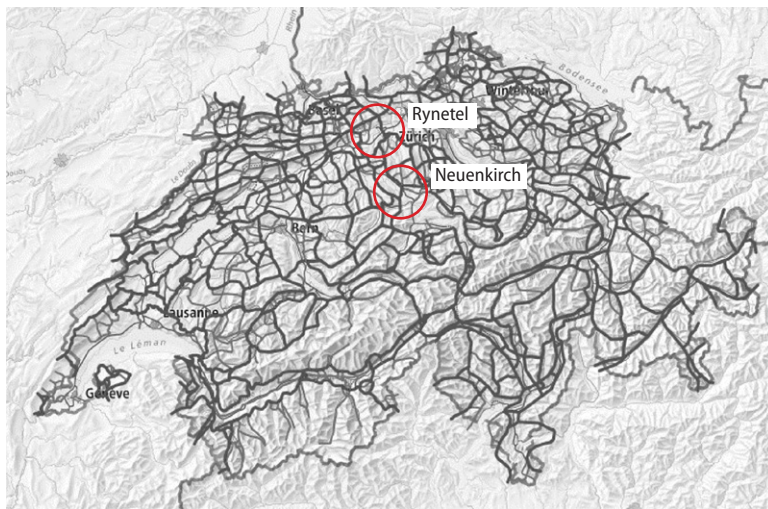


Beispiele und Lösungen aus der Schweiz

Wildtierbrücken unter Extrembelastungen

■ ■ ■ von Lukas Rüeegsegger

Mit dem Bau von Straßen, Gleisen, Infrastrukturanlagen, Siedlungen sowie Industrie- und Gewerbearealen wird die Wildtiervernetzung eingeschränkt. Die Lebensräume der Tiere sind geographisch mit unüberwindbaren Barrieren abgegrenzt, wodurch ihr natürlicher Bewegungsdrang 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 (58 %) ist beeinträchtigt und nur 28 % werden als intakt eingestuft. Im Jahr 2001 hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) das Ziel gesetzt, 51 dieser Korridore durch wildtierspezifische Bauwerke zu sanieren, damit sich die Tierbestände über verschiedene geographische Gebiete genetisch wieder austauschen können. Im Gebiet Rynetel und bei Neuenkirch sind die Wildtierkorridore aufgrund von Bauwerken und Siedlungsgebieten eingeschränkt und durch die Autobahnen A 1 und A 2 komplett unterbrochen. An beiden Standorten entstanden Wildtierüberführungen mit einer Überdeckung in Holzbauweise.



1 Überregionale Wildtierkorridore in der Schweiz mit Angabe der Standorte Rynetel und Neuenkirch
© www.map.geo.admin.ch

1 Die Wildtierbrücken

1.1 Überführung Rynetel

1.1.1 Anforderungen

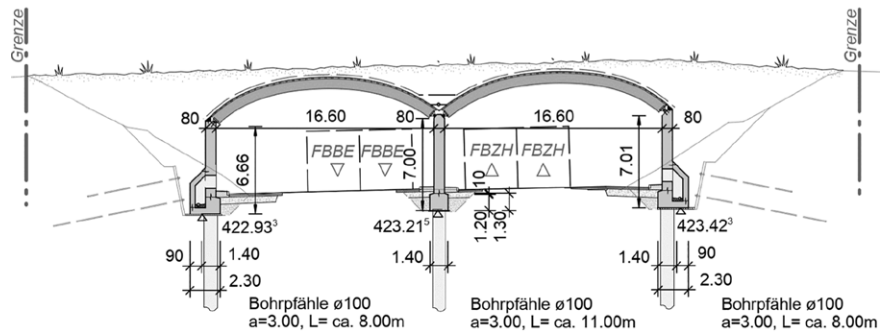
Das Überführungsbauwerk sollte sich gut in die Topographie und die Landschaft einpassen. Um die Brückenoberseite entsprechend für die Wildtiere zu gestalten, ist eine Nutzbreite von 50 m vorgegeben. Zudem war eine wirtschaftliche und unterhaltsarme Konstruktion gefordert mit einer langen Lebensdauer von 100 Jahren. Im Lichtraumprofil wurde ein möglicher Autobahnausbau auf sechs Fahrstreifen berücksichtigt. Als wichtige Autobahnverbindung kann die A 1 nicht komplett gesperrt werden, die Errichtung musste deshalb unter Aufrechterhaltung des Verkehrs erfolgen.

