

DIE ADOLPHE- BRÜCKE



Als eines der Wahrzeichen der Stadt Luxemburg, beliebtes Postkarten-Motiv und Zentrum der Feierlichkeiten anlässlich des luxemburgischen Nationalfeiertags, überspannt die Adolphe-Brücke das Pétrusse-Tal seit 1903. Sie erhielt ihren Namen zu Ehren von Großherzog Adolphe, der das Land zwischen 1890 und 1917 regierte.

Die „Néi Bréck“ bildet die Verbindung zwischen der Oberstadt und dem Plateau Bourbon und stellt vor allem die gegenseitige Erreichbarkeit und die Mobilität zwischen diesen beiden Vierteln der Hauptstadt sicher. Über die Brücke verlaufen vier Fahrspuren, eine in Richtung Oberstadt, die dem öffentlichen Nahverkehr vorbehalten bleibt, sowie drei für den Individualverkehr in Richtung Hauptbahnhof. Zudem befinden sich seitlich der Fahrspuren entlang der Brücke 1,80 m breite Bürgersteige, die von den Fahrspuren durch ein Schrammbord getrennt sind.

Als bedeutendes Bauwerk des 20. Jahrhunderts zählt die Adolphe-Brücke zu den schönsten und kunstvollsten Steinbogenbrücken, die bis dahin geschaffen wurden.

Blick auf die Brücke
(Quelle: Ponts et Chaussées)



HISTORISCHER ÜBERBLICK

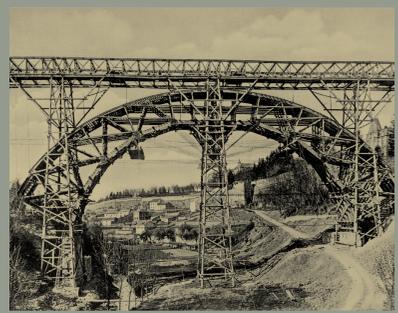
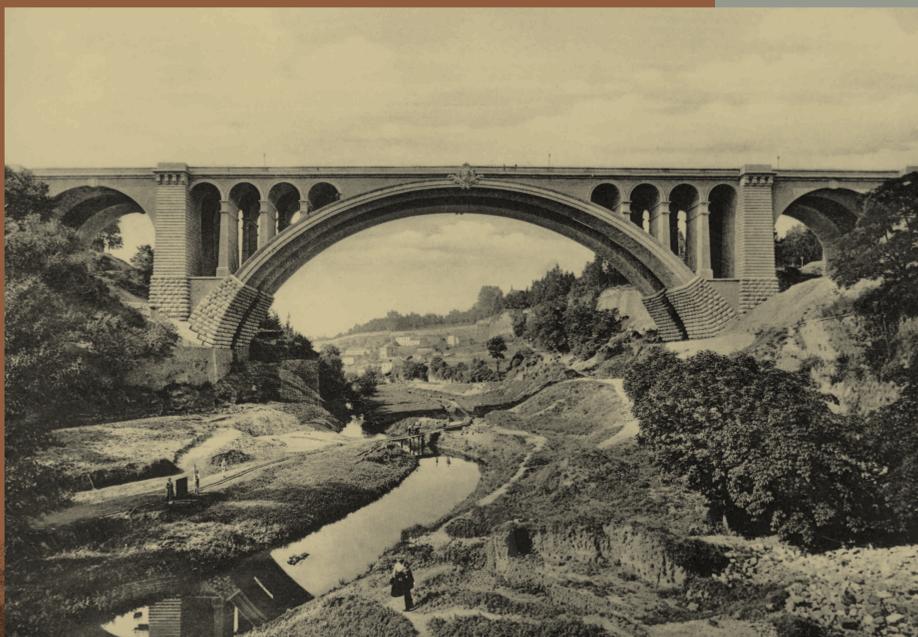
14. JULI 1900_GRUNDSTEINLEGUNG

1900-1903_BAUZEIT

24. JULI 1903_ÖFFNUNG DER BRÜCKE FÜR DEN VERKEHR

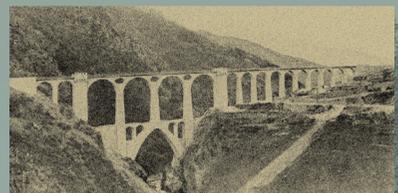
Der Plan, zusätzlich zur bereits bestehenden Fußgängerbrücke ein zweites Viadukt zu bauen, das den Westteil der Oberstadt mit dem Plateau Bourbon verbindet, geht auf das Jahr 1867 zurück.

