

Wildtierbrücken unter Extrembelastungen

Lukas Rügsegger
Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG
Bern, Schweiz



Wildtierbrücke unter Extrembelastungen

1. Wildtierkorridore in der Schweiz

Mit dem Bau von Strassen, Gleisen, Infrastrukturbauten, Siedlungen sowie Industrie- und Gewerbearealen ist in der stark überbauten Schweiz die Wildtiervernetzung eingeschränkt. Die Lebensräume der Tiere sind geographisch mit unüberwindbaren Barrieren abgegrenzt, wodurch der natürliche Bewegungsdrang der Tiere unterdrückt wird.

In der Schweiz sind 305 Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung erfasst. Davon sind 14% unterbrochen und können von den Tieren nicht mehr benutzt werden. Über die Hälfte der Korridore (58%) sind beeinträchtigt und nur 28% werden als intakt eingestuft.

Im Jahr 2001 hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) das Ziel gesetzt, 51 überregionale Wildtierkorridore durch wildtierspezifische Bauwerke zu sanieren, damit sich die Tierbestände über verschiedene geographische Gebiete genetisch wieder austauschen können. Im Gebiet Rynetel, zwischen Gränichen und Hunzenschwil und bei Neuenkirch, zwischen Sempach und Rothenburg ist der Wildtierkorridor aufgrund von Bauwerken und Siedlungsgebieten eingeschränkt und durch die Autobahnen A1 und A2 komplett unterbrochen. An beiden Standorten entstand eine Wildtierüberführung mit einer Überdeckung in Holzbauweise über die Nationalstrasse.

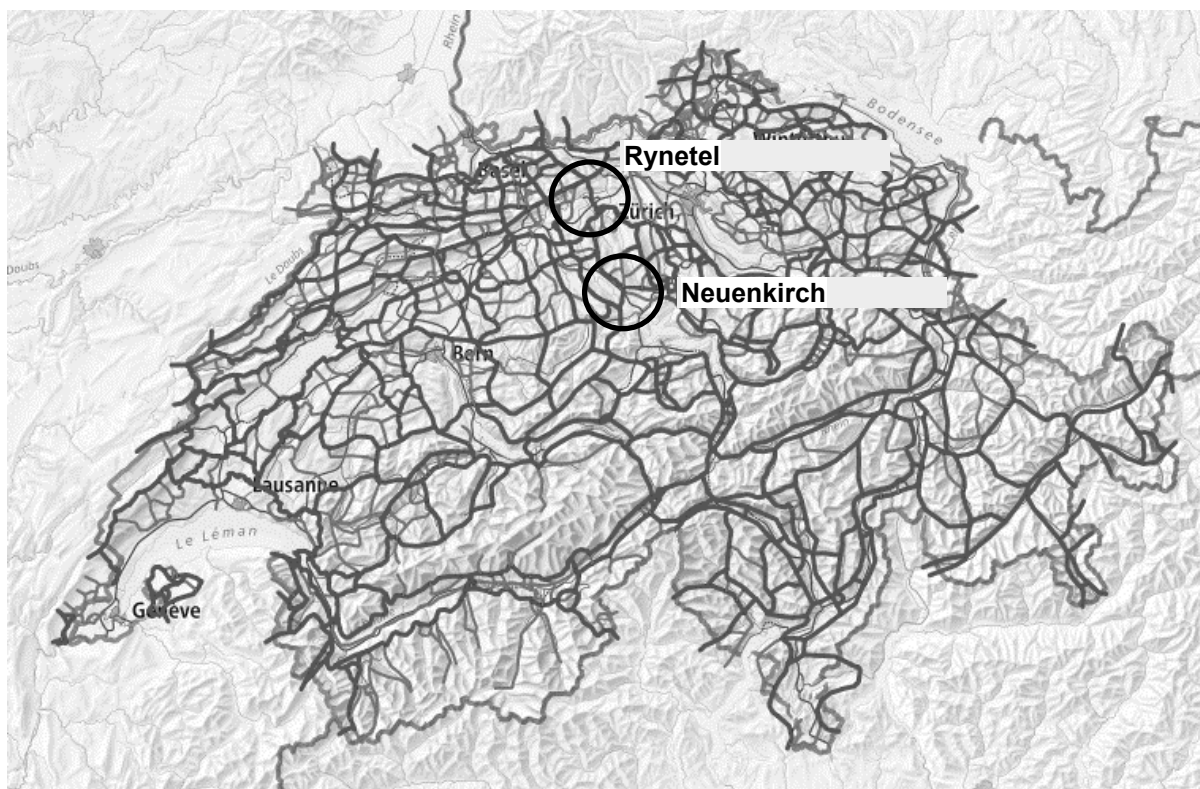


Abbildung 1: Wildtierkorridore mit überregionaler Bedeutung und Standorte der Wildtierüberführungen Rynetel und Neuenkirch. Quelle: map.geo.admin.ch

2. Die Wildtierbrücken

2.1. Überführung Rynetel

Das Überführungsbauwerk sollte sich gut in die Topografie und die Landschaft einpassen. Um die Brückenoberseite entsprechend für die Wildtiere zu gestalten, ist eine Nutzbreite von 50 Meter vorgegeben. Zudem war eine wirtschaftliche und unterhaltsarme Konstruktion gefordert mit einer langen Lebensdauer von 100 Jahren. Im Lichtraumprofil wurde ein möglicher Autobahnausbau auf 6 Fahrstreifen berücksichtigt. Als wichtige Autobahnverbindungen kann die A1 nicht komplett gesperrt werden. Der Bau musste deshalb unter Aufrechterhaltung des Verkehrs errichtet werden.