1.1.2 Konstruktion

Im Querschnitt weist das Bauwerk seitlich wie in der Mitte eine Betonmauer mit 80 cm Dicke auf. Überspannt werden die ca. 17 m je Seite mit Bogenbindern in Brettschichtholz GL 28h. Diese Binder haben einen Querschnitt von 240 mm × 760 mm und sind mit einem Sprungmaß von 80 cm auf die Betonwände montiert. Ein Stahlgelenk verbindet die Holzbinder mit der Massivbaukonstruktion.

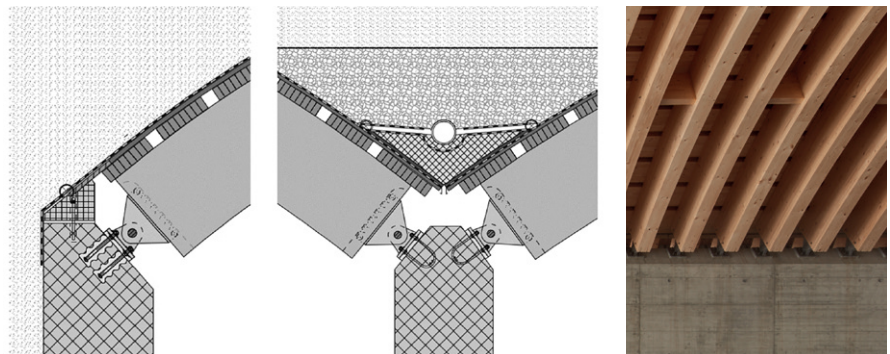


2 3 Überführungsbauwerk nach Fertigstellung aus zwei Perspektiven
© Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG

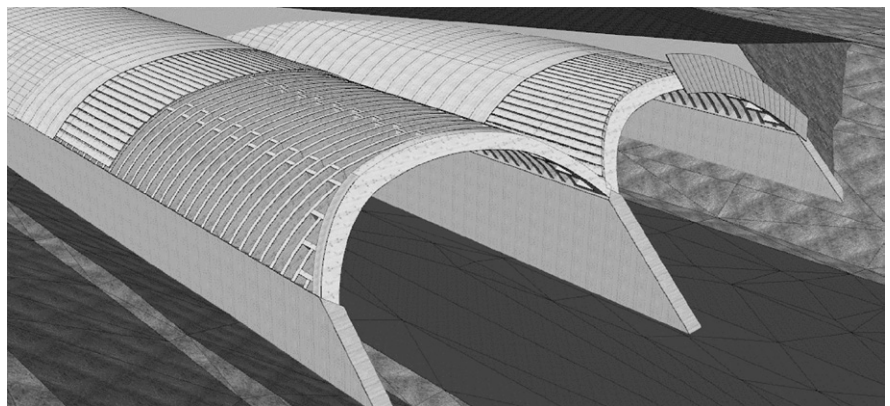


4 Querschnitt der Brücke Rynetel
© Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG

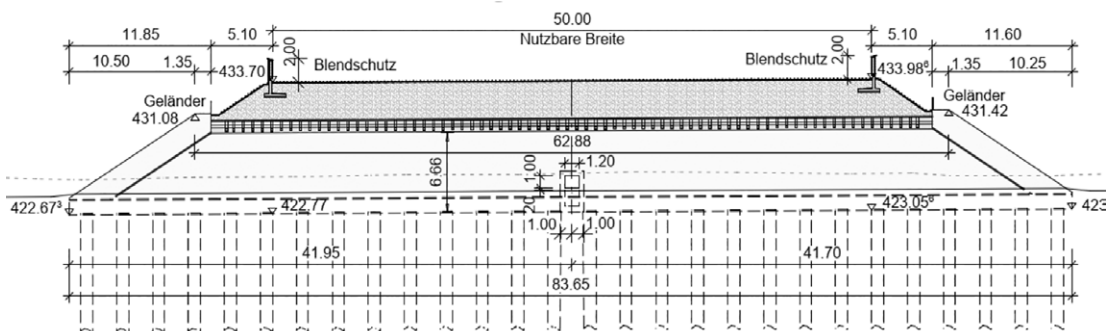
Das Sekundärtragwerk besteht aus geraden Brettschichtholzträgern mit dem Querschnitt 100 mm × 400 mm, welche liegend auf den Bogenbindern befestigt sind. Als abschließender Untergrund für die Abdichtung wurde eine Furnierschichtholzplatte angeordnet, die auf Sekundärträgern fixiert ist. Ein Polyurethan-(PUR-)Bitumenanstrich dient als Haftgrund für die doppelt ausgeführte und vollflächig verschweißte Polymerbitumen-Abdichtung. Der Wurzelschutz aus einer Thermoplastischen Polyolefine-(TPO-)Kunststoff-Abdeckung ist dicht verschweißt, als Schutz gegen mechanische Einwirkungen wurde die Abdichtung zusätzlich mit einer Gummischrotmatte versehen. Eine Drainageschicht aus Sickerkies ist mit einem Filtervlies abgedeckt und leitet das Sickerwasser vom Scheitel zu den Seitenwänden, wo es versickert, oder in die Mitte des Doppelbogens, wo es mittels Sickerleitung gesammelt und über ein Fallrohr der Straßenentwässerung zugeführt wird. Die letzte Schicht, welche bepflanzt wird, besteht aus Erdreich mit verschiedenen Substraten. Im Scheitelpunkt ist die Konstruktion mit 70 cm, bei den Außenmauern über 4 m hoch mit Erdreich und Sickerkies überdeckt.



