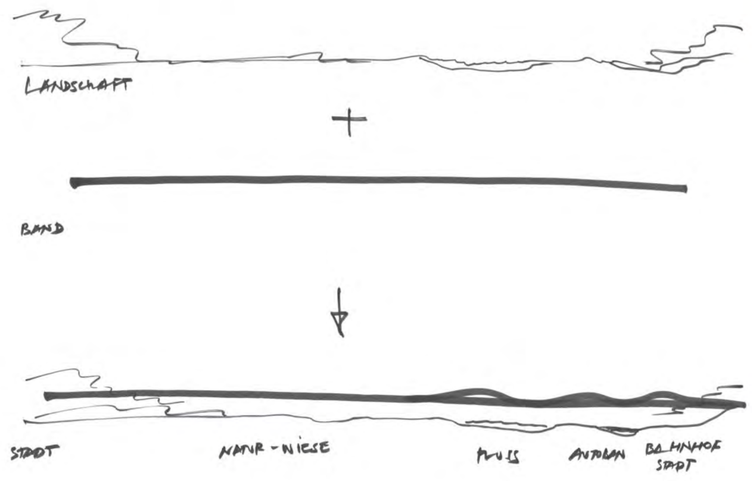
Brücke über den Regnitzgrund in ERLANGEN

Gestaltungsidee

Die Brücke für die Stadt-Umland-Bahn wird die Regnitz und das Regnitztal zwischen dem Südrand des heutigen Großparkplatzes westlich des Bahnhofs und des Zentrums der Stadt und dem Stadtteil Alterlangen mit Anschluss an den Kosbacher Damm queren.
In dem geplanten Verlauf der Trasse werden besonders sensible Bereiche tangiert oder gequert, dies sind die Wöhrmühlinsel und die Seelöcher.

Teilweise verläuft in diesem Bereich bereits ein bedeutsamer Fuß- und Radweg, der den Großparkplatz und die östlich davon gelegenen Flächen mit den westlichen Stadtteilen verbindet.



Bauwerkskonzept

Die Grundidee des Entwurfs ist ein auf die Bauaufgabe bezogen leichtes und filigranes Bauwerk, das sich durch seine Schlankheit und organische Form wie selbstverständlich in die Landschaft einfügt und durch seine Transparenz die Einheit und Natürlichkeit des Regnitzgrunds erhält.
Der flache Brückenträger schwebt elegant wie ein geschwungenes Band, über den Regnitzgrund und kommt mit der nur unbedingt notwendigen Anzahl an Berührungspunkten/Stützen zur schützenswerten Landschaft aus.
Das filigrane Band setzt für den Brückenschlag zur Wellenbewegung an. Es schwingt mit dem gerade hierfür notwendigen Einsatz harmonisch über die Regnitzarme um anschließend unter der Autobahn hindurch in die Stadt Erlangen einzutauchen.

Aus der Ferne ziert ein filigranes freischwebendes Band den Wiesengrund. Auch aus der Nähe belegen die unbehandelten und rohen Materialien sowie die harmonisch schwungvolle Formensprache die gute Einbindung in den Naturraum.

Neben Transparenz und unbehandelter Materialien ermöglicht zudem die Bündelung der Wege für Radler und Landwirtschaft unter dem Brückenüberbau eine verträgliche und behutsame Erschließung.

Durch den filigranen Brückenüberbau und die Radwegführung im Schutze der Brückentrasse genießen die Verkehrsteilnehmer auf und unter der Brücke den freien Blick auf die unberührte Landschaft.

Integration des Bauwerks in den städtebaulichen und freiraumplanerischen Kontext

Ein zentraler Teil der StUB-Trasse führt über den Wiesengrund zwischen Erlangen und Büchenbach. Dieser Bereich ist der Regnitz als Überflutungsfläche vorbehalten und wichtiges Habitat für heimische Tier- und Pflanzenarten. Da der Landschaftsraum inmitten urbanen Siedlungsraums liegt, ist der Wiesengrund auch ein beliebtes Naherholungsgebiet.

Die Unterführung der StUB wird als attraktive Fuß- und Radverbindung ausgebaut, sodass der Erlanger nun in wenigen Minuten vom Bahnhof zur Wöhrinsel kommt. Neben vorhandenem Kulturangebot soll am Nebenarm der Regnitz ein Regnitzstrand mit Verweilmöglichkeiten am sandigen Ufer entstehen. Der Tunnelmund wird über sanfte Böschungen landschaftlich integriert und das nun verbaute Retentionsvolumen wird im unmittelbaren Umfeld wiederhergestellt.

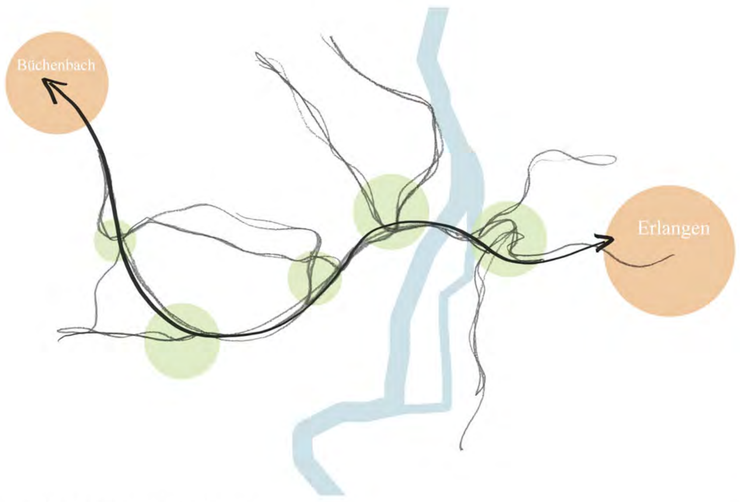
Der Wiesengrund verfügt bereits über ein hochfrequentiertes Wegenetz, das Naherholungssuchende zwischen Kulturlandschaft und Regnitzaue in die umliegenden Siedlungen führt.

Die StUB-Trasse tangiert bereits bestehende Knotenpunkte und verbindet diese auf schnellem Wege über den unter ihr verlaufenden Radweg.

Radfahrer haben nun die Möglichkeit eine stets regengeschützte und nachts beleuchtete Route zu wählen. Dieses attraktive Allwetterangebot soll den Radverkehr stärken.

Zwischen Radweg und Feld sorgen Blühstreifen für eine bunte Abgrenzung und bieten gleichzeitig Wildbienen und Insekten eine Nahrungsquelle inmitten der Agrarlandschaft.

An den Kreuzungspunkten des Wegesystems sollen Treffpunkte und Verweilorte in der Landschaft entstehen. Eichengruppen markieren diese Orte und spenden im Sommer Schatten. Wellenförmige Liegebänke aus Holz greifen den Schwung der Brücke auf und laden zum Genießen des Sonnenuntergangs abseits des geschäftigen Treibens der Stadt ein. Aber auch für die frühen Morgenstunden gibt's es einen Treffpunkt mit Ausrichtung gen Osten.



Konzept Kreuzungspunkte / Treffpunkte

Visualisierung 01 | Blick 01

Visualisierung 02 | Blick 02

Schwarz-Grün Plan | M 1:2500

Umsetzung der landesplanerischen Beurteilung

Der Freiraumschutz stellt in der landesplanerischen Beurteilung eine wichtige Maßgabe dar. Für die Minimierung der Lärmbelastung wurde für das Brückenbauwerk über den Regnitzgrund eine Betonfahrbahnplatte mit einem elastisch eingegossenem Schienenlagerungssystem gewählt. Im Gegensatz zu einer Fahrbahn aus Stahl ist das gewählte System der festen Betonfahrbahn beim Befahren deutlich weniger schwingungsanfällig, wodurch die Schallemissionen auf ein umwelt-verträgliches Minimum reduziert werden können. Aufgrund der Lage im sensiblen natürlichen Umfeld wird eine perfekte Einbindung der Brücke in das Landschaftsbild angestrebt.

Die gewählte Konstruktion des Überbaus aus unbehandeltem wetterfestem Stahl verbindet als filigranes und geschwungenes Band die Stadtteile und ziert den Regnitzgrund. Durch die großzügig gewählten Stützweiten, die Schlankheit des Überbaus und die filigranen Stahlstützen ist der Hochwasser- und Luftmassenabfluss weiterhin gewährleistet.
Zum Schutz des wertvollen Naturraums wird die bauzeitliche Flächeninanspruchnahme auf ein Minimum reduziert. Diese Maßgaben werden durch einen hohen Vorfertigungsgrad der Stahl- und der Betonbauteile in Kombination mit einer Linienbaustelle erreicht, welche vollständig von den außerhalb des Naturraums liegenden BE-Flächen am Kosbacher Damm und dem Großparkplatz bedient wird. Durch den Einsatz von vorgefertigten Stahlstützen, Stahlträgern und Stahlbetonfertigteilen wird die Bauzeit im Regnitzgrund minimiert. Das Baufeld bleibt im Regnitzgrund auf die künftige Trasse des Brückenbauwerks beschränkt. Weitere erforderliche Baustelleneinrichtungsflächen werden außerhalb des Naturraums angeordnet.

Um den Einfluss von künstlichem Licht in der Natur zu minimieren und so zum Artenschutz beizutragen, wird für die Beleuchtung des Radwegs unter der Brücke ein LED-Band mit Licht einer sehr warmen Farbtemperatur von 1800 K gewählt.

Durch die Anordnung der insektenfreundlichen Leuchtmittel (LED-Bänder) an den Innenseiten der Brückenlängsträger, wird die Abstrahlung in die Umgebung so gering wie möglich gehalten, die Formensprache des schwungvollen Brückenbands in Szene gesetzt und gleichzeitig eine ausgewogene Beleuchtung des Radwegs für seine verkehrssichere und angstfreie Nutzung geschaffen.