Abbildung 2: Fotos der fertiggestellten Brücke

Konstruktion

Im Querschnitt weist das Bauwerk seitlich wie in der Mitte eine Betonmauer mit 80cm Dicke auf. Überspannt werden die rund 17 Meter Spannweite je Seite mit Bogenbindern in Brettschichtholz GL28h. Die Binder weisen einen Querschnitt von 240 x 760 Millimeter auf und sind mit einem Sprungmass von 80 Zentimeter auf die Betonwände montiert. Ein Stahlgelenk verbindet die Holzbinder mit der Massivbaukonstruktion.

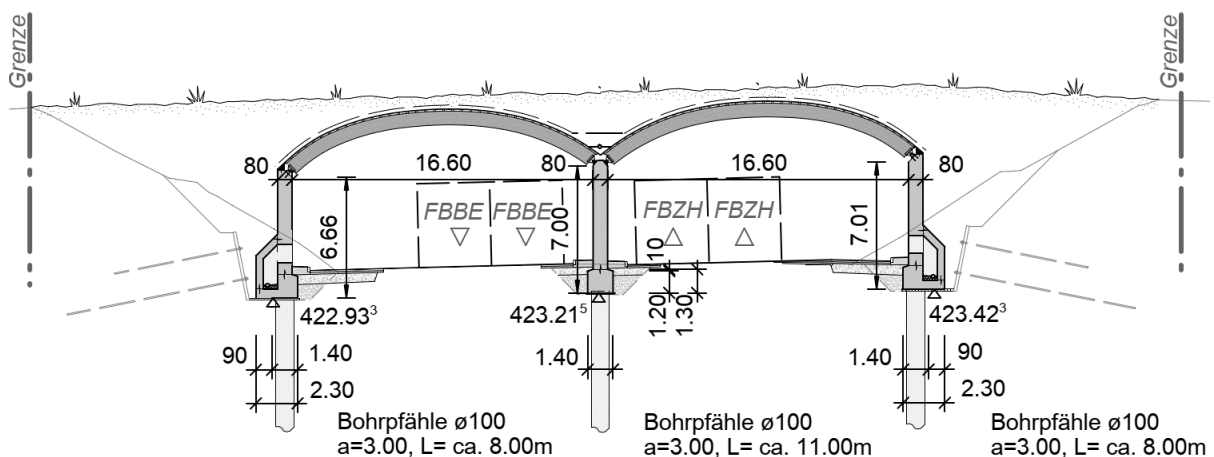


Abbildung 3: Querschnitt der Brücke

Das Sekundärtragwerk besteht aus geraden Brettschichtholzträgern mit dem Querschnitt von 100x400mm, welche liegend auf die Bogenbinder befestigt sind. Als abschliessender Untergrund für die Abdichtung dient eine Furnierschichtholzplatte, die auf die Sekundärträger befestigt ist. Ein PUR-Bitumenanstrich dient als Haftgrund für die doppelt ausgeführte und vollflächig verschweisste Polymerbitumen-Abdichtung. Der Wurzelschutz aus einer TPO-Kunststoff-Abdeckung ist dicht verschweisst und schützt so den Untergrund vor Wurzeldurchwachsen. Als mechanischer Schutz ist die Abdichtung zusätzlich mit einer Gummischrotmatte abgedeckt. Eine Drainageschicht aus Sickerkies wird mit einem Filtervlies abgedeckt und leitet das Sickerwasser vom Scheitel zu den Seitenwänden, wo es versickert, oder in die Mitte des Doppelbogens wo das Wasser mittels Sickerleitung gesammelt und über ein Fallrohr der Strassenentwässerung zugeführt wird. Die letzte Schicht besteht aus Erdreich mit verschiedenen Substraten, welche bepflanzt wird.

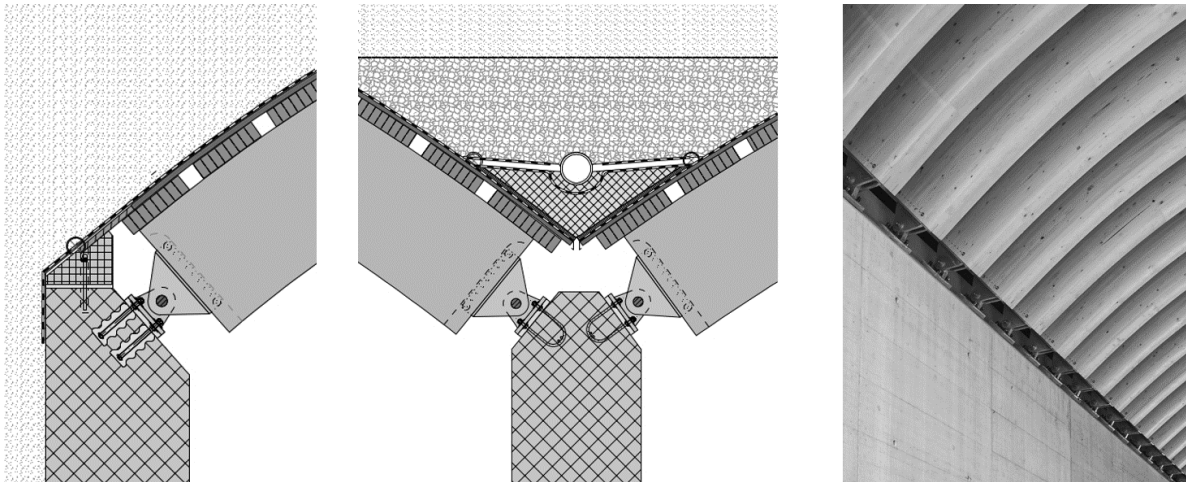


Abbildung 4: Konstruktion der Auflagerbereiche der Seitenwand (links) und der Mittelwand (rechts).
Mitte: Schnitt durch Stahlgelenk

Im Scheitelpunkt wird so die Konstruktion mit 70 Zentimeter, bei den Aussenmauern über 4 Meter hoch mit Erdreich und Sickerkies überdeckt.

