

Wildtierüberführungen in Holz

Die Motion «Erforschung und Innovation des Werkstoffs Holz für den Einsatz im Infrastrukturbau als Dekarbonisierungs-Beitrag» wurde im Ständerat und im Nationalrat angenommen. Jetzt ist es an der Holzbranche und den forschenden Hochschulen, Lösungen zu präsentieren, wie künftig Stahl und Beton sinnvoll und zweckmässig durch CO₂-speichernde Materialien ersetzt werden können. Ein mögliches Einsatzgebiet sind Wildtierüberführungen. Bereits vor Einreichung der Motion hat das Bundesamt für Strassen (ASTRA) entschieden, in Suhr und in Neuenkirch solche Bauwerke in Holzbauweise auszuführen.



VON
LUKAS RÜEGSEGGER
Dipl. Ing. FH Holzbau, Timbatec
Holzbauingenieure Schweiz AG, Mitglied der
Geschäftsleitung und Geschäftsführer Büro Bern



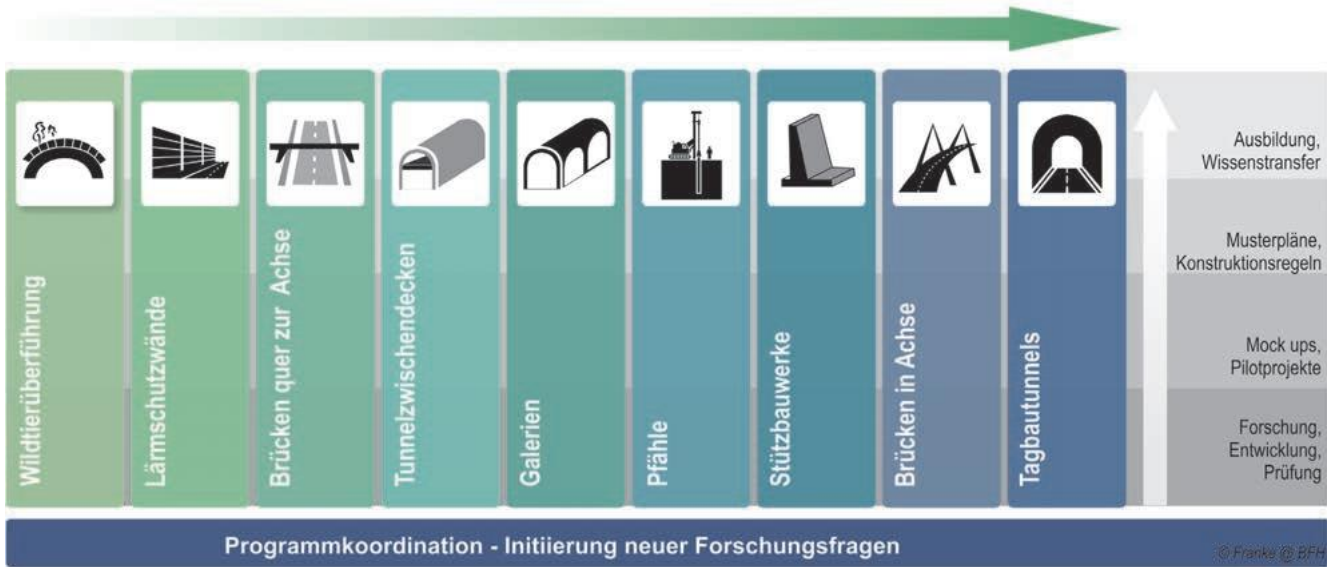
VON
SIMON MEIER
MSc Holztechnik, Timbatec Holzbauingenieure
Schweiz AG, Leiter Marketing

Nach der 2021 angenommenen Motion «Erforschung und Innovation des Werkstoffs Holz für den Einsatz im Infrastrukturbau als Dekarbonisierungs-Beitrag» wird nun der Bundesrat beauftragt, in Zusammenarbeit mit den Hochschulen und den einschlägigen Normenkommissionen die Möglichkeiten zur Dekarbonisierung des Infrastrukturbaus zu erforschen. Insbesondere ist zu prüfen beziehungsweise anzustreben, Stahlbeton durch CO₂-speichernde Materialien zu ersetzen. Die Erforschung und Innovation des Werkstoffs Holz für den vermehrten Einsatz im Infrastrukturbau soll im Vordergrund stehen. Denn: Der Infrastrukturbau zählt zu den grössten CO₂-Emittenten der Schweiz. Hauptursache ist der