Für die Fledermäuse werden alternative Nistplätze außerhalb der Widerlager geschaffen, um das Nisten zu ermöglichen und gleichzeitig keine Einschränkungen im Bereich des Widerlagers für die Bauwerksinspektion zu erhalten und somit die Unterhaltungskosten zu minimieren. Im Bereich der Hauptflugrouten der Fledermäuse werden Irritationsschutzzäune in Form von Edelstahl-Netzen auf dem Bauwerk angebracht. Der gewählte Delta-Bloc als Fahrzeugrückhaltesystem dient zudem als Blendschutz.

Neben der Nutzung der Brücke durch die Stadt-Umland-Bahn und regionale Busse begleitet der Brückenüberbau den 6,5 m breiten Radschnellweg als schattenspendendes und vor Niederschlag schützendes schwebendes Dach durch den Regnitzgrund.

Durch die Gestaltung der schwungvollen Untersicht der Brücke, die Wahl des unbehandelten wetterfesten Stahls als naturnaher Baustoff und die Integration der Beleuchtung wird für die pendelnden Radfahrer ein vollkommen neues Erlebnis geschaffen.

Der Einfluss der neuen Brücke auf die landwirtschaftlichen und ökologischen Flächen wird durch die Bündelung der Trassen für Stadtbahn, Bus, Radfahrer, Landwirtschaft und Fußgänger minimiert. Durch die Wahl des Tragsystems und seine lichte Höhe kann die Brücke auf gesamter Länge durch landwirtschaftlichen Verkehr unterquert werden. Die Breite des Radwegs ist so ausgelegt, dass seine Mitnutzung durch landwirtschaftlichen Verkehr verkehrssicher möglich ist

Skizze zum Landschaftsgestaltungskonzept

Geländeaufsicht | M 1:1000

Nachhaltigkeit

Die Nachhaltigkeit ergibt sich dabei aus der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus eines Brückenbauwerks, inklusive seiner Verwertung nach Nutzungsende. Wichtige Kriterien bilden unter anderem die Wartungsfreundlichkeit des Brückenbauwerks, um Folgekosten gering zu halten, sowie die Recycling-Eigenschaften. Bei der Auswahl der Baumaterialien wurde deshalb besonders auf Langlebigkeit und Verlässlichkeit geachtet.
Die Langzeiterfahrung der BASt und der WSV zeigen die große Dauerhaftigkeit und Wartungsfreundlichkeit von wetterfestem Stahl. Es entfällt die Beschichtung bei der Herstellung und Wiederbeschichtung zur Erneuerung des Korrosionsschutzes nach einem Zeitraum von jeweils ca. 30 Jahren.
Dadurch entfallen sonst notwendige Korrosionsschutzmaßnahmen und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Umwelt.
Somit stellt der unbehandelte wetterfeste Stahl eine ökologisch sinnvoll und wirtschaftliche Alternative zu organisch beschichtetem Stahl dar.
Die unbehandelte Oberfläche des wetterfesten Stahls ermöglicht in Kombination mit den Sichtbetonoberflächen der Stahlbetonfertigteile die konsequente Integration des Brückenbauwerks in den natürlichen Lebensraum des Regnitzgrunds. Ein weiterer Entwurfsansatz war der effiziente Materialeinsatz, d.h. die Konstruktion so schlank und praktikabel wie möglich zu halten, um den notwendigen Material-verbrauch auf ein sehr geringes Maß zu reduzieren und somit Ressourcen zu schonen.

Innovationen/Nachhaltigkeit im Überblick

- Vollintegrales Bauwerk
- Verzicht auf Ausstattung
- „Atmende" Brücke
- Hoher Vorfertigungsgrad
- Wetterfester Stahl
- Langlebiger Korrosionsschutz mit Verzinkung
- Bordsteinlinienentwässerung
- Effizienter Materialeinsatz
- Leichtbauweise
- Nutzungsabhängige, ökologische Beleuchtung
- Luftdichter Stahlkasten ohne Längssteifen

Unterhaltsaufwendungen

Die gewählte Konstruktion zeichnet sich durch geringe Unterhaltskosten aus. Aufgrund der integralen und fugenlosen Bauweise kann gänzlich auf Verschleißteile wie Lager, Übergangskonstruktionen und Schienenauszüge verzichtet werden. Weiterhin gibt es keine Öffnungen oder Hohlräume. Auch die Bauwerksprüfung wird vereinfacht.
Durch die Wahl des wetterfesten Stahls als Baustoff können Unterhaltskosten reduziert werden, da dadurch Korrosionsschutzinstandsetzungsarbeiten gänzlich entfallen.

Der wetterfeste Stahl benötigt keinen Korrosionsschutz. Bei den Pfeilern und Untergurten wird ein besonders langlebiges Korrosionsschutzsystem mit Verzinkung eingesetzt, um lediglich einmalig bei der Herstellung dieser Bauteile den Korrosionsschutz im Werk aufzubringen. Weitere Maßnahmen sind bei diesem innovativen System mit einer Haltbarkeit von 100 Jahren nicht erforderlich.

Minimale Lebenszykluskosten durch nachhaltige und innovative Bauweise

Die Wahl der nachhaltigen Baustoffe, der vollintegralen Bauweise und dem damit verbunden Verzicht auf sämtliche Verschleißteile sowie der optimierten Stützweiten führt zu sehr wirtschaftlichen Baukosten für das Brückenbauwerk in Höhe von 25,595 Mio. € zzgl. MwSt., was ca. 1.600 €/m² Brückenfläche zzgl. MwSt entspricht. Damit liegen die Herstellungskosten im Bereich des unteren Werts, den das Bayerische Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr als unteren Grenzwert für vergleichbare Brückenbauwerke angibt.

Noch deutlicher wird der Innovations- und Nachhaltigkeitscharakter der Wettbewerbslösung bei den individuell ermittelten Erhaltungskosten für 100 Jahre Lebensdauer in Höhe von 10,238 Mio. € zzgl. MwSt., die im Vergleich zu üblichen Stahlbrücken von 1,5 %/Jahr bei lediglich 0,4 %/Jahr, d.h. um rd. 73 % günstiger liegen. Hierdurch können durch die Wahl der innovativen Baustoffe, Konstruktion und Systeme in Summe 28,155 Mio. € zzgl. MwSt. über die Lebensdauer von 100 Jahren eingespart werden.

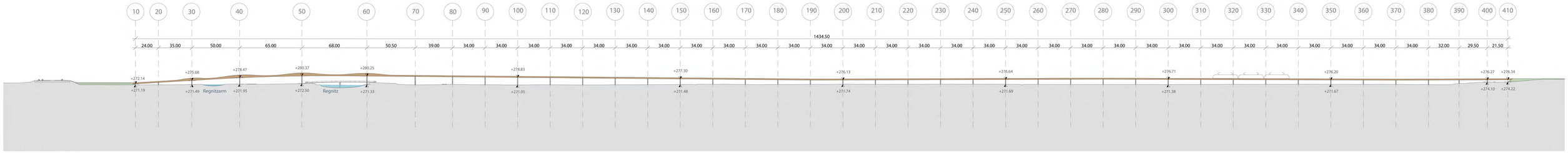
Kosten	Jahre	€ zzgl. MwSt.	€/m² zzgl. MwSt.	%/Jahr zzgl. MwSt.
Baukosten gesamt		25.959.000,00	1.600,00	
Erhaltungskosten/Jahr		102.000,00	10,00	0,4 %
Erhaltungskosten/Lebenszeit	100	10.238.000,00	650,00	40,0 %

Wirtschaftlichkeit

Die gewählte Herstellung mit schussweisem Einhub der Stahlschüsse und die Verbundfahrbahnplatte aus Fertigteilen mit Ortbetonergänzung reduziert die Baukosten.
Es kann so auf aufwendige Schalwägen oder Traggerüste verzichtet werden.

Der hohe Vorfertigungsgrad im Werk und die Anlieferung der Bauteile just-in-time im Baufeld reduziert zudem das Risiko der Auswirkungen eines möglichen Hochwassers, es kann eine hohe Qualität der einzelnen Bauteile sichergestellt und die Herstellungskosten minimiert werden.