5 6 7 Ausbildung von Auflagerbereich, Stahlgelenk und Mittelwand
© Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG



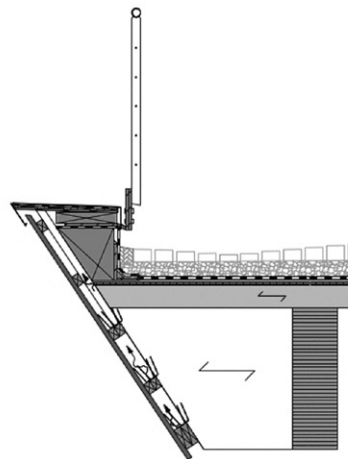
8 Visualisierung der Gesamtstruktur mit Konstruktionsbauteilen
© Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG



9 Längsschnitt mit geneigten Portalen und den Blendschutzelementen als Abgrenzung
© Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG

Um nur möglichst geringe Erdaufasten auf dem Bauwerk zu erhalten und damit auch die Erdbewegungen der Hinterfüllung bzw. Überdeckung auf ein Minimum zu reduzieren, 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.

Ein 2 m hoher Blendschutz grenzt die Brücke ab. Seitlich von ihr geht der Blendschutz in den Wildschutzzaun über, so dass keine Tiere auf die Autobahn gelangen. Der Blendschutz ist ein wichtiges Element, welcher vor Scheinwerferlicht schützt und den Tieren so eine ungestörte Überquerung der Nationalstraße erlaubt.



10 11 Schnitt durch Portal und Blendschutz im Bogenscheitel
© Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG

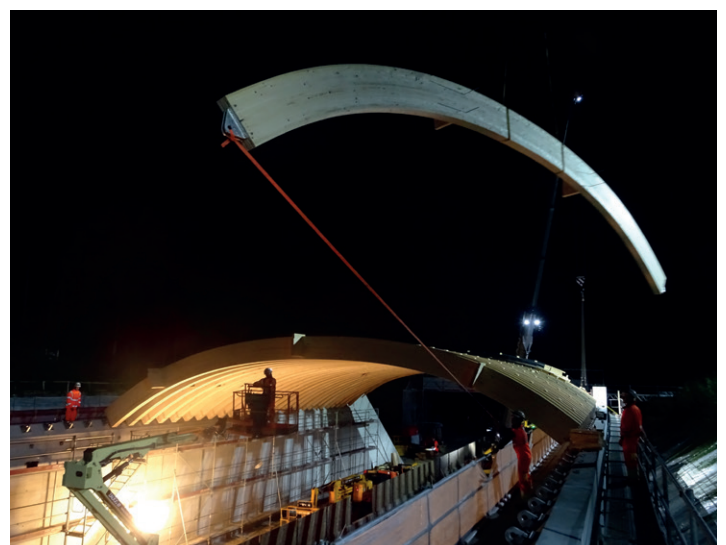
1.1.3 Montage

Das Brückenbauwerk musste unter laufendem Autobahnbetrieb errichtet werden, weshalb die Holzkonstruktion komplett in Nachtarbeit montiert wurde. Dazu wurde der Verkehr auf die Gegenfahrbahn umgeleitet, so dass die entsprechenden Tätigkeiten direkt von der Fahrbahn aus erfolgen konnten.