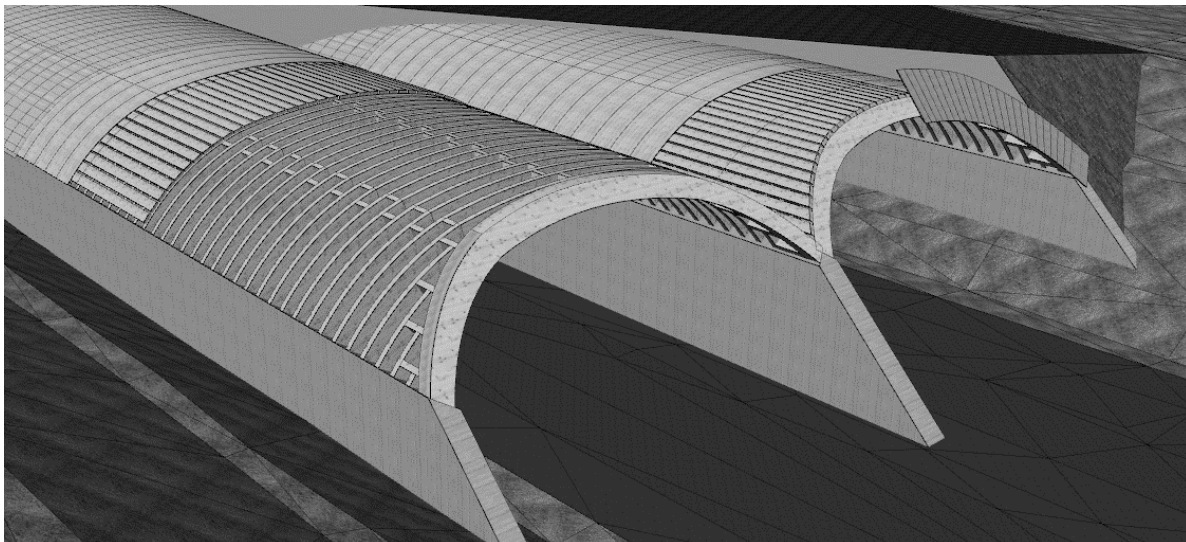


Abbildung 5: Visualisierung der Konstruktion der Konstruktionsbauteile

Um möglichst kleine Erdaufasten auf dem Bauwerk zu generieren und damit auch die Erdbewegungen der Hinterfüllung bzw. Überdeckung auf ein Minimum zu optimieren, wurde das Tragwerk höher angeordnet als es aufgrund des Lichtraumprofils für die Strassennutzung nötig gewesen wäre. So entstand eine nahezu ebene Nutzfläche für die Wildtiere. Die beiden Portale sind geneigt ausgebildet, so dass die verschiedenen Überdeckungshöhen mit einer Böschung abgeschlossen werden können.

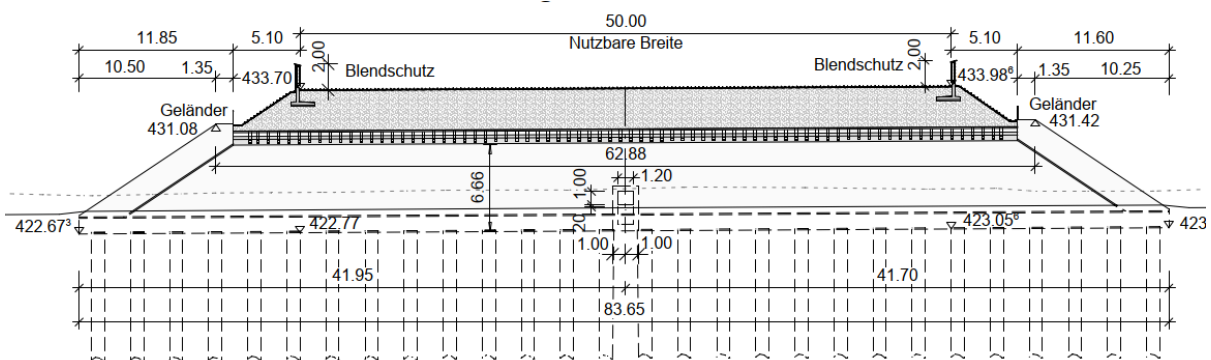


Abbildung 6: Längsschnitt der Brücke mit geneigten Portalen und den Blendschutzelementen als Abgrenzung.

Ein zwei Meter hoher Blendschutz grenzt die Brücke ab. Seitlich der Brücke wird der Blendschutz mit dem Wildschutzzaun zusammengeschlossen, so dass keine Tiere auf die Autobahn gelangen. Der Blendschutz ist ein wichtiges Element, welcher vor Scheinwerferlicht schützt, damit die Tiere möglichst ungestört die Brücke queren können.

