



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

Kostenmodell für das Erhaltungsmanagement von Kunstbauten

Modèle de coût pour la conservation d'ouvrages d'art

Cost Model for Preservation of Road Structures

Infrastructure Management Consultants (IMC GmbH)

Dr. B. T. Adey (bis 31.12.2009)

Dr. M. J. Fuhr (bis 30.6.2015)

Dr. R. Hajdin

ETH Zürich, Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement

Prof. Dr. B. T. Adey (ab 1.1.2010)

Marco Henriquez (1.1.2011-31.12.2013)

Markus Deublein (1.12.2011-31.12.2013)

ewp AG

Manuel Schmid

Regula Wicki

EBP Schweiz AG

Marco Henriquez (seit 1.8.2013)

Markus Deublein (seit 1.10.2013)

**Forschungsprojekt AGB 2004/006 auf Antrag der Arbeitsgruppe
Brückenforschung (AGB)**

Dezember 2017

689

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

Kostenmodell für das Erhaltungsmanagement von Kunstbauten

Modèle de coût pour la conservation d'ouvrages d'art

Cost Model for Preservation of Road Structures

Infrastructure Management Consultants (IMC GmbH)
Dr. B. T. Adey (bis 31.12.2009)
Dr. M. J. Fuhr (bis 30.6.2015)
Dr. R. Hajdin

ETH Zürich, Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement
Prof. Dr. B. T. Adey (ab 1.1.2010)
Marco Henriquez (1.1.2011-31.12.2013)
Markus Deublein (1.12.2011-31.12.2013)

ewp AG
Manuel Schmid
Regula Wicki

EBP Schweiz AG
Marco Henriquez (seit 1.8.2013)
Markus Deublein (seit 1.10.2013)

**Forschungsprojekt AGB 2004/006 auf Antrag der Arbeitsgruppe
Brückenforschung (AGB)**

Dezember 2017

689

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Dr. Rade Hajdin

Mitglieder

Prof Dr. Bryan T. Adey

Marco Henriques

Dr. Markus Deublein

Dr. Matthias J. Fuhr

Dr. Rade Hajdin

Manuel Schmid

Regula Wicki

Federführende Fachkommission

FK 7 (bis 31.12.2014)

FK 4 – Bau- und Geotechnik (seit 1.1.2015)

Begleitkommission

Präsident

Walter Waldis

Mitglieder

Andrea Obrecht

Marc Ochsner

Jacques Perret

Christiane Raab

Jacques Rudaz

Roman Zbinden

Marco Zbinden

Antragsteller

Arbeitsgruppe Brückenforschung (AGB)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé	11
Summary	15
1 Einleitung	19
1.1 Ausgangslage.....	19
1.2 Zielsetzung	21
1.3 Auftrag und Beteiligte	21
1.4 Projektorganisation und Termine	21
1.5 Aufbau des Berichts	21
1.6 Literaturrecherche	22
1.6.1 Einleitung.....	22
1.6.2 Kostenschätzung auf Bauwerksteilebene	22
1.6.3 Kostenschätzung auf Bauwerksebene	24
2 Grundlagen	27
2.1 Normpositionen-Katalog (NPK)	27
2.1.1 Allgemeines	27
2.1.2 Struktur	28
2.1.3 Informationsgehalt.....	29
2.1.4 Leistungsverzeichnis	29
2.2 Fachapplikation Kunstbauten und Tunnel (KUBA)	30
2.2.1 Allgemeines	30
2.2.2 Infrastrukturobjekt	31
2.2.3 Fachkataloge	32
2.2.4 Interventionstyp	33
2.2.5 Bausubstanz, Bewertungs- und Planungseinheit	33
2.3 Erhaltungsprojekt A1 Dietikon - Schlieren	35
2.3.1 Ausgangslage.....	35
2.3.2 Ablauf	36
2.3.3 Bauwerke	38
3 Methodik.....	43
3.1 Kostenmodell.....	43
3.1.1 Definition	43
3.1.2 Datengrundlage.....	43
3.1.3 Annahmen	43
3.1.4 Aufbau	44
3.1.5 Zuordnungstabelle	45
3.1.6 Szenarien	47
3.2 Evaluation.....	49
3.2.1 Umsetzung	49
3.2.2 Modellgüte	50
4 Ergebnisse	51
4.1 Fallbeispiel „Überführung Klosterstrasse“	51
4.2 Erstellung Kostenmodell	51
4.2.1 Datengrundlage.....	51
4.2.2 Erfassung IT und Erhaltungsmassnahmen.....	51
4.2.3 Erfassung NPK-Leistungen.....	51
4.2.4 Erstellung Zuordnungstabelle	54
4.2.5 Berechnung der Leistungseinheitskosten	55

4.2.6	Berechnung der Kosten pro Interventionstyp	57
4.3	Szenario 1 und 2 – IT als ITYP / BA / ERMA.....	58
4.4	Szenario 3 und 4 – IT als ITYP / BA / FSPT / ZUST / ERMA.....	61
4.5	Einheitskosten.....	64
5	Diskussion	67
5.1	Fallbeispiel „Überführung Chlosterstrasse“	67
5.1.1	Szenario 1 und 2.....	67
5.1.2	Szenario 3 und 4.....	67
5.1.3	Einheitskosten der Interventionstypen.....	67
5.2	Kostenmodell	68
5.2.1	Datengrundlage	68
5.2.2	Modellannahmen	69
6	Schlussfolgerungen	71
6.1	Kostenmodell	71
6.2	Empfehlungen.....	72
6.2.1	Erhebungen der Daten.....	72
6.2.2	Weiterer Forschungsbedarf	72
	Anhänge.....	75
	Glossar.....	127
	Literaturverzeichnis.....	129
	Projektabschluss	131
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	135

Zusammenfassung

Eine der wichtigsten Grundlagen für ein Kunstbauten Managementsystem ist die Definition von Kostenkennzahlen von Erhaltungsmaßnahmen. Diese Kostenkennzahlen umfassen bauwerksteiltyp- und bauwerkstypbezogene Einheitskosten. Mittels dieser Kostenkennzahlen werden die Kosten künftiger Erhaltungsmaßnahmen abgeschätzt.

Um diese Kostenkennzahlen auf verlässliche und solide Grundlagen abzustützen, sollten sie von tatsächlich realisierten Massnahmen abgeleitet werden. Dabei besteht die Schwierigkeit, dass die Kosten bei der Realisierung eine andere Gliederung als bei deren Verwendung in einem Managementsystem bzw. bei der Erhaltungsplanung aufweisen. Anlässlich der Realisierung ist eine Gliederung der Kosten nach realisierten Leistungen üblich, da die Bauunternehmung bauliche Leistungen (z.B. Betonieren mehrerer Bauwerksteile) erbringt. Hingegen ist anlässlich der Verwendung in einem Managementsystem bzw. der Erhaltungsplanung eine bauwerkstyp- oder bauwerksteiltypbezogene Gliederung der Kosten gebräuchlich, da das Dienstleistungsniveau für das gesamte Bauwerk oder einzelne Bauwerksteile betrachtet wird und die Massnahmen für das Bauwerk oder die Bauwerksteile geplant werden.

Die Kosten realisierter Massnahmen müssen also in bauwerkstyp- oder bauwerksteiltypbezogene Kosten umgerechnet werden. Für diese Umrechnung wird ein Kostenmodell benötigt, welches genaue Regeln zur Abbildung definiert.

In dieser Forschungsarbeit wird ein Kostenmodell vorgestellt und in der Software DIXIS implementiert. Darin erfolgt die Zuordnung der Kosten aus dem NPK-Leistungsverzeichnis des CRB mittels einer statischen Zuordnungstabelle. Diese Zuordnungstabelle wird anhand der Beschreibungen der NPK-Leistungen gebildet und muss nur einmal erstellt werden. Die Kosten einer NPK-Leistung werden proportional zu den Ausmassen der – nach Leistungsverzeichnis – geplanten Erhaltungsmaßnahmen auf die Bauwerksteile verteilt. Der Vorteil dieser Methode ist, dass die bestehende Abrechnungspraxis nicht tangiert wird.

NPK-Leistungen aus dem
Leistungsverzeichnis

Bauwerksteile mit Angaben zur
Bauart und Erhaltungsmassnahme

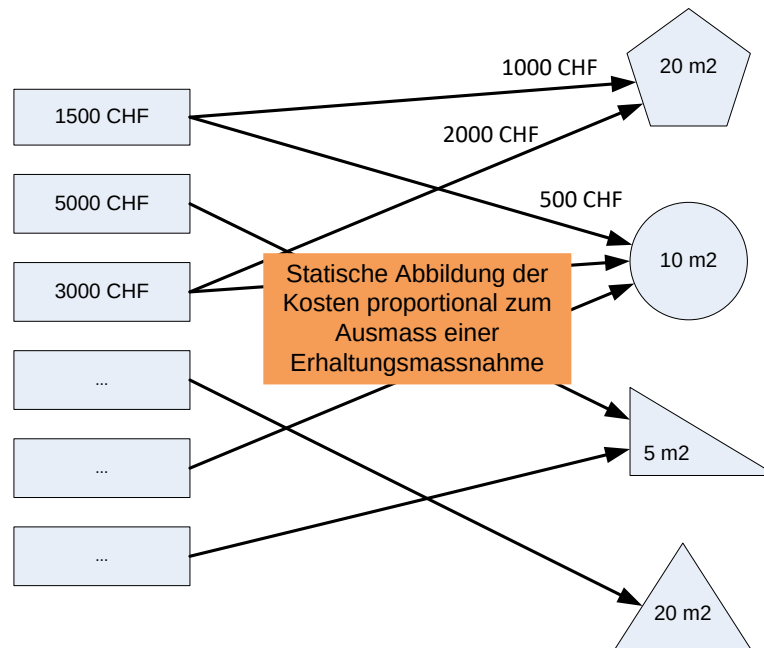


Abb. 1 Kostenmodell DIXIS. Die Kosten der NPK-Leistung werden mit Hilfe einer statischen Zuordnungstabelle in Kosten pro Bauwerksteile umgerechnet. Die Kosten werden proportional zum Ausmass der Erhaltungsmassnahmen aufgeteilt.

DIXIS wurde zur Ermittlung der Kostenkennzahlen einer Unterführung angewendet. Die Kosten des Gesamtbauwerks können mit einer Abweichung von weniger als 10% geschätzt werden, während bei den Kosten für die Bauwerksteile teilweise Abweichungen von bis zu 2'500% auftreten. Die massiven Abweichungen auf Bauwerksteilebene können aufgrund der folgenden Faktoren erklärt werden:

- Die meisten NPK-Leistungsbeschreibungen enthalten keine Angaben zum betroffenen Bauwerksteil und werden deshalb sehr vielen möglichen Bauwerksteilen zugeordnet.
- Das tatsächliche durchgeführte Ausmass einer Erhaltungsmassnahme unterscheidet sich oftmals vom – nach Leistungsverzeichnis – geplanten Ausmass.
- Reservepositionen des NPK können im Kostenmodell nur ungenügend berücksichtigt werden.

Die präsentierte Methodik zur Berechnung von bauwerksteilbezogene Kosten von Erhaltungsmassnahmen beruht auf der Annahme, dass Kosten und Ausmasse geplanter NPK-Leistungen mit Hilfe sog. Interventionstypen und einer Zuordnungstabelle in bauwerksteilbezogene Kosten umgerechnet werden können. Obwohl dieser Ansatz vielversprechend ist, sind die Autoren aus folgenden Gründen der Meinung, dass eine solche nachträgliche Umrechnung immer mit grossen Unsicherheiten verbunden ist:

- Es ist fraglich, ob die Interventionstypen auch tatsächlich mit den geplanten Ausmassen zur Ausführung kommen. Eine Anpassung der Projekte ist nichts Ungewöhnliches.
- Nicht jede NPK-Leistung kann zweifelsfrei einem Interventionstyp zugeordnet werden. Die Zuordnung beruht somit auf subjektiven Überlegungen. Es ist fraglich, ob hiermit aufgrund von statistischen Verfahren zuverlässigere Resultate erzielt werden können.

Diese Probleme können nur vermieden werden, indem die Kosten der Erhaltungsmassnahmen nach Bauwerksteilen erfasst werden.

Deshalb wird empfohlen die Kosten in allen Phasen eines Erhaltungsprojektes konsequent bauwerksteilbezogen zu gliedern und zu erfassen. Dies könnte mit den folgenden Massnahmen bewerkstelligt werden:

- Erfassung der Leistung nach Bauwerksteilen, indem die 9-stellige NPK-Nummer (3x3 Ziffern) durch zwei zusätzliche Blöcke ergänzt wird. Der erste Block könnte für die Bauwerksteile und der zweite Block z.B. für die Interventionstypen verwendet werden. Eine solche Ergänzung des NPK ist einfach umsetzbar, da diese zusätzlichen Blöcke bereits im NPK vorgesehen sind.
- Anwendung der CRB Norm eBKP-T in der Baupraxis.

Beide Massnahmen würden einen zusätzlichen Aufwand gegenüber der bisherigen Praxis nach sich ziehen. Dieser zusätzliche Aufwand müsste allenfalls durch den Infrastrukturbetreiber vergütet werden.

Im Rahmen von weiteren Forschungsprojekten könnten die bauwerksteilbezogene Einheitskosten durch Auswertung der so erhobenen Daten ermittelt werden. Die so geschätzten Einheitskosten könnten, z.B. zur Evaluation von Eingaben einer Ausschreibung oder Schlussabrechnungen eingesetzt werden.

Aufgrund von terminlichen Verschiebungen in der Durchführung der für diese Forschungsarbeit ausgewählten Projekte konnten nur die Daten eines Projekts verwendet werden. Die Datenbasis der Arbeit ist also recht klein.

Résumé

Les valeurs caractéristiques des coûts d'interventions de conservation sont l'une des bases principales d'un système de gestion d'ouvrages d'art. Ces valeurs caractéristiques des coûts comprennent les coûts unitaires liées aux types d'éléments de l'ouvrage et ceux relatifs aux types d'ouvrages. À l'aide de ces valeurs caractéristiques des coûts, les coûts des futures interventions de conservation sont estimés.

Afin de fonder les valeurs caractéristiques des coûts sur des bases fiables et solides, elles devraient être déduites d'interventions réellement réalisées. En l'occurrence, la difficulté est que – lors de la réalisation – les coûts présentent une structuration différente que pour l'utilisation dans un système de gestion respectivement pour la planification de la conservation. Lors de la réalisation, une structuration des coûts par prestations réalisées est habituelle puisque l'entreprise fournit des prestations de construction (p.ex. bétonner plusieurs éléments de l'ouvrage). Pour l'utilisation dans un système de gestion respectivement pour la planification de la conservation, une structuration des coûts relative au type d'ouvrage ou au type d'élément de l'ouvrage est par contre commune. Ceci puisque le niveau de service pour tout l'ouvrage ou pour éléments de l'ouvrage séparés est considéré et les interventions sont planifiées pour l'ouvrage ou les éléments de l'ouvrage.

Les coûts d'interventions réalisés doivent donc être convertis en coûts relatifs au type d'ouvrage ou au type d'élément de l'ouvrage. Pour cette conversion, un modèle des coûts est nécessaire qui définit des règles précises.

Dans ce travail de recherche, un modèle des coûts est présenté et mis en œuvre dans le logiciel DIXIS. DIXIS est l'abréviation pour le croisement de l'autoroute de Dietikon-Schlieren, pour lequel le projet analysé a été réalisé. Dans DIXIS, l'attribution des coûts du catalogue des prestations du CAN du CRB est effectuée à l'aide d'un tableau d'attribution statique. Ce tableau d'attribution est établi à partir des descriptions des prestations du CAN et doit être établi qu'une seule fois. Les coûts d'une prestation du CAN sont répartis proportionnellement aux étendues de l'intervention de conservation planifiée sur les éléments de l'ouvrage. L'avantage de cette méthode est que la pratique de facturation existante n'est pas affectée.

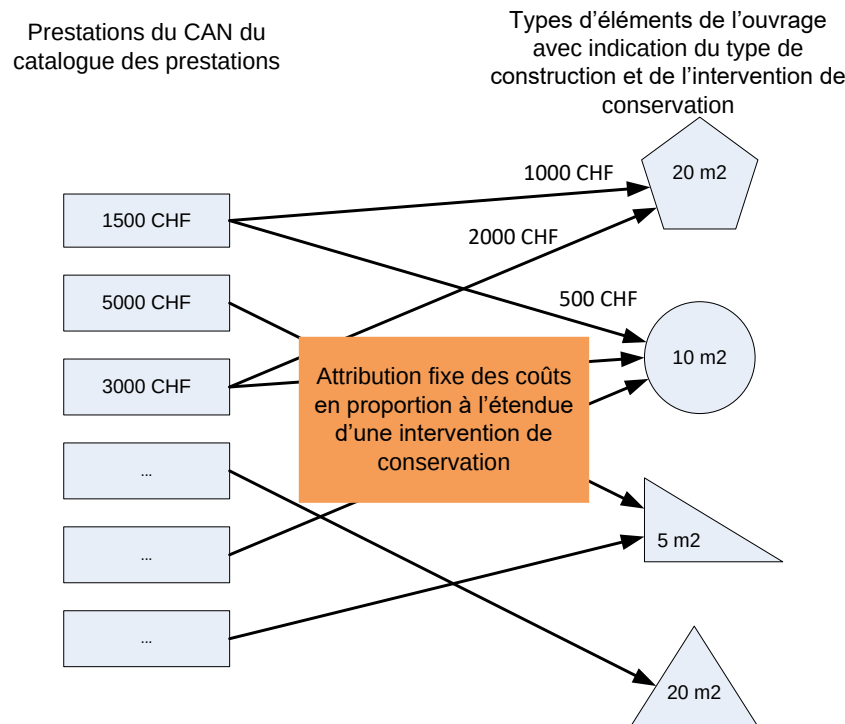


Abb. 2 Modèle des coûts DIXIS. Les coûts des prestations du CAN sont convertis à l'aide d'un tableau de conversion statique en coûts relatif au type d'élément de l'ouvrage. Les coûts sont répartis proportionnellement à l'étendue des interventions de conservation.

DIXIS a été utilisé pour déterminer les valeurs caractéristiques des coûts d'un passage inférieur. Les coûts de l'ensemble de l'ouvrage peuvent être estimés avec un écart inférieur à 5%, alors qu'en partie, pour les coûts des éléments de l'ouvrage, des écarts allant jusqu'à 2'500% se produisent. Les énormes écarts au niveau des éléments de l'ouvrage peuvent être expliqués par les raisons suivantes :

- La plupart des descriptions des prestations du CAN ne contiennent pas d'information sur les éléments de l'ouvrage affectés et par conséquent elles sont attribuées à un très grand nombre des éléments de l'ouvrage.
- L'étendue effectivement réalisée d'une intervention de conservation diffère souvent de l'étendue planifiée selon le catalogue des prestations.
- Les positions de réserve du CAN ne peuvent qu'être considérées insuffisamment dans le modèle des coûts.

La méthodologie présentée pour le calcul des coûts d'interventions de conservation relatives aux éléments de l'ouvrage se base sur l'hypothèse que les coûts et étendues des prestations du CAN planifiées peuvent être convertis en utilisant des soi-disant types d'interventions et un tableau d'attribution en coûts relatifs à l'élément de construction. Bien que cette approche soit prometteuse, les auteurs sont de l'avis qu'une telle conversion ultérieure soit toujours sujette à incertitudes considérables, pour les raisons indiquées ci-dessous :

- Il est douteux que les types d'intervention seront effectivement réalisés avec les étendues qui avaient été planifiées. Une adaptation des projets n'est pas rare.
- Chaque prestation du CAN ne peut pas être attribuée de façon univoque à un type d'intervention. L'attribution se base donc sur des raisonnements subjectifs. Il est douteux que par cela des résultats fiables peuvent être obtenus par des méthodes statistiques.

Ces difficultés ne peuvent être évitées que par la saisie des coûts des interventions de conservation par les éléments de l'ouvrage.

Par conséquent, il est recommandé que – dans toutes les phases d'un projet de conservation – les coûts soient structurés et saisis conséquemment relatifs aux éléments de l'ouvrage. Ceci pourrait être réalisé par les mesures suivantes :

- Saisie de la prestation par éléments de l'ouvrage, en complétant les 9 chiffres du numéro du CAN (chiffres 3x3) par un ou deux blocs supplémentaires. Le premier bloc pourrait être utilisé pour les éléments de l'ouvrage et le deuxième bloc p.ex. pour les types d'intervention. Un tel complément du NPK est facile à mettre en œuvre, car ces blocs supplémentaires sont déjà prévus dans le CAN.
- Application de la norme eBKP-T du CRB dans la pratique de la construction.