Zunächst wurden zahlreiche Vorschläge eingereicht, bis im Jahr 1896 schließlich ein endgültiges Projekt zurückbehalten wurde. Das von der Verwaltung für öffentliche Arbeiten und dem leitenden Ingenieur Albert Rodange entwickelte Bauvorhaben war von nie da gewesenem Umfang und nahm dank Paul Séjourné schließlich Gestalt an. Dieser bekannte französische Ingenieur, der von der luxemburgischen Regierung als Experte hinzugezogen worden war, führte zahlreiche Änderungen an den ursprünglichen Plänen durch und schuf zwei Doppelbögen mit einem Abstand von 6 Metern. Er entschied sich zudem, die großen Bögen mehrlagig zu bauen, so dass jede Lage der folgenden als Lehrgerüst dienen konnte und durch die Verzahnung der einzelnen Lagen kraftschlüssig verbunden wurde. Eine Methode, die es ermöglichte, Steine zu sparen und die Kosten sowie die Verwendungszeit des Lehrgerüsts zu optimieren.



Paul Séjourné (1851-1939) war ein französischer Ingenieur und Erbauer zahlreicher gemauerter Brücken, wobei er in diesem Bereich zahlreiche Neuerungen eingeführt hat. Auch wenn der Bau von großen gemauerten Brücken und Viadukten später aufgrund unzureichender Wirtschaftlichkeit zugunsten von Betonbrücken aufgegeben wurde, erlangte Séjourné mit seiner Adolphe-Brücke internationale Anerkennung. Heute gibt es Hunderte von Brücken, die von den Bauwerken dieses Ingenieurs inspiriert sind. Sein luxemburgisches Meisterwerk hat sogar dazu geführt, dass bestimmte Eisenbahnbrücken als „nach Art von Séjourné“ bezeichnet werden. Die Brücke von Le Castelet, die Brücke Hastière-Lavaux

und die Antoinette-Brücke (1884), die Pont de Luxembourg (1900), die Pont des Catalans (1904) sowie das wunderbare Viadukt von Fontpédrouse zählen zu den Meilensteinen seines durch große Innovationen gekennzeichneten Werks.



Wussten Sie dass ...

... der Bau dieser Brücke in französisch-luxemburgischer Zusammenarbeit erfolgte und es Luxemburg ermöglichte, seine Unabhängigkeit zu bekräftigen, als die Spannungen zwischen Frankreich und Deutschland immer mehr zunahmen?



EIN AUSSER-GEWÖHNLICHES BAUWERK



Zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme am 24. Juli 1903 war die Adolphe-Brücke die größte Bogenbrücke der Welt: mit einer Gesamtlänge von 153 m über das Tal der Pétrusse und einer Rekord-Spannweite von 85 m.

Séjourné widmete sich mit seinem ganzen Talent dem Bau dieses außergewöhnlichen Projekts, das aus sechs Meter auseinanderliegenden Doppelbögen mit einer zentralen Öffnungsbreite von 84,65 m besteht. Zu selten, um Erwähnung zu finden: Die Fahrbahn (die Plattform der Brücke) ist aus Eisenbeton hergestellt; eine besondere Technik, die zu jener Zeit nur etwa 10 Jahre lang angewandt wurde.



Ebenfalls erwähnenswert: Die Brücke wurde so angelegt, dass sie sich kontinuierlich an die Verkehrsentwicklung anpassen konnte – Dampfzüge im Jahr 1903, elektrische Straßenbahn in den 30-er Jahren, dann Erweiterung in den 60-er Jahren vor einer Absicherung der Bürgersteige 1970 ...



-  Der große Rundbogen wird verschoben
-  Einsatz eines Betonträgers
-  Die Hälfte der Brücke ist für den Verkehr freigegeben

Wussten Sie dass ...

... die großen Bögen auf 2850 m³ komplett aus Gilsdorfer Steinen bestehen? Der Rest der verbauten Steine kommt aus Erzen, Dillingen und Verlorenkost. Die am Bau beteiligten Unternehmen waren Fougerolle Frères für die Maurer- und Steinarbeiten und die Gesellschaft Coignet – unter der Leitung von Edmond Coignet – für die Fahrbahnplatte.

DIE BRÜCKE IM LAUFE DER JAHRE

1933

_Belastungsversuche, durchgeführt von Professor Ros von der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich


1936

_Erneuerung von 500 Brüstungen

1961/1962

_Erneuerung und erste Erweiterung der Fahrbahnplatte: Verlegung einer neuen Stahlbeton-Fahrbahnplatte auf zwischen den beiden Bögen verlegten Fertigteilelementen


1976

_Reparaturarbeiten: Erneuerung des Fahrbahnbelags, Austausch der Fahrbahnübergänge und Erhöhung der Bürgersteige

1996

_Feststellung vertikaler und horizontaler Risse an den Bogenkörpern während einer Bauwerksinspektion, die ab diesem Zeitpunkt intensiviert wurden. Seitdem ständige Überwachung des Bauwerks