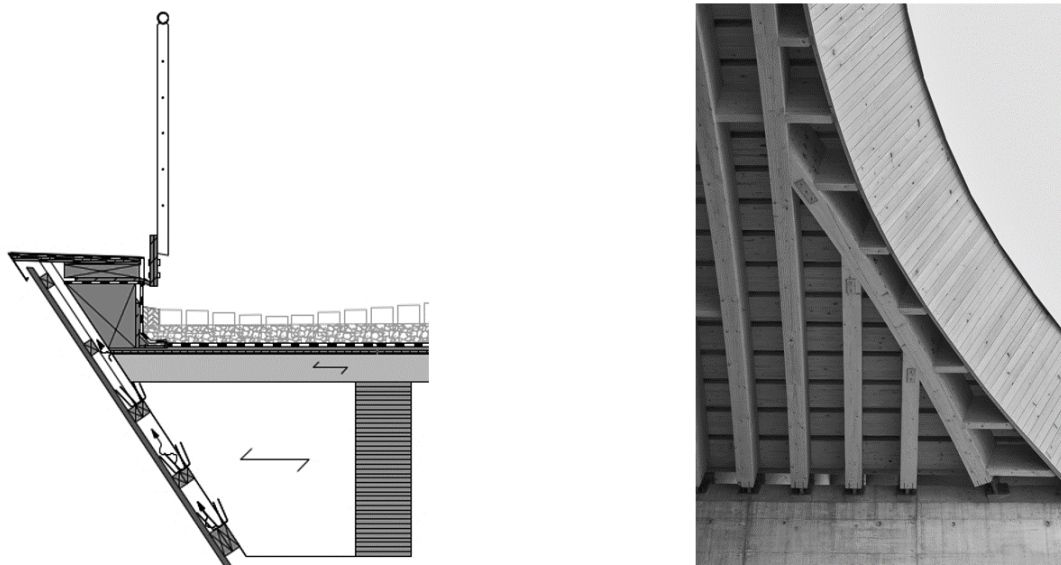


Abbildung 7: Schnitt durch Portal und Blendschutz im Bogenseitel

Montage

Das Brückenbauwerk musste unter laufendem Autobahnbetrieb errichtet werden. Daher wurde die Holzbaukonstruktion komplett in Nachtarbeit montiert werden. Dazu konnte der Verkehr auf die Gegenfahrbahn umgeleitet werden, so dass die Arbeiten direkt von der Fahrbahn aus erfolgen konnten.

Aufgrund der aufwändigen Arbeiten an den Portalen wurden diese auf einem nahegelegenen Firmengelände als Module vormontiert und mit einem Ausnahmetransport auf die Baustelle gefahren und montiert. Die dazwischenliegenden Binder wurden einzeln aufgerichtet, das Nebentragwerk sowie die Furnierschichtplatte wurden anschliessend montiert. Als letzte Nachtarbeit wurden die Portalverkleidungen und das Portalgelenk montiert, so dass die Abdichtungsarbeiten in Tagarbeit ausgeführt werden konnten.



Abbildung 8: Montage der einzelnen Binder zwischen die Portalmodule.

2.2. Überführung Neuenkirch

In Neuenkirch baut das Bundesamt für Strassen ASTRA nach der Wildtierbrücke Rynetel bereits die zweite Wildtierbrücke mit einer Holzüberdeckung. Die Wildtierüberführung im Kanton Luzern hat eine Breite von 50 Metern und eine Länge von rund 36 Metern.

Wie beim Bauwerk in Rynetel mussten auch in Neuenkirch die Montagearbeiten in der Nacht durchgeführt werden. Während mehreren Nächten montierten Zimmerleute die 17.5 Meter langen, 1.24 Meter hohen und 8 Tonnen schweren Holzträger. Rund 2500

Kubikmeter, grösstenteils Fichtenholz aus dem Entlebuch, werden dafür verbaut. Dass das Holz in den umliegenden Wäldern geschlagen und in regionalen Betrieben weiterverarbeitet wurde, ist ein Gewinn für die hiesige Wirtschaft. Auch die Umwelt freuts. Denn: Lokales Holz ist aus ökologischer Sicht deutlich vorteilhafter als Holz aus dem Ausland.



Abbildung 9: Montage der einzelnen Binder zwischen die Portalmodule. Bilder: Astra

Konstruktion

Auch die Überführung Neuenkirch besteht aus zwei Seitenmauern und einer Mittelmauer in Ort beton. Die Überdeckung in Holzbauweise überspannt die ca. 17 Meter als Einfeldträger mit einer Überhöhung von 10 Zentimeter. Die Träger aus Brettschichtholz GL24k weisen eine Abmessung von 720 x 1240 Millimetern auf und sind in einem Sprungmass von rund 1,15 Meter angeordnet. Die Träger sind auf Eichenschwellen und horizontalen Kontakthölzer in Eiche gelagert.

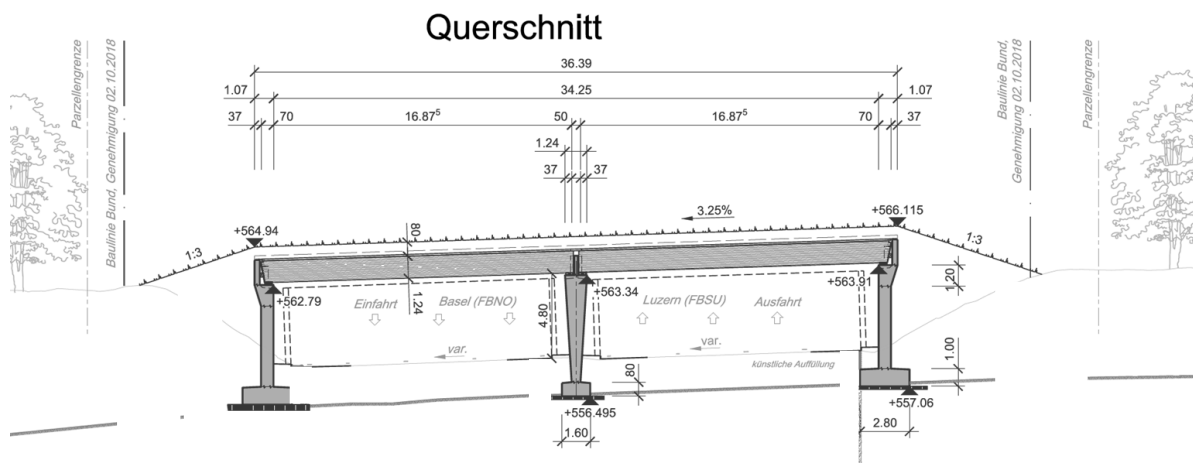


Abbildung 10: Querschnitt der Überführung Neuenkirch

Das Sekundärtragwerk besteht aus 100 Millimeter dicken CLT-Platten, welche direkt auf die Längsträger befestigt wurden und als Untergrund für die mehrlagige Abdichtung dienen. Die Abdichtung besteht aus einem Haftgrund in Form eines PUR-Bitumenanstrichs, einer selbstklebenden Polymerbitumenbahn und einer zweiten, vollflächig verschweissten Polymerbitumenbahn. Als Wurzelschutz wurde auch bei der Überführung Neuenkirch eine dicht verschweisste TPO Kunststoff-Abdeckung verwendet, welche zusätzlich mit einer Gummischrotmatte geschützt wird. Über eine rund 20 Zentimeter dicke Drainageschicht aus Sickerkies wird das Sickerwasser in Richtung der Brückenneigung seitlich abgeleitet. Eine bepflanzte Schicht aus verschiedenen Substraten dient als Nutzschrift der Überführung.