Aufgrund der aufwendigen Arbeiten an den Portalen wurden diese auf einem nahegelegenen Firmengelände als Module vormontiert und mit einem Ausnahmetransport auf die Baustelle gefahren und dort eingebaut. Die dazwischenliegenden Binder wurden einzeln aufgerichtet, das Nebentragwerk sowie die Furnierschichtplatte wurden anschließend montiert. Als letzte Nachtarbeit wurden die Portalverkleidungen und das Portalgelenker angebracht, so dass die Abdichtungen am Tag aufgebracht werden konnten.



12 13 Montage der einzelnen Binder zwischen den Portalmodulen
© Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG



1.2 Überführung Neuenkirch

1.2.1 Allgemeines

In Neuenkirch errichtet das Bundesamt für Strassen ASTRA nach dem Bauwerk in Rynetel bereits die zweite Wildtierbrücke mit einer Holzüberdeckung. Die Wildtierüberführung im Kanton Luzern hat eine Breite von 50 m und eine Länge von ca. 36 m.

Wie in Rynetel mussten auch in Neuenkirch die Arbeiten in der Nacht durchgeführt werden: Während mehrerer Nächte montierten Zimmerleute die 17,50 m langen, 1,24 m hohen und ca. 8 t schweren Holzträger, wofür ca. 2.500 m³ Fichtenholz (größtenteils) aus dem Entlebuch verwendet wurden. Dass das Holz in den umliegenden Wäldern geschlagen und in regionalen Betrieben weiterverarbeitet wurde, ist ein Gewinn für die hiesige Wirtschaft und auch die Umwelt freut das. Denn lokales Holz ist aus ökologischer Sicht deutlich vorteilhafter als solches aus dem Ausland.

1.2.2 Konstruktion

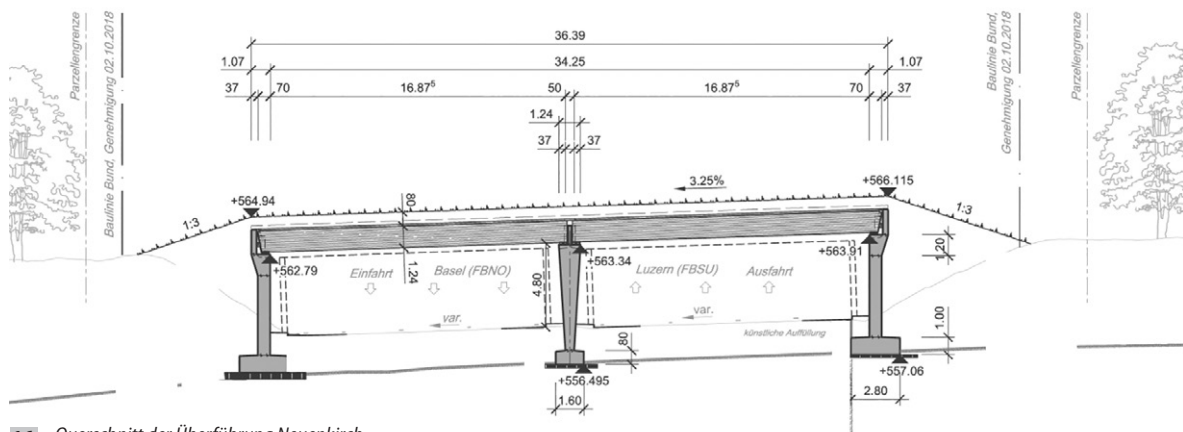
Auch die Überführung Neuenkirch besteht aus zwei Seitenmauern und einer Mittelmauer in Ortbeton. Die Überdeckung in Holzbauweise überspannt die ca. 17 cm als Einfeldträger mit einer Überhöhung von 10 cm. Die Träger aus Brettschichtholz GL 24k weisen eine Abmessung von 720 mm × 1.240 mm auf und sind in einem Sprungmaß von ca. 1,15 m angeordnet, gelagert sind sie auf Eichenschwellen und horizontalen Kontakthölzern aus Eiche.

Das Sekundärtragwerk besteht aus 100 mm dicken Brettsperrholz-(CLT-) Platten, welche direkt auf den Längsträgern befestigt wurden und als Untergrund für die mehrlagige Abdichtung dienen. Die Abdichtung umfasst einen Haftgrund in Form eines PUR-Bitumenanstrichs, eine selbstklebende Polymerbitumenbahn und eine zweite, vollflächig verschweißte Polymerbitumenbahn.