Ces deux mesures entraîneraient des coûts supplémentaires par rapport à la pratique actuelle. A la rigueur, ce coût supplémentaire devrait être rémunéré par le gestionnaire de l'infrastructure.

Une telle façon de saisir les coûts serait d'avantage pour la recherche ainsi que pour la pratique. Dans la recherche, des coûts plus précis par élément de l'ouvrage engendreraient des meilleures stratégies de conservation à tous les niveaux. Dans la pratique, elle pourrait contribuer à améliorer l'évaluation des soumissions d'appels d'offre et des factures finales.

Des meilleurs résultats auraient été possibles si le projet de recherche aurait été basé sur plusieurs et pas que sur un projet. A cause de problèmes de planification pour beaucoup d'interventions de conservation, ceci n'était malheureusement pas possible. Les auteurs considèrent que plus de données auraient mené à d'autres conclusions.

Summary

One of the most important elements in the planning of maintenance interventions, and, therefore, in road structures management systems, is ability to estimate the costs of maintenance interventions. These costs are normally developed using element level and structure level unit costs.

In order to estimate these costs, unit costs need to be determined from the actual costs of completed interventions. This, however, is difficult as the costs of such interventions are reported per activity performed, e.g. pouring the concrete, and not per element. This is because construction companies perform activities and are relatively ambivalent to the number of elements upon which they work. The costs using in the planning of maintenance interventions, however, need to be related directly to the elements or to the structure so that the service level provided by the elements and structures can be appropriately taken into consideration and the optimal times to intervene can be determined.

This discrepancy means that the actual costs of the completed interventions have to be converted to costs related to the elements or the structure. This conversion requires a cost model, i.e. a model containing the rules for the conversion from the costs of activities to the costs of elements and structure.

In this research project, such a cost model was developed. The developed cost model enables the conversion of costs associated to activities as defined in the NPK-activity catalogue from CRB into costs associated to elements and structures. The cost model was implemented into the software referred to as DIXIS, after the work area in which the example bridge was located. The mapping table implemented in the software, which only has to be developed once, was developed using the descriptions in the NPK activity catalogue. The software proportionally distributes the cost of the activities are to the elements of the structure to have a maintenance intervention based on the extent of work to be done per element as documented by the construction company. An advantage of the method used in the software is that the current bidding and billing practices remain the same.

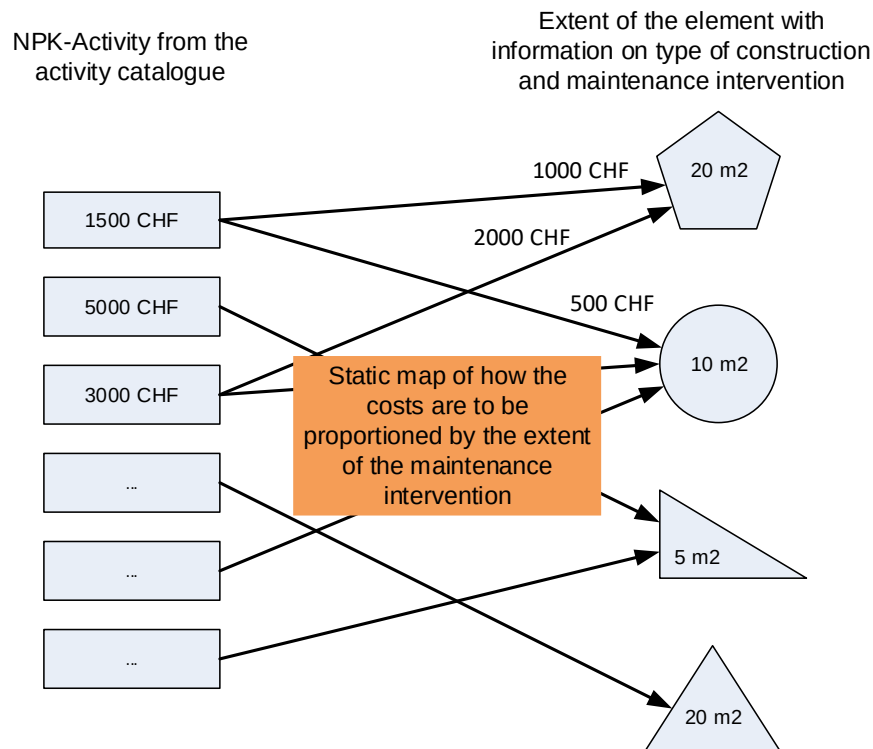


Abb. 3 Cost model DIXIS. The costs of the NPK-Activity are converted to costs per element using a static mapping table. The costs are proportionally divided based on the extent of the maintenance intervention.

The Software DIXIS was used to estimate the costs of a maintenance intervention on underpass. The costs of the total structure were estimated with a deviation of less than 10%, whereas there were deviation of up to 2'500% between the estimated and actual costs of the elements deviated by up to 2'500%. The reasons for the massive deviations for the costs of the elements are:

- Most descriptions of NPK-Activities contain no information that could be used to assign the activity to specific elements of the structure and therefore, many costs were assigned to many possible elements.
- The reserve activities in the NPK could not be mapped in a reasonable way to the specific elements.
- There are normally variations between the actual and the planned extent of maintenance interventions.

The method used to estimate the costs per element requires the use of a mapping table and so called intervention types from the cost and extent of the planned NPK-Activities. Although the method has potential, the authors doubt that it can be used in its current form in a meaningful way for the following reasons:

- The planned intervention types are often different from what is actual done during the project.
- It is not possible to map each NPK-Activity clearly to an intervention type. The mapping, therefore, often require subjective adjustment rendering it extremely difficult for a static process to yield reliable results.

These problems mean that accurate estimates of the costs of maintenance interventions per element can only really be determined by recording the costs of the maintenance intervention per element.

If it is desired to have accurate estimates of the costs of maintenance interventions per element that the costs of future maintenance projects be made on the element level in all phases of maintenance projects. This can be done by:

- recording the activity per element using the 9 digit NPK number (3x3 digits) by adding two additional blocks to the NK-number. The first additional block could be for the element and the second could be for the intervention type. Such additions would be relatively easy to implement as additional blocks have already been envisioned by CRB.
- enforcing the use of the CRB Code eBKP-T in practice.

As these measures would require more effort than current practice, infrastructure managers should be ready to pay slightly more for maintenance projects.

Recording costs in this way would have benefits for both research and practice. In research more accurate element level costs estimates would improve the estimation of optimal element level and structure level intervention strategies. In practice, more accurate element level costs would lead to improved evaluation of offers and final project bills.

Better results would have been possible in this research project if the work had been based on data from more projects. This was unfortunately not possible due schedule problems of many different maintenance interventions. The authors do not believe that more data would, lead to the different conclusions.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Das **Kunstbauten-Management** hat zum Ziel, die Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit des Gesamtsystems Strasse zu minimalen Kosten sicherzustellen, wobei die nach Norm geforderte Sicherheit und Verträglichkeit einzuhalten ist. Kunstbauten sind alle **Bauwerke**, deren Erstellung eine ingenieurmässige Bemessung erfordert, wie z.B. Brücken, Tunnel oder Stützmauern. Ihrer Leistungsfähigkeit, Verfügbarkeit, Sicherheit und Verträglichkeit sind Bestandteile des **Dienstleistungsniveaus**, welches durch die Gesellschaft definiert wird. Bei der Festlegung des „richtigen“ Dienstleistungsniveaus sind **Zielkonflikte** zu lösen, da z.B. für die Überprüfung der Befestigung einer Deckenplatte in einem Tunnel eine Fahrspur gesperrt werden muss und folglich sich die Sicherheit und die Leistungsfähigkeit in ihrer maximalen Ausprägung gegenseitig ausschliessen.

Um solche Zielkonflikte zu erkennen, sind genaue Kenntnisse des Gesamtsystems Strasse erforderlich. Je grösser die Kenntnisse über das Gesamtsystem Strasse sind, desto eher kann ein angemessener Ausgleich zwischen gegenläufigen Zielen gefunden werden. Um diesen Ausgleich durchführen zu können, bedarf es einer Bewertung des Bauwerkszustandes, der Tätigkeiten (z.B. Unterhaltsarbeiten) und der Konsequenzen (z.B. Verletzte infolge eines Unfalls) in Geldeinheiten (**Monetarisierung**). Es sind die folgenden Kosten zu unterscheiden:

- die **Betreiberkosten**, d.h. direkte Kosten, welche der Eigentümer oder der Betreiber tragen muss.
- die **Benutzerkosten**, d.h. indirekte Kosten, welche auf den Benutzer der Infrastruktur überwälzt werden (z.B. Unfall-, Reisezeit- oder Betriebskosten des Fahrzeugs).
- die **Kosten Dritter**, d.h. indirekte Kosten wie Immissionskosten, welche von der Umwelt zu tragen sind (z.B. Lärmimmissionen).

Die Betreiberkosten werden weiter in den **betrieblichen** und den **baulichen Unterhalt** unterteilt. Der betriebliche Unterhalt umfasst alle Tätigkeiten zur Aufrechterhaltung des Betriebs, wie z.B. die Schneeräumung. Dagegen zählen Tätigkeiten wie z.B. das Beheben von kleineren Schäden zum baulichen Unterhalt. Die Benutzerkosten und die Kosten Dritter können anhand der Normenreihe „Kosten-Nutzen-Analyse im Strassenverkehr“ (SN 641 820 bis SN 641 828) des Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS) geschätzt werden. Diese Normenreihe bietet ausserdem Werkzeuge, um Veränderungen des Dienstleistungsniveaus zu bewerten.

Das Dienstleistungsniveau wird durch den **Verfall** und die **Abnutzung** eines Bauwerks bzw. Bauwerksteils beeinträchtigt. **Bauwerksteile** (BWT) – auch „Elemente“ genannt – sind gegeneinander funktional oder geometrisch abgrenzbare Teile des Bauwerks. Der Verfall und die Abnutzung äussern sich in der Form von **Schäden**, welche eine Abweichung vom angestrebten Dienstleistungsniveau verursachen können. Die Art des Verfalls (z.B. Korrosion im Stahlbeton) und dessen Dynamik wird auch als **Schadensprozess** bezeichnet. Zur Behebung der entstehenden Schäden sind **Erhaltungsmassnahmen** nötig. Das Ziel einer Erhaltungsmassnahme ist es das geforderte Dienstleistungsniveau eines Bauwerks langfristig aufrechtzuerhalten bzw. wiederherzustellen. In der Regel werden mit einer einzelnen Erhaltungsmassnahme mehrere Schäden gleichzeitig behoben.

Erhaltungsmassnahmen werden aufgrund eines Zustands ausgelöst. Zur Erfassung des **Zustands** eines Bauwerks ist die vollständige Beschreibung der funktionalen und mechanischen Eigenschaften sowie der Ästhetik eines Bauwerks erforderlich. Der Zustand beschreibt somit stellvertretend das Dienstleistungsniveau und erlaubt die Vorhersage dessen künftiger Entwicklung. Eine Erhaltungsmassnahme wird durch ihre Art, ihr Ausmass, ihre Interventionsdauer, ihre Wirkung und ihre Kosten charakterisiert. Das **Ausmass** einer Erhaltungsmassnahme wird in Abhängigkeit der Massnahmenart z.B. in

m^1 oder m^2 angegeben, während die **Wirkung** einer Massnahme ihren i. d. R. vorteilhaften Einfluss auf das gegenwärtige und künftige Dienstleistungsniveau beschreibt. Dieser Einfluss wird i.d.R. mit Hilfe einer Wahrscheinlichkeitsfunktion beschrieben. Es ist zu beachten, dass bei Erhaltungsmassnahmen zwischen Unterhalts- und Umgestaltungsmassnahmen unterschieden wird.

Der **Unterhalt** wird gemäss SIA 469 als Bewahren oder Wiederherstellen eines Bauwerks ohne wesentliche Änderung der Anforderungen definiert. Dies bedeutet, dass eine Unterhaltsmassnahme der Wiederherstellung eines Zustandes dient, der vergleichbar mit dem des ursprünglichen Neubaus ist. Die funktionalen Eigenschaften des Bauwerks, wie z.B. die Anzahl der Spuren, Verkehrskapazität usw. bleiben dabei unverändert. Eine Unterhaltsmassnahme wird nur dann erwogen, wenn der Zustand des Bauwerks hierfür einen Anlass gibt. Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Zustand eines Bauwerks und den Kosten der Erhaltungsmassnahme zur Verbesserung dieses Zustandes.

Will man mit einer Erhaltungsmassnahme die funktionalen Eigenschaften eines Bauwerks verändern, so spricht man von einer **Umgestaltungsmassnahme**. Diese Massnahme wird in der Regel nicht durch den Zustand, sondern eher durch einen für die Benutzer oder für Dritte – bereits aufgetretenen oder zu erwartenden - unzumutbaren „Verkehrszustand“ ausgelöst. Typische Umgestaltungsmassnahmen sind Erweiterung der Fahrbahn, das Anbringen von Lärmschutzwänden usw. Hier besteht auch ein Zusammenhang zwischen dem gegebenen „Verkehrszustand“ und den hierfür einsetzbaren Umgestaltungsmassnahmen und ihrer Kosten.

Da solche Unterhalts- und Umgestaltungsmassnahmen i.d.R. viele unterschiedliche Tätigkeiten umfassen, werden sie in sog. **typisierten Erhaltungsmassnahmen** gebündelt, wie z.B. „keine Massnahme“, „kleine Instandsetzung“, „grosse Instandsetzung“ und „Ersatz“. Die typisierten Erhaltungsmassnahmen enthalten je nach **Bauart** des Bauwerks unterschiedliche Katalogeinträge von einzelnen Tätigkeiten. So kann eine kleine Instandsetzung bei einem Bauwerk aus Stahlbeton z.B. das Freilegen und Reinigen der Bewehrung und eine anschliessende Reprofilierung umfassen, während bei einer grossen Instandsetzung zusätzlich noch ein Oberflächenschutz aufgebracht wird. Diese Typisierung der Erhaltungsmassnahmen hat den Vorteil, dass die Variabilität der Kosten reduziert wird.

Die Kosten einer typisierten Erhaltungsmassnahme hängen von der Art und dem Ausmass der Erhaltungsmassnahme und der Beschaffenheit des Bauwerksteils (i.d.R. Typ, Bauart, Zustand und Schadensprozess) ab. Um verschiedene typisierte Erhaltungsmassnahmen miteinander zu vergleichen, wird deren Ausmass normiert. Solche Kosten werden auch **Einheitskosten** oder **Kostenkennzahlen** genannt. Mit Hilfe dieser Einheitskosten können die Kosten der künftigen Erhaltungsmassnahmen abgeschätzt werden. Die Einheitskosten werden durch die Befragung von Experten oder mit Hilfe von statistischen Auswertung der erfassten Erhaltungsmassnahmen bzw. deren Kosten ermittelt.

Um diese Kostenkennzahlen auf verlässliche und solide Grundlagen abzustützen, sollten sie von tatsächlich realisierten Massnahmen abgeleitet werden. Dabei besteht die Schwierigkeit, dass die Kosten bei der Realisierung eine andere Gliederung als bei deren Verwendung in einem Managementsystem bzw. bei der Erhaltungsplanung aufweisen. Anlässlich der Realisierung ist eine Gliederung der Kosten nach realisierten Leistungen üblich, da die Bauunternehmung bauliche Leistungen (z.B. Betonieren mehrerer Bauwerksteile) erbringt. Hingegen ist anlässlich der Verwendung in einem Managementsystem bzw. der Erhaltungsplanung eine bauwerkstyp- oder bauwerksteiltypbezogene Gliederung der Kosten gebräuchlich, da das Dienstleistungsniveau für das gesamte Bauwerk oder einzelne Bauwerksteile betrachtet wird und die Massnahmen für das Bauwerk oder die Bauwerksteile geplant werden.

Die Kosten realisierter Massnahmen müssen also in bauwerkstyp- oder bauwerksteiltypbezogene Kosten umgerechnet werden. Für diese Umrechnung wird ein **Kostenmodell** benötigt, welches genaue Regeln zur Abbildung definiert.

1.2 Zielsetzung

Gemäss dem bewilligten Forschungsgesuch ist das Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit ein bauwerksteilbezogenes Kostenmodell für typisierte Erhaltungsmassnahmen zu bilden. Dieses Modell soll

- aufgrund von Kostenkennzahlen ausreichend genaue Aussagen über die Kosten von typisierten Erhaltungsmassnahmen liefern und
- selbstlernend sein, d.h. aufgrund von erfassten Daten seine Kostenkennzahlen automatisch anpassen.

In dieser Forschungsarbeit wird nicht versucht, die bestehende Abrechnungspraxis mit einer neuen zu ersetzen, sondern diese so zu ergänzen, dass ohne grossen Aufwand die bauwerksteilbezogenen Kostenkennzahlen gewonnen werden können.

1.3 Auftrag und Beteiligte

Gestützt auf das Gesuch, erteilte Dr. Rudolf Dieterle, Direktor des Bundesamtes für Strassen ASTRA, am 6. Juni 2005, der Infrastructure Management Consultants GmbH (IMC GmbH) den Auftrag für das Forschungsvorhabens AGB 2004/006 gemäss geforderten Auflagen der Forschungskommission.

1.4 Projektorganisation und Termine

Die Gesamtleitung des Projektteams und die wissenschaftliche Betreuung oblag Dr. Rade Hajdin, IMC GmbH.

Dr. Bryan Adey (sowohl vor als auch nach seiner Berufung an die ETH) und Dr. Matthias Fuhr von der IMC GmbH waren für die Projektdurchführung zuständig. Herr Manuel Schmid und Frau Regula Wicki von der ewp AG unterstützen die IMC GmbH bei der Selektion der Bauwerke. Die ASTRA Filiale Winterthur beauftragte Herrn Oliver Gassner und Frau Katrin Hagedorn von der Locher Ingenieur AG mit der Erhebung der Kostendaten inkl. Submission. Die Zuordnung der NPK-Leistungen und die Erstellung der Abb. 1, 2, 6 und 8 – 12 erfolgten unter der Leitung von Prof. Dr. Bryan Adey am IBI. Der vorliegende Forschungsbericht wurde von Dr. Matthias Fuhr verfasst.

Der Projektabschluss war auf Ende 2. Quartal 2006 vorgesehen. Dieser Termin konnten aufgrund der folgenden Ereignisse nicht eingehalten werden:

- Abbruch der Unterhaltsprojekte an ausgewählten Bauwerken (zwei Brücken im Kanton Aargau und eine Brücke im Kanton Uri) infolge der Neugestaltung des Finanzausgleichs und der Aufgabenteilung (NFA). Deshalb wurden neue Bauwerke gesucht.
- Identifikation von neuen Bauwerken im Erhaltungsprojekt A1 Dietikon – Schlieren (Nationalstrasse N1 / Unterhaltsabschnitt 36) genannt Dixis West und Dixis Ost.
- Redimensionierung des Erhaltungsprojektes A1 Dietikon – Schlieren (Halbanschluss Weiningen ZH) durch das ASTRA. Schliesslich lagen Informationen zu fünf Bauwerken bei Dixis West und einem Bauwerk von Dixis Ost vor. Es wurden im Jahr 2013 Erhaltungsmassnahmen an der Überführung „249-001 Überf Chlosterstrasse“ (Dixis Ost) durchgeführt, während die Erhaltungsmassnahmen bei Dixis West frühestens für das Jahr 2017 geplant sind.
- Ausscheiden von Herrn Bryan Adey bei der Firma IMC GmbH und Berufung zum Professor am Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement (IBI)

1.5 Aufbau des Berichts

Der vorliegende Forschungsbericht gliedert sich in fünf Teile. In Kapitel 2 werden alle Grundlagen für das Kostenmodell zusammengestellt. Kapitel 3 beschreibt die Methodik des Kostenmodells. Anschliessend wird in Kapitel 4 das Kostenmodell an der

Instandsetzung einer Unterführung angewendet. Die Ergebnisse dieser Berechnungen werden nachfolgend in Kapitel 5 diskutiert und daraus Schlussfolgerungen und Empfehlungen abgeleitet.

1.6 Literaturrecherche

1.6.1 Einleitung

Forschungsarbeiten zur Ermittlung der Kosten von Kunstbauten können in zwei Gruppen eingeteilt werden: Jene, welche sich auf Bauwerksebene und jene, welche sich auf Bauwerksteilebene beziehen.

Das KMBS Pontis [17] wurde anfangs der 90er Jahre entwickelt und ist insbesondere in den USA stark vertreten [30; 31; 32]. Verschiedene Länder haben ebenfalls eigene KMBS eingeführt, wie z.B. Danbro in Dänemark [20], Eirspan in Irland [21] oder KUBA in der Schweiz [15]. Diese KMBS werden oftmals auch zur Erfassung der Kosten von Erhaltungsmassnahmen benutzt – die Daten sind aber i.d.R. nicht öffentlich zugänglich.

