



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Erfahrungen mit langen integralen und semi-integralen Brücken

**Expériences avec des ponts intégraux et semi-intégraux
de grande longueur**

Experiences with long integral and semi-integral bridges

dsp Ingenieure & Planer AG, Stationsstrasse 20, 8606 Greifensee
Prof. Dr. Walter Kaufmann (ab 01.05.2014 ETH Zürich)
Dr. Juliane Buchheister

**Forschungsprojekt AGB 2009/001 auf Antrag der Arbeitsgruppe
Brückenforschung (AGB)**

September 2016

679

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Erfahrungen mit langen integralen und semi-integralen Brücken

**Expériences avec des ponts intégraux et semi-intégraux
de grande longueur**

Experiences with long integral and semi-integral bridges

dsp Ingenieure & Planer AG, Stationsstrasse 20, 8606 Greifensee
Prof. Dr. Walter Kaufmann (ab 01.05.2014 ETH Zürich)
Dr. Juliane Buchheister

**Forschungsprojekt AGB 2009/001 auf Antrag der Arbeitsgruppe
Brückenforschung (AGB)**

September 2016

679

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Prof. Dr. Walter Kaufmann

Mitglieder

Dr. Juliane Buchheister

Begleitkommission

Präsident

Dr. Armand Fürst

Mitglieder

Dr. Manuel Alvarez

Heinrich Figi

Dr. Hansrudolf Ganz

Prof. Dr. Aurelio Muttoni

Dr. Dario Somaini

Antragsteller

Arbeitsgruppe Brückenforschung (AGB)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé	9
Summary	11
1 Einleitung	13
1.1 Motivation	13
1.2 Definition integraler und semi-integraler Brückenenden	13
1.3 Heutiger Anwendungsbereich (semi-)integraler Brücken	15
1.4 Ziel des Forschungsprojektes AGB 2009/001	15
2 Objektauswahl	17
2.1 Auswahlkriterien	17
2.2 Analyse der Brücken in der KUBA-Datenbank	17
2.3 Übersicht der ausgewählten Objekte	20
3 Untersuchte Bauwerke	23
3.1 Unterführung Schlaufe Frachtzufahrt, Kloten (ZH)	24
3.2 L 46 UEF Eichholzstrasse, Bern	26
3.3 R 13 Simmenbrücke Burgholz, Diemtigen	28
3.4 BS 12 UEF Grienstrasse, Pieterlen	30
3.5 N5 3BS34 UEF Hundshübeli, Leuzingen	32
3.6 Überführung Einfahrtsrampe zur N20 (BW 714), Birmensdorf (ZH)	34
3.7 N 13 u 9. Überführung Anschluss Widnau, Diepoldsau	36
3.8 607_FR Räsch Wittenbach, Düringen	38
3.9 J 36 Budelbachbrücke, Därligen	40
3.10 Vorderrheinbrücke Reichenau, Bonaduz (GR)	42
3.11 Bondascabrücke, Bregaglia (GR)	44
3.12 Vorderrheinbrücke, Cumpadials (GR)	46
3.13 Punt Gelgia, Tinizong-Rona / Mulegns (GR)	48
3.14 49 00 03 Landwasserbrücke Solas, Filisur (GR)	50
3.15 Marchobelbrücke, Klosters-Serneus (GR)	52
3.16 Rhonebrücke Bramois, Sion (VS)	54
3.17 Rhonebrücke Aproz, Sion (VS)	56
3.18 Rhonebrücke Noes, Sierre (VS)	58
4 Resultate	61
4.1 Beobachtete Schäden	61
4.2 Potentielle Schadensursachen	61
5 Schlussfolgerung	65
5.1 Beurteilung der durchgeführten Untersuchungen	65
5.2 Praktische Hinweise	65
5.3 Empfehlung für weitere Forschung	66
Danksagung	67
Anhänge	69
Literaturverzeichnis	147
Projektabschluss	149
Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	153

Zusammenfassung

Fahrbahnübergänge sind grossen Beanspruchungen und Umwelteinflüssen ausgesetzt. Durch undichte Fahrbahnübergänge in die Konstruktion eindringendes Wasser ist in Ländern mit Taumittleinsatz eine der relevantesten Schadenursachen bei Strassenbrücken. Die Notwendigkeit der Anordnung von Fahrbahnübergängen ist daher in jedem Einzelfall zu prüfen und nach Möglichkeit ist auf den Einsatz zu verzichten [1]. Die Bauwerke sind somit integral (weder Fahrbahnübergänge noch Lager) oder semi-integral (Lager, aber keine Fahrbahnübergänge) auszubilden.

Der Anwendungsbereich integraler und semi-integraler Brückenenden ist jedoch begrenzt. Die Längenänderungen bewirken Zwängungen im Tragwerk und Relativbewegungen zwischen Brückenende und angrenzendem Strassenkörper. Während die Zwängungen dank der Nachgiebigkeit der Brückenenden in der Regel beherrschbar sind, können die (zyklischen) Bewegungen der Brückenenden bei längeren Brücken Setzungen im Bereich des Brückenendes und Belagsrisse verursachen, wodurch die Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigt wird. Die grundlegenden Phänomene, welche zu Setzungen und Belagsrissen im Bereich des Brückenendes führen, sind komplex und erst teilweise erforscht. Da zudem die Erfahrungen mit langen integralen Brücken bisher kaum dokumentiert sind, kann das mutmasslich hohe Potenzial integraler und semi-integraler Brücken nicht ausgeschöpft werden.

Im vorliegenden Forschungsprojekt wurden daher die Langzeiterfahrungen mit bestehenden integralen und semi-integralen Brücken näher untersucht. Die durchgeführten Untersuchungen erwiesen sich als sehr aufwändig, und trotz des hohen Aufwands konnten die Erfahrungen mit langen integralen und semi-integralen Brücken nur punktuell erfasst werden. Zwar konnten gewisse Anhaltspunkte und Tendenzen ermittelt werden; das Ziel, Rückschlüsse auf die zulässigen Werte der horizontalen Relativverschiebungen des Brückenendes ziehen oder die Vorgaben für ihre konstruktive Ausbildung anpassen zu können, wurde jedoch nur teilweise erreicht.

Zusammenfassend dokumentieren die durchgeführten Untersuchungen, dass bei langen integralen und semi-integralen Brücken, welche nach dem heutigen Stand der Technik ausgeführt werden, grundsätzlich mit Belagsrissen zu rechnen ist. Diese Risse können mit Frässchnitten oder der Anordnung von Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen im Rahmen der Bauausführung nur bedingt verhindert werden, da der Ort, an welchem diese Risse auftreten, nicht präzise vorhergesagt werden kann. Gewisse Belagsreparaturen sind bei solchen Bauwerken daher immer zu erwarten.

Trotzdem sind integrale und semi-integrale Bauwerke in vielen Fällen zweckmässig und wirtschaftlich, da sowohl die Erstellungskosten (Entfall Unterhaltsräume und Fahrbahnübergänge) als auch die Unterhaltskosten (Belagsreparaturen vs. Unterhalt an Fahrbahnübergängen) niedriger ausfallen.

Im Rahmen zukünftiger Forschungsarbeiten sollten Messungen der Verschiebungen im Bereich der Hinterfüllung und des Erddrucks an langen integralen Bauwerken durchgeführt werden, um das Verhalten und die Schädigungsmechanismen im Bereich der Brückenenden zu erfassen. Ebenso sind bessere Kenntnisse über das Verhalten bituminöser Beläge unter zyklischer Beanspruchung erforderlich, insbesondere hinsichtlich der Möglichkeit, die Zähigkeit bei kalten Temperaturen (Verkürzung der Brücke im Winter = maximale Dehnung des Belags) zu verbessern. Schliesslich sollten neuartige Ausbildungen des Brückenendes untersucht werden, mit dem Ziel, Belagsrisse zu minimieren.

Résumé

Les joints de chaussée des ponts sont soumis à de fortes sollicitations et à d'importantes expositions environnementales. Dans les pays déployant du sel de déverglaçage, l'eau d'infiltration pénétrant des joints de chaussée est parmi les sources de dommage les plus importantes des ponts routiers. Il est donc indispensable d'examiner systématiquement la nécessité des joints de chaussée et de renoncer à leur utilisation chaque fois que cela est possible [1]. On obtient ainsi des ponts de type « intégral » (sans joint de chaussée ni appareil d'appui) ou « semi-intégral » (avec appareils d'appuis, mais sans joints de chaussée).

Néanmoins, le champ d'application des extrémités intégrales et semi-intégrales est limité. Les déplacements de la superstructure génèrent des déformations imposées ou entravées et des déplacements relatifs entre les extrémités du pont et le corps de la chaussée. Pendant que les efforts dus aux déformations entravées sont généralement contrôlables grâce à la déformabilité des extrémités de pont, les variations (cycliques) de longueur de la superstructure peuvent provoquer des tassements et des fissures du revêtement aux extrémités du pont qui compromettent l'aptitude au service. Les phénomènes fondamentaux qui provoquent des tassements et des fissures du revêtement dans la zone de transition sont complexes et n'ont été recherché qu'en partie, et l'expérience avec les ponts intégraux à grande longueur n'est à peine documentée. Conséquemment, le potentiel des ponts intégraux et semi-intégraux, vraisemblablement grand, n'est que partiellement exploité.

C'est pourquoi les expériences à long terme avec des ponts intégraux et semi-intégraux de grande longueur ont été examinées dans le cadre du présent projet de recherche. Les investigations se sont relevées très laborieuses, et malgré un grand effort, les expériences avec les ponts intégraux et semi-intégraux n'ont pu être récoltées que partiellement: On a pu identifier certains indicateurs et tendances, mais l'objectif de pouvoir tirer des conclusions concernant les valeurs admissibles des déplacements relatifs entre la culée et le corps de la chaussée, ou de pouvoir adapter les règles actuelles pour les détails de construction de ces éléments, n'a pas entièrement été atteint.

En synthèse, les investigations effectuées documentent que dans les extrémités de ponts intégraux et semi-intégraux de grande longueur, construites selon l'état actuel de la technique, des fissures du revêtement sont fréquentes. Ces fissures ne peuvent pas être entièrement évitées par un sciage du revêtement ou par la disposition de joints de chaussée en bitume-polymère car la position des fissures ne peut être précisément pronostiquée. Il faut donc généralement s'attendre à certains travaux de réparation du revêtement dans ce type d'ouvrage.

Néanmoins, les ponts intégraux et semi-intégraux sont une solution adéquate et économique car les coûts de construction (pas de chambres de visite et joints de chaussée) et les coûts de maintenance (réparation du revêtement vs. maintenance des joints de chaussée) sont à la fois plus basses.

Dans le cadre d'investigations ultérieures, on devrait mesurer les déformations du remblayage et les poussées de terres de ponts intégraux à grande longueur avec le but d'identifier les sources des dommages dans la zone des extrémités des ponts. De plus, des meilleures connaissances du comportement des revêtements bitumineux sous sollicitations cycliques sont essentielles en vue d'une potentielle amélioration de la ténacité à températures basses (raccourcissement du pont en hiver = déformation maximale du revêtement). Finalement, des solutions innovatrices pour les extrémités des ponts devraient être étudiées avec l'objectif d'éviter des fissures dans le revêtement.

Summary

Expansion joints of road bridges are subject to high traffic loads and severe environmental expositions. Runoff water that penetrates leaking expansion joints is one of the main causes of damage to road bridges in countries where de-icing salts are used. Hence, it should be checked for all bridges whether expansion joints are required and, if possible, they should be omitted [1]. The resulting structures are integral (without expansion joints nor bearings) or semi-integral (with bearings, but without expansion joints) bridges.

However, the range of application of integral and semi-integral bridge ends is limited. The deformations of the bridge deck give rise to restraint forces in the structure and relative displacements between the bridge ends and the adjoining roadway. While the restraint forces can usually be controlled thanks to the flexibility of the bridge ends, the (cyclic) deformations of the bridge ends cause settlements and pavement cracks behind the abutments of long bridges, compromising the serviceability. The basic phenomena underlying settlements and pavement cracks at bridge ends are complex and have only partially been investigated. Since in addition, the experiences with long integral bridges are hardly documented, it is not possible to fully utilize the presumably high potential of integral and semi-integral bridges.

In the current research project, long term experiences with existing integral and semi-integral bridges have therefore been collected. The investigations proved to be very demanding, and in spite of the high effort, the experience with long integral and semi-integral bridges could only partially be gathered: While some important indications and tendencies could be identified, the goals of drawing conclusions on the admissible value of the relative displacements between bridge ends and adjoining roadway or modifying the current provisions for their detailing could only partly be achieved.

In summary, the investigations carried out demonstrate that for long integral bridges built according to the current state of art, pavement cracks must generally be expected. These cracks can only partly be avoided by saw-cutting the pavement or providing polymer bitumen transition joints since the locations where cracks will occur cannot be accurately predicted. Certain pavement repair works must therefore always be expected in this type of structure.

Nevertheless, integral and semi-integral structures are an appropriate and economic solution in many cases, since for integral bridges, both the construction costs (no maintenance chambers nor expansion joints) as well as the maintenance costs (pavement repairs vs. maintenance of expansion joints) are lower than for conventional bridges.

Future research should focus on the measurement of the displacements in the bridge end zone and the earth pressures behind the abutments of long integral bridges, in order to identify the causes of damage in the transition zone. Furthermore, a better knowledge of the behaviour of bituminous pavements subjected to cyclic movements is required, particularly regarding a possible improvement of the toughness at low temperatures (bridge contraction in winter = maximum deformation of pavement). Finally, new solutions for the detailing of bridge ends should be investigated in order to minimise pavement cracks.

1 Einleitung

1.1 Motivation

Fahrbahnübergänge sind grossen Beanspruchungen und Umwelteinflüssen ausgesetzt. Durch undichte Fahrbahnübergänge in die Konstruktion eindringendes Wasser ist in Ländern mit Taumittleinsatz eine der relevantesten Schadenursachen bei Strassenbrücken.

Die Astra-Richtlinie für konstruktive Einzelheiten von Brücken [1] schreibt daher vor, dass auch bei planmässig dichten Fahrbahnübergängen die Zugänglichkeit zum Fahrbahnübergang mit einem begehbaren Unterhaltsraum zu gewährleisten ist. Zusätzlich sind die Fahrbahnübergänge wasserdicht auszuführen oder es ist eine Rinne anzuordnen, welche das anfallende Wasser kontrolliert abführt.

Mit solchen Massnahmen können durch eindringendes Wasser verursachte Folgeschäden weitgehend verhindert werden. Trotzdem verursachen die Fahrbahnübergänge aufgrund ihrer begrenzten Lebensdauer einen erheblichen Unterhaltsaufwand, verbunden mit entsprechenden Verkehrsbehinderungen bei einem Ersatz. Zudem sind die Kosten von Brückenenden mit Fahrbahnübergängen und Unterhaltsräumen insbesondere bei kürzeren Brücken und bei der Instandsetzung bestehender Bauwerke relativ hoch. Die Notwendigkeit der Anordnung von Fahrbahnübergängen ist daher in jedem Einzelfall zu prüfen und nach Möglichkeit ist auf den Einsatz zu verzichten [1]. Die Bauwerke sind somit *integral* (weder Fahrbahnübergänge noch Lager) oder *semi-integral* (Lager, aber keine Fahrbahnübergänge) auszubilden. Dies gilt insbesondere auch im Rahmen einer Instandsetzung.

Der Anwendungsbereich integraler und semi-integraler Brückenenden ist jedoch begrenzt. Die Längenänderungen des Brückenüberbaus infolge von Temperaturänderungen, Vorspannung, Kriechen und Schwinden des Betons bewirken Zwängungen im Tragwerk und Relativbewegungen zwischen Brückenende und angrenzendem Strassenkörper. Während die Zwängungen dank der Nachgiebigkeit der Brückenenden in der Regel beherrschbar sind, können die (zyklischen) Bewegungen der Brückenenden bei längeren Brücken Setzungen im Bereich des Brückenendes und Belagsrisse verursachen, wodurch die Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigt wird, was wiederum Unterhaltsaufwand verursacht.

Die grundlegenden Phänomene, welche zu Setzungen und Belagsrissen im Bereich des Brückenendes führen, sind komplex und erst teilweise erforscht. Zudem ist auch das zulässige Ausmass von Setzungen und Belagsrissen im Bereich des Brückenendes weitgehend unklar; fest steht lediglich, dass Setzungen und Belagsrisse mit zunehmender Verkehrsbelastung und Fahrgeschwindigkeit kritischer werden.

Der Anwendungsbereich integraler und semi-integraler Brücken kann somit nicht klar bestimmt werden, sondern muss aufgrund (vermutlich) konservativer Annahmen und Erfahrungen festgelegt werden. Da zudem die Erfahrungen mit langen integralen Brücken bisher kaum dokumentiert sind, kann das mutmasslich hohe Potenzial integraler und semi-integraler Brücken nicht ausgeschöpft werden.

1.2 Definition integraler und semi-integraler Brückenenden

Die wichtigsten Begriffe im Zusammenhang mit integralen und semi-integralen Brückenenden und Brücken, welche in diesem Beitrag verwendet werden, sind in der Richtlinie für konstruktive Einzelheiten von Brücken [1] definiert, siehe Abb. 1 und Abb. 2.

Ausbildung des Überbaus und der Stützen	Überbau monolithisch		Überbau dilatiert (Gerbergelenk, Dilatation über Stütze etc.)
	Monolithische Stützen keine Stützen	Stütze mit Lager resp. Gelenk (oben / unten)	
Beide Brückenenden integral	integrale Brücke		
Ein Brückenende semi-integral, das andere Brückenende integral oder semi-integral		semi-integrale Brücke	
Mindestens ein Brückenende dilatiert		schwimmend gelagerte Brücke ⁽¹⁾	dilatierte Brücke

⁽¹⁾ Beide Brückenenden dilatiert und in Längsrichtung verschieblich gelagert.

Abb. 1 Bezeichnung der Brückentypen [1].

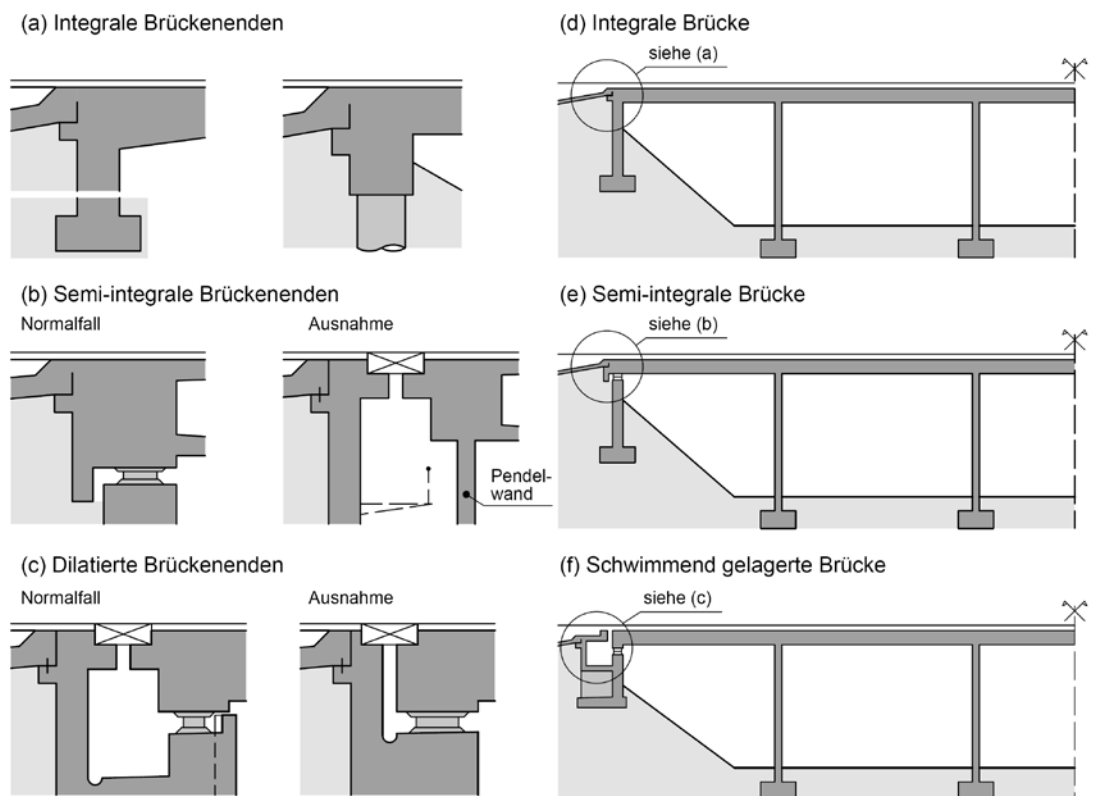


Abb. 2 Lagerungs- und Dilatationskonzepte von Brücken (schematisch) [1]

1.3 Heutiger Anwendungsbereich (semi-)integraler Brücken

Gemäss der aktuellen Astra-Richtlinie für konstruktive Einzelheiten von Brücken [1] erfolgt die Beurteilung, ob Fahrbahnübergänge notwendig sind, aufgrund der Grösse der horizontalen Relativverschiebungen zwischen Brückenende und angrenzendem Strassenkörper.

Die zulässige Grösse der horizontalen Relativverschiebungen zwischen Brückenende und angrenzendem Strassenkörper wurde bei der Überarbeitung der Richtlinie [1] so kalibriert, dass der Anwendungsbereich integraler und semi-integraler Brückenenden bei Neubauten und für übliche Verhältnisse mit der früheren, auf der Bewegungslänge (Abstand des Brückenendes vom Festpunkt der Verschiebungen bei Längenänderungen des Überbaus) basierenden Regelung übereinstimmt. Für Neubauten wurde damit von einer Erweiterung des Anwendungsbereichs integraler und semi-integraler Brücken abgesehen. Dies einerseits, weil – wie bereits in Kapitel 1.1 erwähnt – wissenschaftliche Grundlagen zur Festlegung des Anwendungsbereichs integraler und semi-integraler Brücken fehlen. Andererseits wurden die Erfahrungen mit bestehenden integralen und semi-integralen Brücken zwar als überwiegend positiv beurteilt, sie sind jedoch nur punktuell dokumentiert.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die heutige Beurteilung aufgrund der horizontalen Relativverschiebungen des Brückenendes gemäss der Richtlinie [1] – im Vergleich zum früher verwendeten Kriterium der Bewegungslänge – aus theoretischer Sicht überzeugender ist und zudem den Vorteil hat, dass bei der Instandsetzung bestehender Bauwerke häufig auf Fahrbahnübergänge verzichtet werden kann, da die Langzeitverformungen des Betons abgeklungen sind und somit nur noch Relativverschiebungen infolge von Temperaturänderungen auftreten. Für eine grundsätzliche Erweiterung des Anwendungsbereichs (für Neubauten und bestehende Brücken) ist dagegen ein besseres Verständnis der Phänomene erforderlich, welche zu Setzungen und Belagsrissen im Bereich des Brückenendes führen, oder aber verbesserte Kenntnisse der Langzeiterfahrungen mit bestehenden (semi-)integralen Brücken.

1.4 Ziel des Forschungsprojektes AGB 2009/001

Die Erfahrungen mit integralen und semi-integralen Brücken sind heute nur punktuell dokumentiert, insbesondere hinsichtlich der erforderlichen Unterhaltsarbeiten in Funktion der Grösse der auftretenden Relativverschiebungen und der konstruktiven Ausbildung der Brückenenden. Dadurch gibt es nur wenige verlässliche Anhaltspunkte über das Risiko von Belagsrissen und kaum Angaben über den Einfluss der konstruktiven Ausbildung des Brückenendes auf das Langzeitverhalten.

Mit dem vorliegenden Forschungsprojekt sollen daher die Langzeiterfahrungen mit bestehenden integralen und semi-integralen Brücken näher untersucht werden, um gegebenenfalls die zulässigen Werte der horizontalen Relativverschiebungen des Brückenendes (Abb. 3) oder die Vorgaben für ihre konstruktive Ausbildung anpassen zu können.

Die Untersuchung der grundlegenden Phänomene, welche zu Setzungen und Belagsrissen im Bereich des Brückenendes führen, ist Gegenstand anderer, gleichzeitig durchgeführter Forschungsprojekte der AGB ([3],[4]).

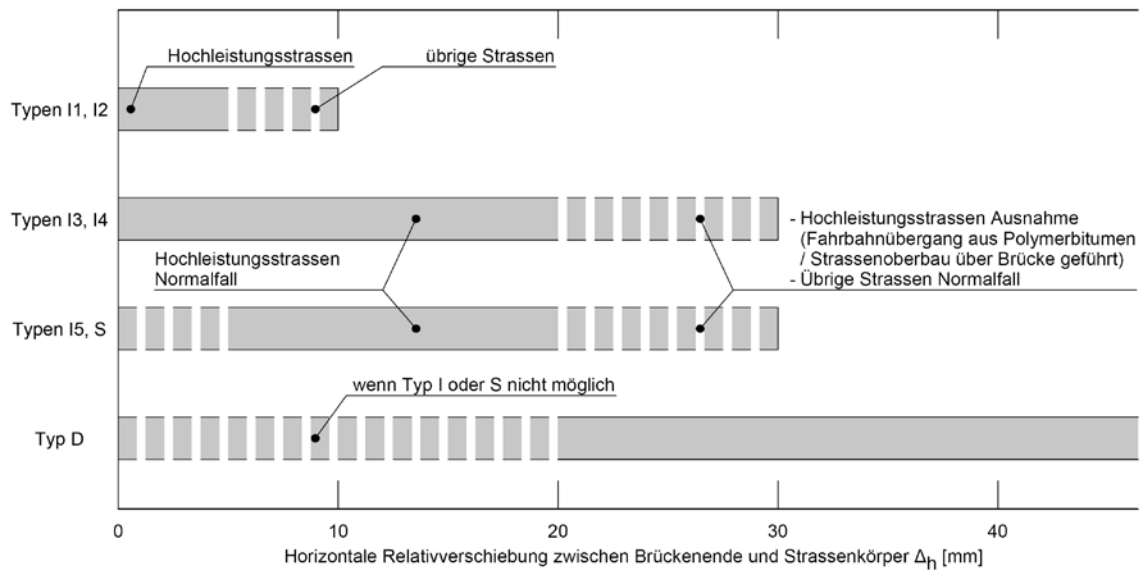


Abb. 3 Einsatzbereiche der Ausführungstypen des Brückenendes (Typ I1 bis I4: Integrales Brückenende für gerade oder leicht gekrümmte Brücken, Typ I5: Integrales Brückenende für stark gekrümmte Brücken, Typ S: Semi-integrales Brückenende, Typ D: Dilatiertes Brückenende) [1]

2 Objektauswahl

2.1 Auswahlkriterien

Um mit vertretbarem Aufwand eine möglichst gut abgestützte Aussage über die Erfahrungen mit bestehenden langen, integralen und semi-integralen Brücken machen zu können, wurden für die vorliegende Untersuchung möglichst lange Bauwerke ohne Fahrbahnübergänge, aber mit verschiedenartiger konstruktiver Ausbildung der Brückenenden und unterschiedlicher Verkehrsbelastung (Intensität des motorisierten Individualverkehrs) ausgewählt. Als Mindestanforderung wurde grundsätzlich eine Bauwerkslänge von 60 m festgelegt. Mit dieser Länge resultieren Relativverschiebungen am Brückenende, welche in der Grössenordnung des entsprechenden Grenzwerts nach [1] liegen.

Vorrangig wurden gerade Bauwerke ausgewählt, bei denen die Längenänderungen des Überbaus nicht durch Änderungen der Grundrisskrümmung aufgenommen werden können. Nicht berücksichtigt wurden dabei als Wildtierüberführung oder für den Bahnverkehr genutzte Bauwerke, bei welchen der Koffer resp. das Schotterbett über die Brücke durchläuft. Ebenso wurden keine Lehnbrücken untersucht, da diese ein grundsätzlich anderes Tragverhalten aufweisen: während bei üblichen, geraden Brücken für normale Verhältnisse die Verschiebungen der Brückenenden durch den Unterbau – selbst bei relativ steifen Widerlagern – nur wenig behindert werden, sind die Längenänderungen des Überbaus bei Lehnbrücken durch die hangseitige Konstruktion kontinuierlich, und damit wesentlich stärker, behindert.

Um die Erfahrungen des Unterhalts dieser Brücken nutzen zu können, wurde ein Mindestalter von 10 Jahren festgelegt, so dass mögliche Setzungen eingetreten und die Langzeitverformungen des Betons abgeklungen sein sollten und die Erkenntnisse von mindestens zwei Hauptinspektionen genutzt werden können.

Schliesslich wurde angestrebt, Brücken aus verschiedenen Kantonen resp. Gebietseinheiten/Filialen des ASTRA auszuwählen, um allfällige unterschiedliche konstruktive Ausbildungen zu erfassen und eine repräsentative Aussage für das gesamte Strassennetz machen zu können.

2.2 Analyse der Brücken in der KUBA-Datenbank

Für die Auswahl der Objekte diente primär die KUBA-Datenbank [5]. In dieser sind rund 2100 Brücken ohne Lager erfasst (Abb. 4), wovon jedoch a. 20% Fahrbahnübergänge aufweisen. Die Häufigkeitsverteilung der Längen dieser integralen resp. semi-integralen Brücken ist in Abb. 4 dargestellt. Es zeigt sich, dass sehr viele Brücken eine Länge von weniger als 30 m aufweisen und auch im Bereich von 30 m bis 60 m noch eine ansehnliche Anzahl Bauwerke vorhanden ist. Hingegen sind verhältnismässig wenige integrale und semi-integrale Brücken mit Längen über 60 m – welche für die vorliegende Arbeit primär von Interesse sind – erfasst. Hier ist festzuhalten, dass sich der Datenbestand seit der Erarbeitung des Sachstandsberichts [2] infolge des Übergangs der Nationalstrassen in den Verantwortungsbereich des Bundes signifikant geändert hat (Datenbank bereinigt), so dass die Zahlen nicht direkt vergleichbar sind.

Bei der konkreten Auswahl der Objekte wurden in einem ersten Schritt die Datensätze hinsichtlich fehlender Angaben bereinigt. Dabei wurden insbesondere Bauwerke eliminiert, für welche kein Bauwerksalter (resp. Jahr der Inbetriebnahme) und/oder keine Bauwerkslänge erfasst waren. Danach stand noch eine Auswahl von rund 2000 Objekten zur Verfügung.

dargestellt.

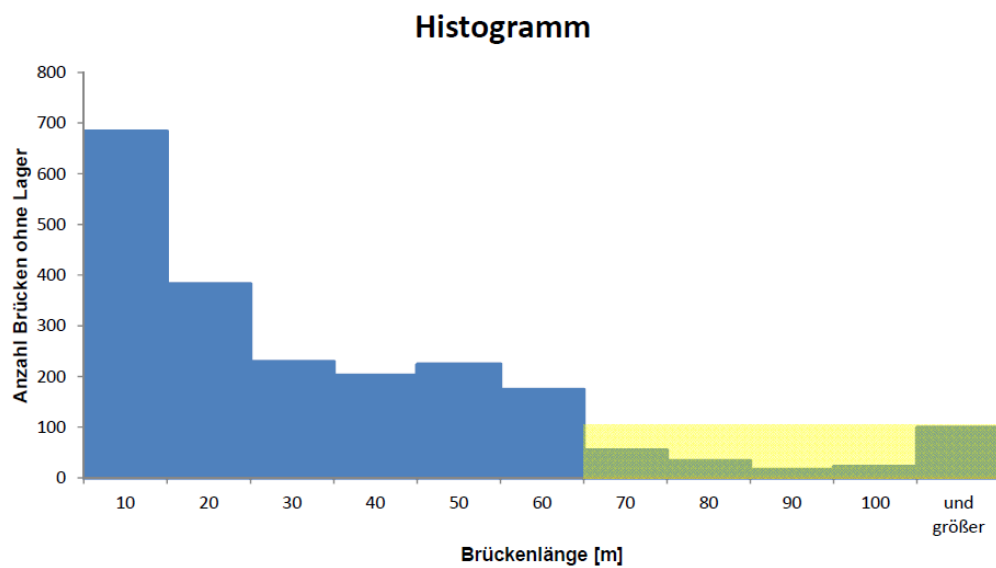


Abb. 4 Häufigkeit von Brücken ohne Lager (mit und ohne Fahrbahnübergänge) in der KUBA-Datenbank [5], gelb dargestellt Brückenlänge grösser 60 m

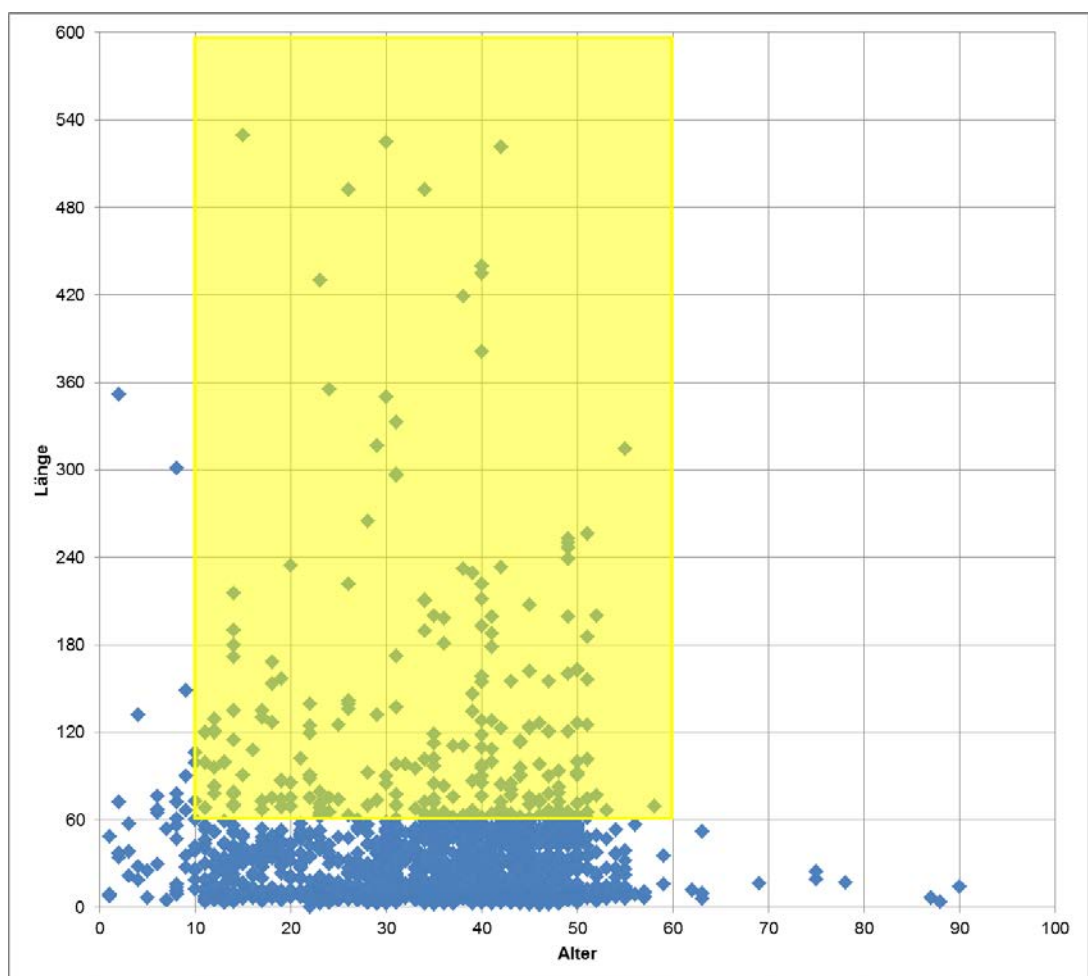


Abb. 5 Verteilung des Alters und der Brückenlänge ausgewählter integraler „Brücken“ in der KUBA-Datenbank [5], gelb dargestellt Brückenlänge grösser 60 m

In einem zweiten Schritt wurden Brückenobjekte herausgefiltert, welche ein Mindestalter von 10 Jahren (Baujahr 2003 und älter) und eine Mindestlänge von 60 m aufwiesen. Der zur Verfügung stehende Datensatz reduzierte sich dadurch auf unter 200 Objekte, siehe Abb. 5.

Dabei handelt es sich jedoch nicht ausschliesslich um integrale und semi-integrale Brücken. Zwar sind alle der in Abb. 5 dargestellten Objekte „Brücken“ gemäss Definition der KUBA-Datenbank resp. der ASTRA Richtlinie zur Datenerfassung, also Objekte mit einer Spannweite von mehr als 6 m Spannweite. Da die KUBA-Datenbank aber über viele Jahre gewachsen ist, wobei die Daten bis 2007 durch die Kantone erfasst wurden – mit unterschiedlicher Interpretation des Begriffs „Brücke“ – sind teilweise Unterführungen, Auskragungen und Durchlässe dabei. Weiter wurden nur Brücken mit Strassenverkehr berücksichtigt. Eine allfällige Bereinigung dieser Inkonsistenzen in der KUBA-Datenbank konnte im Rahmen des vorliegenden Projektes nicht abgewartet werden. Stattdessen wurden die verbliebenen Bauwerke in einem dritten Schritt einzeln auf ihre Eignung überprüft, wobei sich zeigte, dass zahlreiche Objekte ungeeignet waren. Um eine ausreichende Auswahl an Objekten zu gewährleisten, wurden daher auch zwei Objekte berücksichtigt, welche die Kriterien nur knapp erfüllen (Überführung Raesch-Wittenbach und Einfahrtsrampe zur N20 Birmensdorf). Schliesslich wurden die ausgewählten Objekte auf ASTRA-Filialen resp. Gebietseinheiten aufgeteilt, mit dem Ziel, in einem nächsten Schritt die zuständigen Gebietseinheiten des ASTRAS zu ermitteln und Personen des Unterhalts über Ihre Erfahrungen mit den ausgewählten Objekten zu befragen.

Die Analyse der Datenbank zeigte, dass in der Vergangenheit (vor NFA) je nach Kanton sehr unterschiedliche Ausführungen der Brückenenden bevorzugt wurden. So existieren beispielsweise im Kanton Graubünden rund 1200 Brücken, Lehenbrücken und Überführungen, wovon rund 220 Objekte älter als 10 Jahre und länger als 60 m sind. Ungefähr 40% dieser Objekte wurden semi-integral (mit Lagern aber ohne Fahrbahnübergänge) ausgeführt. Ungefähr 20% dieser Objekte wurden integral, ohne Lager und ohne Fahrbahnübergänge, ausgeführt. In vielen anderen Kantonen existieren dagegen sehr wenige oder gar keine integrale oder semi-integrale Brücken mit einer Länge über 60 m.

Neben Erfahrungen aus der Schweiz wurde versucht, verlässliche Angaben zu integralen Brücken im europäischen Ausland, insbesondere hinsichtlich Unterhaltsbedarf, zu erhalten. Leider erwies sich dieses Unterfangen mit vertretbarem Aufwand als nicht realisierbar.

2.3 Übersicht der ausgewählten Objekte

Aufgrund der im vorhergehenden Kapitel aufgeführten Kriterien und Untersuchungen wurden schliesslich insgesamt 18 Objekte schweizweit ausgewählt, siehe Abb. 6. Es handelt sich dabei um Objekte entlang der Nationalstrassen N8, N6, N12, N1, N5, N4, N13 (N28 mit Netzerweiterung) und A51, mit einem Alter zwischen 10 und 67 Jahren (Stand 2015). Sieben der untersuchten Brücken (alle integral ausgebildet) sind heute im Zuständigkeitsbereich des ASTRA, elf im Zuständigkeitsbereich der Kantone (davon neun semi-integrale Brücken in den Kantonen GR und VS sowie zwei integrale Brücken im Kanton ZH). Über drei dieser Brücken führt eine Nationalstrasse (eine bei Netzerweiterung), über sechs eine Kantonsstrasse und über neun eine Gemeindestrasse. Sechs Brücken führen über eine Nationalstrasse (zwei davon inkl. SBB), je eine über eine Kantons- und Gemeindestrasse, der Rest über ein Gewässer. Die Brücken liegen auf einer Meereshöhe zwischen 413 und 1421 m, wobei nur zwei Brücken höher als 1000 m über Meereshöhe liegen (Kanton GR: Brücke Marchtobel und Punt Gelgia). Die Verkehrsbelastung (DTV) liegt bei den meisten Brücken im Bereich von ca. 5'000, maximal beträgt sie 20'000.

Die Bauwerkslängen der untersuchten Brücken liegen grösstenteils zwischen 60 m und 100 m, wobei 2 Brücken den Bereich über- bzw. unterschreiten (Brücke Raesch-Wittenbach mit 56 m und Brücke Einfahrtsrampe Birmensdorf mit 141 m). Die Überbauten sind zwischen 6.4 m und 14.0 m breit. Neun Brücken sind vollständig integral ausgebildet, die übrigen semi-integral ohne Fahrbahnübergänge aber mit Lagern (fünf mit Topflagern, je zwei mit Rollenlagern resp. Elastomerlagern), wobei die Freiheitsgrade der Lager nicht in allen Fällen eindeutig identifiziert werden konnten. Die meisten Brücken (15) sind als Durchlaufträger (Balkenbrücken) ausgebildet, zwei als V-Stiel-Brücken und eine als Rahmenkonstruktion. Der Überbau ist bei zehn Brücken als Vollplatte, bei zwei Brücken als Vollplatte mit Kragplatten und bei sechs als Hohlkastenträger ausgebildet. Die Überbauten sind bei 15 Brücken in Längsrichtung vorgespannt, bei drei Objekten zusätzlich auch in Querrichtung.

Die Brückenenden der untersuchten Objekte sind sehr unterschiedlich ausgebildet. Die Widerlagerwände sind zwischen 1 m (Bramois) und 12 m (AS Widnau) hoch. Vier oder fünf der Bauwerke wurden ohne Schleppplatten ausgeführt (bei einer Brücke nicht eindeutig dokumentiert), und insgesamt sind bei vier Brücken Fahrbahnübergänge aus Polymerbitumen vorgesehen worden (bei drei Brücken bei beiden Brückenenden, bei einer Brücke nur einseitig).

Bei zehn der ausgewählten Objekte konnte auf Informationen aus zwei Inspektionen zurückgegriffen werden, bei zwei Objekten auf eine Inspektion. Bei sechs Brücken konnten dagegen keine Informationen zum bisherigen Unterhalt ausfindig gemacht werden, da entweder aufgrund des Bauwerksalters noch keine Inspektionen durchgeführt wurden oder aber die Inspektionsberichte unauffindbar waren.

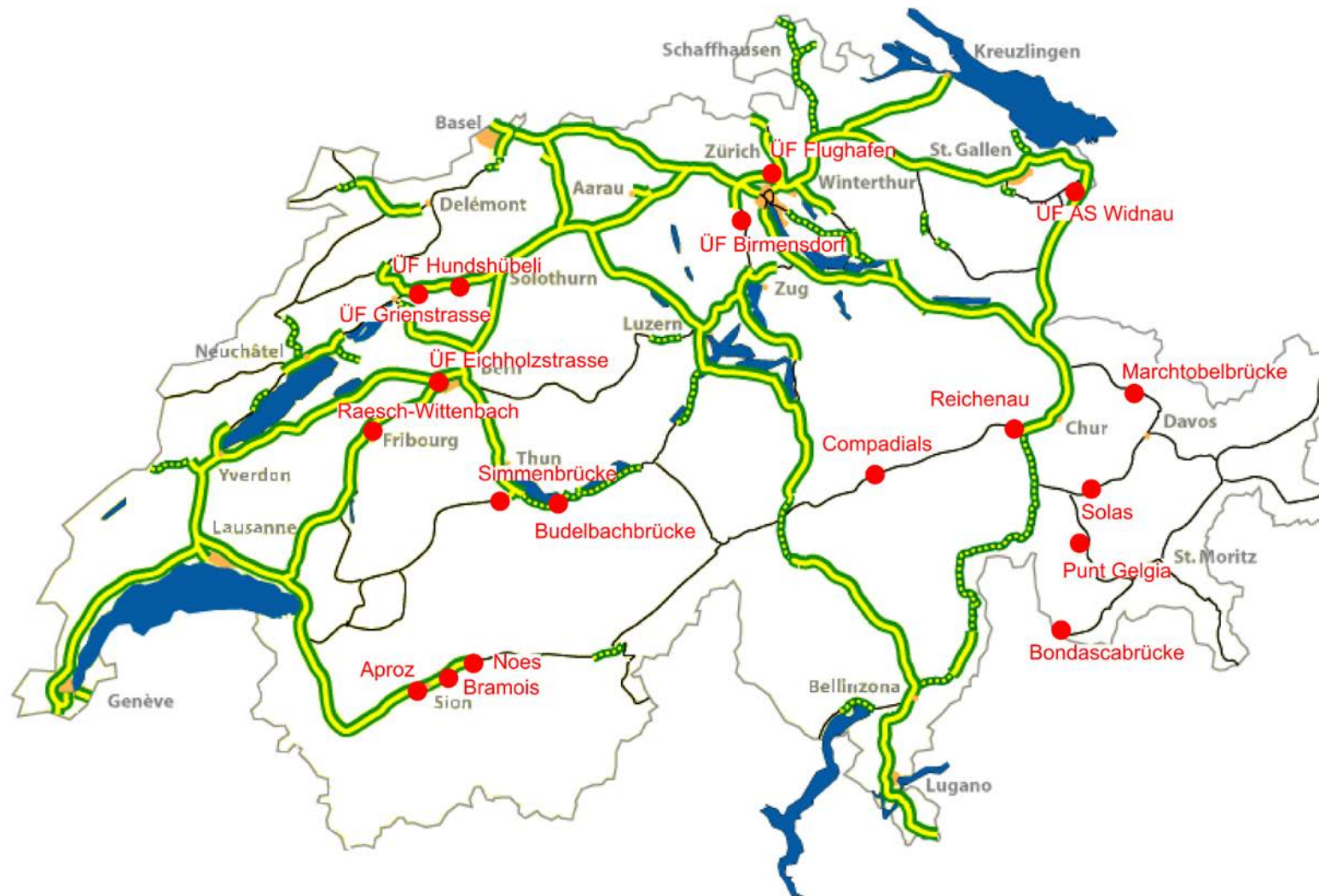


Abb. 6 Schweizer Karte aller untersuchter 18 Objekte (bearbeitet von weltkarte.com)

3 Untersuchte Bauwerke

Nachfolgend werden die untersuchten Bauwerke näher erläutert. Die Reihenfolge wurde dabei anhand der Kriterien (i) Ausbildung des Brückenendes (integral, semi-integral), (ii) Brückentyp (Balkenbrücken, Rahmenbrücken, V-Stielbrücken) und (iii) Brückenlänge hierarchisch festgelegt.