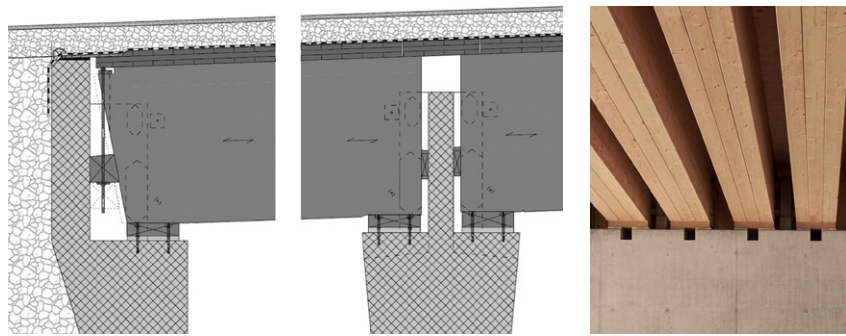
Als Wurzelschutz wurde auch hier eine dicht verschweißte TPO-Kunststoff-Abdeckung verwendet, welche zusätzlich mit einer Gummischrotmatte geschützt wird. Über eine ca. 20 cm dicke Drainageschicht aus Sickerkies wird das Sickerwasser in Richtung der Brückenneigung seitlich abgeleitet. Eine bepflanzen Schicht aus verschiedenen Substraten fungiert als Nuttschicht der Überführung. 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.



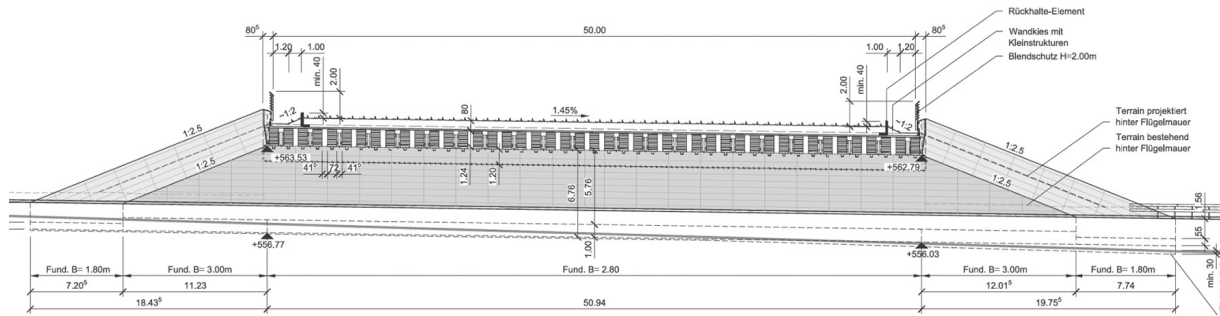
14 15 Montage der einzelnen Binder zwischen den Portalmodulen
© Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG



16 Querschnitt der Überführung Neuenkirch
© Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG



17 18 19 Auflagerbereiche mit Schwellen und Kontakthölzern in Eiche
© Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG

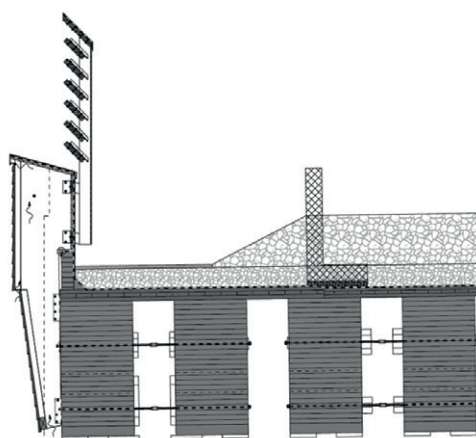


20 Längsschnitt der Überführung Neuenkirch
© Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG

1.2.3 Montage

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

Die einzelnen Träger wurden auf den vorbereiteten Eichenlagern montiert und befestigt. Nach dem Einbau der CLT-Platte als Sekundärtragwerk konnte das Portal aus vorgefertigten Modulen am Randträger zusammengefügt werden. Zum Schluss wurde der Blendschutz am Portal befestigt.