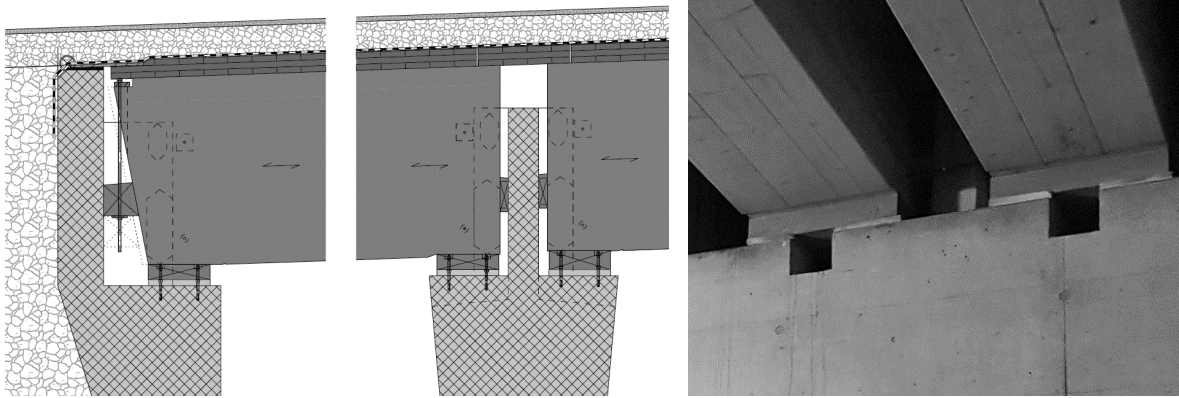


Abbildung 11: Links: Konstruktion der Auflagerbereiche mit Auflagerschwellen und Kontakthölzer in Eiche. Rechts: Foto des Auflagerbereichs

Längsschnitt

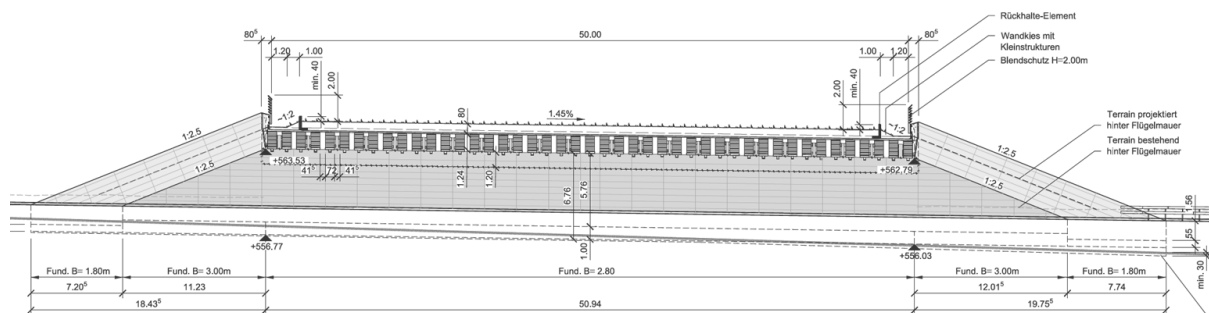


Abbildung 12: Längsschnitt Überführung Neuenkirch.

Anders als bei der Überführung Rynetel, konnten die Portale ohne Böschung ausgeführt werden. Der Blendschutz wurde direkt in die Portalgestaltung miteinbezogen und an der Brüstung montiert.

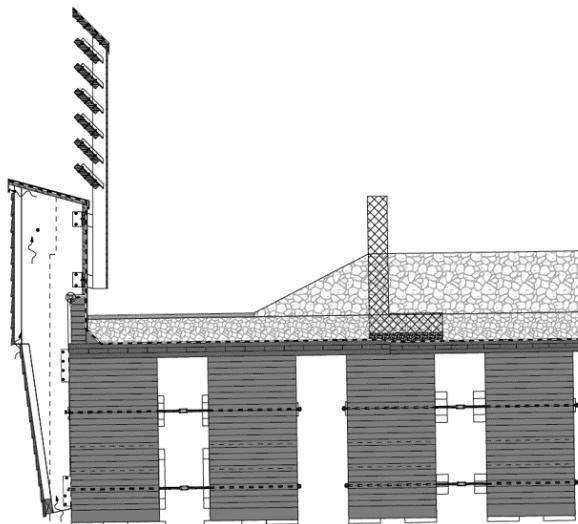


Abbildung 13: Schnitt durch Portal und Blendschutz

Montage

Zur Sicherstellung des Autobahnbetriebs wurde das Bauwerk komplett in Nachtarbeit aufgerichtet. Der Verkehr wurde dabei auf die Gegenfahrbahn umgeleitet, so dass die Autobahn unterhalb der Überführung für die Montagearbeiten genutzt werden konnte.

Die einzelnen Träger wurden auf die vorbereiteten Eichenlager montiert und befestigt. Nach Montage der CLT Platte als Sekundärtragwerk konnte das Portal in vorgefertigten Modulen am Randträger montiert werden. Zum Schluss wurde der Blendschutz am Portal befestigt.



Abbildung 14: Montage eines Trägers, Bilder: Astra

3. Belastungen / Einwirkungen

3.1. Vertikale Belastung

Die Holzkonstruktionen von Wildtierbrücken über Autobahnen müssen ungewohnte und hohe Lasten aufnehmen. Dies bedingt ausgeklügelte Lösungsansätze.