1.6.2 Kostenschätzung auf Bauwerksteilebene

Salamé, Hajdin und Wiederkehr, 1997

Salamé, Hajdin und Wiederkehr [27] haben in ihrer Arbeit diejenigen Bauwerksteile bestimmt, welche zusammen mindestens 80% der Instandsetzungskosten einer Brücke ausmachen. Diese kostenbestimmenden Bauwerksteile sind im Anwendungshandbuch KUBA-MS aufgeführt [16] und können weiter zu generalisierten Bauwerksteilen zusammengefasst werden (siehe Anhang I.6). Die Autoren schlagen vor, die Kosten in zwei Gruppen einzuteilen:

1. Kosten, die direkt einem Bauwerksteil zugeordnet werden können (z.B. Reprofilierung, Aufbringung Oberflächenschutz, etc.) und
2. Kosten, welche sich nicht direkt einem bestimmten Bauwerksteil zuordnen lassen. Dazu gehören die Kosten der Verkehrsführung, Honorare und Kosten für die Baustelleneinrichtung.

Es konnte festgestellt werden, dass insbesondere die Verkehrsführung einen hohen Anteil zu den Gesamtkosten beitragen kann.

Adams und Sianipar, 1998

Adams und Sianipar [18] haben die Sensitivität von empfohlenen Erhaltungsmassnahmen und optimalen Erhaltungsstrategien auf Veränderungen der Instandsetzungskosten, der Wirkung von Erhaltungsmassnahmen und des Diskontfaktors untersucht. Es wurden Daten des Staates Wisconsin verwendet und 25 Typen kostenrelevanter Bauwerksteile anhand der folgenden Kriterien identifiziert:

- Anzahl der Brücken mit Bauwerksteilen dieses Typs
- Gesamtanzahl der Bauwerksteile dieses Typs im gesamten Netz
- Durchschnittliche erwartete Unterhaltskosten dieses Typs

Die Analyse zeigt, dass nur ein kleiner Anteil der Erhaltungsmassnahmen zur Bildung optimaler Erhaltungsstrategien benötigt wird. Eine grosse Anzahl von Erhaltungsmassnahmen war niemals Teil einer optimalen Erhaltungsstrategie – trotz beliebiger Kombinationen von Kosten und Wirkung

Adams und Tae-Youn, 1998

Adams und Tae-Youn [19] haben eine Datenbank und einen Algorithmus zur Schätzung von typisierten Erhaltungsmassnahmen, basierend auf sogenannten Leistungskosten, entwickelt. Diese Leistungskosten sind die Kosten einzelner Erhaltungsmassnahmen.

Zur Schätzung der Kosten müssen nach diesem Modell die folgenden Schritte ausgeführt werden:

1. **Zuordnung der Leistungskosten einzelnen Bauwerksteilen:** Verteilung der Leistungskosten auf alle betroffenen Bauwerksteile. Identifikation aller Leistungen pro Bauwerksteil.
2. **Ermittlung der Leistungseinheitskosten für jedes Bauwerksteil:** Oftmals werden mehrere Erhaltungsprojekte pro Bauwerksteil durchgeführt oder auf Bauwerksteilen verschiedener Brücken wird eine ähnliche Erhaltungsmassnahme durchgeführt. Solche Kosten werden gemittelt, um geschätzte Leistungskosten für jedes Bauwerksteil zu erhalten.
3. **Ermittlung der Kosten für jede typisierte Erhaltungsmassnahme:** Alle Leistungseinheitskosten, welche eine bestimmte typisierte Erhaltungsmassnahme betreffen, werden aufsummiert.

Die Auswirkungen des Zustands und die Wirkung einer Erhaltungsmassnahme auf die Kosten der typisierten Erhaltungsmassnahmen wurden nicht berücksichtigt, d.h. die Kosten einer typisierten Erhaltungsmassnahme sind immer gleich und somit unabhängig vom Zustand in dem sie durchgeführt wird.

Schädler und Battiston, 2000

Schädler und Battiston [28] haben in ihrer Studie die Einheitskosten und die Wirkung der Erhaltungsmassnahmen (sog. Wirksamkeitsvektoren) für KUBA-MS bestimmt [16].

Die Wirksamkeitsvektoren wurden anhand von 33 Gutachten aus fünf verschiedenen Kantonen der Schweiz erstellt.

Die Einheitskosten wurden für alle kostenrelevanten Bauwerksteile und Schadensprozesse geschätzt. Wenn nicht genügend Daten zur Schätzung der Einheitskosten vorhanden waren, wurde ein alternatives Vorgehen gemäss *Tab. 1* durchgeführt.

Tab. 1 Alternatives Vorgehen zur Ermittlung von Einheitskosten. Tabelle modifiziert nach [28].

Fall	Alternativvorgehen
1	a) Falls gleiche Massnahme an ähnlichem Bauwerksteil vorhanden, dann werden die Einheitskosten von dem ähnlichen Bauwerksteil abgeleitet b) Falls kein vergleichbarer Bauwerksteiltyp vorhanden, so wird eine Grobschätzung der Einheitskosten durch die Autoren vorgenommen.
2	Einheitskosten werden aus gleicher Massnahme einer anderen Zustandsklasse ermittelt
3	Einheitskosten werden aus ähnlicher Massnahme eines gleichen Schadenprozesses und einer gleicher Zustandsklasse ermittelt
4	Kombination des Vorgehens für die Fälle 2, 3 und 4

Die hohe Standardabweichung führten die Autoren auf die geringe Anzahl an verfügbaren Bauwerke mit Kostendaten zurück. Es wurde empfohlen, die Einheitskosten von KUBA-MS periodisch zu aktualisieren.

Sobanjo, Thompson, Lewis und Kerr, 1999 und verschiedenen Arbeiten 2002

Anhand von Daten aus dem KMBS Pontis haben Sobanjo et al. in verschiedenen Arbeiten [vgl. 29; 30; 31; 32] eine Methodik zur Schätzung von Einheitskosten für Brückeninstandsetzungen entwickelt. Sie haben die Daten der Verkehrsbehörde von Florida verwendet [32].

In die Analyse haben sie verschiedene Variablen, wie z.B. Zustand, miteinbezogen. Die Bauwerke sind in Bauwerksteile unterteilt und die Erhaltungsmassnahmen typisiert („Action category“). Mit Hilfe von statistischen Techniken wurden Ausreisser aus den Daten entfernt und die Einheitskosten für jede typisierte Erhaltungsmassnahme berechnet.

1.6.3 Kostenschätzung auf Bauwerksebene

Saito, Sinha und Anderson, 1988 und 1991

Saito, Sinha und Anderson [25; 26] führten eine statistische Analyse zur Schätzung der Ersatzkosten von Brücken durch, welche zu den folgenden Erkenntnissen führte:

- Die Ersatzkosten des Überbaus können mit Hilfe des Ausmasses der Fahrbahnplatte geschätzt werden.
- Eine Schätzung der Ersatzkosten des Unterbaus mit Hilfe des Ausmasses der Fahrbahnplatte ist nicht genau genug, da Kostenunterschiede verschiedener Unterbautypen zu wenig berücksichtigt werden.
- Es konnte keine zuverlässige Schätzung der Ersatzkosten von Brückenzufahrten vorgenommen werden.

Chengalur-Smith, Ballou und Pazer, 1997

Chengalur-Smith, Ballou und Pazer [22] benutzten ein Regressionsmodell und Daten des Verkehrsdepartements des Staates New York, um die Instandsetzungskosten von Brücken zu schätzen. Sie haben Regressionsmodelle für Ein- und Mehrfeldbrücken entwickelt und dabei die Signifikanz der folgenden Attribute zur Erklärung der Instandsetzungskosten von Fahrbahnplatte, Oberbauten und Unterbauten untersucht:

- Fahrbahnplatte
 - Arbeiten an einer monolithischen Fahrbahnplatte
 - Andere Arbeiten an der Fahrbahnplatte
 - Arbeiten am Überbau und an der Fahrbahnplatte
- Kostenregion
 - Region mit hohen Kosten
 - Region mit mittleren Kosten
- Fläche
 - Fläche der Fahrbahnplatte
 - Fläche des Unterbaus
- Zustandsklasse
 - Fahrbahnplatte
 - Überbau
 - Unterbau
- Differenz der schlechtesten Zustandsklassen der verschiedenen Brückenfelder
 - Fahrbahnplatte
 - Überbau
 - Unterbau
- Durchschnittlicher jährliche Verkehr
- Alter der Brücke
- Strassen im urbanen Raum vs. solche im ländlichen. Es konnte gezeigt werden, dass sich ihr Regressionsmodell gut zur Modellierung von Instandsetzungskosten eignet. Chengalur-Smith et al. [22] argumentieren, dass sich Regressionsmodelle besser zur Schätzung von Instandsetzungskosten eignen als Modelle, welche auf Einheitskosten basieren.

Rodriguez, Labi und Li, 2004

Rodriguez, Labi und Li [24] haben ein Kostenmodell für den Ersatz von Bauwerksteilen für Platten- und Balkenbrücken aus Stahlbeton und Stahl gebildet. Sie haben 82 Werkverträge

zwischen 1996 und 2002 des Verkehrsdepartements des Staates Indiana ausgewertet und dabei die Cobb-Douglas Kostenfunktion angewendet. Die Schlussfolgerungen der Autoren sind:

- Brückentyp, -länge und -fläche der Fahrbahnplatte können zur Schätzung von Ersatzkosten von Brücken verwendet werden.
- Skalierungseffekte können eine wichtige Rolle bei den Kosten von Brücken spielen.
- Die durchschnittlichen Ersatzkosten von Stahlbrücken waren tiefer als diejenigen von Stahlbetonbrücken.
- Die Kosten für Unterbauten und Oberbauten trugen weniger als 50% zu den Ersatzkosten einer Brücke bei. Die Kosten für die ebenfalls berücksichtigten Rampenbereiche fielen besonders ins Gewicht.

2 Grundlagen

2.1 Normpositionen-Katalog (NPK)

2.1.1 Allgemeines

Der Normpositionen-Katalog (NPK) ist ein Regelwerk für die Beschreibung und Quantifizierung von baulichen Leistungen in den Bereichen Hochbau, Gebäudetechnik, Tief- und Untertagebau. Der NPK und der Baukostenplan (BKP) wird von der Schweizerischen Zentralstelle für Baurationalisierung (CRB) in Deutsch, Französisch und Italienisch herausgegeben und ist firmen-, marken- und produktneutral gestaltet. Eine im NPK aufgeführte bauliche Leistung ist detailliert beschrieben und ist mit einer eindeutigen Nummer identifizierbar. Eine solche einzelne bauliche Leistung wird auch Leistungsposition oder kurz NPK-Leistung genannt. Bautechnisch zusammengehörige NPK-Leistungen sind hierarchisch in Gruppen, Abschnitte und Kapitel zusammengefasst, um dem Benutzer die Navigation zu erleichtern.

Die im NPK verwendete Systematik und Terminologie hat sich in der schweizerischen Bauwirtschaft als Standard durchgesetzt. Damit sind bauliche Leistungen schweizweit vergleichbar – auch über Sprachgrenzen hinweg.

Tab. 2 Das Leistungsmodell der Norm SIA 112 [7]. Es gliedert den Lebenszyklus eines Bauwerks in die sechs Phasen strategische Planung, Vorstudie, Projektierung, Ausschreibung, Realisierung und Bewirtschaftung.

Phase	Teilphasen
1 Strategische Planung	11 Bedürfnisformulierung, Lösungsstrategien
2 Vorstudien	21 Projektdefinition, Machbarkeitsstudie
	22 Auswahlverfahren
3 Projektierung	31 Vorprojekt
	32 Bauprojekt
	33 Bewilligungsverfahren / Auflageprojekt
4 Ausschreibung	41 Ausschreibung, Offertvergleich, Vergabeantrag
5 Realisierung	51 Ausführungsprojekt
	52 Ausführung
	53 Inbetriebnahme, Abschluss
6 Bewirtschaftung	61 Betrieb
	62 Erhaltung

Die im NPK erfassten Leistungen werden zur Beschreibung und Quantifizierung von baulichen Leistungen in der Ausschreibungs- und Realisierungsphase eingesetzt (siehe Tab. 2). In der Projektierungsphase findet der NPK hingegen nur wenig Verwendung, da in dieser Phase die Kosten pro Bauwerksteil und nicht die Kosten pro Leistung von Interesse sind. Da verschiedene Methoden zur Anwendung kommen, lassen sich die Kosten aus den Phasen Projektierung und Ausschreibung / Realisierung oftmals nur vergleichen, indem die baulichen Leistungen aus der Realisierung auf die in der Projektierung festgelegten Bauwerksteile abgebildet werden. Diese Rückführung der Kosten ist mit einem erheblichen Aufwand verbunden.

Es gibt Bestrebungen für eine Systematisierung dieser Rückführung. Die hierfür geschaffenen Normen eBKP-H und eBKP-T konnten sich bisher in der schweizerischen Bauwirtschaft aber noch nicht etablieren.

2.1.2 Struktur

Der NPK umfasst über eine Million Positionen. Um dem Benutzer die Navigation zu erleichtern, ist der NPK aus den drei Ebenen Kapitel, Hauptpositionen und Unterpositionen aufgebaut. Die einzelnen Ebenen sind wiederum in jeweils drei Unterebenen unterteilt. Anhand dieser hierarchischen Strukturierung des NPK kann sich der Benutzer zur Beschreibung einer Leistung vom „Groben“ ins „Detail“ vorarbeiten.

Die erste Ebene (Kapitel) bilden rund 200 Kapitel, welche entsprechend dem Bauablauf geordnet und als Hefte in gedruckter oder elektronischer Form verfügbar sind. Wie in Abb. 4 dargestellt, sind die einzelnen Kapitel wiederum in Kapiteluntergruppen und Kapitelgruppen zusammengefasst.

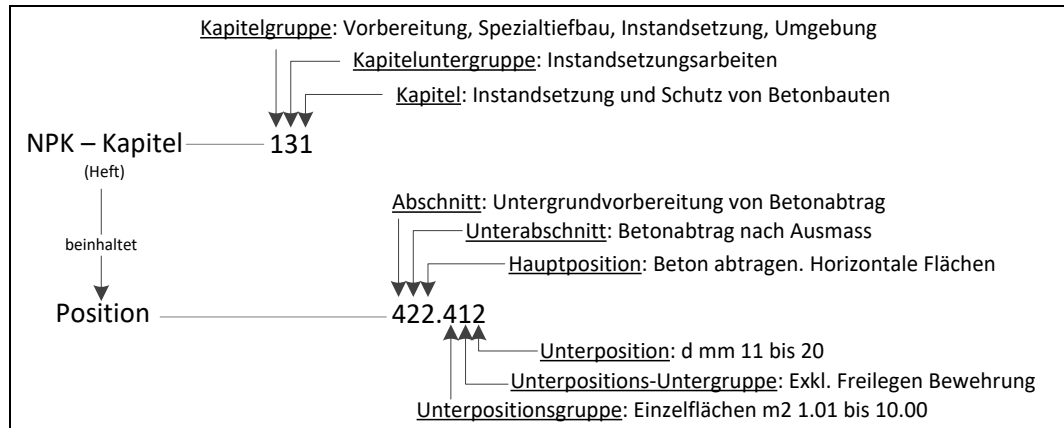


Abb. 4 Hierarchische Strukturierung des NPK in die drei Ebenen Kapitel, Hauptpositionen und Unterpositionen. Die einzelnen Ebenen sind wiederum in Gruppen und Untergruppen unterteilt. Die Informationen der einzelnen Ebenen können zur Zuordnung von Leistungen zu Bauwerksteilen verwendet werden.

So trägt beispielsweise die zweite Kapitelgruppe mit der Nummer „100“ den Titel „Vorbereitung, Spezialtiefbau, Instandsetzung, Umgebung“. Diese Kapitelgruppe ist wiederum in die sieben Kapiteluntergruppen „110“ („Vorbereitungs-, Rodungs- und Abbrucharbeiten“) bis „180“ („Umgebungsarbeiten“) unterteilt, die bautechnisch zusammengehören. Dabei fasst die Kapiteluntergruppe „130“ („Instandsetzungsarbeiten“) alle baulichen Leistungen im Zusammenhang mit Instandsetzungsarbeiten zusammen. Angaben zur Instandsetzung und zum Schutz von Betonbauten finden sich beispielsweise im NPK-Kapitel 131.

Das NPK-Kapitel 131 umfasst auf der zweiten Ebene (Hauptpositionen) verschiedene Abschnitte, wie z.B. den Abschnitt 400 („Untergrundvorbereitung von Betonabtrag“) mit Angaben zur Untergrundvorbereitung. Dieser Abschnitt ist wiederum in Unterabschnitte (z.B. 420 „Betonabtrag nach Ausmass“) und Hauptpositionen (z.B. 422 „Beton abtragen. Horizontale Flächen“) aufgeteilt.

Die Hauptpositionen sind auf der dritten Ebene in Unterpositionen gegliedert. So umfasst beispielsweise die Unterpositionsgruppe 400 alle Einzelflächen mit einem Ausmass von 1 – 10 m². Diese Unterpositionsgruppe ist wiederum in Unterpositions-Untergruppen (z.B. 410 „Exkl. Freilegen Bewehrung“) und Unterpositionen (z.B. 412 „d mm 11 bis 20“) unterteilt.

Wie aus Abb. 4 ersichtlich ist, kann der Informationsgehalt einer NPK-Leistung neben dem Leistungsbeschreibung und Angaben zum Arbeitsprozess auch Informationen zum betroffenen Bauwerksteil und dem betroffenen Baumaterial enthalten. Diese Informationen können zur Zuordnung von Leistungen zu Bauwerksteilen verwendet werden.

2.1.3 Informationsgehalt

Der Informationsgehalt einer NPK-Leistung setzt sich aus dem Inhalt des Leistungstextes und den einzelnen Titeln der übergeordneten Ebenen zusammen.

Tab. 3 zeigt eine Leistungsposition, deren Arbeitsprozess auf dem Level der Hauptposition mit „Beton abtragen“ beschrieben ist. Der Arbeitsprozess nimmt somit direkten Bezug auf die Baumaterialien Beton oder Stahlbeton. Die Unterpositions-Untergruppe „Exkl. Freilegen Bewehrung“ gibt weitere Informationen zum Baumaterial und schränkt die Anwendung auf „Stahlbeton“ ein.

Tab. 3 Beispiel einer Position mit Informationen zum Arbeitsprozess und zum Bauwerksteil.

Hierarchiestufe	Nummer	Beschrieb
Kapitelgruppe	1XX	Vorbereitung, Spezialtiefbau, Instandsetzung, Umgebung
Kapiteluntergruppe	13X	Instandsetzungsarbeiten
Kapitel	131	Instandsetzung und Schutz von Betonbauten
Abschnitt	4XX.XXX	Untergrundvorbereitung von Betonabtrag
Unterabschnitt	42X.XXX	Betonabtrag nach Ausmass
Hauptposition	422.XXX	Beton abtragen. Horizontale Flächen
Unterpositions-Gruppe	422.4XX	Einzelflächen m2 1.01 bis 10.00
Unterpositions-Untergruppe	422.41X	Exkl. Freilegen Bewehrung
Unterposition	422.412	D mm 11 bis 20

Tab. 4 zeigt eine Leistung, die im Leistungsbeschrieb der Unterposition direkten Bezug zum Bauwerksteil „Fahrbahnübergänge“ nimmt. Dementsprechend kann diese Leistung für dessen Zuordnung auf die typisierten Erhaltungsmassnahmen mit dem Bauwerksteil „Fahrbahnübergang“ eingeschränkt werden.

Tab. 4 Beispiel einer Position mit Informationen zum Arbeitsprozess, zum Bauwerksteil und zum Baumaterial.

Hierarchiestufe	Nummer	Beschrieb
Kapitel	117	Abbrüche und Demontage
Abschnitt	1XX.XXX	Abbrüche, Gesamtleistung
Unterabschnitt	12X.XXX	Brücken
Hauptposition	121.XXX	Brücken abbauen
Unterposition	121.001	Fahrbahnübergänge; Konstruktion bestehend aus Stahlprofilen mit einbetonierten Winkeln (...).