Écoducs en bois

La motion «Utiliser le bois dans la construction d'infrastructures pour contribuer à la décarbonisation. Recherche et innovation» a été adoptée au Conseil des États et au Conseil national. Il revient désormais au secteur du bois et aux unités de recherche des hautes écoles de présenter des solutions sur la façon de remplacer à l'avenir de manière efficace et appropriée, l'acier et le béton par des matériaux stockant le CO₂. Il semble possible d'agir dans le domaine des passages à faune ou écoducs. Avant même que la motion ne soit déposée, l'Office fédéral des routes (OFROU) avait déjà décidé de réaliser des ouvrages de ce type en bois à Suhr et Neuenkirch.

Après l'adoption en 2021 de la motion «Utiliser le bois dans la construction d'infrastructures pour contribuer à la décarbonisation. Recherche et innovation», il est désormais demandé au Conseil fédéral d'explorer les options permettant de décarboniser la construction des infrastructures en collaboration avec les hautes écoles et les commissions de normalisation concernées. Il convient notamment d'examiner ou plutôt viser le remplacement du béton armé par des matériaux stockant le CO₂. L'accent doit être mis sur la recherche et l'innovation sur le bois pour y recourir de manière croissante dans la construction des infrastructures. Le domaine de la construction des infrastructures fait en effet partie des plus gros émetteurs de CO₂ en Suisse,



1 | Forschungs- und Umsetzungsstrategie zu den möglichen Bereichen, wo künftig Holz eingesetzt und damit Stahl und Beton substituiert werden kann. Die dadurch eingesparte Menge CO₂ leistet einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz.

1 | Stratégie de recherche et de mise en œuvre pour les domaines dans lesquels le bois peut potentiellement être utilisé et remplacer ainsi l'acier et le béton. La réduction des émissions de CO₂ contribuerait de manière significative à la protection du climat.

Einsatz von Stahlbeton, gebunden mit Zement. Jährlich werden in der Schweiz rund 16 Mio. Kubikmeter verbraucht^[1], ein Viertel davon im Tiefbau.^[2] Mit 39,79 Millionen Tonnen pro Jahr ist Beton mit Abstand das häufigste verwendete Baumaterial der Schweiz. Das hat einen grossen Einfluss auf das Klima. Allein die Zementproduktion trägt mit einem jährlichen CO₂-Ausstoss von etwa 2,5 Millionen Tonnen über 5% zum nationalen CO₂-Ausstoss bei. Ein Kubikmeter Holz entlastet die Atmosphäre um etwa eine Tonne CO₂, denn Bäume wandeln beim Wachstum dank der Fotosynthese CO₂ in Sauerstoff und Kohlenstoff um. Möglichst lange in Bauwerken verbaut, wird Holz zur langfristigen CO₂-Senke.

Forschungs- und Umsetzungsstrategie

Timbatec hat zusammen mit der Berner Fachhochschule eine Forschungs- und Umsetzungsstrategie ausgearbeitet (Abb.1). Dabei wurden neun Bereiche eruiert, wo Holz künftig vermehrt Einsatz finden könnte. Für den Bau von Infrastrukturen, im Gebäude-, aber auch in anderen Bereichen wie beispielsweise im Strassensektor, liegen heute bereits verschiedene Lösungen mit Materialien vor, die bei der Herstellung nicht CO₂ produzieren, sondern speichern – wie zum Beispiel Holz. Wildtierüberführungen, Lärmschutzwände oder Brücken quer zur Achse werden bereits heute in Holzbauweise erstellt. Gute Beispiele dafür sind die beiden Wildtierüberführungen in Rynetel bei Suhr und in Neuenkirch, die im Folgenden detailliert beleuchtet werden.

principalement à cause de l'utilisation de béton armé et donc de ciment. Chaque année, la Suisse en consomme environ 16 millions de mètres cubes,^[1] dont un quart dans le génie civil.^[2] Avec 39,79 millions de tonnes par an, le béton est de loin le matériau de construction le plus utilisé, ce qui a un impact important sur le climat. En émettant environ 2,5 millions de tonnes de CO₂ par an, la production de ciment est à elle seule à l'origine de plus de 5% des émissions de CO₂ à échelle nationale. Un mètre cube de bois déleste l'atmosphère d'environ une tonne de CO₂, car les arbres transforment le CO₂ en oxygène et carbone lorsqu'ils poussent grâce à la photosynthèse. Intégré le plus longtemps possible dans les ouvrages de construction, le bois permet alors de faire baisser durablement le niveau de CO₂.