September 2003 bis August 2004

_Provisorische Stabilisierung der beiden Hauptbögen mithilfe von 258 im Bereich der Risse angebrachten Spannglieder


Februar 2005

_Bruch eines Spannglieds. Dieser Vorfall führte zu einer vollständigen Schließung des Pétrusse-Tals für den Fußgängerverkehr auf der Bahnhofsseite

2008

_Installation optischer Sensoren zur Überwachung der Brücke

Ende 2009

_Zustandsbeurteilung mittels Georadar. Die Analyse der Ergebnisse, die im April durch Bohrungen und Untersuchungen mit der optischen Kamera bestätigt wurden, hat ergeben, dass zusätzlich zu einem durchgehenden senkrechten Riss 4 bis 5 waagerechte, breite Risse im Inneren der Konstruktion vorhanden sind, die von außen nicht sichtbar sind.

In Anbetracht dieser Ergebnisse und aufgrund der zunehmenden Abnutzung der Brücke ist eine Sanierung des Tragwerks nun mehr als notwendig.

Wussten Sie dass ...

... die Adolphe-Brücke und die Esch-sur-Sûre-Talsperre Bauwerke sind, die rund um die Uhr überwacht werden?



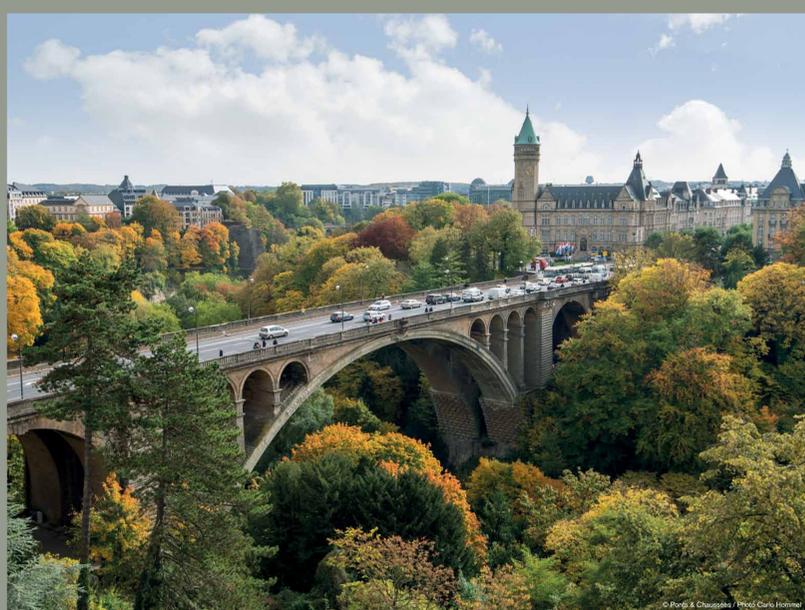
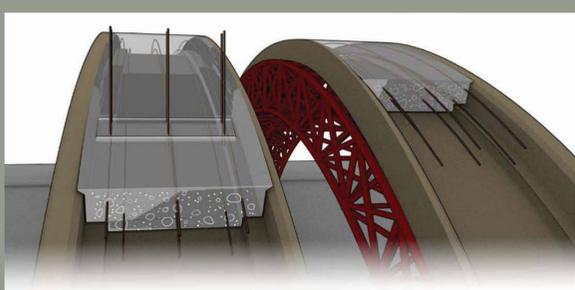
DIE SANIERUNG DER BRÜCKE

ENTWICKLUNG UND WICHTIGSTE PHASEN DES PROJEKTS

Mit Vollendung der provisorischen Stabilisierungsmaßnahmen an den beiden großen Hauptbögen begann man, über eine endgültige und dauerhafte Sanierung der Adolphe-Brücke nachzudenken.

28. Juni 2006

_Vorstellung des ersten Vorentwurfs für die Sanierung, der die Aushöhlung der großen Bögen und die Einsetzung von Stahlbeton vorsah, wobei die Geometrie und die Architektur der vorhandenen Brücke erhalten bleiben sollten



17. März 2007

_Bei einer öffentlichen Anhörung wurde deutlich, dass sich die Bürger stark für den Schutz dieses einzigartigen Standortes interessierten, auf dem die Adolphe-Brücke steht. Die Bevölkerung wünschte, das außergewöhnliche Tragwerk und die besondere Geometrie dieses Bauwerks so vollständig wie möglich zu erhalten. In Anbetracht dieser Tatsache wurde der erste Vorentwurf wieder aufgegeben

2008

_Definition neuer Grundlagen für das Sanierungsprojekt: die provisorischen Spanglieder sollten durch dauerhafte Vorrichtungen ersetzt werden. Von 2008 bis 2011: gezielte Untersuchungen für eine entsprechende Sanierung der Brücke

Wussten Sie dass ...