Neben den Feststellungen anlässlich der Begehungen werden wo vorliegend auch Aussagen aus den Inspektionsberichten sowie Auskünfte des Unterhaltspersonals wiedergegeben.

Es werden auch mögliche Ursachen für die festgestellten Belagsschäden angegeben, wobei es sich natürlich nur um Hypothesen der Verfasser handelt.

3.1 Unterführung Schlaufe Frachtzufahrt, Kloten (ZH)

Die Unterführung Schlaufe Frachtzufahrt wurde im Jahr 2002 erstellt. Die im Grundriss leicht gekrümmte Brücke ist insgesamt rund 66 m lang. Der dreifeldrige Überbau ist als längs vorgespannter, einsteiger Plattenbalken ausgebildet. Beide Brückenenden wurden integral ausgebildet, ohne Fahrbahnübergänge oder Lager, jeweils mit einer Schleppplatte. Beim linken Brückenende schliesst eine lange Stützmauer unmittelbar an das Bauwerk an. Vor den eigentlichen Widerlagerwänden wurde jeweils eine Blendwand ausgeführt, welche mit den Flügelmauern verbunden ist; damit können die Zwängungen im Überbau ohne sichtbare vertikale Fugen in der Widerlagerkonstruktion minimiert werden.

Anlässlich der Hauptinspektion 2007 wurde die Brücke in ZK 1 eingestuft, bei der Hauptinspektion 2012 dann in ZK 2. Es wurden Belagsschäden festgestellt, unter anderem Belagsrisse in Brückenmitte (Längsrisse) sowie Querrisse bei beiden Brückenenden sowie relativ verästelte Längs- und Querrisse beim rechten Brückenende. Bei der ebenfalls im Jahr 2012 durchgeführten Kontrollbegehung des Kantons Zürich wurden im Bereich der Fahrbahn keine Belagsschäden rapportiert, im Bereich des Gehwegs dagegen teilweise Schäden und Fugen in schlechtem Zustand.

Bei unserer Begehung im Jahr 2014 wurde bei beiden Brückenenden eine kleine Polymerbitumenfuge (Thormajoint) im Übergang zur Schleppplatte angetroffen.

Beim linken Brückenende (Richtung Süden) war im Bereich des Schleppplattenendes ein verfüllter Querriss über die ganze Brückenbreite vorhanden, der sich wieder ca. 1 cm geöffnet hatte. Im Randbereich traten Risse ca. 50-70 cm näher zur Brückenmitte auf, wobei ein Riss sogar durch einen Randstein verlief. Auch im Bereich der Polymerbitumenfuge bildeten sich mehrere neue, kürzere Risse.

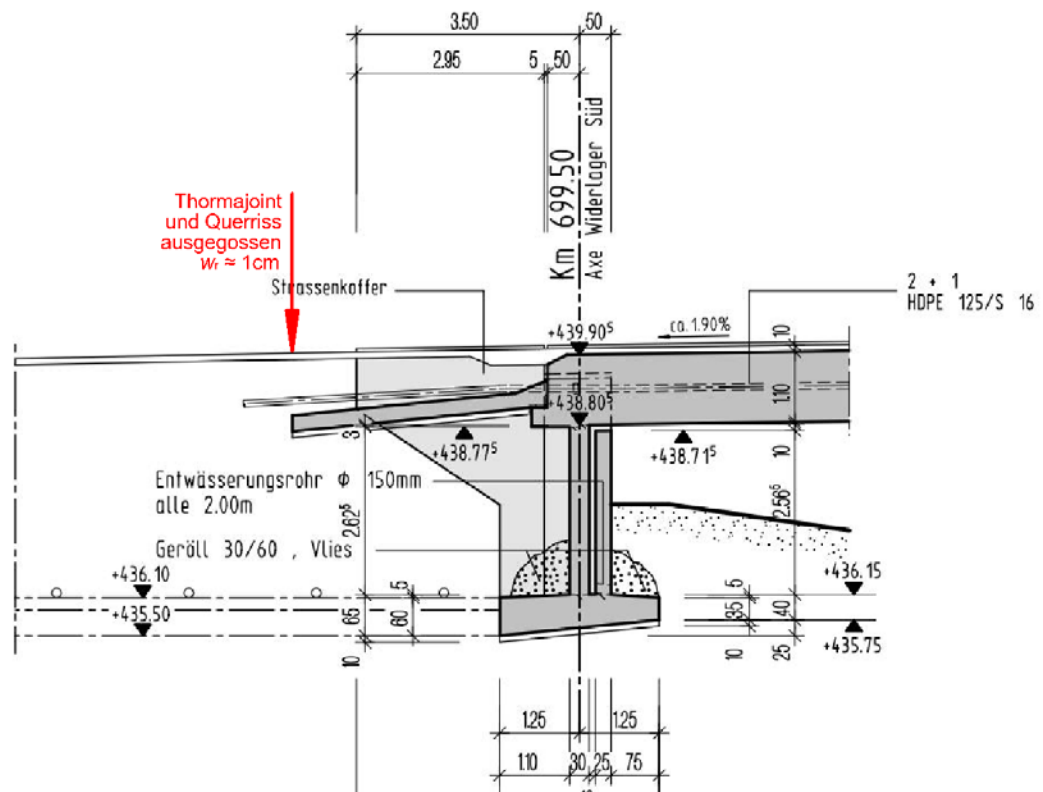


Abb. 7 Belagsschäden linkes Brückenende Unterführung Schlaufe Frachtzufahrt, Kloten (ZH)

Beim rechten Brückenende (Richtung Norden) waren in einem Abstand von ca. 4 m vorlandseitig von der Lagerachse über ca. zwei Drittel der Fahrbahnbreite neue Querrisse entstanden. Zudem war rund 8 m hinter der ersten Polymerbitumenfuge eine weitere solche Fuge ausgeführt worden. Weitere 4.2 m dahinter wurde ein zusätzlicher Querriss (Breite 0.5 cm) über die ganze Fahrbahnbreite angetroffen.

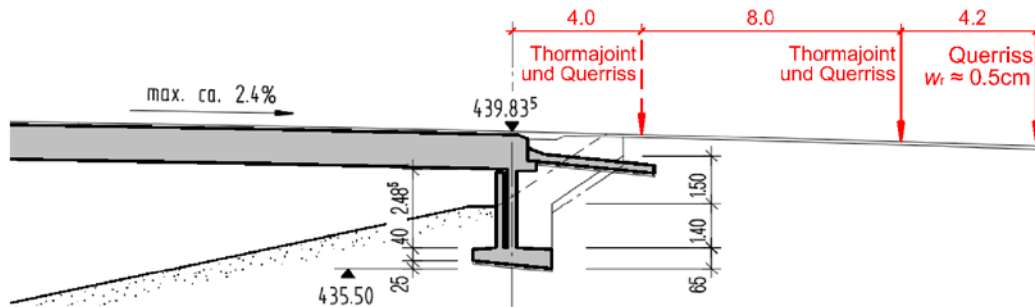


Abb. 8 Belagsschäden rechtes Brückenende Unterführung Schlaufe Frachtzufahrt, Kloten (ZH)

Anlässlich der Begehung herrschte sehr wenig Fahrzeugverkehr auf der Brücke, die ein kleines Verkehrsaufkommen zu bewältigen hat. Der Fahrkomfort war trotz Belagsrissen nur wenig beeinträchtigt und besser als bei Brückenenden mit Fahrbahnübergängen.

Die Belagsschäden stehen mutmasslich in Zusammenhang mit den horizontalen Verschiebungen der Brückenenden. Insbesondere die relativ weit vom rechten Brückenende entfernten Risse dürften jedoch primär durch Setzungen im anstehenden, setzungsempfindlichen Baugrund verursacht worden sein.

Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

3.2 L 46 UEF Eichholzstrasse, Bern

Die Überführung Eichholz wurde im Jahr 1977 als Überführung eines Flurwegs über die Autobahn N1 realisiert. Es handelt sich um eine dreifeldrige Balkenbrücke mit konstantem Trogquerschnitt und einer Gesamtlänge von rund 74 m. Beide Brückenenden wurden mit einer kurzen, relativ stark geneigten Schleppplatte (Neigung 17°) ausgeführt. Bei den Brückenenden wurde, vermutlich zur Reduktion der Zwangsnormalkräfte im Überbau, je eine Pendelwand vorgesehen, beim rechten Widerlager zusätzlich ein begehbare Unterhaltsraum. Vorlandseitig der Schleppplatte befindet sich beidseitig ein Schacht in Fahrbahnbereich.

Anlässlich der Hauptinspektion 2007 wurde die Brücke in ZK 1 eingestuft, bei der Hauptinspektion 2012 dann in ZK 2. Es wurden Belagsschäden festgestellt, insbesondere Unebenheiten und schadhafte Belagsfugen bei beiden Brückenenden, abgelöste Belagsanschlüsse an beiden Rändern sowie Blasen auf der ganzen Brückenlänge.

Bei unserer Begehung im Jahr 2014 wurden bei beiden Brückenenden (links = Hinterkappeln und rechts = Bethlehem) vergossene Querrisse am Ende der Schleppplatte (=Ende Trägerwände) festgestellt, mit einer Breite von ca. 4 cm. Beim linken Brückenende wurde zusätzlich eine vertikale Verschiebung von rund 1 cm festgestellt.

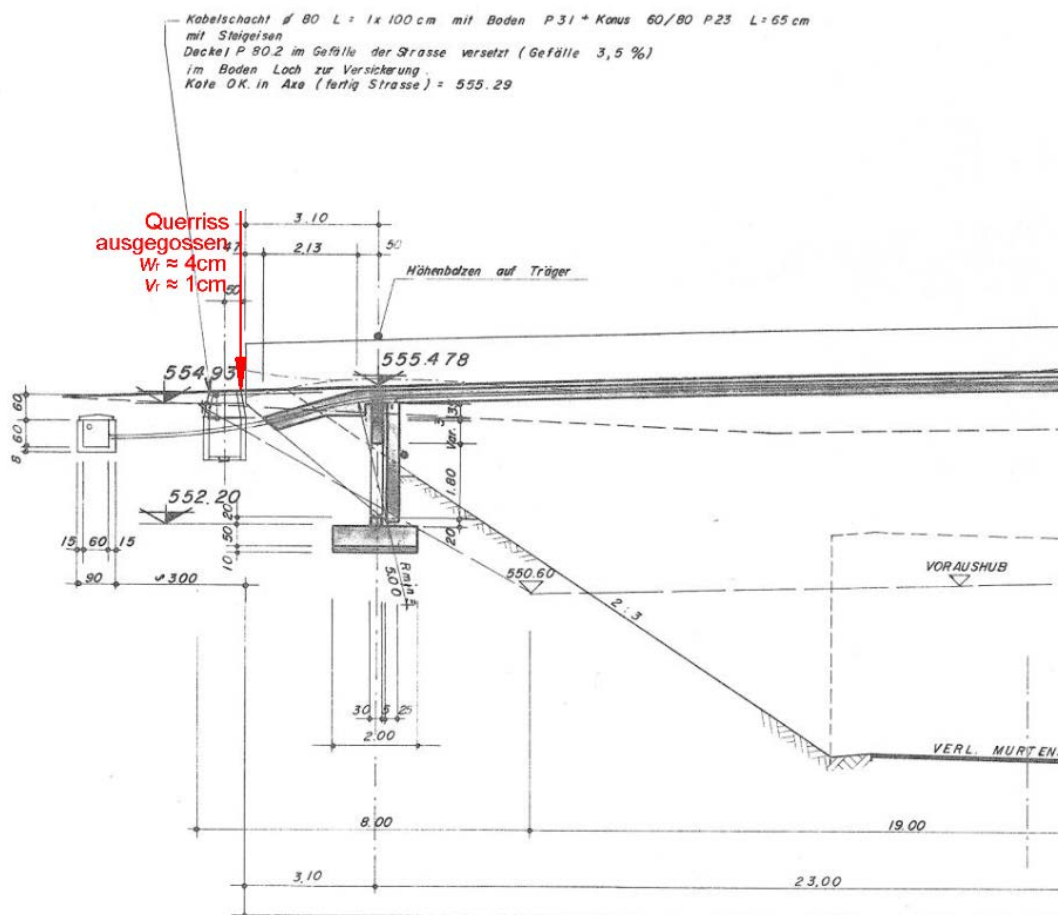


Abb. 9 Belagsschäden linkes Brückenende L 46 UEF Eichholzstrasse, Bern

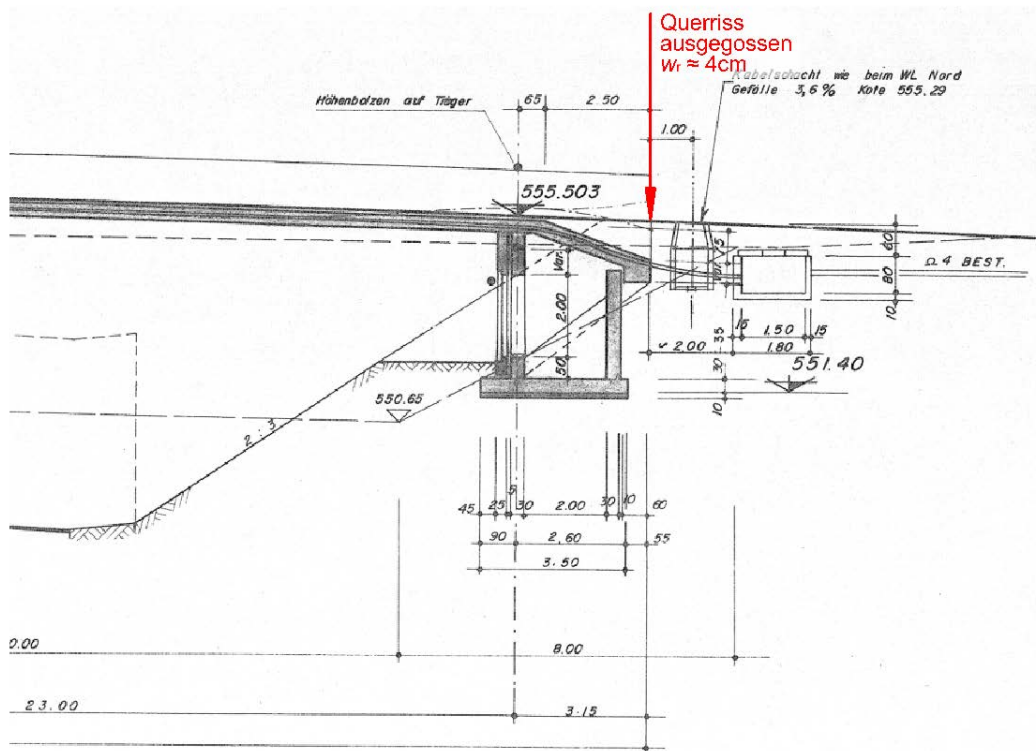


Abb. 10 Belagsschäden rechtes Brückenende L 46 UEF Eichholzstrasse, Bern

Anlässlich der Begehung herrschte wenig Fahrzeugverkehr auf der Brücke. Der Fahrkomfort war trotz Belagsrissen und Setzungen nur wenig beeinträchtigt und vergleichbar mit demjenigen bei Brückenenden mit Fahrbahnübergängen.

Dass die Belagsrisse nicht am Ende der Fahrbahnplatte, sondern am Ende der Schleppplatten auftraten, könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Trogwände bis an diese Stelle durchlaufen, wodurch Belag und Koffer im Bereich der Schleppplatte – trotz deren grosser Neigung – die Verschiebungen des Überbaus auch bei Verkürzungen mitmachen, so dass sich die Belagsrisse bei der Unstetigkeitsstelle am Ende der Trogwände ausbilden.

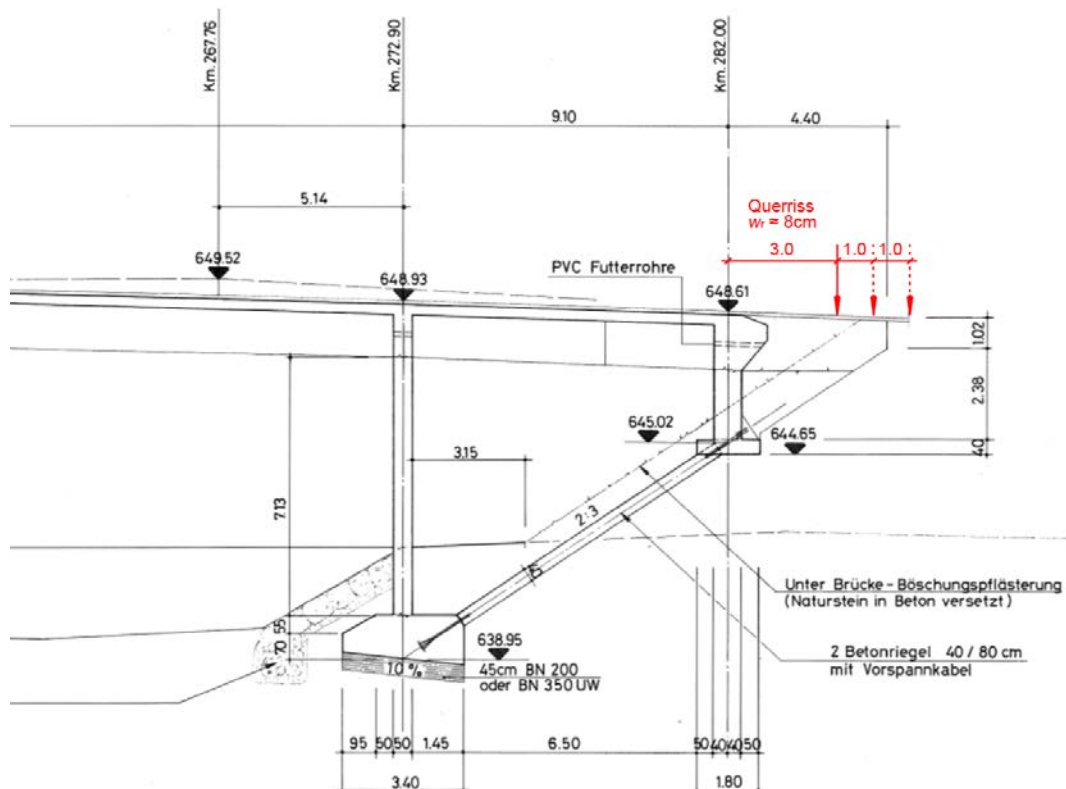
Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

3.3 R 13 Simmenbrücke Burgholz, Dientigen

Die Simmenbrücke Burgholz, mit einer Gesamtlänge von rund 77 m, wurde im Jahr 1981 als Querungsbauwerk der Verbindungsstrasse Zweisimmen-Dientigen über die Simme und die damals parallel zur Simme geplante Nationalstrasse realisiert. Der parallelgurtige Durchlaufträger weist daher, neben den beiden kurzen Randfeldern, zwei Hauptspannweiten auf. Da der geplante Ausbau der Nationalstrasse nicht ausgeführt wurde, ist die zweite Hauptspannweite heute ohne eigentliche Funktion. Beide Brückenenden sind gleich ausgebildet, jeweils ohne Schleppplatte. Die Widerlager werden dabei durch in der Böschung liegende, vorgespannte Druckstreben stabilisiert.

Anlässlich der Hauptinspektion 2001 wurde die Brücke in ZK 1 eingestuft, bei der Hauptinspektion 2007 dann in ZK 2, maximal ZK 3. Es wurden Belagsschäden mit Spurrinnen bemängelt, namentlich Blasen, Bewuchs und schadhafte Ränder sowie Querrisse entlang der Fugen bei beiden Brückenenden. Beim linken Brückenende (Seite Wimmis) trat zudem im Bereich des Belagswechsels ein vertikaler Versatz von bis zu 5 cm auf.

Bei unserer Begehung im Jahr 2014 wurde am linken Brückenende (Wimmis/ Zweisimmen, Burgholz) ein Schacht im Belag vorgefunden, mit einem grossen, bis 8 cm breiten Querriss und Abplatzungen unmittelbar davor, in einem Abstand von ca. 3 m von der Widerlagerwand. Vorlandseitig vom Schacht sind zwei weitere Querrisse und ein Schrägriss vorhanden, die vermutlich im Zusammenhang mit Belagsarbeiten bei einem Werkleitungsbau stammen. Diese Risse waren nicht ausgegossen. Zudem wurden Einsenkungen in Richtung Wimmis/ Zweisimmen festgestellt. Es ist zu beachten, dass der Längsschnitt in den Plänen im Vergleich zum Kataster von der anderen Seite dargestellt wurde.



Beim rechten Brückenende (Oey-Diemtigen, Latterbach) wurde rund 1 m vorlandseitig der Widerlagerwand ein ausgegossener Fugenschnitt angetroffen, mit mehreren dazu parallelen Rissen (Rissbreite ca. 0.5 cm – 1 cm) über die ganze Fahrbahnbreite.

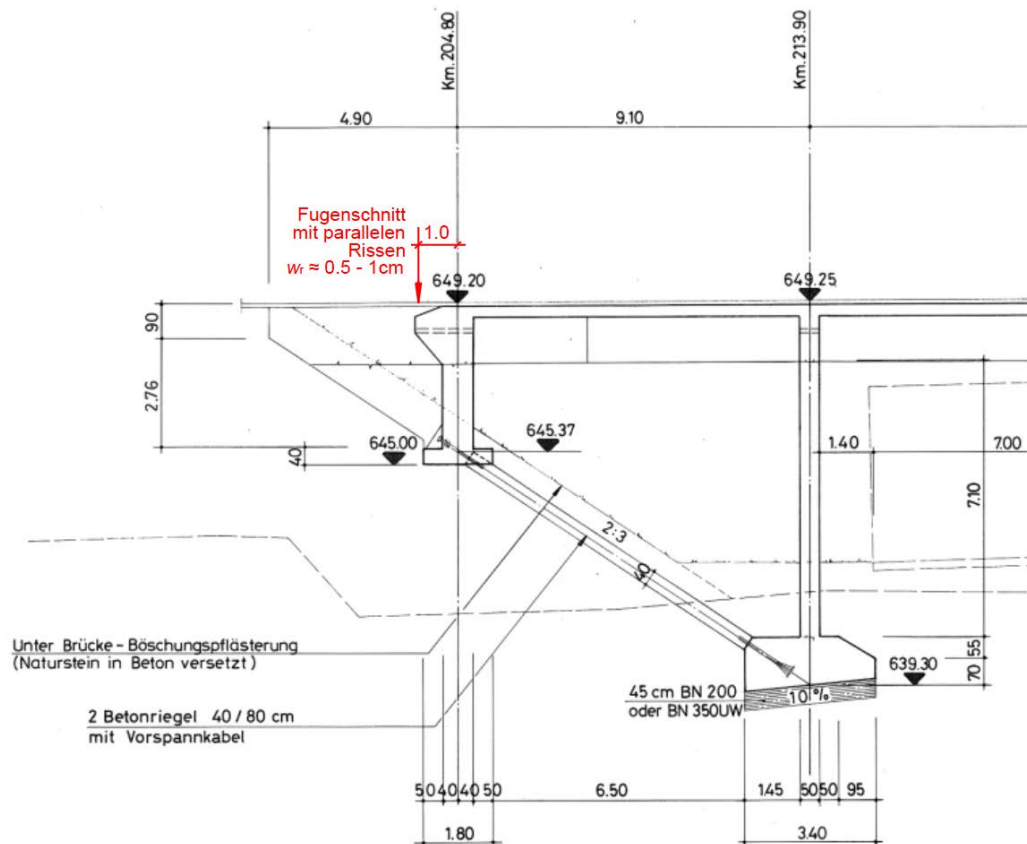


Abb. 12 Belagsschäden rechtes Brückenende R13 Simmenbrücke Burgholz, Diemtigen (Plandarstellung anders als Kataster)

Anlässlich der Begehung herrschte nur wenig Fahrzeugverkehr auf der Brücke. Der Fahrkomfort war trotz der massiven Belagsschäden und Setzungen bei einer Geschwindigkeit von ca. 50 km/h akzeptabel, bei höheren Geschwindigkeiten wäre er jedoch beeinträchtigt (inzwischen wurde bei beiden Brückenenden auf einer Länge von ca. 4.5 m (rechte Seite) bzw. 13.5 m (linke Seite) der Deckbelag ersetzt).

Die grossen Belagsschäden im Bereich des linken Brückenendes stehen mutmasslich in direktem Zusammenhang mit dem Schacht, welcher eine grosse Unstetigkeit der Steifigkeiten verursachen dürfte, insbesondere in Anbetracht der relativ hohen Dammschüttung bei diesem Brückenende, mit entsprechend grossen, zu erwartenden Setzungen. Beim rechten Brückenende sind die Belagsschäden mutmasslich durch das Fehlen der Schleppplatte mitverursacht worden. Bei beiden Widerlagern dürften sich zudem die durch die in der Böschung liegende Druckstrebe bewirkten vertikalen Verschiebungen am Brückenende bei Temperaturänderungen tendenziell nachteilig auswirken.

Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

3.4 BS 12 UEF Grienstrasse, Pieterlen

Die Überführung Grienstrasse wurde im Jahr 1998 als Überführung eines Flurwegs, mit integriertem Grünstreifen für Wildtiere, über die Autobahn N5 und die parallel dazu laufende Bahnlinie realisiert. Es handelt sich um eine vierfeldrige Balkenbrücke mit konstantem Trogquerschnitt und einer Gesamtlänge von knapp 90 m. Beide Brückenenden sind gleich ausgebildet, jeweils mit einer Pfahlfundation in einer Schüttung, aber ohne Schleppplatte. Die Bauart ist sehr ähnlich wie bei der Überführung Hundshübeli (siehe folgendes Kapitel), welche acht Jahre früher in der Nähe realisiert wurde.

Anlässlich der Hauptinspektion 2004 wurde die Brücke in ZK 1 eingestuft, bei der Hauptinspektion 2009 auch in ZK 1, maximal ZK 2, wobei der Belagszustand als gut beurteilt wurde.

Bei unserer Begehung im Jahr 2014 waren beim linken Brückenende (Pieterlen) Setzungen und ein Hohlraum unter der Brückenkonstruktion erkennbar, und direkt beim Brückenende wurden zwei Querrisse mit einer Breite von 2-3 cm festgestellt, mit einem starken Längsgefälle im Belag zwischen den Rissen, wodurch die Setzungsdifferenzen ohne weitere Belagsrisse aufgenommen werden konnten.

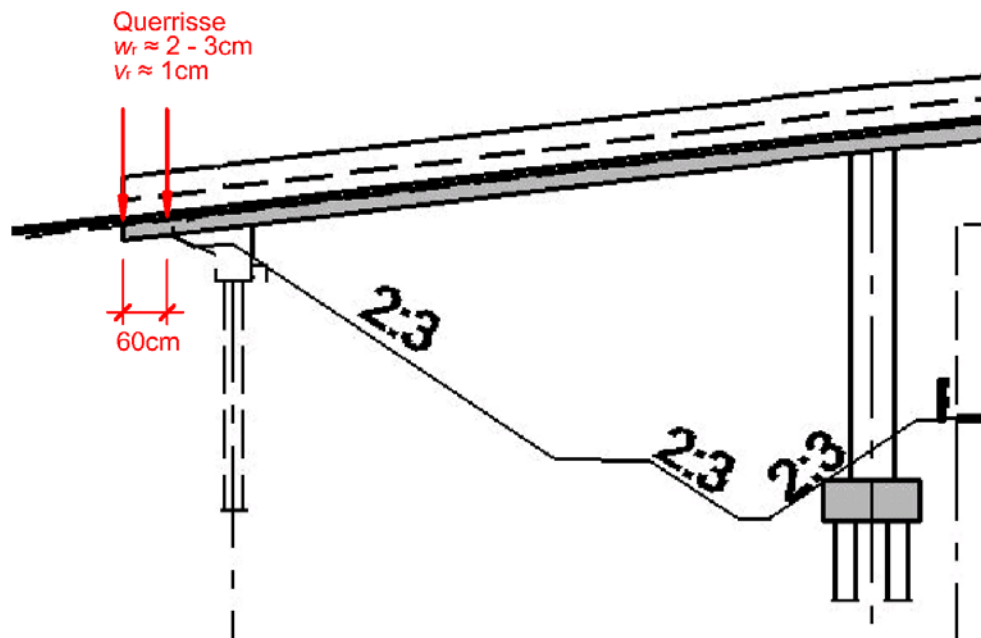


Abb. 13 Belagsschäden linkes Brückenende BS 12 UEF Grienstrasse, Pieterlen

Beim rechten Brückenende (Safern) waren deutliche Setzungen hinter der Brücke erkennbar, mit zwei grossen Querrissen (Breite ca. 5 cm) unmittelbar beim Brückenende (bis zu 4 cm Vertikalversatz) und ca. 40 cm dahinter sowie einem Netzzriss von ca. 1.40 m Breite.

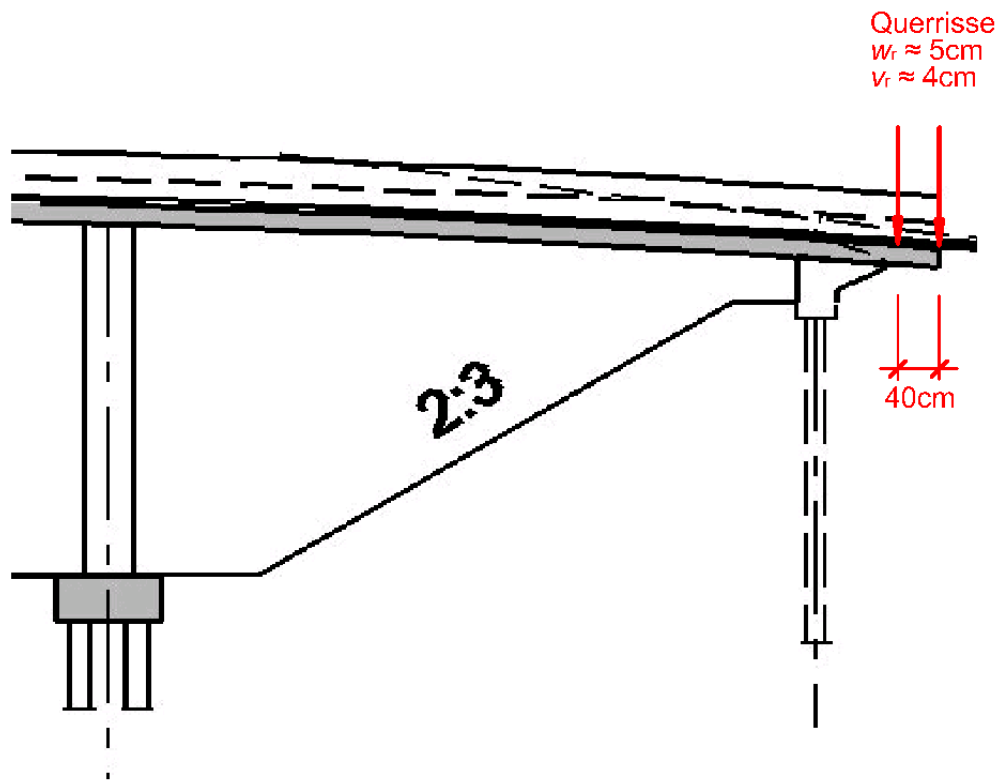


Abb. 14 Belagsschäden rechtes Brückenende BS 12 UEF Grienstrasse, Pieterlen

Anlässlich der Begehung herrschte kein Fahrzeugverkehr auf der Brücke. Der Fahrkomfort war durch die grossen Setzungsdifferenzen in einem für Strassenverkehr inakzeptablen Mass beeinträchtigt.

Die Belagsschäden wurden mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht primär durch die Horizontalverschiebungen der Brückenenden verursacht, sondern vielmehr durch die grossen Setzungsdifferenzen. Indem die Brückenenden in hohen Schüttungen pfahlfundiert, jedoch ohne Schleppplatte ausgeführt wurden, wurden solche Setzungen und Belagsschäden durch Projektverfasser und Bauherr vermutlich bewusst in Kauf genommen, was in Anbetracht der untergeordneten Funktion des Bauwerks gerechtfertigt scheint.

Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

3.5 N5 3BS34 UEF Hundshübeli, Leuzingen

Die Überführung Hundshübeli wurde im Jahr 1990 als Überführung einer Erschliessungsstrasse über die Autobahn N5 realisiert. Es handelt sich um eine vierfeldrige Balkenbrücke mit Trogquerschnitt und einer Gesamtlänge von rund 91 m. Beide Brückenenden sind ähnlich ausgebildet, jeweils mit einer Pfahlfundation, aber ohne Schleppplatte. Das linke Brückenende liegt jedoch im Aufweitungsbereich der angrenzenden Verzweigung, das rechte dagegen in einer Geraden, dafür aber in einer Dammschüttung.

Ursprünglich war eine konventionelle Brücke mit längsverschieblichen Lagern und Fahrbahnübergang bei einem Brückenende geplant. Später wurde als Alternative eine schwimmende Lagerung geprüft, welche jedoch verworfen wurde. Schliesslich wurde die realisierte integrale Lösung projektiert, wobei auf Vorschlag des Projektverfassers auf Schleppplatten verzichtet wurde.

Anlässlich der Hauptinspektionen 2005 wurde die Brücke in ZK 1 eingestuft, ebenso in Jahr 2012, obschon schadhafte Belagsfugen mit Randbewuchs auf der Seite Biel festgestellt wurden.

Bei unserer Begehung im Jahr 2014 wurde beim linken Brückenende (Alttreu) am Ende der Aufweitung, ausgehend vom östlichen Fahrbahnrand, ein kleinerer, nicht durchgehender Querriss mit einer Breite von 0.5-1 cm festgestellt.

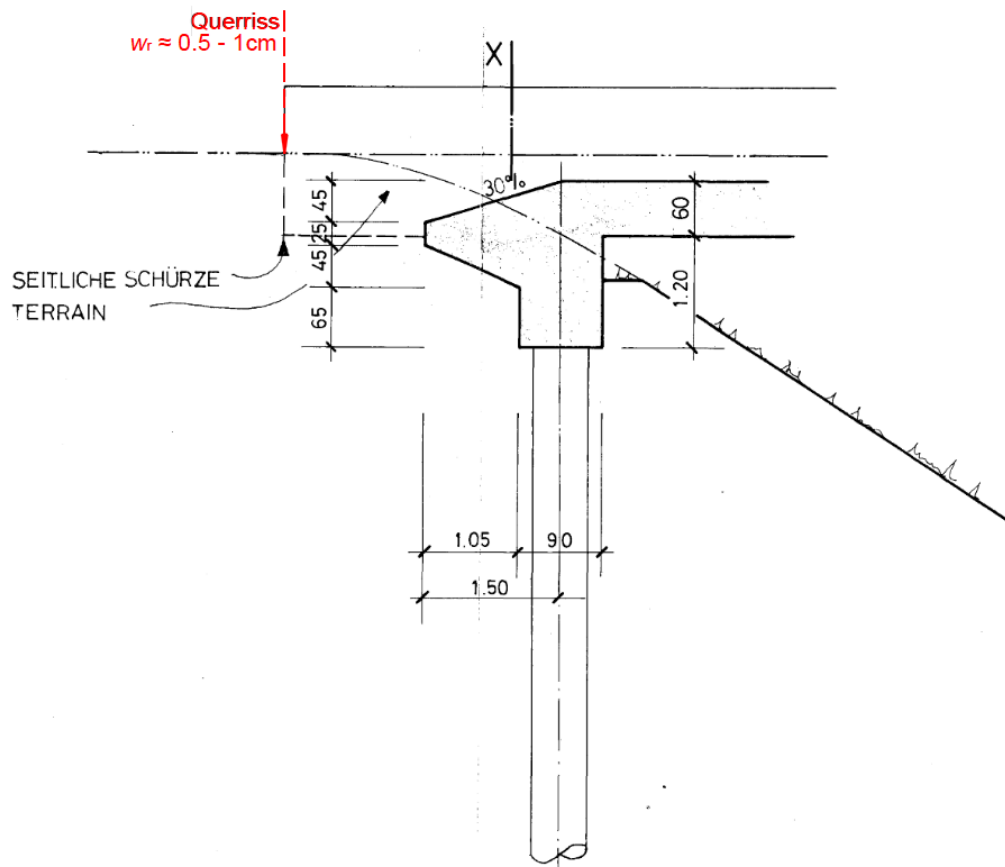


Abb. 15 Belagsschäden linkes Brückenende N5 3BS34 UEF Hundshübeli, Leuzingen

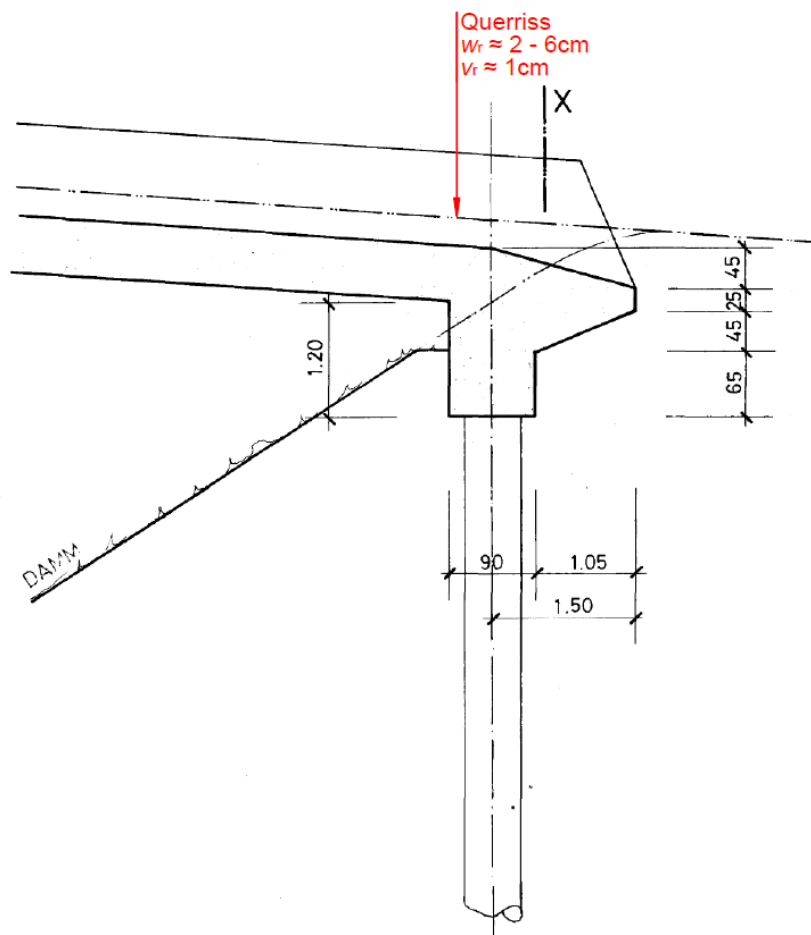


Abb. 16 Belagsschäden rechtes Brückenende N5 3BS34 UEF Hundshübeli, Leuzingen

Beim rechten Brückenende (Leuzigen) wurde ein 2-6 cm breiter Belagsriss über die gesamte Fahrbahnbreite und mehrere kürzere Risse (brückenseitig) vorgefunden, mit einem Vertikalversatz von ca. 1 cm.

Anlässlich der Begehung herrschte reger Fahrzeugverkehr auf der Brücke (LKW des südlich der N5 liegenden Abbau-/Deponiegebiets Mettlen). Der Fahrkomfort war trotz Belagsrissen und Setzungen kaum beeinträchtigt und zumindest vergleichbar mit demjenigen bei Brückenenden mit Fahrbahnübergängen, welche insbesondere beim linken Brückenende (90°-Kurve im Bereich des Brückenendes, starke Verschmutzung durch Transporte des Abbau-/Deponiegebiets) einen hohen Unterhaltsaufwand verursachen würden.

Die grösseren Belagsschäden im Bereich des rechten Brückenendes wurden mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht primär durch die Horizontalverschiebungen des Brückenendes verursacht (auch wenn dieses aufgrund der grösseren Breite des linken Widerlagers mutmasslich den grössten Teil der Längenänderungen des Überbaus aufnehmen muss), sondern vielmehr durch die grossen Setzungsdifferenzen. Indem das Brückenende in einer hohen Schüttung pfahlfundiert, jedoch ohne Schleppplatte ausgeführt wurde, wurden solche Setzungen und Belagsschäden durch Projektverfasser und Bauherr vermutlich bewusst in Kauf genommen

Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

3.6 Überführung Einfahrtsrampe zur N20 (BW 714), Birmensdorf (ZH)

Die Überführung Einfahrtsrampe zur N20 (BW 714) wurde im Jahr 2005 als Bestandteil der Westumfahrung Zürich realisiert und im Jahr 2009 in Betrieb genommen. Die vierfeldrige, im Grundriss stark gekrümmte Brücke weist eine Gesamtlänge von 141 m auf, worin die beiden steifen, je 12.5 m langen Brückenenden eingerechnet sind. Der Überbau ist als einsteiger, längs vorgespannter Plattenbalken ausgebildet, der bei den Brückenenden vertikal und horizontal in die Widerlagerkonstruktion eingespannt ist. Am Ende der Widerlager sind relativ lange (5.6 m) und in Brückenachse geneigte Schleppplatten angeordnet.

Bei diesem Bauwerk wurde noch keine Inspektion durchgeführt. Es wurden jedoch im Rahmen des Forschungsprojektes AGB 2003/001 [2] Messungen durchgeführt, die zeigten, dass ein grosser Teil der Längenänderungen des Überbaus durch Variation der Grundrisskrümmung aufgenommen wird, womit Rotationen der Brückenenden um die vertikale Achse einhergehen.

Bei unserer Begehung im Jahr 2014 wurden bei beiden Brückenenden je zwei Fahrbahnübergänge aus Polymerbitumen (Thormajoint) vorgefunden, jeweils beim Brückenende und ca. 50 cm hinter dem Schleppplattenende. Die hinteren Fahrbahnübergänge aus Polymerbitumen waren erst rund ein Jahr nach dem Einbau des Deckbelags resp. der Inbetriebnahme eingebaut worden, da in diesem Bereich grosse Belagsrisse aufgetreten waren.

Beim linken Brückenende (Richtung Aeschertunnel, Norden, Birmensdorf) wurden ein vergossener Querriss über die ganze Brückenbreite und ein kleinerer Querriss im Bereich der Brückenachse beim hinteren Fahrbahnübergang aus Polymerbitumen (Schleppplattenende) sowie ein ebenfalls vergossener Querriss über die halbe Fahrbahnbreite beim vorderen Fahrbahnübergang aus Polymerbitumen (Brückenende) angetroffen.

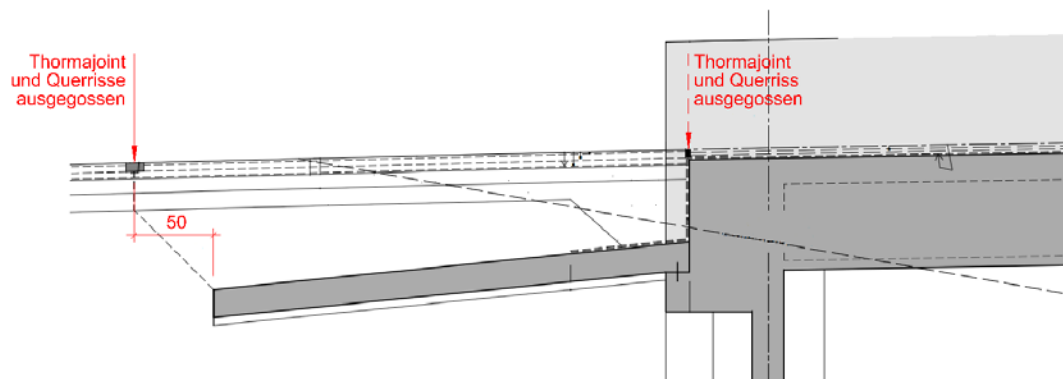


Abb. 17 Belagsschäden linkes Brückenende Überführung Einfahrtsrampe zur N20 (BW 714), Birmensdorf (ZH)

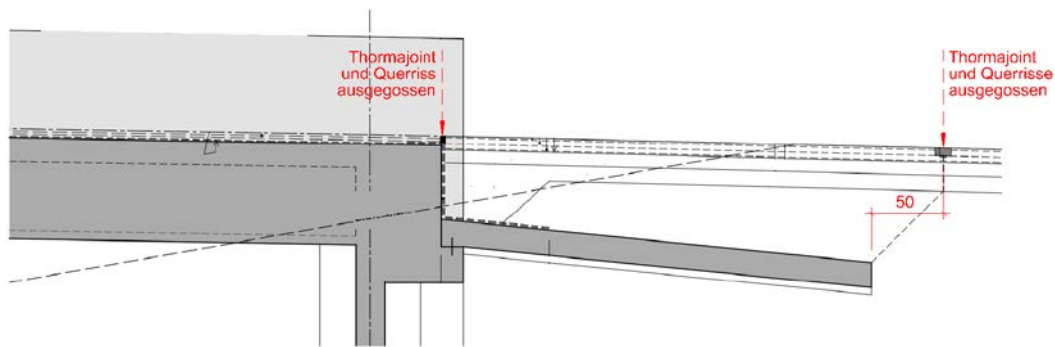


Abb. 18 Belagsschäden rechtes Brückenende Überführung Einfahrtsrampe zur N20 (BW 714), Birmensdorf (ZH)

Beim rechten Brückenende (Richtung Anschluss, Westen, Wettswil) waren zwei vergossene Querrisse, jeweils über die halbe Fahrbahnbreite, beim hinteren Fahrbahnübergang aus Polymerbitumen (Schleppplattenende) vorhanden, sowie ein ebenfalls vergossener Querriss über die ganze Brückenbreite beim vorderen Thormajoint (Brückenende). Daneben waren verschiedene weitere, kleinere Risse im Belag vorhanden.