Stratégie de recherche et de mise en œuvre

Timbatec a élaboré une stratégie de recherche et de mise en œuvre en collaboration avec la Haute école spécialisée bernoise (fig. 1). Dans ce cadre, neuf domaines dans lesquels le bois pourrait être davantage utilisé ont été identifiés. Pour la construction d'infrastructures, dans le bâtiment, mais aussi dans d'autres domaines tels que le secteur routier, il existe aujourd'hui déjà différentes solutions avec des matériaux qui ne produisent pas de CO₂ lors de la fabrication, mais qui le stockent, comme par exemple le bois. Des écoducs, des murs antibruit ou des ponts perpendiculaires à l'axe sont déjà construits en bois. Les deux passages à faune de Rynetel, près de Suhr, et de Neuenkirch, qui sont étudiés de façon détaillée ci-dessous en sont de bons exemples.

Erste Schweizer Wildtierüberführung mit Holzüberdeckung

305 Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung gibt es in der Schweiz. Viele davon mit ungünstigen Bedingungen für die Tiere, wie unpassierbare Autobahnen, stark befahrene Kantonsstrassen oder Bahnstrecken. Weil diese Verkehrswege die Lebensräume und Bewegungsachsen der wildlebenden Tiere durchtrennen, legte das Bundesamt für Umwelt solche Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung fest. Der Korridor «AG6» verbindet das Juragebiet mit dem Mittelland und führt zwischen Gränichen und Suhr über die Autobahn A1. Seit Ende 2020 können die Wildtiere die Autobahn dank der schweizweit ersten Wildtierüberführung mit einer Überdeckung in Holz wieder überqueren.

Dazu waren lange Vorarbeiten nötig. 1998 wurde in einem Grundlagenbericht am Beispiel der Grünbrücke Chüsenrain in Neuenkirch (Luzern) aufgezeigt, dass Holz als einheimischer Rohstoff eine kostengünstige und ökologische Alternative für Grünbrücken ist.^[3] 2005 hat das Departement für Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau die moser+colombo architektur gmbh und Timbatec mit einer Konzeptstudie beauftragt. Das Resultat war eindeutig: Wildtierüberführungen über Autobahnen lassen sich trotz hoher Anforderungen aus den normativen Grundlagen problemlos mit einem Holztragwerk realisieren.

Vergleich der Überdeckung Holz vs. Beton

In den Vorprojektphasen wurden Ausführungen in Beton und Holz einander gegenübergestellt. Neben der Wirtschaftlichkeit sollte die Konstruktion wartungsarm und beständig sein und eine Lebensdauer von 100 Jahren haben. Eine spätere Erweiterung der Autobahn von zwei auf drei Fahrspuren wurde in der Planung berücksichtigt. Der Verkehrsfluss auf der Autobahn muss auch während der Bauzeit jederzeit gewährleistet werden können. Die Holzvariante hat in diesem Vergleich gleichwertig abgeschlossen.

Ein grosser Vorteil von Holz gegenüber Beton zeigt sich im Vergleich der Treibhausgasemissionen des Tragwerks. Wäre die Überdeckung der Wildtierüberführung Rynetel wie gewohnt betoniert worden, so hätte das rund 480 Tonnen CO₂-Äquivalent (CO₂-eq) verursacht. Die Herstellung einer Überdeckung mit Holz ist auch nicht ohne Treibhausgas-Emissionen möglich: Bei der realisierten Holzversion wurden für die Produktion des Brettschichtholzes und für die Herstellung der Stahlgelenke 182 Tonnen CO₂-eq emittiert. Somit werden 298 Tonnen fossiles CO₂-eq substituiert. Zusätzlich speichert das verbaute Holz dank der Photosynthese während seiner Lebensdauer