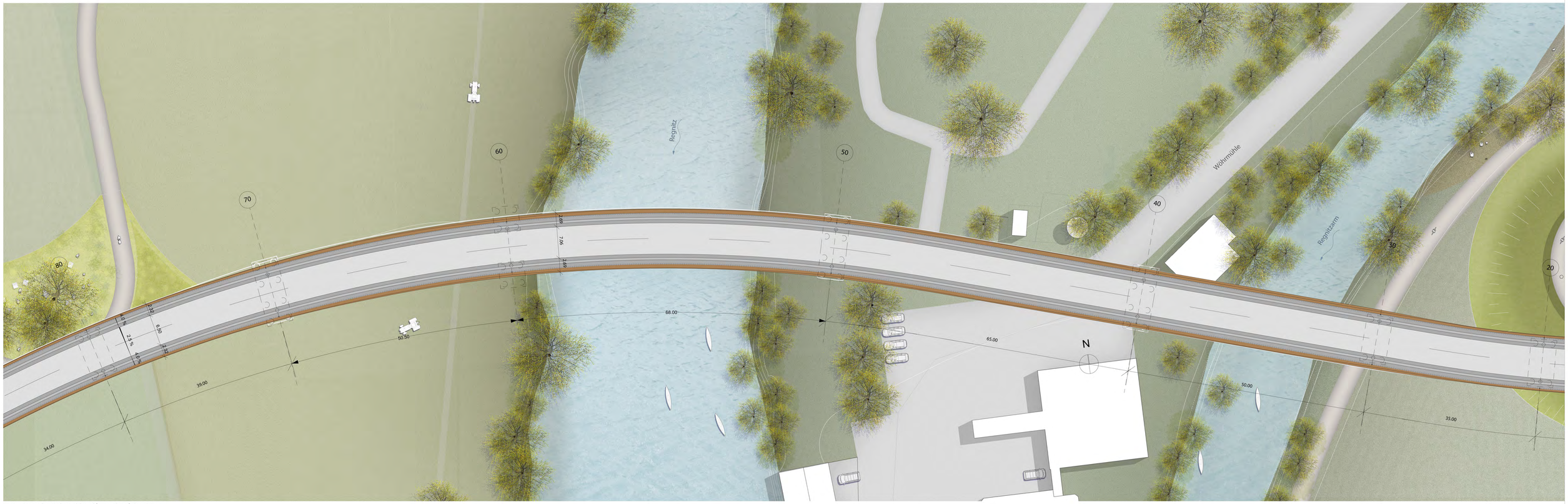
Grundriss | M 1:1000



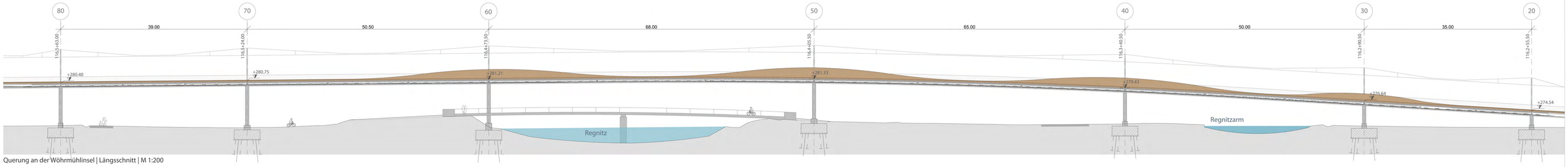
Geländeschnitt | M 1:1000

Visualisierung 03 | Blick 03

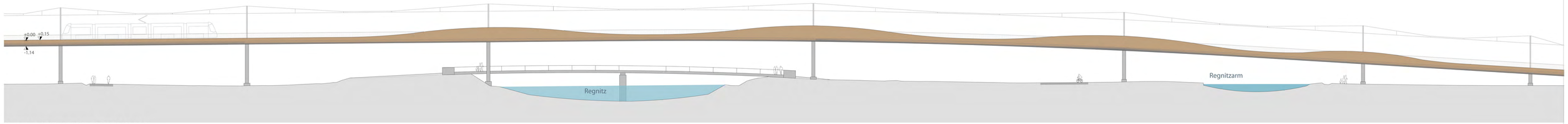
Visualisierung 04 | Blick 04



Querung an der Wöhrmühlinsel | Grundriss | M 1:200



Querung an der Wöhrmühlinsel | Längsschnitt | M 1:200



Querung an der Wöhrmühlinsel | Ansicht | M 1:200

Gestaltung der Bauteile

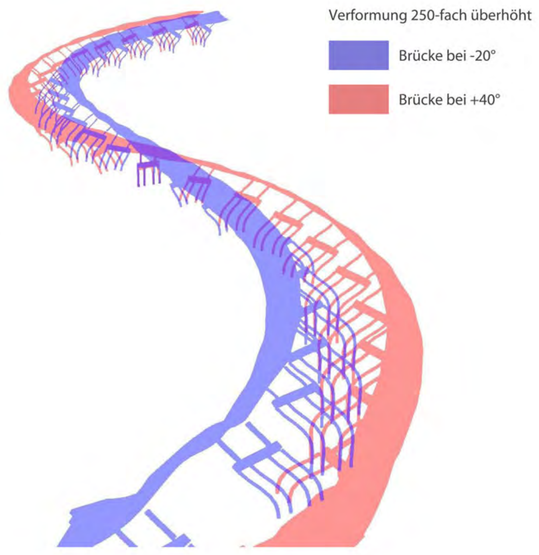
Aufgrund der vollintegralen Bauweise und dem damit verbundenen Verzicht auf Brückenlager, Kammergänge, Übergangskonstruktionen und Schienenauszüge können die Widerlager an beiden Brückenenden auf ein Mindestmaß reduziert und ohne erhaltungsaufwändige Hohlräume vollmassiv zur Abtragung der Beanspruchungen in den Baugrund ausgebildet werden.
Eine vollintegrale Bauweise mit Festpunkten im Bereich der Wiederlager ist auch insbesondere deshalb sinnvoll, da die Trasse im Grundriss mehrfach gekrümmt ist und somit die bei der vollintegralen Systemwahl auftretenden Zwangsbeanspruchungen beim gewählten Überbau infolge Temperatur durch ein nicht wahrnehmbares Ausweichen im Millimeterbereich in Querrichtung, d.h. ein „Atmen" der Brücke in der Horizontalen auf ein verträgliches Minimum reduziert werden.
Die Abbildung macht dieses „Atmen" erst durch die 250-fach überhöhte Darstellung der Verformung wahrnehmbar und veranschaulicht somit die Funktions-weise.

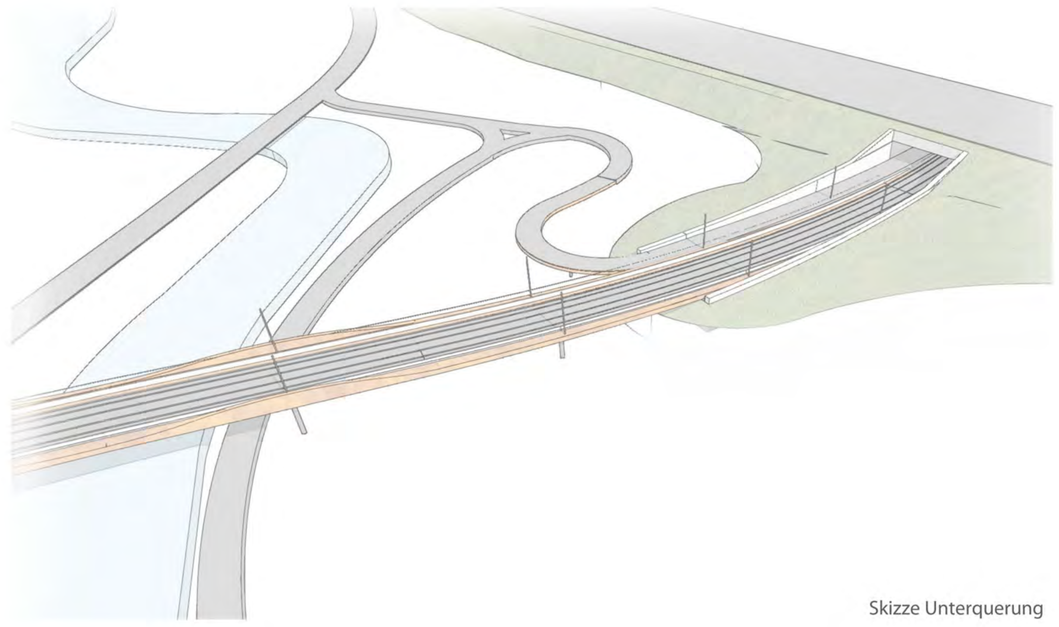
Die **Geländer** der Brücke bestehen aus Flachstählen, welche die Neigung der Außenbleche des Stahlkastens aufnehmen. Die flachen Füllstäbe werden ohne unteren Holm und ohne zusätzliche Geländerpfosten direkt mit dem Deckblech des Hauptträgers verschweißt.

Die Füllstäbe sind über einen Flachstahlholm als oberer Abschluss des Geländers eingefasst. Durch die gleichförmigen Flachstähle tritt das Geländer in der Ansicht in den Hintergrund und stärkt damit das Erscheinungsbild des schlanken Brückenüberbaus als filigranes, schwungvolles und verbindendes Band im Regnitzgrund. Auf dem Deckblech der Längsträger wird ein widerstandsfähiger Dünnbelag für den Flucht- und Rettungsweg angeordnet.