... die Sanierung der Adolphe-Brücke 63 Millionen Euro kosten wird? Diese Summe umfasst sowohl die zur Durchführung der Sanierung notwendigen Bau- und Straßenbaumaßnahmen als auch die Veranstaltungen und die Ausstellung, die im Zusammenhang mit dem Projekt stattfinden.



Zwischen 2008 und 2011

_wurden gezielte Untersuchungen für eine entsprechende Sanierung der Brücke durchgeführt.

- 1 3-D-Scan des gesamten Bauwerks, bei dem eine Deformation der Bögen festgestellt wurde.
- 2 Dynamische Analyse zur Bestimmung der Vibrationseigenschaften
- 3 Zustandsbeurteilung mittels Georadar, um den Gesamtumfang der Delaminierung festzustellen.
- 4 Injektionsversuche am Mauerwerk der großen Bögen und der Pilaster, um mögliche Injektionsstoffe und ihre Anwendungsart zu bestimmen.
- 5 Eignungstests hinsichtlich der wichtigsten Materialien und Techniken in Hochschullabors, um die beste Eignung hinsichtlich Wirkungsgrad, Lebensdauer und Ästhetik zu bestimmen.
- 6 Versuche zur Reinigung der Steine. Erprobung von Techniken, mit denen Verschmutzungsrückstände, Gipsablagerungen, Kalkablagerungen, Salzurückstände, Moos und Flechten entfernt werden können, ohne die Substanz des Bauwerks zu sehr zu beschädigen.



Anfang 2012

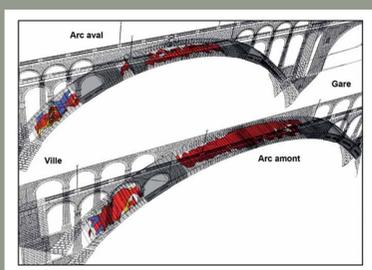
_Abschluss der Pläne für die Sanierung und Einbringen der Gesetzesvorlage in der Abgeordnetenkammer.

19. Dezember 2012

_Verabschiedung der Gesetzesvorlage von der Abgeordnetenkammer.

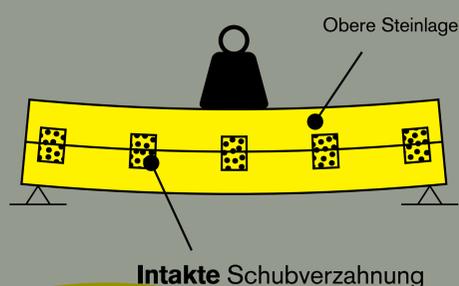
DIE SANIERUNG DER BRÜCKE

DIE GRÜNDE

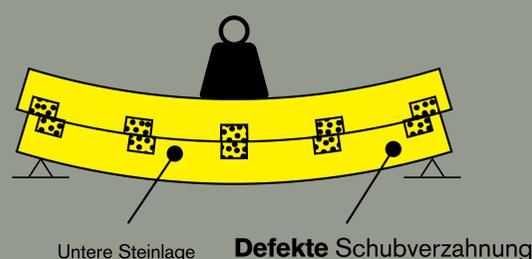


Laut Paul Séjourné ist ein „gemauertes Bauwerk ein langlebiges Bauwerk“. Der Preis für diese Langlebigkeit? Eine sorgfältige Wartung, um eine Verwitterung der Steine und der Fugen im Laufe der Jahre zu verhindern.

Bis heute bestehen die sichtbaren Schäden in einer Ablösung der Schichten des Mauerwerks, aus denen die Hauptbögen bestehen, sowie Rissen, die in beide Richtungen durchgehend sind. Dieses Phänomen der Delaminierung der Bögen (Trennung der Schichten) wurde bei diversen Untersuchungen bestätigt. Diese Trennung der Schichten des Mauerwerks kann, wenn ihr nicht Einhalt geboten wird, zu einem Verlust der Tragfähigkeit des gesamten Bauwerks führen.



Tragfähiger Brückenbogen mit intakter Schubverbindung
Ziel der Instandsetzungsmaßnahme



Eingeschränkte Tragfähigkeit
 (Versagte Schubverbindung)
mögliches Stabilitätsversagen

Folgende zusätzliche Untersuchungen wurden durchgeführt:

- An den Fundamenten wurden tiefe Kernbohrungen durchgeführt, um mögliche Bewegungen des Untergrunds festzustellen. Diese Versuche haben gezeigt, dass die Fundamente des Bauwerks keine Schwächen aufweisen.
- Eine Überprüfung der Geometrie des Bauwerks hat ergeben, dass die Bögen flussabwärts und flussaufwärts eine anormale Deformation aufweisen. Stabilitätskontrollen durch dreidimensionale Berechnungen haben zu keiner Klärung der Ursachen dieser Deformationen geführt. Eine Überprüfung der Spannungen im Bogen vor Ort mithilfe von flachen Hydraulikzylindern hat die Vermutung bestätigt, dass die Deformationen auf die Zeit des Baus der Adolphe-Brücke zurückgehen und dass die Bögen ursprünglich auf bereits deformierten Lehrgerüsten errichtet worden waren.

