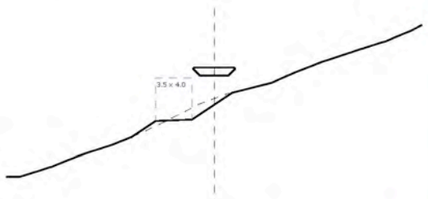
Studienauftrag Brücke Wattbach / **Walden**

Einbettung in Landschaft

Das pittoresk anmutende und naturnahe Wattbachtal wird geprägt durch Steilhangwälder, Wiesenflächen und den namengebenden Wattbach. Das Wattbachtal ist von hoher ökologischer Bedeutung und bietet zahlreichen Tier- und Pflanzenarten einen geschützten Lebensraum. Auf Seite des Kantons Appenzell Ausserrhoden befindet sich der Wald in einer Naturschutzzone und auf Seite des Kanton St. Gallen gehört der Wald zu einem Landschaftsschutzgebiet von regionaler Bedeutung. Ferner durchzieht ein Wildtierkorridor von überregionaler Bedeutung das Planungsgebiet und spielt eine zentrale Rolle für die Bewegung und Migration verschiedener Wildtierarten. Im Hinblick auf die sensible landschaftliche wie ortsbauliche Situation wurde eine Linienführung entwickelt, die den Eingriff in die Topografie auf ein Minimum reduziert und im Einklang mit dem Landschaftsbild steht. Durch die parallele sowie vom Wald abgesetzte Führung der Brücke wird das Waldgebiet auf St. Galler Seite gar nicht und auf Seite des Kantons Appenzell Ausserrhoden nur geringfügig tangiert. Durch den Einsatz einer V-förmigen Stütze kann der bauliche Eingriff auch in der Bach -und Wiesenlandschaft punktuell gehalten werden. Beeinträchtigungen werden direkt durch Wiederherstellung, Aufwertung und Ersatzpflanzungen ausgeglichen.
Der durchs Tal verlaufende Wanderweg führt unter der Brücke hindurch und bietet so grossartige Blicke auf die Brücke, die in spannungsvollem Bogen beide Talseiten verbindet. Durch die gewählte Wegführung bleibt der Blick frei und fördert die Erlebbarkeit der Landschaft.

Intuitive Wegeführung

Die Brücke liegt in direkter Verlängerung der heutigen Wattbachstrasse. Sie wird so zum Hauptweg. Im unteren Bereich liegt die Brücke über der heutigen Bestandsstrasse und flankiert das Waldflurstück. Der kleine Schuppen wird leicht nach oben zur benachbarten Wiese hin versetzt. Die verlegte Wattbachstrasse verläuft am unteren Widerlager parallel zur Brücke. Die Schleppkurven des gewünschten Forstfahrzeugs werden dabei respektiert. Nach der Stütze in Achse 20 folgt die neue Wattbachstrasse dem Hang und unterquert die Brücke unter Einhaltung des erforderlichen Lichtraumprofils. Um die gewünschte Verbreiterung der Wattbachstrasse auf 3,5 m zu gewährleisten, wird abschnittsweise geringfügig in den Hang eingegriffen und teils mit einer gebräuchlichen Neigung von 3:2 angeböscht. Es werden keine Stützmauer benötigt; der Einsatz von bewehrter Erde kann im weiteren Projektverlauf in Betracht gezogen werden. Der bekieste, wassergebundene Belag der neuen Wattbachstrasse setzt sich visuell von der Velohauptroute ab.
Gestaltung



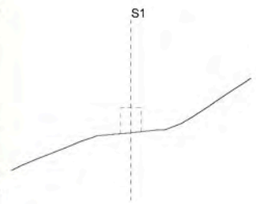
Ihre Materialität, schlichte und filigrane Gestalt lassen die Brücke in einen klar kontrastierenden und stimmungsvollen Dialog mit der Landschaft treten. Tragwerk und Konstruktion leiten sich direkt aus der Zielsetzung ab, Eingriffe nur an leicht zugänglichen Orten und abseits des schützenswerten Baumbestandes anzuordnen. So überspannt der Überbau als Durchlaufträger die Länge der Querung, gestützt nur an den Enden und zwei weiteren Fusspunkten. Die Fusspunkte sind für die Herstellung von der Wattbachstrasse aus gut zugänglich, ausserhalb der Waldgesellschaften und abseits des Wattbachs. Die Bauhöhe des Überbaus zieht zur mittleren, V-förmigen Stütze leicht an, um das dort auftretende Stützmoment aufzunehmen und durch die Steifigkeitsänderung die Seitenfelder zu entlasten. Als geschlossener und somit torsionssteifer Stahl-Hohlkasten kann der Überbau exzentrische Beanspruchungen, die aufgrund der gekrümmten Grundrissform entstehen, gut abtragen.
Als Absturzsicherungen werden 1,30 m hohe Staketengeländer vorgesehen. Der Dialog aus konstruktiver Logik und Leichtigkeit setzt sich in der Ausführung des Geländers fort. Schmale, vertikale Stäbe verbinden liegende Längsprofile, die einen klaren und robusten Abschluss bilden.
An den Stellen wo Personen mit der Brücke in Berührung tritt, wird auf den Baustoff Holz gesetzt. An der Innenseite der Kurve unterstützt ein zusätzlicher Handlauf aus Eichenholz Zufussgehende. An der Aussenseite der Kurve wird der obere Abschluss von einer breiteren Auflage ebenfalls aus Eiche hergestellt, die zum Verweilen und zur Beobachtung der Natur einlädt. Frei von ablesbarer Modularität wirkt das Geländer wie eine durchlässige Textur, die den Schwung der Brücke nachzeichnet und gleichzeitig in der grünen Umgebung aufgeht.