Premier passage à faune de Suisse avec une couverture en bois

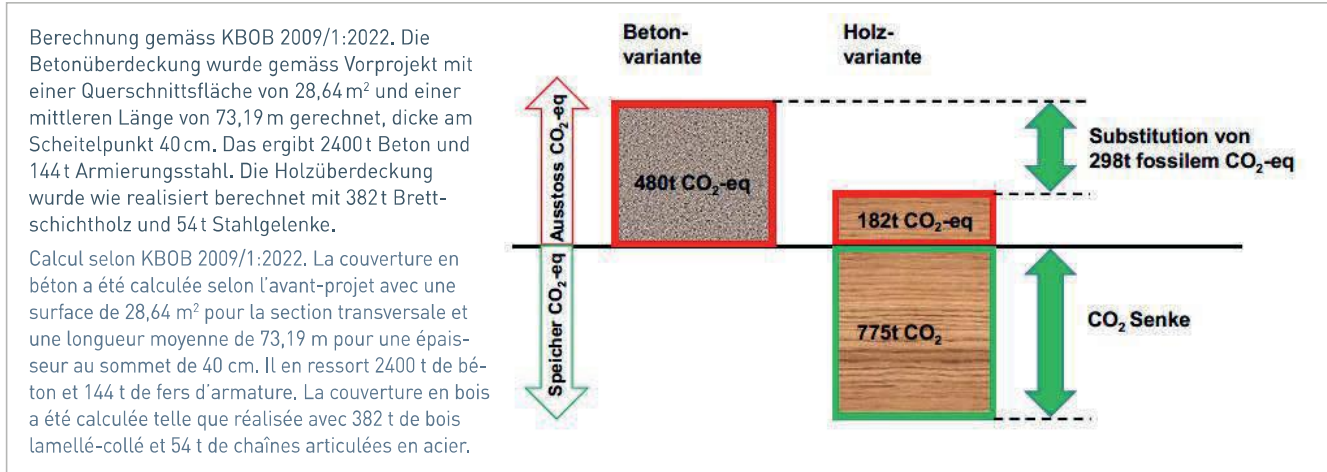
La Suisse compte 305 corridors faunistiques d'importance suprarégionale. Nombre d'entre eux n'offrent pas de bonnes conditions aux animaux, avec par exemple des autoroutes infranchissables, des routes cantonales très empruntées ou des voies ferrées. Comme ces voies de circulation scindent les biotopes et les axes de déplacement des animaux sauvages, l'Office fédéral de l'environnement a défini ces corridors d'importance suprarégionale. Le corridor «AG6», qui relie l'espace jurassien et le Plateau, passe au-dessus de l'autoroute A1 entre Gränichen et Suhr. Depuis fin 2020, les animaux sauvages peuvent à nouveau traverser l'autoroute grâce au premier passage à faune avec une couverture en bois de Suisse.

Il a fallu pour cela réaliser de longs travaux préliminaires. En 1998, un rapport de base montre au travers de l'exemple de l'écoduc de Chüsenrain à Neuenkirch (Lucerne) que le bois, en tant que matériau local, offre une alternative économique et écologique pour les passages à faune.^[3] En 2005, le Département de l'équipement, du transport et de l'environnement du canton d'Argovie demande à moser+colombo architektur gmbh et Timbatec d'étudier le concept. Le résultat est sans appel: les écoducs qui surplombent les autoroutes peuvent être réalisés sans problème avec une structure porteuse en bois, en dépit des hautes exigences imposées par les bases normatives.

Comparaison entre la couverture en bois et en béton

Durant les phases d'avant-projet, des réalisations en béton et en bois ont été comparées. Au-delà de l'aspect économique, la structure devait nécessiter peu d'entretien et être résistante ainsi qu'offrir une durée de vie de 100 ans. La planification a tenu compte d'un élargissement ultérieur de l'autoroute de deux à trois voies. Il ne devait y avoir aucune interruption du trafic, y compris pendant la période de construction. Dans cette comparaison, la variante bois a satisfait aux exigences de manière équivalente.

Par rapport au béton, le bois présente un grand avantage en matière d'émissions de gaz à effet de serre. Si la couverture du passage à faune Rynetel avait été réalisée, comme à l'accoutumée, en béton, cela aurait généré quelque 480 tonnes d'équivalent CO₂ (éq. CO₂). Bien que la fabrication d'une couverture en bois ne soit pas non plus possible sans émettre de gaz à effet de serre, la version en bois réalisée a nécessité 182 tonnes éq. CO₂ pour produire le bois lamellé-collé et fabriquer les chaînes articulées en acier. Ainsi, la couverture en bois a permis de réduire l'empreinte carbone de



2 | Vergleich der Treibhausgasemissionen der Holzüberdeckung mit einer Betonüberdeckung. Verglichen wurde das Überführungstragwerk ohne Fundationen und ohne Aufbauten anhand des Vorprojekts.