- Die schriftlichen Berechnungen haben in der Tat gezeigt, dass ein Teil des Kräfteflusses im Bogen von den Zwickeln abgefangen wird. Dies wird durch die Risse in den Zwickeln bestätigt und führte zum Bruch der Verzahnung.

Wenn die Summe der horizontalen Komponenten der drei Schichten eine Konstante bildet, führt eine entlastete Schicht dazu, dass die beiden anderen Schichten der Bögen überlastet werden. Da diese beiden Schichten stärker beansprucht wurden, kam es zu Brüchen. Die ersten Schäden führten zu weiteren, so dass nach und nach immer mehr Risse entstanden.

Hinzu kommen weitere Aspekte, die die Situation verschärft haben:

- Ermüdung von Material und Konstruktion des um die hundert Jahre alten Bauwerks
- Unzureichende Sanierung
- Temperaturunterschiede zwischen den Außenseiten und

dem Inneren des dicken Mauerwerks (für die Delaminierung nicht entscheidend)

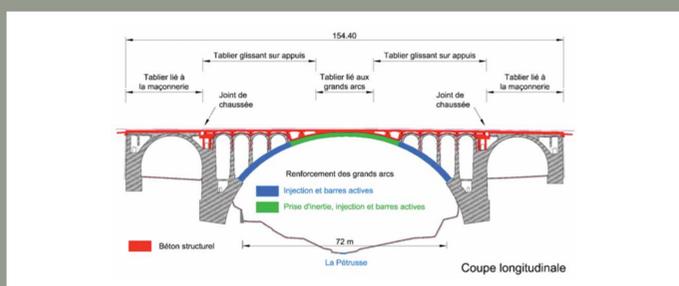
- Die bereits zu Beginn vorhandene exzentrische Lasteinleitung, die durch die Sanierung der in den Jahren 1961 und 1962 erneuerten Fahrbahnplatte und der damit verbundenen Lastverlagerung noch verstärkt wurde
- Die damalige Verbreiterung der Fahrbahnplatte hat zu einer zusätzlichen, exzentrischen Dauerbelastung geführt

Weitere, auf Auswaschung und Verschiebung von Steinen zurückzuführende Schäden haben gezeigt, dass die Fahrbahnplatte undicht war.

Wussten Sie dass ...

... die Belastung durch Straßenbahn, Lastwagen, Autos nur 5% des Gewichts des Tragwerks ausmacht? Das Tragwerk selbst stellt 95 % der Gesamtlast dar.

DIE SANIERUNGS- ARBEITEN SCHRITT FÜR SCHRITT



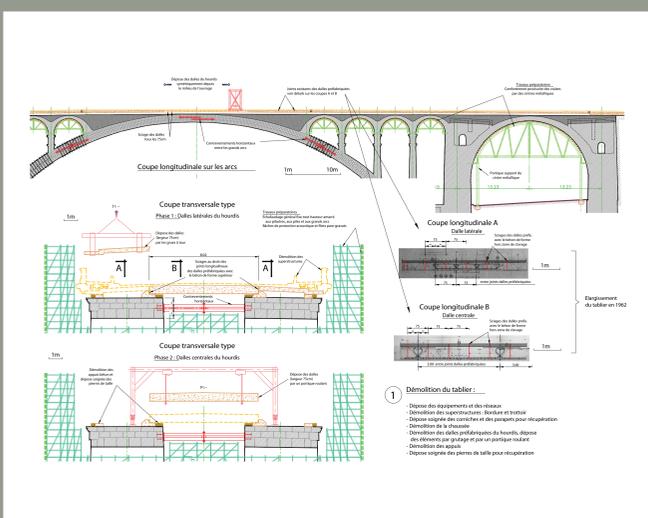
Gemäß den Vorgaben der UNESCO wurden die Sanierungsmaßnahmen so gewählt, dass sie spätere Restaurierungsarbeiten möglich machen, dabei aber die von Séjourné entworfene und umgesetzte Architektur der Brücke bestmöglich erhalten bleibt. Die Pläne sehen eine Entfernung der aktuellen Fahrbahnplatte und den Bau einer neuen Platte vor. Diese wird breiter sein (2 x 0,75 m an jeder Seite) sowie dicker, und sie wird zudem das darunterliegende Mauerwerk abdichten, das lange Zeit dem in großen Mengen durchsickernden Wasser und Salzwasser ausgesetzt war. Eines der Hauptziele des Sanierungsprojekts der Adolphe-Brücke ist die nachhaltige Verstärkung der Hauptbögen, um einer weiteren Delaminierung entgegenzuwirken.