Anlässlich der Begehung herrschte viel Fahrzeugverkehr auf der Brücke, die ein hohes Verkehrsaufkommen zu bewältigen hat. Der Fahrkomfort war nur wenig beeinträchtigt und vergleichbar mit demjenigen bei Brückenenden mit Fahrbahnübergängen.

Dass bei dieser Brücke, anders als bei der Marchtobelbrücke (Kapitel 3.15), trotz der erst mehrere Jahre nach der Fertigstellung erfolgten Inbetriebnahme und der vorteilhaften Grundrisskrümmung relativ grosse Belagsrisse im Bereich der Schleppplattenenden auftraten, lässt sich durch den Bauvorgang resp. die Schnittstelle zwischen Brücke und Trasse erklären. Nach der Fertigstellung der Brücke wurden, unter Federführung der Trasse-Bauleitung (welche für den gesamten Abschnitt der Westumfahrung separat mandatiert war), die Dammschüttungen im Anschlussbereich ausgeführt, was wegen des anstehenden, setzungsempfindlichen Untergrunds anspruchsvoll war. Dabei wurde, entgegen der Vorgabe des Projektverfassers der Brücke, ein Koffer aus stabilisiertem Material bis an die Brücke herangeführt. Dieser steife Koffer war offensichtlich selbst für die Aufnahme kleiner Horizontalverschiebungen völlig ungeeignet, so dass sich bereits nach wenigen Monaten grosse Belagsrisse in dieser Unstetigkeitsstelle ausbildeten.

3.7 N 13 u 9. Überführung Anschluss Widnau, Diepoldsau

Die Überführung Anschluss Widnau wurde im Jahr 1960 erstellt. Das im Grundriss stark schiefe und leicht gekrümmte integrale Rahmenbauwerk weist eine Gesamtlänge von rund 60 m auf. Der längs vorgespannte Überbau ist in Feldmitte als zweistegiger Plattenbalken ausgebildet, im Bereich der Rahmenecken als dreistegiger Hohlkasten. Die Rahmenstiele sind als dreistegige Plattenbalken ausgeführt. Hinter den Rahmenecken ist, ähnlich wie heute bei integralen Brücken in einigen US-Bundesstaaten üblich, eine mit dem Bauwerk monolithisch verbundene Stahlbetonplatte direkt unter dem Belag angeordnet, mit einer Schürze am hinteren Ende, der die eigentliche Schleppplatte trägt.

Anlässlich der Hauptinspektion 2003 wurde die Brücke in ZK 1 eingestuft, bei der Hauptinspektion 2009 dann in ZK 2. Es wurden Belagsschäden festgestellt, insbesondere ein Querriss im Belag beim rechten Brückenende (Seite Rhein / Diepoldsau) in der Fahrspur vom Kreisel in Richtung Widnau.

Bei unserer Begehung im Jahr 2014 wurde beim linken Brückenende (Landseite, Widnau) ein schräg verlaufender Querriss (ca. 0.5...1 cm breit) angetroffen, der sich (nicht überall durchgehend) über die ganze Brückenbreite erstreckte, in einem Abstand von ca. 3 m bis 8 m zur Widerlagerwand in Richtung Brückenmitte. Rund 8 m vorlandseitig der Widerlagerwand wurden ein weiterer Querriss und ein Längsriss über eine Fahrspurbreite sowie weitere kleinere, schräge Risse in der anderen Fahrspur beobachtet.

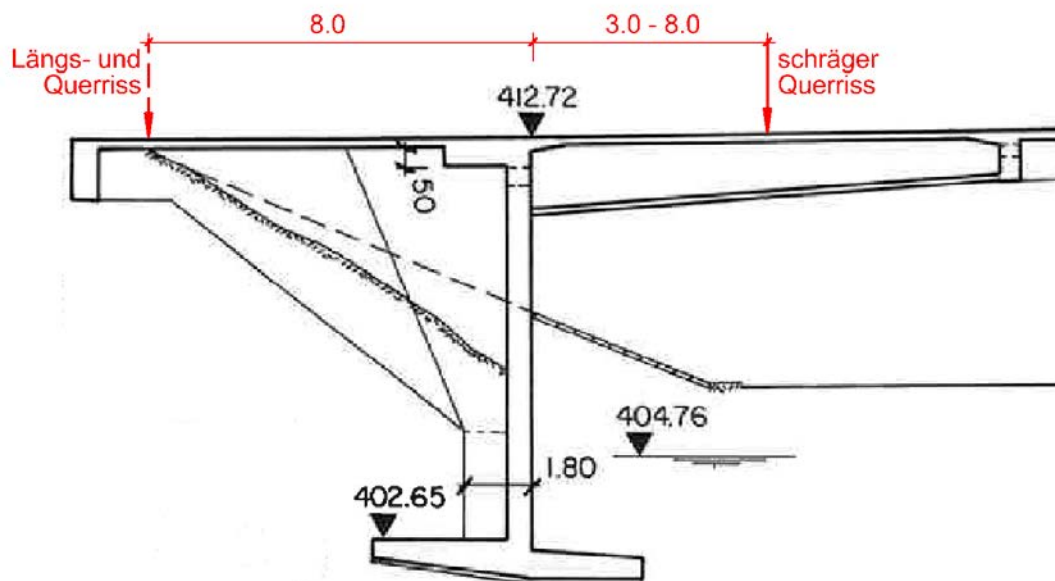


Abb. 19 Belagsschäden linkes Brückenende N13 u 9. Überführung Anschluss Widnau, Diepoldsau

Beim rechten Brückenende (Rheinseite, Diepoldsau) wurde der bei der Hauptinspektion 2009 festgestellte Riss angetroffen, dieser hatte sich jedoch verbreitert und auf die ganze Fahrbahnbreite ausgedehnt. Zusätzlich wurden zwei weitere Querrisse festgestellt, die sich jeweils über eine Fahrspurbreite erstreckten. Der erste dieser Risse war ca. 1-2 cm breit und verlief ungefähr 10 m hinter der Widerlagerwand, also im Bereich der Schürze, der zweite Querriss war ca. 0.5...2 cm (lokal bis 9 cm) breit und befand sich zwischen dem Endriegel und dem Schleppplattenende. Etwa in der Fortsetzung dieser beiden Risse wurde über etwa die Hälfte der anderen Fahrspur ein weiterer Riss vorgefunden.

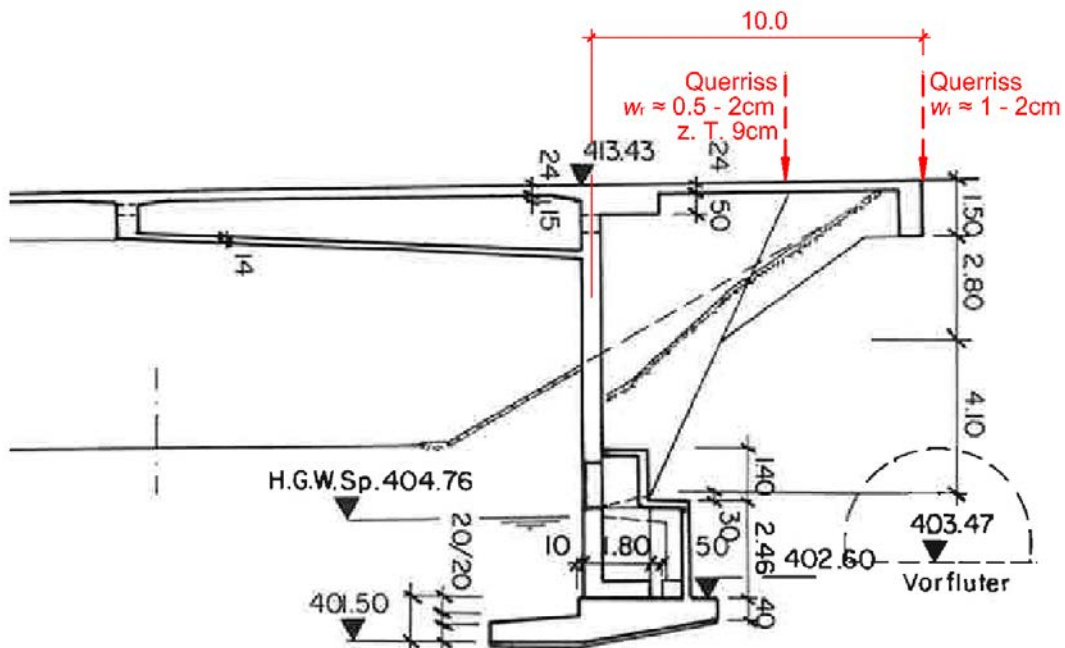


Abb. 20 Belagsschäden rechtes Brückenende N13 u 9. Überführung Anschluss Widnau, Diepoldsau

Anlässlich der Begehung herrschte viel Fahrzeugverkehr auf der Brücke, die ein relativ hohes Verkehrsaufkommen zu bewältigen hat. Der Fahrkomfort war trotz Belagsrissen nur wenig beeinträchtigt und vergleichbar mit demjenigen bei Brückenenden mit Fahrbahnübergängen.

Die Belagsrisse dürften mit den Horizontalverschiebungen der Brückenenden zusammenhängen, wobei konkrete Hypothesen über die Ursachen aufgrund der komplexen Geometrie sehr schwierig sind. Der schräge Riss im Bereich der Fahrbahnplatte könnte darauf hindeuten, dass Abdichtung und/oder Belag schwimmend sind (horizontale Relativverschiebungen zwischen Brückenplatte und Belag möglich).

Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

3.8 607_FR Räsch Wittenbach, Düringen

Die Überführung der Verbindungsstrasse Räsch-Wittenbach (Baujahr 1965) überquert die Autobahn N12 mit einer Gesamtlänge von rund 55 m. Es handelt sich um eine V-Stiel-Brücke mit einer Hauptspannweite auf der Basis von Fertigelementen nach der damaligen Typenlösung, von welcher auf dem Nationalstrassennetz zahlreiche weitere Bauwerke existieren. Beide Brückenenden sind gleich ausgebildet, jeweils mit einer kurzen Schleppplatte.

Anlässlich der Hauptinspektion 2004 wurde die Brücke in ZK 1 eingestuft, bei der Hauptinspektion 2009 weiterhin in ZK 1, maximal ZK 3. Es wurden Belagsschäden festgestellt, namentlich Unebenheiten bei beiden Brückenenden (leichte Absenkungen bei den Querrissen im Übergangsbereich) und schadhafte Belagsfugen am nördlichen Brückenrand (Seite Bern) bei beiden Brückenenden.

Bei unserer Begehung im Jahr 2014 wurden bei beiden Brückenenden nachträglich eingebrachte Belagsstreifen angetroffen. Beim linken Brückenende (Jura, Wittenbach) wurde im ca. 90 cm breiten Belagsstreifen ein grosser, ca. 1 cm breiter Querriss mit mehreren Abplatzungen sowie weiteren, kleineren Querrissen vorgefunden.

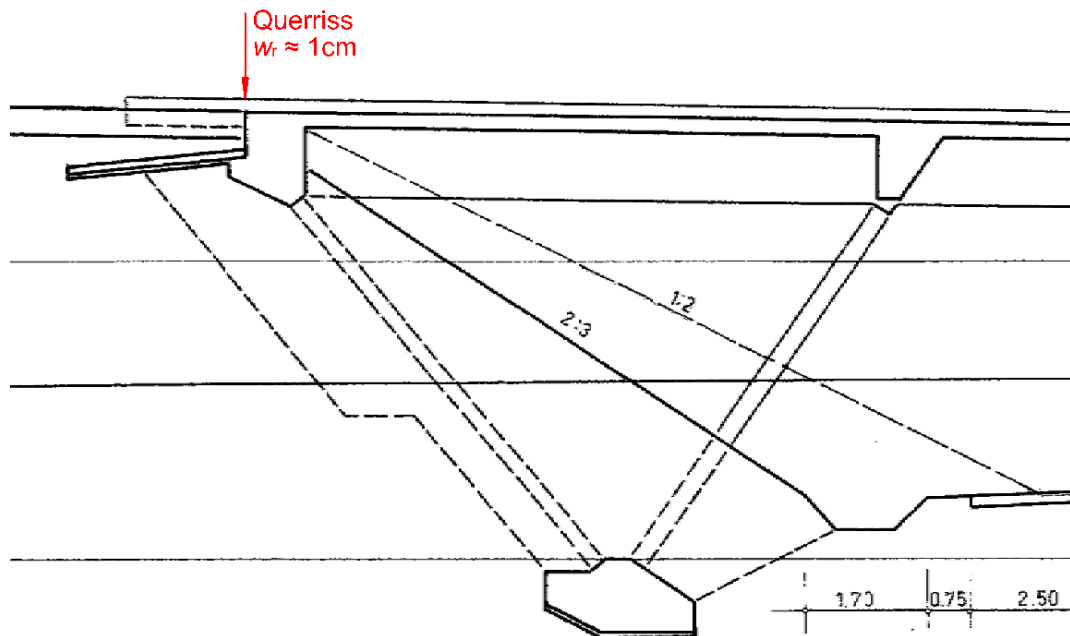


Abb. 21 Belagsschäden linkes Brückenende 607_FR Räsch Wittenbach, Düringen

Beim rechten Brückenende (Alpes, Räsch) wurde im ca. 1.20 m breiten Belagsstreifen ein grosser, ca. 2 cm breiter Querriss mit einem vertikalen Versatz von ca. 1 cm und mehreren Abplatzungen festgestellt.

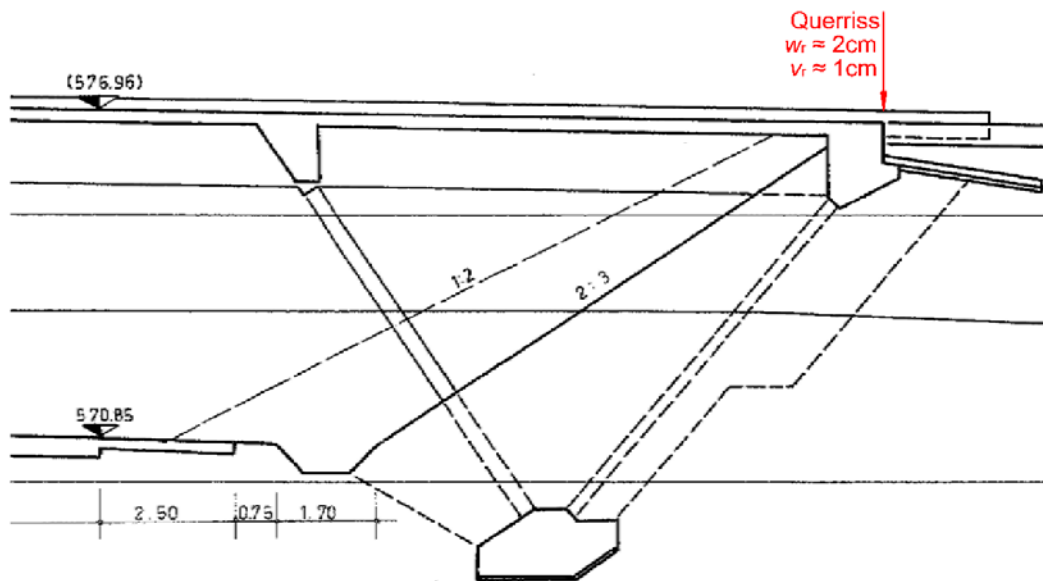


Abb. 22 Belagsschäden rechtes Brückenende 607_FR Räsch Wittenbach, Düdingen

Anlässlich der Begehung herrschte wenig Fahrzeugverkehr auf der Brücke, wobei jedoch auch einige LKW beobachtet werden konnten. Der Fahrkomfort war trotz Belagsrissen und Setzungen nur wenig beeinträchtigt und vergleichbar mit demjenigen bei Brückenenden mit Fahrbahnübergängen.

Die mutmasslich in kurzer Zeit entstandenen grossen Belagsrisse – und insbesondere der vertikale Versatz beim rechten Brückenende – sind mutmasslich nicht primär durch horizontale Verschiebungen verursacht worden, da sie nicht am Ende der Schleppplatte auftreten, sondern am Querträgerende. Dies deutet darauf hin, dass die vertikalen Verschiebungen der Brückenenden unter Nutzlasten und bei Temperaturänderungen kritisch zu beurteilen sind, auch wenn eine Schleppplatte angeordnet wird. Die bei der Belagssanierung nachträglich eingebrachten Belagsstreifen mit vorgesehenem Frässhchnitt (und eventuell Netzbewehrung) konnten die dabei auftretenden Belagsschäden nicht verhindern.

Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

Beim rechten Brückenende (Interlaken) wurde eine bezüglich der Brückenmitte fast symmetrische Situation angetroffen. Der vertikale Versatz wurde beim rechten Brückenende nicht festgestellt.

Anlässlich der Begehung herrschte reger Fahrzeugverkehr auf der Brücke. Der Fahrkomfort war trotz Belagsrissen und dem vertikalen Versatz nur wenig beeinträchtigt und schien besser zu sein als bei Brückenenden mit Fahrbahnübergängen.

Die Belagsrisse deutlich hinter den Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen – die an der vermuteten Schwachstelle bei horizontalen Bewegungen (Ende Fahrbahnplatte) angeordnet wurden – deuten darauf hin, dass die bei diesem Brückentyp auftretenden vertikalen Verschiebungen der Brückenenden unter Nutzlasten und insbesondere bei Temperaturänderungen bei integralen Brückenenden ähnlich kritisch zu beurteilen sind wie bei Fahrbahnübergängen. Die fehlende Schleppplatte dürfte hingegen aufgrund des Brückenalters (kaum mehr Setzungsdifferenzen seit der letzten Belagssanierung) kaum einen negativen Einfluss auf die Belagsschäden mehr haben.

Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

3.10 Vorderrheinbrücke Reichenau, Bonaduz (GR)

Die Vorderrheinbrücke Reichenau wurde im Jahr 1986 als Ersatz der bestehenden Vorderrheinbrücke ausgeführt. Das Bauwerk wurde bereits im Jahr 2005, im Rahmen der Bearbeitung des Forschungsprojektes AGB 2003/001 [2] besucht. Die im Grundriss gerade Brücke weist eine Gesamtlänge von 68 m auf. Der Überbau ist als zweifeldriger, längs vorgespannter Hohlkastenträger ausgebildet. Beide Brückenenden wurden auf den bestehenden Widerlagerwänden der früheren Brücke fundiert, ansonsten jedoch nach den Richtlinien des Kantons Graubünden semi-integral ausgebildet, ohne Fahrbahnübergänge, aber mit längsverschieblichen Lagern und Schleppplatten.

Bei dieser Brücke liegen uns keine Inspektionsberichte vor. Bei der Begehung im Jahr 2005 war beim rechten Brückenende (San Vittore, Bonaduz) ein praktisch über die ganze Fahrbahnbreite durchgehender, im Randbereich verfugter ca. 1 cm breiter Querriss vorhanden.

Bei unserer Begehung im Jahr 2014 wurden bei beiden Brückenenden, jeweils ca. 1.10 m vorlandseitig der Lagerachse, je ein Fahrbahnübergang aus Polymerbitumen (Thormajoint) angetroffen.

Beim linken Brückenende (Seite Reichenau, Chur) beginnt im Fahrbahnbereich rund 2.20 m vorlandseitig der Lagerachse (ca. 1 m nach dem Fahrbahnübergang aus Polymerbitumen) das Kopfsteinpflaster, ohne erkennbare Belagsschäden. Im Belag des Gehwegs war dagegen rund 3.70 m hinter der Lagerachse ein ca. 1 cm breiter Querriss vorhanden.

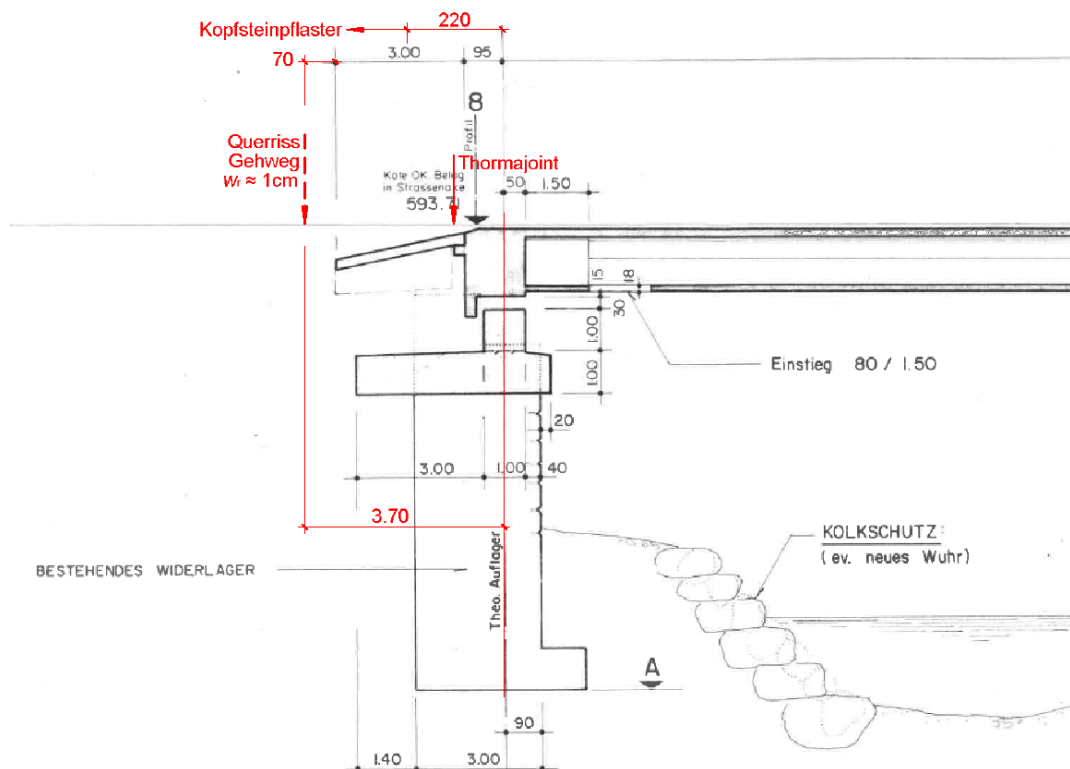


Abb. 24 Belagsschäden linkes Brückenende Vorderrheinbrücke Reichenau, Bonaduz (GR)

Beim rechten Brückenende liegt der Fahrbahnübergang aus Polymerbitumen vermutlich dort, wo 2005 der Querriss vorhanden war. Bei der Begehung 2014 wurde ein verfüllter ca. 5 mm breiter Querriss im Gehweg, in einem Abstand von ca. 4.5 m hinter der Lagerachse (also etwa im Bereich des Schleppplattenendes), sowie rund 5.15 m hinter der Lagerachse ein ca. 4 mm breiter Querriss in einer Fahrspur festgestellt.

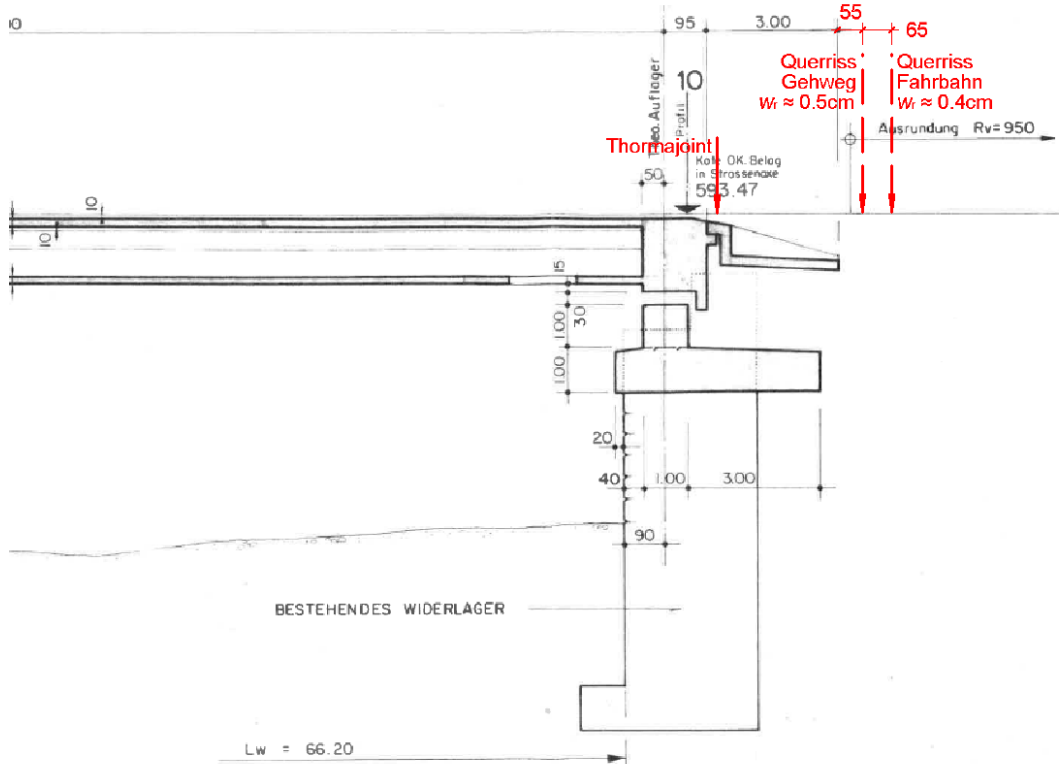


Abb. 25 Belagsschäden rechtes Brückenende Vorderrheinbrücke Reichenau, Bonaduz (GR)

Anlässlich der Begehung herrschte immer wieder Fahrzeugverkehr auf der Brücke, die ein geringes Verkehrsaufkommen zu bewältigen hat. Der Fahrkomfort war trotz Belagsrissen nur wenig beeinträchtigt und zumindest vergleichbar mit demjenigen bei Brückenenden mit Fahrbahnübergängen.

Die Belagsschäden stehen mutmasslich in direktem Zusammenhang mit den horizontalen Verschiebungen der Brückenenden.

Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

3.11 Bondascabrücke, Bregaglia (GR)

Die Bondascabrücke der Malojastrasse wurde im Jahr 1989 als Querung der Bondasca (nahe ihrer Einmündung in die Mera) realisiert. Die im Grundriss leicht gekrümmte Brücke weist eine Gesamtlänge von 70 m auf. Der Überbau ist als dreifeldriger, längs und quer vorgespannter Hohlkastenträger (in den Randfeldern zweistegiger Plattenbalken ohne untere Kastenplatte) ausgebildet. Beide Brückenenden wurden nach den Richtlinien des Kantons Graubünden semi-integral ausgebildet, ohne Fahrbahnübergänge, aber mit längsverschieblichen Lagern und Schleppplatten.

Anlässlich der Hauptinspektion 2011 wurde die Brücke in ZK 2 eingestuft. Der Belag wies bei beiden Brückenenden einen neuen Belagsstreifen auf, mit jeweils einem über die ganze Strassenbreite durchgehenden, ausgefugten Querriss, der seit der letzten Inspektion grösser geworden war. Beim Brückenende Silvaplana wurden kleine Vertikalarisse (bis 0.2 mm) unter der Fuge des Konsolkopfs festgestellt, und in den in das Widerlager integrierten Raum (kein Unterhaltsraum) trat Wasser ein. Beim Brückenende Castasegna wurden neue Rostflecken und Abplatzungen festgestellt, die bei der letzten Inspektion noch nicht vorhanden waren.

Bei unserer Begehung im Jahr 2014 wurde beim linken Brückenende (Silvaplana, Stampa) im nördlichen Fahrstreifen eine Belagseinsenkung auf eine Länge von ca. 3.80 m festgestellt. In einem Abstand von ca. 4.10 m vorlandseitig der Lagerachse waren ein durchgehender, ausgefugter Querriss sowie weitere Risse vorhanden, mit einer Breite von ca. 4 cm. Verschiedene Belagsetappen (längs und quer) deuten darauf hin, dass der Belag bereits mehrmals saniert wurde.

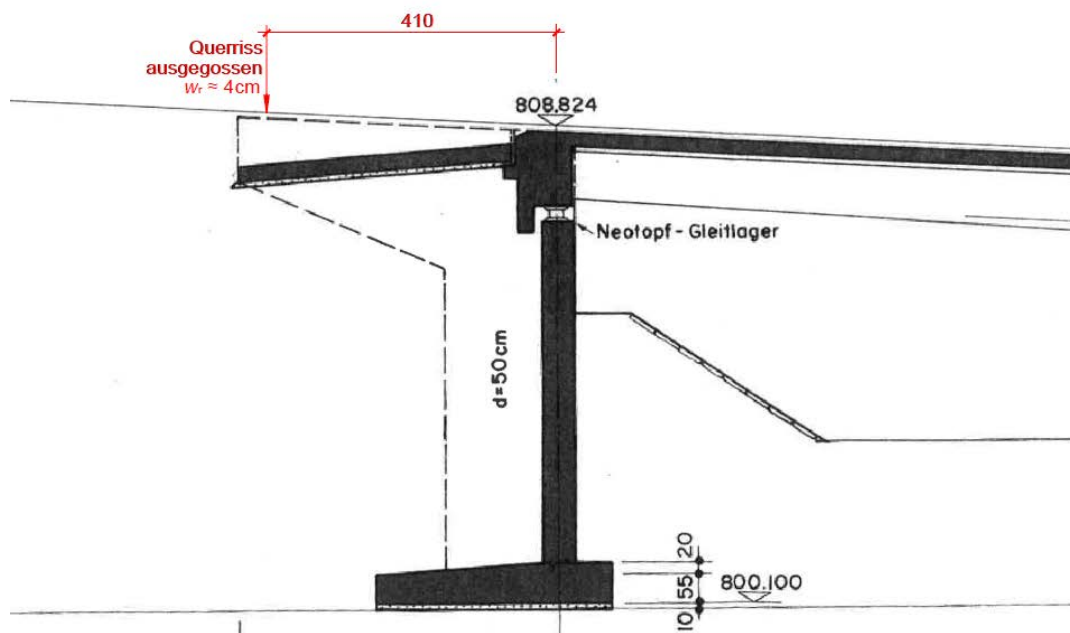


Abb. 26 Belagsschäden linkes Brückenende Bondascabrücke, Bregaglia (GR)

Beim rechten Brückenende (Castasegna) wurde ein ca. 1 cm breiter ausgefugter Querriss in einem Abstand von ca. 1.35 m vorlandseitig von der Lagerachse angetroffen, an gleicher Stelle wie die Belagsetappe der äusseren Fahrspuren. In der mittleren (Abbiege-) Fahrspur wurde ein ca. 2 cm breiter, 4.8 m langer Querriss (davon ca. 1.4 m ausgefugt) festgestellt, in einem Abstand von ca. 5 m hinter der Lagerachse (also im Bereich des Endes der Schleppplatte).

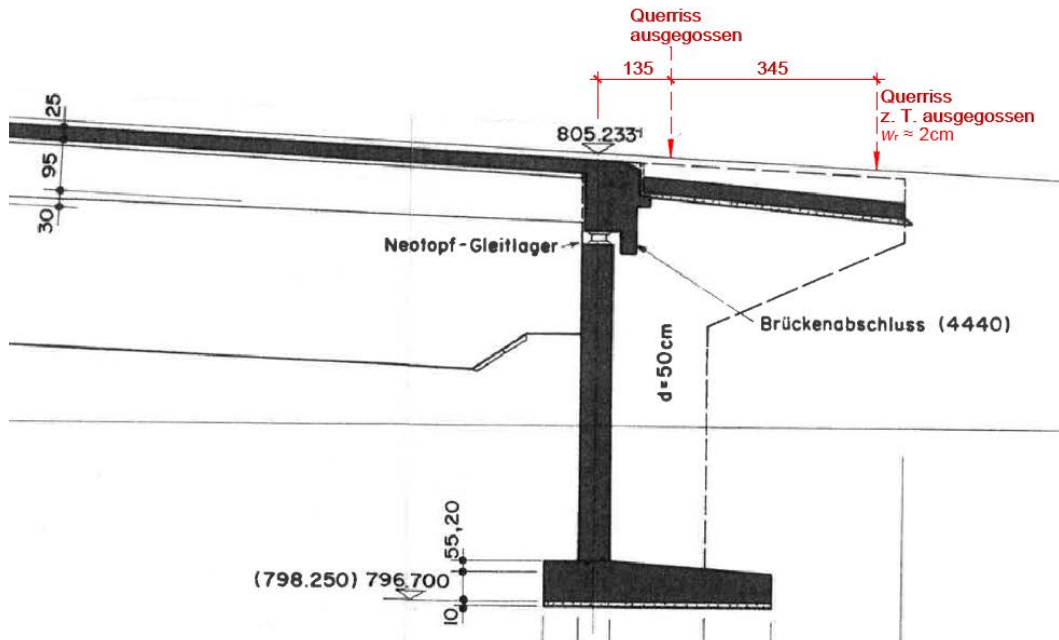


Abb. 27 Belagsschäden rechtes Brückenende Bondascabrücke, Bregaglia (GR)

Anlässlich der Begehung herrschte reger Fahrzeugverkehr auf der Brücke, die ein hohes Verkehrsaufkommen zu bewältigen hat. Der Fahrkomfort war trotz Belagsrissen kaum beeinträchtigt und besser als bei Brückenenden mit Fahrbahnübergängen.

Die Belagsschäden im Bereich der Brückenenden stehen mutmasslich in Zusammenhang mit den horizontalen Verschiebungen der Brückenenden, wobei auch Setzungen der Dammschüttung (insbesondere beim linken Brückenende) dazu beigetragen haben dürften.

Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

3.12 Vorderrheinbrücke, Cumpadials (GR)

Die Vorderrheinbrücke Cumpadials wurde im Jahr 1995 ausgeführt und wurde bereits im Jahr 2005, im Rahmen der Bearbeitung des Forschungsprojektes AGB 2003/001 [2] besucht. Die im Grundriss leicht gekrümmte, dreifeldrige Brücke weist eine Gesamtlänge von knapp 80 m auf. Der Überbau ist als längs vorgespannter, zweistegiger Plattenbalken (mit Druckplatte über den Stützen) ausgebildet. Beide Brückenenden wurden nach den Richtlinien des Kantons Graubünden semi-integral ausgebildet, ohne Fahrbahnübergänge, aber mit längsverschieblichen Lagern und Schleppplatten (letztere fehlen in der Bauwerksskizze, sind aber in den Widerlagerplänen angedeutet und im Planregister existiert ein separater Plan dafür).

Anlässlich der Hauptinspektion 2005 wurde die Brücke in ZK 1 eingestuft; neuere Angaben liegen nicht vor, da die Brücke seit ein paar Jahren nicht mehr dem Kanton GR gehört (neu Gemeinde Sumvitg).

Bei der Begehung im Jahr 2005 (19°C, sonnig) war beim linken Brückenende (Cumpadials) ein Fugenschnitt vorhanden, sowie ein praktisch über die ganze Fahrbahnbreite durchgehender, leicht gekrümmt verlaufender Querriss im Bereich des Schleppplattenendes, siehe Abb. 28. Die Beobachtungen im Jahr 2014 sind sehr ähnlich.



Abb. 28 Foto aus dem Jahre 2005 mit Belagsschäden linkes Brückenende Vorderrheinbrücke, Cumpadials (GR)

Bei unserer Begehung im Jahr 2014 war dieser Riss, der in einem Abstand von ca. 5 m hinter der Lagerachse (also im Bereich des Endes der Schleppplatte) verläuft, deutlich breiter (ca. 3-4 cm) und ausgegossen. Der Fugenschnitt, in einem Abstand von 1.1 m hinter der Lagerachse, war ca. 1.5 cm breit und teilweise ausgegossen, wobei sich neue, ca. 0.5 cm breite Risse eingestellt hatten. Vertikale Verschiebungen wurden keine festgestellt.

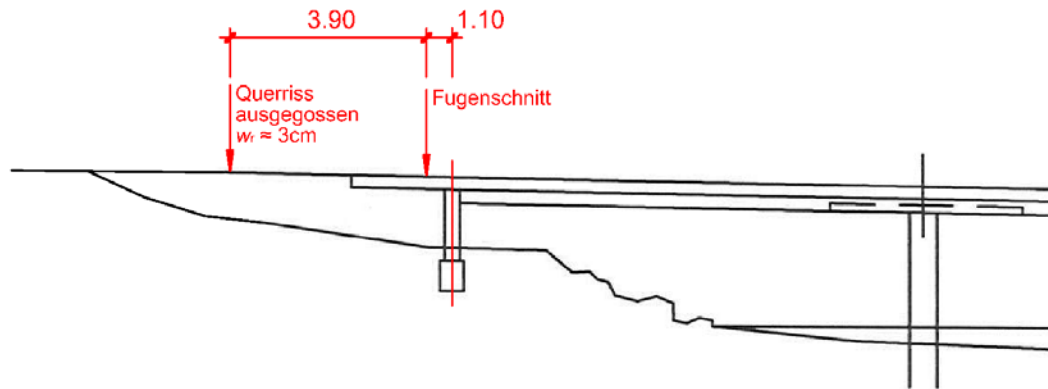


Abb. 29 Belagsschäden linkes Brückenende Vorderrheinbrücke, Cumpadials (GR)

Beim rechten Brückenende endet der Belag (Übergang zu Schotterstrasse); Deformationen waren hier keine erkennbar.

Anlässlich der Begehung herrschte sehr wenig Fahrzeugverkehr auf der Brücke. Der Fahrkomfort beim linken Brückenende war trotz Belagsrissen wenig beeinträchtigt und tendenziell besser als bei Brückenenden mit Fahrbahnübergängen.

Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

3.13 Punt Gelgia, Tinizong-Rona / Mulegns (GR)

Die Brücke Punt Gelgia der Julierstrasse wurde im Jahr 1997 realisiert. Die gerade Brücke weist eine Gesamtlänge von 80 m auf. Der Überbau ist als dreifeldriger und längs vorgespannter Hohlkastenträger ausgebildet, dessen Stützenquerträger quer vorgespannt sind. Beide Brückenenden wurden nach den Richtlinien des Kantons Graubünden semi-integral ausgebildet, ohne Fahrbahnübergänge, aber mit längsverschieblichen Lagern und Schleppplatten.

Anlässlich der Hauptinspektion 2010 des Kantons GR wurde die Brücke in ZK 1 eingestuft, was im Jahr 2012 revidiert wurde (ZK 2). Bei beiden Brückenenden wurden Belagsschäden festgestellt, mit jeweils zwei teilweise mit Bitumen verfüllten Querrissen. Die Lager zeigten Verkürzungen der Brücke um 25 mm (Seite Silvaplana) resp. 15 mm (Seite Chur) an. Bei der Hauptinspektion 2013 des ASTRA wurde die Brücke ebenfalls in ZK 2 eingestuft. Es wurden wiederum Belagsschäden bei beiden Brückenenden festgestellt, mit jeweils einem Querriss (Breite < 3 mm). Zudem wurden Verschiebungen der Randsteine im Übergang zur Dammschüttung festgestellt. Die Lager zeigten Ende Oktober 2013 Verkürzungen der Brücke um 25 mm (beide Lager Seite Silvaplana) resp. 15 und 10 mm (Lager Seite Chur) an.

Bei unserer Begehung im Jahr 2014 wurde bei beiden Brückenenden ein Belagersatz auf einer Länge von je 9 m angetroffen; dieser wurde vermutlich zwischen den Hauptinspektionen 2010 und 2013 ausgeführt.

Beim linken Brückenende (Rona, Chur) wurde ein Fugenschnitt in einem Abstand von 3.0 m vorlandseitig von der Widerlagerwand ausgeführt. In einem Abstand von 4.6 m vorlandseitig von der Widerlagerwand wurde ein Querriss über die Fahrbahn Richtung Mulegns und ein Haarriss in der anderen Fahrbahn festgestellt.

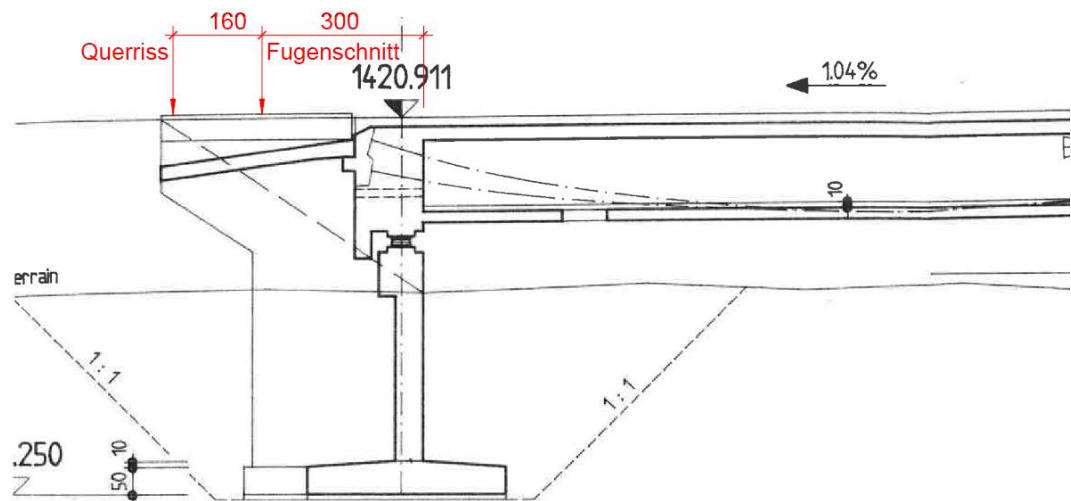


Abb. 30 Belagsschäden linkes Brückenende Punt Gelgia, Tinizong-Rona / Mulegns (GR)

Beim rechten Brückenende (Mulegns, Silvaplana) wurde ein Fugenschnitt mit einzelnen Rissen in einem Abstand von 1.9 m vorlandseitig von der Widerlagerwand ausgeführt. In einem Abstand von 4.4 m vorlandseitig von der Widerlagerwand wurde ein Querriss über die ganze Fahrbahnbreite festgestellt (Rissbreite 0.5-1.5 cm).

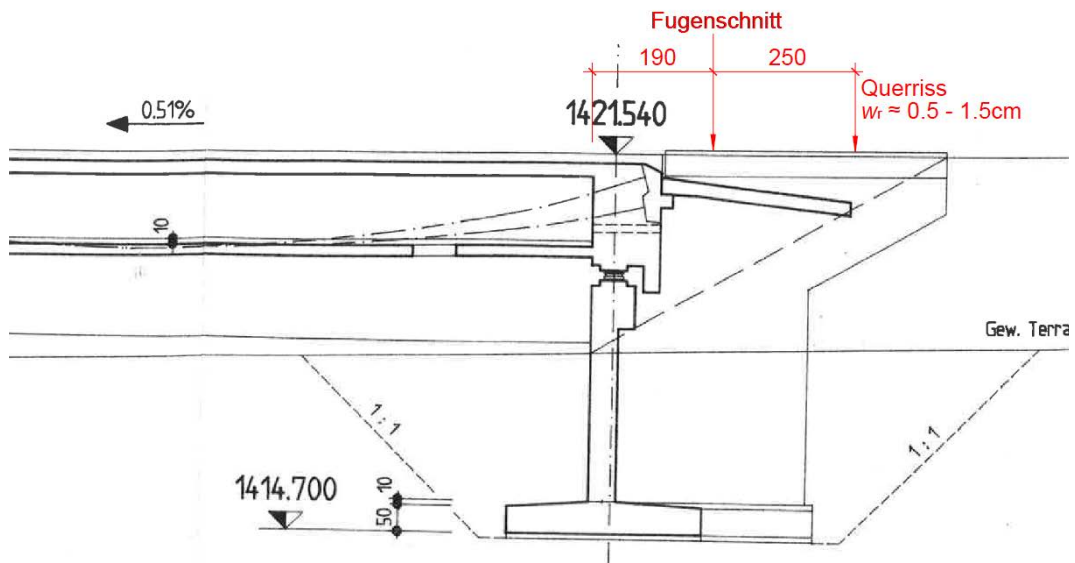


Abb. 31 Belagsschäden rechtes Brückenende Punt Gelgia, Tinizong-Rona / Mulegns (GR)

Anlässlich der Begehung (Wochenende) herrschte reger Fahrzeugverkehr auf der Brücke, die ein hohes Verkehrsaufkommen zu bewältigen hat. Der Fahrkomfort war trotz Belagsrissen nur wenig beeinträchtigt und eher besser als bei Brückenenden mit Fahrbahnübergängen.

Die Belagsschäden, welche im Bereich des Endes der Schleppplatten auftraten, wurden mutmasslich primär durch die horizontalen Verschiebungen der Brückenenden verursacht.

Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

3.14 49 00 03 Landwasserbrücke Solas, Filisur (GR)

Die Landwasserbrücke Solas der Albulastrasse im Bereich Surava-Filisur wurde im Jahr 1998 realisiert. Die insgesamt 83 m lange, dreifeldrige Hohlkastenbrücke ist im Grundriss gekrümmt. Die beiden Brückenenden wurden semi-integral (mit Lagern, aber ohne Fahrbahnübergänge) ausgebildet, wobei das rechte Brückenende (Seite Filisur) stark schief ist. Beim linken Brückenende (Seite Surava) wurde aufgrund von Belagsrissen nachträglich ein Fahrbahnübergang aus Polymerbitumen (Thormajoint) in der Flucht der der Dilatationen der Konsolköpfe (=Hinterkante Endquerträger) eingebaut.