21 22 Schnitt durch Portal und Blendschutz und finales Erscheinungsbild
© Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG



23 24 Trägermontage während nächtlicher Fahrbahnspernung
© Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG



2 Belastungen und Einwirkungen

2.1 Vertikale Belastungen

2.1.1 Anforderungen

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

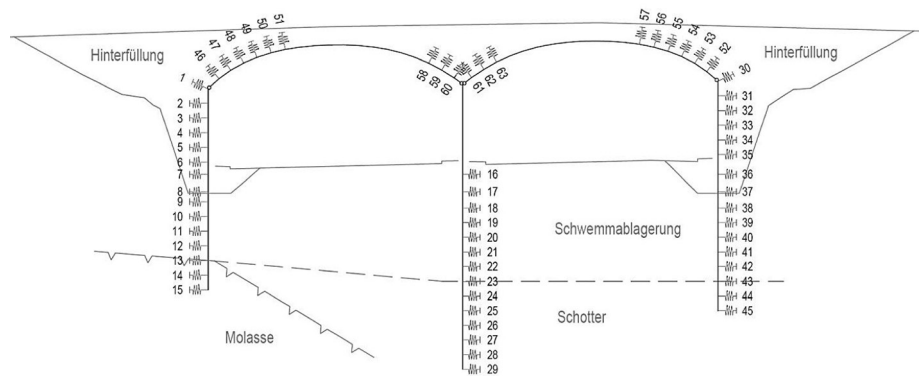
2.1.2 Lösung Rynetel

Bei der Überführung Rynetel entstehen aufgrund der Überdeckung mit teilweise über 4 m hohem Erdreich enorme Erd drücke auf die Bogenkonstruktion, wobei der aktive und der passive Erddruck das Bauwerk zugleich belasten und stützen. Die Bogenkonstruktion und die Betonwände bilden eine zusammenspielende Einheit: Seitliche Kräfte auf die Betonwände werden durch die Holzbogenkonstruktion 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 Erdreichs mit Feder auflagern und mit berechneten Federkonstanten abgebildet.

Als veränderliche Einwirkung wurde eine Ersatzlast von 13 kN/m² definiert, welche die Nutzlast, Schneelast und allfällige Verkehrslast von Unterhaltungsfahrzeugen beinhaltet.

2.1.3 Lösung Neuenkirch

Das statische System der Überführung Neuenkirch ist einfacher: Die Einfeldträger als statisch bestimmtes, lineares System erfahren 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 sie zu stabilisieren, wurden die Holzträger so ausgebildet, dass sie Normalkräfte aufnehmen und somit die gegenüberliegenden Betonwände stützend miteinander verbinden können.



25 Modellierung der gesamten Konstruktion mit Auflagerfedern zur Berücksichtigung des passiven Erddrucks
© Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG

2.2 Einwirkung Fahrzeuganprall

2.2.1 Lösung Rynetel

Da die lichte Durchfahrts höhe zwischen Fahrbahn und Unterkante der Holzkonstruktion über 6 m beträgt, wirken gemäß ASTRA-Richtlinie 12008 (Anprall von Straßenfahrzeugen auf Bauwerksteile von Kunstbauten) keine Anprallkräfte auf die Holzkonstruktion. Auf dem Niveau der Fahrzeugchassis mussten jedoch Anprallkräfte von 960 kN für seitlichen und 2.400 kN für frontalen Fahrzeuganprall berücksichtigt werden. Diese Kräfte werden von den Betonwänden aufgenommen.

2.2.2 Lösung Neuenkirch

Die lichte Höhe der Wildtierbrücke Neuenkirch ist mit 4,80 m viel kleiner als bei Rynetel. Die Träger über der Fahrbahn mussten daher auf Anprall von zu hoher Ladung bemessen werden: Die Anprallkraft von 375 kN nimmt der erste Träger jeder Fahrbahn über Querbiegung auf und leitet sie 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.

2.3 Einwirkung Wasser und Feuchtigkeit

2.3.1 Zentrale Anforderungen

Feuchtigkeit ist für ein Holztragwerk eine zentrale Einwirkung, die unbedingt beachtet werden muss. Durch übermäßigen Feuchteintrag, verbunden mit einem schlechten Austrocknungsverhalten, kann die Holzsubstanz bereits nach kurzer Zeit von Fäulnis oder durch Insekten befallen werden.

Um dies zu verhindern, wurden bei der Konzeption aller Details die Regeln des konstruktiven Holzschutzes konsequent angewandt.

Die Konstruktionsgrundsätze zum Feuchteschutz betreffen beide Brücken gleichermaßen.