Folgende Maßnahmen sollen für mehr Stabilität des Bauwerks sorgen:

- Wiederherstellung des monolithischen Tragwerks durch Aufbringen einer zusätzlichen Druckkraft mithilfe von Spangliedern
- Kraftschlüssiges Verpressen der Risse im Mauerwerk mit Zement

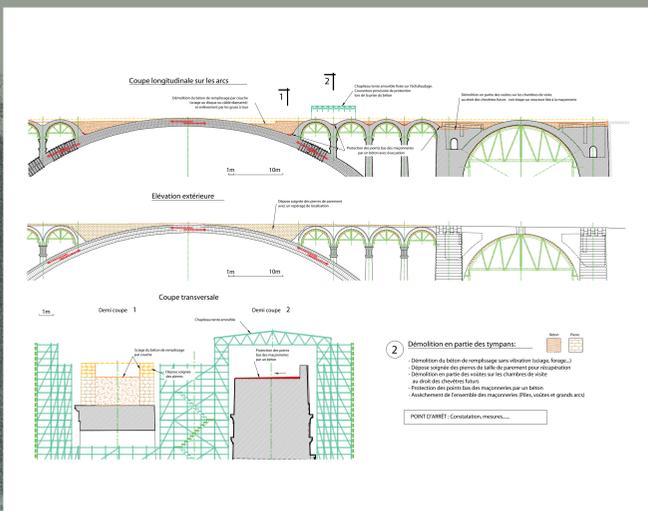
Das Sanierungsprojekt sieht zudem die Verstärkung des Mittelbereichs durch Hinzufügen einer vierten, nicht sichtbaren Schicht aus Stahlbeton vor, die mit den drei anderen Schichten verbunden ist. Die Pfeiler und Gewölbe bleiben vollständig erhalten. Schließlich werden die Steine einer Reihe von spezifischen Reinigungsarbeiten unterzogen, wodurch jedoch die historische Wahrung des Bauwerks gewährleistet wird.

Die Arbeiten werden in folgender Reihenfolge durchgeführt:



Phase 1

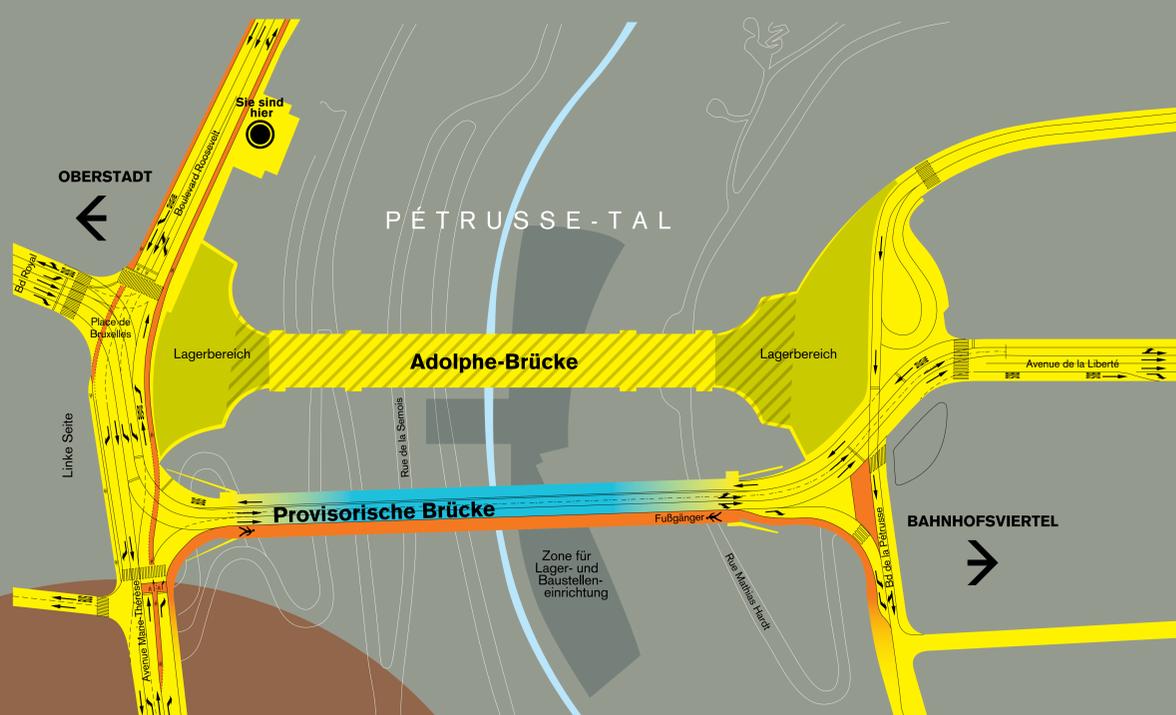
Abriss der Fahrbahnplatte. Einrichtung der Baustelle. Errichtung eines vollständigen Gerüsts, das den Zugang zum gesamten Bauwerk ermöglicht.