2.1.4 Leistungsverzeichnis

Das systematische Zusammenstellen aller Leistungen für ein Bauvorhaben durch den Planer wird Devisierung genannt und das resultierende Leistungsverzeichnis (kurz: LV) heisst dementsprechend Devis. Ein LV bildet die Basis für Kostenvoranschläge (KV), Richtpreisangebote für den Finanzierungsbeleg eines Bauvorhabens und Angebote bei der Vergabe von Bauleistungen an Unternehmer. Um Leistungen zu vergleichen, wird ein LV i.d.R. aus NPK-Positionen aufgebaut (siehe Abb. 5). Spezielle Leistungen, die nicht im NPK beschrieben sind, werden mit einem „R“ als sog. „Reserve-Positionen“ gekennzeichnet. Solche Positionen sind auf ein absolutes Minimum zu beschränken.

NPK 237 V*10 Volltext		Projekt: Dixis - 90437 Dixis Forschungsprojekt Leistungsverzeichnis: 244-002 - Fahrweidstrasse			Seite 65 2.3.2012
Position	Text	Menge	ME	Preis	Betrag
670	Zwischenringe, Konusse, Abdeckungen und Aufsätze			Übertrag:	
672	Schachtabdeckungen komplett.				
.100	Versetzen auf definitive Höhe. Inkl. Liefern.				
.101	Klasse - nicht befahrbar Zu Pos. 631.131 Schachtabdeckung liefern und Versetzen	A	1	St	
800	Umhüllungen, Auffüllungen und Nebenarbeiten				
820	Rohrumhüllungen				
822	Unterlags-, Sohlen- und Hüll- beton liefern, einbringen und verdichten.				
.100	Volumen fest.				

Abb. 5 Ausschnitt aus einem Leistungsverzeichnis.

Das LV kann bei Bedarf nach dem BKP gegliedert werden. Der Datenaustausch zwischen Planern und Unternehmungen erfolgt i.d.R. elektronisch über die Schnittstelle SIA 451 [8].

2.2 Fachapplikation Kunstbauten und Tunnel (KUBA)

2.2.1 Allgemeines

Das ASTRA betreibt das Managementinformationssystem Strasse und Strassenverkehr (MISTRA). MISTRA ist ein modular aufgebautes Informationssystem zur Verwaltung der Strasseninfrastruktur. MISTRA besteht aus einem Basissystem und einem Datawarehouse (DWH), sowie verschiedenen angekoppelten Fachapplikationen. Das Basissystem stellt den Fachapplikationen georeferenzierte Daten und Basisfunktionalitäten zur Verfügung. Insgesamt sind 18 Fachapplikationen in Betrieb, wobei die Fachapplikation Kunstbauten und Tunnel (KUBA) für die Erhaltungsplanung von Kunstbauten vorgesehen ist.

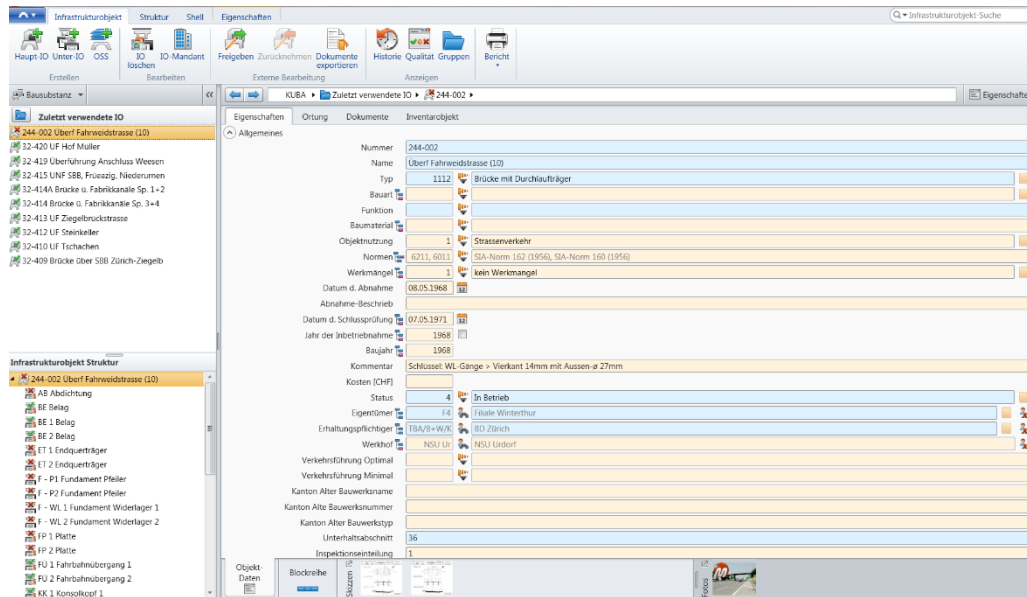


Abb. 6 Ansicht der Überführung Fahrweidstrasse (10) in der Fachapplikation KUBA im Modus Bausubstanz. Die Strukturierung des Bauwerks in verschiedene Bauwerksteile, wie z.B. Abdichtung, Belag, usw., ist unten links im Objektbrowser zu sehen.

Die Fachapplikation KUBA ist die Informationsdrehscheibe rundum Kunstbauten, wie z.B. Brücken, Galerien, Stützmauern und Tunneln. KUBA ist ein modular aufgebautes Softwaresystem. Die einzelnen Module von KUBA unterstützen den Infrastrukturbetreiber bei

- der Verwaltung und Dokumentation der tatsächlich vorhandenen Infrastrukturobjekte (sog. Bausubstanz), den Inspektionen und den Erhaltungsmassnahmen (KUBA-DB),
- der Ermittlung optimaler Erhaltungsstrategien, der Berechnung von Zustandsprognosen und Finanzbedarf die sich aus der Anwendung dieser Strategien ergeben sowie der Ermittlung vorgeschlagener Massnahmen (KUBA-MS),
- der Beurteilung der Befahrbarkeit von Routen bzw. deren Tragwerke durch Sondertransporte (KUBA-ST),
- der Auswertung aller erfassten Daten (KUBA-RP),
- der Administration der Anwendung (KUBA-ADM) und
- der Abrufung der Inhalte über einen Web-Browser (KUBA-Web).

Weiterhin erlauben mobile Lösungen (KUBA-Mobile auf Windows-Tablet-PC und iPad mini) die Inspektion von Kunstbauten im Feld im Offline-Modus, wodurch Ingenieurbüros Inspektionsdaten erfassen können. Weitere Informationen zur Fachapplikation KUBA und den einzelnen Modulen finden sich in Anwendungshandbuch [15].

2.2.2 Infrastrukturobjekt

Das Infrastrukturobjekt ist das zentrale Informationsobjekt von KUBA. Über Infrastrukturobjekte kann die Bausubstanz in mehrere Ebenen gegliedert werden. Beispiele für Infrastrukturobjekte sind Bauwerke (Brücken, Stützmauern, usw.), Bauwerksteile (Flügelmauer, usw.) oder andere Objekte (Oberflächenschutz (OS), usw.). Die Gesamtheit aller Infrastrukturobjekte wird als Inventar bezeichnet. Insbesondere kann ein Infrastrukturobjekt

1. Eigenschaften (Attribute) haben, und es können
2. Inspektionen und

3. Erhaltungsmassnahmen auf ihm durchgeführt werden.

Typische Eigenschaften eines Infrastrukturobjekts sind beispielsweise Typ, Länge, Breite, Ausmass oder Landeskoordinaten, wobei im KUBA Datenerfassungshandbuch [14] genau beschrieben ist, wie die einzelnen Eigenschaften erfasst werden müssen. Der Zustand eines Infrastrukturobjektes gehört in KUBA nicht zu den Eigenschaften eines Infrastrukturobjekts, sondern zur Eigenschaft einer Inspektion, da ein Zustand als Ergebnis einer Inspektion aufgefasst wird. Auf einem Infrastrukturobjekt können beliebig viele Inspektionen durchgeführt und mit Hilfe der Eigenschaft Datum in eine zeitliche Abfolge gebracht werden. Auf diese Weise kann z.B. der Verfall eines Infrastrukturobjektes analysiert werden.

Des Weiteren können Infrastrukturobjekte untereinander in Beziehung gesetzt werden und somit komplexe Infrastrukturbauten oder auch -anlagen abgebildet werden. Beispielsweise kann das Infrastrukturobjekt A (z.B. Brücke) als Unterobjekte die Infrastrukturobjekte B1 (z.B. Flügelmauer), B2 (z.B. Träger) und B3 (Lager) besitzen. Damit kann auf einfache Art und Weise die Bauwerk–Bauwerksteil Beziehung modelliert werden. Typischerweise wird in KUBA, wenn immer möglich ein Objekt der Infrastruktur mit Hilfe der drei Ebenen Bauwerk – Bauwerksteil - Oberflächenschutz modelliert. Diese drei Ebenen bilden eine strenge Hierarchie, d.h. es sind nur Baumstrukturen zugelassen. Ausführliche Beispiele zur Strukturierung von Infrastrukturobjekten finden sich im Anhang des KUBA Datenerfassungshandbuchs [14].

2.2.3 Fachkataloge

Der Nutzen eines Informationssystems wie KUBA ist massgeblich von der Datenqualität abhängig, welche sich durch Vollständigkeit, Aktualität und Korrektheit eines Datensatzes auszeichnet. Eine hohe Verlässlichkeit wird dabei durch die Verwendung eines kontrollierten Vokabulars von Fachausdrücken, einer sog. Terminologie, durch alle Benutzer – auch über Sprachgrenzen hinweg - erreicht. Diese Terminologie richtet sich, wenn immer möglich nach den gängigen Normen und ist in KUBA in sog. Fachkatalogen festgelegt. So steht dem Benutzer für das Feld „Baugrundtyp“ beispielsweise der Katalog mit der Abkürzung GRD (Baugrundtyp) zur Verfügung, welcher die aus den Normen SN 670 004-1b [9], SN 670 004-2b [10], SN 670 006-1 [11] und SN 670 009a [12] bekannten Fachausdrücke enthält. Es ist gewollt, dass der Benutzer nur diese Fachausdrücke aus dem Fachkatalog GRD auswählen kann. Eine freie Eingabe von Text ist in diesem Fall nicht möglich. Damit wird sichergestellt, dass dieses Feld maschinell ausgewertet werden kann. Diese Art der Eingabe wird oftmals auch als strukturierte Eingabe bezeichnet.

Ein weiterer Vorteil einer strukturierten Eingabe ist, dass Abhängigkeiten zwischen den Fachkatalogen definiert werden können. Wählt der Benutzer bei einem Infrastrukturobjekt z.B. die Bauart „Stahlbeton“ aus, so stehen ihm später bei der Eingabe eines Schadensprozesses lediglich die drei Optionen „Korrosion im Stahlbeton“, „Frostschäden am Beton“ und „Schäden am Beton infolge Ausspülung“ zur Auswahl. Die von KUBA vorgegebenen Auswahlmöglichkeiten sind so definiert, dass z.B. der Schadensprozesse „Schäden am Mauerwerk“ dem Benutzer im oben genannten Beispiel nicht zur Verfügung steht, obwohl dieser im Fachkatalog enthalten ist (siehe *Tab. 5*). Diese Abhängigkeiten zwischen den Fachkatalogen wird Metadatensteuerung genannt. So können komplexe Sachverhalte abgebildet werden.

Zurzeit umfasst KUBA 65 Fachkataloge. Eine Beschreibung der wichtigsten Fachkataloge für das vorliegende Forschungsprojekt ist in *Tab. 5* zu finden. Einträge in diesen Katalogen bestehen jeweils aus einer eindeutigen Zahl, dem sogenannten HCode, und einem Text der den Eintrag möglichst gut beschreibt. Ausgewählte Einträge aus diesen fünf Fachkatalogen sind im Anhang I dieser Forschungsarbeit abgedruckt.

Tab. 5 Die wichtigsten KUBA Fachkataloge für das vorliegende Forschungsprojekt.

Fachkatalog	Beschreibung
ITYP (Infrastrukturobjekttyp)	Katalog mit allen Infrastruktur-Objekttypen, wie z.B. „111 Trägerbrücke“, „1243 Stützmauer“ oder „3101 Widerlager mit Kontrollgang“
BA (Bauart)	Katalog der Bauarten. Die Bauart bezeichnet die Art und Weise, wie ein Baustoff verwendet wird (z.B. „117 Holzkonstruktion“ oder „1123 Stahlbetonkonstruktion“).
BMAT (Baumaterialien)	Katalog mit Baumaterialien, wie z.B. „2401 Edelstahl 1.4003“ oder „1212 Beton C“.
FSPT (Schadensprozesse)	Katalog mit Schadensprozesstypen (FSPT), wie z.B. „10 Korrosion im Stahlbeton“ oder „50 Schäden am Mauerwerk“. Insgesamt gibt es 9 FSPT.
ERMA (Erhaltungsmassnahmen)	Katalog mit Erhaltungsmassnahmen, wie z.B. „302 Lokale Reprofilierung und Reinigung der korrodierten Bewehrung“.
ZUST (Zustandsbewertung)	Katalog mit den Zustandsbewertungen, wie z.B. „3 in annehmbarem Zustand“

2.2.4 Interventionstyp

Definition

Für das Kostenmodell in Kapitel 3 ist die Einführung des Begriffes Interventionstyp (IT) hilfreich. Ein IT wird aus dem Infrastrukturobjekttyp (ITYP), der Bauart (BA) und den typisierten Erhaltungsmassnahmen (ERMA) eines Infrastrukturobjekts gebildet (siehe Tab. 5), wie z.B. Widerlager mit Kontrollgang (ITYP 3102) + Stahlbeton (BA 1123) + Lokale Reprofilierung (LRP) und Reinigung der korrodierten Bewehrung (ERMA 302).

Ein IT könnte auch aus den Attributen ITYP, BA, FSPT, ZUST, ERMA und der empfohlenen Erhaltungsmassnahme der Inspektion (ebenfalls ERMA) gebildet werden. Dies hat sich jedoch als nicht zielführend erwiesen, da die so empfohlenen Erhaltungsmassnahmen den tatsächlich ausgeführten Erhaltungsmassnahmen widersprechen. Die Gründe hierfür sind:

- Die empfohlene Erhaltungsmassnahme ist subjektiv und wird durch den Schadensprozess und die Zustandsklasse beeinflusst.
- Der Inspektor (Empfehlung) und der Erhaltungsplaner (Entscheidung) sind unterschiedliche Personen.

Es ist zu beachten, dass die Zuordnung der NPK-Leistungen zu den Bauwerksteilen über den Inhalt des Leistungstextes erfolgt. Dieser beinhaltet keine Informationen zum Schadensprozess oder zur Zustandsklasse. Daher ist eine Verknüpfung dieser Attribute mit den Leistungen nicht notwendig.

Äquivalente Erhaltungsmassnahmenfläche

Um die Berechnungen für das Kostenmodell zu vereinfachen, werden alle IT, welche als Ausmass nicht die Einheit Quadratmeter haben, mit Hilfe eines Umrechnungsfaktors in Quadratmeter umgerechnet. Dieser Umrechnungsfaktor kann geschätzt werden. Die Schätzung basierte auf Expertenmeinungen der Locher AG. Der Umrechnungsfaktor für Fahrbahnübergänge ist 20, d.h. für 1m Fahrbahnübergang wird eine Fläche von 20m² angenommen. Der Umrechnungsfaktor für Lager und Gelenke ist 17, d.h. für 1 Lager wird ein Ausmass von 17m² gesetzt.

2.2.5 Bausubstanz, Bewertungs- und Planungseinheit

Die Bausubstanz umfasst alle (ortsgebundenen) Infrastrukturobjekte. Um die Bewertung und Planung zu erleichtern, gliedert das ASTRA die Bausubstanz nach erhaltungsrelevanten Kriterien. Erhaltungsrelevante Kriterien sind der Typ eines Objektes (Fachkatalog ITYP) und dessen Bauart (Fachkatalog BA). So unterscheiden sich beispielsweise die Erhaltungsmassnahmen für eine Flügelmauer (ITYP 3806) aus

Stahlbeton (BA HCode 1123) erheblich von einer Flügelmauer aus Mauerwerk (BA HCode 1111). Dabei können sich die Einheiten der Zustandsbewertung (sog. Bewertungseinheit) von der Planung der Erhaltungsmassnahmen (sog. Planungseinheit) unterscheiden.

Tab. 6 Bewertungseinheiten der Bausubstanz gemäss ASTRA [14].

Bewertungseinheit	Kriterien zur Gliederung	Zustandsklasse & Ausmass
Bauanlage	Zusammenfassung mehrerer funktional zusammengehörenden Bauwerke zu einer Einheit, wie z.B. der ITYP 195 „Schutzbaute gegen Naturgefahren“ (ITYP 195), welche mehrere Schutznetze und Schutzdämme zusammenfasst.	Ja (muss erfasst werden, wird nicht abgeleitet aus anderer Ebene)
Bauwerk	Eigenständige und klar abgegrenzte Objekte	Ja
Baueinheit	Zusammenfassung mehrerer funktional zusammengehörender Bauwerksteile zu einer Einheit. Bei den Brücken können beispielsweise die Bauwerksteile in Unterbau (Fundamente, Widerlager, etc.), Oberbau (Träger, Stützen, usw.) und Ausrüstung (Entwässerung, Leitschranken, usw.) gruppiert werden.	Ja (muss erfasst werden, wird nicht abgeleitet aus anderer Ebene)
Bauwerksteil	Gegeneinander funktional oder geometrisch abgrenzbare Teile des Bauwerks. Es kann sich hierbei um Teile des Tragwerks (Stützen, Platten, usw.) oder auch um nichttragende Einrichtungen (Entwässerung, Leitschranken, usw.) handeln.	Ja
Segment	Die Segmentierung von Bauwerksteilen dient dazu ein räumlich ungleichmässiges Langzeitverhalten zu modellieren. Die Segmente sollten Zonen gleicher Schadensentwicklung umfassen.	Nein
Schadensgruppe	Gliederung von Befunden, welche auf demselben Schadensprozess beruhen, in Schadensgruppen.	Ja
Befund	i.d.R. einzelne Schäden, wie z.B. ein freiliegender Bewehrungsstab. Es wird aber der neutralere Begriff „Befund“ verwendet, da z.B. auch Graffiti, Bewuchs oder andere ästhetische Gesichtspunkte durch die Inspektoren aufgenommen werden können.	Nein

Tab. 7 Zustandsklassen gemäss KUBA 5 [14].

Klasse	Bedeutung	Beschreibung / Schadensschwere
1	in gutem Zustand	keine / geringfügige Schäden
2	in annehmbarem Zustand	unbedeutende Schäden
3	in schadhaftem Zustand	bedeutende Schäden
4	in schlechtem Zustand	grosse Schäden
5	in alarmierendem Zustand	Die Sicherheit ist gefährdet; Massnahmen vor der nächsten Hauptinspektion erforderlich; dringende Massnahme
9	Zustand nicht überprüfbar	
91	Zustand nicht überprüfbar – Gefährdung unwahrscheinlich	
92	Zustand nicht überprüfbar – Gefährdung wahrscheinlich	

Die Bewertungseinheiten der Bausubstanz gemäss ASTRA sind in Tab. 6 aufgeführt. Das ASTRA nimmt eine Bewertung auf der Ebene der Bauwerke, Bauwerksteile und Schadensgruppe vor, während Bauanlagen, Baueinheiten, Segmente und Befunden

nicht bewertet werden. Die Schadensschwere wird auf einer Ordinalskala in Zustandsklassen (ZK) von 1 („in gutem Zustand“) bis 5 („in alarmierendem Zustand“) eingeteilt (siehe Tab. 7). Die ZK 1 wird in der Regel für Neubauten vergeben, während in der ZK 5 ein sofortiger Handlungsbedarf besteht.

Die Planung einer Erhaltungsmassnahme muss auf der gleichen oder einer höheren Ebene, wie die Bewertung der Bausubstanz erfolgen. So werden beim ASTRA Erhaltungsmassnahmen mit einem Volumen von weniger als 150'000 CHF, wie z.B. das Entfernen von Bewuchs, als kleine bauliche Unterhaltsmassnahmen (KBU) bezeichnet und i.d.R. auf der Ebene der Bauwerke geplant. Dagegen werden Erhaltungsmassnahmen mit einem Volumen von mehr als 150'000 CHF als Projekte bezeichnet und i.d.R. auf Bauwerksteilebene geplant.

Die Wahl der Bewertungs- und der Planungseinheit ist eine Schlüsselentscheidung beim Aufbau des Erhaltungsmanagements in einer Organisation. Die Wahl hängt dabei nicht zuletzt von der Art der Infrastruktur ab.