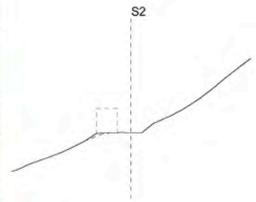
Materialisierung und Konstruktion

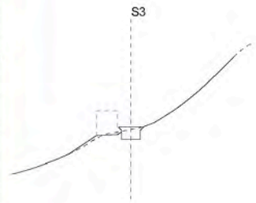
Referenz: Corten (Wetterfester Stahl) Fussgängerbrücke Williamscrossing/USA sbp

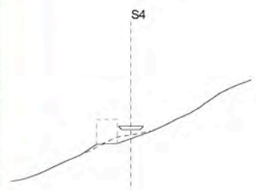
Der variable Stahlhohlkastenquerschnitt wird an den Widerlagern auf ein Minimum von 600 mm reduziert. Der Querschnitt erreicht sein Maximum von ca. 1650 mm über der gespreizten Stütze. Der Stahlhohlkasten weist Blechstärken von 15 bis 25 mm inkl. Abrostungszuschlag auf. Die Abrostung aufgrund des wetterfesten Stahls belaufen sich, nach DASt Richtlinie 007 in einem Zeitraum von 100 Jahre, auf grob 1 mm je bewitterte Seite. Trapezsteifen in Längsrichtung stellen sicher, dass die Bauteile nicht beulen. In regelmässigem Abstand werden Querschotten angeordnet. Für einzelne Blechstärken, insbesondere für das obere Querblech, wurden konstruktive Mindeststärken festgelegt. Für das genannte Blech betragen diese 15-20 mm, um sicherzustellen, dass sich das Blech beim Gussasphalteinbau nicht verformt. Generell werden für den Hohlkasten Blechstärken von 15 mm nicht unterschritten, um Verformungen aus Schweissverzug zu minimieren, und die Ausbildung der Schweissnähte zu vereinfachen.
Eine Flüssigkunststoffabdichtung bildet die Unterlage für den Belagseinbau.
Der eingebrachte zweilagige Gussasphaltaufbau trägt mit seiner Masse und den dämpfenden Eigenschaften dazu bei, das Schwingungsverhalten zu optimieren. Schwingungsmessungen nach Abschluss der Belagsarbeiten werden dazu dienen, die Notwendigkeit von Schwingungstilgern zu prüfen. Entsprechende Tilgerkästen innerhalb des Hohlkastenträgers sind vorhanden und ermöglichen eine nachträgliche Ausrüstung mit einfacher Zugänglichkeit.