2 | Comparaison des émissions de gaz à effet de serre entre la couverture en bois et la couverture en béton. La comparaison portait sur la structure porteuse de l'écoduc sans fondations ni constructions sur la base de l'avant-projet.

den Kohlenstoff aus 775 Tonnen CO₂. Die Holzüberdeckung leistet somit einen wesentlichen Beitrag zur Minimierung der Treibhausgase und zum Erreichen der gesteckten Klimaziele.

Konstruktion und Montage

Die 850 Kubikmeter Bauholz für die Wildtierüberführung in Suhr wuchsen im Schweizer Wald, unter Berücksichtigung der Holzart und des Verschnitts, innerhalb von 3 Stunden und 26 Minuten. Daraus wurden 156 Brettschichtholzbogen vorgefertigt und formstabil verklebt. Die jeweils zwei Tonnen schweren Träger haben eine Spannweite von 17,4 m, einen Querschnitt von 24 mal 76 cm und sind mit Stahlgelenken auf den Ortbetonwänden montiert.

Die Montage der Träger erfolgte ausschliesslich in Nacharbeit. Während 24 Nächten jeweils von 21.30 bis 5 Uhr morgens wurde der Verkehr auf je eine Spur pro Fahrtrichtung reduziert und auf einer Fahr-

298 tonnes éq. CO₂ d'origine fossile. De plus, la photosynthèse permet au bois de cette construction de stocker le carbone de 775 tonnes de CO₂. La couverture en bois contribue ainsi de manière significative à la réduction des gaz à effet de serre et à la réalisation des objectifs climatiques qui ont été fixés.

Construction et montage

Les 850 mètres cubes de bois de construction pour l'écoduc de Suhr ont poussé dans la forêt suisse en 3 heures et 26 minutes, en tenant compte du type de bois et du mélange. Ils ont permis de préfabriquer 156 arcs en bois lamellé-collé indéformables. Les poutres de deux tonnes chacune offrent une portée de 17,4 m, possèdent une section transversale de 24x76 cm et sont montées sur les murs en béton coulé sur place avec des joints en acier.

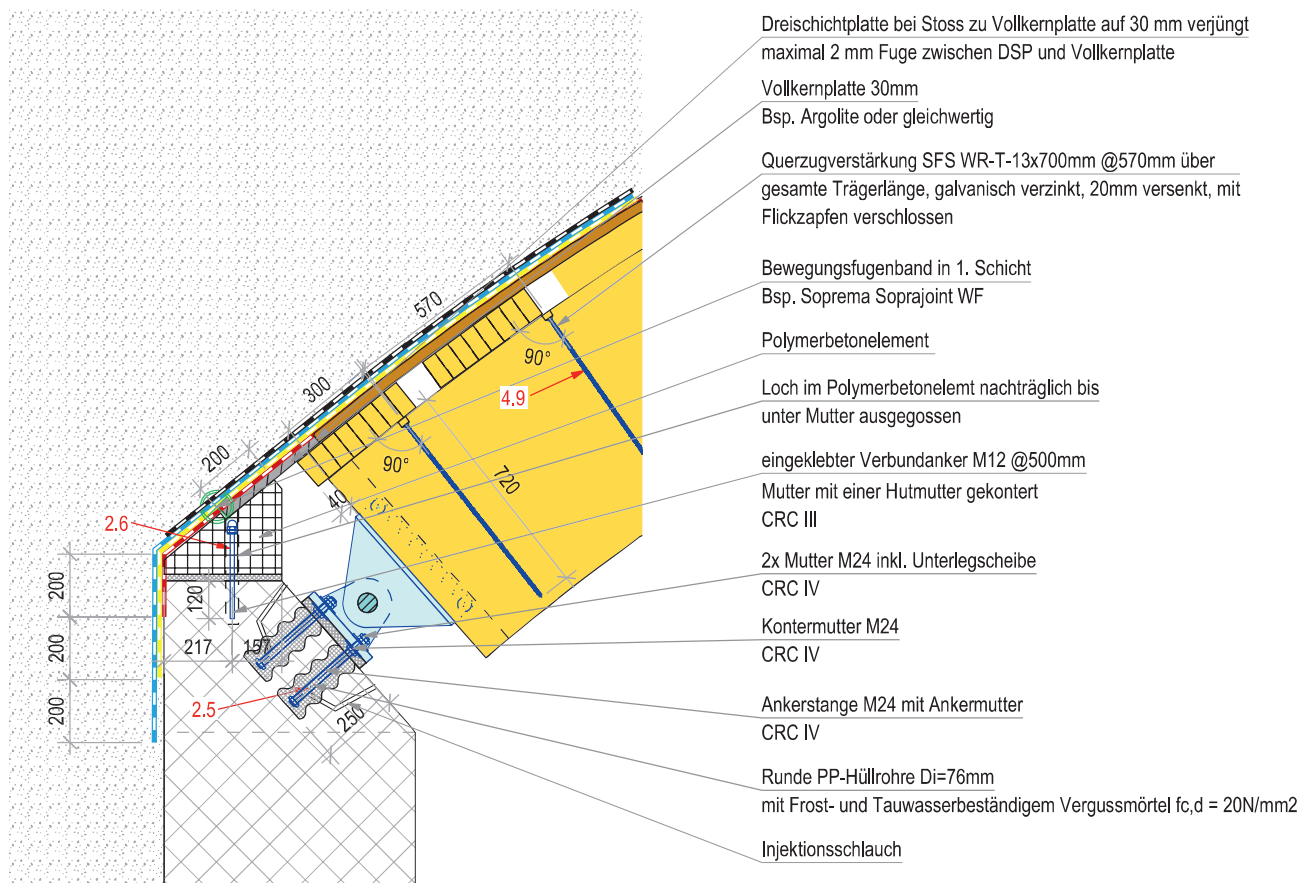
Les poutres ont toutes été montées la nuit. De 21h30 à 5 h du matin pendant 24 nuits, le trafic a été réduit à une voie par sens de circulation et regroupé sur une chaussée. Ainsi, il a été possible de travailler au-dessus de l'autre chaussée. La fermeture totale de l'autoroute avait été exclue dès le début.