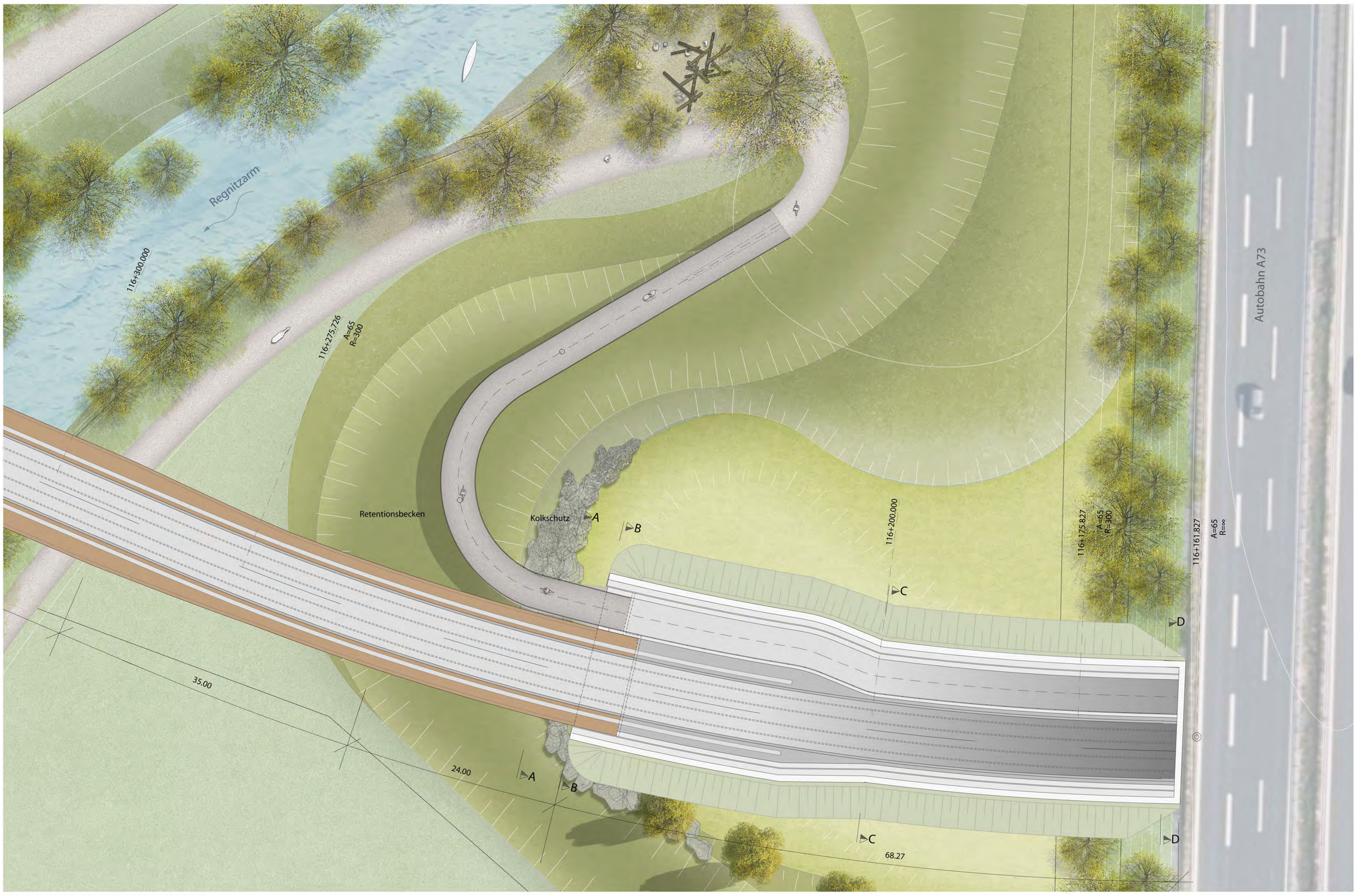
Das **Rampenbauwerk** im Anschluss der integralen Brücke wird als Grundwasserwanne ausgeführt. Die Längsträger der Brücke tauchen optisch in den Untergrund ein, um die Autobahn zu unterqueren. Für die Herstellung der Grundwasserwanne in einer wasserdichten Baugrube wird eine Unterwasserbetonsohle angeordnet.
Diese ist für den Bauzustand rückverankert. Im Endzustand wir die Grundwasserwanne durch eine Knagge mit den Bohrpfählen verbunden und ist somit in Kombination mit dem übrigen Eigengewichtgegen Auftrieb gesichert. Dabei bringt der höher gelegte Radweg in der Grundwasserwanne eine zusätzlich Auflast, die eine wirtschaftlichere Auslegung der Grundwassersohle ermöglicht.

Abbildung: Die „atmende" Brücke über dem Regnitzgrund, Verformung 250-fach überhöht.

