staustufe Iffezheim umfasst eine Wehranlage mit sechs Feldern zu jeweils 20 m Breite, eine Doppelschleuse, um die Schifffbarkeit auf dem Rhein zu gewährleisten, sowie das größte Laufwasserkraftwerk Deutschlands. Während der Überfahrt wurden die Dimensionen des Bauwerks deutlich.

Unser Tagesziel auf halbem Weg zwischen Straßburg und Dresden war der Landkreis Neumarkt in der Oberpfalz, genauer gesagt die Gemeinde Sengenthal. Hier hat die Firmengruppe Max Bögl ihren Stammsitz. Unsere Fahrt führte uns aber zunächst quer durch Baden-Württemberg. Direkt an der BAB 6 gelegen, bot sich uns im Vorbeifahren der Blick auf das Technikmuseum Sinsheim und zwei Ikonen der Luftfahrt: Die beiden Überschallflugzeuge Concorde und Tupolev Tu-144 gelten als Hauptattraktionen des Museums.



Abb. 11.1: Staustufe Iffezheim



Abb. 11.2: Luftbild der Schleuse



Abb. 11.3: Widerlager: Auto als Größenvergleich



Abb. 11.4: Blick ins Tal



Abb. 11.5: Bau der Kochertalbrücke



Abb. 11.6: Seitenansicht der Kochertalbrücke

Spannende Brücken überall

Wenig später überfuhren wir die Kochertalbrücke. Sie ist mit einer maximalen Höhe von 185 m über Grund die höchste Talbrücke Deutschlands. Ihre Brückenpfeiler waren bis zur Errichtung des Viaduc de Millau im Jahr 2004 die höchsten Brückenpfeiler der Welt. Der 6,5 m hohe Hohlkasten mit einer Fahrbahnplattenbreite von 31 m (beidseitig um 11,2 m auskragend) ist besonders eindrucksvoll. Das semi-integrale Bauwerk überführt als neunfeldriger Durchlaufträger die BAB A6 auf einer Länge von 1128 m über das Kochertal. Die Mittelpfeiler in den Achsen 3 bis 6 sind monolithisch mit dem Spannbetonüberbau verbunden. In den Pfeilerachsen 1 und 8 sowie auf den Widerlagern ist der Überbau längsverschieblich gelagert.

Ein Hinweisschild machte auf einen Rastplatz aufmerksam und ein Teil der Gruppe nutzte die Gelegenheit für eine Pause. Tatsächlich hatten wir Glück: Beim Überfahren sah man nur wenig von der Brücke. Die Geländer sind vergittert, der Blick ins Tal ist eingeschränkt. Vom Autobahnrastplatz konnten wir jedoch an das östliche Widerlager herantreten. Hier erinnert eine Gedenktafel an die Erbauer der Kochertalbrücke. Die beteiligten Bauunternehmen sind hier aufgeführt und Fritz Leonhardt ist namentlich erwähnt. Außerdem ist auf einigen großformatigen Infotafeln Wissenswertes über den Freivorbau von 1976 bis 1979 und die Instandsetzung in den Jahren 2013 bis 2015 festgehalten. Schließlich konnten wir einen Blick ins Tal werfen und uns die beeindruckenden Dimensionen des Bauwerks vor Augen führen. Dieser Zwischenstopp lohnte sich in jedem Fall.

Quellen:

Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Oberrhein,
Wikipedia: Staustufe Iffezheim,
Wikipedia: Kochertalbrücke,
Brückenmuseum Kochertalbrücke

Ein Betonfertigteilwerk der Superlative

Gegen 12:30 erreichten wir das Werksgelände von Max Bögl. Schon weit vor Sengenthal kamen uns etliche Fahrmischer und Fertigteiltransporte mit dem Schriftzug der Firmengruppe Max Bögl entgegen. Die Region wird augenscheinlich stark von den Aktivitäten des Baukonzerns dominiert: Baggerseen, Betonwerke, Gleisanlagen und die Teststrecke der "Transport System Bögl" Magnetschwebbahn fallen schon bei der Anfahrt auf.

Wir wurden vom Öffentlichkeitsreferenten Werner Vorkauf empfangen und in das konzerneigene Innovationszentrum geführt. Zunächst erhielten wir eine Einführungspräsentation über die Konzernstrukturen und -aktivitäten und kamen in den Genuss der bayerischen Gastfreundschaft: Es gab belegte Brötchen und kühle Getränke. Nach dieser willkommenen Stärkung machten wir ein Gruppenfoto vor dem Alten Bahnhof Greißenbach. Das denkmalgeschützte Gebäude befindet sich in direkter Nachbarschaft zum Neubau des Innovationszentrums. Wir nutzten die Gelegenheit, um einige Entwicklungen auf dem Gebiet der festen Fahrbahn (schotterloses Gleis) System Bögl zu begutachten, welche hier ausgestellt sind. Darüber hinaus waren eine Tunnelröhre in Tübbingbauweise, ein Teilstück Magnetschwebbahn sowie der Schaft eines Windkraftturmes ausgestellt.

Im weiteren Verlauf erhielten wir eine ausführliche Werksbesichtigung. Die Firmengruppe Max Bögl beschäftigt sich intensiv mit der Entwicklung, der Produktion und der Errichtung von Windkrafttürmen. In Hybrid-Bauweise konzipiert, setzt sich ein Turm aus Betonfertigteilen und Stahlrohren als oberstes Turmsegment zusammen. Die Betonringe werden als Halbschalen im Kontaktverfahren hier im Werk vorgefertigt. Max Bögl setzt auf einen hohen Anteil an Eigenproduktion und vereinigt am Standort Sengenthal sowohl Beton- als auch Stahlbaufertigung.

Wir fahren mit unseren eigenen Fahrzeugen auf das Werksgelände. Herr Vorkauf fuhr in einem der Busse mit und stellte so sicher, dass sich die Fahrzeugkolonne nicht auf dem weitläufigen Werksgelände verirren konnte. Vorsicht war geboten, denn auf dem Werksgelände verkehrten Fahrmischer, Tieflader und Gabelstapler in dichter Frequenz. Mit hauseigenen Portal-Krananlagen wurden die tonnenschweren Fertigteile bewegt und für den Transport mit Bahn oder LKW verladen. Das Werk verfügt über einen eigenen Gleisanschluss, unmittelbare Anbindung an die Autobahn sowie eine Verladeanlage am nahegelegenen Main-Donau-Kanal.