Wildtierüberführung Rynetel

- Spannweiten: 2 x 17,4 m
- Länge: 35,6 m (quer zur Fahrbahn)
- Breite: 54 m (längs zur Fahrbahn)
- Brückenfläche: 1922 m²
- Projektkosten: 13,9 Mio. Franken
- Bauholz: 850 m³ Fichte, Herkunft Schweiz
- Bauherrschaft: ASTRA, Filiale Zofingen
- Planung und Bauleitung: Ingenieurgemeinschaft WUEF mit Bänziger Partner AG und Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG
- Ausführung: ARGE FERA mit Aarvia Bau AG und Häring AG
- Lieferung Brettschichtholz: Hüsser Leimbau AG

Deuxième passage à faune de Suisse avec une couverture en bois

L'OFROU a construit à Neuenkirch le deuxième passage à faune avec une couverture en bois, après celui de Rynetel. Comme pour la construction de l'écoduc de Rynetel, les travaux de montage ont dû être réalisés la nuit. Pendant dix nuits, des charpentiers ont monté les poutres en bois de 8 tonnes, 17,5 mètres de long et 1,24 mètre de haut, environ 21 fermetures de chaussée nocturnes ont été nécessaires en tout pour les travaux



3 | Detailansicht Auflager, Rynetel.
3 | Vue détaillée des appuis, Rynetel.

bahn zusammengeführt. So konnte jeweils über der anderen Fahrbahn gearbeitet werden. Eine Total-sperrung der Autobahn wurde von Beginn weg ausgeschossen.

Zweite Schweizer Wildtierbrücke mit Holzüberdeckung

In Neuenkirch baute das ASTRA nach der Wildtierüberführung Rynetel die zweite Wildtierüberführung mit einer Holzüberdeckung. Wie beim Bauwerk in Rynetel mussten auch in Neuenkirch die Montagearbeiten in der Nacht durchgeführt werden. Während 10 Nächten montierten Zimmerleute die 17,5 Meter langen, 1,24 Meter hohen und 8 Tonnen schweren Holzträger, rund 21 nächtliche Fahrbahnsperrungen waren insgesamt für die Arbeiten im Zusammenhang der Holzüberdeckung erforderlich. Rund 2500 Kubikmeter, grösstenteils Fichtenholz aus dem Entlebuch, wurden 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.