Anlässlich der Hauptinspektion 2009 wurde die Brücke in ZK 2 eingestuft. Es wurden Belagsschäden bei beiden Brückenenden und Zwängungsrisse im Bauwerk (vertikale Risse von Oberkante Auflagerbank bis zum Terrain sowie im Anschluss Längs-Querträger) bemängelt. Bei den Belagsschäden wurde beim linken Brückenende ein breiter Belagsriss, mit Abriss vom Fahrbahnübergang aus Polymerbitumen, festgestellt. Beim rechten Brückenende wurden ein ca. 1.5 m langer Belagsriss am Ende der Flügelmauer, infolge von Setzungsdifferenzen im Bereich der Schleppplatte sowie verschiedene Risse im Übergangsbereich der Schleppplatte bemängelt, welche 2005 ausgetauscht wurden, jedoch wieder gerissen waren.

Bei unserer Begehung im Jahr 2014 wurden beim linken Brückenende (Surava, Alvaneu Bad) ein verfüllter Querriss neben dem Fahrbahnübergang aus Polymerbitumen (Breite 25 cm) sowie diverse weitere Längs- und Netzzrisse insbesondere auch auf der Brücke (Fahrbahn Richtung Filisur) festgestellt.

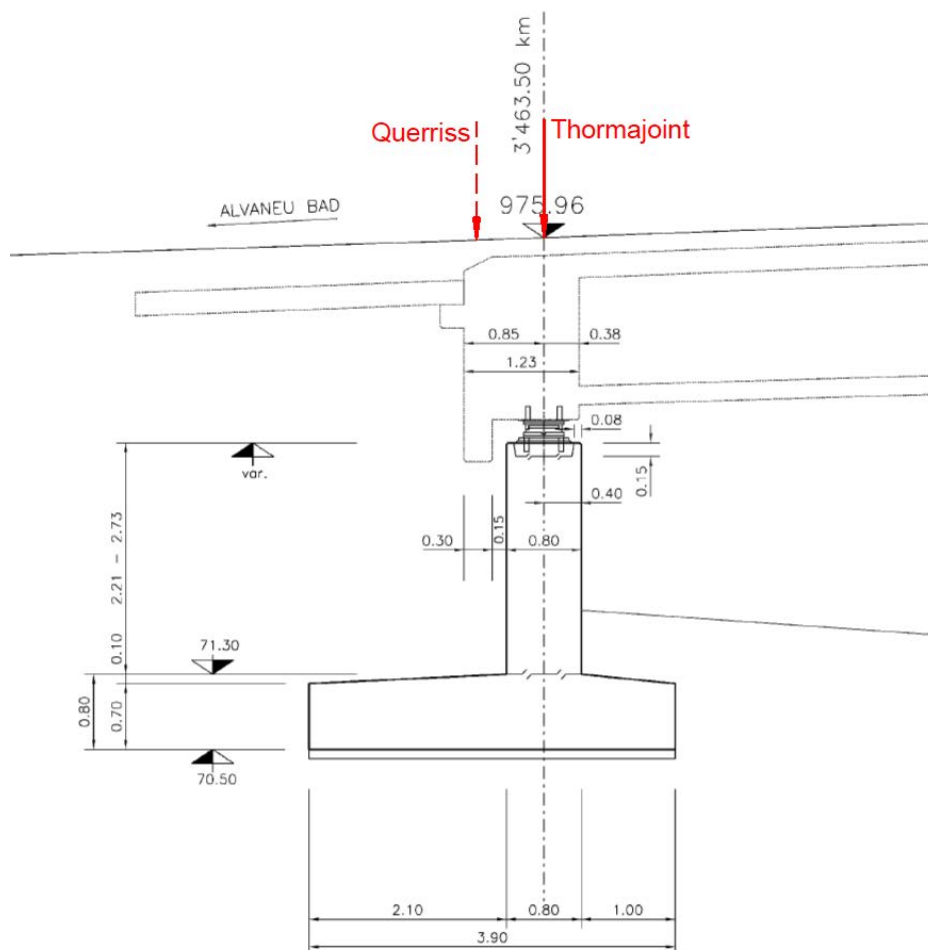


Abb. 32 Belagsschäden linkes Brückenende 49 00 03 Landwasserbrücke Solas, Filisur (GR)

Beim rechten Brückenende (La Punt, Filisur) wurden verschiedene, verfüllte und neue Querrisse und ein Längsriss im Schleppplattenbereich der Fahrbahn Richtung Surava festgestellt, sowie ein verfüllter, über beide Fahrbahnen durchgehender Querriss (ausgehend etwa vom Schleppplattenende am östlichen Fahrbahnrand schief bis zur Brückenachse und von dort etwa senkrecht zu dieser bis zur Dilatation der Konsolköpfe am westlichen Brückenrand).

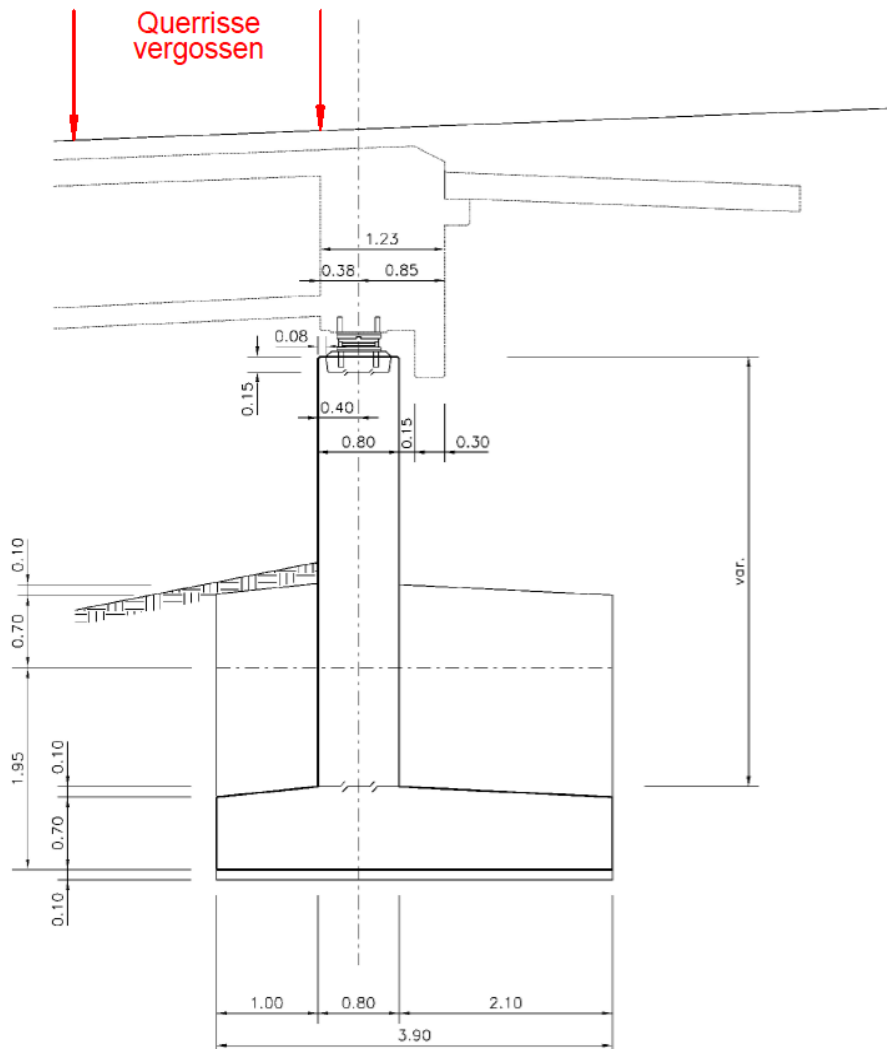


Abb. 33 Belagsschäden rechtes Brückenende 49 00 03 Landwasserbrücke Solas, Filisur (GR)

Anlässlich der Begehung herrschte wenig Fahrzeugverkehr auf der Brücke. Der Fahrkomfort war trotz Belagsschäden kaum beeinträchtigt und zumindest vergleichbar mit demjenigen bei Brückenenden mit Fahrbahnübergängen.

Konkrete Aussagen über die Ursachen der Belagsschäden sind aufgrund der komplexen Verhältnisse und Rissmuster sehr schwierig, wobei horizontale Verschiebungen der Brückenenden sicherlich ihren Beitrag dazu geleistet haben. Die Belagsrisse im Bereich der Brückenplatte deuten jedoch auch auf ein grundsätzliches (Struktur-)Problem des Belags hin.

Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

3.15 Marchobelbrücke, Klosters-Serneus (GR)

Die Marchobelbrücke wurde im Jahr 2005 als Bestandteil der Umfahrung Saas (Nationalstrasse A28) realisiert und im Jahr 2011 in Betrieb genommen. Die im Grundriss leicht gekrümmte Brücke ist insgesamt rund 86 m lang. Der dreifeldrige Überbau ist als längs vorgespannter, zweistegiger Plattenbalken ausgebildet. Beide Brückenenden wurden auf Schächten fundiert und grundsätzlich nach den Richtlinien des Kantons Graubünden semi-integral ausgebildet, ohne Fahrbahnübergänge, aber mit längsverschieblichen Lagern und Schleppplatten. Bei diesem Bauwerk wurde noch keine Inspektion durchgeführt. Bei unserer Begehung im Jahr 2014 wurden weder beim rechten Brückenende (Klosters, Pagrüg) noch beim linken Brückenende (Landquart) Belagsrisse festgestellt. Lediglich etwa in der Brückenmitte war ein Querriss in beiden Fahrspuren vorhanden.

Anlässlich der Begehung herrschte intensiver Fahrzeugverkehr auf der Brücke, die ein hohes Verkehrsaufkommen zu bewältigen hat. Der Fahrkomfort war einwandfrei und viel besser als bei Brückenenden mit Fahrbahnübergängen.

Dass bei dieser Brücke – anders als bei den in Kapiteln 3.10 bis Kapitel 3.13 beschriebenen, vergleichbar langen Bauwerken, welche sehr ähnliche Brückenenden aufweisen – zumindest bisher praktisch keine Belagsschäden eingetreten sind, dürfte primär dadurch begründet sein, dass die Brücke erst rund sechs Jahre nach ihrer Fertigstellung in Betrieb genommen wurde. In der Zwischenzeit – während der die Brücke der Erschliessung der Baustelle Saasertunnel diente – konnten die Langzeitverformungen des Brückenüberbaus auftreten, ohne Belagsschäden zu verursachen, und auch die Setzungen der (relativ hohen) Hinterfüllungen dürften sich zu einem grossen Teil bereits eingestellt haben.

Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

3.16 Rhonebrücke Bramois, Sion (VS)

Die Rhonebrücke Bramois wurde im Jahr 1972 ausgeführt. Die Balkenbrücke mit veränderlicher Trägerhöhe weist eine Gesamtlänge von 90 m auf. Beide Brückenenden sind semi-integral ausgebildet, ohne Fahrbahnübergänge, aber mit Lagern und kurzen Schleppplatten. Aufgrund der relativ kurzen Randfelder sind die Reaktionen bei den Brückenenden negativ, so dass die Lager mit vertikalen Ankern vorgespannt wurden.

Beim Bau der Brücke wurde das Mittelfeld irrtümlich ausgeschalt, bevor die Brückenenden Zugkräfte aufnehmen konnten. Dadurch senkte sich die Brücke in Feldmitte um rund 20 cm. Im Jahr 1994 wurde das Mittelfeld um 33 cm angehoben, indem die Lager bei den Stützen durch neue, 15 cm höhere Kipplager ersetzt und eine zusätzliche Längsvorspannung vorgesehen wurde. Im Zuge dieser Arbeiten wurde auch der Belag erneuert, wobei eine Belagsarmierung eingebaut wurde.

Bei dieser Brücke liegen uns keine Inspektionsberichte vor. Bei unserer Begehung im Jahr 2014 wurde beim linken Brückenende (Bramois), rund 3.5 m hinter der Lagerachse (50 cm hinter dem Schleppplattenende) ein ca. 2 cm breiter Belagssriss festgestellt, der über beide Fahrbahnen und einen Gehweg durchlief. Im anderen Gehweg war ein 4-10 cm breiter Querriss in grösserem Abstand vom Brückenende vorhanden.

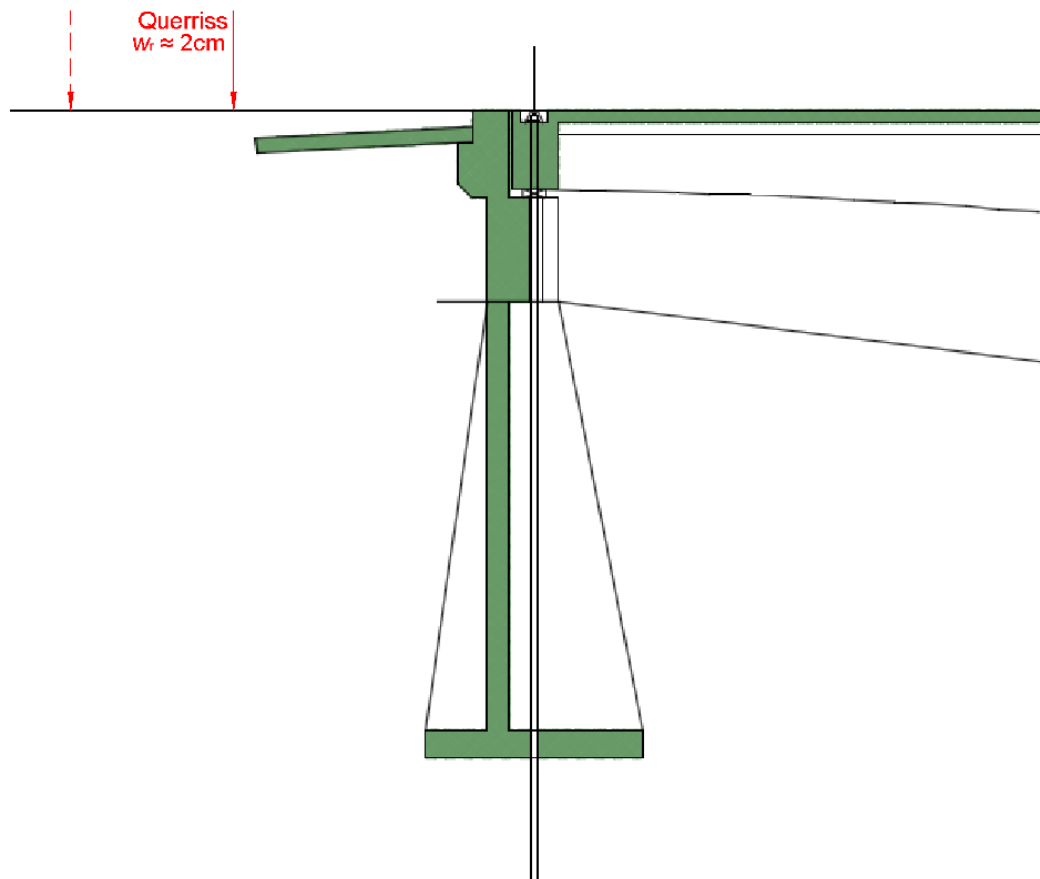


Abb. 34 Belagsschäden linkes Brückenende Rhonebrücke Bramois, Sion (VS)

Beim rechten Brückenende (St. Leonard) wurde in einem Abstand von ca. 3.6 m vorlandseitig der Widerlagerwand (60 cm vorlandseitig des Schleppplattenendes) ein ca. 5 cm breiter Querriss festgestellt, mit einem zweiten Riss in einem Abstand von ca. 2.8 m in einer Fahrspur (ca. am Ende der Belagsarmierung).

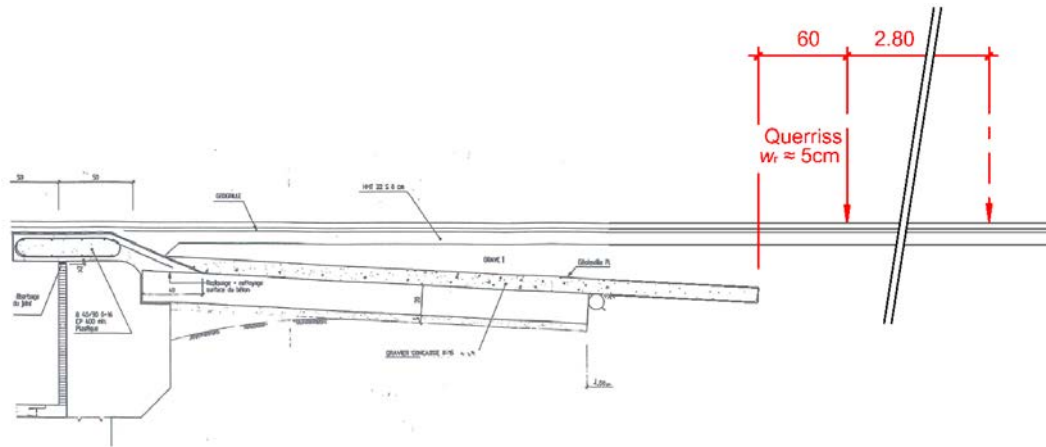


Abb. 35 Belagsschäden rechtes Brückenende Rhonebrücke Bramois, Sion (VS)

Anlässlich der Begehung herrschte wenig Fahrzeugverkehr auf der Brücke. Der Fahrkomfort war trotz Belagsrissen nur wenig beeinträchtigt und besser als mit demjenigen bei Brückenenden mit Fahrbahnübergängen.

Da bei dieser Brücke keine nennenswerte vertikalen Versätze der Belagsrisse auftraten und die Brückenenden auch praktisch keine Vertikalverschiebungen infolge Nutzlasten oder Temperaturänderungen erfahren, dürften die Belagsrisse primär durch die horizontalen Verschiebungen der Brückenenden verursacht worden sein.

Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

3.17 Rhonebrücke Aproz, Sion (VS)

Die Rhonebrücke Aproz wurde im Jahr 1948 ausgeführt. Die schlaff bewehrte, dreifeldrige Balkenbrücke mit veränderlicher Trägerhöhe wurde wie die Rhonebrücke Noes (siehe folgendes Kapitel 3.18) vom bekannten Ingenieur A. Sarrasin projektiert. Sie weist eine Gesamtlänge von 99 m und eine damals beachtliche Hauptspannweite von 52 m auf. Beide Brückenenden sind semi-integral ausgebildet, mit Rollenlagern, aber ohne Fahrbahnübergänge. Die Auskragung über die Lagerachsen ist kleiner als bei der Rhonebrücke Noes, dafür wurde hinter der Widerlagerwand eine Art Schürze ausgeführt. Ursprünglich waren auch bei dieser Brücke keine Schleppplatten vorhanden, diese wurden bei der Instandsetzung 1993, bei welcher auch eine Abdichtung vorgesehen wurde, nachträglich erstellt. Zwischen 2012 und 2013 wurde die Brücke einseitig leicht verbreitert und auf der anderen Seite (Brückenrand Martigny) ein Gehweg (Passerelle) angehängt. Im Zuge dieser Arbeiten wurde auch der Belag erneuert.

Bei dieser Brücke liegen uns keine Inspektionsberichte vor. Bei unserer Begehung im Jahr 2014 wurde beim linken Brückenende (Pont de la Morge) kaum Belagsrisse angetroffen, aber Werkleitungen.

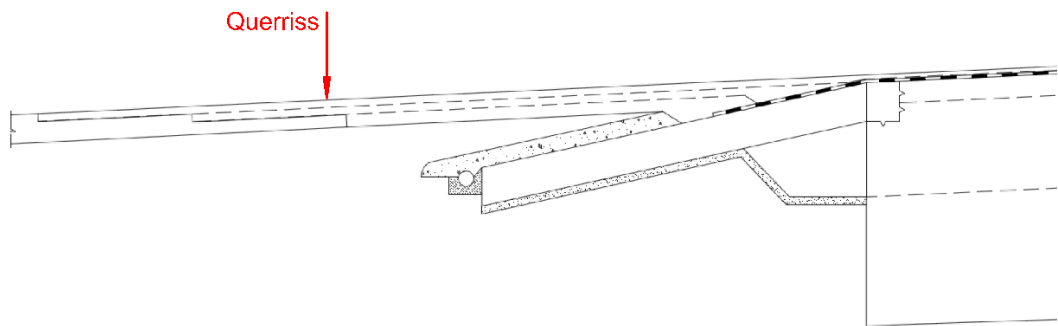


Abb. 36 Belagsschäden linkes Brückenende Rhonebrücke Aproz, Sion (VS)

Beim rechten Brückenende (Aproz) wurde ein kleiner, ca. 1 m langer Belagsriss in einem Abstand von ca. 4.30 m hinter der Lagerachse festgestellt (bereits im Aufweitungsbereich, mit Werkleitungen dahinter).

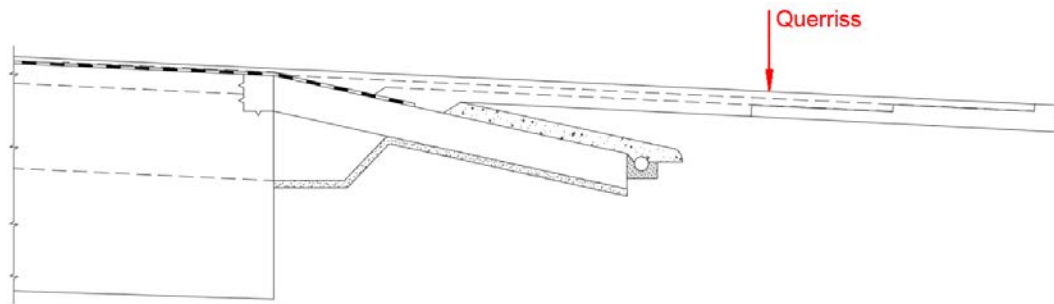


Abb. 37 Belagsschäden rechtes Brückenende Rhonebrücke Aproz, Sion (VS)

Anlässlich der Begehung herrschte reger Fahrzeugverkehr, mit vielen LKW, auf der Brücke. Der Fahrkomfort war trotz Belagsrissen und Setzungen kaum beeinträchtigt und zumindest vergleichbar mit demjenigen bei Brückenenden mit Fahrbahnübergängen.

Die für die vorliegende Brückenlänge bemerkenswert geringen Belagsschäden dürften primär durch die horizontalen Verschiebungen der Brückenenden verursacht worden sein.

Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

3.18 Rhonebrücke Noes, Sierre (VS)

Die Rhonebrücke Noes wurde im Jahr 1949 als Verbindung zwischen Noes und Chalais realisiert. Die dreifeldrige, vom bekannten Ingenieur A. Sarrasin projektierte schlaff bewehrte Balkenbrücke mit veränderlicher Trägerhöhe weist eine Gesamtlänge von rund 101 m auf. Beide Brückenenden sind semi-integral ausgebildet, mit Rollenlagern und einer Auskragung von 3.75 m über die Lagerachse, aber ohne Fahrbahnübergänge. Ursprünglich waren auch keine Schleppplatten vorhanden, diese wurden bei der Instandsetzung 1993, bei welcher auch eine Abdichtung vorgesehen wurde, nachträglich erstellt.

Bei dieser Brücke liegen uns keine Inspektionsberichte vor. Bei unserer Begehung im Jahr 2014 wurde beim linken Brückenende (Seite Noes) Risse im Bereich des Endes der Schleppplatte angetroffen, mit Rissbreiten von 2-4 cm und kleinem Vertikalversatz. Unmittelbar dahinter liegt der Übergang zur angrenzenden Brücke über die Autobahn.

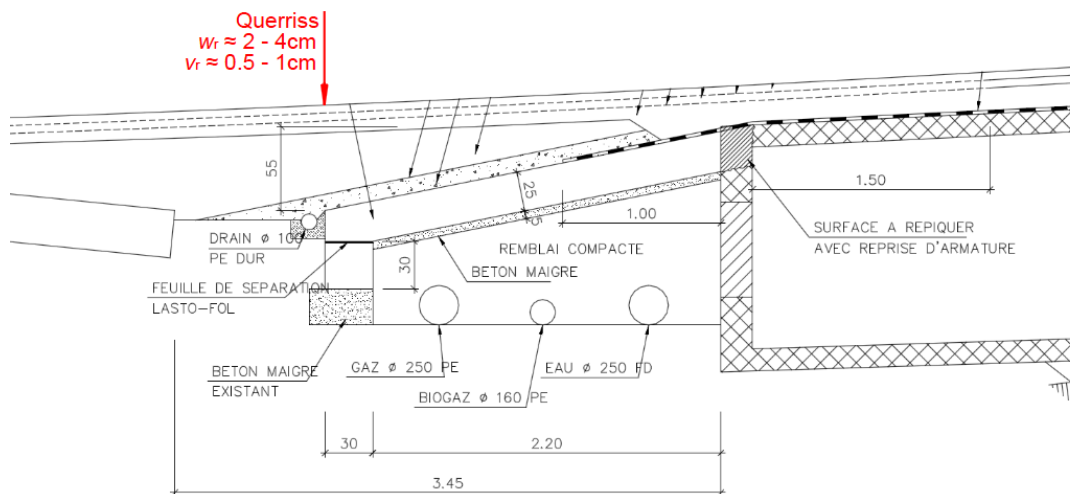


Abb. 38 Belagsschäden linkes Brückenende Rhonebrücke Noes, Sierre (VS)

Beim rechten Brückenende (Seite Chalais) wurde ein ca. 3 cm breiter Querriss mit einem vertikalen Versatz von ca. 4 cm vorgefunden, der ziemlich genau am Ende der Schleppplatte verläuft (6 m hinter Lagerachse). In einem Abstand von ca. einem Meter von der Schleppplatte vorlandseitig war ein zweiter, kleinerer Querriss vorhanden, hinter welchem mutmasslich eine Werkleitung neu verlegt wurde, mit einem Schacht im Brückenendbereich.

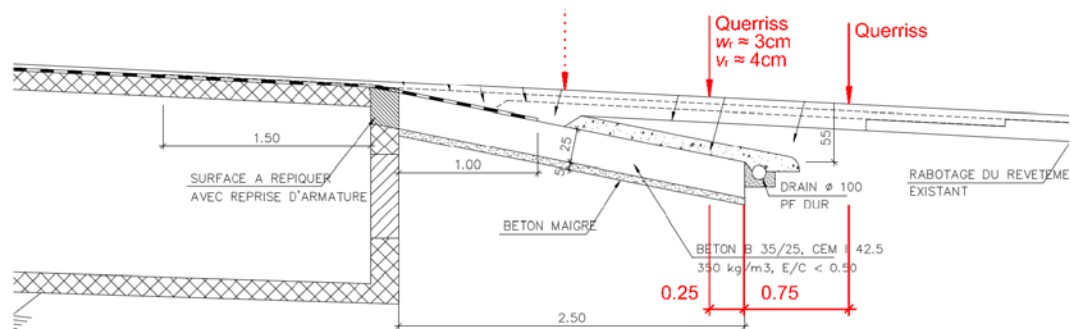


Abb. 39 Belagsschäden rechtes Brückenende Rhonebrücke Noes, Sierre (VS)

Anlässlich der Begehung herrschte wenig Fahrzeugverkehr auf der Brücke. Der Fahrkomfort war trotz Belagsrissen und Setzungen nur wenig beeinträchtigt und zumindest vergleichbar mit demjenigen bei Brückenenden mit Fahrbahnübergängen.

Die Belagsrisse im Bereich der Enden der Schleppplatten, und insbesondere die vertikalen Versätze, wurden mutmasslich primär durch Setzungen verursacht, welche nach der Instandsetzung 1993 eintraten (Aushub für Erstellung der Schleppplatten). Beim rechten Brückenende wird zusätzlich ein Einfluss des Werkleitungsbaus vermutet.

Erwähnenswert ist der bei der Instandsetzung 1993 festgestellte, gute Zustand der Brücke, welche früher ein wesentlich grösseres Verkehrsaufkommen zu bewältigen hatte. Dies betrifft nicht nur das Fehlen von Schäden durch eindringendes Tausalz dank der integralen Ausbildung. Selbst die stark exponierten, feingliedrigen Betongeländer (Pfosten mit Querschnitt von ca. 15x15 cm) waren nur wenig geschädigt. Eine mögliche Erklärung ist, dass A. Sarrasin einen Beton mit Zugabe von hydraulischem Kalk verwendete (was jedoch lediglich eine Hypothese ist; bei anderen Bauwerken wird hydraulischer Kalk für eine erhöhte Frostopfindlichkeit verantwortlich gemacht).

Für weiterführende Angaben wird auf Anhang I (Bauwerksdaten) und Anhang II (Katasterplan, Planausschnitte Brückenenden, Übersichts- und Detailfotos) verwiesen.

4 Resultate

4.1 Beobachtete Schäden

Aufgrund der bei den untersuchten Bauwerken angetroffenen Belagsschäden lassen sich zwar kaum allgemeine Aussagen machen, da einerseits der Umfang der Stichprobe begrenzt ist und andererseits die Brückenenden zu unterschiedlich ausgebildet sind. Zudem sind einige vermutlich relevante Aspekte, insbesondere die Bauausführung und die durchgeführten Unterhaltsmassnahmen, nur teilweise bekannt.

Es kann aber sicherlich festgehalten werden, dass bei langen integralen und semi-integralen Brücken, welche nach dem heutigen Stand der Technik ausgeführt werden, grundsätzlich mit Belagsrissen zu rechnen ist. Lediglich bei einer Brücke (Marchtobelbrücke) waren keine Belagsrisse aufgetreten.

Ebenso kann festgehalten werden, dass die meisten Belagsschäden direkt beim Brückenende (insbesondere wenn keine oder eine tief liegende Schleppplatte angeordnet wird) und/oder am Ende der Schleppplatte auftreten. Bei den Bauwerken, welche systembedingt vertikale Verschiebungen der Brückenenden unter Nutzlasten oder Temperatureinwirkungen aufweisen, sowie bei Bauwerken ohne Schleppplatte in Dammschüttungen, wurden in den Belagsrissen vertikale Absätze festgestellt. Dies ist insofern relevant, als bei hohem Schwerverkehrsaufkommen insbesondere bei Belagsrissen mit Vertikalversatz mit progressiven Belagsschäden zu rechnen ist, wenn die Schäden nicht innert nützlicher Frist behoben werden.

Solange keine vertikalen Absätze in den Belagsrissen vorhanden sind, wird der Fahrkomfort zumindest bei den untersuchten Brücken durch Belagsrisse nicht merkbar beeinträchtigt. Vertikalversätze wurden bei Brückenenden beobachtet, welche trotz grosser zu erwartender Setzungsdifferenzen zwischen Brückenende und Strassenkörper ohne Schleppplatte ausgeführt wurden (Kapitel 3.9 Budelbachbrücke, Kapitel 3.3 Simmenbrücke Burgholz, Kapitel 3.4 Überführung Grienstrasse, Kapitel 3.5 Überführung Hundshübeli). Setzungsdifferenzen dürften auch für den Vertikalversatz am Ende der (zu) kurzen Schleppplatte der Überführung Eichholzstrasse (Kapitel 3.2) verantwortlich sein. Bei der Budelbachbrücke (Kapitel 3.9) und der Überführung der Verbindungsstrasse Räsch-Wittenbach (Kapitel 3.8) sind die vertikalen Versätze hingegen vermutlich auch durch die bei V-Stiel-Brücken systembedingt auftretenden vertikalen Verschiebungen der Brückenenden mitverursacht worden.

4.2 Potentielle Schadensursachen

Insgesamt kann aus den untersuchten Bauwerken (siehe Abb. 40) eine gewisse Korrelation zwischen der Brückenlänge und der Breite der beobachteten Belagsrisse festgestellt werden, mit Ausnahme der verhältnismässig langen Brücke Marchtobel (Kapitel 3.15), welche keine Belagsrisse aufwies. Diese Beobachtungen stützen die in der Richtlinie [1] gemachte Hypothese, dass die Horizontalverschiebungen der Brückenenden die relevante Ursache für Belagsrisse sind und ihre Grösse damit der massgebende Parameter für die Zulässigkeit einer integralen Ausbildung des Brückenendes ist. Die Horizontalverschiebungen korrelieren ja grundsätzlich mit der Brückenlänge, sind jedoch im Fall der Marchtobelbrücke deutlich kleiner, da die Langzeitverformungen beim Belagseinbau praktisch abgeklungen waren.

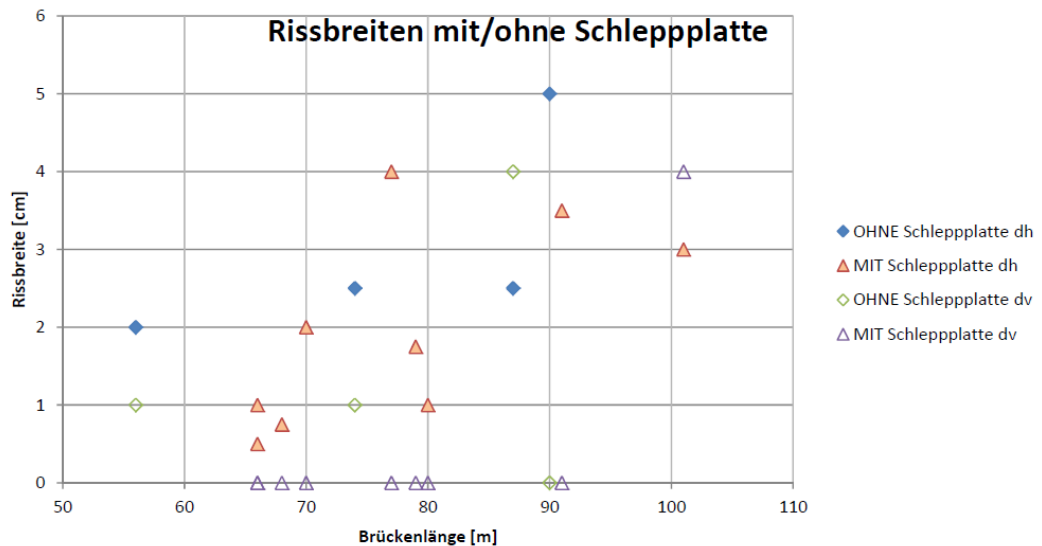


Abb. 40: Rissbreite in Funktion der Brückenlänge

Die Mehrzahl der Belagsrisse bei Brückenenden mit Schleppplatten, welche mutmasslich primär durch horizontale Verschiebungen verursacht wurden, trat unmittelbar beim Brückenende (Anfang der Schleppplatte) oder aber am Ende der Schleppplatte auf. Da keine Instrumentierung vorhanden ist, können über die Ursachen nur Vermutungen angestellt werden.

Eine mögliche Erklärung (siehe dazu auch [3] und [4]) ist die Interaktion des Strassenkoffers mit der Schleppplatte, siehe Abb. 41. Entweder gleitet der Strassenkoffer auf der (glatten) Schleppplatte, so dass sich der Belagsriss bei der Unstetigkeitsstelle im Übergang zur Brücke ausbildet, oder der Strassenkoffer macht die Verschiebungen der (rauen) Schleppplatte mit, so dass der Belagsriss an der Unstetigkeitsstelle am Schleppplattenende auftritt. Kein Belagsriss entsteht, wenn der Koffer die differentiellen Verschiebungen ausgleichen kann. Die Lokalisierung der Verformungen in einzelnen Belagsrissen an den Unstetigkeitsstellen wird dadurch begünstigt, dass die maximalen Verkürzungen der Brücken – und damit die grösste Zugdehnung des Belags – im Winter auftreten, die Zähigkeit (Bruchdehnung) des Belags bei tiefen Temperaturen jedoch um Grössenordnungen geringer ist als im Sommer.

Grundsätzlich kann nicht gesagt werden, welcher Fall wahrscheinlicher ist, sofern keine Angaben über die Oberflächenbeschaffenheit der Schleppplatte vorliegen. Bei den semi-integralen Brücken, welche nach den Richtlinien des Kantons GR ausgeführt wurden, scheint jedoch ein Belagsriss am Anfang der Schleppplatte plausibler, da der Belag im Bereich der Schleppplatte über die Randfugen einen gewissen Verbund mit den Flügelmauern resp. Konsolköpfen aufweist, die von den Verschiebungen des Brückenendes durch die semi-integrale Ausbildung vollständig entkoppelt sind (längsverschiebbliche Lager), also die Verschiebungen nicht mitmachen und damit auch den Belag daran hindern, sich mit dem Brückenende zu bewegen. Dies deckt sich mit der Tatsache, dass bei diesen Brückentypen oft ein Frässchnitt am Anfang der Schleppplatte ausgeführt oder ein Fahrbahnübergang aus Polymerbitumen an dieser Stelle eingebaut wurde. Mit Ausnahme der Belagsrissfreien Marchtobelbrücke (Kapitel 3.15) traten jedoch bei allen untersuchten semi-integralen Brücken, die nach den Richtlinien des Kantons GR ausgeführt wurden (3.12 Vorderrheinbrücke Cumpadials, 3.13 Punt Gelgia, 3.11 Bondascabrücke, 3.10 Vorderrheinbrücke Reichenau) Belagsrisse sowohl am Anfang als auch am Ende der Schleppplatte auf. Es scheint daher, dass die oben beschriebenen Phänomene bei grösseren Relativverschiebungen auch kombiniert auftreten.

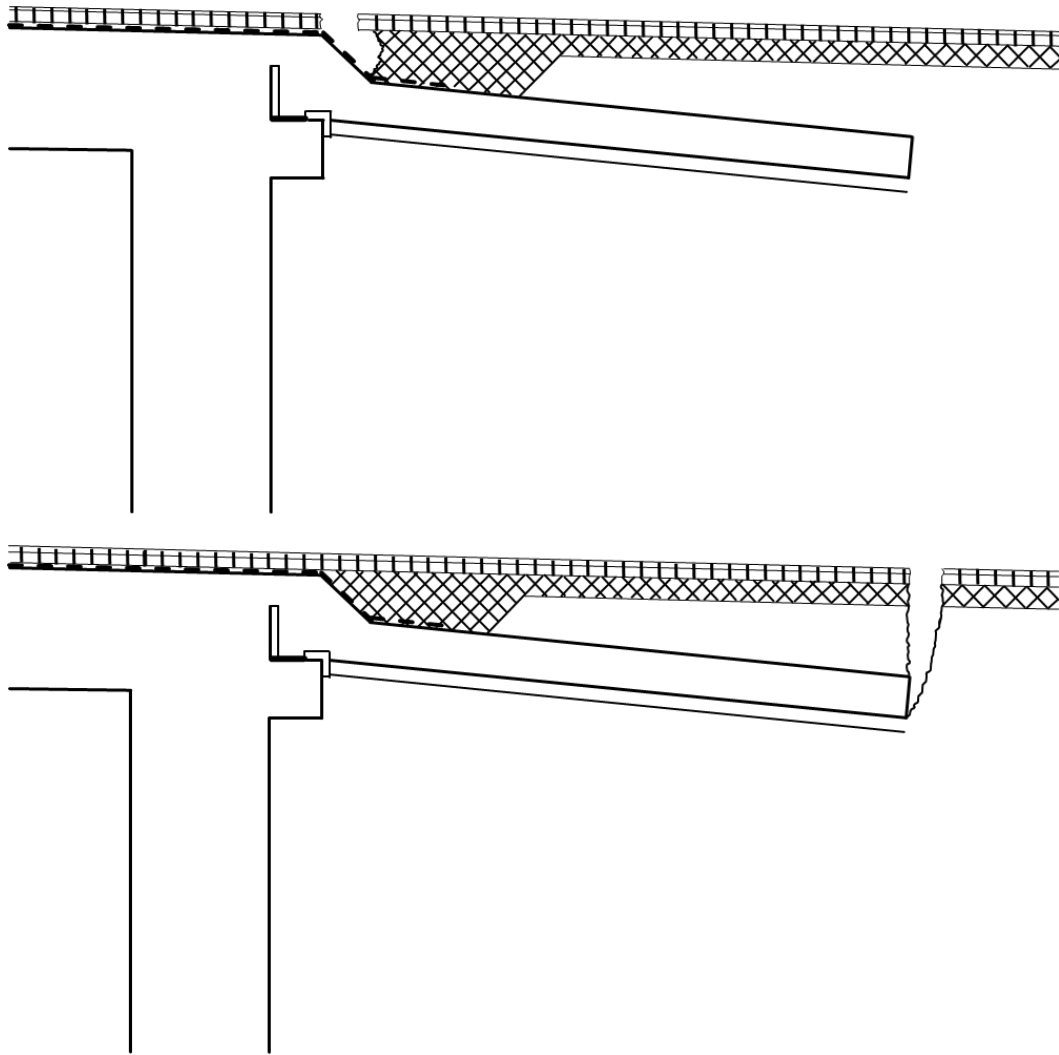


Abb. 41: Mögliche Schadenmechanismen (Lokalisierung von Belagsrissen an Unstetigkeitsstellen)

Belagsrisse beim Brückenende könnten grundsätzlich auch dadurch verursacht werden, dass sich die Schleppplatte (infolge zu schwacher Verbindung) gegenüber dem Brückenende verschiebt [4]. Dies scheint bei den Brücken, die nach den Richtlinien des Kantons GR ausgeführt wurden, wenig wahrscheinlich, wäre hingegen bei einer über (zu schwach dimensionierte) vertikale Dübel mit dem Brückenende verbundenen Schleppplatte durchaus denkbar.

Neben den horizontalen Relativverschiebungen zwischen Brückenende und Strassenkörper sind Setzungsdifferenzen eine wichtige Ursache für viele der beobachteten Belagsrisse. Mit einer Schleppplatte, welche gemäss Richtlinie [1] bei Hochleistungsstrassen grundsätzlich immer vorzusehen ist, können setzungsbedingte Belagsrisse, welche in der Regel mit vertikalen Absätzen einhergehen und dadurch den Fahrkomfort beeinträchtigen, vermieden werden.

Sehr nachteilig können sich Schächte und Werkleitungsbauten im Bereich der Brückenenden auswirken, wie die Beispiele der Simmenbrücke Burgholz (Kapitel 3.3) und der Rhonebrücke Noes (Kapitel 3.18) illustrieren. Solche Unstetigkeitsstellen können zu grossen Belagsschäden führen. Dies gilt grundsätzlich für jegliche Unstetigkeitsstellen im Bereich der Brückenenden, und insbesondere auch für Unstetigkeiten im Strassenkoffer (siehe Kapitel 3.6 und Kapitel 5.2).“

5 Schlussfolgerung

5.1 Beurteilung der durchgeführten Untersuchungen

Die durchgeführten Untersuchungen erwiesen sich als sehr aufwändig. Sowohl die Kontrolle der Richtigkeit der Angaben der Datenbank am Einzelobjekt im Rahmen der Objektauswahl als auch die Erhebung und Sichtung der teilweise sehr umfangreichen Bauwerksunterlagen (Ausführung, Instandsetzung, Inspektionsberichte) beanspruchten viel Zeit. Insbesondere aber waren die Objektbegehungen mit einem sehr hohen Aufwand verbunden.

Trotz des hohen Aufwands muss festgestellt werden, dass die Erfahrungen mit langen integralen und semi-integralen Brücken nur punktuell erfasst werden konnten. Bei den Begehungen handelt es sich um Momentaufnahmen, was durch die Inspektionsberichte nur bedingt kompensiert werden kann. In diesen Berichten sind Belagsrisse oft zu wenig detailliert beschrieben und kleinere, im Zuge des Trasse-Unterhalts ausgeführte Belagsreparaturen sind darin kaum dokumentiert. Auch Informationen der Unterhaltsdienste konnten nur in beschränktem Umfang genutzt werden; hier wirkte sich erschwerend aus, dass die Zuständigkeiten für den Bauwerksunterhalt beim Übergang der Nationalstrassen in den Verantwortungsbereich des Bundes gewechselt haben und die heute verantwortlichen Mitarbeitenden nur selten über langfristige Erfahrungen mit den Bauwerken verfügen.

Aus den vorhandenen Unterlagen und dem anlässlich der Begehungen festgestellten Zustand gesicherte Rückschlüsse auf das Verhalten zu ziehen, erwies sich als äusserst schwierig. Zwar konnten gewisse Anhaltspunkte und Tendenzen ermittelt werden; das Ziel, anhand der Langzeiterfahrungen mit bestehenden integralen und semi-integralen Brücken Rückschlüsse auf die zulässigen Werte der horizontalen Relativverschiebungen des Brückenendes machen oder die Vorgaben für ihre konstruktive Ausbildung anpassen zu können, wurde jedoch nur teilweise erreicht.

5.2 Praktische Hinweise

Die durchgeführten Untersuchungen dokumentieren, dass bei langen integralen und semi-integralen Brücken, welche nach dem heutigen Stand der Technik ausgeführt werden, grundsätzlich mit Belagsrissen zu rechnen ist. Diese Risse können mit Frässchnitten oder der Anordnung von Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen im Rahmen der Bauausführung nur bedingt verhindert werden, da der Ort, an welchem diese Risse auftreten, nicht präzise vorhergesagt werden kann. Eine Schleppplatte verhindert prinzipiell keine Belagsschäden, verringert sie aber tendenziell. Gewisse Belagsreparaturen sind bei solchen Bauwerken daher immer zu erwarten. Trotzdem sind integrale und semi-integrale Bauwerke in vielen Fällen zweckmässig und wirtschaftlich, da sowohl die Erstellungskosten (Entfall Unterhaltsräume und Fahrbahnübergänge) als auch die Unterhaltskosten (Belagsreparaturen vs. Unterhalt an Fahrbahnübergängen) niedriger ausfallen.