2.3 Erhaltungsprojekt A1 Dietikon - Schlieren

2.3.1 Ausgangslage

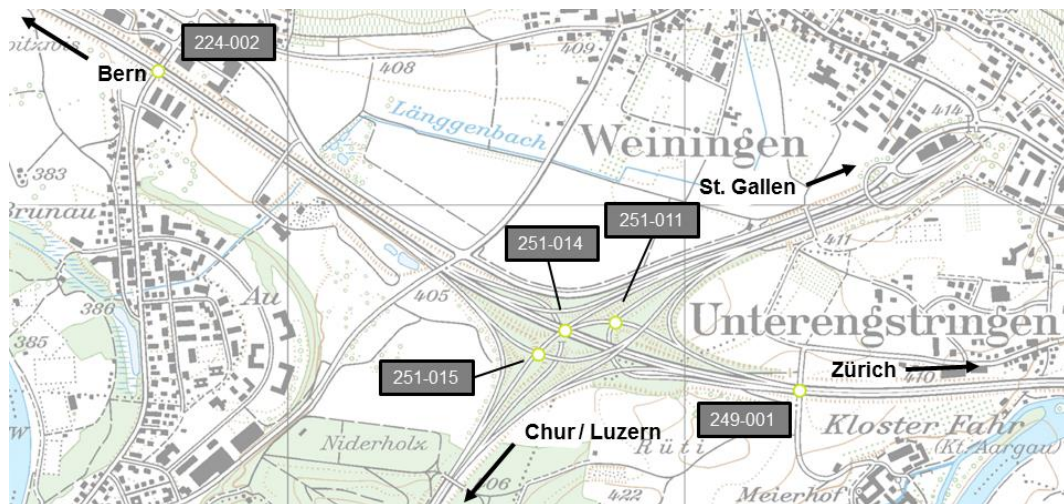


Abb. 7 Situation Erhaltungsprojekt A1 Dietikon – Schlieren bestehend aus den beiden Erhaltungsabschnitten Dixis West und Dixis Ost. Die für das Forschungsprojekt ausgewählten Bauwerke liegen an der N1 beim Limmattaler Kreuz westlich von Zürich.

Auf der Grundlage des Massnahmenprojekts vom 16. Oktober 2009 wurde im Jahr 2010 mit der Ausschreibung (sog. Submission) des Erhaltungsprojekt A1 Dietikon – Schlieren begonnen. Die ASTRA Projektleitung hat die Ingenieurgemeinschaft (IG) Dixis West (vormals IG Nordumfahrung) beauftragt, das Forschungsprojekt im Rahmen dieses Massnahmenprojekts mit den notwendigen Daten zu unterstützen. Der IG Dixis West gehörten die folgenden Beteiligten an:

- Roman Leber, Gesamtprojektleitung, ASTRA Filiale 4, Winterthur
- Cäsar Graf, Projektleiter, B+S AG, Zürich
- Olivier Gassner und Katrin Hagedorn, Teilprojektleiter & Verantwortliche/r Erhebung Kostendaten (PV), Locher Ingenieure AG, Zürich
- Aldo Bacchetta, Teilprojektleiter, Bänziger Partner AG, Zürich

Das Massnahmenprojekt wurde aufgrund neuer Anforderungen und Rahmenbedingungen überarbeitet und am 11. April 2011 dem ASTRA zur technischen Prüfung übergeben. Im Sommer des gleichen Jahres wurde die Submissionsunterlagen angepasst und die folgenden fünf Bauwerke beim Limmattaler Kreuz für das Forschungsprojekt ausgewählt (KUBA Objekt Nummer / KUBA Objekt Name / Landeskoordinaten):

- 244-002 Überf Fahrweidstrasse (10), 673'673 / 252'337
- 249-001 Überf Chlosterstrasse (13), 675'289 / 251'534
- 251-011 Unterf N1, SG>ZH (652), 674'825 / 251'705
- 251-014 Überf N1, SG/ZH>LU (653), 674'698 / 251'685
- 251-015 Überf Rampe BE>SG (655), 674'631 / 251'625

Abb. 7 zeigt die Standorte dieser fünf Bauwerke. Die Erhebung der Kosten erfolgte in den folgenden Schritten:

1. Submission (Ausschreibungsunterlagen Unternehmung)
2. Werkvertrag
3. Realisierung
4. Schlussrechnung

Alle Bauwerke wurden in Bauwerksteile gegliedert (siehe Anhang II). Die Projektverantwortlichen (PV) haben die Vorausmasse (geschätzt Mengenermittlung) und die KV-Preise geschätzt.

Das Bauprojekt Bauwerke erfuhr eine erhebliche Terminverschiebung um fünf Jahre. Aus diesem Grund musste sich das Forschungsprojekt auf eines der fünf Bauwerk beschränken.

Schliesslich wurden nur Unterhaltsmassnahmen am Bauwerk „249-001 Überf Chlosterstrasse (13)“ (EP Dixis Ost) vorgenommen und bei diesem die realisierten Ausmasse und Preise ermittelt. Der detaillierte Ablauf zur Erhebung der Kostendaten ist im nächsten Kapitel beschrieben.

2.3.2 Ablauf

Submission

Die Ausschreibungsunterlagen wurden konventionell nach NPK-Positionen erstellt. Für jedes der fünf Objekte wurde ein eigenes Heft für das LV (Heft 13-17) erstellt (siehe dazu Kapitel 2.1.4). Die Aufteilung der NPK-Positionen nach Bauwerksteilen erfolgte in einem separaten Dokument.

Die PV erstellten mit den Ausschreibungsunterlagen auch eine Zusammenstellung der Leistungen nach Bauwerksteilen und Objekten. Diese Zusammenstellung beinhaltete die Vorausmasse (geschätzt Mengenermittlung durch PV) und KV-Preise (geschätzte Kostenermittlung durch die PV) für Leistungen und Massnahmen pro Bauwerksteil und Objekt.

In die Submission (nur Überf Chlosterstrasse) wurde der folgende Ausschreibungstext aufgenommen:

Durch die ETH Zürich läuft ein Forschungsprojekt für die Bestimmung von Investitionskosten (Finanzbedarf) für Unterhaltsabschnitte (Kunstbauten) aufgrund des Bauwerkszustandes (Hauptinspektionen) und bauteilspezifischen Kennzahlen (Einheitskosten pro Bauteil).

Die Überführung Chlosterstrasse wurde für die bauteilspezifische Kostenermittlung im Rahmen des Forschungsprojektes ausgewählt.

Zielsetzung: Erfassung aller Instandsetzungsmassnahmen pro Bauteil aufgrund des effektiv angefallenen Ausmasses bzw. Aufwandes.

Die Unterteilung der Bauteile entspricht der Bauteilgliederung aus KUBA-DB. In den Beilagen sind eine Planskizze zur Bauteilgliederung sowie eine tabellarische Auflistung aller Bauteile ersichtlich. Jede der beiden Kragplatten des Brückenüberbaus ist beispielsweise in zwei Bauteile (KP1.2/KP2.2 resp. KP1.1/KP2.1) unterteilt (Aufteilung pro Brückenfeld). Das heisst alle Arbeiten an der Kragplatte ist pro Brückenfeld und pro Kragplattenseite zu erfassen (aufgrund der etappierten Ausführung der beiden Kragplatten vereinfacht sich die Erfassung der Arbeiten pro Kragplattenseite).

Neben den eigentlichen Bauteilen wie Lager, Pfeiler, etc. gibt es übergeordnete Arbeiten (Installationen, Absperrungen etc.) sowie Arbeiten, welche nicht klar einem Bauteil zugeordnet werden können. Diese Arbeiten bzw. Leistungen werden dem Gesamtprojekt (Bauteil „Gesamtprojekt“ (GO)) zugewiesen. Zum GO gehören folgende Leistungen: Baustelleninstallation, temporäre Verkehrsführungen (temporäre Signalisation, Markierungen, etc.), Regie (sofern nicht direkt einem Bauteil zugewiesen werden kann), Prüfungen, Gerüste, Schutzgerüste, temporäre Absperrungen, Zustandsaufnahmen.

Durch den Unternehmer sind folgende Leistungen zu erbringen:

- *Bauteilspezifische Ausmasserfassung:* Das Ausmass der gesamten Baumassnahmen an der ÜF Chlosterstrasse ist pro Bauteil zu erfassen. Das Vorausmass der Baumassnahmen liegt als NPK mit den Bauteilen als Objektgliederung oder als Exceltabelle vor. Es ist dem Unternehmer freigestellt, das Ausmass mittels NPK oder Excel zu erfassen. Vor Beginn der Ausführung ist das Vorgehen der Ausmasserfassung mit der Bauleitung zu bestimmen.
- *Sitzungen:* Zu Beginn der Bauarbeiten ist eine Sitzung mit dem Unternehmer, der OBL, dem CBL und der Fachbauleitung zur genauen Bestimmung der Ausmassermittlung sowie zur Zuweisung der Verantwortlichkeiten und Aufgaben abzuhalten. Nach Abschluss der Baumassnahmen ist mit der Projektleitung des Forschungsprojekts ein bis zwei Sitzungen betreffend Ausmasserfassung, Erfahrungen des Unternehmers, etc. einzurechnen.

Alle Mehrkosten, welche sich aus den oben beschriebenen Leistungen ergeben, sind im NPK 111, in der Position R291.001 als Globale anzugeben. Gleichzeitig ist der geschätzte Stundenaufwand mit dem Stundenansatz anzugeben.

Während der Ausführung sind die Zeitaufwendungen zu rapportieren und zeitnah der Bauleitung vorzulegen.

Werkvertrag

Der Unternehmer wurde in den Werkvertragsverhandlungen über das Forschungsprojekt informiert und die Bauwerksteilgliederung an ihn übergeben. Die Abrechnung des Ausmasses der erbrachten Leistungen musste der Unternehmer nach Bauwerksteilen aufschlüsseln. Dieser Zusatzaufwand wurde separat vergütet.

Der Werkvertrag liefert die Marktpreise pro NPK-Position. Die Marktpreise wurden in die Zusammenstellung der Leistung nach Bauwerksteilen und Objekten übernommen. Die Resultate sind Marktpreis und Vorausmass pro Leistung und Bauwerksteil.

Realisierung

In der Realisierungsphase wurde sichergestellt, dass das effektiv ausgeführte Massnahmenausmass pro Bauwerksteil erfasst wurde.

Die Zustandserfassung erfolgte vor Beginn der Bauarbeiten durch die Forschungsstelle unter der Führung von Prof. Dr. Bryan Adey. Die Inspektionsergebnisse früherer Inspektionen können in KUBA abgerufen werden (siehe Anhang III).

Schlussrechnung

Die Schlussabrechnung enthält die tatsächlichen Kosten und realisierten Ausmasse pro NPK-Position.

Nach Beendigung der Arbeiten erfolgte eine Schlussbesprechung, um Informationen über die Erfassung der Arbeiten pro Bauwerksteil, allfällige Unsicherheiten bei der Bauwerksteilabgrenzung und Erkenntnisse aus der Ausführung zu erhalten.

Datenaustausch & Software

Die Kosten- und Mengeninformationen hat die Forschungsstelle mit MS Excel weiterverarbeitet. Die Leistungsverzeichnisse wurden mit einer handelsüblichen Software erstellt, welche über die erforderlichen NPK-Lizenzen verfügte. Ein Export der NPK-Leistungsbeschreibung verstösst gegen die Lizenzbedingungen und wird durch die verwendete Software nicht unterstützt. Die Software ermöglicht eine zusätzliche Gliederungsebene zu den Leistungspositionen einzuführen. So konnte das

Leistungsverzeichnis nach Bauteilen strukturiert werden. Dies ermöglicht das Ausmass pro Leistung unterteilt nach Bauteilen auszugeben.

Die folgenden Daten wurden anschliessend an die Forschungsstelle übermittelt:

- Submission (alle fünf Bauwerke): Tabellarische Zusammenstellung (Exceltabelle) mit Ausmass (Vorausmass) und Kostenprognose (Annahme der Einheitskosten gemäss KV) pro Leistung, Bauteil und Objekt. Zudem werden die Leistungsverzeichnisse mit den detaillierten Leistungspositionen zu den fünf Bauwerken erstellt.
- Werkvertrag (nur Überf Chlosterstrasse): Die Übertragung der Marktpreise in die bestehende Excel-Tabelle mit den Vorausmassen erfolgte durch den Projektverfasser
- Schlussrechnung (nur Überführung Chlosterstrasse): Zustellung der tatsächlich angefallenen Kosten Kosten und realisierten Ausmasse pro Leistung, Bauteil und Objekt.

2.3.3 Bauwerke

Beschreibung

Für das Forschungsprojekt wurden fünf Bauwerke ausgewählt. Es handelt sich dabei um vier Überführungen und eine Unterführung beim Limmattaler Kreuz.

Tab. 8 Wichtigste Kenngrössen der Bauwerk Dixis West.

Bauwerk Nr.	IO-Typ	Baujahr / ZK letzte Hauptinspektion / Länge, Breite, Fläche
244-002	Brücke mit Durchlaufträger	1968 / ZK 3 (2007) / 56.45 m, 13.80 m, 779 m ²
249-001	Brücke mit Durchlaufträger	1968 / ZK 3 (2007) / 57.90 m, 10.52 m, 609 m ²
251-011	Brücke mit Rahmentragwerk	1983 / ZK 3 (2007) / 10.60 m, 170 m, 1802 m ²
251-014	Brücke mit Durchlaufträger	1983 / ZK 3 (2007) / 48.00 m, 22.75 m, 1092 m ²
251-015	Brücke mit Rahmentragwerk	1984 / ZK 3 (2007) / 23.37 m, 16.66 m, 389 m ²

Wie aus Tab. 8 ersichtlich ist, befanden sich alle Bauwerke im Jahr 2007 in ZK 3. Im Rahmen der Hauptinspektion (HI) 2007 wurden die folgenden Befunde festgestellt:

244-002: Die Abdichtung (AB), der Belag (BE), die Fahrbahnplatten (FP 1 und FP 2) und die Fahrbahnübergänge (FÜ 1 und 2) wurden mit ZK 4 bewertet. Im BE konnten leichte Spurrinnen, im Gehweg lokale Risse und in der Belagsfuge Süd ein Versatz von ca. 10 mm festgestellt werden. Bei der FP 1 und 2 waren Risse in der Stirnseite beim Widerlagergang Süd sichtbar, während an der Stirnseite beim Widerlagergang Nord korrodierte Ankerköpfe und Abplatzungen festgestellt werden konnte. FÜ 1 und 2 waren undicht und ein Belagsriss, Ausbrüche sowie Aufwölbungen an der Oberseite sichtbar.

249-001: Der Belag (BE), die Pfeiler (P) und die Fahrbahnübergänge (FÜ 1 und 2) wurden mit ZK 4 bewertet. Beim BE waren Ausbrüche und Risse an den FÜ und auf dem Gehweg sichtbar, während bei den P kleiner Abplatzungen und Roststellen am Fuss festgestellt werden konnte. Die FÜ waren undicht.

251-011: Der Rahmen (R 1, 2, 3 und 4) wurde mit einer ZK von 4 bewertet. An den Wänden konnten Abplatzungen, Hohlstellen, Rostflecken, Anfahrschäden, feine Risse mit Aussinterungen und eine zu geringe Überdeckung der Bewehrung festgestellt werden, während an der Decke vereinzelt Risse sichtbar waren.

251-014: Der Belag (BE), die Pfeiler (P 1 & 2) und die Widerlager (WL 1 & 2) wurden mit ZK 4 bewertet. Beim Belagsanschluss der Fahrbahnübergänge waren Risse im BE sichtbar. Bei den P konnten lokal feine horizontale Risse (Umschnürungs-bewehrung), viele Mörtelflicken und Rostflecken im unteren Bereich festgestellt werden. Beim W1 waren Vertikalrisse in der Rückwand und Decke (teilweise mit Aussinterungen) sichtbar, während im Bereich der Seitenwand Zürich Fliessspuren, Rostflecken, lokal freilegende und korrodierte Bewehrung, Abplatzungen und Kiesnester festgestellt werden konnte. Beim W2 waren Vertikalrisse (belastet durch Spritzwasser) sichtbar, während im Widerlagerlagergang Wasser vorhanden war, welches teilweise nicht ablaufen konnte.

251-015: Der Rahmen (R1 & 2) wurde mit ZK 4 bewertet. Bei der Wand Süd konnten Abplatzungen, Hohlstellen, Rostspuren und feine Vertikalrisse festgestellt werden. In Deckenmitte ist ein vertikaler Versatz der Brückenplatten bei der Dilatationsfuge von ca. 10 mm sichtbar.

In der obenstehenden Beschreibung wurden nur BWT in ZK 4 erwähnt. Eine vollständige Beschreibung der Befunde ist in den Inspektionsberichten auf der CD zu finden, welche diesem Bericht beiliegt (siehe Anhang VI).

Gliederung

Die Gliederung der fünf Bauwerke in Bauwerksteile findet sich in Abb. 8. Die Bauwerksteilgliederung wurde mit der Erhaltungsplanung ASTRA, Filiale 4 Winterthur, abgesprochen und erfolgte gemäss Datenerfassungshandbuch KUBA [14]. Zusätzlich wurde das Bauwerksteil „Gesamtobjekt“ (GO) hinzugefügt. Diesem Bauwerksteil werden alle übergeordneten NPK-Leistungen (Installation, Absperrungen, etc.) sowie NPK-Leistungen, welche nicht eindeutig einem Bauwerksteil zugeordnet werden können, zugewiesen. Die folgenden NPK-Leistungen werden typischerweise dem GO zugewiesen:

- Baustelleninstallation
- Temporäre Verkehrsführung (temporäre Signalisation, Markierungen, etc.)
- Regie
- Prüfungen
- Gerüste, Schutzgerüste, temporäre Absperrungen
- Zustandsaufnahmen

Die Katasterpläne zur Bauwerksteilgliederung gemäss Abb. 6 finden sich im Anhang II.

Haupteinheit

Bei vielen Bauwerksteilen sind die Leistungen in unterschiedlichen NPK-Positionen und Einheiten beschrieben. Dies erschwert die Bestimmung der Erhaltungskosten.

Deshalb wurde für jedes Bauwerksteil eine „Haupteinheit“ (HE) definiert, welche als Einheit für alle NPK-Positionen verwendet wird. Die Wahl der Einheit erfolgt aufgrund der für das jeweilige Bauwerksteil massgebenden Erhaltungsmassnahme. Die Einheiten einer NPK-Position müssen jeweils in die HE umgerechnet werden. Für das Bauwerksteil „Pfeiler“ wird beispielsweise die HE m² verwendet, weil sich die Erhaltungsmassnahmen vorwiegend auf die Oberfläche (Vorbetonierung, Oberflächenschutzsystem) beschränken. Eine Übersicht ist in Tab. 9 dargestellt.

Bei den Deckenplatte, der Fahrbahnplatte und dem Längsträger wird die Aussenfläche als HE verwendet, da an der Innenfläche (im Hohlkasten) erfahrungsgemäss nur wenig Instandsetzungsaufwand im Vergleich zu den Aussenflächen besteht.