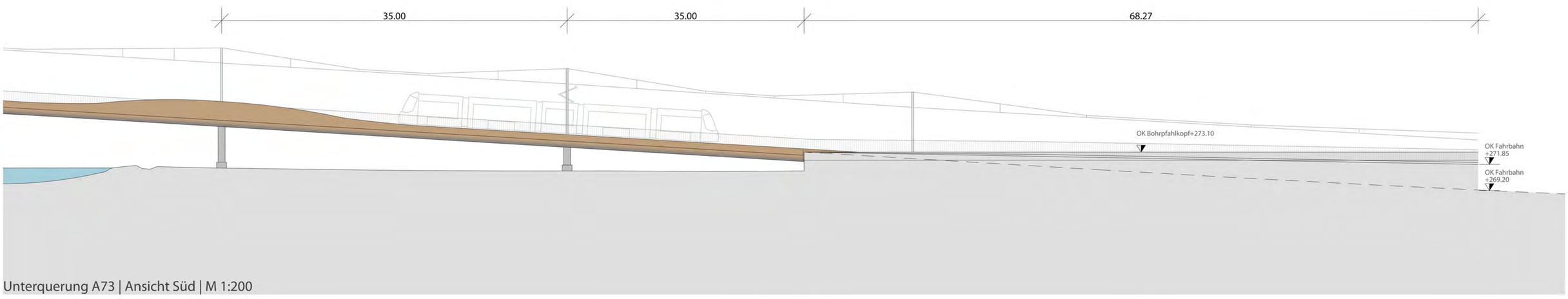




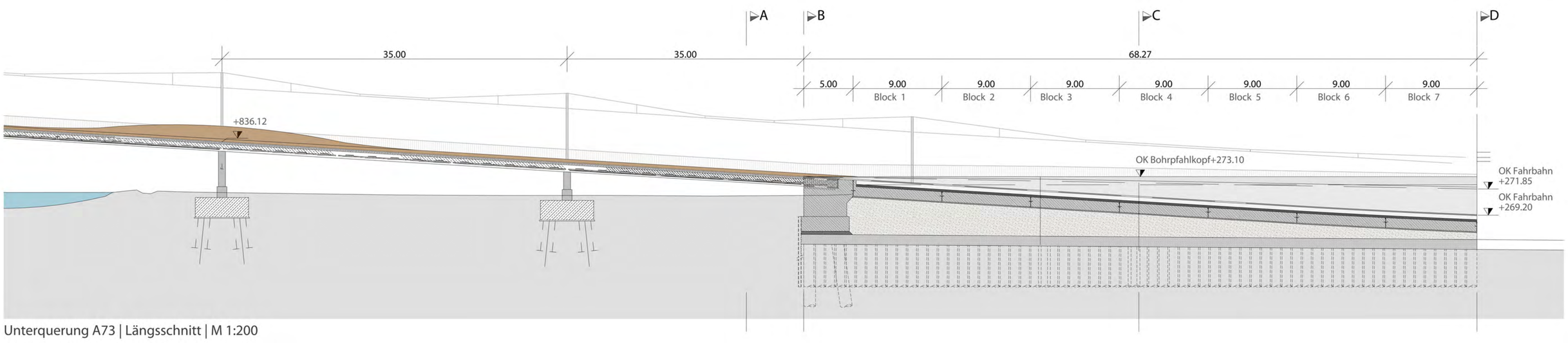
Skizze Unterquerung



Unterquerung A73 | Grundriss | M 1:200

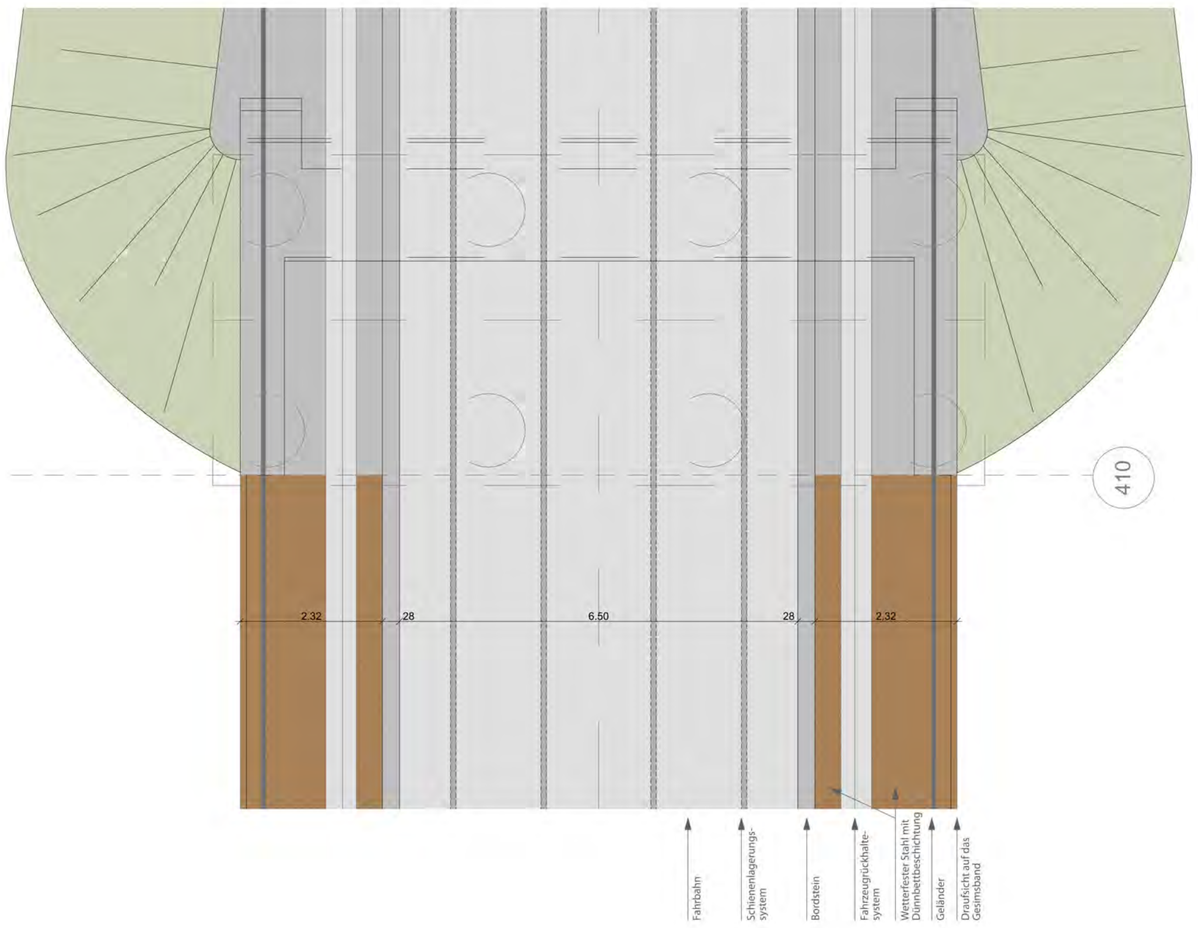


Unterquerung A73 | Ansicht Süd | M 1:200



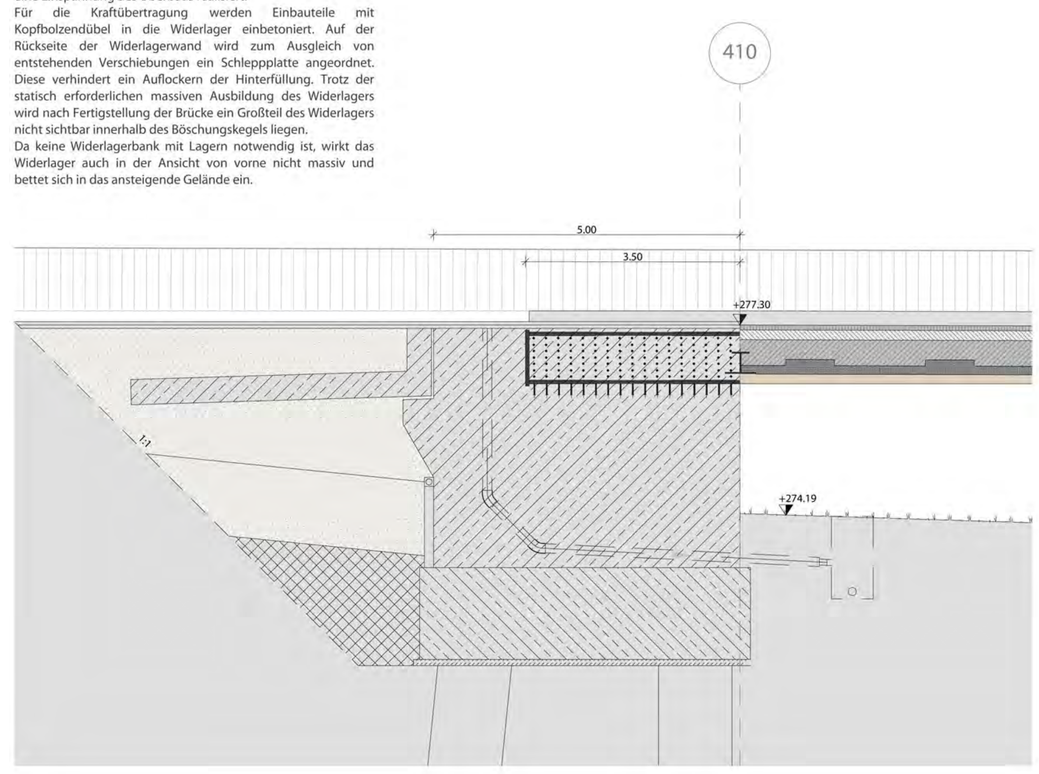
Unterquerung A73 | Längsschnitt | M 1:200

Brückenbaukörper | Grundriss | M 1:50
Widerlager West

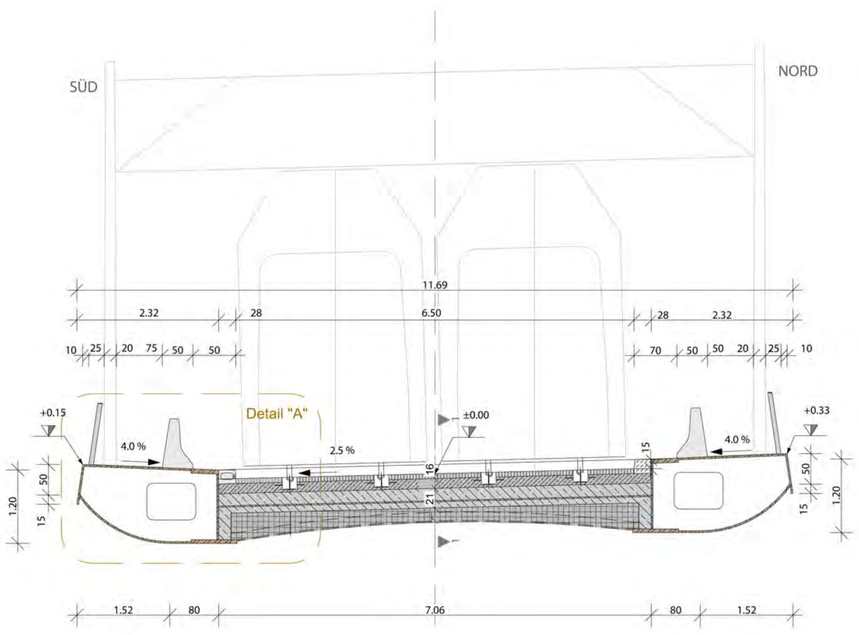


Brückenbaukörper | Längsschnitt | M 1:50
Widerlager West

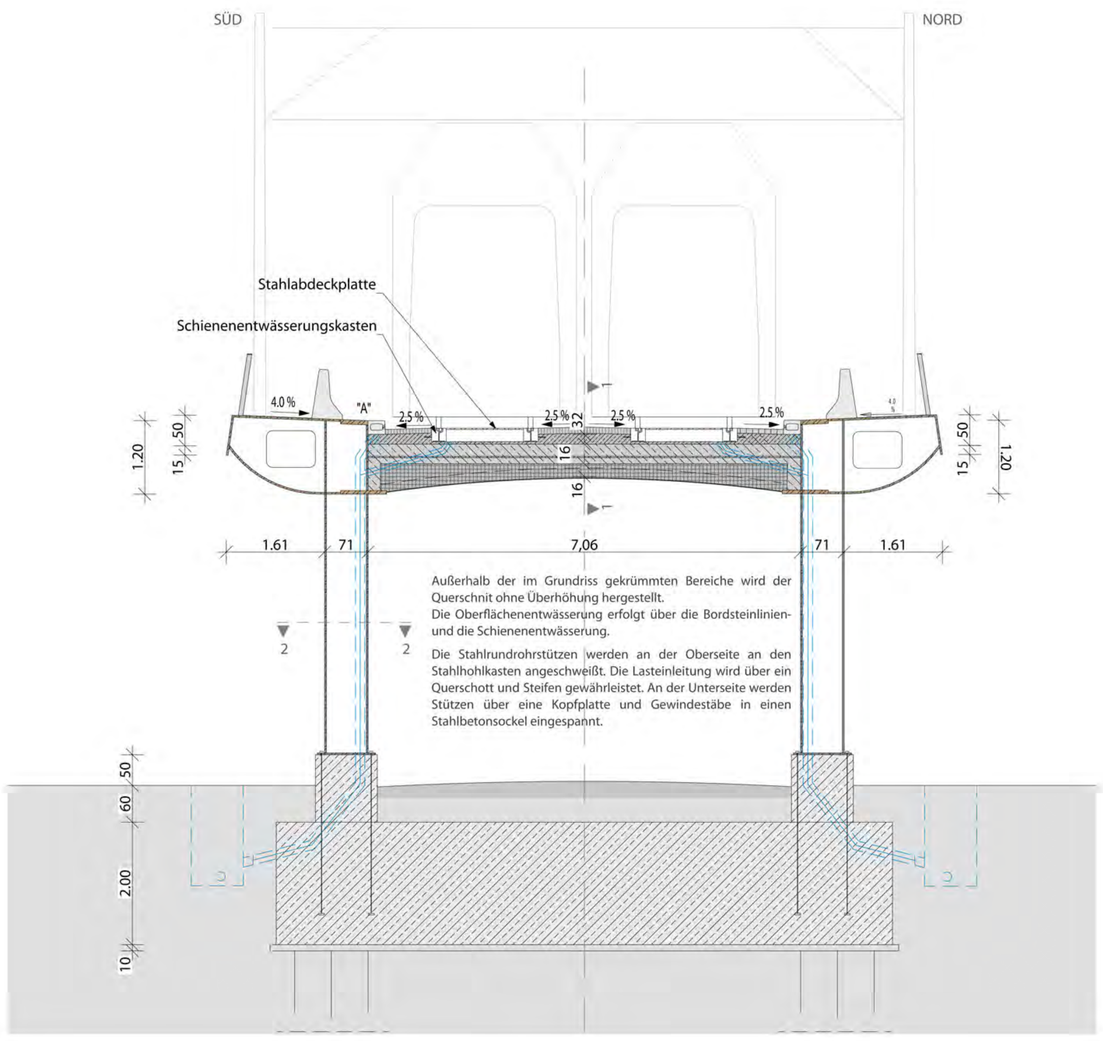
Durch die vollintegrale Bauweise sind auch an den Brückenenden keine Lager notwendig. Die Kräfte aus dem Brückenüberbau werden direkt über das massive Widerlager und die Großbohrpfähle in den tragfähigen Baugrund geleitet.
Die Verbindung zwischen Widerlager und Überbau wird über eine Einspannung des Überbaus realisiert.
Für die Kraftübertragung werden Einbauteile mit Kopfbolzendübel in die Widerlager einbetoniert. Auf der Rückseite der Widerlagerwand wird zum Ausgleich von entstehenden Verschiebungen ein Schleppplatte angeordnet. Diese verhindert ein Auflockern der Hinterfüllung. Trotz der statisch erforderlichen massiven Ausbildung des Widerlagers wird nach Fertigstellung der Brücke ein Großteil des Widerlagers nicht sichtbar innerhalb des Böschungskegels liegen.
Da keine Widerlagerbank mit Lagern notwendig ist, wirkt das Widerlager auch in der Ansicht von vorne nicht massiv und bettet sich in das ansteigende Gelände ein.