Abb. 11.7: Tübbing made by Bögl



Abb. 11.8: Erklärung der Festen Fahrbahn System Bögl



Abb. 11.9: Gruppenbild vor der Werksführung

Windkraftanlagen vom Fließband

Erste Station auf unserer Werksbesichtigung war die Herstellung der Betonstahlbewehrung. Vollautomatisch werden Stabstähle zu Bewehrungsmatten verschweißt. Daraus werden anschließend die Bewehrungskörbe für die Turmringe gefertigt. Beim Schalungsbau setzt Max Bögl auf eine sogenannte Schmetterlingschalung. Bis zu vier Turmringe (jeweils der nächst kleinere Ring in den vorherigen Ring gestellt) können in einer Schalung betoniert werden. Das spart Platz und Zeit. Der Beton wird über eine Kranbahnanlage im 10-m³-Behälter bewegt. Das Betonmischwerk befindet sich direkt in der benachbarten Halle und gibt den Frischbeton über ein schienengebundenes Transportfahrzeug an die Fertigteilproduktion ab.

Die Stirnflächen zweier Halbschalen eines Turmringsegmentes sind im Kontaktverfahren hergestellt und passen daher perfekt aneinander. Es ist bleibt dann darauf zu achten, die Teile zu nummerieren und so einander zuzuordnen. Eine weitere Nachbearbeitung der Stirnflächen ist nicht erforderlich. Um die Segmente später zu einem Turm zusammenzusetzen, müssen die Lagerfugen (Ringober- und -unterseite) nachbearbeitet werden. Die Flächen werden plan geschliffen, bis sie perfekt aufeinander passen. Entsprechend stark war die Geräuschkulisse in der Halle. Die geschliffenen Lagerfugen werden nicht weiter verklebt oder vermörtelt. Durch eine Längsvorspannung des Betonturmes können die Fugen die Scherkräfte ausschließlich über Reibung abtragen. Wir besichtigten im Weiteren noch die Halle, in der die Spannglieder konfektioniert werden. Hier wird außerdem die Turmausstattung (Klimatechnik, Steigleitern, Beleuchtung) vormontiert. Feuerverzinkte Teile erhalten ihren Korrosionsschutz in einem externen Verzinkerei-Betrieb.

Nur wenige Schritte weiter betraten wir die Hallen der Stahlbaufertigung. Hier findet unter anderem die Vorfertigung von Stahlbrücken statt. Wir besichtigten die Schweißanlagen, auf denen die Turmstücke für die Windkraftanlagen gefertigt werden. Mit maschinellen Unterpulverschweißern werden die Längsnähte der Rohrsegmente ausgeführt. UP-Schweißen zeichnet sich durch eine hohe Abschmelzleistung aus und eignet sich daher besonders für das industrielle Schweißen langer Nähte, wie z. B. der Längsnähte von Rohren. Wegen der großen Schmelzbäder werden die Rohrlängsnähte in Wannenlage ausgeführt. Besonders angenehm für uns Exkursionsteilnehmer: UP-Schweißen ist weitestgehend emissionsfrei. Da der Lichtbogen unter einer Pulverschicht brennt, war kein Sichtschutz für uns erforderlich.

Innovation made by Bögl

Zum Abschluss besichtigten wir noch die Teststrecke der "Transport System Bögl" (TSB) Magnetschwebbahn. Das Testfahrzeug wurde kurz vor unserem Besuch neu eingestellt und war noch nicht für die Personenbeförderung freigegeben. Eine Mitfahrt war daher ausgeschlossen. In der Maschinenhalle konnten wir uns jedoch die Prototypen für das TSB in den Varianten Fracht- oder Personenbeförderung anschauen.



Abb. 11.10: Luftbild des Werksgeländes in Sengenthal



Abb. 11.11: Stillgelegte Sektion II des Transrapid 07 von 1988

Alles hat ein Ende ...

Zum Abschluss der Werksbesichtigung versammelten wir uns auf dem Parkplatz vor dem Firmengelände. Wir legten Helme, Warnwesten und Sicherheitsschuhe zurück und beluden die Busse für die Rückfahrt nach Dresden neu, sodass auch jedes Gepäck im richtigen Bus war. Professor Marx hielt noch eine kurze Abschlussansprache. Wir verabschiedeten uns voneinander und traten die Heimreise in Kleingruppen an. Um 21:00 Uhr erreichte der erste Bus Dresden.