Objekt Nr.	244-002		249-001		251-011		251-014		251-015	
Baujahr	1968		1968		1983		1983		1984	
Zustand	3		3		2		3		2	
Gesamtlänge	56.45		58.45		170		48		23.37	
Gesamtbreite	13.8		10.85		10.6		22.75 (16.50-29.00)		16.66	
Gesamtfläche	779		634		1802		1092		389	
Bauwerksteilanzahl	28		45		56		48		19	
	Bauteil	Lage	Bauteil	Lage	Bauteil	Lage	Bauteil	Lage	Bauteil	Lage
	GO	ÜG	GO	ÜG	GO	ÜG	GO	ÜG	GO	ÜG
	AB		AB		AB		AB		AB	
	BE		BE		AB1		BE		DP	ges. Untersicht
	ENT		ENT		AB2		ENT		MF1	BE/LU
	F-P		F-P		AB3		FP-P1		MF2	BE/SG
	F-WL1	Süd	F-WL1	Süd	BE		FP-P2		MF3	ZH/LU
	F-WL2	Nord	F-WL2	Nord	ENT		F-WL1		MF4	ZH/SG
	FÜ1	Süd	FÜ1	Süd	MF1	1. TBW (a) rechts	F-WL2		RB1	Be
	FÜ2	Nord	FÜ2	Nord	MF1.1		FÜ1	SG	RB2	ZH
	KK1	BE	KK1	BE	MF1.2		FÜ2	LU	SM1	BE/LU
	KK2	ZH	KK2	ZH	MF1.3		KK1	BE	SM2	BE/SG
	GEL1	BE	GEL1	BE	MF1.4		KK2	ZH	SM3	ZH/LU
	GEL2	ZH	GEL2	ZH	MF2	1. TBW (a) links	KP1	BE	SM4	ZH/SG
	KP1.1	BE/Süd	KP1.1	BE/Süd	MF2.1		KP2	ZH	W1	BE/LU
	KP1.2	BE/Nord	KP1.2	BE/Nord	MF2.2		FP1	BE	W2	BE/SG
	KP2.1	ZH/Süd	KP2.1	ZH/Süd	MF2.3		FP2	ZH	W3	ZH/LU
	KP2.2	ZH/Nord	KP2.2	ZH/Nord	MF2.4		FP3	Mitte	W4	ZH/SG
	PL1	Süd	FP1	Süd	MF3	3. TBW (c) rechts	DP1	BE	SP1	LU
	PL2	Nord	FP2	Nord	MF3.1		DP2	ZH	SP2	SG
	P		DP1	Süd	MF3.2		LT1	BE		
	L1-WL1	BE/Süd	DP2	Nord	MF4	3. TBW (c) links	LT2	Mitte (BE)		
	L1-WL2	BE/Nord	LT1.1	BE/Süd	MF4.1		LT3	Mitte (ZH)		
	L2-WL1	ZH/Süd	LT1.2	ZH/Süd	MF4.2		LT4	ZH		
	L2-WL2	ZH/Nord	LT2.1	BE/Nord	LM1		QT1	bei WL1		
	WL1	Süd	LT2.2	ZH/Nord	LM1.1		QT2	bei P1		
	WL2	Nord	QT1	Süd	LM2		QT3	bei P2		
	SP1	Süd	QT2	Nord	LM2.1		QT4	bei WL2		
	SP2	Nord	QT3		LM3		L1-WL1	BE		
			P		LM3.1		L1-WL2			
			L1-WL1	BE	LM4		L2-WL1	Mitte/BE		
			L1-WL2	BE	LM4.1		L2-WL2			
			L2-WL1	ZH	RB1	in RF 1. RB	L3-WL1	Mitte		
			L2-WL2	ZH	RB2	in RF 2. RB	L3-WL2			
			WL1	Süd	RB3	in RF 1. RB	L4-WL1	Mitte/ZH		
			WL2	Nord	RB4	in RF 2. RB	L4-WL2			
			SP1	Süd	RB5	in RF 1. RB	L5-WL1	ZH		
			SP2	Nord	RB6	in RF 2. RB	L5-WL2			
					SP1	Einfahrt rechts	P1	BE		
					SP2	Einfahrt links	P2	ZH		
					SP3	Mitte rechts	WL1	SG		
					SP4	Mitte links	WL2	LU		
					SP5	Ausfahrt rechts	SP1	SG		
					SP6	Ausfahrt links	SP2	LU		
					FB		ZEE	Elektroraum		
					W1		MF1	BE/Nord		
					W2		MF2	ZH/Nord		
					W3		MF3	BE/Süd		
					W4		MF4	ZH/Süd		
					W5					
					W6					
					W7					
					W8					
					DP1					
					DP2					
					DP3					
					DP4					

Legende Bauteile	
AB	Abdichtung
BE	Belag
DP	Deckenplatte
ENT	Entwässerung
FB	Bodenplatte
FP	Fahrbahnplatte
F-P	Fundament Pfeiler
FP-P	Pfahlfundament Pfeiler
FÜ 1	Fahrbahnübergang 1
F-WL	Fundament Widerlager
GEL	Geländer
GO	Gesamtobjekt
KK	Konsolkopf
KP	Konsolplatte
L1-WL1	Lager 1 Widerlager 1
LM	Leitmauer
LT	Längsträger
MF	Flügelmauer
P	Pfeiler
PL	Platte
QT	Querträger
RB	Randbord
SM	Stützmauer
SP	Schleppplatte
W	Wand
WL	Widerlager
ZEE	Elektroraum

Abkürzungen	
ÜG	übergeordnet
FR	Fahrtrichtung
BW	Bauwerk
TBW	Teilbauwerk
ZH	Zürich
BE	Bern
LU	Luzern
SG	St. Gallen

Abb. 8 Bauwerksteilgliederung für die fünf Bauwerke von Dixis West. Die Katasterpläne finden sich in Anhang II.

Tab. 9 Haupteinheiten aller Bauwerksteile.

Bauwerksteil	Haupteinheit
Abdichtung (AB)	m ² (bezogen auf die gesamte Abdichtungsfläche)
Belag (BE)	m ² (bezogen auf die Belagsfläche, Fahrbahn und Gehbereich)
Bodenplatte (FB)	m ² (Oberfläche)
Deckenplatte (DP)	m ² (nur Aussenfläche)
Elektorraum (ZEE)	Global pro Bauwerk
Entwässerung (ENT)	Global pro Bauwerk
Fahrbahnplatte (FP)	m ² (nur Aussenfläche)
Fahrbahnübergang (FÜ)	m (Länge)
Flügelmauer (FM)	m ² (Oberfläche)
Fundament Pfeiler (F-P)	Global pro Bauwerk
Fundament Widerlager (F-WL)	Global pro Bauwerk
Geländer (GEL)	m (Länge)
Gesamtobjekt (GO)	Global pro Bauwerk
Konsolkopf (KK)	m (Länge)
Konsolplatte (KP)	m ² (Fläche Oberseite und Unterseite)
Lager (L)	Stück
Längsträger (LT)	m ² (nur Aussenfläche)
Pfeiler (P)	m ² (gesamte Oberfläche)
Platte (PL)	m ² (Grundrissfläche)
Querträger (QT)	m ² (gesamte Oberfläche)
Schleppplatte (SP)	m ² (Grundrissfläche)
Widerlager (WL)	m ² (Oberfläche Widerlagerwand zur Fahrbahn)

3 Methodik

3.1 Kostenmodell

3.1.1 Definition

Die Erstellung eines Erhaltungsprogrammes beinhaltet die Festlegung von möglichst kostengünstigen Zeitpunkten für die Durchführung von Massnahmen. Dazu wird u.a. ein KBMS eingesetzt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Bauwerksteile in Abhängigkeit ihres Typs, der Bauart und des Schadensprozesses einen unterschiedlichen Verfall aufweisen. So gilt z.B. für die Brücken die Faustformel 15/30/60, wonach Bauwerksteile der Ausrüstung, wie z.B. Lager oder Fahrbahnübergänge, eine Lebenserwartung von ca. 15 Jahren haben, während Bauwerksteile des Oberbaus eine solche von ca. 30 Jahren und diejenigen des Unterbaus von ca. 60 Jahren aufweisen.

Für das KBMS werden Einheitskosten von Erhaltungsmassnahmen pro Bauwerksteil benötigt. In der Baupraxis werden die Kosten von Erhaltungsmassnahmen aber gemäss NPK strukturiert und abgerechnet. Die Kosten pro NPK-Leistung müssen in Einheitskosten pro Bauwerksteil umgerechnet werden.

Die Erhebung der tatsächlich ausgeführten NPK-Leistungen direkt auf der Baustelle wäre mit einem zusätzlichen Aufwand verbunden. Deshalb wird ein Kostenmodell erstellt, das anhand der Schlussabrechnung die Kosten pro Leistung in Kosten pro Bauwerksteil umrechnet.

In den nachfolgenden Kapiteln sind die Datengrundlage, die zugrundeliegenden Annahmen und der Aufbau des Kostenmodells beschrieben.

3.1.2 Datengrundlage

Für die Entwicklung des Kostenmodells werden die folgenden Informationen benötigt:

- Typ, Ausmass (m^2 , m^3 , Stk., m') und Kosten der durchgeführte NPK-Leistung
- Die folgenden Eigenschaften der Bauwerksteile:
 - Typ
 - Bauart
 - Zustand, Ausmass und Schadensprozess eines Befundes (nur für Szenario 3 und 4 nötig)
- Typ und Ausmass der typisierten Erhaltungsmassnahme

Die Angaben zur durchgeführten NPK-Leistung lassen sich aus dem LV des Unternehmers herauslesen. Die Eigenschaften der Bauwerksteile können aus KUBA ermittelt werden, während die Angaben zu den typisierten Erhaltungsmassnahmen durch den Projektverantwortlichen erstellt werden müssen.

3.1.3 Annahmen

Es werden die folgenden Annahmen getroffen:

- Jede NPK-Leistung kann mindestens einem IT zugeordnet werden dessen Erhaltungsmassnahmen-Ausmass > 0 ist.
- Die Kosten einer NPK-Leistung, welche mehreren IT zugeordnet wurden, werden proportional zum Ausmass des jeweiligen IT verteilt.

- Die Umrechnungsfaktoren für das äquivalente Erhaltungsmassnahmenausmass können geschätzt werden (siehe Kapitel 2.2.4).

3.1.4 Aufbau

Die Idee des Kostenmodells besteht darin, die NPK-Leistungen anhand des Beschriebs im NPK-Katalog verschiedenen Bauteilen zuzuordnen. Um die Abbildung von NPK-Leistungen auf Bauwerksteile zu vereinfachen, werden anstelle der Bauwerksteile die Interventionstypen verwendet. Diese Umrechnung ist in *Abb. 9* dargestellt.

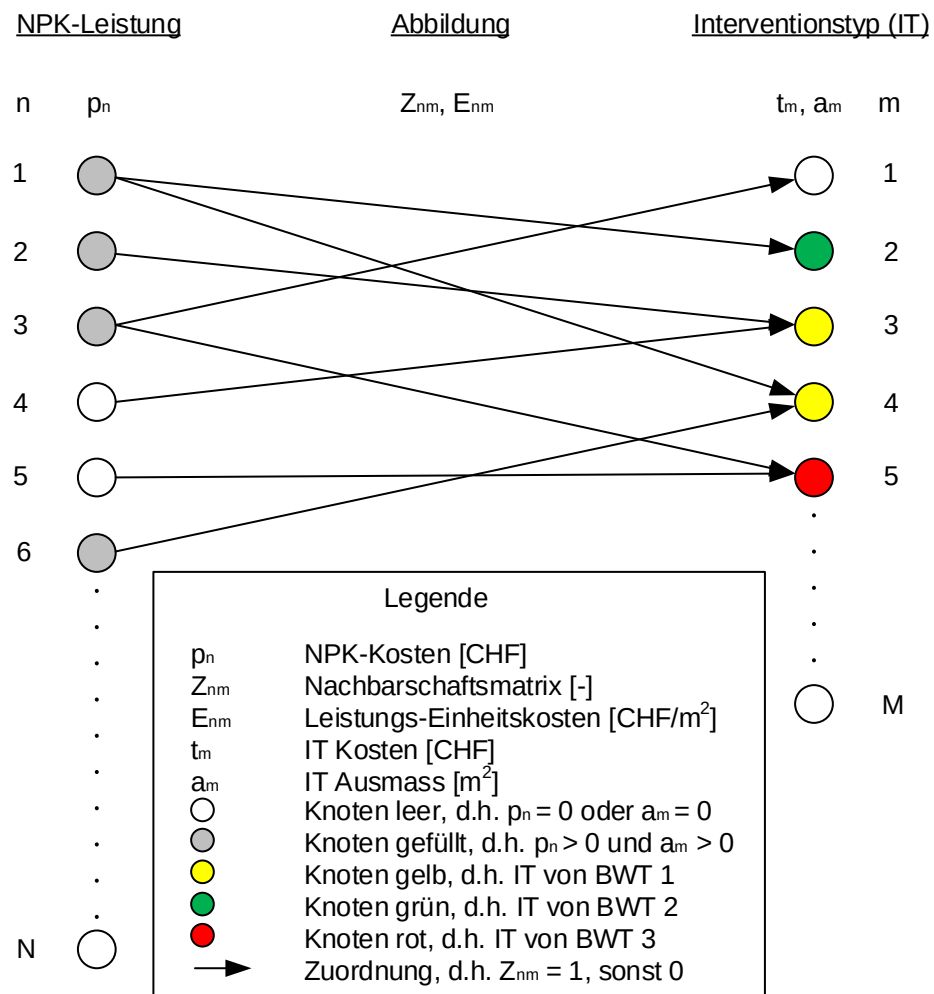


Abb. 9 Kostenmodell zur Umrechnung der Kosten von NPK-Leistungen in bauwerksteilbezogene Kosten. Vektoren werden mit Kleinbuchstaben und Matrizen mit Grossbuchstaben dargestellt. N und M sind die Anzahl der NPK-Leistungen bzw. Interventionstypen.

Die NPK-Kosten aus dem LV werden in einem Vektor $p \in \mathbb{R}^{N \times 1}$ der Länge N gespeichert ($\mathbb{R}$ ist die Menge der Reellen Zahlen), welcher einen Eintrag für jeden der N Positionen des NPK-Katalogs besitzt. Falls eine NPK-Leistung n im LV nicht vorkommt, so wird dieser Eintrag im Vektor gleich Null gesetzt (leere Knoten in Abb. 9), d.h. $p_n = 0$. In derselben

Art und Weise werden die Ausmasse der IT in einem Vektor $a \in \mathbb{R}^{M \times 1}$ der Länge M gespeichert, wobei M die Anzahl aller möglichen IT für das Bauwerk ist. Falls die Erhaltungsmassnahme eines ITs m nicht durchgeführt wird, so wird dieser Eintrag im Vektor gleich Null gesetzt (leere Knoten in Abb. 9), d.h. $a_m = 0$. Die Beziehung zwischen den NPK-Kosten und den Interventionstypen wird mit Hilfe einer sog. Zuordnungstabelle

(oder Adjazenzmatrix) $Z \in \{0,1\}^{N \times M}$ abgebildet, wobei $\{0,1\}$ die binäre Menge bezeichnet. Ein Element Z_{nm} der Matrix Z wird gleich 1 gesetzt, falls die NPK-Leistung n einen Beitrag zu den Einheitskosten des Interventionstyps m leisten kann. Besteht gemäss dem Text des Leistungsbeschriebs keine solche Beziehung, so wird $Z_{nm} = 0$ gesetzt. Details zur Erstellung dieser Matrix sind im Kapitel 3.1.5 zu finden.

Die Einheitskosten der NPK-Leistungen, kurz Leistungseinheitskosten (LEK), $E \in \mathbb{R}^{N \times M}$ (Matrix) und die IT-Kosten $t \in \mathbb{R}^{M \times 1}$ (Vektor) sind unbekannt. Diese können aber mit Hilfe von p , a und Z berechnet werden. Für die LEK gilt gemäss Abb. 9 die Beziehung

$$E_{nm} = \frac{p_n}{\sum_{m'=1}^M Z_{nm'} \cdot a_{m'}} = \frac{p_n}{A_n}, \quad (1)$$

während man die IT Kosten mit Hilfe von

$$t_m = a_m \cdot \sum_{n=1}^N Z_{nm} \cdot E_{nm} = a_m \cdot \sum_{n=1}^N \frac{p_n \cdot Z_{nm}}{A_n}, \quad (2)$$

berechnen kann. A_n ist das gesamthafte Ausmass der Erhaltungsmassnahme. Gemäss Kapitel 3.1.3 wird jede NPK-Leistung des LV einem IT m mit $a_m > 0$ zugeordnet, d.h. es gilt für alle Elemente n des Vektors p , welche grösser als Null sind, dass $A_n > 0$ ist.

3.1.5 Zuordnungstabelle

Um die Zuordnungstabelle zu bilden, muss jede NPK-Leistung mit mindestens einem IT oder dem GO verbunden werden. Die Zuordnung der NPK-Leistungen zu den IT erfolgt über den Leistungsbeschrieb. Die Selektionskriterien bilden dabei die Attribute des IT, d.h. ITYP, BA und ERMA. Mit diesen Kriterien kann jede NPK-Leistung auf ihren Informationsgehalt geprüft und mindestens einem IT oder dem GO zugeordnet werden.

Abb. 10 zeigt das Schema zur Zuordnung einer beliebigen NPK-Leistung zu einem IT. Mit Hilfe dieses Schemas kann die Zuordnungstabelle erstellt werden. Das Schema beinhaltet drei Entscheidungsknoten. Der erste Entscheidungsknoten ist die „Bauwerksteil-Überprüfung“. Es wird überprüft, ob die NPK-Leistung gemäss Leistungsbeschrieb direkten Bezug auf ein Bauwerksteil nimmt. Dies wäre beispielsweise der Fall, falls im Leistungsbeschrieb das Stichwort „Fahrbahnübergang“ vorkommt. Der nächste Entscheidungsknoten ist die „Bauart-Überprüfung“, bei der geprüft wird, ob die Leistungsbeschreibung direkten Bezug auf eine Bauart (z.B. „Stahlbeton“) nimmt. Schliesslich folgt die „Erhaltungsmassnahme-Überprüfung“. Dieser Entscheidungsknoten unterscheidet sich von den anderen beiden darin, dass keine direkte Zuordnung stattfindet, da eine NPK-Leistung nie direkten Bezug auf eine typisierte Erhaltungsmassnahme nimmt. Stattdessen wird der beschriebene Arbeitsprozess einer NPK-Leistung analysiert, woraus man in manchen Fällen gewisse IT aufgrund ihrer typisierten Erhaltungsmassnahme (ERMA) ausschliessen kann. Das heisst, dass anstelle einer direkten Zuordnung eine Einschränkung auf bestimmte typisierte Erhaltungsmassnahmen stattfindet.

Die Idee des Schemas in Abb. 10 ist die schrittweise Einschränkung der Menge an IT, welche einer NPK-Leistung zugeordnet werden können. Beim Start ist eine NPK-Leistung allen IT gleichermassen zugeordnet.

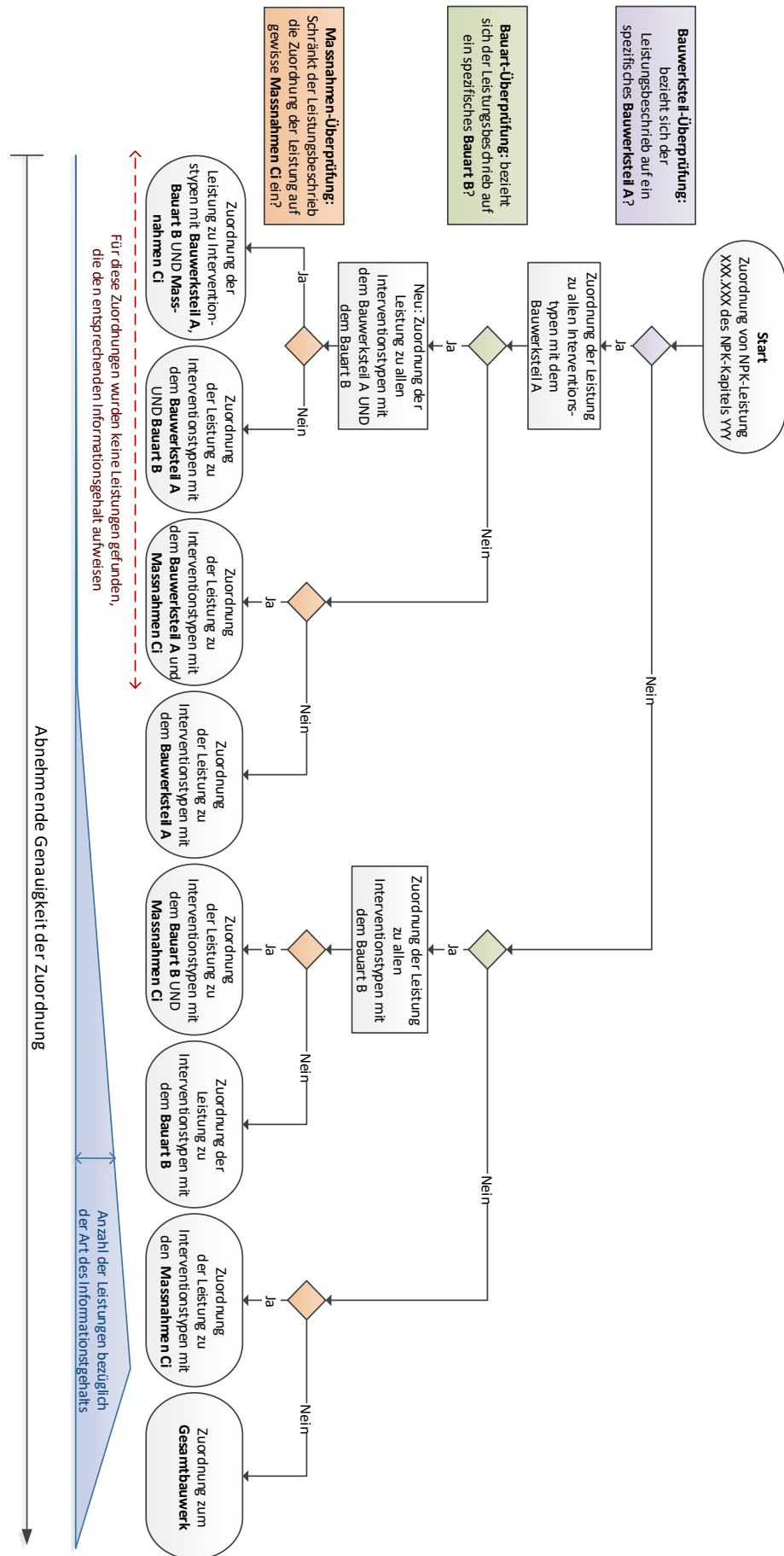


Abb. 10 Schema zur Zuordnung einer NPK-Leistung zu einem Interventionstyp.