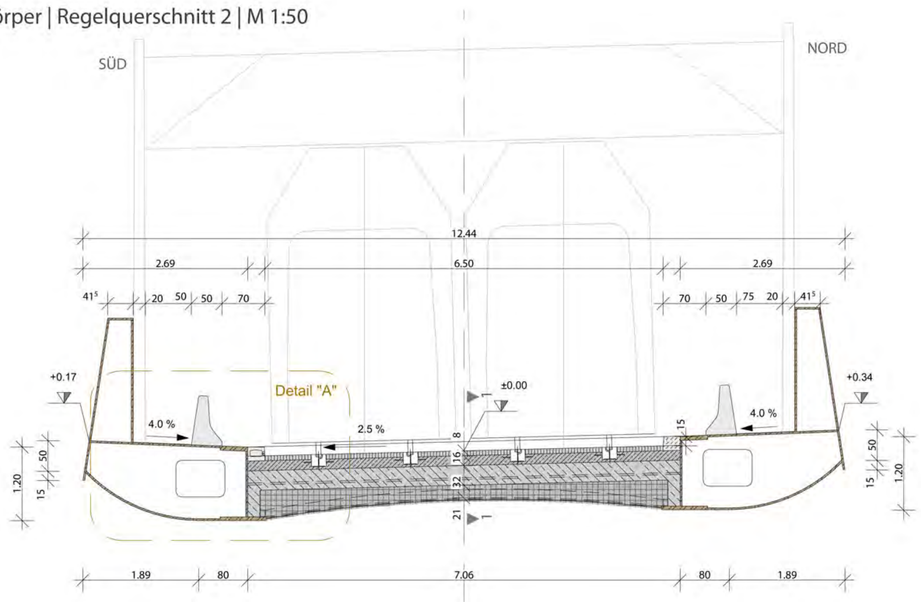
Brückenbaukörper | Regelquerschnitt 1 | M 1:50



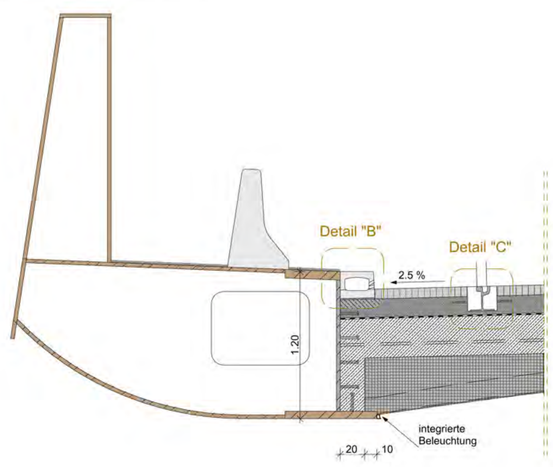
Brückenbaukörper | Stützquerschnitt | M 1:50



Brückenbaukörper | Regelquerschnitt 2 | M 1:50

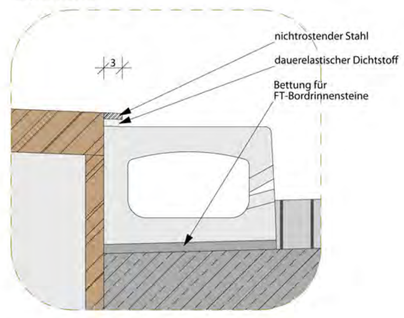


Detail "A" | M 1:25
Beleuchtungskonzept der Brücke



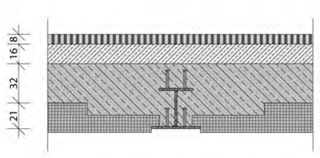
Detail "B" | M 1:5
Hinterlaufschutz am Anschluss der Bordsteinlinienentwässerung zum Stahlhohlkasten

Die Bordsteinlinienentwässerung liegt direkt an den Steg der Längsträger an. Um einen dauerhaften Anschluss herzustellen, wird an der Innenseite des Obergurts ein Blech aus nichtrostendem Stahl angeordnet, welches mit einem dauerelastischem Dichtstoff in der entstehenden Fuge abgedichtet ist.



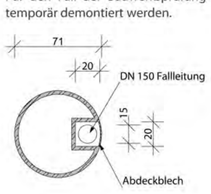
Detailschnitt 1-1 | M 1:25
Schnitt durch die Fahrbahnplatte im Bereich des Verbundquerträgers mit aufgelagerten Stahlbetonfertigteilen

In einem Abstand von ca. 11 m befinden sich in Brückenquerrichtung Stahlquerträger.
Die angrenzenden Fertigteile lagern auf den Untergurten der Querträger auf.
Aufgrund der Aufkantung verschwindet der Untergurt in einer Schattenfuge und ist somit für den Radfahrer unter der Brücke kaum wahrnehmbar.



Detailschnitt 2-2 | M 1:25
Schnitt durch die Vollstahlstützen mit verblendeter Entwässerungsfallleitung

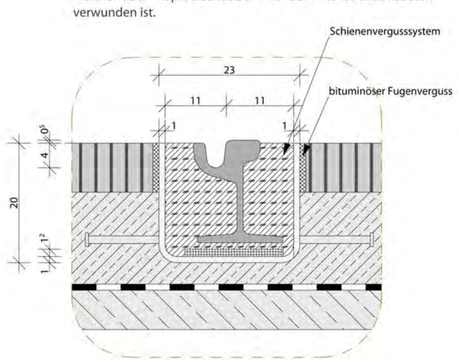
Die Bordsteinlinienentwässerung ist am tiefen Rand der Fahrbahn angeordnet. Das gesammelte Wasser wird über Fallleitungen an den Stützen abgeführt.
Die Leitungen befinden sich in einer Nische in den Stützen und werden durch ein ein Blech abgedeckt. Somit sind an der Untersicht der Brücke keinerlei Entwässerungsleitungen sichtbar.
Für den Fall der Bauwerksprüfung können die Abdeckbleche temporär demontiert werden.



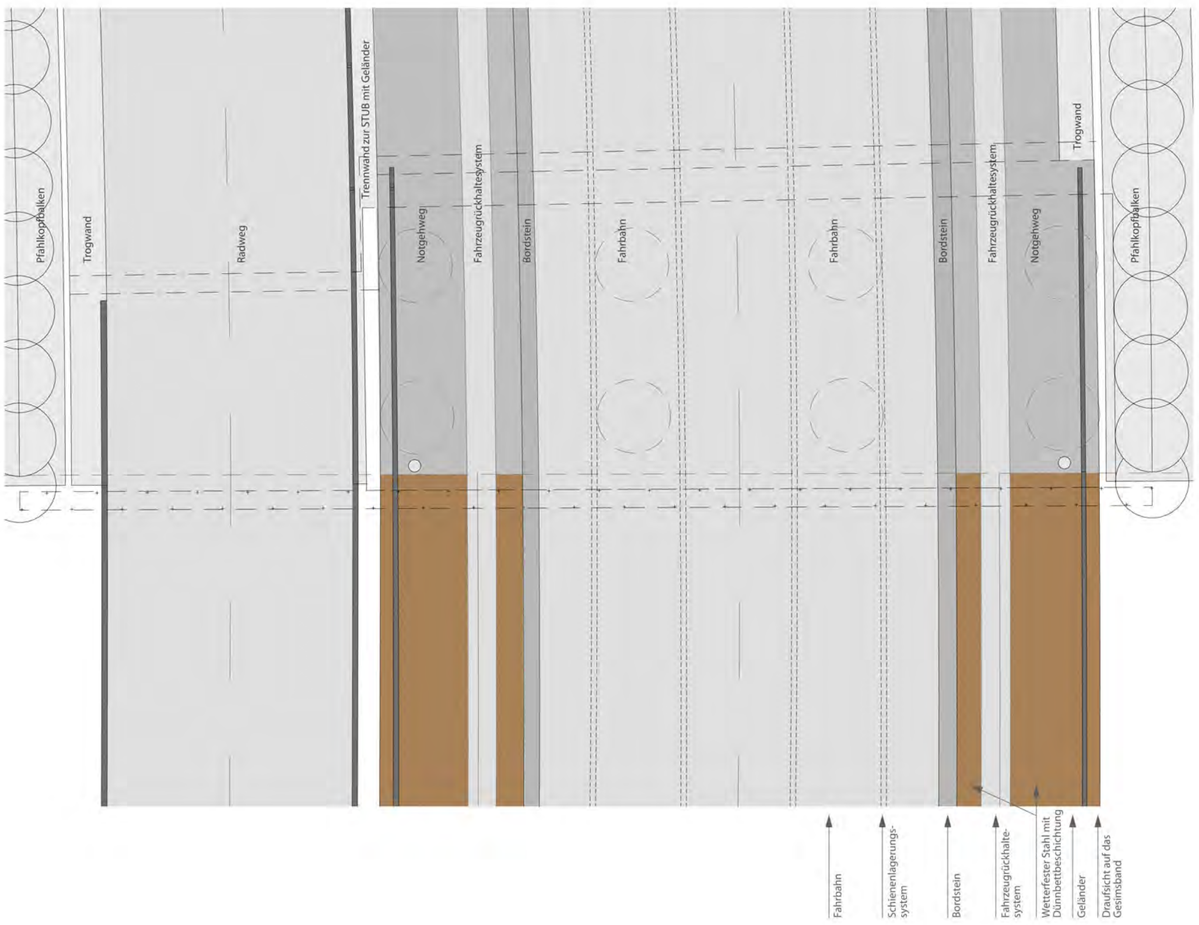
Beleuchtungskonzept
Die Fertigteile lagern auf den Untergurten der außenliegenden Längsträger auf. Unterhalb der Fertigteile ergibt sich ein ca. 3 cm hoher Streifen an der Außenkante des Untergurts. In diesem Bereich wird die Beleuchtung für den Radweg angeordnet. Ein durchgehendes LED- Band, welches die Untersicht der Fertigteile anstrahlt, sorgt somit für eine indirekte Beleuchtung des Radwegs.