Die (zumindest bis zu unserer Begehung) gänzlich ausgebliebenen Belagsschäden bei der Brücke Marchtobel (Kapitel 3.15), welche erst sechs Jahre nach der Fertigstellung in Betrieb genommen wurde, deuten darauf hin, dass bei der Instandsetzung bestehender Brücken, bei welchen die Langzeitverformungen abgeklungen sind, tatsächlich grössere Bewegungslängen zulässig sind als bei Neubauten – wie dies seit der Revision der Richtlinie [1] [2] möglich ist.

Die bei den untersuchten Bauwerken mit grösseren Belagsschäden vorgenommenen, lokalen Belagsreparaturen waren dagegen – trotz hohem Bauwerksalter und entsprechend abgeklungener Langzeitverformungen – nur kurzfristig erfolgreich. Es

entstanden neue Risse in den ersetzten Belagsstreifen resp. in der Nähe der eingebauten Fahrbahnübergänge aus Polymerbitumen, vergossene Risse öffneten sich weiter oder neue Risse entstanden. Dies scheint damit zusammenzuhängen, dass sich bei lokalen Belagsreparaturen Unstetigkeitsstellen – an welchen sich die verbleibenden Verformungen lokalisieren können – praktisch nicht vermeiden lassen. Ein kontinuierlicher Belagsersatz (resp. Einbau), wie bei der Marchtobelbrücke ausgeführt, wäre daher vermutlich nachhaltiger als lokale Reparaturmassnahmen, auch wenn letztere durchaus einen positiven Einfluss haben (Vermeidung von grösseren Belagsschäden, Schlaglöchern etc.). Wird zwischen Brückenende und Schleppplatte ein Fahrbahnübergang aus Polymerbitumen eingebaut, sollte versucht werden, die Bewegungen des Belags im Bereich der Schleppplatte möglichst wenig zu behindern, beispielsweise durch die Trennung des Belages vom Flügelmauerkordon. Allerdings ist dies ausführungstechnisch anspruchsvoll.

Bei einigen Brücken wurde (nicht im Rahmen des vorliegenden Projektes) beobachtet, dass sich Risse in relativ weichen Belägen, welche durch den Verkehr in den Sommermonaten "geknetet" werden, wieder schlossen. Aufgrund der Gefahr von Spurrinnen scheint aber ein gezielter Einsatz weicher Beläge nicht unbedingt zielführend.

Die trotz Inbetriebnahme mehrere Jahre nach der Fertigstellung eingetretenen Belagsrisse bei der Überführung Einfahrtsrampe zur N20 (BW 714) zeigen, dass der Übergangsbereich zwischen Brücke und Strassenkörper zumindest bei integral oder semi-integral ausgebildeten Brückenenden als Bestandteil der Brücke betrachtet werden muss, für dessen Ausbildung – inklusive Hinterfüllung – der Projektverfasser der Brücke verbindliche Angaben machen muss, die bei der Ausführung einzuhalten sind. Die Richtigkeit der diesbezüglichen Vorgabe in der Richtlinie [1] (Hinterfüllung mit rolligem Material) wird dadurch bestätigt.

5.3 Empfehlung für weitere Forschung

Die durchgeführten Untersuchungen lassen keine konkreten Rückschlüsse auf die Schädigungsmechanismen im Bereich der Brückenenden zu. So bleibt beispielsweise unklar, ob resp. unter welchen Bedingungen der Strassenkörper auf der Schleppplatte gleitet oder deren Verschiebungen mitmacht. Ebenso sind keine Rückschlüsse zum Einfluss der zyklischen Verschiebungen des Brückenendes auf den Erddruck möglich.

Die Klärung dieser Fragestellungen ist Gegenstand anderer durch die AGB unterstützter Forschungsprojekte ([3],[4]). Ergänzend dazu sollten unbedingt Messungen der Verschiebungen im Bereich der Hinterfüllung und des Erddrucks an langen integralen Bauwerken durchgeführt werden. Ebenso sind bessere Kenntnisse über das Verhalten bituminöser Beläge unter zyklischer Beanspruchung erforderlich, insbesondere hinsichtlich der Möglichkeit, die Zähigkeit bei kalten Temperaturen (Verkürzung der Brücke im Winter = maximale Dehnung des Belags) zu verbessern.

Ein weiteres, sehr interessantes Forschungsthema ist die Entwicklung neuartiger Ausbildungen des Brückenendes mit dem Ziel, Belagsrisse zu minimieren. Da solche Lösungen vermutlich höhere Erstellungskosten bedeuten, sollte dabei die Wirtschaftlichkeit (Lebenszykluskosten) gebührend beachtet werden.

Danksagung

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des Forschungsprojekts *AGB 2009/001 Erfahrungen mit langen integralen Brücken* zusammen. Für die finanzielle Unterstützung danken wir dem Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) und dem Bundesamt für Strassen (ASTRA).

Die Sachbearbeitung des Projekts AGB 2009/001, welches die Grundlage des vorliegenden Beitrags ist, erfolgte durch Dr. Juliane Buchheister, dsp Ingenieure & Planer AG.

Für die Unterstützung bei der Durchführung des Projektes AGB 2009/001 sowie weiterer Arbeiten im Bereich integraler Brücken bedanken wir uns bei:

- Bundesamt für Strassen ASTRA, insbesondere Dr. Manuel Alvarez
- Begleitkommission C der AGB unter Leitung von Dr. Armand Fürst
- Vertreter der Astra-Filialen: Cedric Pagani, Walter Waldis, Lukas Geel, Pascal Lanthemann, Rudolf Hollenstein, Patrick Lochmatter
- Vertreter des Nationalstrassenunterhalts: Benedikt Flück (nsnw), Daniel Kümpel und Thomas Gloggnier (zentras), Rudolf Neuenschwander (bve)
- TBA Kanton Graubünden: Heinrich Figi, Andres Marugg und Dr. Heidi Ungricht (heute ungricht merz GmbH)
- TBA Kanton Zürich: Dr. Martin Käser, Christian Krismer, Beat Städler, Sven Flütsch, Beat Strahm, Hans Elsner
- AVT Kanton Solothurn: Christian Balz und Stephan Brunner
- vif Luzern: Thomas Reinhard
- IMC Infrastructure Management Consultants GmbH: Matthias Fuhr
- PRA ingénieurs Conseils SA: J. Jacquemoud und L. Pitteloud
- Alle, die in dieser Aufzählung vergessen gingen (mit der Bitte um Entschuldigung)

Anhänge

I	Tabelle Brückendaten.....	70
II	Planausschnitte und Fotodokumentation Objekte.....	73
II.1	Unterführung Schlaufe Frachtzufahrt, Kloten (ZH)	74
II.2	L 46 UEF Eichholzstrasse, Bern	77
II.3	R 13 Simmenbrücke Burgholz, Diemtigen	81
II.4	BS 12 UEF Grienstrasse, Pieterlen	85
II.5	N5 3BS34 UEF Hundshübeli, Leuzingen	89
II.6	Überführung Einfahrtsrampe zur N20 (BW 714), Birmensdorf (ZH)	93
II.7	N13 u 9. Überführung Anschluss Widnau, Diepoldsau.....	97
II.8	607 FR Räsch Wittenbach, Düdingen.....	101
II.9	J 36 Budelbachbrücke, Därligen	105
II.10	Vorderrheinbrücke Reichenau, Bonaduz (GR)	109
II.11	Bondascabrücke, Bregaglia (GR)	113
II.12	Vorderrheinbrücke, Cumpadials (GR).....	117
II.13	Punt Gelgia, Tinizong-Rona / Mulegns (GR)	121
II.14	49 00 03 Landwasserbrücke Solas, Filisur (GR)	125
II.15	Marchtobelbrücke, Klosters-Serneus (GR)	129
II.16	Rhonebrücke Bramois, Sion (VS)	133
II.17	Rhonebrücke Aproz, Sion (VS)	137
II.18	Rhonebrücke Noes, Sierre (VS).....	141

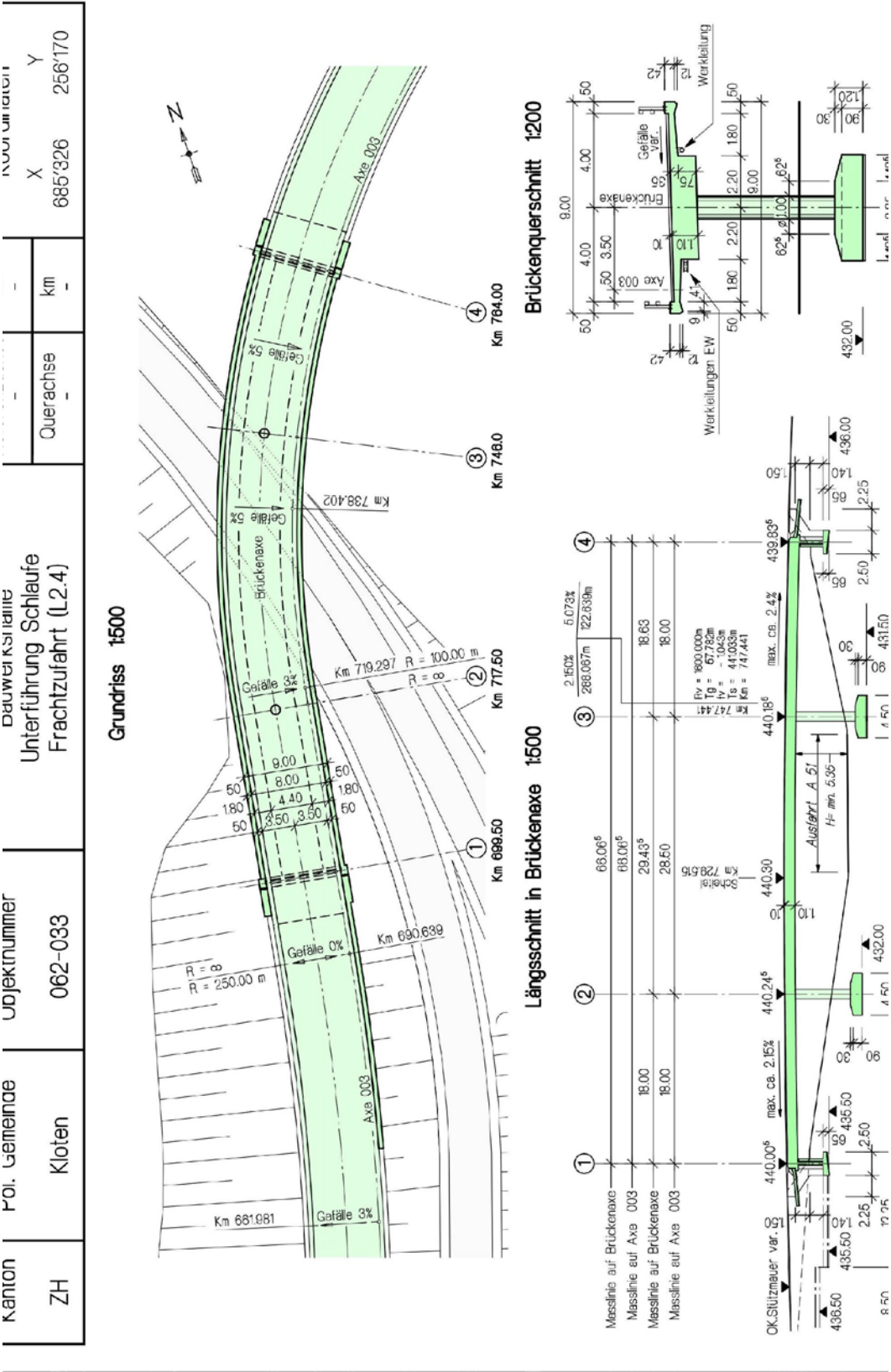
I **Tabelle Brückendaten**

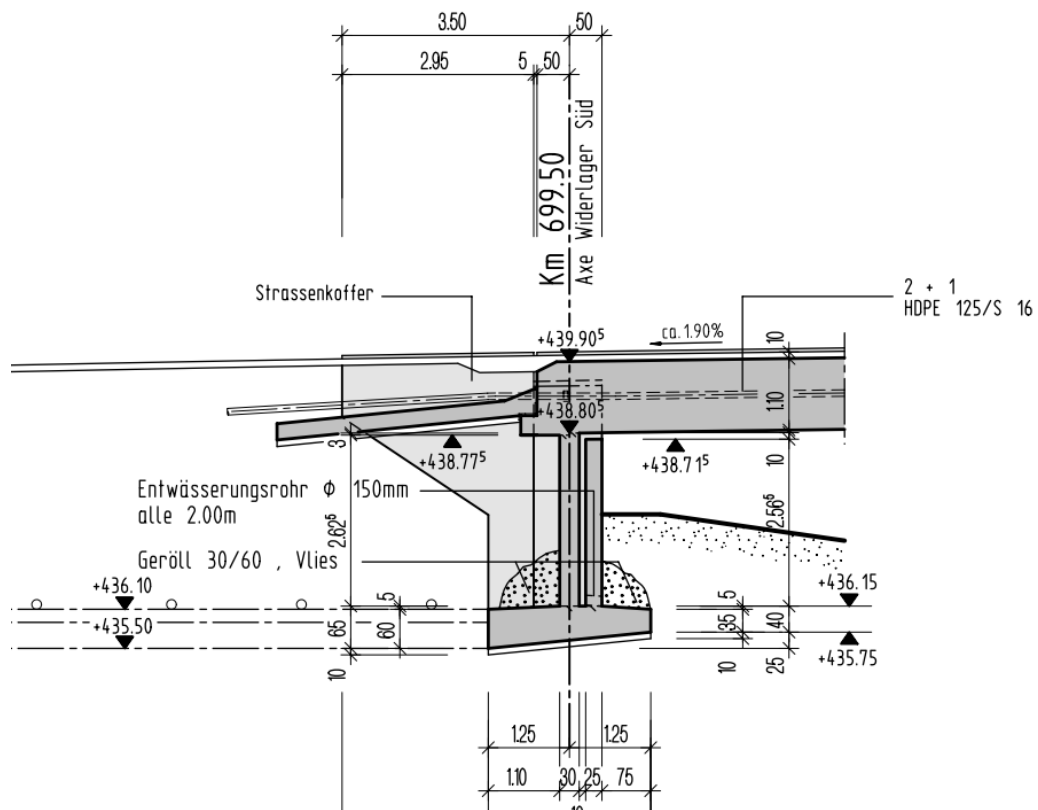
Tab. 1: Übersicht über alle Brückendaten der untersuchten Objekte

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ASTRA Kuba Nr.		L 46	R 13	BS 12		N5 38S34		N13 u 9.	607_Fr	J 36								
Kanton Nummerierung	062-033					242-023				A13 099	A03 099	23 50 02	A03 038	49 00 03	A28 202	keine	keine	keine
Typ	integral	integral	integral	integral	integral	integral	integral	integral	integral	semi-integral	semi-integral	semi-integral	semi-integral	semi-integral	semi-integral	semi-integral	semi-integral	semi-integral
Brückenname	Unterführung Schlaufe Frachtfahrt (L2.4)	UEF Eichholzstrasse	Simmenbrücke Burgholz	UEF Grienstrasse	UEF Hundshübeli	Überführung Einfahrtsrampe zur N20 BW 714	Überführung Anschluss Widnau	PS Rc Raesch - Wittenb	Budelbachbrücke	Vorderrheinbrücke Reichenau	Bondascabrücke	Vorderrheinbrücke Cumpadials	Punt Gelgia	Landwasserbrücke Solas	Marchtobelbrücke	Pont sur le rhone Bramois	Pont sur le rhone Aproz	Pont sur le rhone Noes
Datum	02.10.2014	30.01.2014	30.01.2014	30.01.2014	30.01.2014	04.09.2014	08.09.2014	30.01.2014	30.01.2014	02.09.2014	06.07.2014	08.06.2014	04.07.2014	24.02.2014	02.09.2014	26.05.2014	26.05.2014	26.05.2014
Temperatur (°C)	14°, bedeckt	1°, bedeckt	-3°, bedeckt	2°, bedeckt	2°, bedeckt	21°, leicht bewölkt	18°, leicht bewölkt	0°, bedeckt	-1°, bedeckt	12°, bedeckt	20°, (teilweise) sonnig	25°, sonnig	24°, bedeckt	-5°, sonnig	8°, bewölkt	16°, bedeckt	18°, bedeckt	16°, bedeckt
Tragwerk	Durchlaufträger	Durchlaufträger	Durchlaufträger	Durchlaufträger	Durchlaufträger	Durchlaufträger	Rahmen	2-fach V-Stiel Brücke	3-fach V-Stiel Brücke	Durchlaufträger	Durchlaufträger	Durchlaufträger	Durchlaufträger	Durchlaufträger	Durchlaufträger	Durchlaufträger	Durchlaufträger	Durchlaufträger
Überbauart	Plattenbalken (3 Felder)	Platte (Trog)	Plattenbalken (2)	Platte (Trog)	Platte	Plattenbalken (1 Hohlkasten, 4 Felder)	Plattenbalken (2, am Rand 3 und geschlossen)	Hohlkasten (3)	Platte	Hohlkasten	Hohlkasten	Plattenbalken (2)	Hohlkasten	Hohlkasten	Plattenbalken (2 Unterzüge)	Stütze: Hohlkasten (2) Feld: Plattenbalken (4)	Plattenbalken (4)	Hohlkasten (3 zs.)
Funktion	Kanton Hauptverkehrsstrasse ÜF Kantonsstrasse	Flurweg (Gemeindestrasse) ÜF über Nationalstrasse	Flurweg (Gemeindestrasse) ÜF über Bach + Wanderweg	Flurweg (Gemeindestrasse) ÜF über Nationalstrasse + SBB	Flurweg (Gemeindestrasse) ÜF über Nationalstrasse + SBB	Nationalstrasse Anschluss ÜF Nationalstrasse	Kantonsstrasse 2. Klasse Anschluss ÜF Nationalstrasse	Gemeindestrasse ÜF über Nationalstrasse	Nationalstrasse ÜF Flurweg	Kantonsstrasse ÜF Fluss	Kantonsstrasse ÜF Fluss	Gemeindestrasse (nach Brücke Verbindungsstrasse) ÜF über Fluss	Kantonsstrasse ÜF Fluss	Verbindungsstrasse ÜF Bach + Winterweg	Nationalstrasse (Netzerweiterung) ÜF Bach	Gemeindestrasse ÜF Bach	Gemeindestrasse ÜF Bach	Kantonsstrasse ÜF Bach
Verkehrszahlen	11739 / k. Daten vorh.	kleiner 3'000	kleiner 3'000	kleiner 3'000	kleiner 3'000	10596 / k. Daten vorh.	19'375	kleiner 3'000	12'530	11'179	4'019 - 3'276	3'133	4'407 - 2'900	1'523	10'667 - 6'905	7'600-11'600	4'100	2'200-14'400
Verkehrszähler	ZH DTV 2013 / ASTRA zwische 241 Opfikon und 176 Kloten	k.A	k.A	k.A	k.A	ZH DTV 2013 / ASTRA Zürich Dreieck West	SG Jahresmittel 2013	k.A	211 Leissigen + 170 Giessbachstunnel	GR Verkehrszahlen 2013 (Zähler 131)	GR Verkehrszahlen 2013 (Zähler 098+218)	abgeleitet aus GR Verkehrszahlen 2013 (Zähler 306+307)	GR Verkehrszahlen 2013 (Zähler 222+258)	GR Verkehrszahlen 2013 (Zähler 255)	GR Verkehrszahlen 2013 (Zähler 240+237)	abgeleitet aus VS DTV 2010	VS DTV 2010	VS DTV 2010
Nationalstrasse	A 51 (Ausfahrt)	N 1	N 6	N 5	N 5	N 4	N 13	N 12	N 8	italienische Strasse	Malojastrasse	Gemeindestrasse	Julierstrasse	Albulastrasse	N 28 (Umfahrung Saas)	Gemeindestrasse	Gemeindestrasse	Kantonsstrasse
km		160.55	42.8	76.89	88.42		181.74	52.5	14.28	Domat/ Ems - Bonaduz	Promontogno - Castasegna	Disentis - Trun	Rona - Mulegns	Surava - Filisur	Landquart - Klosters / Selfranga			
Gemeinde	Kloten	Bern	Diemtigen	Pieterlen	Leuzingen	Birmensdorf	Diepoldsau	Düdingen	Därigen	Bonaduz	Bregaglia	Sumvitg	Filisur	Tinizong-Rona/Mulegns	Klosters-Serneus	Sion	Sion	Sierre
Kanton	ZH	BE	BE	BE	BE	ZH	SG	FR	BE	GR	GR	GR	GR	GR	GR	VS	VS	VS
x	256 170	200 285	168 440	223 840	225 800	243 581	251 300	187 231		167765	187 797	133 954	175 583	157 195	171 717	121 093	117 640	125 050
y	685 326	596 060	612 510	590 670	601 725	677 156	766 477	578 461		628065	750 217	762 886	712 915	767 692	770 835	598 696	590 381	605 400
z		440	556	649	440	438	526	413	577	595	593	809	934	1421	976	1024	500	486
Latitude	N 47.45078	N 46.95363	N 46.66707	N 47.16546	N 47.18315	N 47.38557	N 47.39147	N 46.83587	N 46.66052	N 46.82436	N 46.33721	N 46.72188	N 46.54501	N 46.6748	N 46.90184	N 46.24127	N 46.21015	N 46.27695
Longitude	E 8.57004	E 7.38688	E 7.60211	E 7.31559	E 7.4614	E 8.45955	E 9.64387	E 7.1563	E 7.80532	E 9.40746	E 9.55441	E 8.91568	E 9.62521	E 9.67159	E 9.8319	E 7.42174	E 7.314	E 7.50857
Baujahr		2002	1977	1981	1998		2005	1960	1965		1986	1989	1995	1997	1998	2004	1972	1948
Länge		66.06	74.25	77.2	87.4	91.14	141	66.12	56	75.2	68	70	79.2	80	83	86.1	90	100.5
Breite		9	6.5	7	9.8	9.3	10	14	8.56	13.4	7.65	13.16	6.6	9.3	9.6	10.13	12	6.6
Anzahl Fahrspuren	1 FS plus SS und Bankett	1 breite FS	2 FS ohne Markierung	1 FS + Grünstreifen	1 breite FS (theor. 2 normale FS)	1 FS plus SS und Bankett	2 FS plus 2 Gehweg (breit+schmal)	2 FS ohne Markierung	richtungsgetrennt, je 1 FS+SS	2 FS plus 1 Gehweg	3 FS (mit Bankett)	1 breite FS (ohne Markierung)	2 FS (mit Bankett)	2 FS (mit Bankett)	2 FS (mit Bankett)	2 FS plus je 1 Gehweg	2 FS (1 Gehweg angehängt)	2 FS (schmal)
Lager links	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	2 Topflager (je 1 längs beweglich und je 1 allseitig beweglich)	2 Topflager	2 Elastomerlager (bewehrt: Lastoblock)	2 Elastomerlager, allseitlich beweglich	2 Topflager	2 Topflager (je 1 längs beweglich und je 1 allseitig beweglich)	4 Topflager (vorgespannt)	4 Rollenlager	4 Rollenlager
Lager rechts	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	2 Topflager (je 1 längs beweglich und je 1 allseitig beweglich)	2 Topflager	2 Elastomerlager (bewehrt: Lastoblock)	2 Elastomerlager, allseitlich beweglich	2 Topflager	2 Topflager (je 1 längs beweglich und je 1 allseitig beweglich)	4 Topflager (vorgespannt)	4 Rollenlager	4 Rollenlager
Vorspannung (längs)	längs	längs	längs	längs	längs und quer	längs	längs	längs	keine	längs	längs und quer	längs	längs und quer	längs	längs	längs	keine	keine
WL Höhe links	4.5	4.1	4.2	1.5 (geschätzt)	1.5 (FB+Pfahlkopf)	4.3	11.8	8.5 (Endquerträger 1.8)	8 (Schürze 2.45)	11	7.72	6.5	6.7	4.9	5.5	1.3	8	1.5
WL Höhe rechts	3.8	4.4	3.96	1.5 (geschätzt)	1.4 (FB+Pfahlkopf)	4.3	12	8.5 (Endquerträger 1.8)	8 (Schürze 2.45)	11.5	8.53	6.5	6.84	7.9	9.4	1.3	8	1.5
Schleppplatte links	4	ca. 2.5	keine	keine	keine	5.6	5.65	3m	keine	3	4.9	4	4.5	3.3	4	3	2.5	2.5
Schleppplatte rechts	4	ca. 2.6	keine	keine	keine	5.6	3.41	3m	keine	3	4.9	4	4.5	3.3	4	3	2.5	2.5
FÜ rechts	-	-	Fugenschnitt	-	-	2 Thormajoint 25cm und 15cm breit	-	-	Thormajoint 20 cm BE	Thormajoint 10 cm breit	-	-	-	-	-	-	-	-
FÜ links	-	-	Fugenschnitt nicht sichtbar	-	-	2 Thormajoint 25cm und 15cm breit	-	-	Thormajoint 20 cm BE	Thormajoint 10 cm breit	-	-	-	25cm Thorma Flex (Reparatur)	-	-	-	-
Risse links	quer 1cm breit (Ende Schleppplatte)	quer (WL ende)	quer (wenig)	quer (WL ende) + vertikal	quer BE + vertikal	quer (vergossen: Ende Schleppplatte und Ende Widerlager)	quer bis schräg 0.5-1cm (ca. BE und Ende Schleppplatte)	quer BE + vertikal	quer	quer nur im Troittoir, anschl. Kopfsteinpflaster	quer, Ende Schleppplatte	quer (am BE und ev. vor Schleppplatte)	quer, Ende Schleppplatte	quer und längs	keine	quer, Ende Schleppplatte	wenig	quer, Ende Schleppplatte
Risse rechts	quer (ansatzweise Risse Anf.+ Ende Schleppplatte und dahinter) und längs 0.5m breit	quer (WL ende) + vertikal	quer	quer (WL ende)	quer BE	quer (vergossen: Ende Schleppplatte und Ende Widerlager)	quer bis schräg 1-2cm	quer BE	quer + vertikal	quer, nicht durchgehend	quer, Ende Schleppplatte	keine (Schotter)	quer, Ende Schleppplatte	quer	keine	quer, Ende Schleppplatte	wenig	quer, Ende Schleppplatte + vertikal
HI	2012	2012	2007	2009	2012	2007	2009	2009	2011	2011	2011	2005	2012 (GR) / 2013 (ASTRA)	2009	unbekannt	k. A.	k. A.	k. A.
Zustand	ZK 2	ZK 2	ZK 2	ZK 1	ZK 1	ZK 1	ZK 2	ZK 1	ZK 2	unbekannt	ZK 2	ZK 1	ZK 1 (GR) / ZK 2 (ASTRA)	ZK 2	unbekannt	k. A.	k. A.	k. A.
Filiale	-	F2	F2	F2	F3	-	F4	F1	F2	-	-	-	- / F5	-	-	-	-	-
GE	-	1	1	1	8	-	6	2	1	-	-	-	- / 5	-	-	-	-	-
Gründung WL	flach, Stützmauer = WL Stirnseite, Künstliche Auffüllung auf Schotter auf Moräne	k. A. vermutlich gewachsenes Material	flach, Vorschüttung (rechts, wahrs. auch links)	Pfahlgründung, verschw. Moräne und Schotter	Aufschüttung (5-6m), Pfahlgründung (WL und Pfeiler) , verschw. Moräne und Schotter	Pfähle (Einbindung in Moräne), darüber Seebodenlehm	flach	k. A. vermutlich Aufschüttung	auf 1. V-Stil und flach, Aufschüttung beidseitig	keine geol. Aufschlüsse, im Bachbett gut abgestuftes Kies-Sand	Kies Alluvion, rechte Seite Dammschüttung (?) diverse strukturelle Risse in Fahrbahn	k. A. vermutlich stabiler gewachsener Baugrund	links: auf Fels rechts: auf Kies-Sand, WL Wände stehe zur Hälfte im gewachsenen Boden	k. A. vermutlich Aufschüttung	Moräne (dicht gelagert)	k.A. vermutlich Kies	k. A. vermutlich Auffüllung, auf Stützmauer (auf Pfählen)	k.A. vermutlich Kies
Besonderes	Gussasphalt nur im Randsteinbereich, sonst normaler Belag (SMA), Dehnfuge Anfang Schleppplatte, links			keine Pläne vorhanden	Während Projektierung Umstellung auf ein integrales System	Brücke, Inbetriebnahme 2009 (4 Jahre nach Baujahr), kein Gussasphalt	leichte Krümmung		wurden für Neubau Brücke verwendet. Thormajoints beidseitig nachträglich (nach 2005) eingebaut					ab 2005 Baustellenbetrieb (Tunnel Saas), Inbetriebnahme 2011	beiden Stützen mit je 4 Kipplagern	vor Sanierung 2013, ähnliches Rissbild wie Noes		

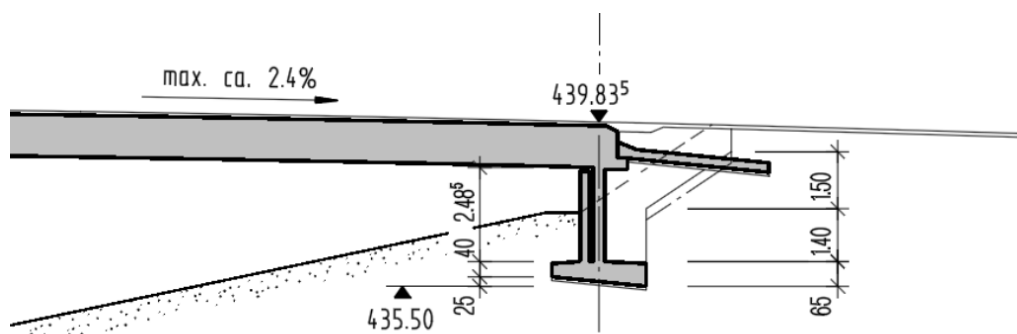
II Planausschnitte und Fotodokumentation Objekte

II.1 Unterführung Schlaufe Frachtzufahrt, Kloten (ZH)





Planausschnitt : Linkes Brückenende



Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Brückenende Detail links



Brückenende Detail rechts



Weitere Übersicht



Widerlager links



Widerlager rechts



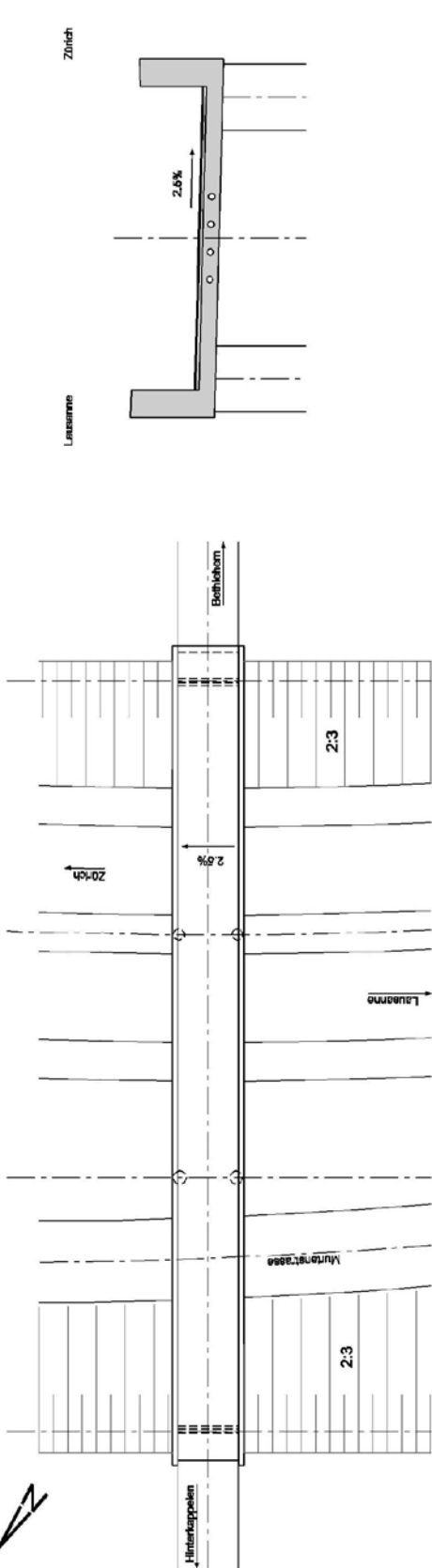
Widerlager Detail links



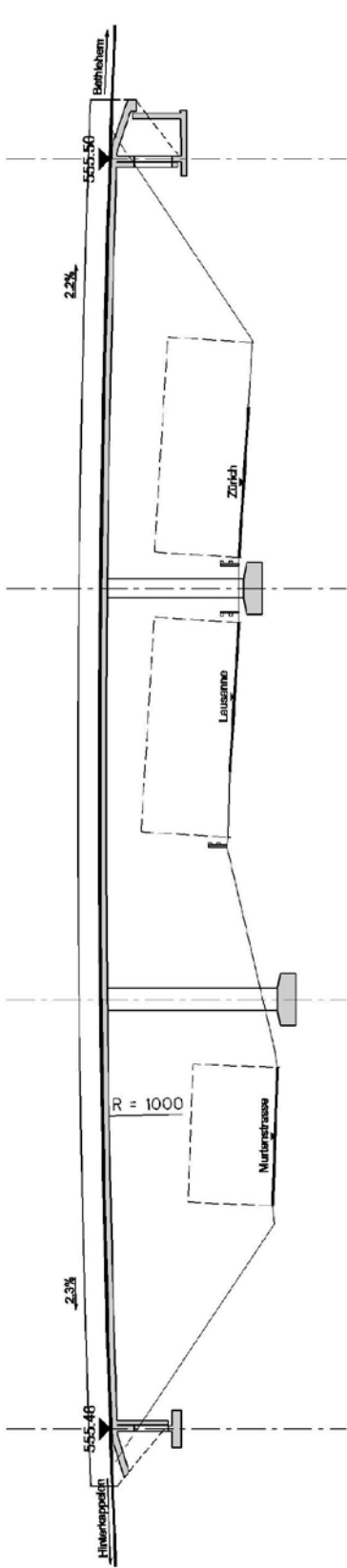
Widerlager Detail rechts

II.2 L 46 UEF Eichholzstrasse, Bern

Querschnitt 1:100

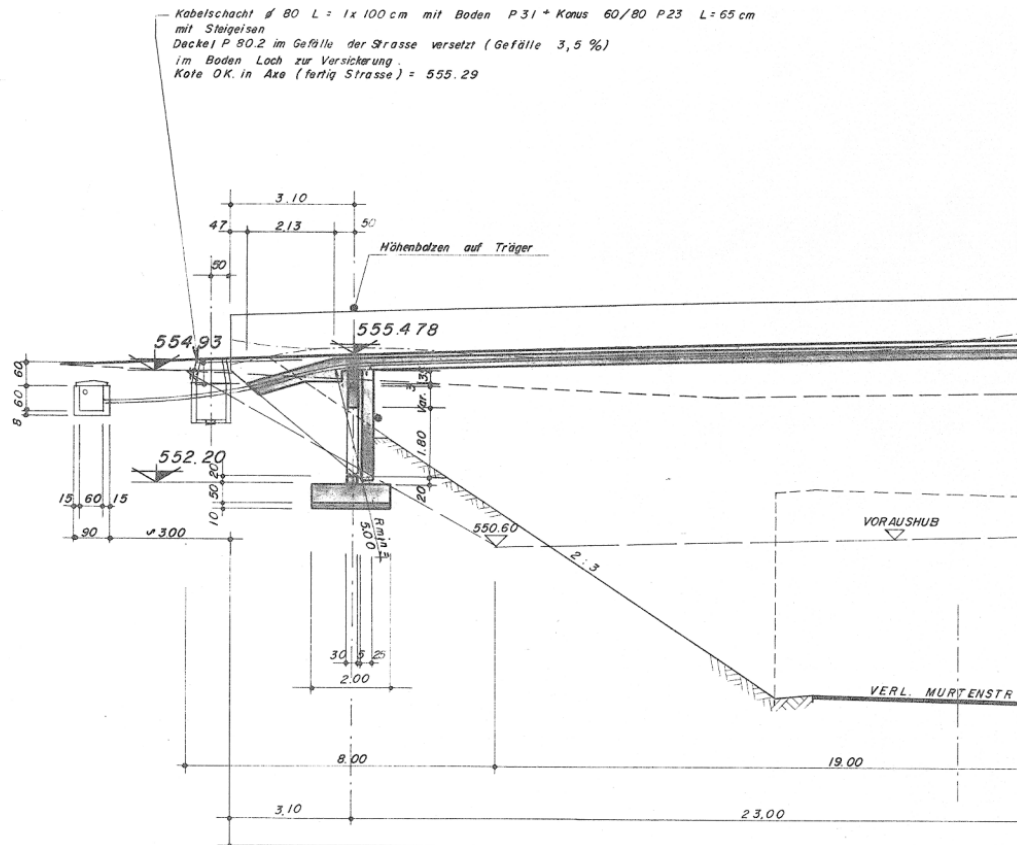


Längsschnitt 1:300

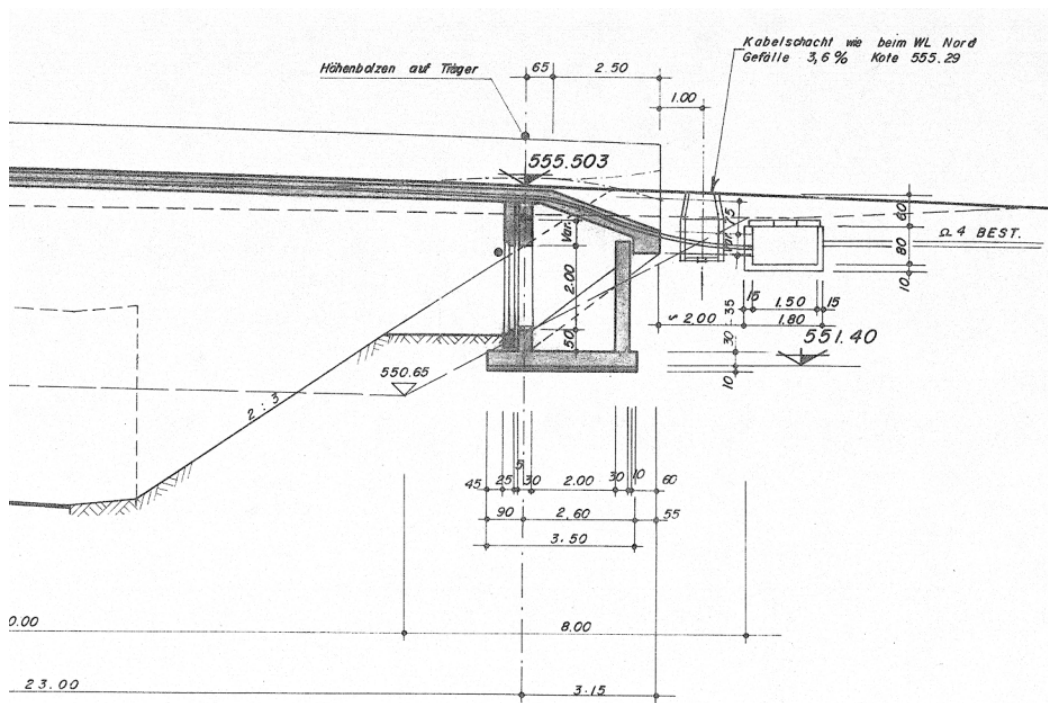


Bauwerksskizze gezeichnet: B+S Ingenieur AG, Bern, 08.09.2005

Bauwerks-Nr.	Bauwerksname	Achse	km	Kanton	Standort(e)	Baufahr
L46	UEF Eichholzstrasse	N1	160.55	BE	Bern	1977



Planausschnitt : Linkes Brückenende



Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Brückenende Detail links



Weitere Übersicht

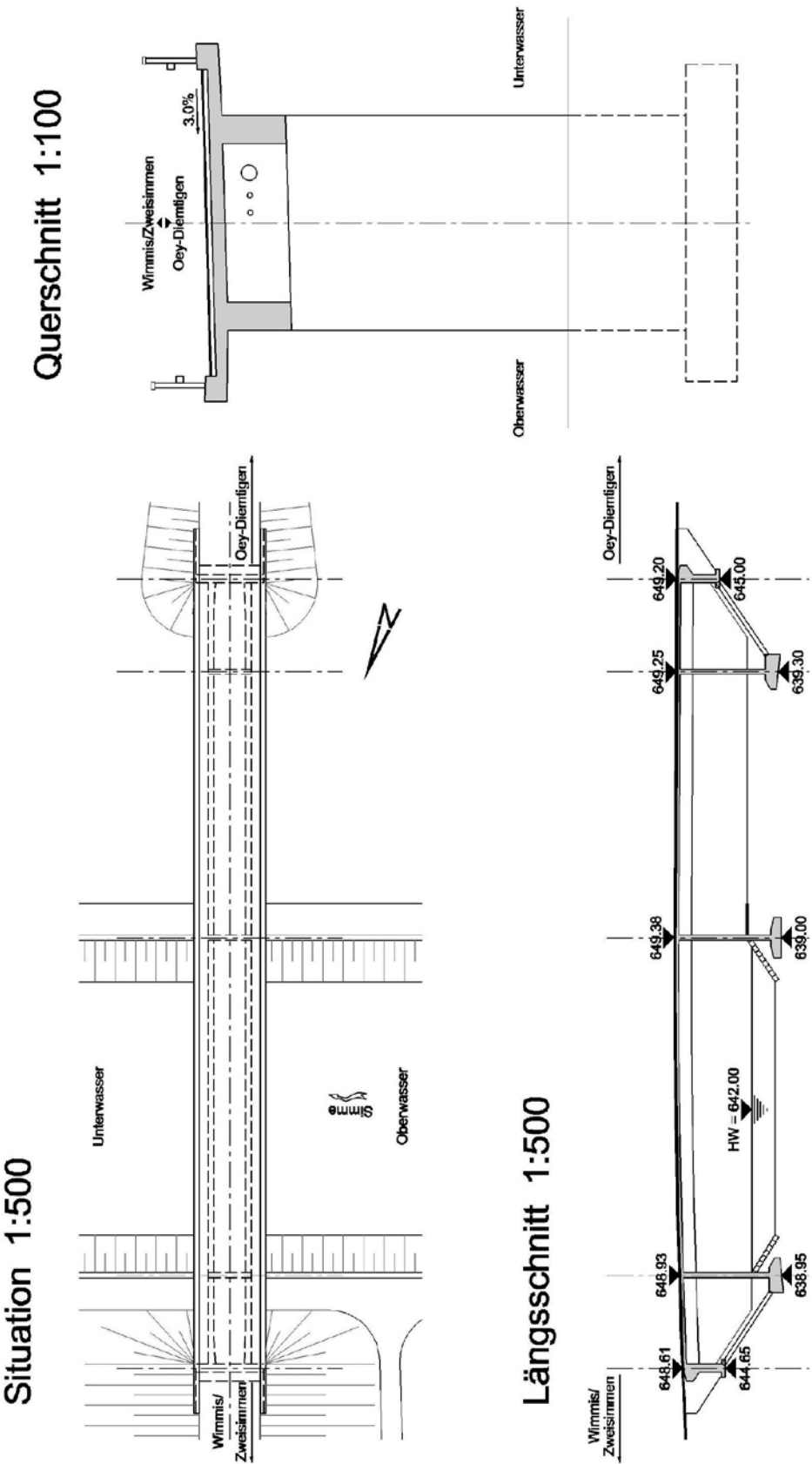


Widerlager links



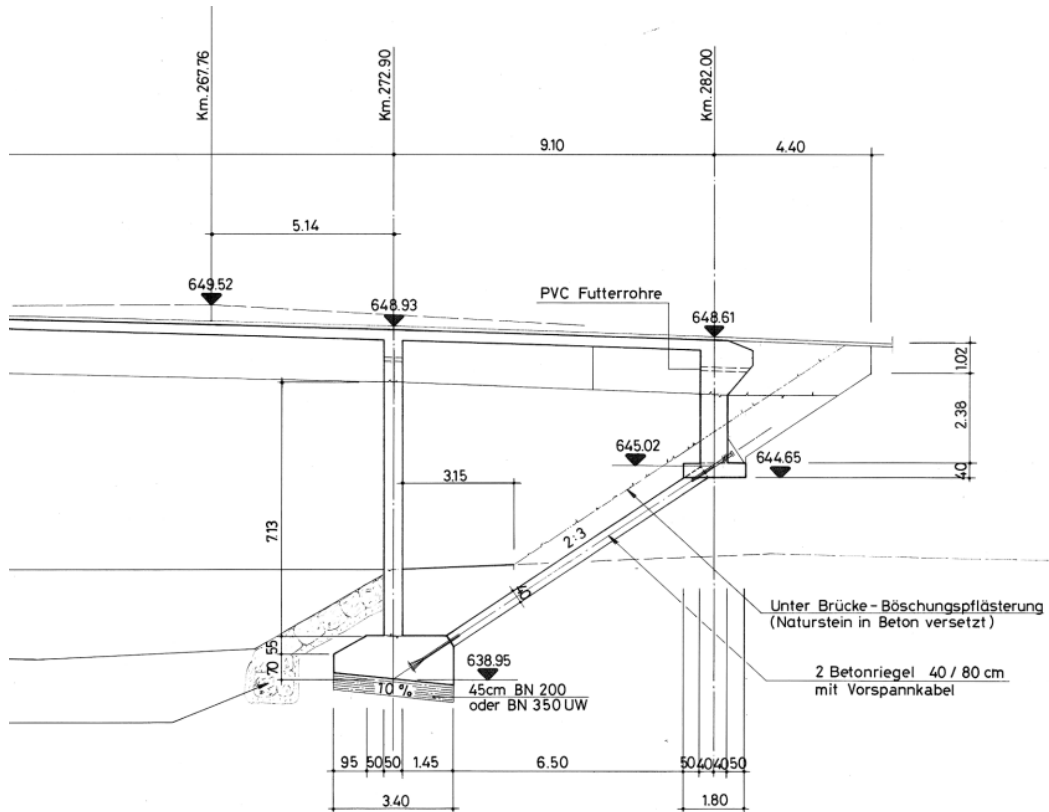
Widerlager rechts

II.3 R 13 Simmenbrücke Burgholz, Diemtigen

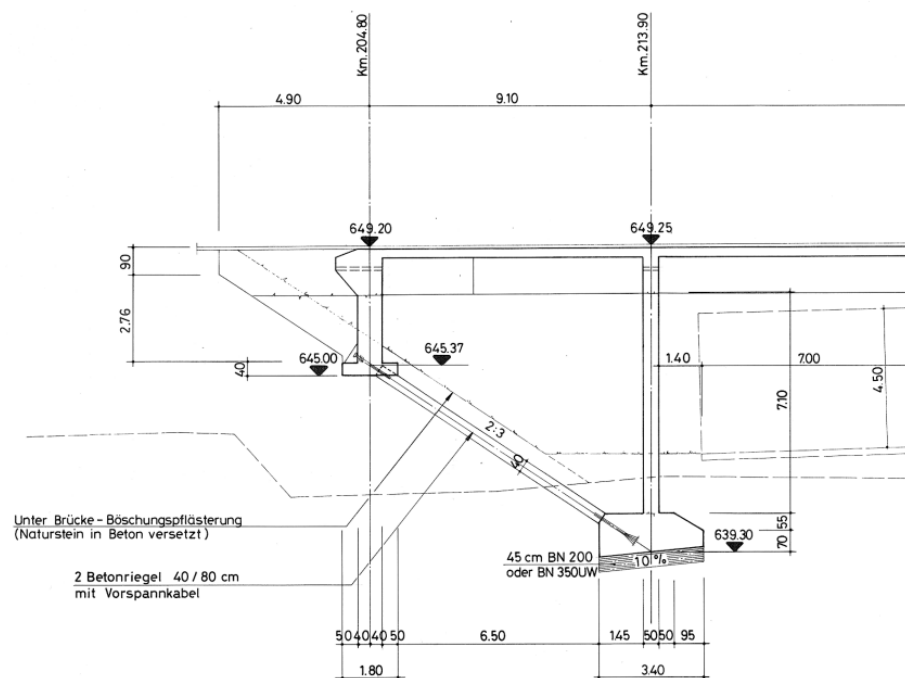


Bauwerkskizze gezeichnet: B+S Ingenieur AG, Bern, 26.07.2006

Bauwerks-Nr.		Bauwerksname		Achse	km	Kanton	Standort(e)	Baujahr
R13		Simmenbrücke Burgholz		N6	42.80	BE	Diemtigen	1981