4 | Auflagersituation im fertigen Zustand.
4 | Situation des appuis à l'état fini.

liés à la couverture en bois. Il a fallu pour cela utiliser environ 2500 mètres cubes de bois, en majeure partie de l'épicéa de l'Entlebuch. Couper du bois dans les forêts avoisinantes et le traiter dans les entreprises de la région a profité aussi bien à l'économie locale qu'à la nature. Le bois local est en effet bien meilleur que celui importé du point de vue écologique.

Construction et montage

À Neuenkirch aussi, le pont a été entièrement construit la nuit pour ne pas perturber le trafic autoroutier. La circulation a donc été déviée sur l'autre chaussée afin que les voies situées en dessous de la couverture puissent être utilisées pour les travaux de montage.



5 | Wildtierbrücke
Neuenkirch,
5 | Passage à faune
de Neuenkirch.



Konstruktion und Montage

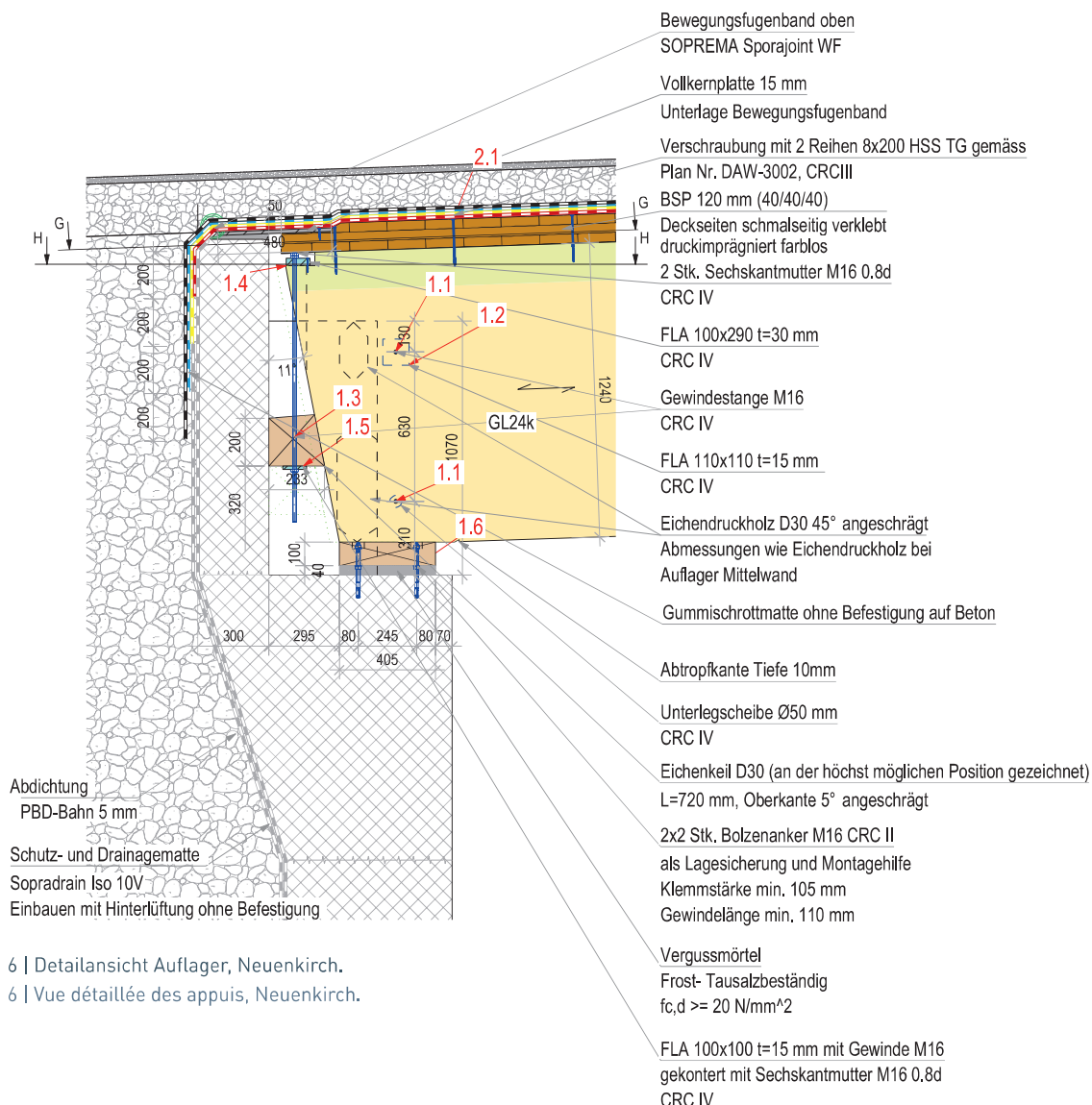
Auch in Neuenkirch wurde die Brücke zur Sicherstellung des Autobahnbetriebs komplett in Nacharbeit aufgerichtet. Dazu wurde der Verkehr auf die Gegenfahrbahn umgeleitet, damit die Fahrbahnen unterhalb der Überführung für die Montagearbeiten genutzt werden konnte. Im Vergleich zu der Überführung Rynetel konnten die aufwendigen Stahlbauteile stark reduziert werden. Auf den Widerlagern und einer Mittelmauer in Ortbeton liegen Eichenschwellen und horizontale Kontakthölzer, ebenfalls aus Eichenholz, zur Lagerung der 17 Meter langen und rund 8 Tonnen schweren Fichtenträger. Die Träger aus Brettschichtholz GL24k sind als Einfeldträger mit einer Überhöhung von 10 Zentimeter ausgebildet, weisen eine Abmessung