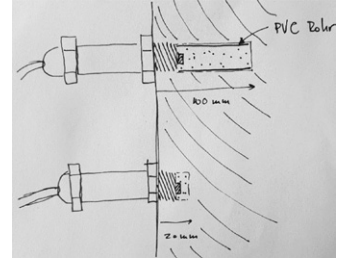
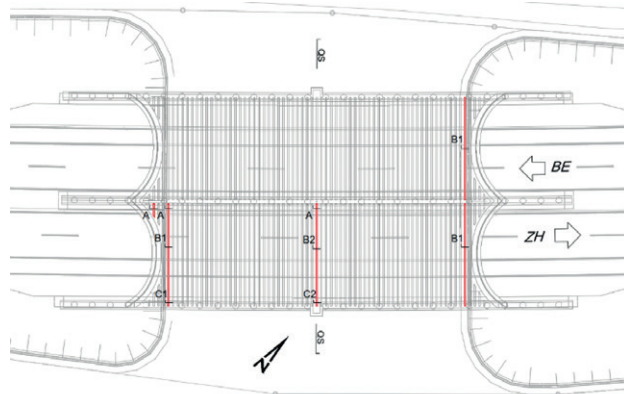
2.3.2 Lösung Rynetel und Neuenkirch

Bei der Detailplanung wurde darauf geachtet, dass Oberflächenwasser aus Sprühnebel der Fahrzeuge möglichst ungehindert sowie rasch abfließen kann und während der Trockenperioden die Holzbauteile schnell austrocknen können. Zwischen den Betonuntergründen und den Holzbauteilen wurde zudem ein ausreichend großer Abstand ausgebildet, so dass die Auflagerbereiche gut luftumspült sind, was ihr Austrocknen ermöglicht.

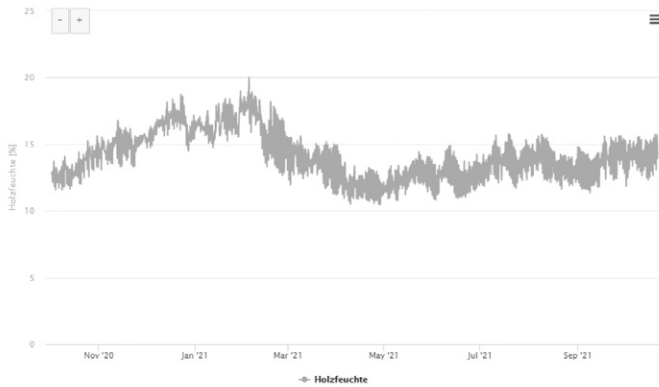
Zugunsten eines guten Austrocknungsverhaltens wurden bei Rynetel die Sekundärtragerelemente mit ca. 10 cm breiten Lücken angeordnet: Aufgrund der Luftverwirbelungen der Fahrzeuge sind damit die Voraussetzungen für bestmögliches Austrocknen erfüllt.

Die Portalverkleidung besteht aus einer austauschbaren Holzverkleidung, welche die darunterliegende Konstruktion vor Witterungseinflüssen und vor Fahrzeuggisch schützt. Da sie hinterlüftet ausgeführt worden ist, können Verkleidung und Konstruktion rasch austrocknen. Portalverkleidung wie Portalrand sind zudem so geneigt, dass sich kein Schnee anzu sammeln und auf die Fahrbahn abzurutschen vermag.

Das zentrale Bauteil zum Schutz der Holzkonstruktion vor Feuchtigkeit ist die mehrlagige Abdichtung: Auf den Holzuntergrund wurde ein Bitumen-PU-Voranstrich als Haftbrücke aufgebracht, auf dem wiederum zwei Lagen Elastomerbitumen-Dichtungsbahnen vollflächig verlegt wurden. Die Wurzelschutzbahn aus TPO-Kunststoffbahnen wurde in den Stößen verschweißt und vollflächig über die Abdichtung gelegt. Als mechanische Schutzschicht dient eine vollflächig verlegte, 15 mm dicke Gummischrotmatte. Das rasche Abfließen von Sickerwasser gewährleistet eine 20 cm dicke Drainageschicht, ein Filtervlies verhindert das Eindringen von Erdreich in den Drainagekies.



26 27 Anordnung und Einbauprinzip der Sensoren
© Berner Fachhochschule Biel



28 29 Messkurve und Messpunkte an einem Portalbinder
© Berner Fachhochschule Biel



30 31 Erscheinungsbild der Wildtierquerungen Rynetel und Neuenkirch nach Fertigstellung
© Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG

Um das Feuchteverhalten langfristig untersuchen zu können, wurde bei der Überführung Rynetel ein Monitoringsystem installiert, die Messungen erfolgen im Rahmen eines vom Schweizerischen Bundesamt für Umwelt finanzierten Forschungsprojekts. Untersucht wird, welche Holzfeuchten in den Bauteilen vorherrschen und wie sich diese im Lauf des Jahres verändern. Dazu werden an verschiedenen Bauteilen und Expositionen sowie in verschiedenen Lagen und in verschiedenen Holztiefen die Holzfeuchten gemessen.