Lösung Rynetel

Bei der Überführung Rynetel entstehen aufgrund der Überdeckung mit teilweise über vier Meter hohem Erdreich hohe Erddrücke auf die Bogenkonstruktion. Der aktive und passive Erddruck belastet und stützt das Bauwerk zugleich. Die Bogenkonstruktion und die Betonwände bilden eine zusammenspielende Einheit. Seitliche Kräfte auf die Betonwände werden durch die Holz-Bogenkonstruktion gestützt und zwischen den Betonwänden kurzgeschlossen. Die Bogenbinder wiederum stützen sich horizontal wie vertikal auf die Betonwände ab. Das System wurde als zusammenhängendes, vom Erdreich gestütztes System modelliert. Dazu wurden die stützenden Eigenschaften des Erdreiches mit Federauflagern und mit berechneten Federkonstanten modelliert.

Als veränderliche Einwirkung wurde eine Ersatzlast von 13 kN/m^2 definiert, welche die Nutzlast, Schneelast und allfällige Verkehrslast von Unterhaltsfahrzeugen beinhaltet.

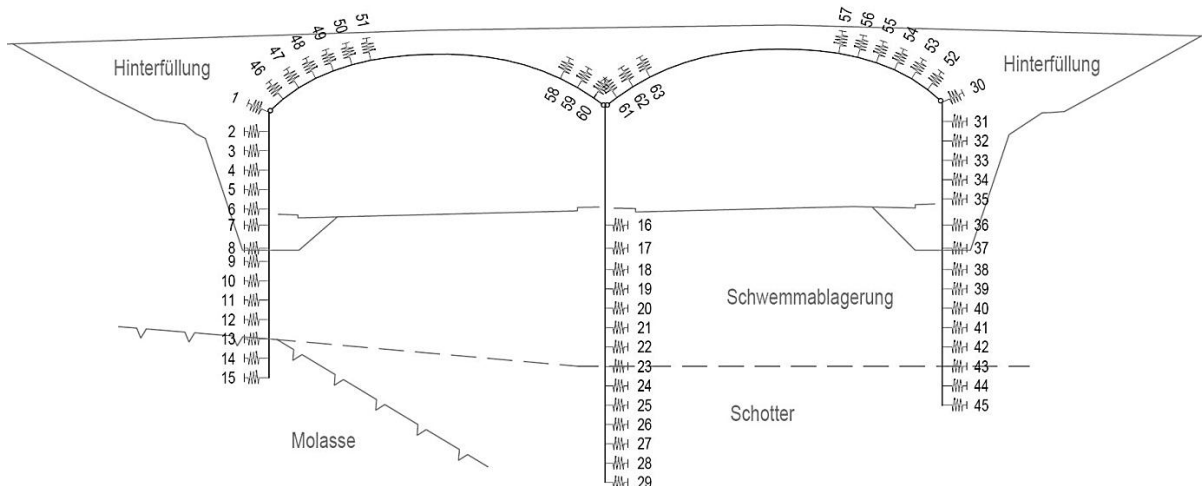


Abbildung 15: Modellierung der gesamten Brückenkonstruktion mit Auflagerfedern zur Berücksichtigung des passiven Erddrucks.

Lösung Neuenkirch

Das statische System der Überführung Neuenkirch ist einfacher: Die Einfeldträger als statisch bestimmtes, lineares System erfährt durch die parallele Aufschüttung eine geringere Belastung. Eine Bettung des Holztragwerks findet nicht statt. Einzig die Seitenwände in Betonbauweise werden durch den Erddruck beansprucht. Um diese zu stabilisieren wurden die Holzträger so ausgebildet, dass sie Normalkräfte aufnehmen können und somit die gegenüberliegenden Betonwände stützend miteinander verbinden können.

3.2. Einwirkung Fahrzeuganprall

Lösung Rynetel

Da die lichte Durchfahrtshöhe zwischen Fahrbahn und Unterkannte Holzkonstruktion über sechs Meter ist, wirken keine Anprallkräfte auf die Holzkonstruktion. (ASTRA Richtlinie 12008 «Anprall von Strassenfahrzeugen auf Bauwerksteile von Kunstbauten»). Auf Niveau Fahrzeugchassis mussten die Anprallkräfte von 960 kN für seitlichen und 2'400kN für frontalen Fahrzeuganprall berücksichtigt werden. Diese Kräfte werden von den Betonwänden aufgenommen.

Lösung Neuenkirch

Die lichte Höhe der Wildtierbrücke Neuenkirch ist mit 4.8 Meter viel kleiner als bei Rynetel. Die Träger über der Fahrbahn mussten daher auf Anprall von zu hoher Ladung bemessen werden. Die Anprallkraft von 375kN übernimmt der erste Träger pro Fahrbahn über Querbiegung auf und leitet diese zu der Seiten- bzw. Mittelwand. Als zusätzliche Redundanz wurde das Sekundärtragwerk aus einer CLT-Platte so ausgebildet, dass die Tragfähigkeit über die auskragende Platte auch ohne Portalträger erfüllt ist. Die Brüstung der Brücke ist mit einer Zugstange gesichert, damit im Schadensfall nichts auf die Fahrbahn fällt.

3.3. Einwirkung Wasser und Feuchtigkeit

Feuchtigkeit ist für ein Holztragwerk eine zentrale Einwirkung, die unbedingt beachtet werden muss. Durch übermässigen Feuchteeintrag, verbunden mit einem schlechten Austrocknungsverhalten kann die Holzsubstanz bereits nach kurzer Zeit durch Fäulnis oder Insekten befallen werden. Um dies zu verhindern wurde bei der Konstruktion der Details die Regeln des konstruktiven Holzschutzes konsequent angewendet. Die Konstruktionsgrundsätze zum Feuchteschutz betrifft beide Brücken gleichermassen.