Planausschnitt : Linkes Brückenende (Plandarstellung anders als Kataster)



Planausschnitt : Rechtes Brückenende (Plandarstellung anders als Kataster)



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Brückenende Detail links



Brückenende Detail rechts



Weitere Übersicht



Widerlager links



Widerlager rechts



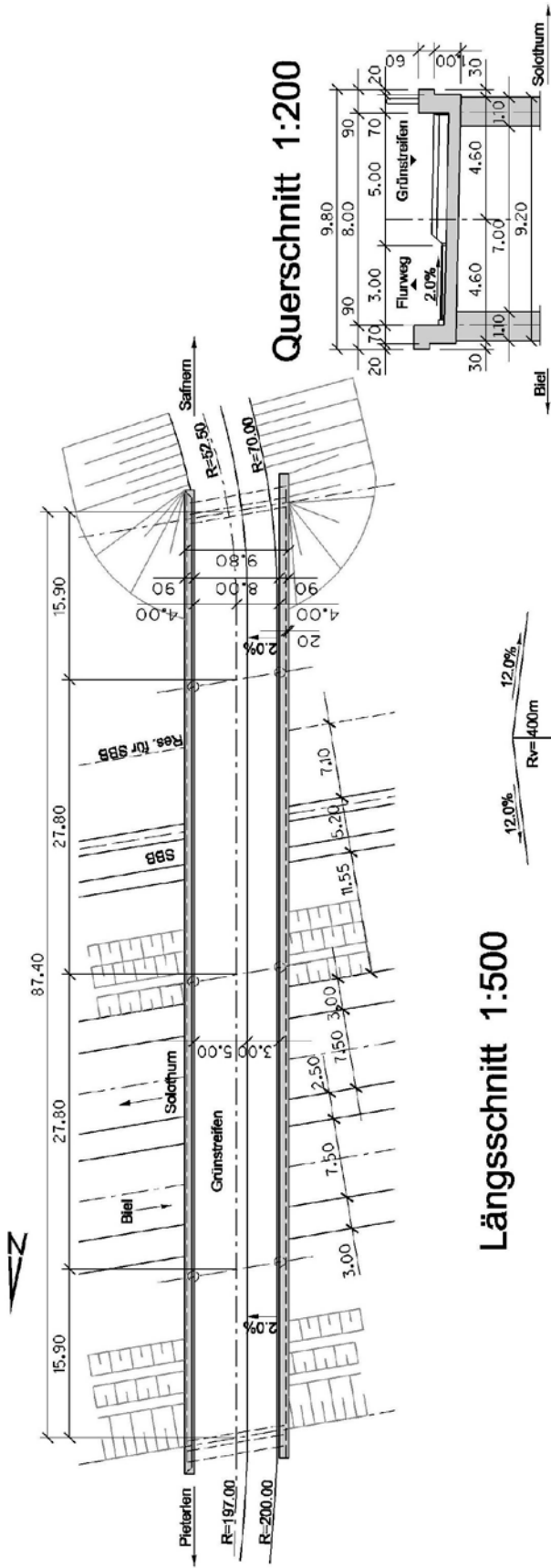
Widerlager Detail links



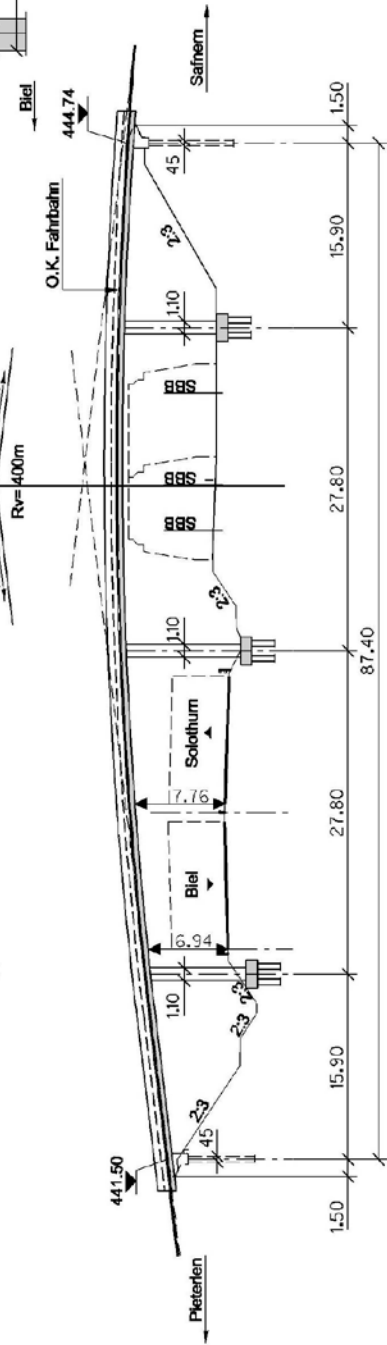
Widerlager Detail rechts

II.4 BS 12 UEF Grienstrasse, Pieterlen

Situation 1:500

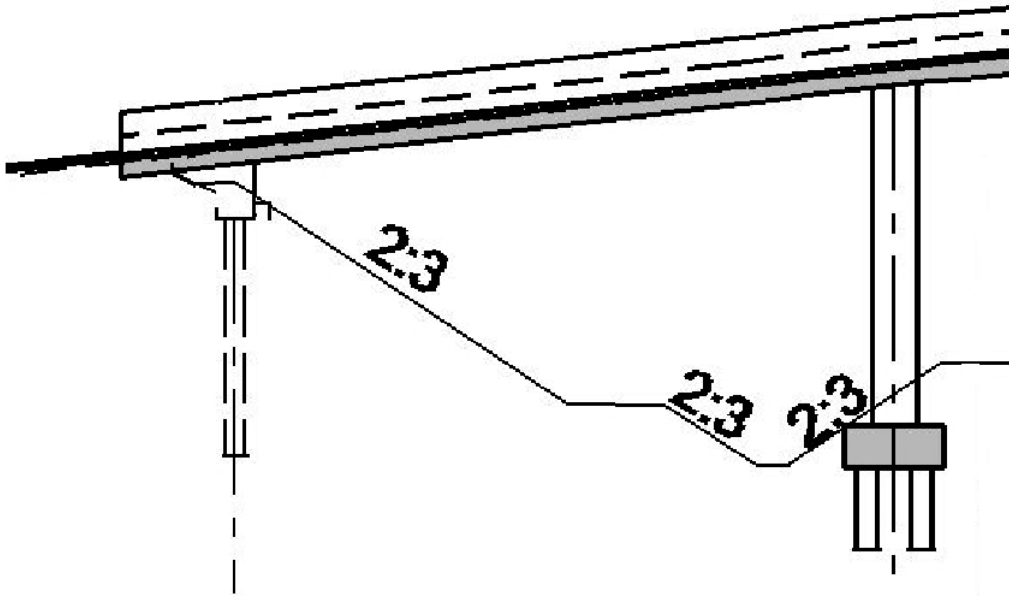


Längsschnitt 1:500

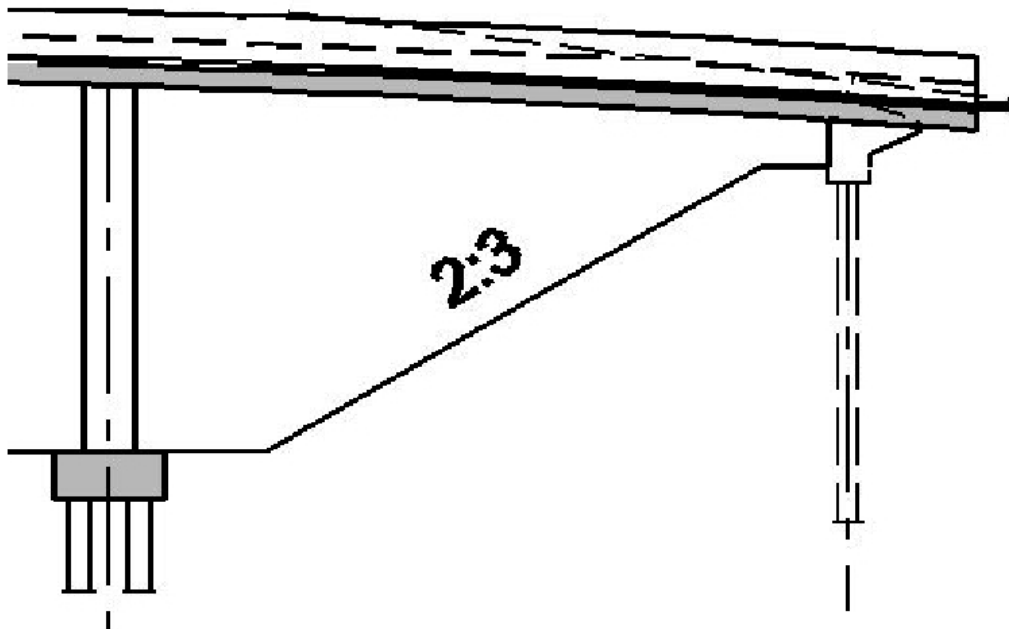


Bauwerkskizze gezeichnet: B+S Ingenieur AG, Bern, 20.07.2007

Bauwerks-Nr.	Bauwerksname	Achse	km	Kanton	Standort(e)	Baujahr
BS 12	UEF Grienstrasse	N5	76.89	BE	Pieterlen	1998



Planausschnitt : Linkes Brückenende



Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Brückenende Detail links



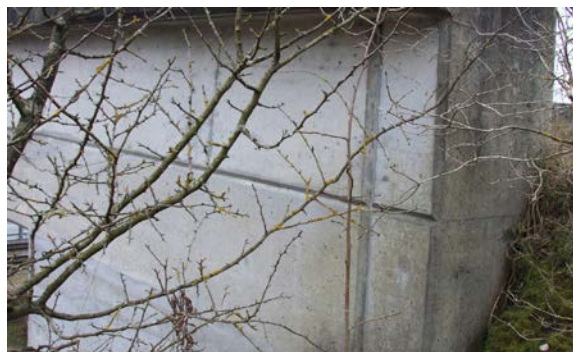
Brückenende Detail rechts



Weitere Übersicht



Widerlager links



Widerlager rechts

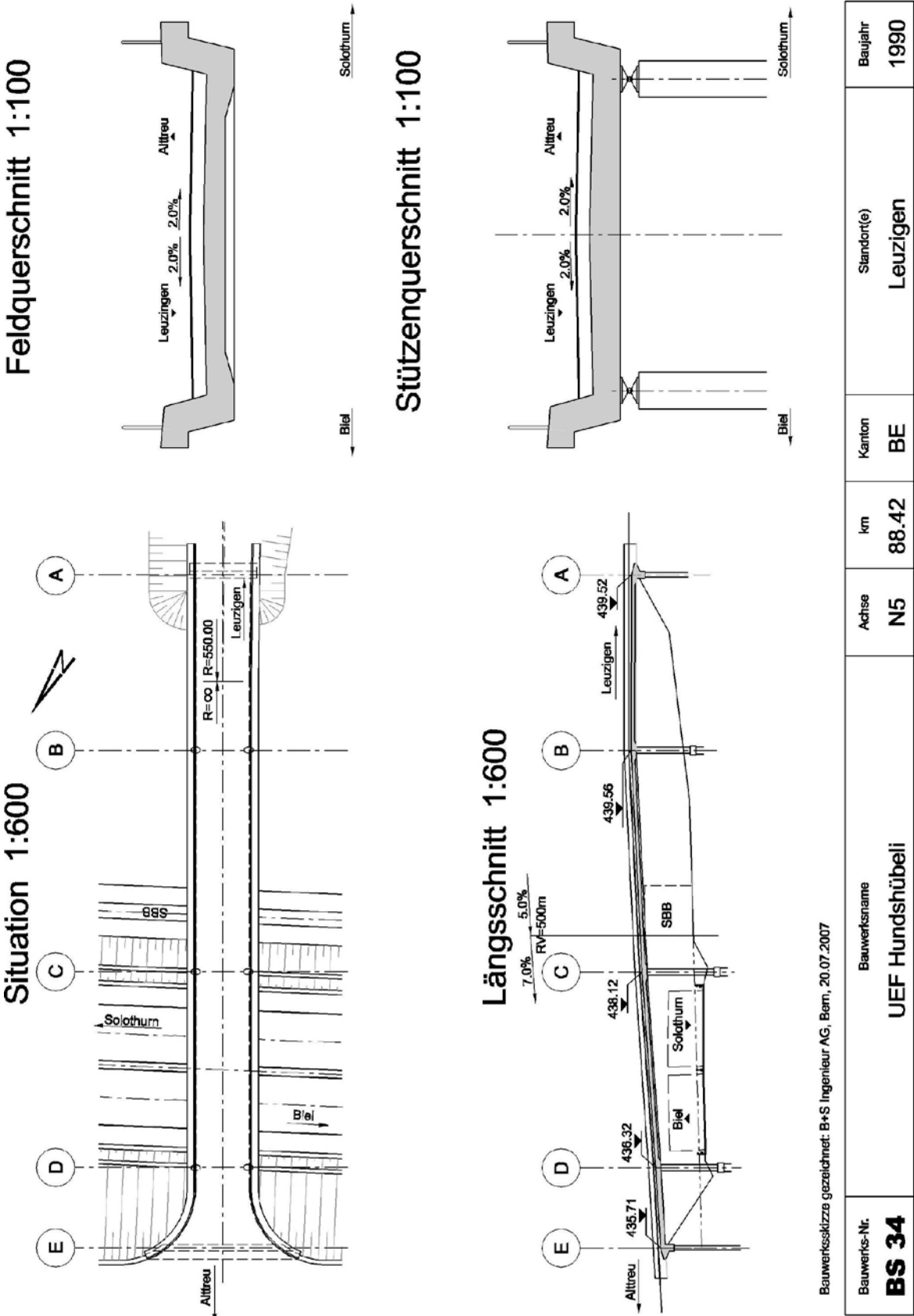


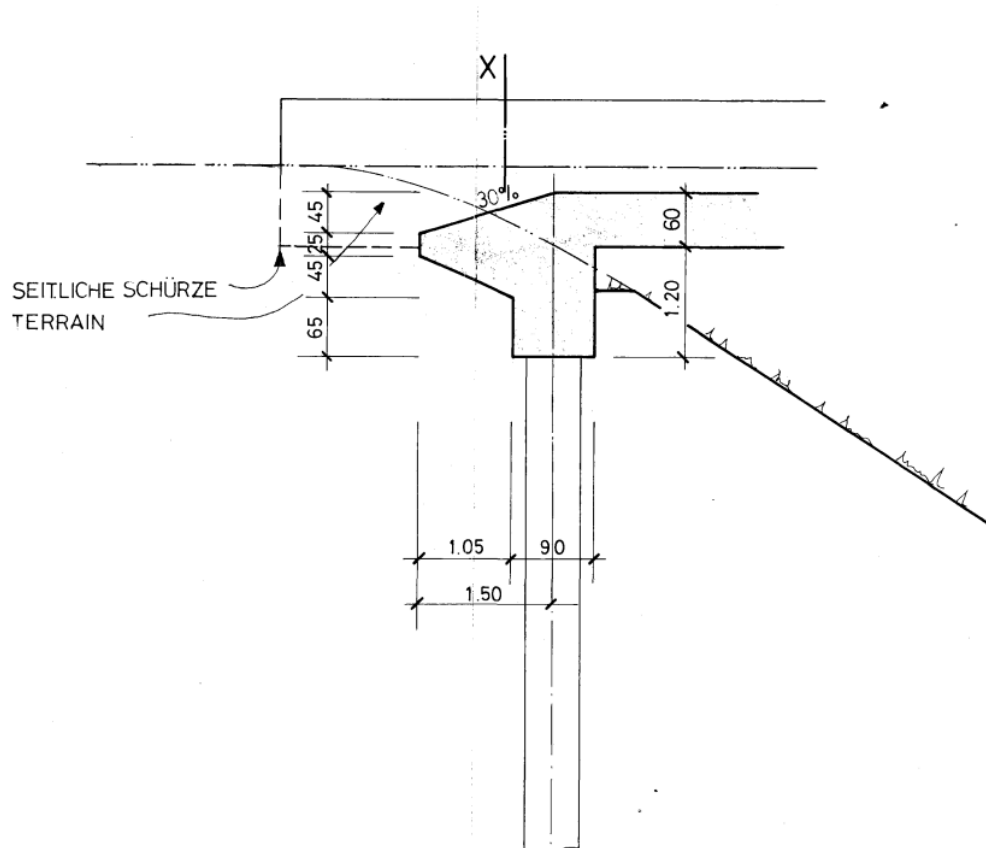
Widerlager Detail links



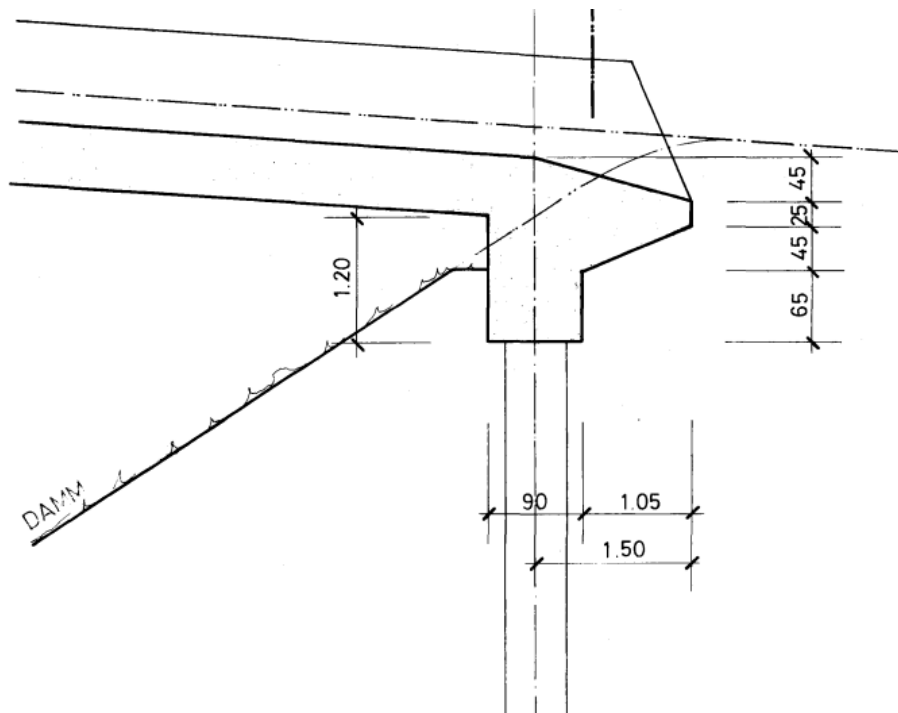
Widerlager Detail rechts

II.5 N5 3BS34 UEF Hundshübeli, Leuzingen





Planausschnitt : Linkes Brückenende



Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Brückenende Detail rechts



Weitere Übersicht



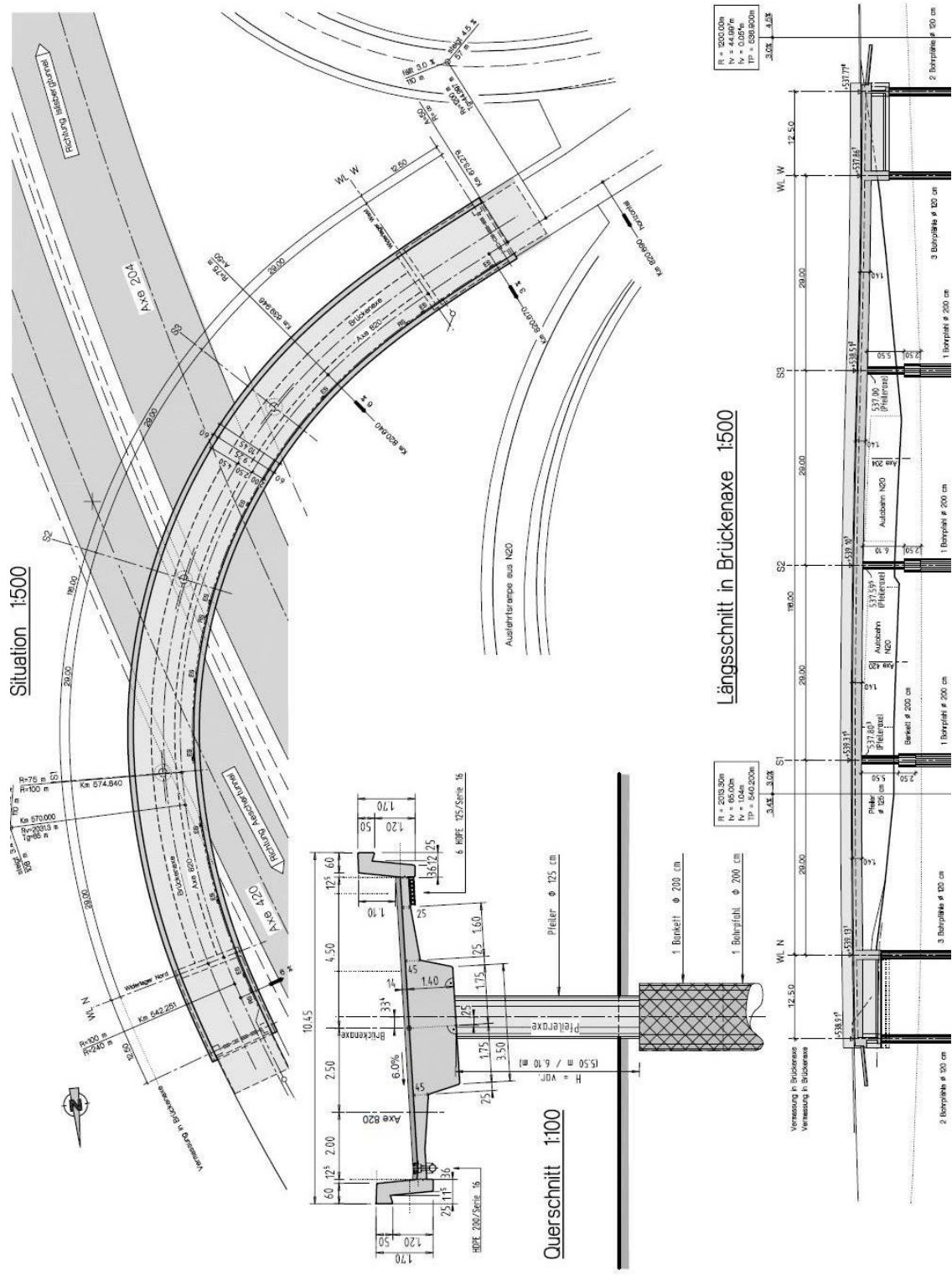
Widerlager links

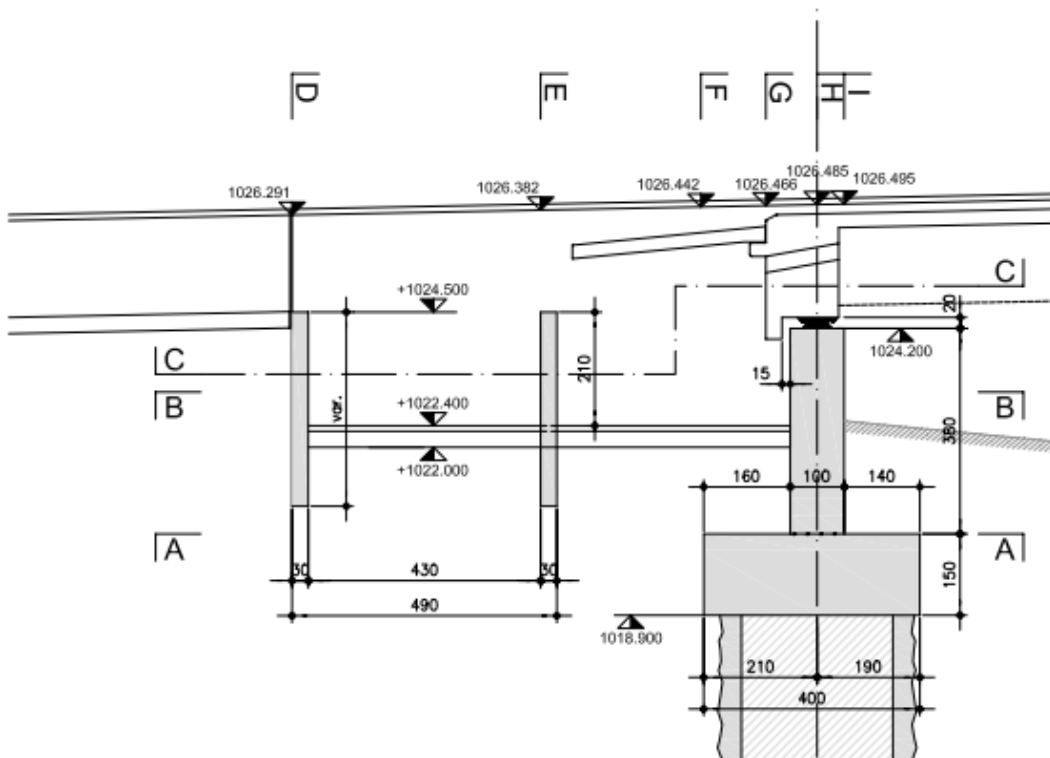


Widerlager rechts

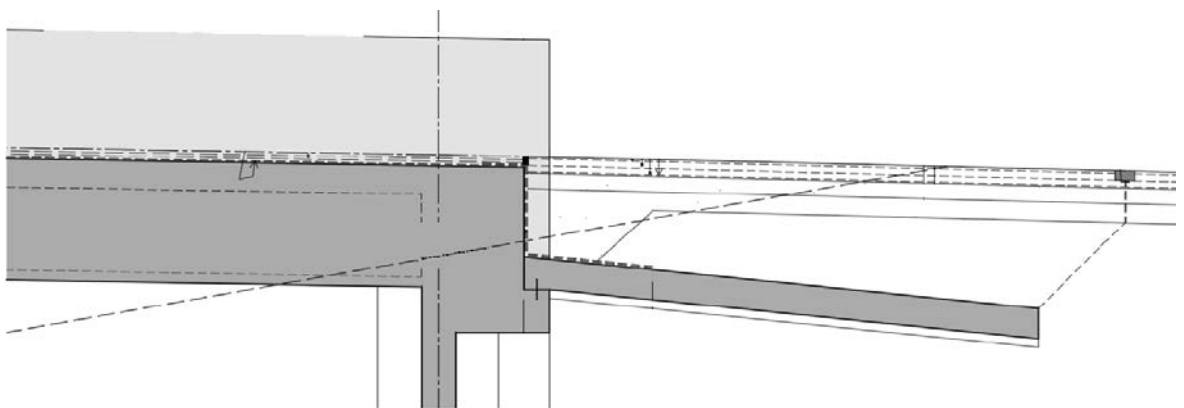
II.6 Überführung Einfahrtsrampe zur N20 (BW 714), Birmensdorf (ZH)

Kanton	Pol. Gemeinde	Objektnummer	Bauwerksname	Referenzachse	km	Koordinaten	
ZH	0242 Birmensdorf	242-023	Überführung Einfahrtsrampe zur N20 BW 714	Querachse	km	X	Y
						677'156	243'581