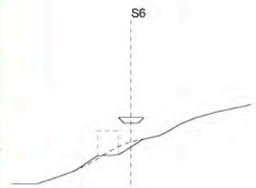
Situationsplan 1:500

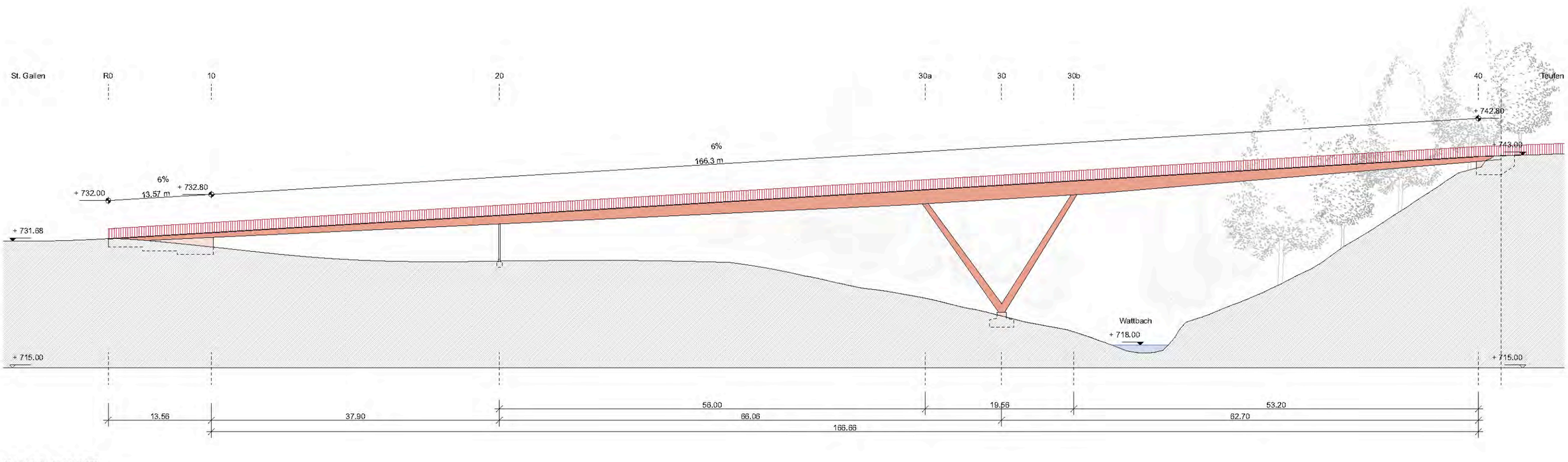




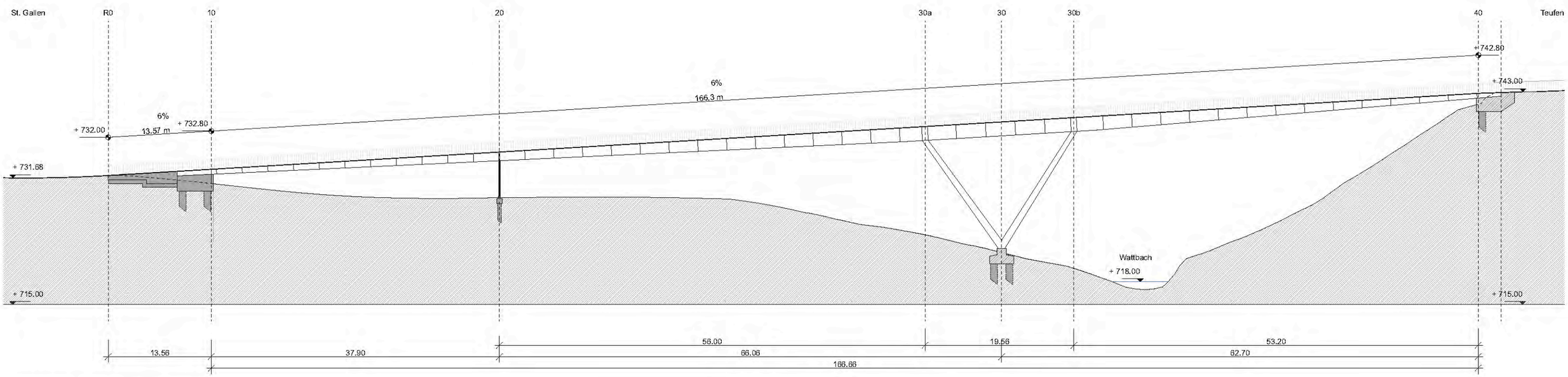






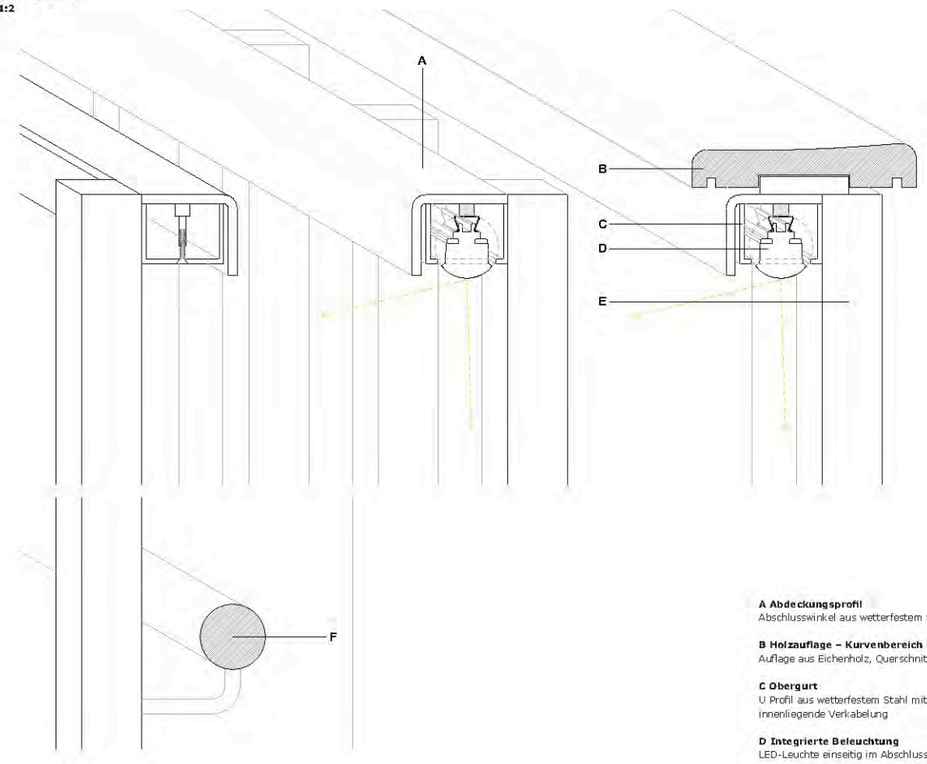


Abgewickelte Ansicht 1:250

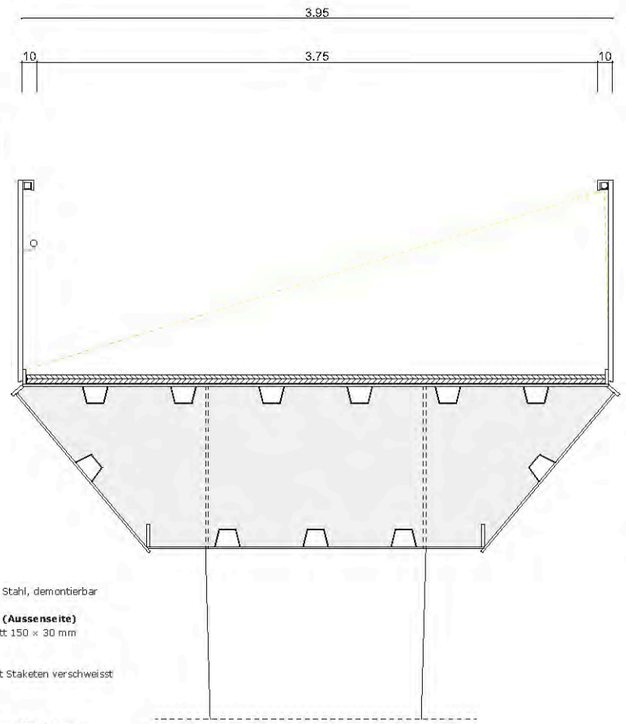


Abgewickelter Längsschnitt 1:250

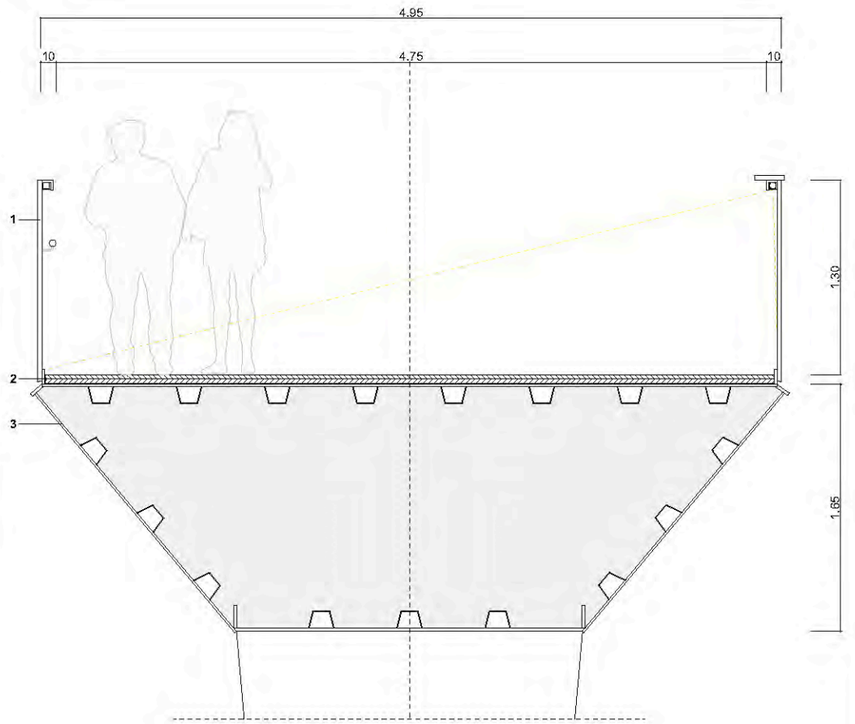
Detail Geländer
1:2



Querschnitt Achsen 20
1:20



Querschnitt Achsen 30
1:20



A Abdeckungsprofil
Abschlusswinkel aus wetterfestem Stahl, demontierbar