Phase 2

Abtragen der Zwickel unter der Fahrbahn. Mit dem Ende dieser Phase ist der Abriss beendet. Vor Beginn der nächsten Phase wird die Stabilität der auf diese Weise leichter gemachten Struktur überprüft.

DIE PROVISORISCHE BRÜCKE



Phase 1

Neugestaltung der Straßeninfrastruktur im Pétrusse-Tal (Ausbau der Zufahrtsstraßen, Neubau der beiden kleinen bestehenden Brücken, Errichtung einer kleinen provisorischen Brücke).

Phase 2

Entfernung und Umpflanzung bestimmter Bäume entlang der Avenue Marie-Thérèse und des Boulevard de la Pétrusse. Gleiches gilt für weitere Bäume des Tals, die sich im Bereich der Fundamente der künftigen Pfeiler befinden. Die Bäume in gutem Zustand wurden in die Baumschule der Ponts et Chaussées am Kirchberg verpflanzt.

Phase 3

Einrichtung der Baustelle und Verlegung der Serpentine (Seite Avenue Marie-Thérèse).

Phase 4

Herstellung der Widerlager aus bewehrter Erde und der Pfeilerfundamente am Grunde des Tals. Verlegung der bestehenden Leitungsnetze von der Adolphe-Brücke zu den Widerlagern der provisorischen Brücke.

Phase 5

Aufbau des Metallgerüsts der provisorischen Brücke vor Ort.

Phase 6

Verlegung der Fahrbahn und Umgestaltung der angrenzenden Plätze.

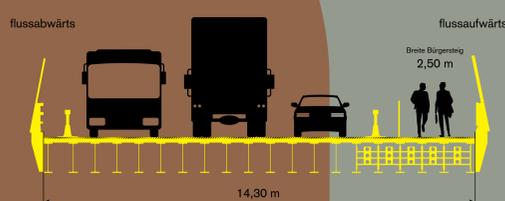
Phase 7

Betriebsphase der provisorischen Brücke während der Sanierung der Adolphe-Brücke.

Phase 8

Rückbau der provisorischen Brücke.

Schnitt der provisorischen Brücke



Die Sanierung der Adolphe-Brücke in Luxemburg bedarf eines vollständigen Abrisses der Fahrbahnplatte und der Zwickel sowie der Entfernung eines Teils der Ausparungsbögen. Es erweist sich daher als unmöglich, den Verkehr auf der Brücke während der Durchführung der Stabilisierungs-

arbeiten aufrechtzuerhalten. Die Intensität des Straßenverkehrs auf der Adolphe-Brücke – als Verbindung zwischen Oberstadt und Hauptbahnhof – erfordert vielmehr die Einführung einer Ersatzlösung in Form einer provisorischen Brücke.

Am 10. Mai 2011 wird das Gesetz über die Errichtung der provisorischen Brücke und der Zugänge zur Baustelle im Rahmen der Sanierung der Adolphe-Brücke von der Abgeordnetenkammer verabschiedet. Die durch dieses Gesetz entstehenden Aufwendungen dürfen den Betrag von 23 Millionen Euro nicht übersteigen.

- Diese provisorische Brücke aus Metall sieht drei Fahrspuren und einen Bürgersteig auf der Westseite vor. Von den drei Fahrspuren stehen zwei Spuren für den Individualverkehr in Richtung Bahnhof zur Verfügung, während die dritte dem öffentlichen Verkehr Richtung Stadt vorbehalten ist. Die provisorische Struktur ist nur für die Zeit der Sanierungsarbeiten der Adolphe-Brücke vorgesehen.
- Die provisorische Brücke verbindet die Avenue Marie-Thérèse auf der Stadtseite mit dem Boulevard de la Pétrusse auf der Bahnhofsseite. Die provisorische Struktur befindet sich in einer Entfernung von etwa 30 m zur Adolphe-Brücke und wird insgesamt 174 m lang sein.