Abb. 11.12: Letztes Umpacken vor der Heimfahrt nach Dresden



Abb. 11.13: Abschiedsrunde

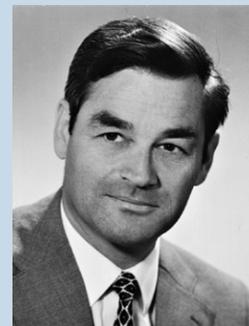


Abb. 11.14: Christian Menn

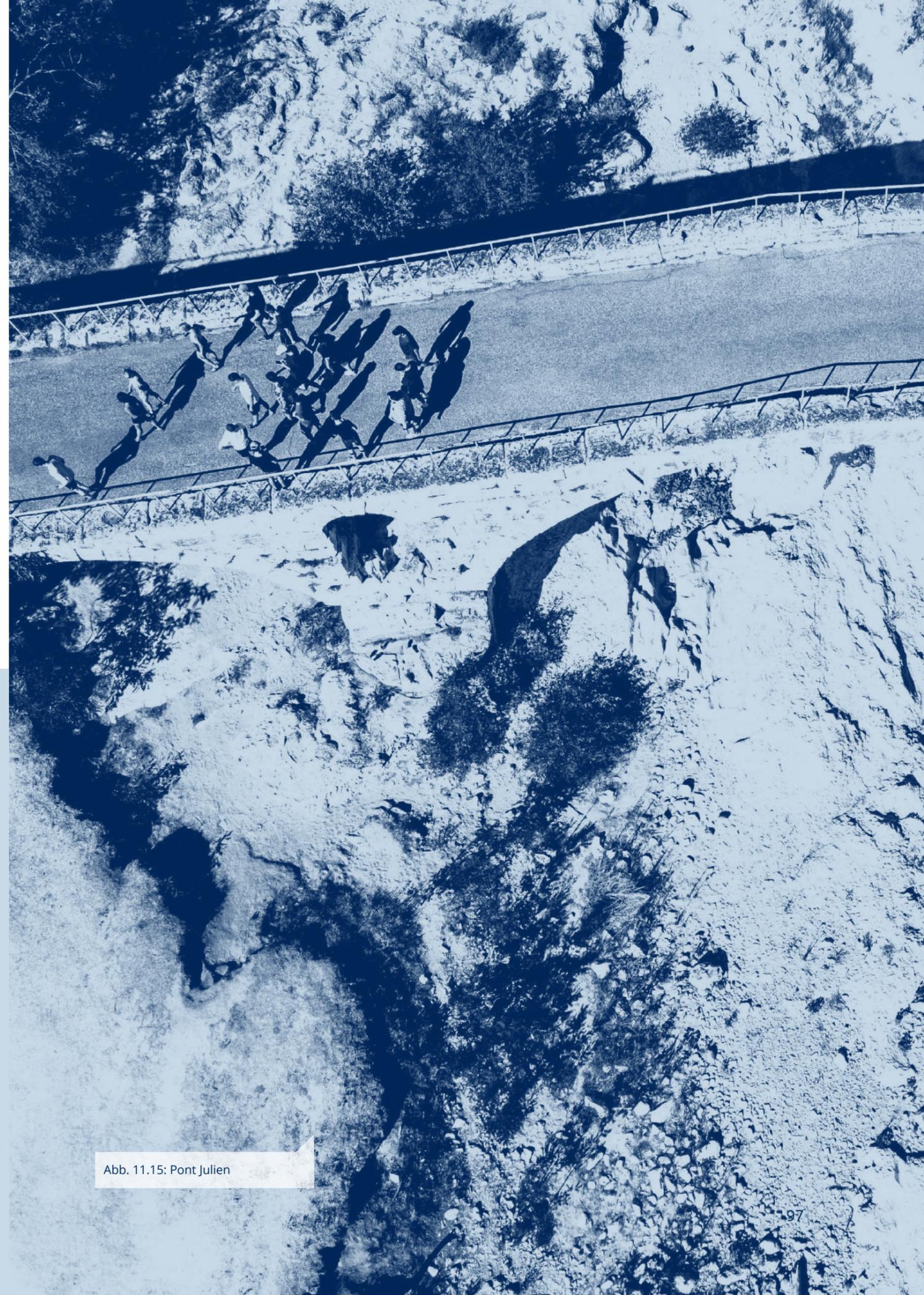


Abb. 11.15: Pont Julien

Danke!

Johannes Reimer

Unsere Reise ist nun vorbei, doch die vielen Erlebnisse und Eindrücke werden noch lange in uns nachklingen und auch in einigen Jahren, nach dem Studium, werden wir uns noch häufig an diese einzigartige Reise erinnern.

Für die großzügige finanzielle Unterstützung unserer Exkursion möchten wir uns ganz herzlich bei allen Sponsoren bedanken! Ohne Sie wäre diese faszinierende Reise nicht möglich gewesen. Ganz besonderer Dank gilt der GTU Ingenieurgesellschaft und der Firma IGS Ingenieure, die unsere Exkursion besonders umfangreich unterstützt haben. Ebenso danken wir Herrn Professor Svensson dafür, dass er uns in seiner Vorlesung über Schrägkabelbrücken für den Brückenbau begeistert hat und darüber hinaus unsere Exkursion mit einer erheblichen Summe privat unterstützt hat. Weiterhin danken wir natürlich all jenen, die uns auf den Baustellen mit vielen interessanten Informationen versorgt und geduldig alle Nachfragen beantwortet haben.

Wir hoffen, dass Sie bei der Lektüre dieses Reiseberichts unsere Freude und unser Interesse am Brückenbau nachvollziehen konnten und dass Sie viel Spaß beim Lesen hatten. Vielleicht sehen wir uns ja sogar später einmal im Beruf wieder.



Abb. 12.1: Danke an unseren Hauptsponsor GTU!



GTU Ingenieurgesellschaft



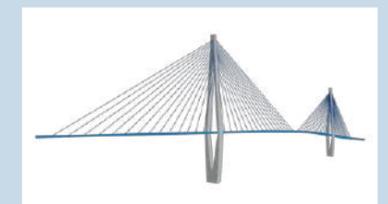
Fakultät Bauingenieurwesen



IGS Ingenieure



Brale Bau GmbH



Prof. Svensson



Becker Bauunternehmen



BPM Ingenieurgesellschaft



Freunde des Bauingenieurwesens



Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft



Schulze & Rank Ingenieurgesellschaft



K&K Baugesellschaft

Schlaffotos

Johannes Reimer

Wer in wenigen Tagen so viele Kilometer reißen und so viele Bauwerke ansehen möchte, muss früh aufstehen und ist abends lange wach. So ist es nicht verwunderlich, dass auf unserer Exkursion der Schlaf manchmal etwas zu kurz kam. Daher hier zum Abschluss noch ein paar Eindrücke vom Müdigkeitslevel während der Autofahrten.



Abb. 13.1: Fritz



Abb. 13.2: Bruno, Christoph und Paul



Abb. 13.3: Fabian S.

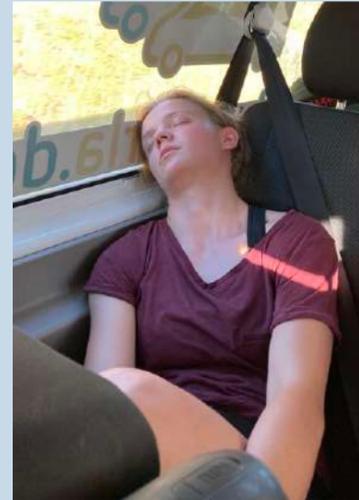


Abb. 13.4: Luise C.



Abb. 13.5: Enrico



Abb. 13.6: Jonas



Abb. 13.7: Chongjie

Quellen

Um die Eingabe für Print-Leser*innen zu vereinfachen, wurden sämtliche Hyperlinks durch Kurzlinks des Dienstes t1p.de ersetzt.

Literatur

Eiffelturm historisch. Geliebte "Schande von Paris" (2017). In: *Süddeutsche Zeitung*, 25.01.2017. URL: <https://t1p.de/sq4dd>, (abgerufen am 27.11.2022).

Alpin Technik Leipzig (DYWIDAG-Systems International GmbH) (Hg.): ATIS Cableskin®. Langzeitkorrosionsschutzverfahren für Seile. URL: <https://t1p.de/oq9gt>, (abgerufen am 27.11.2022).

Archi-Wiki Autor*innen: Ponts couverts (Strasbourg). URL: <https://t1p.de/2ahm0>, (abgerufen am 27.11.2022).

Art-et-Histoire.com (Hg.): Pont de Brion (suspendu) - Commune de Lavars - 1854. URL: <https://t1p.de/6zio5>, (abgerufen am 25.11.2022).

Ascheraden, Alexandra von (2020): ITER: Der grösste Fusionsreaktor der Welt. In: *baublatt*, 13.01.2020. URL: <https://t1p.de/35hyp>, (abgerufen am 27.11.2022).

Atlas of Places (Hg.) (2017): Viaduc de Millau. URL: <https://t1p.de/7li61>, (abgerufen am 27.11.2022).

Bagnall, Roger S. et al. (Hg.) (2013): The Encyclopedia of Ancient History. 1. Aufl. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.

Billington, David P. (2013): Der Turm und die Brücke. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften.

Bridgemeister.com (Hg.): Brion Suspension Bridges. URL: <https://t1p.de/723ad>, (abgerufen am 25.11.2022).