Planausschnitt : Linkes Brückenende



Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Brückenende Detail links



Brückenende Detail rechts



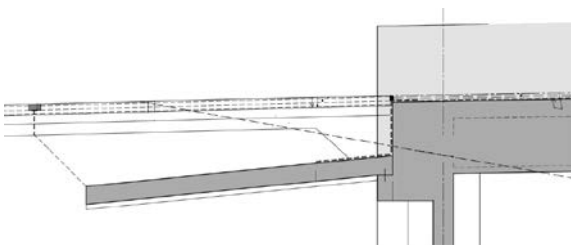
Weitere Übersicht



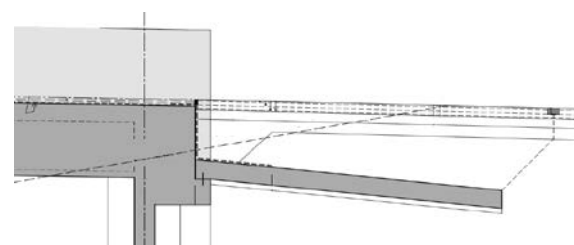
Widerlager links



Widerlager rechts

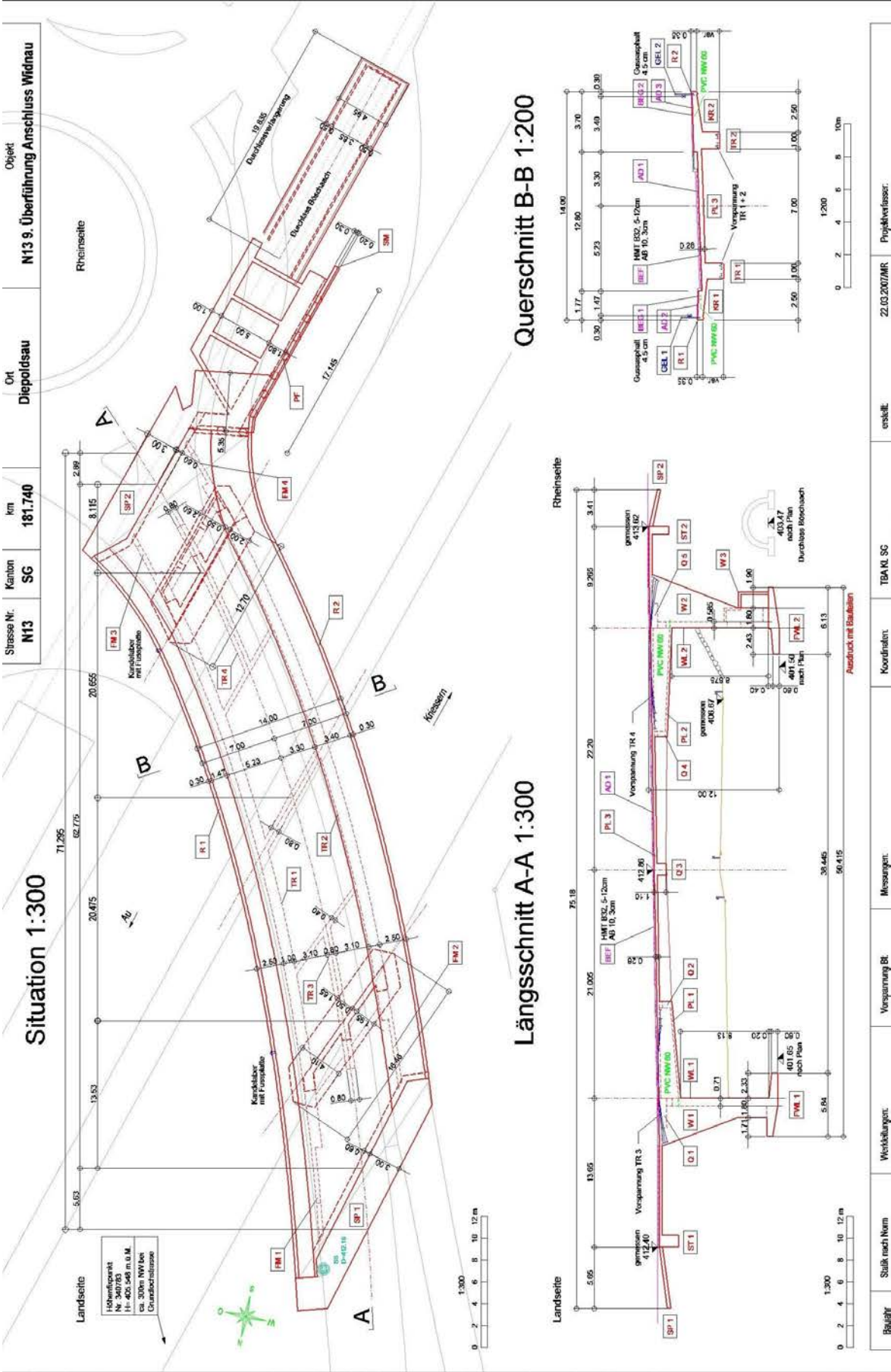


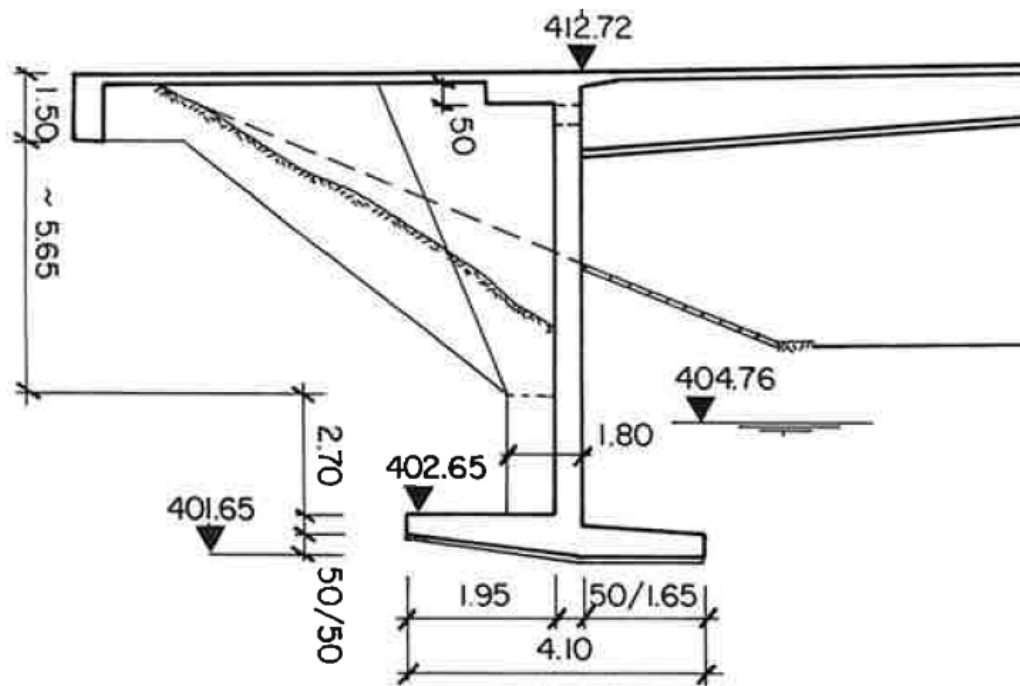
Widerlager Detail links



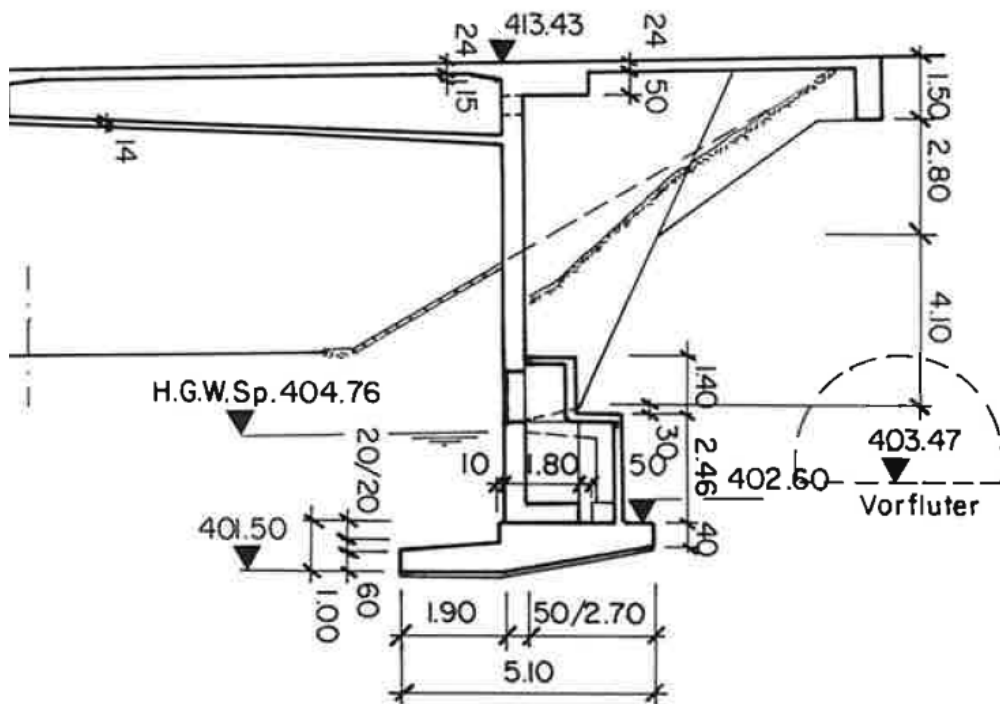
Widerlager Detail rechts

II.7 N13 u 9. Überführung Anschluss Widnau, Diepoldsau





Planausschnitt : Linkes Brückenende



Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Brückenende Detail links



Brückenende Detail rechts



Weitere Übersicht



Widerlager links



Widerlager rechts



Widerlager Detail links



Widerlager Detail rechts

II.8 607 FR Räsch Wittenbach, Düdingen

COUPE EN LONG

51.80

1.5%

JURA

ALPES

ENJ

TAJ

TAC

BQ1

BQ2

PEJ

BQ3

PEA

BQ4

DTA

F0J

F0A

19.32

27.01

19.07

5.69

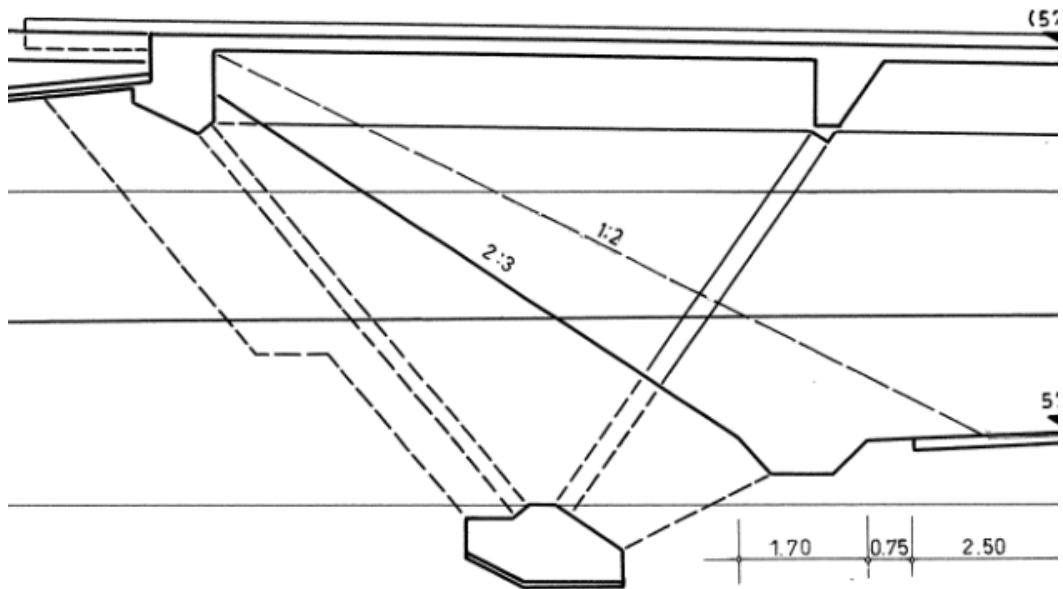
1.01

5.69

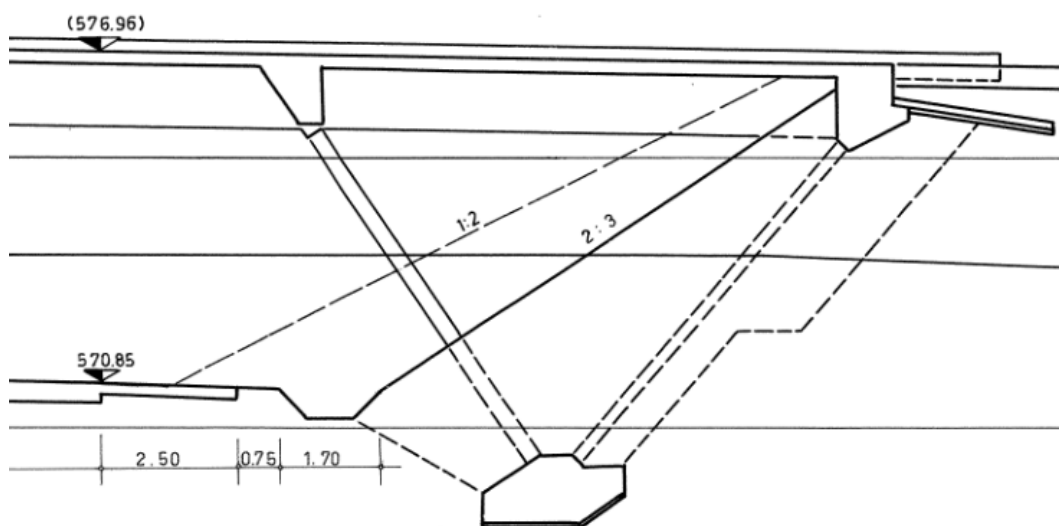
5.69

1.01

SITUATION



Planausschnitt : Linkes Brückenende



Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Brückenende Detail links



Brückenende Detail rechts



Weitere Übersicht



Widerlager links

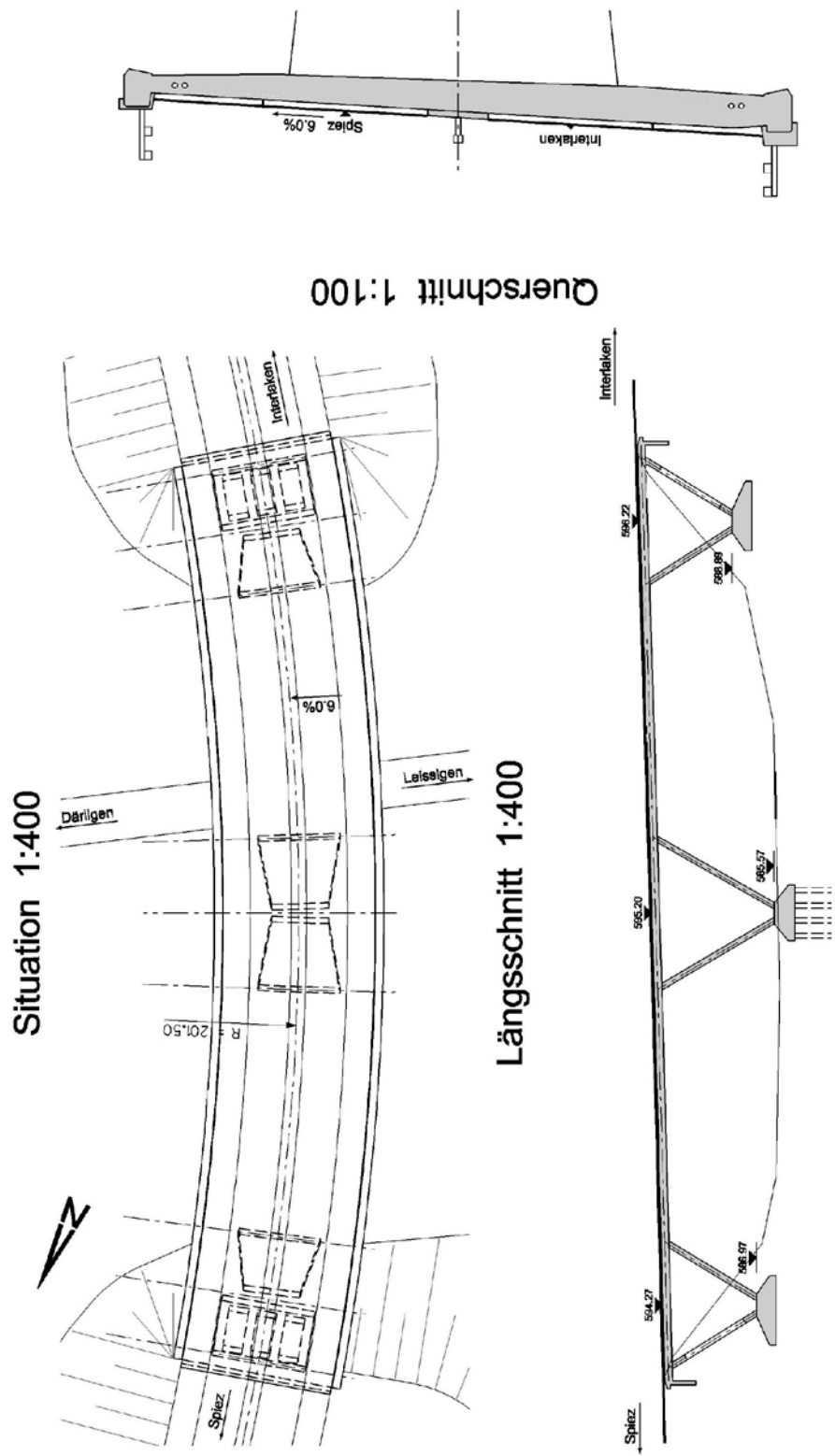


Widerlager rechts



Widerlager Detail rechts

II.9 J 36 Budelbachbrücke, Därligen

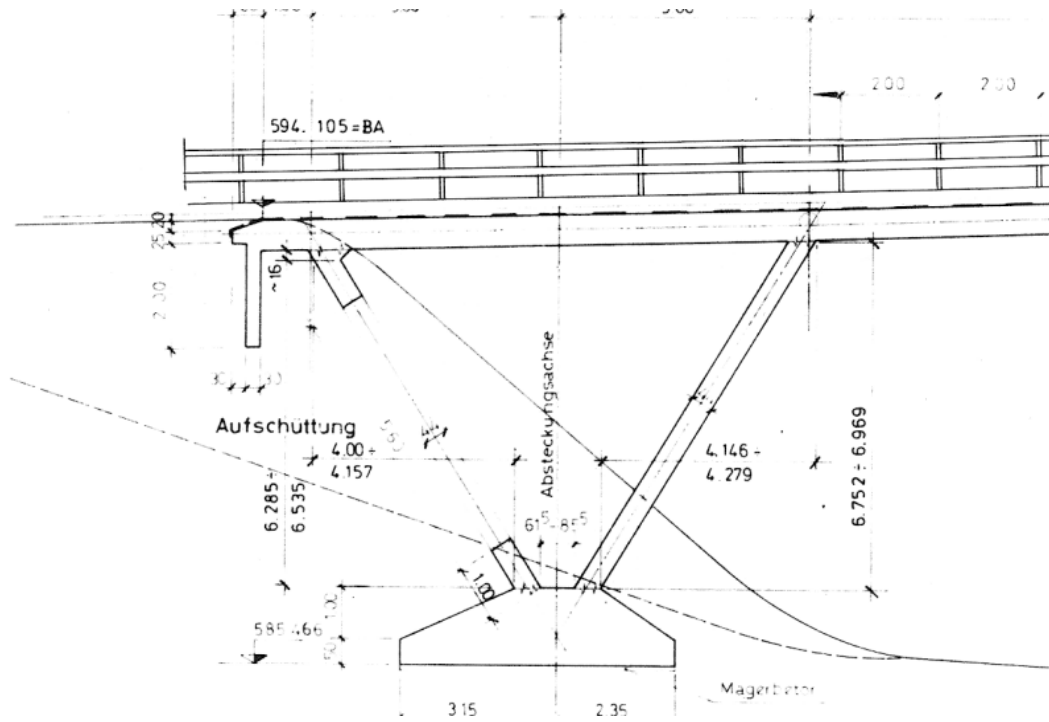


Kataster

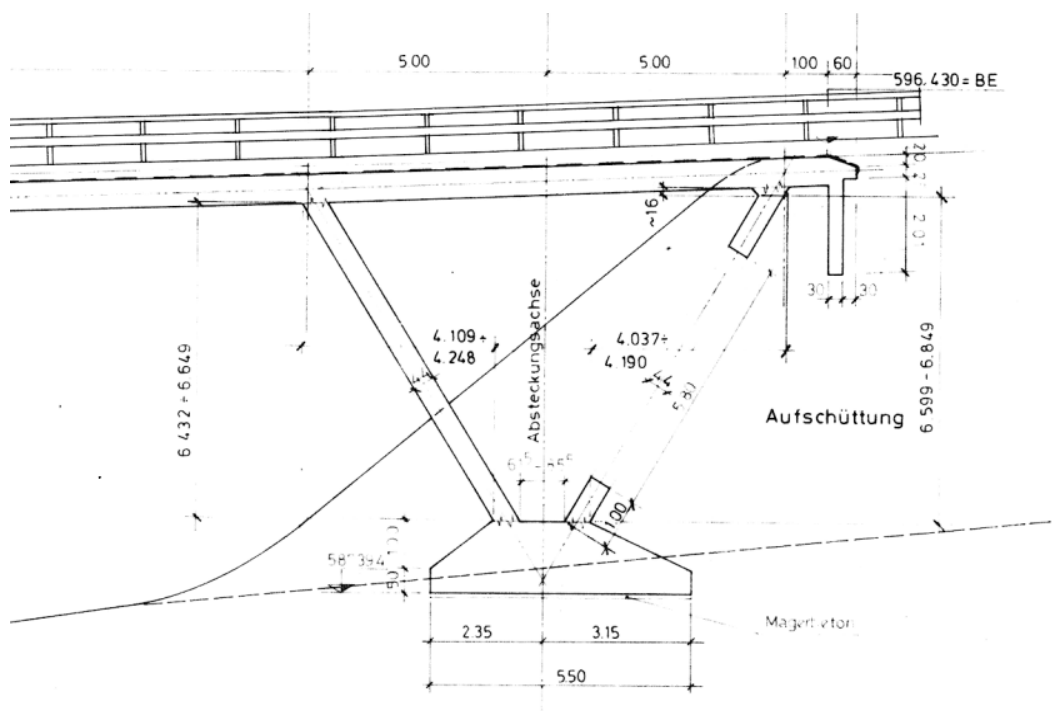
Kataster

Bauwerkskizze gezeichnet: B+S Ingenieur AG, Bern, 25.07.2006

Bauwerks-Nr. J36	Bauwerksname Budelbachbrücke	Achse N8	km 14.28	Kanton BE	Standort(e) Därligen	Baujahr 1967
----------------------------	--	--------------------	--------------------	---------------------	--------------------------------	------------------------



Planausschnitt : Linkes Brückenende



Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Brückenende Detail links



Brückenende Detail rechts



Weitere Übersicht



Widerlager links



Widerlager rechts

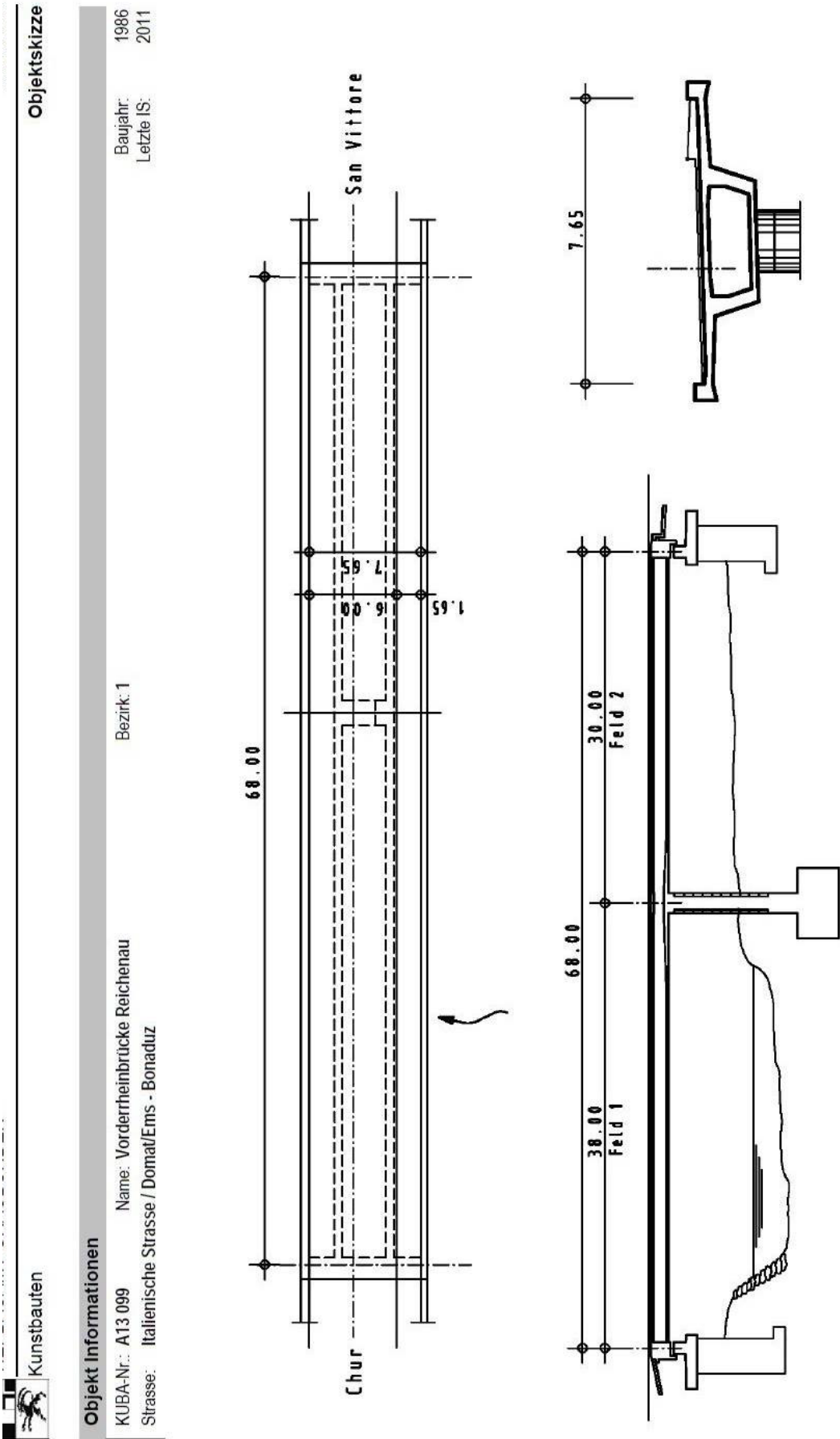


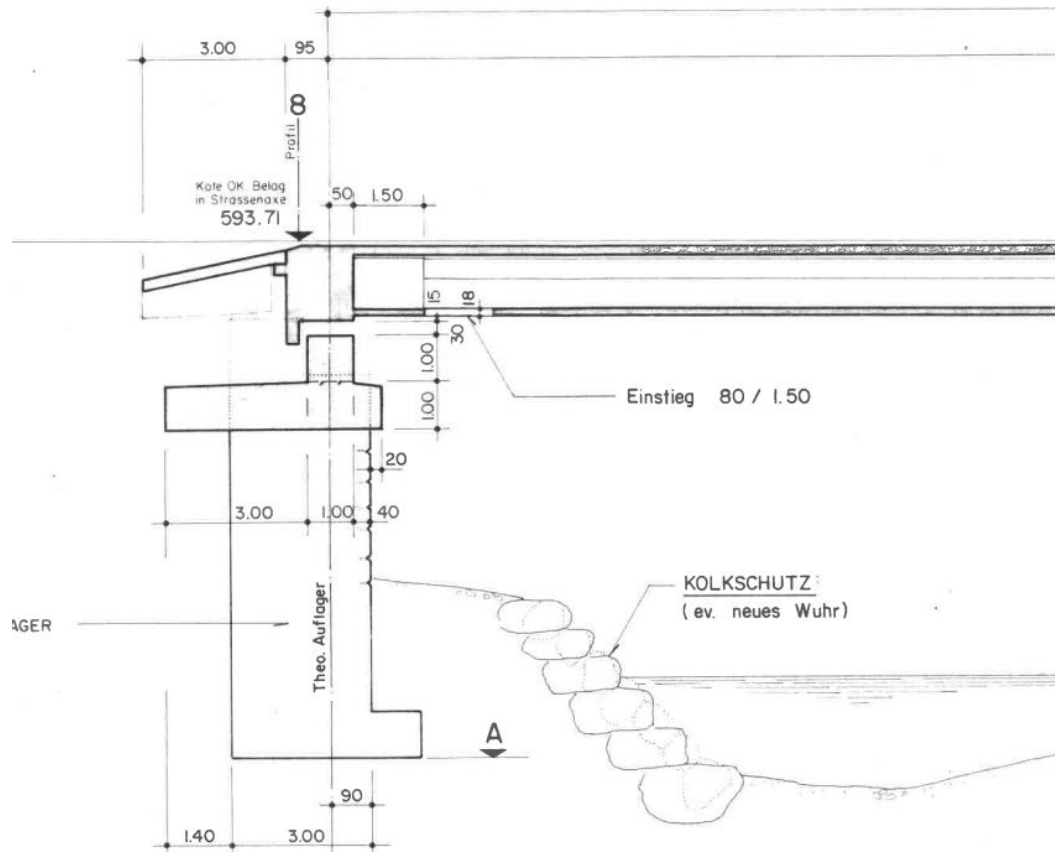
Widerlager Detail links



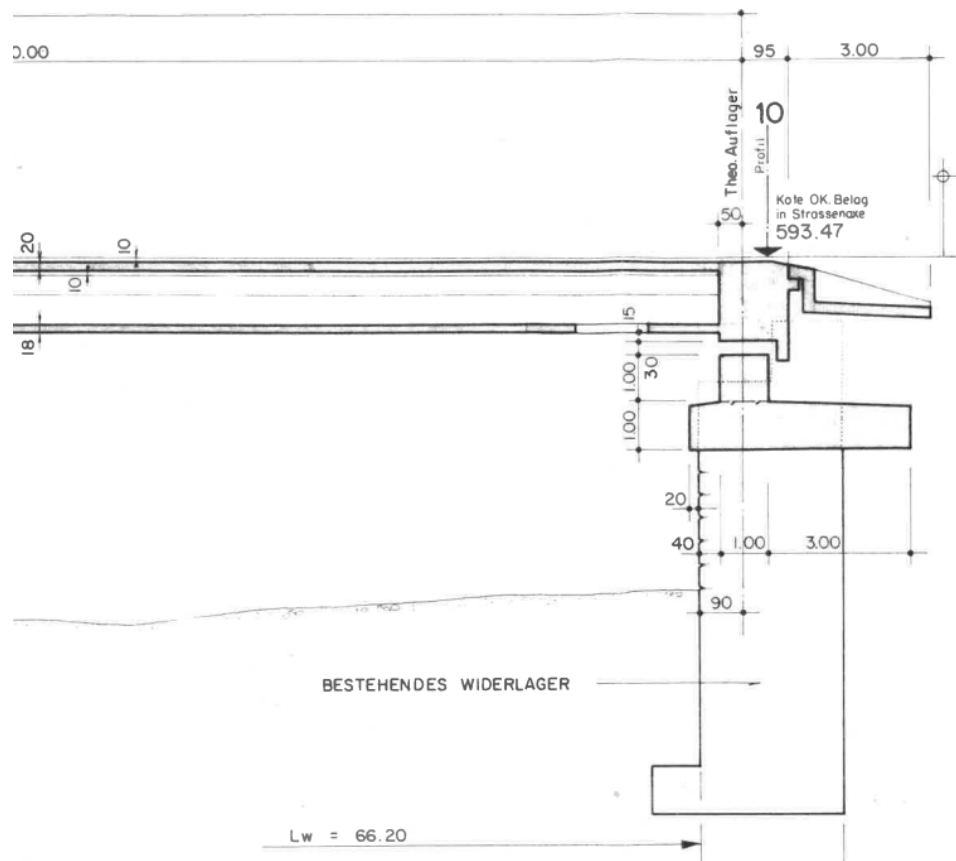
Widerlager Detail rechts

II.10 Vorderrheinbrücke Reichenau, Bonaduz (GR)





Planausschnitt : Linkes Brückenende



Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Brückenende Detail links



Brückenende Detail rechts



Weitere Übersicht

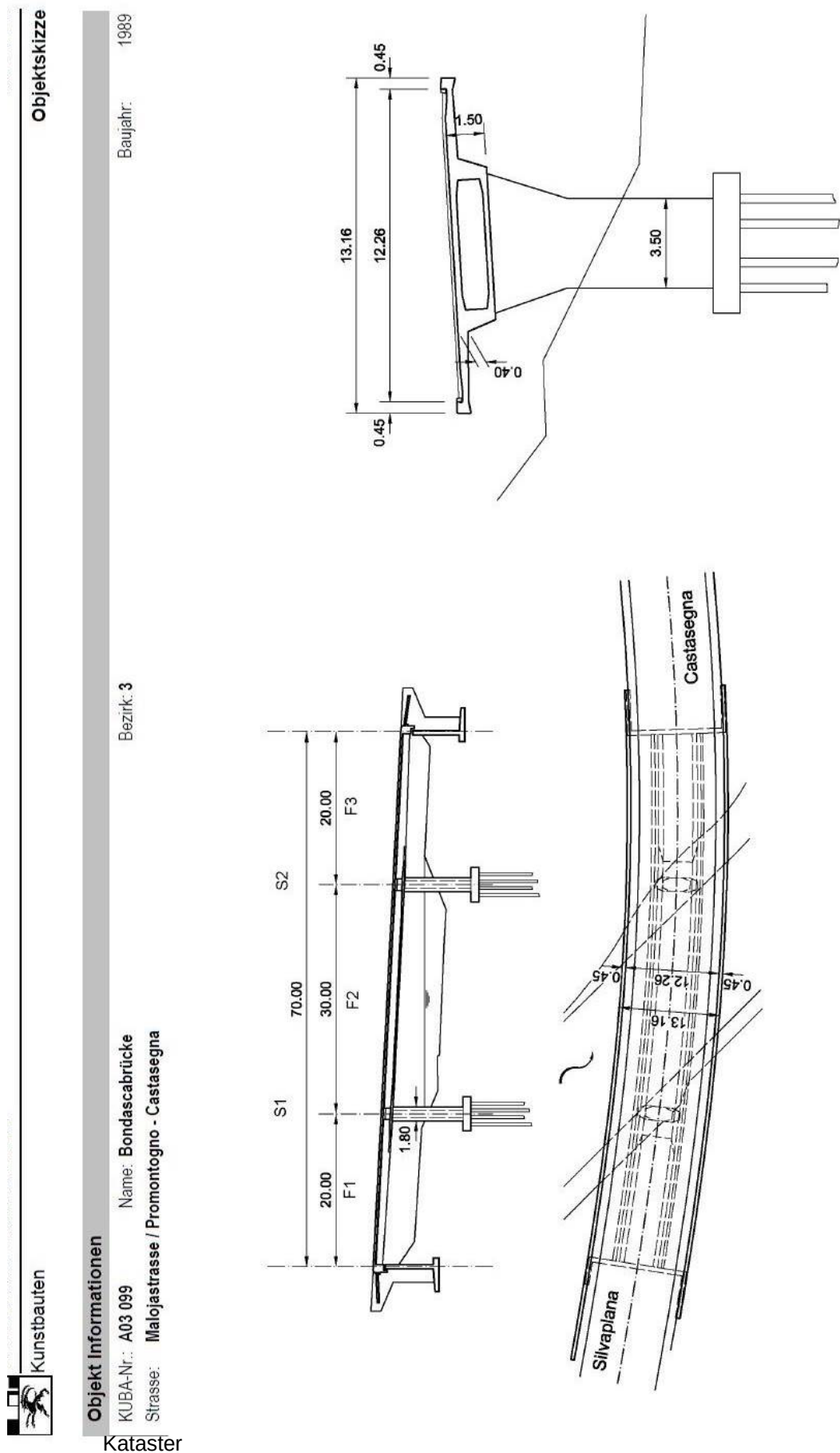


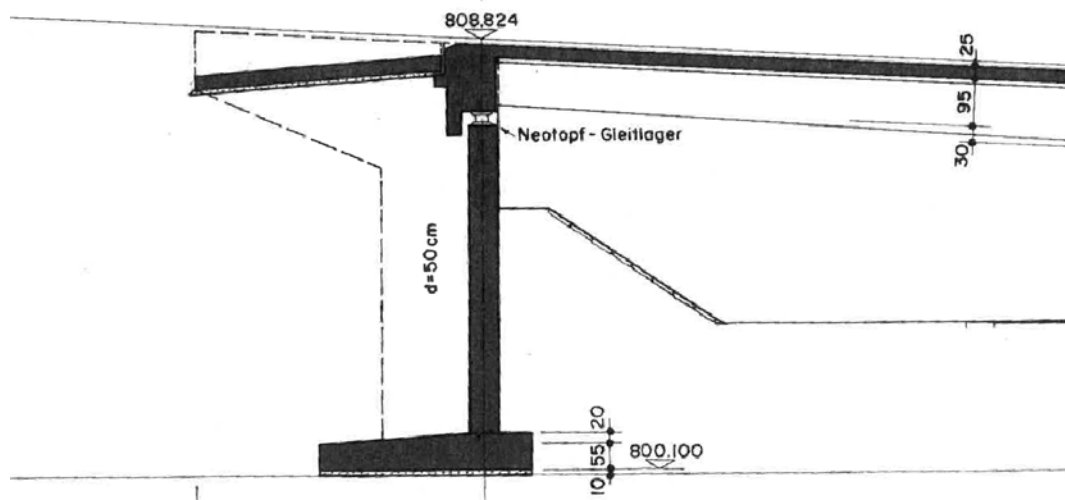
Widerlager links



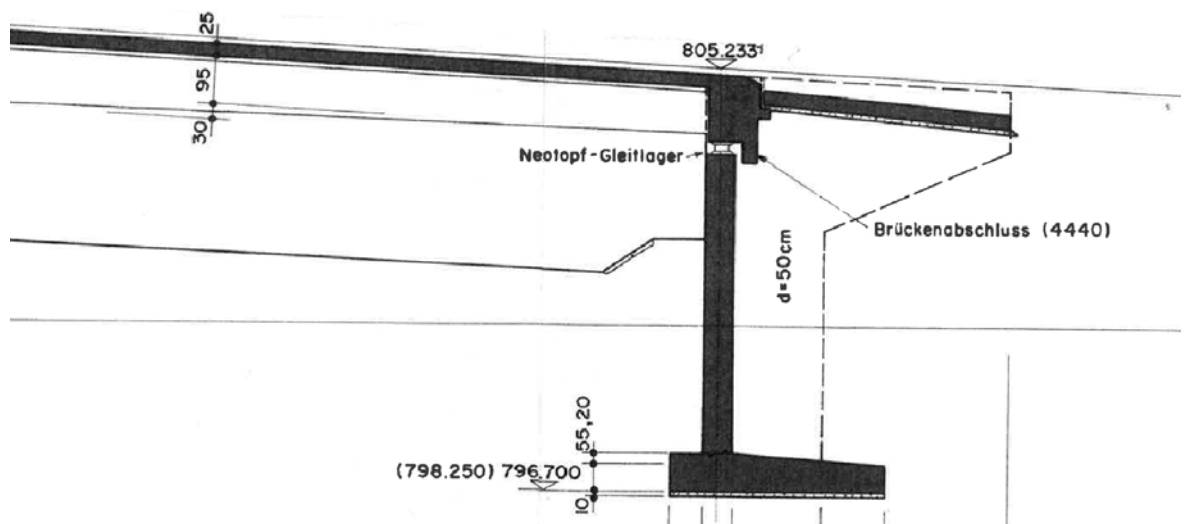
Widerlager rechts

II.11 Bondascabrücke, Bregaglia (GR)





Planausschnitt : Linkes Brückenende



Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Brückenende Detail links



Brückenende Detail rechts



Widerlager links



Widerlager rechts



Widerlager Detail rechts

II.12 Vorderrheinbrücke, Cumpadials (GR)

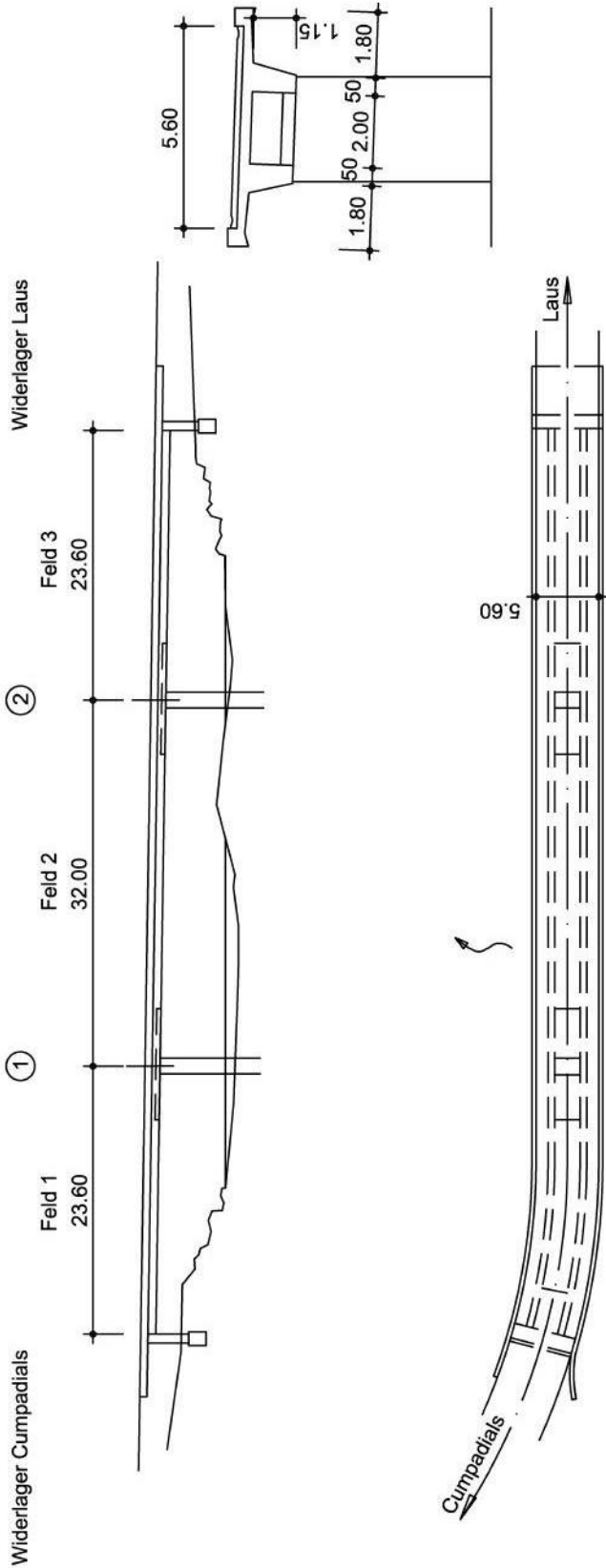


TIEFBAUAMT GRAUBÜNDEN
Kunstbauten

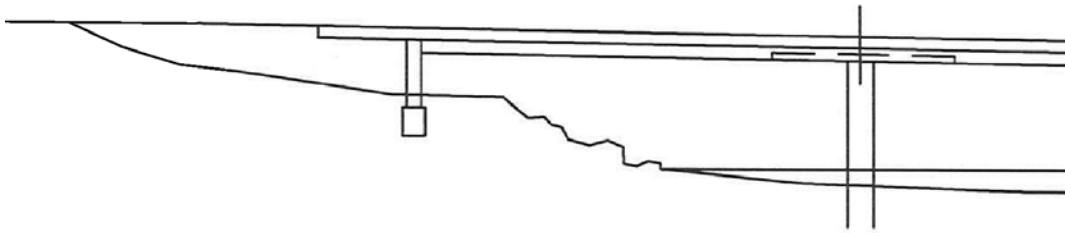
KUBA-GR

Objektskizze

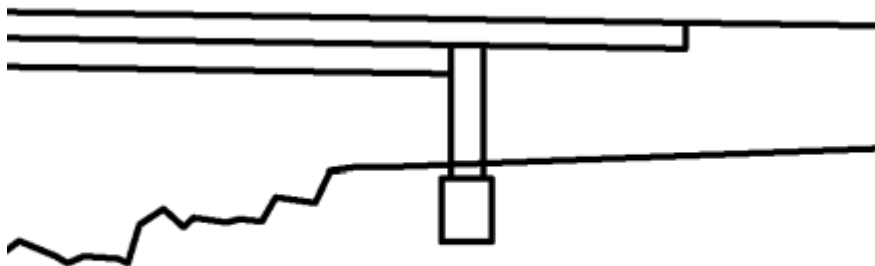
Objekt Informationen			
KUBA-Nr.: 23 50 02	Name: Vorderrheinbrücke Cumpadials	Bezirk: 1	Baujahr: 1995
Strasse: Gemeindestrasse			



Kataster (Schleppplatten nicht eingezeichnet).



Planausschnitt : Linkes Brückenende



Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Brückenende Detail links



Weitere Übersicht



Widerlager links

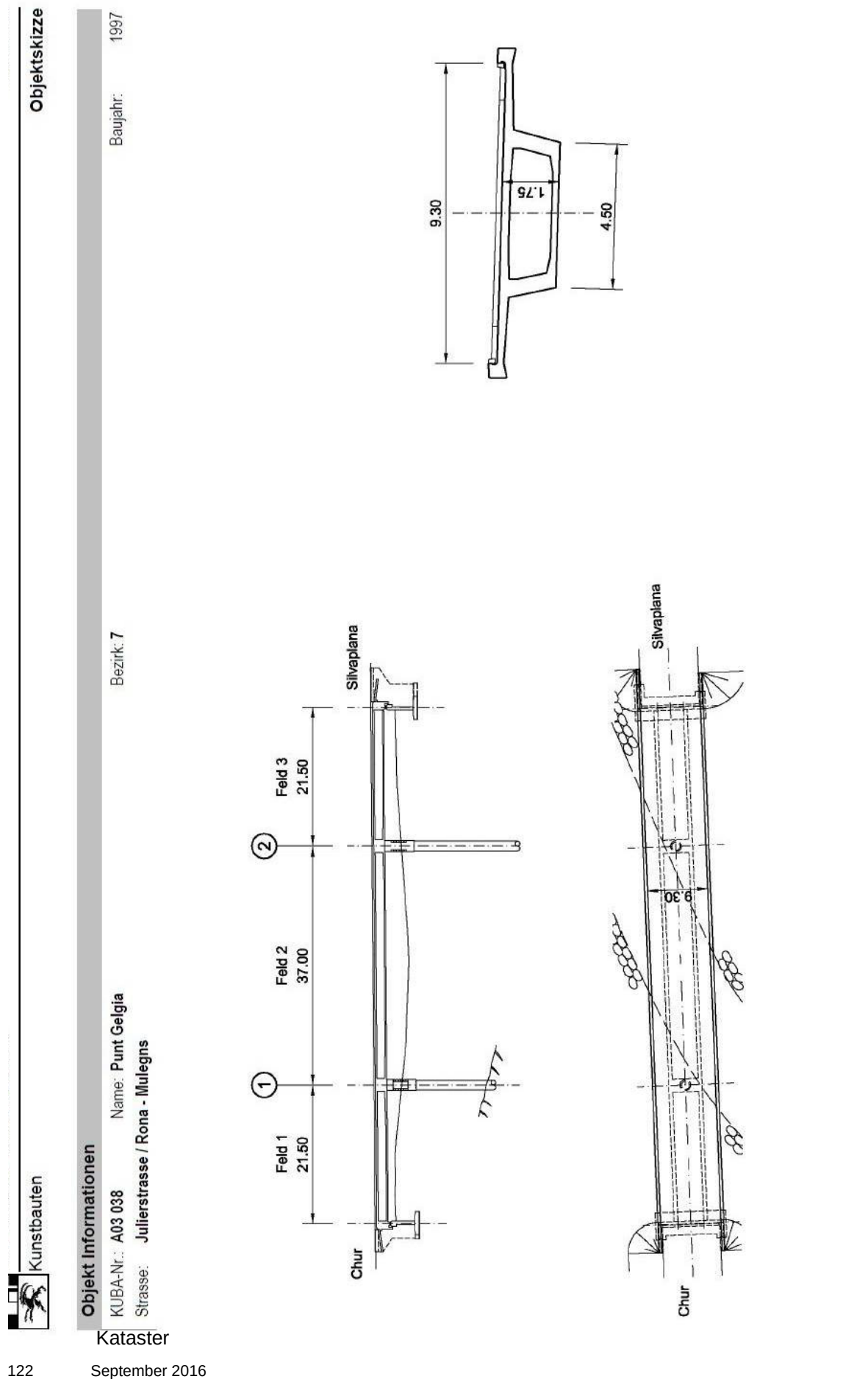


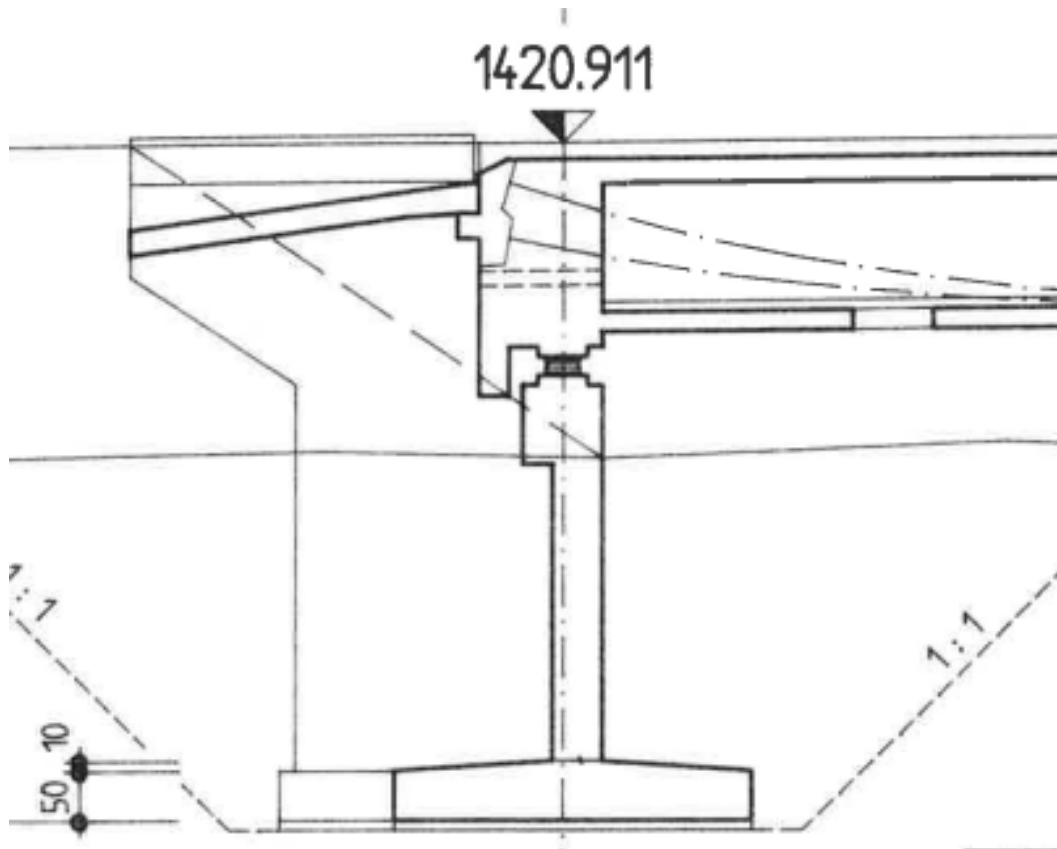
Widerlager rechts



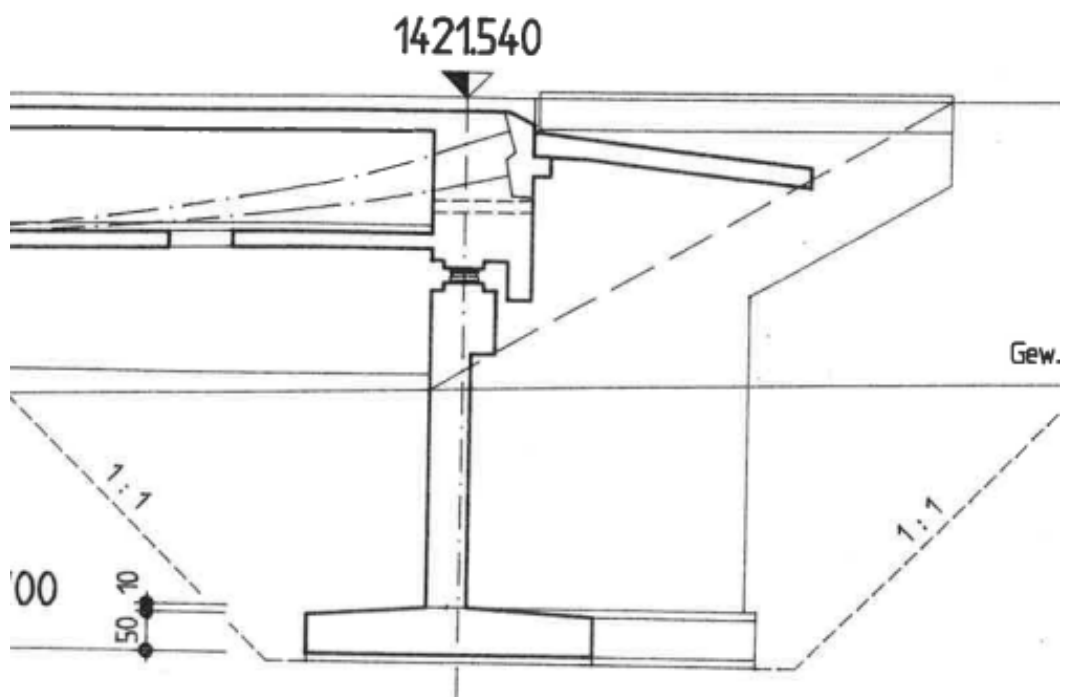
Widerlager Detail links

II.13 Punt Gelgia, Tinizong-Rona / Mulegns (GR)





Planausschnitt : Linkes Brückenende



Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Brückenende Detail links



Brückenende Detail rechts



Weitere Übersicht



Widerlager rechts



Widerlager Detail rechts

II.14 49 00 03 Landwasserbrücke Solas, Filisur (GR)

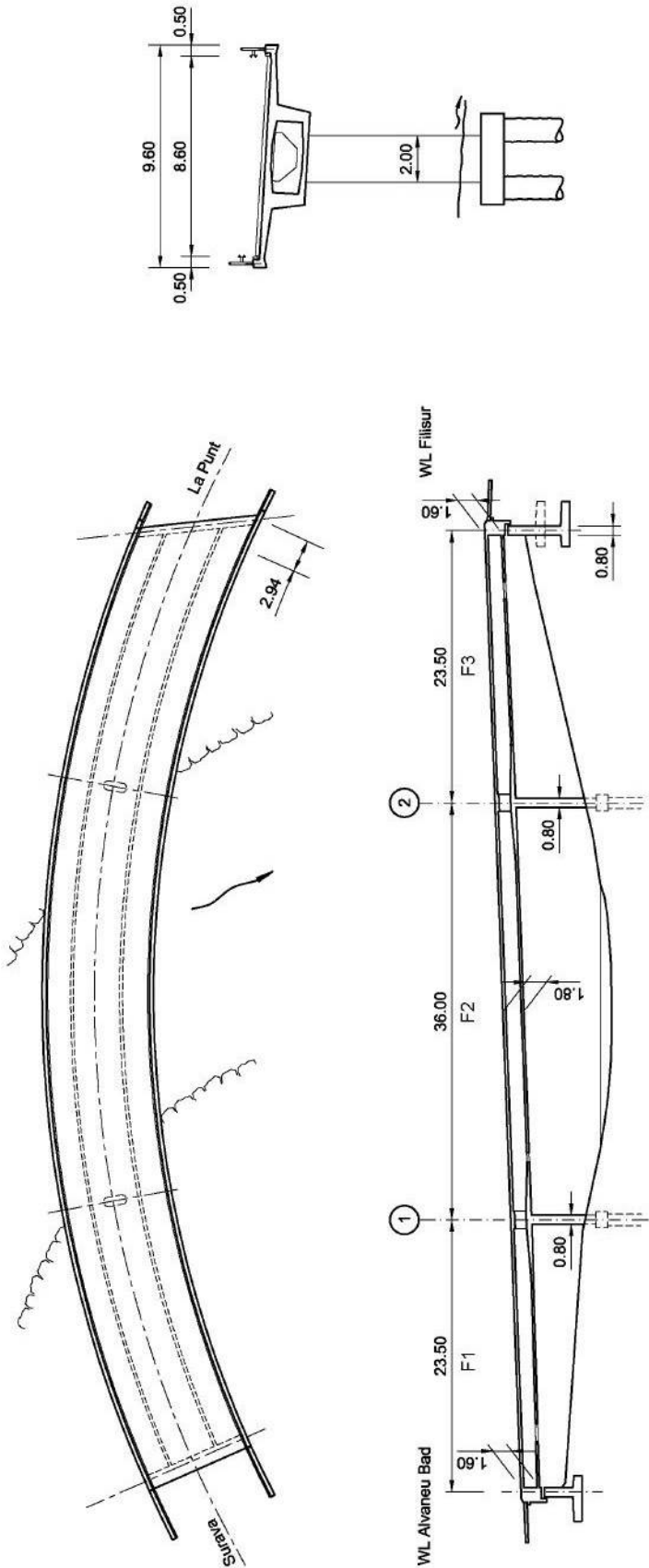


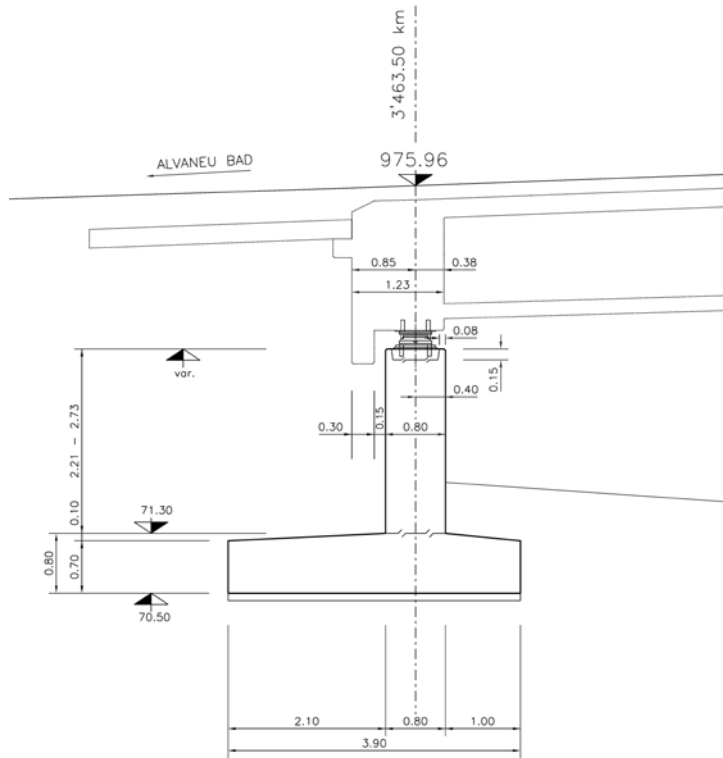
TIEFBAUAMT GRAUBÜNDEN

KUBA-GR

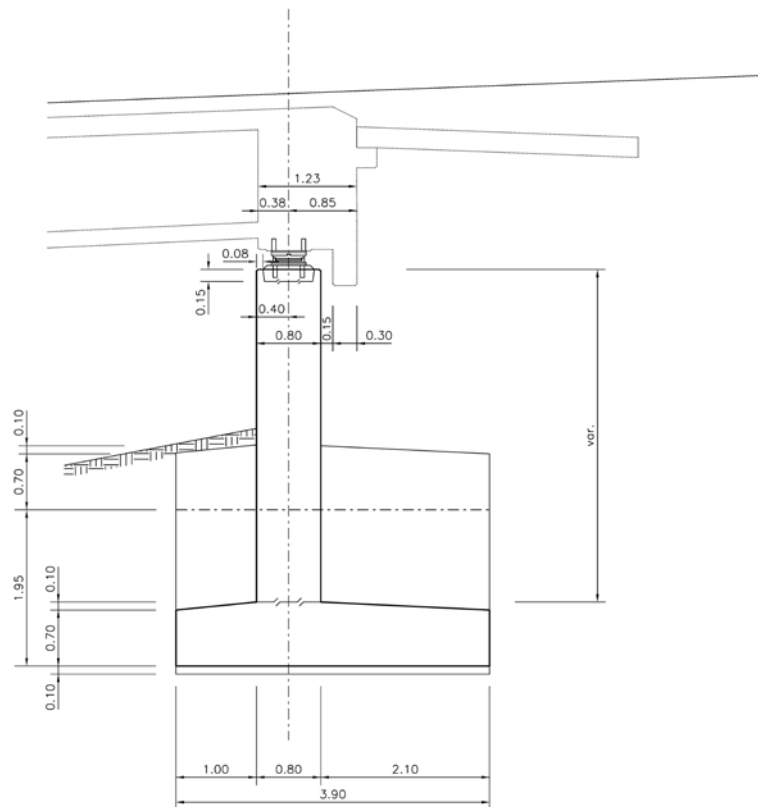
Objektskizze

Objekt Informationen	
KUBA-Nr.: 49 00 03	Name: Landwasserbrücke Solas
Strasse: Albulastrasse / Surava - Filisur	Bezirk: 5
	Baujahr: 1998