Comparé à la couverture de l'écoduc de Rynetel, il a été possible de réduire fortement les éléments de construction en acier. Sur les culées et un mur intermédiaire en béton coulé sur place reposent des seuils et des éléments de contact horizontaux en chêne pour accueillir les poutres en épicéa de 8 tonnes et 17 mètres de longueur. En tant que poutres isostatiques, les poutres en bois lamellé-collé GL24k ont été conçues avec une surépaisseur de 10 centimètres, présentent une dimension de 720 x 1240 millimètres et sont disposées avec un entraxe de 1,15 mètre.

La structure porteuse secondaire est composée de plaques de contreplaqué de 100 millimètres d'épaisseur, qui sont directement fixées sur les poutres longitudinales et servent de support au système d'étanchéité multicouche. Sur le passage de Neuenkirch, plusieurs couches recouvrent aussi la structure porteuse en bois pour garantir son étanchéité et protéger les racines. Contrairement au passage à faune de Rynetel, les portails ont pu être réalisés sans talus. La protection anti-éblouissement a été directement intégrée à la structure du portail et montée sur le parapet.

Wildtierüberführung Neuenkirch

- Breite 50 m
- Länge 36 m
- Lichte Höhe 4,80 m
- 2500 m³ Fichtenholz aus der Region
- BKP 1-9: 10,7 Mio. Franken
- BKP 214: ca. 2,7 Mio. Franken
- Bauherrschaft: ASTRA, Filiale Zofingen
- Planung und Bauleitung: IG 2B mit B+S AG und Bänziger Partner AG; Subplaner Holzbau: Timbatic Holzbauingenieure Schweiz AG
- Ausführung: Anliker AG Bauunternehmung, Emmenbrücke; Subunternehmer Holzbau: Husner AG, Frick
- Lieferung Brettschichtholz: Neue Holzbau AG, Lungern.



von 720 x 1240 Millimetern auf und sind in einem Sprungmass von rund 1,15 Meter angeordnet.

Das Sekundärtragwerk besteht aus 100 Millimeter dicken Brettsperrholzplatten, die direkt auf die Längsträger befestigt sind und als Untergrund für die mehrlagige Abdichtung dienen. Auch beim Bauwerk in Neuenkirch überdecken mehrere Schichten für die Dichtigkeit und den Wurzelschutz das Holztragwerk. Anders als bei der Überführung Rynetel, konnten die Portale ohne Böschung ausgeführt werden. Der Blendenschutz wurde direkt in die Portalgestaltung miteinbezogen und an der Brüstung montiert.



7 | Auflagersituation im fertigen Zustand.

7 | Situation des appuis à l'état fini.

Quellen

- [1] SBV. (2021). Studie über das verbaute Material. https://www.fskb.ch/wp-content/uploads/2021/05/SBV_Studie_Materialvolumen_2021_210x297mm_DE-web.pdf.
- [2] Schweiz, E. (2016). Material- und Energieressourcen sowie Umweltauswirkungen der baluchon Infratraktur Schweiz.
- [3] Zöllig, S. (1998). Projekt für eine Grünbrücke über die A2. Steffisburg: Schweizerischen Gesellschaft für Wildtierbiologie SGW.