Lösung Rynetel und Neuenkirch

Bei der Detailplanung wurde darauf geachtet, dass Oberflächenwasser aus Sprühnebel der Fahrzeuge möglichst ungehindert und rasch abfliessen kann und während den Trockenperioden die Holzbauteile rasch austrocknen können. Zwischen den Betonuntergründen und den Holzbauteilen ist ein ausreichend grosser Abstand ausgebildet, so dass die Auflagerbereiche gut luftumspült sind und austrocknen können. (Siehe Abbildung 4 für Rynetel und Abbildung 11 für Neuenkirch)

Zu Gunsten eines guten Austrocknungsverhalten wurden bei Rynetel die Sekundärtragemente mit ca. 10 Zentimeter breiten Lücken angeordnet, so dass aufgrund der Luftverwirbelungen der Fahrzeuge ein möglichst gutes Austrocknungsverhalten resultiert. (Siehe Abbildung 4)

Die Portalverkleidung besteht aus einer austauschbaren Holzverkleidung welche die darunterliegende Konstruktion vor Witterungseinflüssen und Fahrzeug-Gischt schützt. Dank der Hinterlüftung kann die Portalverkleidung und Feuchtigkeit in der Portalkonstruktion rasch austrocknen. Portalverkleidung wie auch der Portalrand sind so geneigt, dass sich kein Schnee ansammeln und auf die Fahrbahn abrutschen kann. (Siehe Abbildung 7 und Abbildung 13)

Das zentrale Bauteil zum Schutz der Holzkonstruktion vor Feuchtigkeit ist die mehrlagige Abdichtung: Auf den Holzuntergrund ist ein Bitumen-PU Voranstrich als Haftbrücke aufgebracht. Darauf sind in zwei Lagen Elastomerbitumen-Dichtungsbahnen vollflächig verlegt. Die Wurzelschutzbahn aus TPO-Kunststoffbahnen ist in den Stössen verschweisst und vollflächig über die Abdichtung gelegt. Als mechanische Schutzschicht dient eine vollflächig verlegte, 15 Millimeter dicke Gummischrotmatte. Das rasche Abfliessen von Sickerwasser gewährleistet eine 20 Zentimeter dicke Drainageschicht. Ein Filtervlies verhindert das Eindringen von Erdreich in das Drainageschicht.

Um das Feuchteverhalten langfristig untersuchen zu können ist bei der Überführung Rynetel ein Feuchtemonitoring installiert. Die Messungen erfolgen im Rahmen eines BAFU finanzierten Forschungsprojekts. Untersucht wird welche Holzfeuchten in den Bauteilen vorherrschen und wie sich diese übers Jahr gesehen verändern. Dazu werden an verschiedenen Bauteilen, Expositionen, in verschiedenen Lagen und in verschiedenen Holztiefen die Holzfeuchten gemessen.

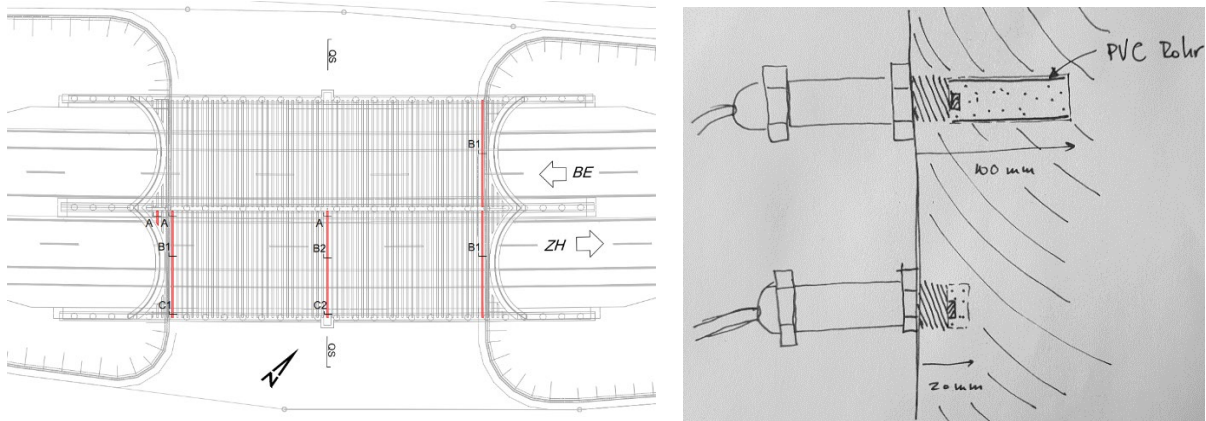


Abbildung 16: Links: Stellen der verbauten Sensoren. Rechts: Einbauskizze der Sensoren.
Quellen: Forschungsprojekt «Klimabedingungen bei Wildtierüberführungen in Holzbauweise»
Berner Fachhochschule AHB Biel.

HF_B1-ZH_Pi-W_BSH760-u-40

Aktueller Messwert: 21.10.2021 14:00
Alarm Status: Keine Überschreitung
Messstypen: Holzfeuchte (inkl. Temp.)
Ost / Nord / Höhe: 2°50'047.2 m / 1°24'134.1 m / 0 m
Beschreibung: HF: Holzfeuchtesensor
 (Messwerte: Holzfeuchte, Holztemperatur)