2.4 Einwirkung Frosttausalz

2.4.1 Regelungen

Um eine sichere Fahrt auf Autobahnen bei kalten Temperaturen zu gewährleisten, kommt Frosttausalz zum Einsatz. Der Einsatz von Tausalzen verstärkt aber Schädigungsvorgänge, weshalb erhöhte Anforderungen an den Beton gestellt werden und auch für Stahlteile besondere Regelungen zu beachten sind. Und deshalb muss den Tausalzen bei der Planung Rechnung getragen werden. Anders als Beton und Stahl wird Holz von Tausalzen nicht angegriffen.

2.4.2 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 konnten die Korrosivitätskategorie und die Korrosionsbeständigkeitsklasse festgelegt werden. Anhand beider Klassifizierungen wurde für die einzelnen Bauteile definiert, welche Stahlgüten und Korrosionsschutzsysteme eingesetzt werden sollen. Für statisch beanspruchte Bauteile wie die Lagergelenke mit langer Lebensdauer wurden zum Beispiel nicht rostende Stähle der Korrosionsbeständigkeitsklasse IV gewählt.

2.4.3 Lösung Neuenkirch

Bei der Brücke Neuenkirch wurde auf den Einsatz von Stahlteilen weitgehend verzichtet. Stattdessen wurden die Auflager und Übergänge zwischen den Holz- und Betonelementen mittels Eichenbauteilen ausgeführt. Lediglich Verbindungsmittel wie Gewindestangen und Schrauben sowie Stahlteile des Blendschutzes wurden in entsprechenden Stahlgüten benötigt und mit Korrosionsschutzsystemen versehen.

2.5 Blendschutz für Wildtiere

Wildtiere fühlen sich durch die Fernlichter von Fahrzeugen gestört. Es gilt daher, die Wildtierpassage entsprechend abzusichern. Dazu wurde bei den Brückenportalen ein Blendschutz angebracht, welcher zugleich als Abgrenzung zwischen Straßen- und Nutzbereich der Überführung dient.

Bei der Überführung Rynetel wurde der Blendschutz als eigenständiges, vom Portal zurückgesetztes Element ausgebildet, so konnte zwischen Portal und Blendschutz auch ein Unterhaltsweg angelegt werden. Bei der Überführung Neuenkirch ließ sich der Blendschutz elegant in die Portalgestaltung integrieren, womit zugleich eine Optimierung der Brückenlänge erreicht wurde.

Autor:

Lukas Rüeegg
Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG,
Bern, Schweiz

Anmerkung

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die überarbeitete Fassung eines Vortrags, der im Rahmen des 26. Internationalen Holzbau-Forums (IHF) im Dezember 2022 in Innsbruck gehalten wurde.

Bauherrschaft

Bundesamt für Strassen ASTRA
Filiale Zofingen, Schweiz

Bauherrenunterstützung

Helbling Beratung + Bauplanung AG, Zürich,
Schweiz (Rynetel)
Andreas Steiger & Partner AG, Luzern,
Schweiz (Neuenkirch)

Planung

Ingenieurgemeinschaft (Rynetel):
Bänziger Partner AG, Zürich, Schweiz
Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG, Bern, Schweiz
Ingenieurgemeinschaft (Neuenkirch):
B+S AG, Zürich, Schweiz
Bänziger Partner AG, Zürich, Schweiz
Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG, Bern, Schweiz

Landschaftsarchitektur

SKK Landschaftsarchitekten AG, Wettingen, Schweiz

Bauausführung

Arbeitsgemeinschaft (Rynetel):
Aarvia Bau AG, Würenlingen, Schweiz
Häring AG, Eiken, Schweiz
Auftragnehmer (Neuenkirch):
Anliker AG, Emmenbrücke, Schweiz
Husner AG, Frick, Schweiz

Timber and Technology

Timbatec – ihr Partner für anspruchsvolle Holzbauprojekte

Timbatec ist Ihr Partner für:
Statik und Konstruktion, Brandschutz,
Bauphysik, Produkteentwicklung

www.timbatec.com

Timbatec
Timber and Technology