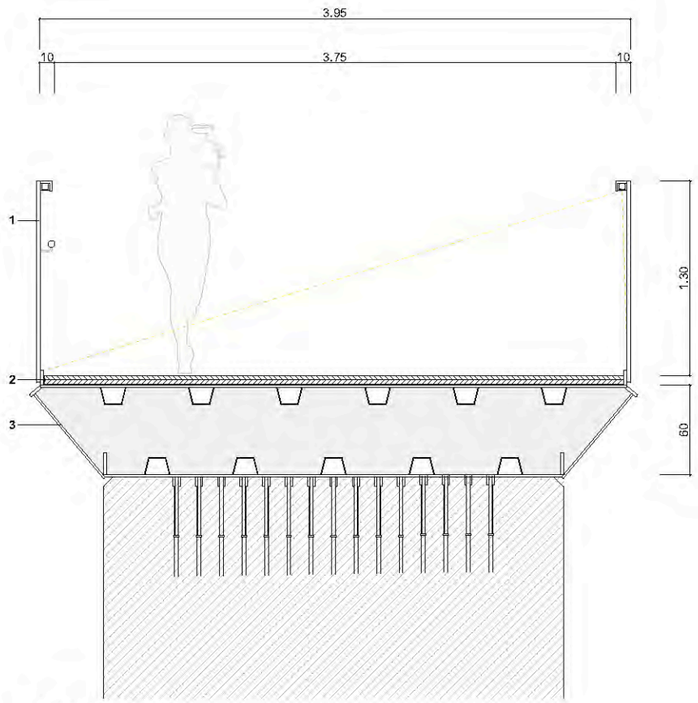
B Holzauflage – Kurvenbereich (Aussenseite)
Auflage aus Eichenholz, Querschnitt 150 × 30 mm

C Obergurt
U Profil aus wetterfestem Stahl mit Staketen verschweisst
innenliegende Verkabelung

D Integrierte Beleuchtung
LED-Leuchte einseitig im Abschlussprofil integriert

E Geländerstaketen
Verschweisste 20 x 40 mm, Achsabstand 140 mm

F Handlauf aus Eichenholz
Handlauf aus Eichenholz Durchmesser 40 mm durchgehend Talaufwärts