Detail "C" | M 1:5
Reduktion der Konstruktionshöhe durch den Einsatz eingelassener Schienenlagerungssysteme in einem Stahltrog

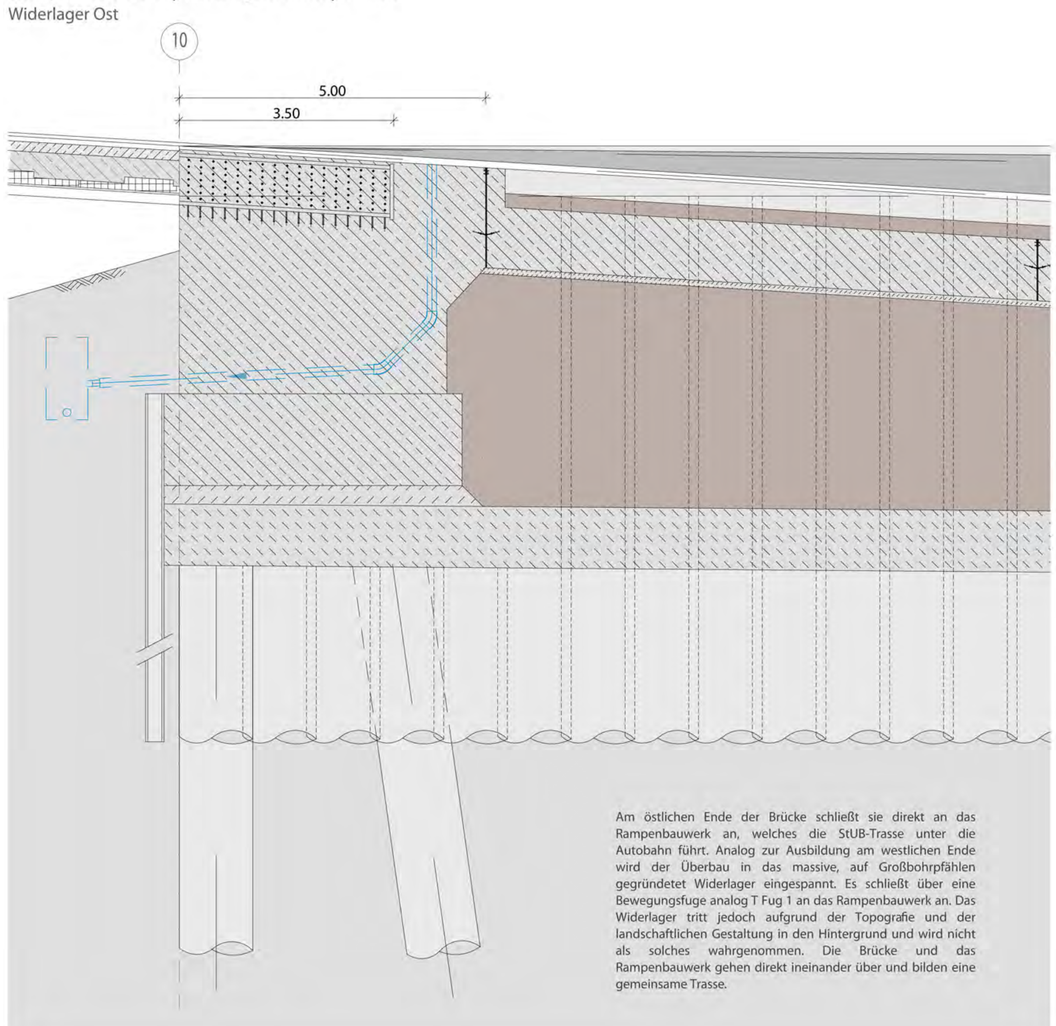
Um die Konstruktionshöhe und somit das Gewicht des Überbaus zu minimieren, werden die Schienen in einem Stahltrog geführt, welche über Kopfbolzendübel mit dem Konstruktionsbeton verwunden ist.



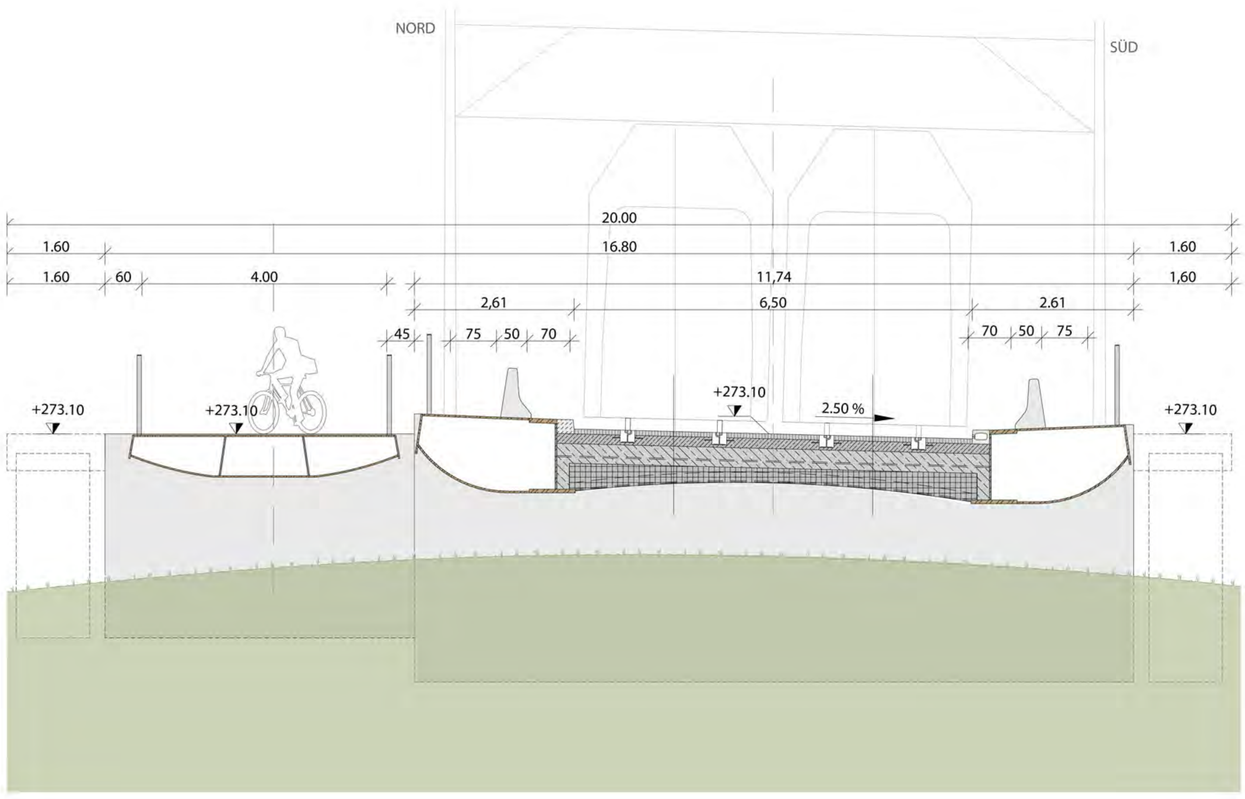
Rampenbauwerk | Grundriss | M 1:50
Widerlager Ost