Mit jedem „Ja“ im Schema wird die Menge der IT eingeschränkt.

Nimmt z.B. eine NPK-Leistung im Leistungsbeschreibung Bezug zu einem Bauwerksteil (z.B. „Kastenträger“), zu einer Bauart (z.B. „Stahlbeton“) und zu einem Arbeitsprozess (z.B. „lokale Reprofilierung“), so würden nur wenige Erhaltungsmassnahmen in Frage kommen (z.B. „lokale Reprofilierung“). Nach dem ersten Entscheidungsknoten wird also die NPK-Leistung allen IT zugeordnet, die das Bauwerksteil „Kastenträger“ beinhalten. D.h. die NPK-Leistung würde auch IT wie z.B. „Kastenträger + Stahlbeton + Lokale Instandsetzung des Korrosionsschutzes“ zugeordnet werden. Danach wird diese Menge weiter auf solche IT eingeschränkt, welche zusätzlich die Bauart „Stahlbeton“ beinhalten. Schliesslich wird diese Menge nochmals auf diejenigen IT eingeschränkt, die Massnahmen wie „lokale Reprofilierung“ oder „Reprofilierung und Reinigung der korrodierten Bewehrung“ beinhalten. Somit wird diese NPK-Leistung den IT „Kastenträger + Stahlbeton + lokale Reprofilierung“, „Kastenträger + Stahlbeton + Reprofilierung und Reinigung der korrodierten Bewehrung“ und „Kastenträger + Stahlbeton + Reprofilierung und Reinigung der korrodierten Bewehrung inkl. ganzflächiger Oberflächenschutz“ zugeordnet.

Eine NPK-Leistung, die weder Bezug auf ein Bauwerksteil, eine Bauart oder eine Erhaltungsmassnahme nimmt, bei der also alle Entscheidungsknoten im Schema *Abb. 10* mit „Nein“ beantwortet werden, wird dem GO zugeordnet.

Es fällt auf, dass in den verwendeten Daten keine NPK-Leistungen gefunden werden konnten, die entweder Bezug auf ein Bauwerksteil und eine Bauart oder ein Bauwerksteil und Erhaltungsmassnahmen haben (siehe *Abb. 10*). Dieser Umstand deutet darauf hin, dass einzelne NPK-Leistungen oft sehr vielen IT zugeordnet werden können.

3.1.6 Szenarien

Für die meisten Kantone oder Gemeinden in der Schweiz ist die Beurteilungs- und Planungseinheit das gesamte Bauwerk und somit liegen keine Informationen zu den Schadensprozessen (FSPT) oder zum Zustand (ZUST) der Bauwerksteile vor. Grosse Infrastrukturbetreiber wie das ASTRA beurteilen hingegen auch Bauwerksteile und Schadensgruppen (siehe *Tab. 6*). Der Zustand eines Bauwerksteils wird aus dem Zustand der einzelnen Schadensgruppen abgeleitet. Das Kostenmodell wird deshalb anhand von vier Szenarien überprüft (*Tab. 10*).

Tab. 10 Szenarien zum Kostenmodell.

Szenario	Beschreibung
1	ITYP / BA / ERMA mit <i>geschätztem</i> Ausmass
2	ITYP / BA / ERMA mit <i>tatsächlichem</i> Ausmass
3	ITYP / BA / FSPT / ZUST / ERMA mit <i>geschätztem</i> Ausmass
4	ITYP / BA / FSPT / ZUST / ERMA mit <i>tatsächlichem</i> Ausmass

In Szenario 1 und 2 werden die IT aus den Attributen ITYP, BA und ERMA zusammengesetzt. Solche Kostenmodelle könnten in Situationen eingesetzt werden, wo keine Angaben zum Schadensprozess oder Zustand vorliegen. Dagegen werden in Szenario 3 und 4 zusätzlich der Zustand und der Schadensprozess verwendet. Um den Einfluss des Ausmasses auf die Kosten zu analysieren, werden Berechnungen sowohl mit dem durch die PV geschätzten Ausmass (Szenario 1 und 3) als auch dem tatsächlichen Ausmass (Szenario 2 und 4) durchgeführt.

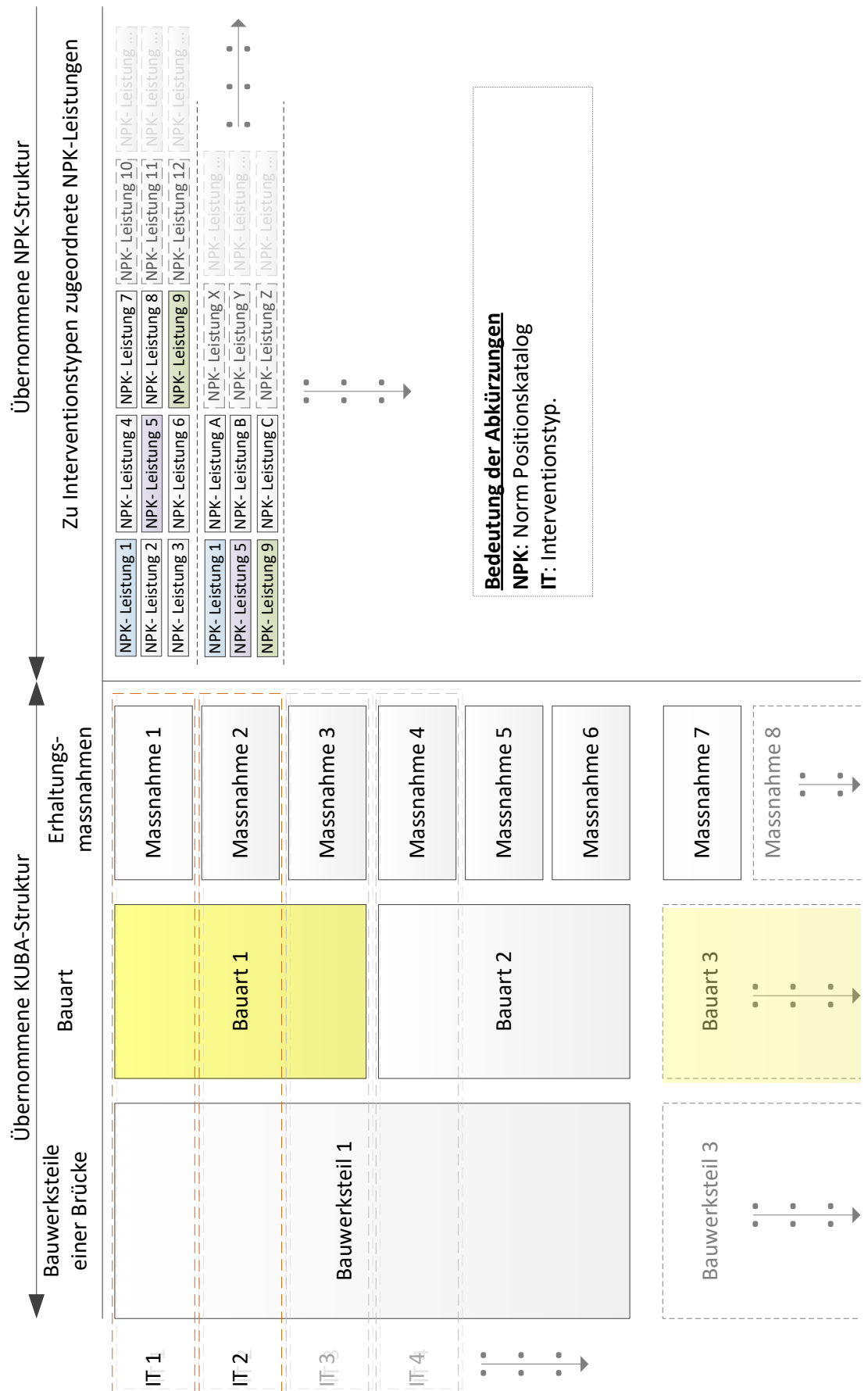


Abb. 11 Aufbau der Zuordnungstabelle in DIXIS.

3.2 Evaluation

3.2.1 Umsetzung

Allgemeines

Mit Hilfe des Schemas aus *Abb. 10* kann die Zuordnungstabelle aufgebaut werden. Da sich an der Struktur des NPK nur wenig ändert, muss die Zuordnungstabelle nur einmal erstellt und danach lediglich periodisch nachgeführt werden.

Zur Umrechnung eines LV (basierend auf NPK-Leistungen) in Kosten pro IT wurde das Kostenmodell in DIXIS, einem Computerprogramm basierend auf MS-Excel und Visual Basic implementiert. Eine ausführliche Bedienungsanleitung des Computerprogramms DIXIS findet sich im Anhang VII. Die einzelnen Berechnungsschritte sind nachfolgend erklärt.

Zuordnungstabelle

Abb. 11 zeigt den Aufbau der Zuordnungstabelle, welche nach den IT sortiert wird. Die linke Seite entspricht der Struktur aus KUBA, d.h. „ITYP + BA + ERMA“, und die rechte Seite dem NPK. Die farbig unterlegten NPK-Leistungen sollen zeigen, dass NPK-Leistungen mehreren IT zugeordnet werden können, so wird in der Abbildung z.B. die NPK-Leistung 1 sowohl dem IT 1 als auch dem IT 2 zugeordnet. Um das Kostenmodell möglichst übersichtlich zu gestalten, werden NPK-Leistungen auf der Ebene zusammengefasst, unter der keine relevanten Informationen für die Zuordnung mehr vorhanden sind. Das heisst, wenn alle Positionen einer Hauptposition mit einem IT verknüpft werden müssten, wird einfach die entsprechende Hauptposition mit dem IT verknüpft.

Schritt 1

In einem ersten Schritt müssen die Daten erfasst und ins Excel übertragen werden. Es werden die folgenden Daten benötigt:

- Inspektion
- Massnahmenplan und Leistungsverzeichnis der Bauunternehmung, damit die Erhaltungsmassnahmen und NPK-Leistungen identifiziert werden können.

Die Inspektion liefert als Ergebnis den Zustand und die Schadensprozesse der Bauwerksteile.

Schritt 2

Im zweiten Schritt werden aus den Bauwerksteiltypen, den Bauarten und den typisierten Erhaltungsmassnahmen die IT gebildet.

Schritt 3

Mit Hilfe der Zuordnungstabelle können die NPK-Leistungen pro IT identifiziert werden.

Schritt 4

Anhand des LV können die tatsächlich durchgeführten NPK-Leistungen identifiziert und dann den IT zugewiesen werden (siehe *Abb. 12*). Nur diese NPK-Leistungen werden in den Berechnungen berücksichtigt. Damit ist die Zuordnung der NPK-Leistungen zu den IT abgeschlossen. Es ist möglich, dass eine NPK-Leistung mehreren IT zugeordnet wird.

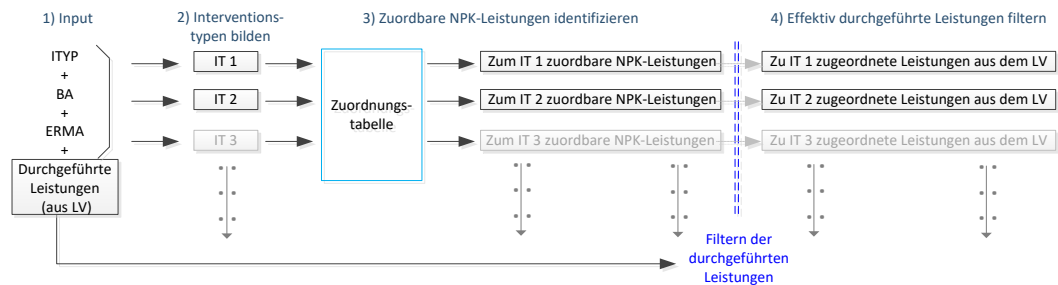


Abb. 12 Zuordnung von NPK-Leistungen zu IT mit Hilfe der Zuordnungstabelle.

Schritt 5

Nach abgeschlossener Zuordnung können die Kosten einer NPK-Leistung mit Hilfe des gesamthaften Ausmasses der Erhaltungsmassnahme berechnet werden. Die Kosten von NPK-Leistungen, die mehreren IT zugeordnet werden, werden proportional zum Ausmass der Erhaltungsmassnahme aufgeteilt (siehe Abb. 13). Für Bauwerksteile deren Ausmasseinheit nicht m² ist, werden an dieser Stelle die Umrechnungsfaktoren verwendet, die das Ausmass in die äquivalente Grösse in m² umzuwandeln. Somit kann die Verteilung der Kosten pro m² für alle Bauwerksteile erfolgen.

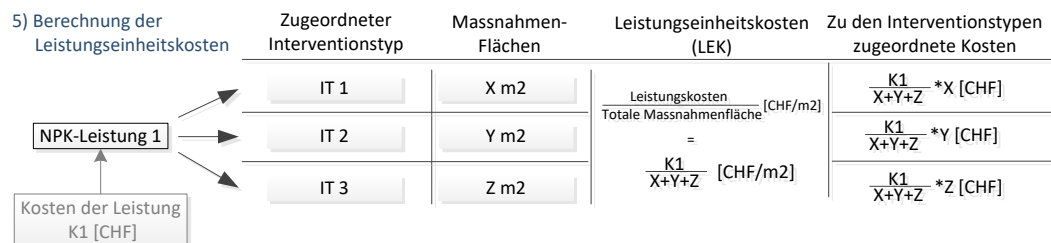


Abb. 13: Aufteilung der Kosten einer NPK-Leistung.

Schritt 6

Schliesslich erfolgt die Berechnung der Kosten pro IT (siehe Abb. 14). Dazu werden die Leistungseinheitskosten aufsummiert.

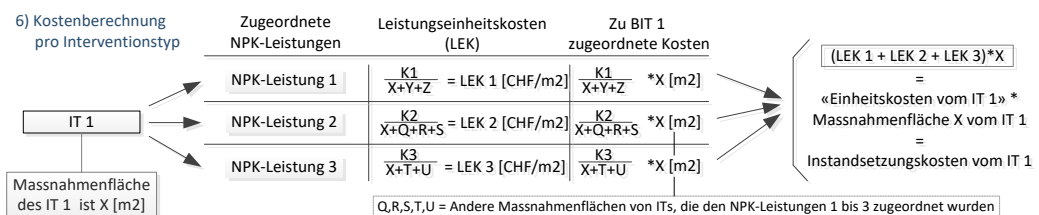


Abb. 14: Berechnung der Kosten pro IT.

3.2.2 Modellgüte

Um die Güte des Kostenmodells zu messen, werden die Kosten pro IT mit den Kosten im KV und den tatsächlichen Kosten verglichen. Die Zuteilung der Kosten auf die Bauwerksteile erfolgte durch den PV. Zusätzlich werden die Einheitskosten pro IT aus KUBA hinzugezogen, welche hauptsächlich auf Schätzungen von Experten beruhen.

Da nur ein Bauwerk zur Verfügung steht, erübrigt sich eine Kostenvorhersage für die anderen Bauwerke.

4 Ergebnisse

4.1 Fallbeispiel „Überführung Chlosterstrasse“

Das entwickelte Kostenmodell wird anhand der Instandsetzung des Bauwerks „249-001 Überführung Chlosterstrasse“ überprüft. Wie in Kapitel 0 beschrieben, handelt es sich bei diesem Bauwerk um eine vorgespannte Stahlbetonbrücke mit einem Kastenträger und zwei Feldern. Der Mittelpfeiler liegt zwischen den beiden Autobahnspuren Zürich – Bern. Die Hauptinspektion 2006 ermittelte die Zustandsklasse 3 (schadhaft). Das Bauwerk wurde im Jahr 2013 instandgesetzt.

Zunächst wird in diesem Kapitel die Erstellung des Kostenmodells anhand des Bauwerks „249-001 Überführung Chlosterstrasse“ schrittweise aufgezeigt. Anschliessend werden die Berechnungen für die vier Szenarien gemäss Tab. 10 durchgeführt. In den ersten beiden Szenarien werden die Interventionstypen aus ITYP, BA und ERMA aufgebaut, während in den Szenarien 3 und 4 auch noch Informationen zur ZK und dem FSPT in die Bestimmung mit einbezogen werden.

4.2 Erstellung Kostenmodell

4.2.1 Datengrundlage

Für das Bauwerk liegen die folgenden Informationen vor:

- Typ, Ausmass (m², m³, Stk., m) und Kosten der durchgeführte NPK-Leistung gemäss **LV** der Bauunternehmung
- Die folgenden Eigenschaften der Bauwerksteile:
 - Typ und Bauart gemäss **Katasterpläne**
 - Zustand und Ausmass der Schadensprozesse gemäss **Inspektionsbericht und Schadenplan**
- Typ und Ausmass der typisierten Erhaltungsmassnahme gemäss **Massnahmenplan und Inspektionsbericht**

4.2.2 Erfassung IT und Erhaltungsmassnahmen

Die Interventionstypen werden gemäss Kapitel 2.2.4. gebildet. Die Ausmasse der Erhaltungsmassnahmen wurden mit Hilfe des Inspektionsberichts und anhand des Massnahmenplans erfasst. Die Inspektionen ermöglichen dabei die Abschätzung von kleinen Erhaltungsmassnahmen, wie z.B. lokale Reprofilierung des Stahlbetons infolge einer lokalen Abplatzung. Der Massnahmenplan eignet sich dazu grosse Erhaltungsmassnahmen abzuschätzen, wie z.B. ganzflächiger Oberflächenschutz der Brückenunterseite.

Zusätzlich wurden bei der Inspektion auch die Schadensprozesse und die Zustandsklasse erfasst. Damit können die Erhaltungsmassnahmen zusätzlich aufgeteilt werden (siehe Tab. 11).

4.2.3 Erfassung NPK-Leistungen

Die ausgeführten NPK-Leistungen werden aus dem LV der Bauunternehmung übernommen. Wie in Kapitel 3.1.2 beschrieben, werden NPK-Leistungen auf der Ebene zusammengefasst, unter der keine relevanten Informationen für die Zuordnung mehr vorhanden sind.

Tab. 11 Interventionstypen des Bauwerk „Überführung Chlosterstasse mit Unterteilung nach Schadensprozess und Zustandsklassen gemäss Szenario 1 und Szenario 3. (*) Äquivalentes Ausmass der Erhaltungsmassnahme.

Interventionstyp			Fakultativ: Zusätzliche Unterteilung		
Bauwerksteile	Bauart	Erhaltungsmassnahme	Schadensprozesse	Zustands- klasse	Ausmass KV
Gesamtobjekt (GO)	-	-	-	-	3458
Widerlager (WL1)	Stahlbeton	LRP (ohne Massnahme an Bewehrung)	Korrosion im Stahlbeton	2	2 m ²
Stützen, Pfeiler (P)	Stahlbeton	LRP und ganzflächiger OS	Präventivmassnahme	1	70.3 m ²
Stützen, Pfeiler (P)	Stahlbeton	LRP und ganzflächiger OS	Korrosion im Stahlbeton	2	3 m ²
Kastenträger (DP1)	Stahlbeton	LRP (ohne Massnahmen an Bewehrung)	Korrosion im Stahlbeton	2	5 m ²
Kastenträger (DP2)	Stahlbeton	LRP und ganzflächiger OS	Korrosion im Stahlbeton	2	5 m ²
Kastenträger (DP1, DP2, LT1.1 – LT2.2)	Stahlbeton	LRP und ganzflächiger OS	Korrosion im Stahlbeton	1	431 m ²
Fahrbahnübergang (FÜ1)	Verschiedene	Ersatz Fahrbahnübergang	Schäden an Fahrbahnübergängen	3	210 m ² (*)
Fahrbahnübergang (FÜ2)	Verschiedene	Ersatz Fahrbahnübergang	Schäden an Fahrbahnübergängen	2	210 m ² (*)
Randborde, Brüstung (KK1 und KK2)	Stahlbeton	LRP (ohne Massnahmen an Bewehrung)	Präventivmassnahme	1	135 m ²
Randborde, Brüstung (KK1)	Stahlbeton	LRP (ohne Massnahmen an Bewehrung)	Korrosion im Stahlbeton	2	6 m ²
Abdichtung (AB)	Verschiedene	Ersatz Abdichtung	Schäden an der Abdichtung	1	663.9 m ²
Belag (BE)	Verschiedene	Ersatz des Belags	Schäden am Belag	4	12 m ²
Belag (BE)	Verschiedene	Ersatz des Belags	Schäden am Belag	2	70.1 m ²
Belag (BE)	Verschiedene	Ersatz des Belags	Präventivmassnahme	1	469.6 m ²
Geländer (GEL1 und GEL2)	Baustahl	Ersatz des Bauwerksteils	Präventivmassnahme	1	140.3 m ²
Entwässerung (ENT)	Verschiedene	Ersatz des Bauwerksteils	Präventivmassnahme	1	58.0
Lager, Gelenk (L1-WL1 – L2-WL2)	Brückenlager	Reinigung Lager und Instandsetzung des Korrosionsschutzes	Schäden an Brückenlagern	2	68 m ² (*)
Fahrbahnplatte (KP1.1 – KP2.2, FP1 und FP2)	Stahlbeton	LRP und ganzflächiger OS	Präventivmassnahme	1	449.8 m ²
Fahrbahnplatte (KP1.1 – KP2.2, FP1 und FP2)	Stahlbeton	LRP und ganzflächiger OS	Präventivmassnahme	2	449.8 m ²

Abb. 15 zeigt einen Ausschnitt aus dem LV und Tab. 12 die korrespondierende Erfassung in der Excel-Tabelle zur Berechnung der Kosten. Die beiden Positionen 221.501 und 222.123 sind unter 220 „Vorbehandlungsarbeiten“ zusammengefasst (gelb markiert).