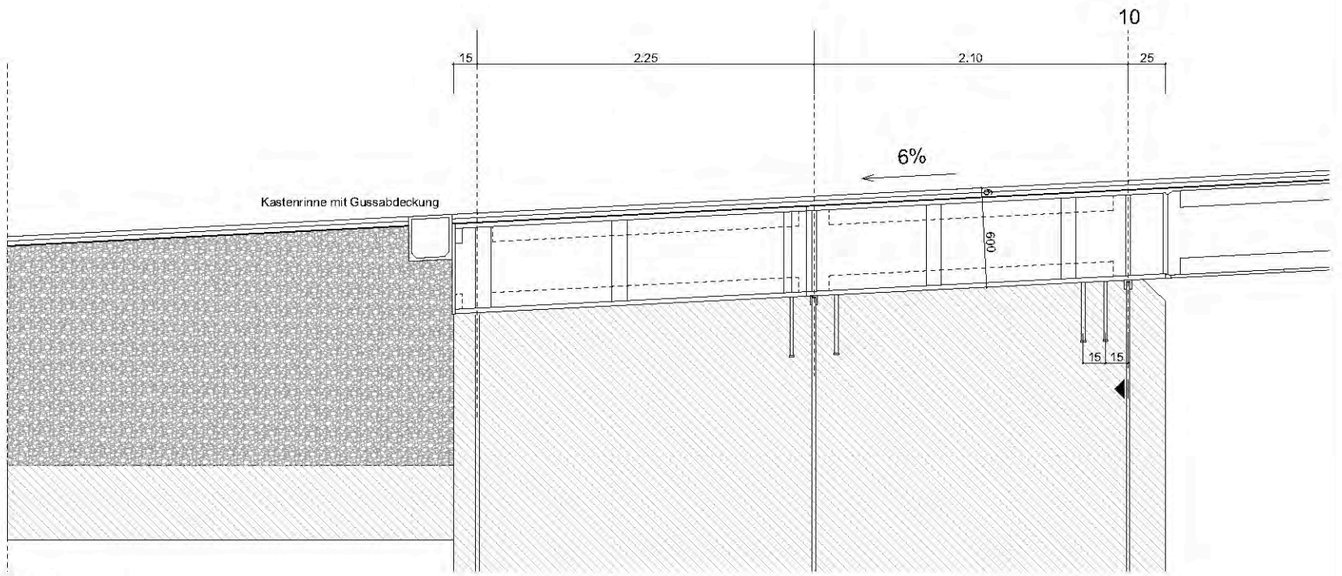


Querschnitt Achsen 10/40
1:20

1 Geländer
Verschweisste Geländerstaketen,
wetterfester Stahl d 20 mm, e = 140 mm
Geländerabschluss Winkel wetterfester Stahl
mit einseitig integrierter LED-Beleuchtung
Handlauf Eichenholz auf 90 cm auf Kurveninnenseite
Im Kurvenbereich an Aussenseite: Auflage Eichenholz 150 x 30 mm

2 Gehfläche
Randabschluss wetterfester Stahl
Gussasphalt 2-lagig 2 x 30 mm
Abdichtungsbahnen PMMA

3 Überbau
Stahlhohlkasten Wetterfester Flachstahl S355 J2W
Trapezsteifen



Detail Widerlager
1:20

Studienauftrag Brücke Wattbach / **Walden**

Beleuchtungskonzept

Aus den Anforderungen für die Umwelt - hier im Besonderen der Waldbestand, speziell hervorgehoben die Wildtiere und ihr Korridor, aber auch die Insekten - wird die Brücke zurückhaltend beleuchtet. Für Fledermäuse entstehen Hindernisse durch Lichteintrag, hell beleuchtete Trassen hindern lichtscheue Arten vor dem Überfliegen. Insekten werden von hellen Lichtquellen, insbesondere im kühlweissen Spektrum angelockt. Daher wird die Brücke nur dezent und gezielt beleuchtet. Als Lichtfarbe wird ein äusserst warmtoniges Weisslicht vorgeschlagen: ein sanftes Bernstein-Orange, 2200K. Einzelne komplett geschlossene Mini-LED Leuchten sind formschlüssig in den Geländerabschluss integriert. Um den Lichteintrag in den Wald zu minimieren, geschieht das nur auf der Kurvenaussenseite, sodass die Lichtquellen vom Wald abgewandt sind. Von der Ferne entsteht lediglich ein einzelnes Lichtband. Dank der gewählten Optik in den nach unten ausgerichteten Leuchten emittiert das Licht lediglich auf das Brückendeck. Für die Ansteuerung der Beleuchtungsanlage wird eine Bewegungsdetektion gewählt; so wird auf Abruf (Stichwort Nutzung „on demand") rechtzeitig ein Stück des Wegs verkehrssicher beleuchtet. Über die langen Zeiten in der Abenddämmerung und während der Nacht ohne Frequenz auf der Brücke bleibt die für Flora und Fauna wichtige Dunkelheit erhalten.

Verkehr

Die Wattbachstrasse wird direkt auf die Brücke geführt, was zu einer übersichtlichen, sicheren und komfortablen Situation für Fussgänger und Velofahrer führt. Dasselbe gilt für den Anschluss beim sogenannten Pförtner an der Teufener Strasse, wo eine leichte Verbreiterung der Verkehrsfläche und eine bogenförmige Weiterführung des Brückengeländers eine intuitive Verkehrsführung gewährleistet. Die Kurvenradien werden grosszügig und mit dem Augenmerk auf ausreichende Sichtweiten ausgebildet. So wird die neue Brücke nicht nur den hohen Ansprüchen an Sicherheit und Komfort, sondern auch dem Erlebnis dieser einzigartigen Landschaft gerecht.

Ein integrales Tragwerk

Der Überbau ist integral mit den Stützköpfen und den Widerlagern verbunden. Der damit einhergehende Verzicht auf wartungsanfällige, bewegliche Lager reduziert den Wartungsaufwand bei grösserer Dauerhaftigkeit. Länge und Schlankheit der Pfeiler lassen die geringen Verformungen durch Temperaturschwankungen zu, ohne massgebende Zwängungen in den Bauteilen zu erzeugen.
Die Widerlager werden aus Stahlbeton gefertigt und auf Mikropfählen tieffundiert. Einwirkungen aus den integral angeschlossenen Längsträgern werden über schräg geneigte Mikropfähle aufgenommen und abgetragen. Die Widerlager sind kompakt, können rüttelarm hergestellt werden und beeinflussen durch ihre tiefe Mikropfahlgründung mit hoch liegender Pfahlkopfplatte die Böschungssituation nur wenig. Beim Bodenaushub ist laut geologischem Grundlagenbericht nicht mit belastetem Aushubmaterial zu rechnen.
Horizontal zeigt die Brücke sehr gutes Schwingungsverhalten. Die Einspannung, der Asphaltbelag und das Geländer wirken sich ebenso positiv auf das Schwingungsverhalten aus. Allfällige dynamische Anfälligkeiten in vertikaler Richtung können durch kleine vorgefertigte und wartungsfreie Tilgerelemente, die unauffällig und von oben gut zugänglich im Inneren des Hohlkastens integriert werden können, vermieden werden.

Zusammenfassung der statischen Vorbemessung

Für die statische Vorberechnung wurde ein FEM-Modell des Gesamtsystems erstellt. Die spezifische Ausbildung des Überbaus sowie die Pfeiler wurden modelliert und massgebliche Belastungssituationen berücksichtigt, um die Tragfähigkeit der Konstruktion nachzuweisen. Den statischen Untersuchungen liegen die Bemessungskonzepte nach SIA 260-267 und der referenzierten Regelwerke zugrunde. Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit wurden nachgewiesen und die statisch relevanten Bauteile bemessen.