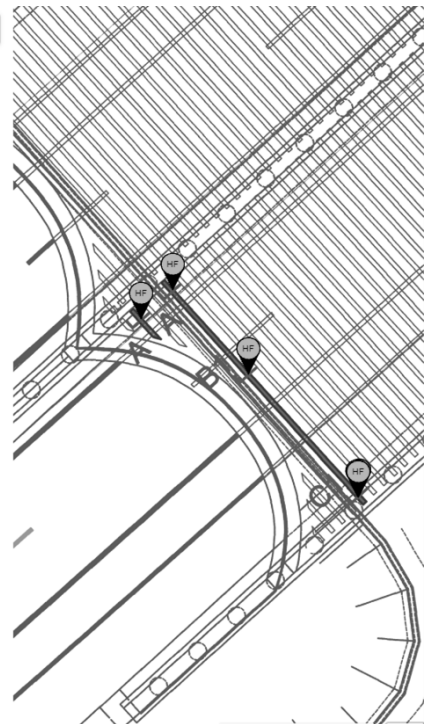
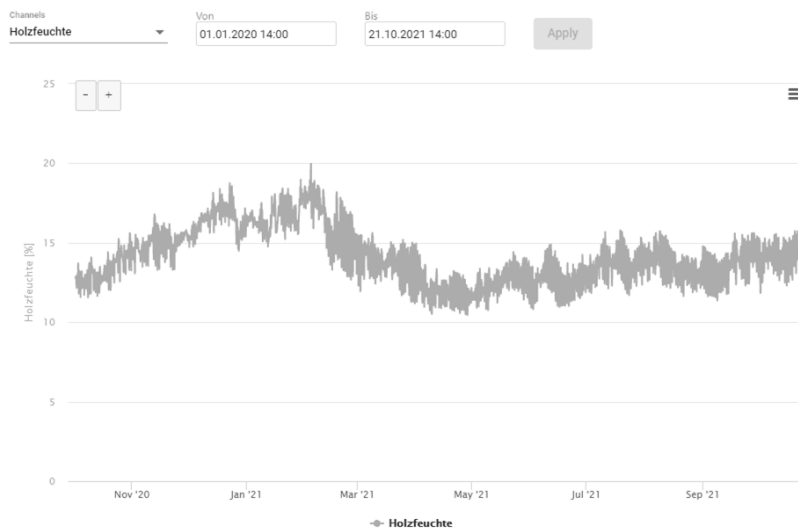


Abbildung 17: Links: Messkurve eines Portalbinders. Quelle: Forschungsprojekt «Klimabedingungen bei Wildtierüberführungen in Holzbauweise» Berner Fachhochschule AHB Biel.

3.4. Einwirkung Frosttausalz

Für eine sichere Fahrt auf Autobahnen wird bei kalten Temperaturen Frosttausalz eingesetzt. Der Einsatz von Tausalzen verstärkt die Schädigungsvorgänge, weshalb erhöhte Anforderungen an den Beton gestellt werden. Auch Stahlteile müssen besonders ausgeführt werden. Deshalb müssen den Tausalzen bei der Planung Rechnung getragen werden. Anders als Beton und Stahl, wird Holz von Tausalzen nicht angegriffen.

Lösung Rynetel

In der Planung wurde eigens für dieses Projekt eine Korrosionsschutzmatrix nach SIA 179 für alle Stahlteile erarbeitet. Die Exposition gegenüber Chloriden und Schwefeldioxid wurde bestimmt und eine reinigende Wirkung durch Regen oder manuelle Reinigung berücksichtigt. Zusammen mit der geplanten Lebensdauer und der statischen Relevanz konnte die Korrosivitätskategorie und die Korrosionsbeständigkeitsklasse festgelegt werden. Anhand dieser Klassifizierungen wurde für die einzelnen Bauteile festgelegt, welche Stahlgüten und Korrosionsschutzsysteme eingesetzt werden können. Für statisch beanspruchte Bauteile wie die Lagergelenke mit langer Lebensdauer wurden zum Beispiel nicht rostende Stähle der Korrosionsbeständigkeitsklasse IV eingesetzt.

Lösung Neuenkirch

Bei der Brücke Neuenkirch wurde weitgehend auf Stahlteile verzichtet. Stattdessen wurden die Auflager und Übergänge zwischen Holzteilen und Betonteilen mittels Eichenbauteilen ausgeführt. (Siehe Abbildung 11) Einzig Verbindungsmittel wie Gewindestangen und Schrauben sowie Stahlteile des Blendschutzes wurden mit entsprechenden Stahlgüten und Korrosionsschutzsystemen benötigt.

3.5. Blendschutz für Wildtiere

Wildtiere fühlen sich durch Fernlichter von Fahrzeugen gestört. Es gilt daher, die Wildtierpassage vor den Lichtern der Fahrzeuge zu schützen. Dazu wurden bei den Brückenportalen ein Blendschutz angebracht, welcher zugleich als Abgrenzung des Strassenbereichs zum Nutzbereich der Überführung dient. Bei der Überführung Rynetel wurde der Blendschutz als eigenständiges, vom Portal zurückgesetztes Element erstellt. Zwischen Portal und Blendschutz konnte ein Unterhaltungsweg angelegt werden (Abbildung 7). Bei der Überführung Neuenkirch konnte der Blendschutz elegant in die Portalgestaltung integriert werden, womit die Brückenlänge optimiert werden konnte. (Abbildung 13)

4. Projektbeteiligte

4.1. Wildtierüberführung Rynetel

Bauherrschaft:

Bundesamt für Strassen ASTRA
Filiale Zofingen

Bauherrenunterstützung:

Helbling Beratung + Bauplanung AG

Planung:

Ingenieurgemeinschaft IG WUEF:

- Bänziger Partner AG (Federführung)
- Timbatec Holzbauingenieure AG

Landschaftsarchitektur:

SKK Landschaftsarchitekten AG

Ausführung:

ARGE FERA:

- Massivbau: Aarvia Bau AG
- Holzbau: Häring AG

4.2. Wildtierüberführung Neuenkirch

Bauherrschaft:

Bundesamt für Strassen ASTRA
Filiale Zofingen

Bauherrenunterstützung:

Andreas Steiger & Partner AG

Planung:

Ingenieurgemeinschaft IG 2B:

- B+S AG
- Bänziger und Partner AG
- Subplaner Holzbau: Timbatec Holzbauingenieure AG
- Subplaner Landschaftsarchitektur: SKK Landschaftsarchitekten AG

Ausführung:

- Anliker AG
- Subunternehmer Holzbau: Husner AG