Brückenmuseum Kochertalbrücke (Hg.): Einige Daten zur Kochertalbrücke. URL: <https://t1p.de/c292s>, (abgerufen am 27.11.2022).

Brühwiler, Eugen; Menn, Christian (2003): Stahlbetonbrücken. 3. Aufl. Wien: Springer-Verlag.

Cadosch, Marlène; Cadosch, Herbert (2010): Die La Mure Bahn. URL: <https://t1p.de/2pk6a>, (abgerufen am 25.11.2022).

Coteprovince.com; Rung, Pierre-Jean (Hg.): „Auf der Brücke von Avignon ...“, Ein UNESCO-Weltkulturerbe. URL: <https://t1p.de/n93t9>, (abgerufen am 27.11.2022).

Curbach, Manfred (Hg.) (2016): Tagungsband. 26. Dresdner Brückenbausymposium, 14. und 15. März 2016. Technische Universität Dresden. URL: <https://t1p.de/c695g>, (abgerufen am 26.11.2022).

Curbach, Manfred (Hg.) (2018): Tagungsband. 29. Dresdner Brückenbausymposium, 12. und 13. März 2018. Technische Universität Dresden. URL: <https://t1p.de/jsfv3>, (abgerufen am 27.11.2022).

Diceli., Cengiz (2016): Ulrich Finsterwalder (1897–1988) – Doyen des Brückenbaus. In: Manfred Curbach (Hg.): Tagungsband. 26. Dresdner Brückenbausymposium, 14. und 15. März 2016. Technische Universität Dresden, S. 128.

Dietmar Feichtinger Architects (Hg.): Passerelle Simone-de-Beauvoir. URL: <https://t1p.de/mfhe7>, (abgerufen am 25.11.2022).

Explore France (France.fr); Leboucher, Caroline (Hg.) (2022): Papstpalast und Brücke Saint-Bénézet in Avignon. URL: <https://t1p.de/d8d4x>, (abgerufen am 27.11.2022).

Fernández-Ordóñez Hernández, David (2018): Eugène Freyssinet. I was born a builder. In: Manfred Curbach (Hg.): Tagungsband. 29. Dresdner Brückenbausymposium, 12. und 13. März 2018. Technische Universität Dresden, 101 ff.

Fiches, Jean-Luc (2013): Pont du Gard. In: Roger S. Bagnall et al. (Hg.): *The Encyclopedia of Ancient History*. 1. Aufl. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc, S. 5413–5415.

Forumnutzer "Railwalker" (2018): Streckenwanderung Chemin de fer de la Mure. URL: <https://t1p.de/qh0an>, (abgerufen am 25.11.2022).

Foster + Partners (Hg.): Millau Viaduct. URL: <https://t1p.de/5qd90>, (abgerufen am 27.11.2022).

Freyssinet, Eugène (2003): Ma Vie: Naissance du Béton Précontraint (Erstveröffentlichung 1954). In: *Fundación Esteyco (Hg.): Eugène Freyssinet. Un Ingeniero Revolucionario.*

Fundación Esteyco (Hg.) (2003): Eugène Freyssinet. Un Ingeniero Revolucionario. URL: <https://t1p.de/3tg5o>, (abgerufen am 26.11.2022).

Gallay, Anna (o. D.): Le Petit Train de la Mure - Histoire du train. URL: <https://t1p.de/kjcbf>, (abgerufen am 25.11.2022).

Gemeinde Tièves: Infotafel "Pont de Brion" im Rahmen der "Ronde des Ponts".

Gotsch, Karl (2017): Beatus-Rhenanus-Brücke. Brücke des Monats September 2017. URL: <https://t1p.de/8pikw>, (abgerufen am 27.11.2022).

Gros, Roger (2020): Le viaduc de Cize-Bolozon, emblème du département. In: *Le Progrès*, 26.12.2020. URL: <https://t1p.de/tce1d>, (abgerufen am 27.11.2022).

Hawkes, Nigel (1990): *Structures. The way things are built*. New York: Macmillan.

Ingenieurbüro GRASSL GmbH (Hg.): *U81, 1. BA Stadtbahnbrücke über den Nordstern. Stadtbahnbrücke mit IQ*. URL: <https://t1p.de/iv97j>, (abgerufen am 26.11.2022).

Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) (Hg.): *Remonter le Temps*. URL: <https://t1p.de/itzfb>, (abgerufen am 15.12.2022).

ITER Organization (Hg.): *Building ITER. Construction*. URL: <https://t1p.de/j4cb5>, (abgerufen am 27.11.2022).

Jartoux, Pierre (2011): *The Work of Eugène Freyssinet: The Most Significant Bridges of his Career*. In: *docomomo journal* (45), 35 ff. URL: <https://t1p.de/0nsxn>, (abgerufen am 27.11.2022).

Lac-Monteynard (Hg.): *Rendez-vous cet été pour fêter les 60 ans du Lac de Monteynard !* URL: <https://t1p.de/640ao>, (abgerufen am 27.11.2022).

Landeshauptstadt Düsseldorf (Hg.): *1. BA Flughafen Terminal*. URL: <https://t1p.de/s9b7>, (abgerufen am 26.11.2022).

Lemoine, Bertrand (2007): *Ein schwebender Spazierweg: Die Fussgängerbrücke Simone de Beauvoir in Paris von Dietmar Feichtinger*. In: *Werk, Bauen + Wohnen* (94). DOI: 10.5169/seals-130515.

Liebesschloss.info (Hg.): *Geschichte und Herkunft der Liebesschlösser. Was haben die Schlösser mit den Frischverliebten zu tun?* URL: <https://t1p.de/zcubt>, (abgerufen am 27.11.2022, Wayback Machine).

Lippert, Hans-Georg (o. D.): *Skript zur Vorlesung „Baugeschichte I.1: von Antike bis zum 2. Jahrhundert des Mittelalters“*. Institut für Baugeschichte, Architekturtheorie und Denkmalpflege.

L'Oeil d'Édouard: *Le Lac de Monteynard et ses Passerelles Himalayennes*. Hg. v. Trace Ta Route. URL: <https://t1p.de/xn402>, (abgerufen am 27.11.2022).

Maeg (2022a): *Franchissement Urbain Pleyel* (Saint-Denis, France) | Video Rendering. URL: <https://t1p.de/zi8y5>, (abgerufen am 09.12.2022).

Maeg (2022b): *Franchissement Urbain Pleyel | Timelapse - Ramp "Y" Launch*. URL: <https://t1p.de/qb06t>, (abgerufen am 09.12.2022).

Marc Mimram Architecture Ingénierie (Hg.): *Franchissement urbain Pleyel*. URL: <https://t1p.de/hw5zh>, (abgerufen am 09.12.2022).