Gebrauchstauglichkeit / Unterhalt

Der Stahl-Hohlkasten ist flächig in seiner Geometrie, es gibt keine schwer zugänglichen Stellen. Der wetterfeste Stahl bedarf keines Korrosionsschutzes. Die Brücke kann mit einem Dienstfahrzeug befahren werden, die Gehfläche gestreut oder gesalzen werden. Die beidseitigen Belags-Randwinkel werden in rostfreiem Stahl ausgeführt und besitzen eine hohe Korrosionsbeständigkeit gegenüber Salzeinwirkung.
Es gibt keine klassischen Brückenlager, die aufwendig gewartet werden müssen. Brücke und Ausbau sind robust detailliert und bieten Vandalismus wenig Angriffsfläche. Der griffige und bewährte Belag aus Gussasphalt sowie die frei von mechanischen Fugen ausgebildeten Fahrbahnübergänge stellen sehr unterhaltsarme Details dar. Durch das grosszügige Längsgefälle sind auf der Brücke keine Entwässerungsschächte angeordnet (in Übereinstimmung mit der ASTRA-Rili 12004, Teil 6, 2023).
Das Geländer ist äusserst unterhalsarm. Der Randabschluss ist zudem bewusst ebenfalls in wetterfestem Stahl gehalten. Belag und Randflächen sind somit widerstandsfähig und robust gegenüber Abrasion beispielsweise durch eine Wischmaschine. Gleiches gilt in den Wintermonaten für den Umgang mit Schnee. Die Belagsoberflächen und der Randabschluss vertragen Schneenässe und die Belagsoberfläche kann mit normalem Strassenstreusalz maschinell behandelt werden. Für den betrieblichen Unterhalt ergeben sich betreffend die unterliegende Tragkonstruktion ein äusserst geringer Arbeitsaufwand. Die Stahlflächen sind allesamt sehr stark geneigt, so dass keine liegenden, regelmässig zu reinigen Flächen entstehen. Die integral angeschlossenen, flächigen Bauteile lassen weder Insekten- noch Vogelnester entstehen.

Inspektion

Die Inspizierbarkeit des Bauwerks bei einer fünfjährigen Hauptinspektion kann konventionell mit einem Brückenuntersichtgerät durchgeführt werden. Zum Beispiel mit Untersichtgeräten, die für Fussgänger- und Velobrücken zum Einsatz kommen (u.a. Firma Habegger, Rothrist oder Firma MBG, Winterthur mit Geräten wie Cramer UB 7 oder Wemo Tec MBI_50_1). Um genügend Reserven zu haben, ist in der statischen Bemessung ein zugehöriges, zusätzliches Lastmodell eingeführt worden, das entsprechende Geräte in exzentrischer Stellung berücksichtigt.
Andererseits kann das Bauwerk mit Drohnen abgeflogen werden, eine Technologie, die rasant an Bedeutung gewinnen wird. Dem Unterhalt der unter der Fahrbahn liegenden Bauteile ist somit aus Sicht des Projektverfassers durch die konstruktive Durchbildung und die aufgezeigten Inspektionsmöglichkeiten ausreichend Rechnung getragen.

Das Tragwerk sowie das Geländer bedürfen über die gesamte Nutzungsdauer keiner Instandsetzungsarbeiten. Falls dies wider Erwarten notwendig wird, lässt sich das Tragwerk durch Einschweissen von Blechen instandhalten. Geländer und Belag steifen das Tragwerk zwar gegen Schwingungen aus, werden für die Tragsicherheit jedoch nicht gebraucht und können so unter den benötigten Sicherheitsvorkehrungen einfach ausgetauscht oder ausgebessert werden. Der Verzicht auf lösemittelhaltigen Oberflächenschutz erlaubt es auf die alle 20-25 Jahre notwendigen Erneuerungen des Schutzanstrichs zu verzichten. In einem Rhythmus von 25-30 Jahren wird ein Ersatz des Asphalt-Deckbelags fällig.

Blick talabwärts

Blick von Wattbachstrasse

Blick vom Pförtner

Situation Anschlussbereiche A / 1:200

Situation Anschlussbereiche B / 1:200

Isometrie

Blick vom Talboden

Studienauftrag Brücke Wattbach / **Walden**

Entwässerung

Die Längsneigung von 6% der Brücke wird genutzt, um Wasser an der Oberfläche bis an das niedrige Widerlage in Achse 10 zu führen. Das dort ankommende Regenwasser wird mit einer in die Fahrbahnplatte eingelassene Querrinne aus Polymerbeton aufgefangen und der Kanalisation zugeführt. Der Verzicht auf ein Quer- oder Dachgefälle erleichtert den belagsschonenden Unterhalt mit dem Schneeräumfahrzeug.

Rezyklierbarkeit und Rückbau

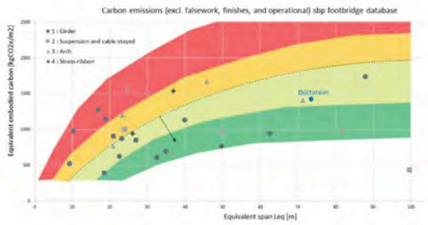
Es werden bewusst wenig Material und keine Verbund- oder Mischkonstruktionen eingesetzt. Stahl wird im Bausektor schon nahezu gänzlich rezykliert. Da im Projekt keine lösemittelhaltigen Schutzanstriche zum Einsatz kommen, vereinfacht sich dieser Prozess. Der Belag lässt sich ebenfalls einfach vom Tragwerk lösen und aufbereiten. Der Beton der Widerlager kann abgebrochen werden und zu Recyclingbeton weiterverarbeitet werden.