Planausschnitt : Linkes Brückenende



Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Brückenende Detail links



Brückenende Detail rechts



Weitere Übersicht



Widerlager links



Widerlager rechts

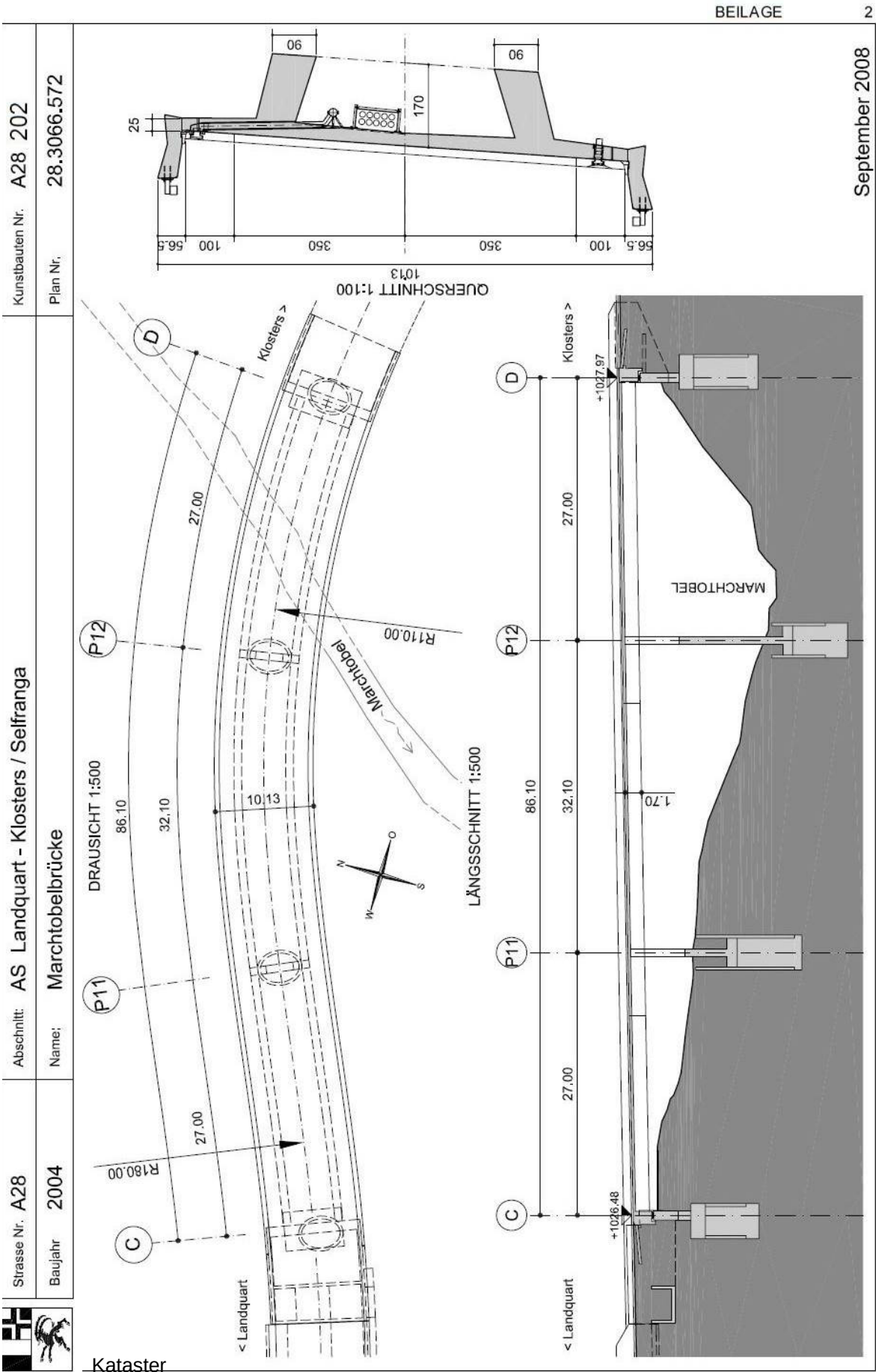


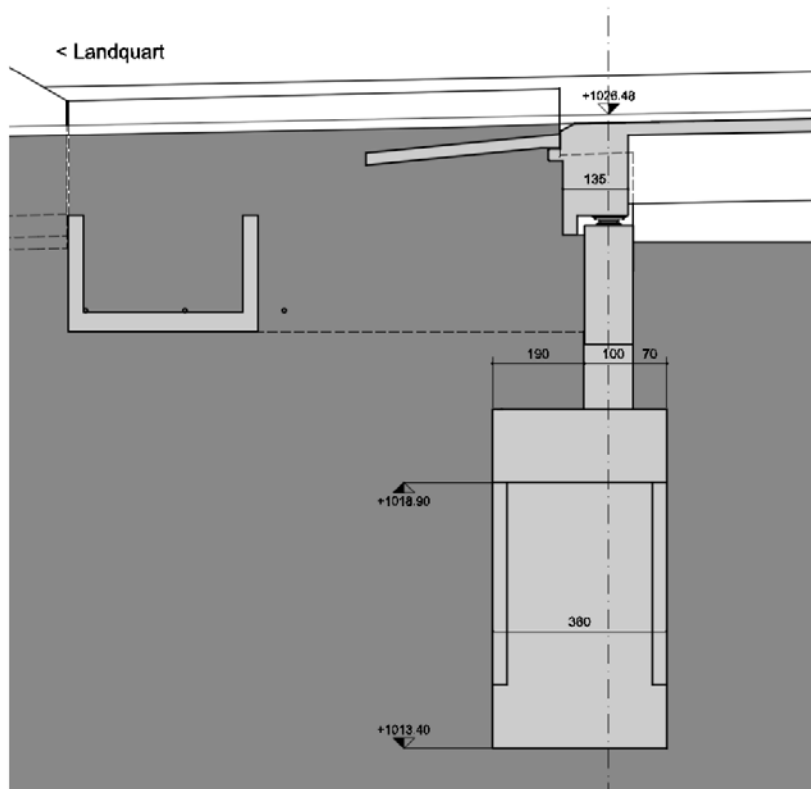
Widerlager Detail links



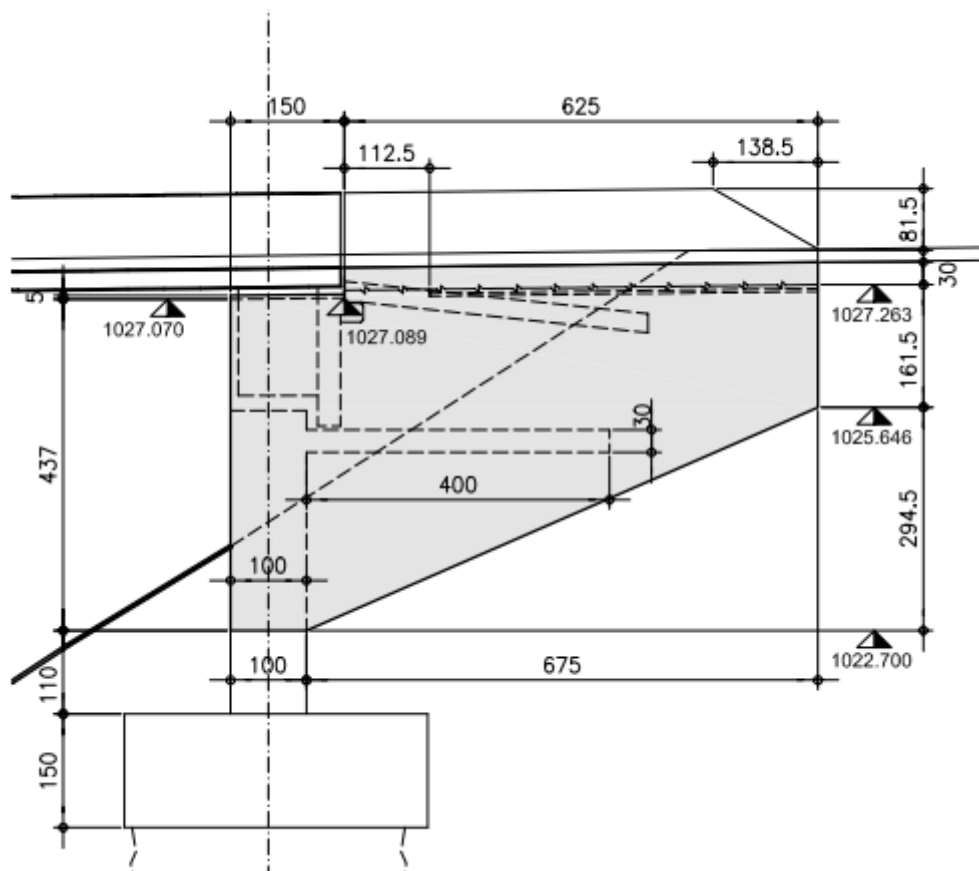
Widerlager Detail rechts

II.15 Marchobelbrücke, Klosters-Serneus (GR)





Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Planausschnitt : Linkes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Widerlager links



Widerlager rechts



Widerlager Detail links

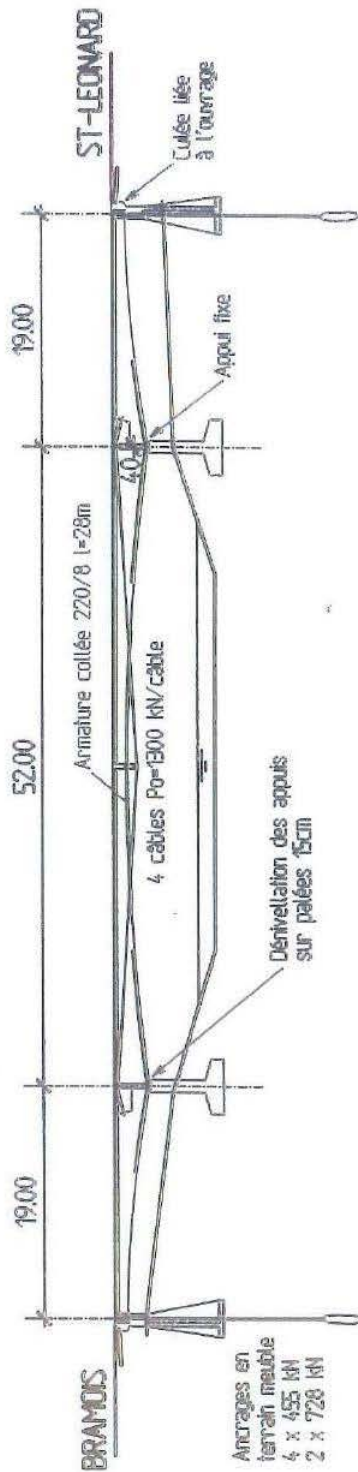


Widerlager Detail rechts

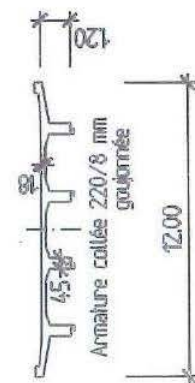
II.16 Rhonebrücke Bramois, Sion (VS)

52	VS	'121 SION	ST-LEONARD BRAMOIS	PONT SUR LE RHONE BRAMOIS	LUNDIN 1972	Dr Jean PRALONG S.A. Rue de la Majorité 9 1950 SION	466 313
----	----	--------------	-----------------------	------------------------------	----------------	---	---------

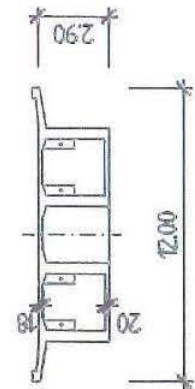
COUPE LONGITUDINALE
(APRES RENFORCEMENT)

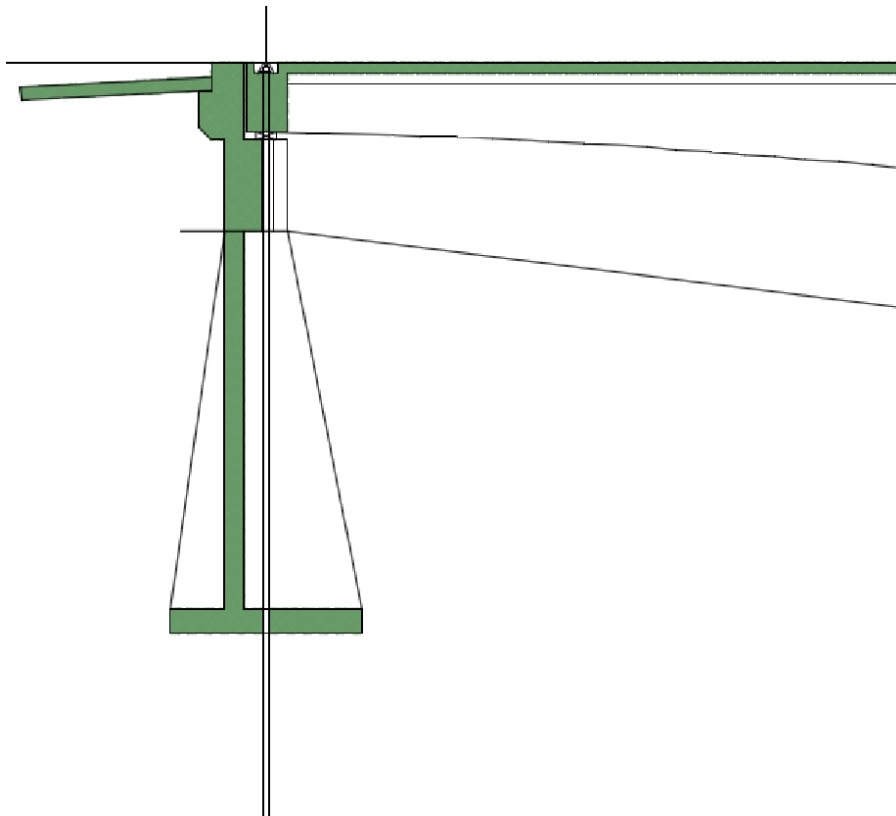


TRAVEL 1250

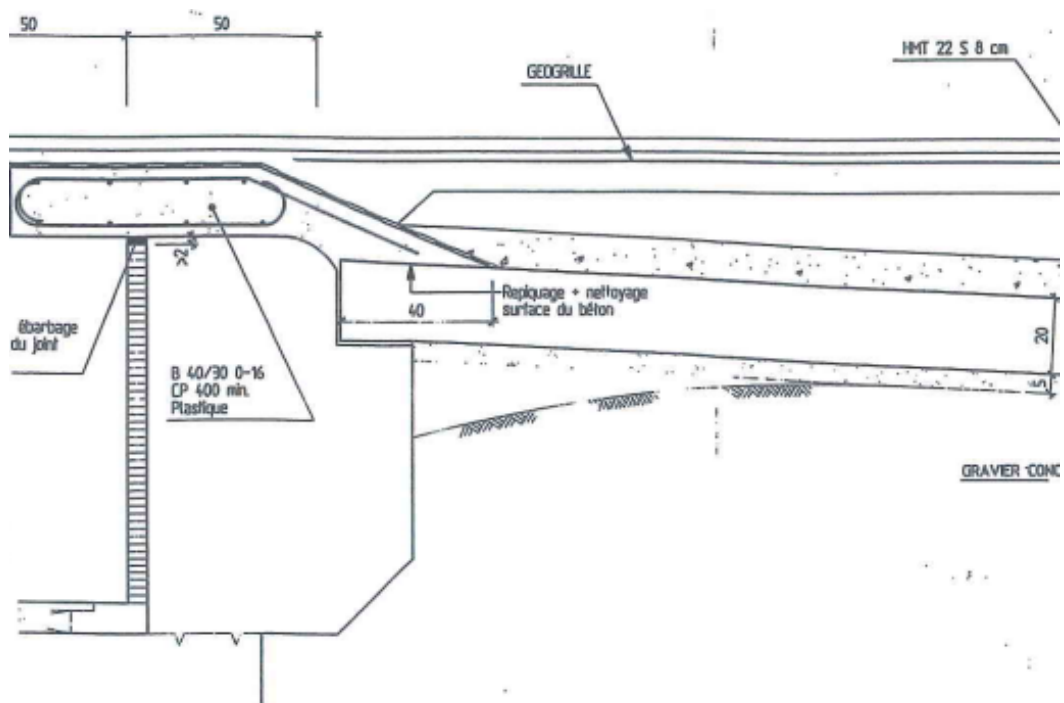


APPU 1250





Planausschnitt : Linkes Brückenende



Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Brückenende Detail links



Brückenende Detail rechts



Weitere Übersicht



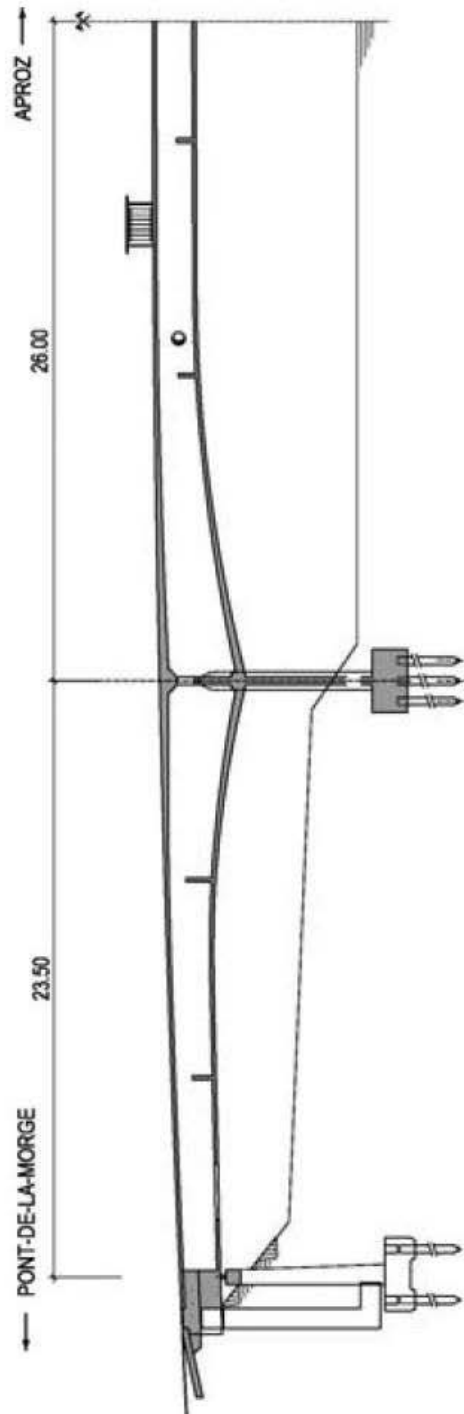
Widerlager rechts



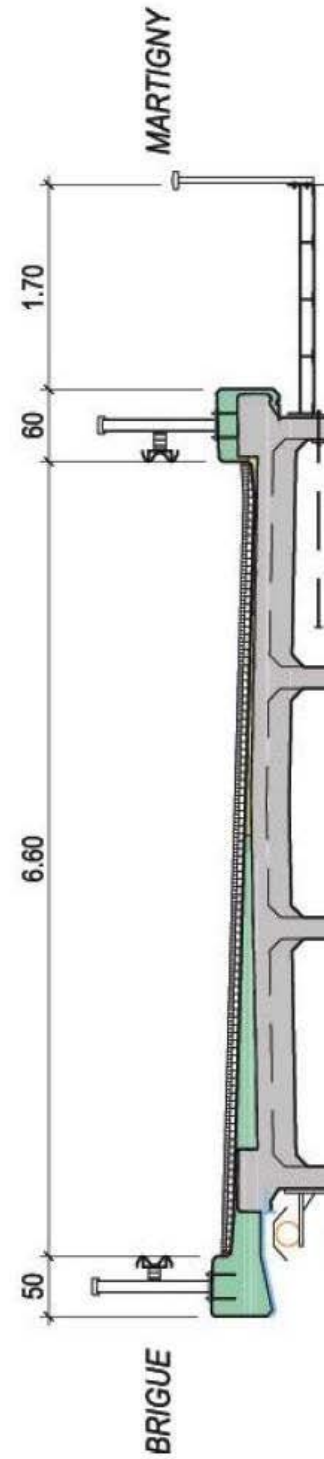
Widerlager Detail rechts

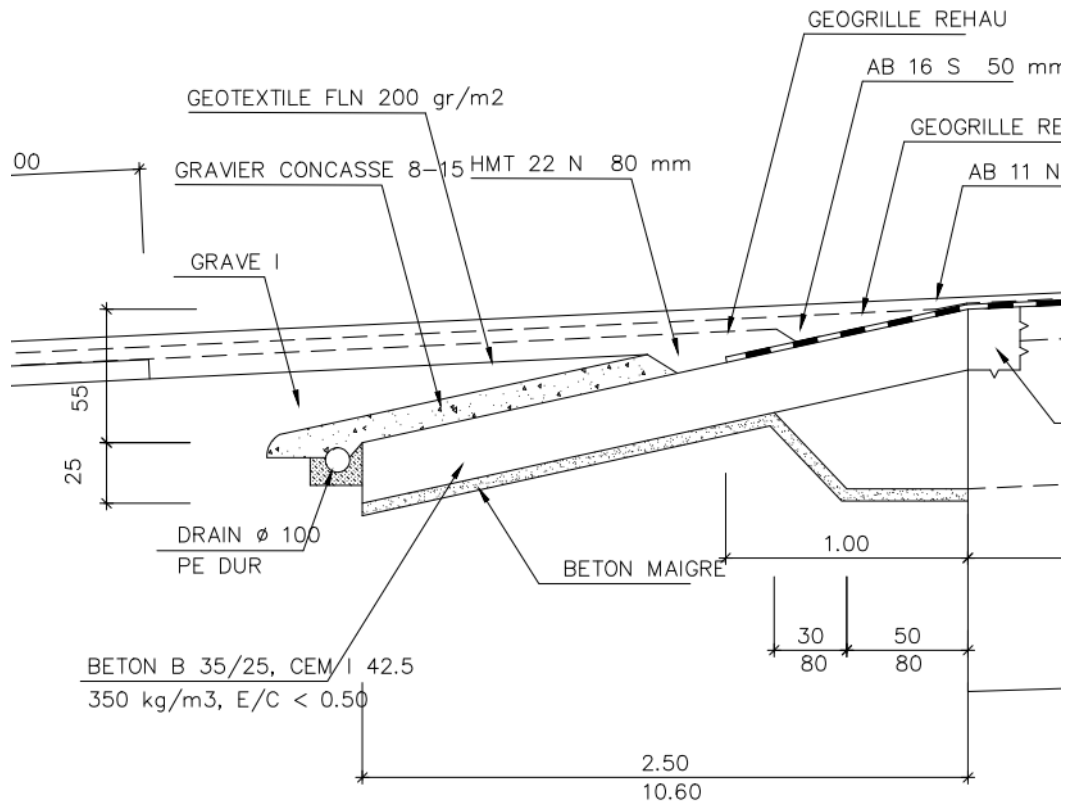
II.17 Rhonebrücke Aproz, Sion (VS)

COUPE LONGITUDINALE

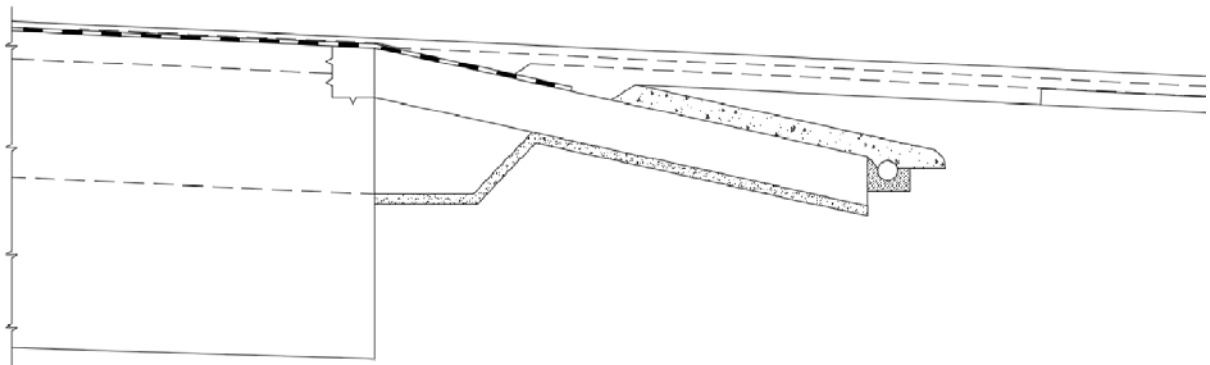


COUPE TRANSVERSALE





Planausschnitt : Linkes Brückenende



Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Weitere Übersicht

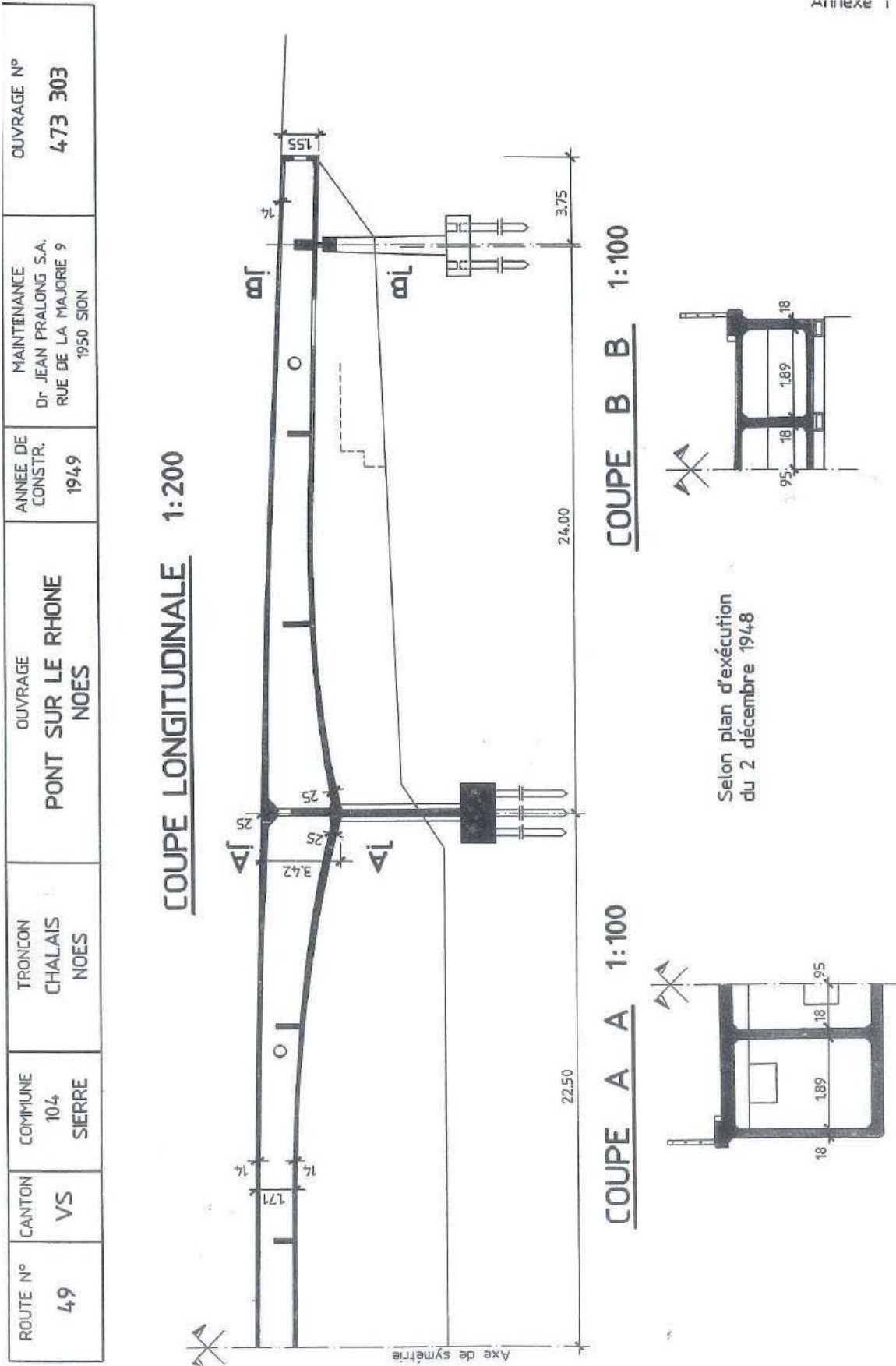


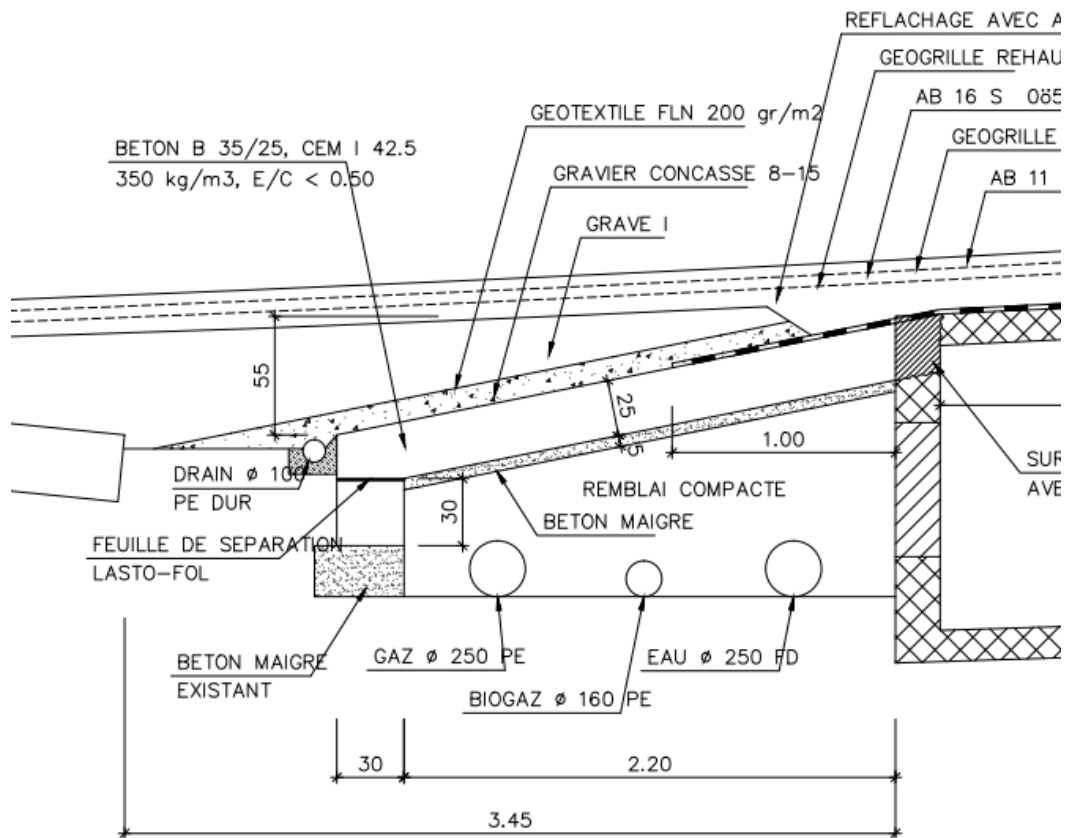
Widerlager rechts



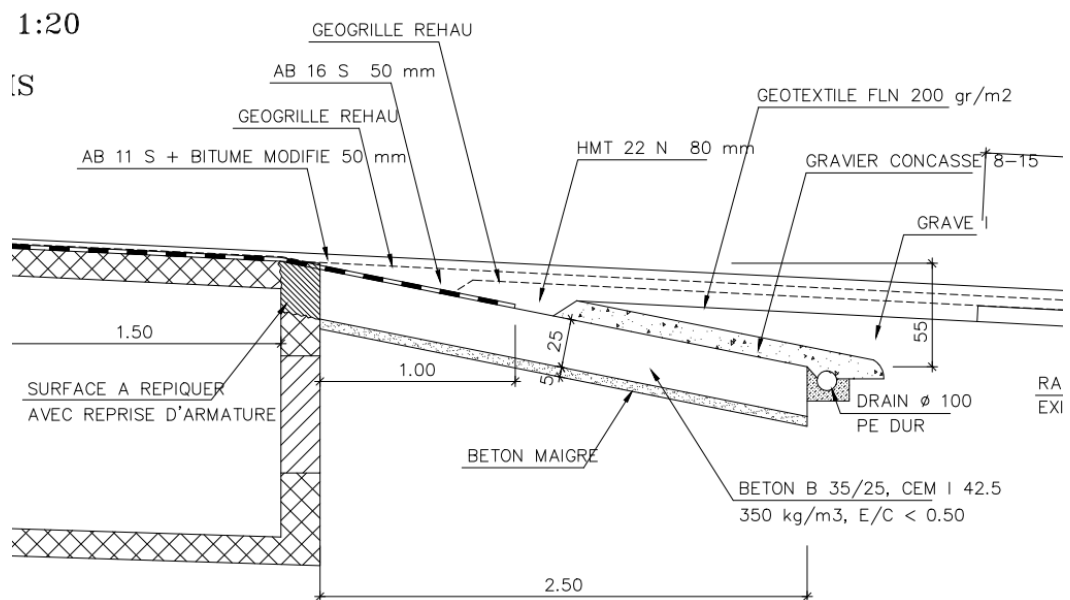
Widerlager Detail rechts

II.18 Rhonebrücke Noes, Sierre (VS)





Planausschnitt : Linkes Brückenende



Planausschnitt : Rechtes Brückenende



Übersicht



Brückenende links



Brückenende rechts



Brückenende Detail links



Brückenende Detail rechts



Widerlager rechts



Widerlager Detail rechts

Literaturverzeichnis

Weisungen und Richtlinien des ASTRA

- [1] Bundesamt für Strassen ASTRA (2011), „**Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken**“, Kapitel 3
-

Dokumentation

- [2] Bundesamt für Strassen ASTRA (2008), „**Integrale Brücken - Sachstandsbericht**“, *Forschungsbericht AGB Nr. 629, Kaufmann, W.*
- [3] Bundesamt für Strassen ASTRA (2010), „**Interaction sol-structure: ponts à culées intégrales**“, *Forschungsbericht AGB Nr. 646, Dreier, D. und Muttoni, A.*
- [4] Bundesamt für Strassen ASTRA (2013), „**Experimental verification of integral bridge abutments**“, *Forschungsbericht AGB Nr. 656, Muttoni, A. et al.*
-

Datenbank des ASTRA

- [5] Bundesamt für Strassen ASTRA (2013), „**Mistra Kuba Datenbank**“
-

Weisungen der Kantone

- [6] Tiefbauamt Graubünden (2005), „**Projektierungsgrundlagen Kunstbauten**“
-

Publikationen

- [7] Glitsch, W. (2013), „**Richtlinie integrale Bauwerke - Sachstandsbericht**“, *Stahlbau Vol. 82, No. 10, S. 708 - 715.*
-

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 18.07.2016

Grunddaten

Projekt-Nr.: AGB 2009/001

Projekttitel: Erfahrungen mit langen integralen und semi-integralen Brücken

Enddatum: 31.07.2016

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Fahrbahnübergänge sind grossen Beanspruchungen und Umwelteinflüssen ausgesetzt. Durch undichte Fahrbahnübergänge in die Konstruktion eindringendes Wasser ist in Ländern mit Taumittelinsatz eine der relevantesten Schadenursachen bei Strassenbrücken. Die Notwendigkeit der Anordnung von Fahrbahnübergängen ist daher in jedem Einzelfall zu prüfen und nach Möglichkeit ist auf den Einsatz zu verzichten [1]. Die Bauwerke sind somit integral (weder Fahrbahnübergänge noch Lager) oder semi-integral (Lager, aber keine Fahrbahnübergänge) auszubilden.

Der Anwendungsbereich integraler und semi-integraler Brückenenden ist jedoch begrenzt. Die Längenänderungen bewirken Zwängungen im Tragwerk und Relativbewegungen zwischen Brückenende und angrenzendem Strassenkörper. Während die Zwängungen dank der Nachgiebigkeit der Brückenenden in der Regel beherrschbar sind, können die (zyklischen) Bewegungen der Brückenenden bei längeren Brücken Setzungen im Bereich des Brückenendes und Belagsrisse verursachen, wodurch die Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigt wird. Die grundlegenden Phänomene, welche zu Setzungen und Belagsrissen im Bereich des Brückenendes führen, sind komplex und erst teilweise erforscht. Da zudem die Erfahrungen mit langen integralen Brücken bisher kaum dokumentiert sind, kann das mutmasslich hohe Potenzial integraler und semi-integraler Brücken nicht ausgeschöpft werden. Im vorliegenden Forschungsprojekt wurden daher die Langzeiterfahrungen mit bestehenden integralen und semi-integralen Brücken näher untersucht.

Zusammenfassend dokumentieren die durchgeführten Untersuchungen, dass bei langen integralen und semi-integralen Brücken, welche nach dem heutigen Stand der Technik ausgeführt werden, grundsätzlich mit Belagsrissen zu rechnen ist. Diese Risse können mit Frässchnitten oder der Anordnung von Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen im Rahmen der Bauausführung nur bedingt verhindert werden, da der Ort, an welchem diese Risse auftreten, nicht präzise vorhergesagt werden kann. Gewisse Belagsreparaturen sind bei solchen Bauwerken daher immer zu erwarten.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Die durchgeführten Untersuchungen erwiesen sich als sehr aufwändig. Sowohl die Kontrolle der Richtigkeit der Angaben der Datenbank am Einzelobjekt im Rahmen der Objektauswahl als auch die Erhebung und Sichtung der teilweise sehr umfangreichen Bauwerksunterlagen (Ausführung, Instandsetzung, Inspektionsberichte) beanspruchten viel Zeit. Insbesondere aber waren die Objektbegehungen mit einem sehr hohen Aufwand verbunden. Trotz des hohen Aufwands muss festgestellt werden, dass die Erfahrungen mit langen integralen und semi-integralen Brücken nur punktuell erfasst werden konnten. Bei den Begehungen handelt es sich um Momentaufnahmen, was durch die Inspektionsberichte nur bedingt kompensiert werden kann. In diesen Berichten sind Belagsrisse oft zu wenig detailliert beschrieben und kleinere, im Zuge des Trasse-Unterhalts ausgeführte Belagsreparaturen sind darin kaum dokumentiert. Auch Informationen der Unterhaltsdienste konnten nur in beschränktem Umfang genutzt werden; hier wirkte sich erschwerend aus, dass die Zuständigkeiten für den Bauwerksunterhalt beim Übergang der Nationalstrassen in den Verantwortungsbereich des Bundes gewechselt haben und die heute verantwortlichen Mitarbeitenden nur selten über langfristige Erfahrungen mit den Bauwerken verfügen.

Aus den vorhandenen Unterlagen und dem anlässlich der Begehungen festgestellten Zustand gesicherte Rückschlüsse auf das Verhalten zu ziehen, erwies sich als äusserst schwierig. Zwar konnten gewisse Anhaltspunkte und Tendenzen ermittelt werden; das Ziel, anhand der Langzeiterfahrungen mit bestehenden integralen und semi-integralen Brücken Rückschlüsse auf die zulässigen Werte der horizontalen Relativverschiebungen des Brückenendes machen oder die Vorgaben für ihre konstruktive Ausbildung anpassen zu können, wurde jedoch nur teilweise erreicht.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die durchgeführten Untersuchungen dokumentieren, dass bei langen integralen und semi-integralen Brücken, welche nach dem heutigen Stand der Technik ausgeführt werden, grundsätzlich mit Belagsrissen zu rechnen ist. Diese Risse können mit Frässchnitten oder der Anordnung von Fahrhahnübergängen aus Polymerbitumen im Rahmen der Bauausführung nur bedingt verhindert werden, da der Ort, an welchem diese Risse auftreten, nicht präzise vorhergesagt werden kann. Eine Schleppplatte verhindert prinzipiell keine Belagsschäden, verringert sie aber tendenziell. Gewisse Belagsreparaturen sind bei solchen Bauwerken daher immer zu erwarten. Trotzdem sind integrale und semi-integrale Bauwerke in vielen Fällen zweckmässig und wirtschaftlich, da sowohl die Erstellungskosten (Entfall Unterhaltsräume und Fahrhahnübergänge) als auch die Unterhaltskosten (Belagsreparaturen vs. Unterhalt an Fahrhahnübergängen) niedriger ausfallen.

Die durchgeführten Untersuchungen lassen keine konkreten Rückschlüsse auf die Schädigungsmechanismen im Bereich der Brückenenden zu. So bleibt beispielsweise unklar, ob resp. unter welchen Bedingungen der Strassenkörper auf der Schleppplatte gleitet oder deren Verschiebungen mitmacht. Ebenso sind keine Rückschlüsse zum Einfluss der zyklischen Verschiebungen des Brückenendes auf den Erddruck möglich. Die Klärung dieser Fragestellungen ist Gegenstand anderer durch die AGB unterstützter Forschungsprojekte. Ergänzend dazu sollten unbedingt Messungen der Verschiebungen im Bereich der Hinterfüllung und des Erddrucks an langen integralen Bauwerken durchgeführt werden. Ebenso sind bessere Kenntnisse über das Verhalten bituminöser Beläge unter zyklischer Beanspruchung erforderlich, insbesondere hinsichtlich der Möglichkeit, die Zähigkeit bei kalten Temperaturen (Verkürzung im Winter = maximale Dehnung des Belags) zu verbessern. Ein weiteres, sehr interessantes Forschungsthema ist die Entwicklung neuartiger Ausbildungen des Brückenendes mit dem Ziel, Belagsrisse zu minimieren. Da solche Lösungen vermutlich höhere Erstellungskosten bedeuten, sollte dabei die Wirtschaftlichkeit (Lebenszykluskosten) gebührend beachtet werden.

Publikationen:

—

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Kaufmann

Vorname: Walter

Amt, Firma, Institut: dsp Ingenieure & Planer AG (ab 01.05.2014: ETH Zürich)

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

W. Kaufmann



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Integrale und semiintegrale Brücken erweisen sich im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit und damit auf die periodischen Unterhaltskosten vorteilhaft. Obwohl das Verhalten solcher Bauwerke noch nicht abschliessend erforscht ist, wurden dennoch zahlreiche integrale Brücken mit teilweise beachtlichen Längen ohne Bewegungsfugen ausgebildet. Selbstredend für die lückenhaften theoretischen Kenntnisse sind die Brückenenden solcher Bauwerke sehr unterschiedlich ausgebildet, und die Schadensbilder durch die fehlenden Dilatationsfugen sind sehr vielschichtig. In den letzten Jahren wurden daher in verschiedenen Forschungsprojekten Bestrebungen unternommen, die Interaktion zwischen den Brückenenden und dem anstehenden Strassenkoffer theoretisch und experimentell vertiefter zu untersuchen, um konstruktive Regeln für deren Ausbildung zu erarbeiten. Dabei sind interessante Erkenntnisse gewonnen worden, die einen Fortschritt in der Gestaltung von Brückenenden integraler Brücken erwarten lassen.

In Ergänzung zu den erwähnten Arbeiten liefert die vorliegende Forschungsarbeit "Erfahrungen mit langen integralen Brücken" einen Überblick über die bisherige Konstruktionspraxis und die damit einhergehenden Schadensbilder für Brücken mit Längen zwischen ca. 60 bis 140m. Obwohl die konstruktive Ausbildung der untersuchten Brücken sehr unterschiedlich ist, konnten ausser mehr oder weniger stark ausgeprägten Schäden am Fahrbahnbelag keine nennenswerten Schäden an den Tragwerken festgestellt werden. Damit zeigt sich, dass dieses Tragwerkskonzept auch für relativ lange Brücken tauglich ist. Solange die Brückenenden mit Schleppplatten versehen sind, treten im Unterschied zu Brückenenden ohne Schleppplatten bei den Belagsrissen kaum vertikale Versätze auf, die den Fahrkomfort nachhaltig mindern.

Aufgrund der vorhandenen eingeschränkten Datenmenge konnten schliesslich aber keine gesicherten allgemeingültigen Schlüsse zum Verhalten und zu zulässigen horizontalen Verschiebungsgrössen gezogen werden, womit das Ziel der Arbeit nicht vollumfänglich erreicht wurde.

Umsetzung:

Die im Rahmen der Schlussfolgerungen dargelegten praktischen Hinweise sind in Verbindung mit den Erkenntnissen aus den vorangehenden Projekten bei der Konzeption neuer integraler Brücken sowie beim Umbau bestehender Brücken zu beachten.

weitergehender Forschungsbedarf:

Es wäre angezeigt, bei den periodischen Bauwerksinspektionen integraler Brücken die Entwicklung von allfälligen Belagsschäden systematisch zu dokumentieren. Auch die Durchführung eines periodischen Nivellements im Bereich der Brückenenden wäre sicherlich sinnvoll. Diese zusätzlich erfassten Daten könnten in einer späteren Phase im Sinne eines Revisings des vorliegenden Projekts ausgewertet werden. Es wäre empfehlenswert, im Fachhandbuch Hinweise für die Ausarbeitung eines Überwachungsplans für integrale Brücken bereit zu stellen und die gewonnenen Informationen in die Kubadatenbank aufzunehmen.

Einfluss auf Normenwerk:

-

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Fürst

Vorname: Armand

Amt, Firma, Institut: Fürst Laffranchi Bauingenieure GmbH, 4912 Aarwangen

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Das Verzeichnis der in der letzten Zeit publizierten Schlussberichte kann unter www.astra.admin.ch (*Dienstleistungen --> Forschung im Strassenwesen --> Downloads --> Formulare*) heruntergeladen werden.