Morgenthal, Guido; Saul, Reiner (2005): *Die Geh- und Radwegbrücke Kehl - Strasbourg*. In: *Stahlbau* 74 (2), S. 121–125. DOI: 10.1002/stab.200590003.

Musée virtuel du protestantisme (Hg.): *Das Panorama vom Pont des Arts*. URL: <https://t1p.de/0xh37>, (abgerufen am 27.11.2022).

Office de Tourisme d'Avignon (Hg.): *Brücke Saint Benezet. Eine Legendäre Brücke*. URL: <https://t1p.de/lzexo>, (abgerufen am 27.11.2022).

Office de Tourisme d'Avignon (Hg.): *Brücke von Avignon*. URL: <https://t1p.de/3lh99>, (abgerufen am 27.11.2022).

Office du Tourisme et des Congrès de Paris; Menegaux, Corinne (Hg.): *Pont Neuf*. URL: <https://t1p.de/3vamv>, (abgerufen am 27.11.2022).

Périé, André (1950): *La reconstruction du viaduc de Cize-Bolozon*. URL: <https://t1p.de/t8ftv>, (abgerufen am 27.11.2022).

Plaine Commune Développement (Hg.): *Franchissement Urbain Pleyel – Saint-Denis*. URL: <https://t1p.de/2qyp9>, (abgerufen am 09.12.2022).

Plaine Commune Développement (Hg.): *Pleyel Urban Overpass. far more than a work of art*. URL: <https://t1p.de/kf5ms>, (abgerufen am 09.12.2022).

Pontdugard.fr; Arnaux, M. Sébastien (Hg.): *Pont du Gard*. URL: <https://t1p.de/93m7y>, (abgerufen am 27.11.2022).

Provence.com (Hg.): *Le Pont d'Avignon*. URL: <https://t1p.de/shypf>, (abgerufen am 27.11.2022).

Provence-Entdecken.de (mb-netzwerk GmbH) (Hg.): *Pont Julien. Römische Baukunst im Luberon*. URL: <https://t1p.de/5s3w8>, (abgerufen am 27.11.2022).

Ramaswamy, Ananth (2009): *Alexandre Gustave Eiffel: An engineer scientist*. In: *Resonance* 14 (9), S. 840–848. DOI: 10.1007/s12045-009-0080-y.

Landeshauptstadt Düsseldorf (2020): *Düsseldorf verbinden – Stadtbahnlinie U81*. 1. Bauabschnitt vom Freiligrathplatz zum Flughafen-Terminal. 26.11.2022. URL: <https://t1p.de/j080q>.

Schacht, Gregor; Marx, Steffen (2010): *Unbewehrte Betongelenke - 100 Jahre Erfahrung im Brückenbau*. In: *Beton- und Stahlbetonbau* 105 (9), S. 599–607. DOI: 10.1002/best.201000030.

Schäfer, Christian (2008): *Letzter Schliff für Kehls Wahrzeichen*. In: *baden online*, 12.08.2008. URL: <https://t1p.de/7uz4e>, (abgerufen am 27.11.2022).

Schmidt, Fabian (2020): *Kernfusionsreaktor ITER: Die entscheidende Bauphase beginnt*. In: *Deutsche Welle*, 28.07.2020. URL: <https://t1p.de/wjz1t>, (abgerufen am 27.11.2022).

Seyrig, Théophile (1878): *Le Pont sur le Douro a Porto*. Hg. v. E. Capiomont und V. Renault. Paris.

Shushkewich, Kenneth W. (2012): *Eugène Freyssinet—Invention of Prestressed Concrete and Precast Segmental Construction*. In: *Structural Engineering International* 22 (3), S. 415–420. DOI: 10.2749/101686612X13363869853338.

Shushkewich, Kenneth W. (2020): *Design of Haunched Single Span Bridges*. In: *Structural Engineering International* 30 (4), S. 580–591. DOI: 10.1080/10168664.2020.1801368.

Speicher, Christian (2022): *Der Bau des Fusionsreaktors verzögert sich erneut – Ein Whistleblower und eine französische Sicherheitsbehörde machen dem Fusionsreaktor Iter das Leben schwer*. In: *Neue Zürcher Zeitung*, 04.03.2022. URL: <https://t1p.de/xzu4t>, (abgerufen am 27.11.2022).

Stadt und Eurometropole Straßburg (Hg.): *Gedekte Brücken (Ponts couverts)*. URL: <https://t1p.de/bz6be>, (abgerufen am 25.11.2022).

Structurae.net (Hg.): *ATIS Cableskin® - Das Langzeitkorrosionsschutzverfahren für Seile*. URL: <https://t1p.de/2ij8u>, (abgerufen am 27.11.2022).

Structurae.net (Hg.): *Beatus-Rhenanus-Brücke*. URL: <https://t1p.de/2e7br>, (abgerufen am 27.11.2022).

Structurae.net (Hg.): *Hängebrücke Brion*. URL: <https://t1p.de/di048>, (abgerufen am 25.11.2022).

Structurae.net (Hg.): *Passerelle des Deux Rives*. URL: <https://t1p.de/0gdv6>, (abgerufen am 27.11.2022).

Structurae.net (Hg.): *Saint-Bénézet Brücke*. URL: <https://t1p.de/hj78y>, (abgerufen am 27.11.2022).

Structurae.net (Hg.): *Talsperre Monteynard*. URL: <https://t1p.de/vzbgy>, (abgerufen am 27.11.2022).

Structurae.net (Hg.): *Viaduc des Fades*. URL: <https://t1p.de/e1yer>, (abgerufen am 27.11.2022).

Südwestrundfunk (2002): *Dampfwolken zwischen Rhône und Isère. Eisenbahn Romantik*. URL: <https://t1p.de/5iuel>, (abgerufen am 25.11.2022).

Svensson, Holger (2010): *Skript: Vorlesungen über Schrägkabelbrücken*. Vorlesung 4: Moderne Stahl-Schrägkabelbrücken.

Thrall, A. P.; Billington, D. P.; Bréa, K. L. (2012): *The Maria Pia Bridge: A major work of structural art*. In: *Engineering Structures* 40, S. 479–486. DOI: 10.1016/j.engstruct.2012.02.032.

Villeneuve, Thierry de; Betttega, Eric (1997): *Chemin de Fer de La Mure*. URL: <https://t1p.de/mvq95>, (abgerufen am 25.11.2022).

Virlogeux, Michel (2006): *Der Viadukt über das Tarntal bei Millau – Von den ersten Entwurfsgedanken bis zur Fertigstellung*. In: *Bautechnik* 83 (2), S. 85–107. DOI: 10.1002/bate.200610010.

Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Oberrhein (WSV) (Hg.): *Staustufe und Schleuse Iffezheim*. URL: <https://t1p.de/0lxsq>, (abgerufen am 27.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Barrage de Monteynard-Avignonet*. URL: <https://t1p.de/4bjnb>, (abgerufen am 27.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Beatus-Rhenanus-Brücke*. URL: <https://t1p.de/6geec>, (abgerufen am 27.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Chemin de fer de La Mure*. URL: <https://t1p.de/owcot> und <https://t1p.de/gq3fb>, (abgerufen am 25.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Coyne et Bellier*. URL: <https://t1p.de/vni7w>, (abgerufen am 27.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Eiffelturm*. URL: <https://t1p.de/dd3rp>, (abgerufen am 27.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Garabit-Viadukt*. URL: <https://t1p.de/aex34>, (abgerufen am 27.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Gedekte Brücke*. URL: <https://t1p.de/uw4zt>, (abgerufen am 25.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *ITER*. URL: <https://t1p.de/6cqx8>, (abgerufen am 27.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Kochertalbrücke*. URL: <https://t1p.de/mku40>, (abgerufen am 27.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Passerelle himalayenne du Drac*. URL: <https://t1p.de/bqwfp>, (abgerufen am 27.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Passerelle Simone-de-Beauvoir*. URL: <https://t1p.de/46i03>, (abgerufen am 25.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Pont Boutiron*. URL: <https://t1p.de/g6uoj> und <https://t1p.de/vrnyh>, (abgerufen am 25.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Pont des Arts*. URL: <https://t1p.de/pdu06>, (abgerufen am 27.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Pont du Gard*. URL: <https://t1p.de/foycr>, (abgerufen am 27.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Pont Julien*. URL: <https://t1p.de/spqvh>, (abgerufen am 27.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Pont Neuf*. URL: <https://t1p.de/w9d42>, (abgerufen am 27.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Pont Saint-Bénézet*. URL: <https://t1p.de/d4xxy>, (abgerufen am 27.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Ponts couverts (Strasbourg)*. URL: <https://t1p.de/8qx3p>, (abgerufen am 25.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Schleusenbrücke (Frankreich)*. URL: <https://t1p.de/coysn>, (abgerufen am 25.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Staustufe Iffezheim*. URL: <https://t1p.de/khlyo>, (abgerufen am 27.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Viaduc de Cize-Bolozon*. URL: <https://t1p.de/568lp>, (abgerufen am 27.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Viaduc de la Bonne*. URL: <https://t1p.de/4yrer>, (abgerufen am 25.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Viaduc de la Roizonne*. URL: <https://t1p.de/ec7b7>, (abgerufen am 25.11.2022).

Wikipedia-Autor*innen: *Viaduc des Fades*. URL: <https://t1p.de/qi45a> und <https://t1p.de/lar90>, (abgerufen am 27.11.2022).

Zilch, Konrad; Weiher, Hermann (2008): *Ingenieurbaukunst: 120 Jahre Spannbetonbau – von Doehring und Jackson bis heute*. In: *Beton- und Stahlbetonbau* 103 (6), S. 422–430. DOI: 10.1002/best.200802012.

Abbildungen

Abbildungen aus externen Quellen

Sämtliches Kartenmaterial (Abb. 1.8, 2.8, 4.2, 9.30, 10.6) unterliegt dem Urheberrecht der OpenStreetMap-Mitwirkenden. URL: <https://t1p.de/a4i2>, (abgerufen am 27.11.2022).

Sämtliche Logos auf S. 99 mit Ausnahme des Logos für Prof. Svensson sind Eigentum der jeweiligen Unternehmen und werden mit deren freundlicher Zustimmung genutzt.

0.2: **Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden**. URL: <https://t1p.de/afims>, (abgerufen am 17.12.2022).

2.11 - 2.17, 5.11: **Association Eugène Freyssinet - Société Freyssinet - Frank Guyon, Pierre Jartoux, Pierre Breton**. In: Pierre Jartoux (2011).

4.1: **Marc Mimram Architecture Ingénierie**. URL: <https://t1p.de/hw5zh>, (abgerufen am 17.12.2022).

4.13: **Anonym (ca. 1930): Paris – Le sommet de la Tour Eiffel**. Gemeinfrei.

4.14: **Maurice Koechlin (1884): Pylône de 300 mètres de hauteur pour la ville de Paris 1889**. URL: <https://t1p.de/vp56y>, (abgerufen am 27.11.2022). Gemeinfrei.

4.16: Adaptiert nach **Anonym**. URL: <https://t1p.de/fg3j1>, (abgerufen am 27.11.2022). Vermutlich nach Wikimedia Commons - **Anonym (1887-1889): Construction tour eiffel 2 - 8**. URL: <https://t1p.de/yr1bj>, (abgerufen am 27.11.2022). Gemeinfrei.

4.18: **Anonym (Jan. 1910): Inondations de Paris (Janvier 1910) – Le Pont des Arts**. Gemeinfrei.

4.22: **Alexandre Jean Noël (ca. 1780): La pointe de l’île de la Cité vue du port Saint-Nicolas**. Musée Carnavalet. URL: <https://t1p.de/13t39>, (abgerufen am 27.11.2022). Gemeinfrei.

5.20: **Anonym (o. D.): Auvergne. – Le Viaduc des Fades sur la Vallée de la Sioule**. Gemeinfrei.

5.21: **Anonym (o. D.): Le Viaduc des Fades. – La Passerelle. – Vue intérieure**. Gemeinfrei.

5.22: **A. Miebel (1901-1909): Vallée de la Sioule (Auvergne). – Viaduc des Fades le plus haut Viaduc d’Europe**. Gemeinfrei.

5.23: **Anonym (1901-1909): Viaduc des Fades, le Géant des Viaducs d’Europe**. Gemeinfrei.

6.12: **Alphonse Terpereau (April 1884): Viaduc de Garabit**. URL: <https://t1p.de/985xb>, (abgerufen am 27.11.2022). Gemeinfrei.

6.13: **Alphonse Terpereau (Juni 1883): Viaduc de Garabit**. URL: <https://t1p.de/qck5h>, (abgerufen am 27.11.2022). Gemeinfrei.

6.14: **Gustave Eiffel (April 1881). Viaduc de Garabit – Ensemble –Élévation– Plan et Coupes**. In: **Gustave Eiffel (1889): Mémoire présenté à l’appui du projet définitif du Viaduc de Garabit**. DOI: 10.3931/e-rara-19965. Gemeinfrei.

6.17: **Gustave Eiffel (April 1881). Viaduc de Garabit – Montage de l’Arc**. In: **Gustave Eiffel (1889): Mémoire présenté à l’appui du projet définitif du Viaduc de Garabit**. DOI: 10.3931/e-rara-19965. Gemeinfrei.

6.23, 6.24: **Compagnie Eiffage du Viaduc de Millau (CEVM) (2003-2004)**. In: **Compagnie Eiffage du Viaduc de Millau (CEVM): Construction in six stages**. URL: <https://t1p.de/iom50>, (abgerufen am 27.11.2022)

6.25: **Virlogeux (2006)**.