Nachhaltigkeit

Die Nachhaltigkeit eines Bauwerks kann konkret in erster Linie durch den für die Anwendung und örtlichen Gegebenheiten angemessenen Entwurf sichergestellt werden. Bei der Konstruktions- und Materialwahl orientiert sich der Brückenentwurf am funktionalen Maximum hinsichtlich Langlebigkeit. Die Konstruktion soll mit der Tragwerkswahl bzw. der Bauhöhe auf die Umgebung sowie auf die statischen Erfordernisse reagieren. Neben einer sensiblen Einbindung in die Landschaft wird hierdurch auch der Materialeinsatz in Hinblick auf eine möglichst geringe Ressourceninanspruchnahme optimiert.
Ziel des vorliegenden Entwurfs war es die klassische Balkenbrücke ingenieurtechnisch und gestalterisch so weiter zu denken, dass ein möglichst leichter aufgelöster und dennoch wartungsarmer Durchlaufträger entsteht. Der optimierte Materialeinsatz ist der Grundstein für die hohe Nachhaltigkeit des Projektes und erlaubt es zusammen mit den angedachten, innovativen Verfahren auch den bauzeitlichen Eingriff – insbesondere in die sensiblen Waldgesellschaften - signifikant zu reduzieren.
Das Projekt ist mit einer Nachhaltigkeits-Checkliste bearbeitet worden. Die Checkliste basiert auf dem Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz SNBS Infrastruktur NNBS.
Der Kriterienkatalog für Infrastrukturprojekte ist dabei weiter verfeinert worden. Das Projekt ist so im Gleichgewicht der drei Nachhaltigkeitssäulen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft (vgl. auch Brundlandt-Report, resp. SDG-Goals) erarbeitet worden.
Nachfolgend ist mit einigen kurzen Beispielen zusammengefasst, dass das vorliegende Projekt ein gutes Gleichgewicht der drei Nachhaltigkeitskomponenten hält:
Umwelt
Einsatz von landschaftlich gut integrierbarem, wetterfestem Baustahl verbunden mit Verzicht auf lösemittelhaltigen Oberflächenschutz.
Lokale (Teil)Kompensation des Natureingriffs durch das neue Infrastrukturbauwerk durch ökologisch wertvolle Baumpflanzung im direkten Umfeld.
Wirtschaft
Optimierung der Life-Cycle-Kosten durch optimiertes Stahlgewicht und dauerhafte, unterhaltsfreundliche Ausgestaltung. Gewährleistung ökonomischer Montage mit einem Kranstandort, was zu weniger Fahrten für den Ballast und geringerer bauzeitlicher Landbeanspruchung führt.
Gesellschaft
Direkte gut lesbare und attraktive Routenführung abseits der Bewohnung, wenig Eingriff in bestehende Besitzverhältnisse.
Erhöhung der Verkehrssicherheit durch neues Velowegtrassee kombiniert mit einer velofreundlichen Ausgestaltung (griffiger Belag, keine mechanischen Übergänge etc.).

CO2-Bilanz

Nebst dieser qualitativen Betrachtung ist eine Ökobilanzierung des Tragwerks erstellt worden. Mit einem CO2-Fussabdruck von unter 1240 kg/m² erreicht das Bauwerk den planer-intern angestrebten Benchmark.



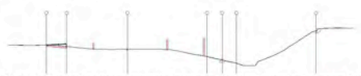
Bauausführung

Die modularen Stahlbauteile werden im Werk massgenau gefertigt und auf einem geschützten Vormontageplatz nahe der Baustelle zusammengefügt. Der grosse Vorfertigungsgrad stellt hohe Fertigungsqualität sicher und minimiert zugleich die Zeit auf der Baustelle. Ein möglicher Vormontageplatz mit einer Grundfläche von ca 40 x 15 m befindet sich ca. 400 m westlich des Pförtners entlang der Teufenerstrasse. Er liegt auf der gegenüberliegenden Seite des Bahngleises (Flurstück 1701). Überbausegmente können von dort aus per SPMT (self-propelled modular transporter) in nahezu gerader Linie zum Kranstandort gebracht und eingehoben werden.
Der Einhub der vorgefertigten Schüsse erfolgt ausschliesslich vom Pförtner aus per Raupenkran (500 t – 750 t). Eine Spur der Teufener Strasse kann auch bei aufgebautem Kran weiterhin genutzt werden. Lediglich beim tatsächlichen, nächtlichen Einhub der Überbausegmente wird aus Sicherheitsgründen die Strasse komplett gesperrt.

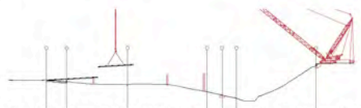
Erstellungskosten

Zur Schätzung der Kosten wurden die verbauten Massen an einem räumlichen Geometrie- und Berechnungsmodell ermittelt und in die bereitgestellte Vorlage eingetragen.

Schema Bauablauf

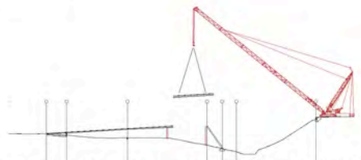


Schritt 1: Herstellung der Gründungen, Fusspunkte und Widerlager mit kleinem Gerät. Alle Fusspunkte und Widerlager sind von der Wattbachstrasse aus einfach und ohne Eingriff in den Wald zu erreichen



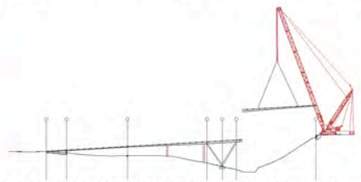
Schritt 2: Segmentweiser Einhub der Überbausegmente per Raupenkran vom Pförtner aus. Die Schüsse sind ca 24 m lang und 28 t schwer. Sie werden im Werk gefertigt, grossformatig angeliefert und ggf. auf einem! Vormontageplatz westlich des Pförtners (z. B. Flurstück 1701) zusammengeschweisst.