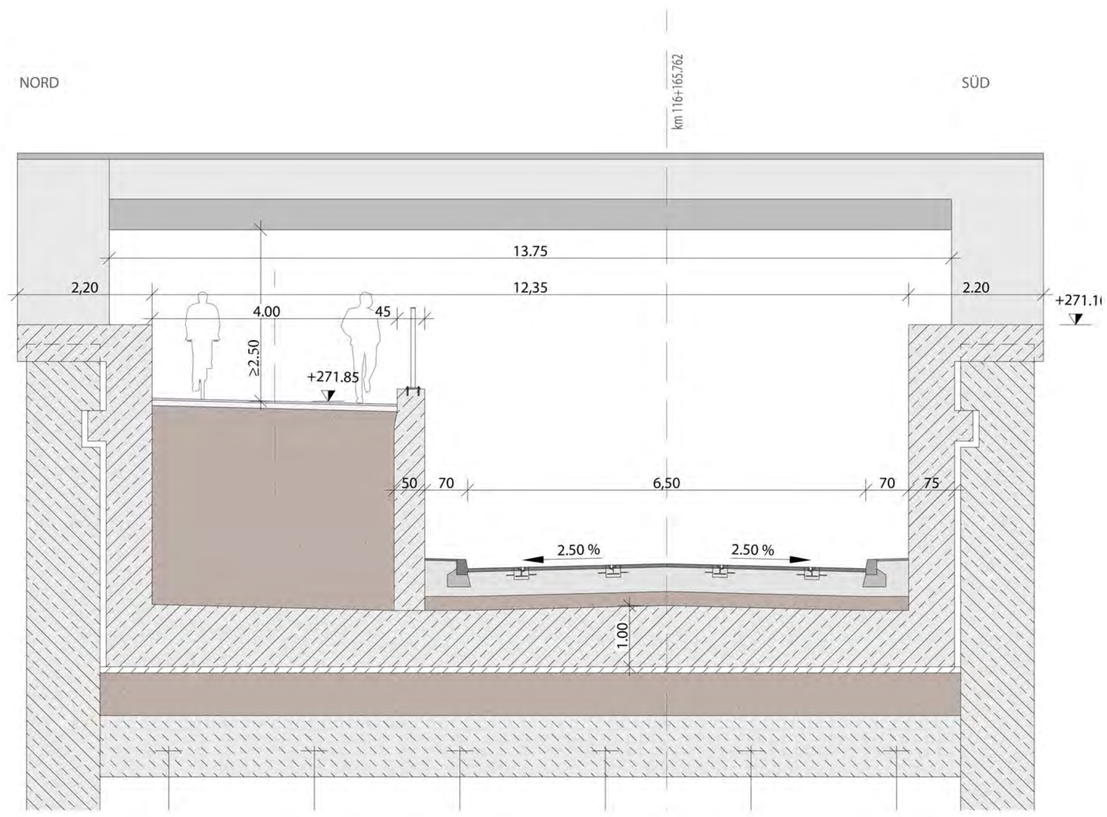


Rampenbauwerk | Teillängsschnitt | M 1:50
Widerlager Ost

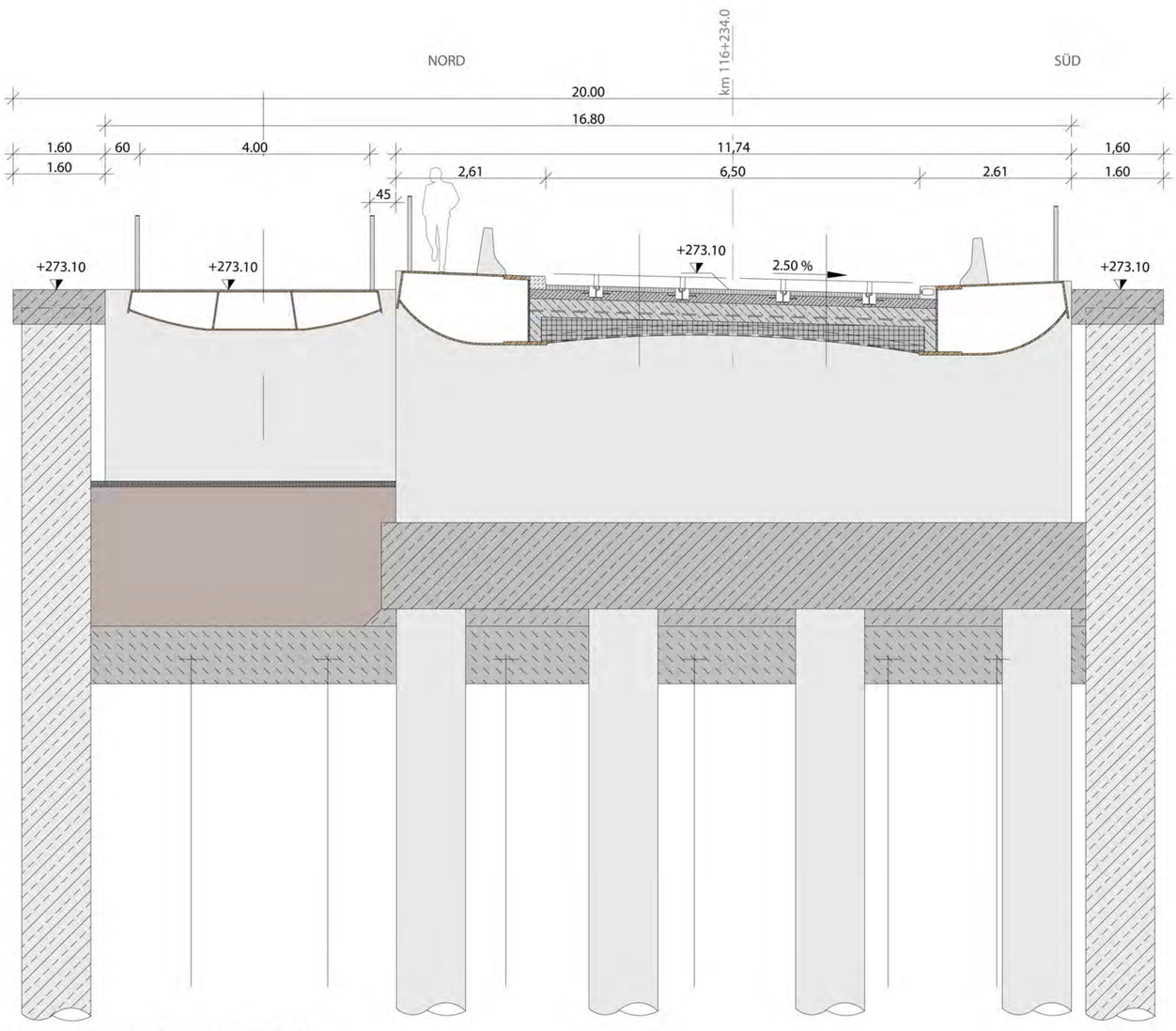


Am östlichen Ende der Brücke schließt sie direkt an das Rampenbauwerk an, welches die StUB-Trasse unter die Autobahn führt. Analog zur Ausbildung am westlichen Ende wird der Überbau in das massive, auf Großbohrpfählen gegründetet Widerlager eingespannt. Es schließt über eine Bewegungsfuge analog T Fug 1 an das Rampenbauwerk an. Das Widerlager tritt jedoch aufgrund der Topografie und der landschaftlichen Gestaltung in den Hintergrund und wird nicht als solches wahrgenommen. Die Brücke und das Rampenbauwerk gehen direkt ineinander über und bilden eine gemeinsame Trasse.

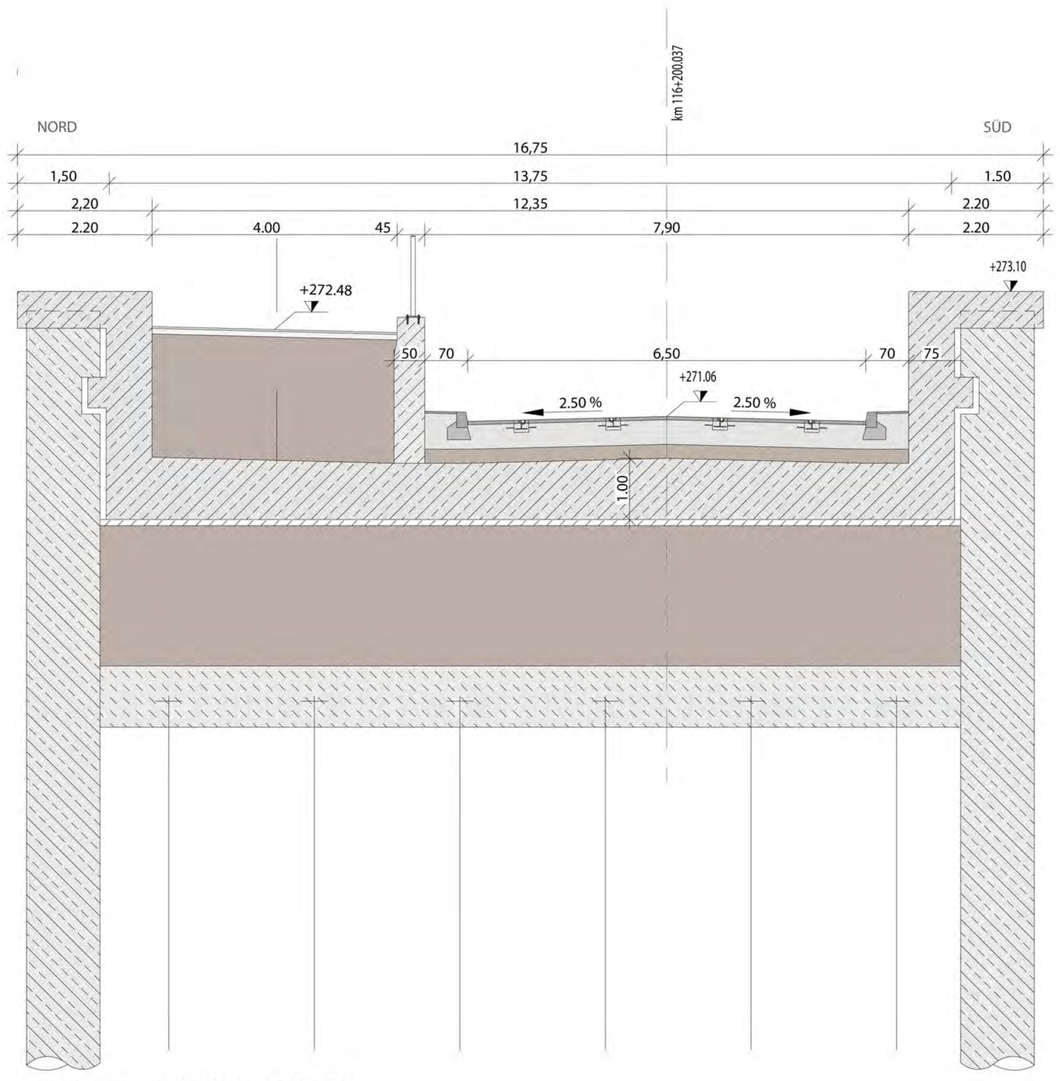




Rampenbauwerk | Schnitt 1 | M 1:50



Rampenbauwerk | Schnitt 2 | M 1:50



Rampenbauwerk | Schnitt 3 | M 1:50

Rampenbauwerk | Schnitt 4 | M 1:50