7.16: **Lippert (o. D.)**.

7.19: **Wikimedia Commons Nutzer Chiugoran (August 2013): Pont Saint-Bénézet in southeastern France**. URL: <https://t1p.de/wchw4>, (abgerufen am 27.11.2022). CC BY-SA 3.0.

7.23: Ausschnitt aus: **Nicolas Froment (1480): Pérussis-Altar**. Metropolitan Museum of Art. URL: <https://t1p.de/pw89j>, (abgerufen am 27.11.2022). Gemeinfrei.

8.13: **Oak Ridge National Laboratory (2017): ORNL History – 2017: Halfway to first plasma**. URL: <https://t1p.de/m43ga>, (abgerufen am 27.11.2022). CC BY 2.0.

9.19: **Victor Cassien (vor 1837): Album du Dauphiné – Pont de Brion (Isère)**. URL: <https://t1p.de/2nkyk>, (abgerufen am 27.11.2022). Gemeinfrei.

9.20: **H. Thiervoz (o. D.): Du Monastier-de-Clermont à Mens – Le Pont de Brion 128 m. au dessus de l’Ebron**. Gemeinfrei.

9.21: **Eugène Charpenay (1900): Le pont de Brion**. In: **Gaston Donnet (1900): Le Dauphiné**. URL: <https://t1p.de/h7xyl>, (abgerufen am 27.11.2022). Gemeinfrei.

9.24: **Anonym (o. D.)**. URL: <https://t1p.de/5s84m>, (abgerufen am 27.11.2022).

9.27: **Sébastien Gominet (Institut des Risques Majeurs) (Nov. 2007): Barrage de Monteynard-Avignonet**. URL: <https://t1p.de/x5r5g>, (abgerufen am 27.11.2022).

9.28: **Sébastien Gominet (Institut des Risques Majeurs) (Nov. 2007): Barrage de Notre Dame de Commiers**. URL: <https://t1p.de/j4fel>, (abgerufen am 27.11.2022).

9.31, 9.32: *Infotafel am Aussichtspunkt des Staudamms Monteynard-Avignonet*.

9.33: **Institut national de l’information géographique et forestière (IGN)**.

9.34: **Christophe Cagé (Aug. 2006): Lac et barrage de Monteynard, département de l’Isère**. URL: <https://t1p.de/nyfce>, (abgerufen am 27.11.2022). CC BY-SA 3.0.

9.36: **Anonym (1903): Erste französische E-Lokomotive “LeDrac”. Musée de Vieux Geneve**. URL: <https://t1p.de/rrl6h>, (abgerufen am 27.11.2022). Gemeinfrei.

9.37: **Anonym (o. D.): Dauphiné – De Grenoble à la Mure. Le passage de la Rivore es le Chemin de fer électrique de la Mure**. Gemeinfrei.

9.39: **Anonym (ca. 1928)**. Gemeinfrei.

9.40: **A. Michel (ca. 1928): 8me Merveille du Dauphine – Grand viaduc sur la Roizonne, pres La Mure (Isère)**. Gemeinfrei.

9.41: **Anonym (ca. 1882-1888)**. Gemeinfrei.

9.45: **Daniel Deville**. In: **Forumnutzer “Railwalker” (2018)**.

9.48, 9.50: **Anonym (1944)**. In: **Le Progres (Juli 2014): 1944 : viaduc de Cize-Bolozon... On ne passe pas !**. URL: <https://t1p.de/oyfj2>, (abgerufen am 27.11.2022).

9.51: **Jean Lacroix (o. D.)**. In: **Association ASPHOR (Juni 2009): Vue aérienne de Cize-Bolozon. Le viaduc et le barrage**. URL: <https://t1p.de/e1uqs>, (abgerufen am 27.11.2022).

10.8: **Jean-Martin Weis (1775): Les fortifications de la ville de Strasbourg (TR)**. URL: <https://t1p.de/mo16d>, (abgerufen am 27.11.2022). Gemeinfrei.

10.10: **Wenceslas Hollar (ca. 1607-1677): Strasbourg**. URL: <https://t1p.de/vd9ig>, (abgerufen am 27.11.2022). Gemeinfrei.

10.11: **Claude Truong-Ngoc (Okt. 2012): Strasbourg le barrage Vauban après sa restauration en 2012**. URL: <https://t1p.de/l2dxn>, (abgerufen am 27.11.2022). CC BY-SA 3.0.

10.12: **Johann Baptist Kreitmayer (1863): Die gedeckten Brücken in Straßburg**. URL: <https://t1p.de/a9xqy>, (abgerufen am 27.11.2022). Gemeinfrei.

10.13: **Nikolai Karaneshev (Sep. 2015): Straßburg**. URL: <https://t1p.de/xx34z>, (abgerufen am 27.11.2022). CC BY 3.0.

11.1, 11.2: **Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) (Aug. 2018): Schleuse Iffezheim/Rhein**. URL: <https://t1p.de/r11t9> und <https://t1p.de/mml0c>, (abgerufen am 27.11.2022). CC BY 2.0.

11.5: **Klaus Foehl (1979): Kochertalbrücke im Bau**. URL: <https://t1p.de/4ygwk>, (abgerufen am 27.11.2022). CC BY-SA 3.0.

11.6: **Volker Gringmuth (Sep. 2007): Aerial image of Germany’s tallest motorway bridge spanning the Kocher valley between Geislingen and Braunsbach for thne A6**. URL: <https://t1p.de/rn85d>, (abgerufen am 27.11.2022). CC BY 3.0.

11.10: **Reinhard Kraasch (Juni 2016): Luftbild Gewerbegebiet Schlierferheide / Sengenthal (Max Bögl AG)**. URL: <https://t1p.de/8ch0v>, (abgerufen am 27.11.2022). CC-BY-SA 4.0 DE.

11.11: **Wikimedia Commons Nutzer Derzno (Juli 2013): Max Bögl Bauunternehmung – Transrapid**. URL: <https://t1p.de/etsem>, (abgerufen am 27.11.2022). CC BY 3.0.

11.14: **Anonym (ca. 1970): Menn, Christian (1927-2018)**. DOI: 10.3932/ethz-a-000046072. CC BY-SA 4.0.

Fotos der Exkursionsteilnehmenden

0.3, 1.15, 2.20, 2.21, 4.25, 5.17, 7.15, 8.12, 9.1, 9.3, 9.4, 9.15, 10.7: **Max Herbers**.