Schritt 3: Die Überbausegmente werden auf temporären Stützen, die auf oder direkt neben der Bestandsstrasse liegen, gelagert. Einhub des ersten tiels der V-Stütze.

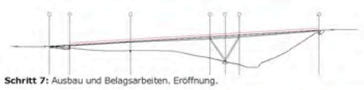


Schritt 4: Einhub des letzten Überbausegments östlich der V-Stütze. Überbau und Stiel werden verbunden.

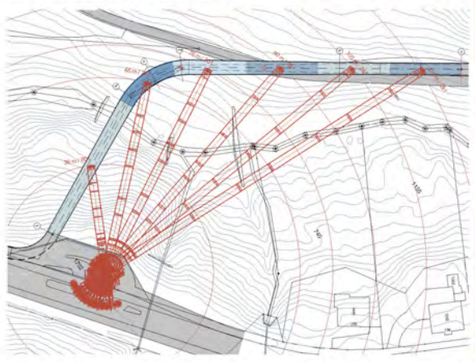
Schritt 5: Einhub zweiten Stiels der V-Stütze. Dieser wird anhand von temporären Zugelementen in seiner Position gehalten bis das Überbausegment über der Stütze eingehoben und verschweisst wird. Dieses gekrümmte Segment ist kürzer als die anderen um es weiterhin gut antransportieren zu können.



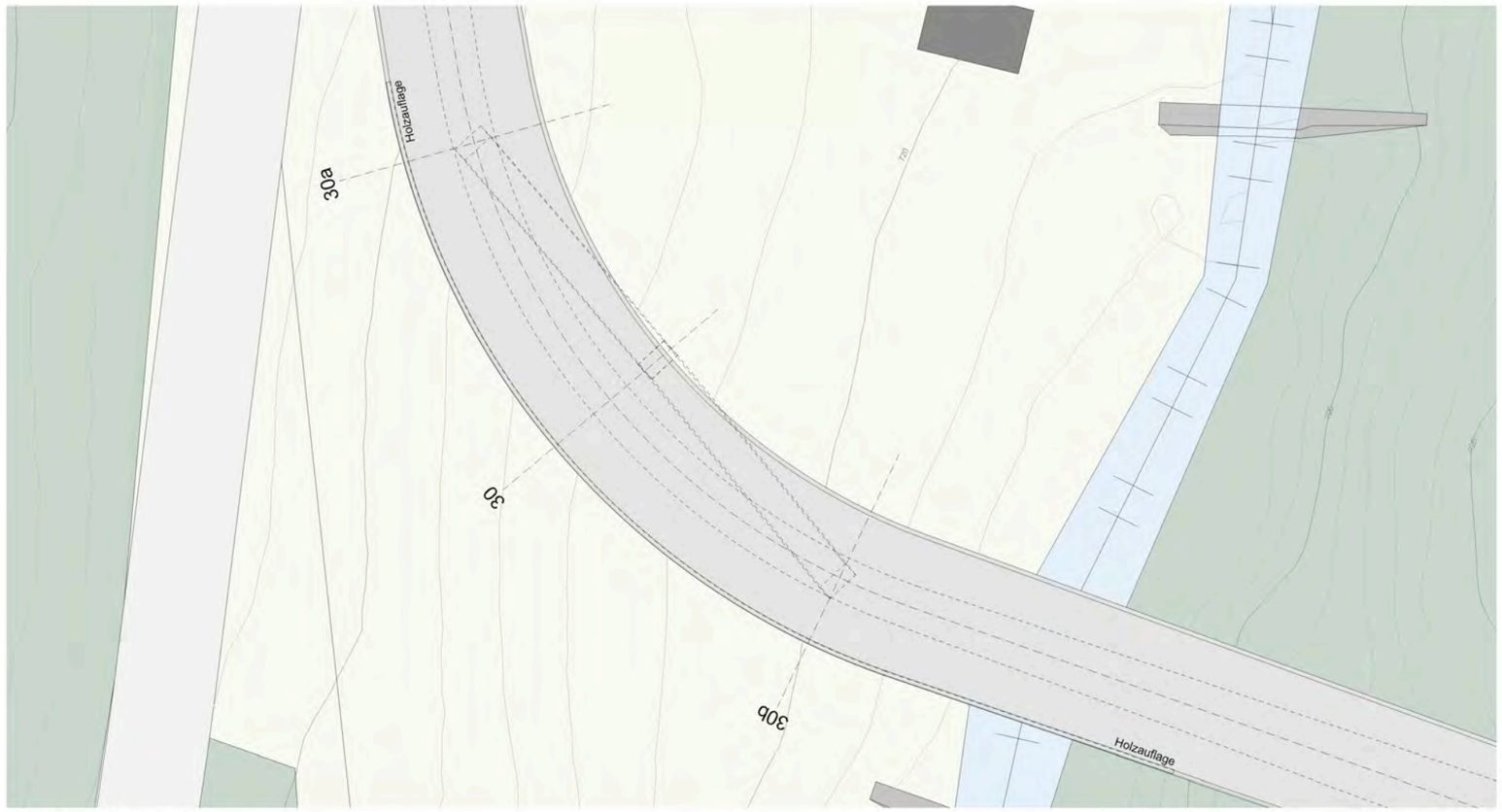
Schritt 6: Einhub des letzten Überbausegments am Pförtner. Auf dieser Talseite werden keine temporären Stützen oder anderweitige Eingriffe benötigt.



Schritt 7: Ausbau und Belagsarbeiten. Eröffnung.



Lageplan Bauablauf. Der Einhub der Überbausegmente erfolgt in grossen Schüssen, vom Pförtner aus, ohne Eingriffe in den Waldbestand.



Grundriss Ausschnitt Brücke 1:100

Blick auf die Brücke an der Aussichtsstelle