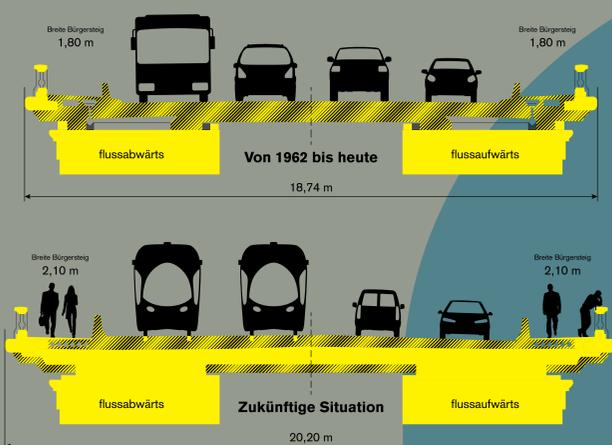
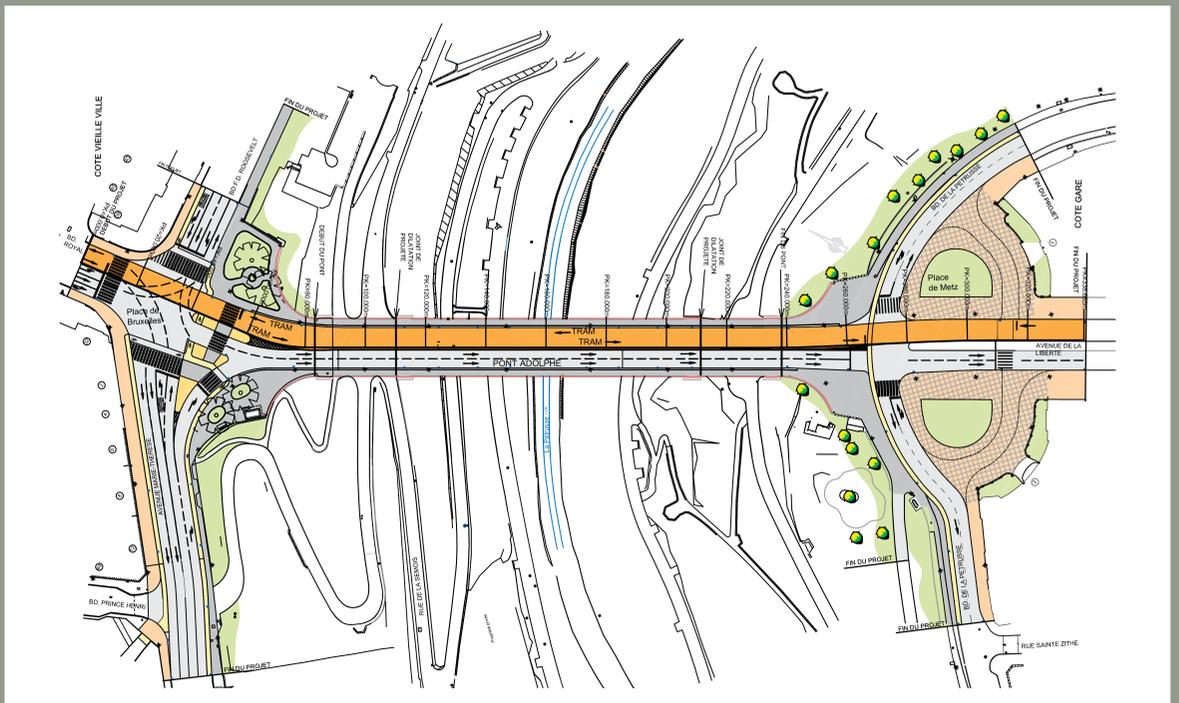
Wussten Sie dass...

... während der Arbeiten spezielle akustische Schutzmaßnahmen getroffen werden, um die Anwohner vor eventuellen Lärm- und Vibrationsbelastungen zu schützen?

... für den Umbau der Brücke zwölf Bäume umgepflanzt und in der Baumschule auf dem Kirchberg zwischengelagert werden? Zwei Bäume wurden ins Tal umgesetzt und rund 20 Bäume wurden gefällt.

Simulation der provisorischen Brücke

UND DANACH?



Von 1903 bis heute wurde die Adolphe-Brücke von 16 m auf 17,20 m verbreitert, um sie an die Verkehrsbedingungen anzupassen. Die künftigen Verkehrsbedingungen, die Verbreiterung der Bürgersteige sowie die Berücksichtigung der für den künftigen Straßenbahnverkehr notwendigen Spurweite führen zu einer erneuten Verbreiterung der Brücke um 1,50 m. Die Gesamtbreite des Bauwerks wird somit auf 18,70 m erhöht.

Die neue Fahrbahn mit einer Breite von 13,50 m (7,20 m Spurweite für die Straßenbahn + 2 Fahrspuren mit 3,15 m oder 4 Fahrspuren mit 3,37 m) wird von 2 Bürgersteigen von je 2,10 m Breite flankiert, wobei jeder Bürgersteig durch ein Schrammbord gesichert wird.

Die Gestaltung der Kreuzungen auf der Place de Bruxelles und der Place de Metz bleibt im Großen und Ganzen unverändert. Die Rechts- und Linksabbiegespur werden von der Place de Metz zur Place des Martyrs verlegt.