0.4, 1.1 - 1.4, 1.6, 1.7, 1.9 - 1.14, 1.17 - 2.6, 2.9, 3.1, 3.2, 3.4 - 3.8, 3.10, 3.11, 4.3 - 4.6, 4.8 - 4.10, 4.12, 4.15, 4.17, 4.20, 4.23, 4.24, 4.26 - 4.28, 5.3 - 5.5, 5.7, 5.8, 5.14, 5.19, 5.24 - 5.28, 6.2, 6.3, 6.6, 6.10, 6.11, 6.15, 6.16, 6.18, 6.21, 6.22, 6.26 - 7.2, 7.4, 7.6 - 7.8, 7.12 - 7.14, 7.17, 7.18, 7.20, 7.21, 8.1, 8.2, 8.5, 8.7, 8.8, 8.11, 8.14 - 8.19, 9.6 - 9.8, 9.11, 9.12, 9.16, 9.17, 9.22, 9.23, 9.29, 9.35, 9.38, 9.42 - 9.44, 9.46, 9.47, 9.49, 9.52 - 10.5, 10.9, 10.14, 10.15, 10.17 - 10.23, 10.25 - 10.28, 11.7 - 11.9, 11.12, 11.13, 12.1: **Johannes Reimer**.

1.5, 2.7, 2.18, 2.19, 7.22, 9.9, 9.14: **Jakob Vogt**.

1.16, 2.9, 4.11, 6.1, 6.4, 6.8, 6.9: **Anne Palm**.

2.9, 8.10: Paul Krüger.

2.10, 5.13, 8.4, 11.15: Ruben Langer.

2.22, 7.10: David Scherzer.

3.3: Fabian Marx.

3.9, 4.7: Fabian Schülke.

4.19, 9.13, 13.2, 13.5: Gerda Zimmermann.

4.21, 5.10, 6.5, 6.19, 7.5, 8.9: Rebecca Lampe.

5.1, 11.3, 11.4: Florian Ziedler.

5.2, 5.12, 9.10: Janek Gruhne.

5.6, 9.2, 9.5, 9.18, 13.1, 13.4, 13.6, 13.7: Enrico Baumgärtel.

5.9, 5.15, 5.16, 5.18, 6.20, 7.3, 7.9, 7.11, 7.24, 8.3, 8.6, 10.16, 10.24: Chongjie Kang.

13.3: Luise Clages.

Rechtliche Hinweise

Hinweis zum Erlöschen des Urheberrechts:

Nach § 64 Urheberrechtsgesetz (DE) bzw. Artikel L123-1 Code de la Propriété Intellectuelle (FR) erlischt der Urheberrechtsschutz siebenzig Jahre nach dem Tode des Urhebers.

Hinweis zur Panoramafreiheit:

Im Gegensatz zu Deutschland, wo die sog. Panoramafreiheit herrscht, sind in Frankreich auch alle Abbildungen von architektonischen Gebäuden und Skulpturen urheberrechtlich geschützt und die Rechte liegen beim entsprechenden Architekten bzw. Künstler. Fotos, die eine Landschaft zeigen und bei denen das Bauwerk nicht der Hauptfokus ist, sowie künstlerische Werke mit überwiegenden eigenen Anteilen sind von der o. g. Regel ausgeschlossen. Dementsprechend sind die Abbildungen der folgenden Bauwerke nach französischem Urheberrecht geschützt:

- **Franchissement Urban Pleyel** © Marc Mimram Architecture Ingénierie.
- **Lichtinstallation am Eiffelturm** (zum Glück waren wir tagsüber dort).
- **Passerelle Simone-de-Beauvoir** © Dietmar Feichtinger Architects
- **Viaduc de Millau** © CEVM Eiffage / Foster+Partners. (Siehe auch: <https://t1p.de/ne887>)
- **Beatus-Rhenanus-Brücke** © Atelier Marc Barani Architectes.
- **Passerelle des Deux Rives** © Marc Mimram Architecture Ingénierie.

Weiterführende Infos zum französischen Urheberrecht siehe Wikipedia: <https://t1p.de/lq3xn> und <https://t1p.de/oqfyu>

Verwendung der Bilder der Baustelle der BAB 49 mit freundlicher Genehmigung der A 49 Autobahngesellschaft mbH & Co. KG.

Impressum

© 2022 Institut für Massivbau, TU Dresden

Herausgeber

Institut für Massivbau, TU Dresden
www.tud.de/bau/imb
concrete@tu-dresden.de

Redaktion

Johannes Reimer

Lektorat

Luise Clages, Jakob Vogt

Satz und Gestaltung

Johannes Reimer

Druck & Verarbeitung

WirmachenDruck.de

Dieses Werk einschließlich seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung, einschließlich der Vervielfältigung, Übersetzung, Fotokopie, Mikroverfilmungen und weiterer Speicher- und Verarbeitungsformen, ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar.

Brücken verbinden ...

... und das schon seit vielen Jahrtausenden. Schon immer hatten Brücken über ihren funktionalen Nutzen hinaus eine starke symbolische Bedeutung. Sie verbinden nicht nur zwei Orte, die sonst voneinander abgeschieden wären, sie verbinden vor allem Menschen und mit ihnen ihre Sprachen, Werte, Kulturen, sie ermöglichen Handel und manchmal auch die eine oder andere Liebesgeschichte.

Als "Brückenbauer", die sich dieser vielschichtigen Bedeutung von Brücken bewusst sind, haben wir uns im Sommer 2022 auf den Weg quer durch Frankreich gemacht, um einige der schönsten, kühnsten und faszinierendsten Brücken der Welt zu erkunden und dadurch mehr darüber zu erfahren, was es bedeutet, selbst eine Brücke zu planen. Von antiken Meisterwerken (Pont du Gard, Pont Julien) über die majestätischen Viadukte der Industrialisierung (Viaduc des Fades, Garabit-Viadukt) und die Entdeckung des Spannbetonbaus (Pont de Luzancy, Pont Boutiron) bis hin zu den fortschrittlichsten Brücken der Welt (Viaduc de Millau) haben wir uns 20 Brücken sowie einige andere spannende Ingenieurbauwerke angesehen. Und wenn so eine begeisterte Truppe aus 21 Studierenden, drei Mitarbeitenden und einem Professor aufmerksam durch Frankreich fährt, ist es auch logisch, dass wir auf dem Weg spontan noch einige weitere interessante Brücken entdeckt haben.

Dieser Exkursionsbericht fasst nun unsere Reiseerlebnisse zusammen – für uns als Erinnerung, für unsere Sponsoren als Dankeschön, für weitere Brückenbau-Studierende als Motivation, selbst eine solche Exkursion zu planen und natürlich für alle anderen Interessierten als spannende Lektüre. Am Ende sind es über 100 Seiten geworden, doch wir hätten noch viel mehr schreiben können. Die Eindrücke dieser Reise werden noch lange in uns nachwirken und uns hoffentlich eines Tages zu der einen oder anderen genialen Idee inspirieren. Viel Spaß beim Lesen!