NPK 172 V'10 Volltext		Projekt: Dixis - 90437 Dixis Forschungsprojekt Leistungsverzeichnis: 249-001 - LV Chlosterstrasse			Seite 24 2.3.2012	
Position	Text	Menge		ME	Preis	Betrag
220	Vorbehandlungsarbeiten				Übertrag:	
221	Untergrund von Flächen vorbe- handeln. Inkl. Nachreinigen, Abtransportieren und Entsorgen der Rückstände. Anforderungen nach Pos. 012.100.					
.500	Schleuderstrahlen (Kugelstrah- len).					
.501	Liegende Flächen.	A	730	m2		
222	Untergrund für Fugen, Randab- schlüsse, Abschnittbänder und Fahrbahnübergänge vorbehan- deln. Inkl. Nachreinigen, Ab- transportieren und Entsorgen der Rückstände. Anforderungen nach Pos. 012.100.					
.100	b bis mm 400.					
.120	Druckluftstrahlen mit festen Strahlmitteln. Inkl. Lieferung Strahlgut.					
.123	an Rändern, Fahrbahnübergängen und Aufbordungen	A	260	m		

Abb. 15: LV für das Bauwerk „Überführung Chlosterstrasse“.

Tab. 12 Erfassung der NPK-Leistungen für das Bauwerk „Überführung Chlosterstrasse“ in DIXIS. Die beiden Positionen 221.501 und 222.123 aus dem LV (siehe Abb. 15) wurden unter 220 „Vorbehandlungsarbeiten“ zusammengefasst.

NPK-Kapitel	Beschrieb	Kosten [CHF]
NPK-Kapitel	Abdichtung von Bauten unter Terrain und für Brücken (V'10)	
100	Baustelleneinrichtung	
110	Baustelleneinrichtung	6'000
200	Vorbereitungsarbeiten	
210	Reinigungsarbeiten	2'190
220	Vorbehandlungsarbeiten	3'490
230	Ausgleichsschichten	18'00
260	Haftvermittler	30'150
270	Belagsentwässerung und Abdichtungsentlüftung	400
300	Abdichtungssysteme	
340	Polymerbitumen-Dichtungsbahnen	23'605

4.2.4 Erstellung Zuordnungstabelle

Zur Erstellung der Zuordnungstabelle wird jede NPK-Leistung mit Hilfe des Schemas aus Abb. 10 mit mindestens einem IT oder dem GO verknüpft. Tab. 13 zeigt einen Ausschnitt aus der Zuordnungstabelle der Szenarien 1 und 2 gemäss dem Aufbau aus **Fehler! V erweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

Tab. 13 Ausschnitt aus der Zuordnungstabelle von DIXIS für die Szenarien 1 und 2. Jedem IT werden die entsprechenden NPK-Leistungen zugewiesen.

Interventions- typ			NPK-Leistungen					
ITYP	BA	ERMA	Kapitel		Abschnitt		Unterabschnitt	
			No.	Beschreibung	No.	Beschreibung	No.	Beschreibung
Abdichtung	Verschiedene	Ersatz der Abdichtung	112D/04	Prüfungen	500	Abdichtungen, Bautenschutz und Instandsetzungen	m	510, 540
			114D/00	Gerüste		Alle		
			117D/95	Abbruch und Demontage	700	Strassen und Plätze		Alle
			132D/01	Bohren und Trennen von Beton und Mauerwerk		Alle		
			172D/00	Abdichtungen für Bauwerke unter Terrain	100	Baustelleneinrichtung		Alle
					200	Vorbereitungsarbeiten		Alle
					400	Abdichtung mit Dichtungsbahnen		Alle
					500	Abdichtung mit Beschichtungen		Alle
					600	Weitere Abdichtungssysteme		Alle
					700	Schutzschichten		Alle
					800	Nebenarbeiten		Alle
			222D/06	Pflasterungen und Abschlüsse				
			223D/05	Belagsarbeiten		Alle		
			245X/XX	Brückenabdichtungen und Brückenbeläge	900			Alle
					100	Baustelleneinrichtungen	140	
					200	Allgemeine Vorarbeiten	M	210, 220
					400	Abdichtungen mit bituminösen Dichtungsbahnen		Alle
					500	Kunststoffabdichtungen		Alle
			112D/04	Prüfungen	300	Verkehrsanlagenbau, bitumenhaltige Schichten und Leitungsbau		
			117D/95	Abbruch und Demontage	700	Strassen und Plätze		Alle
			134D/93	Reparatur von bituminösen Belägen		Alle		
			142D	Kleine Belagsarbeiten		Alle		
			222D/06	Pflasterungen und Abschlüsse		Alle		
			223D/05	Belagsarbeiten		Alle		

4.2.5 Berechnung der Leistungseinheitskosten

Gesamtobjekt

Die LEK werden gemäss Schritt 4 bis 5 berechnet (siehe Kapitel 3.2.1). Alle Kosten, welche dem Bauwerksteil GO zugeordnet werden, sind in *Tab. 14* aufgelistet.

Tab. 14 Leistungen am GO für die „Unterführung Chlosterstrasse“ gemäss Berechnungen mit DIXIS Szenario 1.

Leistungskosten am GO				
Kapitel	Abschnitt	Unterabschnitt	Leistungskosten [CHF]	Kummulierte Leistungskosten [CHF]
111 NPK	200	0	40'000	40'000
112 NPK	100	112	14'600	54'600
112 NPK	100	112	2'190	56'790
112 NPK	100	112	5'000	61'790
112 NPK	100	112	1'000	62'790
112 NPK	100	112	5'000	67'790
112 NPK	100	112	5'000	72'790
112 NPK	100	112	5'000	77'790
113 NPK	100	113	70'000	147'790
113 NPK	100	113	10'000	157'790
113 NPK	100	113	3'500	161'290
113 NPK	100	113	700	161'990
113 NPK	100	113	750	162'740
113 NPK	100	113	60'000	222'740
113 NPK	100	113	3'000	225'740
113 NPK	100	113	5'000	230'740
117 NPK	800	810	1'040	231'780
117 NPK	800	820	1'040	232'820
117 NPK	800	830	1'040	233'860
131 NPK	500	530	800	234'660
237 NPK	200	220	2'250	236'910
237 NPK	400	450	4'920	241'830
237 NPK	600	630	4'000	245'830
237 NPK	600	630	200	246'030
237 NPK	600	670	1'000	247'030
237 NPK	800	820	900	247'930
237 NPK	800	830	500	248'430
244 NPK	400	410	13'600	262'030

Interventionstypen

Die LEK werden gemäss Schritt 4 bis 5 berechnet (siehe Kapitel 3.2.1). *Tab. 15* zeigt einen Ausschnitt der Kosten für die NPK Kapitel 117 und 131.

Gemäss Szenario 1 werden dem NPK 131, Abschnitt 400 und Unterabschnitt 410 (u.a. 411.001 „Reinigen Fahrbahn für Pot-Messung“, 411.003 „Reinigen Flächen für OS, Wasserstählen 60 bar“, 411.003 „Reinigen Flächen für OS, Wasserstählen 180 bar“ und 416.251 „Zementhaut entfernen, vertikal über 10 m²“) Leistungskosten von insgesamt 5'720 CHF zugeordnet. Dabei beträgt die gesamthafte Massnahmenfläche 1977 m². Die gesamthafte Massnahmenfläche ist die Summe der Massnahmenflächen der Widerlager, Stützen, Kastenträger, Fahrbahnübergänge, Randborde und Fahrbahnplatten (*Tab. 16*).

Tab. 15 Ausgewählte Leistungseinheitskosten für die „Unterführung Chlosterstrasse“ gemäss Berechnungen mit DIXIS Szenario 1.

Kapitel	Abschnitt	Unterabschnitt	Leistungskosten [CHF]	Gesamthafte Massnahmenfläche [m ²]	Leistungs-Einheitskosten [CHF/m ²]
117 NPK	100	120	13'450	140	95.9
117 NPK	600	610	5'230	420	12.5
131 NPK	100	110	12'000	1'977	6.1
131 NPK	100	120	4'100	1'977	2.1
131 NPK	300	390	450	1'977	0.2
131 NPK	400	410	5'720	1'977	2.9
131 NPK	400	420	67'286	1'977	34.0
131 NPK	400	430	17'250	1'977	8.7

Die LEK werden berechnet, indem die Leistungskosten auf die gesamthafte Massnahmenfläche bezogen werden. Für den Unterabschnitt 410 (gelbe Markierung in *Tab. 15*) betragen sie 2.9 CHF/m². Die LEK für die Unterabschnitte von NPK 131 liegen zwischen 0.2 CHF/m² für Unterabschnitt 390 (u.a. 391.001 „Freilegen Pfeilerfuss“) und 34 CHF/m² für Unterabschnitt 420 (u.a. 422.311 „Betonabtrag bis 10 mm, 0.11 bis 1m², horizontal exkl. Bew.“).

Tab. 16 Gesamthafte Massnahmenfläche NPK 131 für die „Überführung Chlosterstrasse“ gemäss DIXIS Szenario 1.

Interventionstyp			Ausmass
Bauwerksteile	Bauart	Erhaltungsmassnahme	
Widerlager (WL1)	Stahlbeton	Lokale Reprofilierung (ohne Massnahme an Bewehrung)	2 m ²
Stützen, Pfeiler (P)	Stahlbeton	Lokale Reprofilierung und ganzflächiger Oberflächenschutz	73.3 m ²
Kastenträger (DP1, DP2, LT1.1 – LT2.2)	Stahlbeton	Lokale Reprofilierung (ohne Massnahmen an Bewehrung)	441 m ²
Fahrbahnübergang (FÜ1 und FÜ2)	andere	Ersatz Fahrbahnübergang	420 m ²
Randborde (KK1 und KK2)	Stahlbeton	Lokale Reprofilierung (ohne Massnahmen an Bewehrung)	141 m ²
Fahrbahnplatte (KP1.1 – KP2.2, FP1 und FP2)	Stahlbeton	Lokale Reprofilierung und ganzflächiger Oberflächenschutz	900 m ²
SUMME			1'977 m ²

4.2.6 Berechnung der Kosten pro Interventionstyp

Im letzten Schritt erfolgt die Berechnung der Kosten pro IT (siehe Abb. 14). Dazu werden die LEK aufsummiert.

Tab. 17 zeigt die Kosten für den IT „Abdichtung / andere / Ersatz der Abdichtung“ und Szenario 1. Die Massnahmenfläche beträgt 663.9 m² für NPK 172 und 1'215 m² für NPK 222, da im NPK 222 neben der Abdichtung auch Positionen, die den Belag betreffen, mit 552 m² enthalten sind.

Die LEK liegen gemäss Tab. 17 zwischen 0.25 CHF/m² und 45.41 CHF/m². Insgesamt betragen die LEK für den IT „Abdichtung / andere / Ersatz der Abdichtung“ 238 CHF/m².

Tab. 17 Einheitskosten für den IT „Abdichtung + andere + Ersatz der Abdichtung“ für „Unterführung Klosterstrasse“ gemäss Berechnungen mit DIXIS Szenario 1.

Kapitel	Abschnitt	Unterabschnitt	Leistungskosten [CHF]	Massnahmenfläche [m ²]	Leistungs-Einheitskosten [CHF/m ²]
172 NPK	100	110	6'000	663.90	9.04
172 NPK	200	210	2'190	663.90	3.30
172 NPK	200	220	3'490	663.90	5.26
172 NPK	200	230	13'800	663.90	20.79
172 NPK	200	260	30'150	663.90	45.41
172 NPK	200	270	400	663.90	0.60
172 NPK	200	340	23'605	663.90	35.56
222 NPK	200	210	21'000	1'215.60	17.28
222 NPK	300	330	8'400	1'215.60	6.91
222 NPK	300	390	600	1'215.60	0.49
223 NPK	100	110	2'000	1'215.60	1.65
223 NPK	100	120	2'000	1'215.60	1.65
223 NPK	100	130	1'500	1'215.60	1.23
223 NPK	100	150	2'000	1'215.60	1.65
223 NPK	200	210	3'000	1'215.60	2.47
223 NPK	200	230	2'235	1'215.60	1.84
223 NPK	200	240	300	1'215.60	0.25
223 NPK	200	260	1'110	1'215.60	0.91
223 NPK	200	270	750	1'215.60	0.62
223 NPK	200	280	1'000	1'215.60	0.82
223 NPK	200	420	450	1'215.60	0.37
223 NPK	200	450	10'000	1'215.60	8.23
223 NPK	200	610	390	1'215.60	0.32
223 NPK	200	620	54'380	1'215.60	44.74
223 NPK	200	630	20'981	1'215.60	17.26
223 NPK	200	640	11'010	1'215.60	9.06
Einheitskosten des IT „Abdichtung / andere / Ersatz der Abdichtung“					Σ=238 CHF/m ²

4.3 Szenario 1 und 2 – IT als ITYP / BA / ERMA

Die Berechnungen für das Kostenmodell mit ITs, welche aus ITYP, BA und ERMA zusammengesetzt sind, dem Ausmass gemäss KV (Szenario 1) und dem tatsächlich realisierten Ausmass (Szenario 2) sind in *Abb. 16* zusammengefasst. Es werden 44 IT identifiziert. An sechs Bauwerksteilen (Fundamente und Querträger) wurden gemäss KV keine Interventionen vorgenommen. Die beiden Bauwerksteile SP1 und SP2 (Schleppplatten) sind im Kostenmodell nicht berücksichtigt, da diese nicht inspiziert werden konnten.

Das Gesamtausmass des Bauwerks ist 3458 m² und die Gesamtkosten betragen 949'291 CHF für Szenario 1 und 1'094'676 CHF für Szenario 2. Insgesamt werden dem GO durch das Kostenmodell 262'030 CHF (Szenario 1) und 333'555 CHF (Szenario 2) zugewiesen, während durch den PV gemäss KV Kosten von 283'580 CHF geschätzt wurden. Dies entspricht gemäss *Abb. 17* einer Differenz von -8% (21'550 CHF) für Szenario 1 und +18% (49'975 CHF) für Szenario 2. Weiter werden die tatsächlichen Kosten für das GO von 365'520 CHF durch das Szenario 1 um -28% (103'490 CHF) und durch das Szenario 2 um -9% (31'966 CHF) unterschätzt.

Den Bauwerksteilen wird durch das Kostenmodell 687'261 CHF (Szenario 1) und 761'112 CHF (Szenario 2) zugewiesen. Dies entspricht gemäss *Abb. 17* einer Differenz von +3% (21'550 CHF) für Szenario 1 und +14% (95'411 CHF) für Szenario 2 gegenüber dem KV und -6% (41'895 CHF) für Szenario 1 und +4% (31'966) für Szenario 2 gegenüber den tatsächlichen Kosten.

Die Abdichtung (AB) wird von beiden Szenarien gegenüber dem KV und den tatsächlichen Kosten um ca. 120% überschätzt, während die Kosten des Belags (BE) durch beide Kostenmodelle gegenüber dem KV und den tatsächlichen Kosten um ca. 50% unterschätzt werden.

Beide Szenarien unterschätzen die Kosten der Entwässerung (ENT) um ca. 100% deutlich, während die Kosten für die Fahrbahnübergänge mit einem Aufschlag von ca. 100% gegenüber dem KV und den tatsächlichen Kosten deutlich zu hoch berechnet werden.

Die Kosten für die Randborde (KK1 und KK2) werden anhand beider Szenarien um ca. 80% gegenüber dem KV und den tatsächlichen Kosten deutlich unterschätzt. Die Kosten für die Geländer (GEL1 und GEL2) und Konsolköpfe (KP1.1 bis KP2.2) werden durch das Szenario 1 gegenüber dem KV mit ca. 30% Abweichung nach oben und durch das Szenario 2 gegenüber den tatsächlichen Kosten mit ca. 20% Abweichung ebenfalls nach oben gut geschätzt.

Die Fahrbahnplatten (FP1 und FP2), Deckenplatten (DP 1 und DP 2) und die Längsträger (LT1.1. bis LT2.2) werden von beiden Kostenmodellen mit 30% – 140% (Szenario 1) und 50% – 150% (Szenario 2) gegenüber dem KV und mit 300% – 2'300% (Szenario 1) und 400% – 2'500% (Szenario 2) gegenüber den tatsächlichen Kosten massiv überschätzt. Dagegen werden die Lager durch beide Kostenmodelle ca. 40% (Szenario 1) und ca. 80% (Szenario 2) gegenüber dem KV und ca. 25% (Szenario 1) und ca. 80% (Szenario 2) gegenüber den tatsächlichen Kosten unterschätzt. Die Kosten des Pfeilers (P) werden mit einer Abweichung von 19% nach oben (Szenario 1) bzw. 6% nach unten (Szenario 2) im Vergleich zum KV adäquat geschätzt.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Kosten für das GO durch Szenario 1 gegenüber dem KV und durch Szenario 2 gegenüber den tatsächlichen Kosten mit Abweichung von -8% und -9% adäquat geschätzt werden. Die Abweichungen zwischen den Szenarien, dem KV und den tatsächlichen Kosten für die einzelnen Interventionstypen sind mit bis zu 2'500% teilweise sehr hoch.

Interventionstyp						Kostenmodell Szenario 1				Kostenmodell Szenario 2				KV	Eff. Kosten UN
BWT	Lage	Haupt-ausmass	GITYP	BA	ERMA	Ausmass [m ²]	Kosten [CHF]	Σ Kosten IT [CHF/m ²]	Σ Kosten BWT [CHF]	Ausmass [m ²]	Kosten [CHF]	Σ Kosten IT [CHF/m ²]	Σ Kosten BWT [CHF]	Kosten [CHF]	Kosten [CHF]
GO	ÜG	1 gl	99	-	-	3458.3	262'030	76	262'030	4699.8	333'555	71	333'555	283'580	365'520
AB		664 m ²	23	\	234	664	157'793	238	157'793	1'225	156'620	128	156'620	73'635	67'004
BE		552 m ²	24	\	234	552	64'949	118	64'949	1'225	76'147	62	76'147	142'957	135'303
ENT		1 gl	28	\	234	58	634	11	634	60	1'895	32	1'895	16'820	48'210
F-P		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-WL1	Süd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-WL2	Nord	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FÜ1	Süd	11 lfm	19	\	234	210	57'181	272	57'181	191	55'998	294	55'998	25'689	32'075
FÜ2	Nord	11 lfm	19	\	234	210	57'181	272	57'181	191	55'998	294	55'998	25'689	32'075
KK1	BE	70 lfm	16	1123	306	70	5'652	80	5'652	70	9'139	130	9'139	36'464	40'880
KK2	ZH	70 lfm	16	1123	306	70	5'652	80	5'652	70	9'139	130	9'139	36'464	40'024
GEL1	BE	70 lfm	25	1141	234	70	46'225	659	46'225	67	75'141	1123	75'141	36'000	60'335
GEL2	ZH	70 lfm	25	1141	234	70	46'225	659	46'225	67	75'141	1123	75'141	36'000	60'303
KP1.1	BE/Süd	129 m2	14	1123	306	65	5'186	80	18'662	54	6'999	130	16'930	28'660	16'676
KP1.1	BE/Süd	129 m2	14	1123	308	65	13'476	209		54	9'931	184		28'660	16'908
KP1.2	BE/Nord	129 m2	14	1123	306	65	5'186	80		72	9'331	130			
KP1.2	BE/Nord	129 m2	14	1123	308	65	13'476	209	19'472	72	13'239	184	21'869	29'539	17'252
KP2.1	ZH/Süd	135 m2	14	1123	306	67	5'411	80		70	9'041	130			
KP2.1	ZH/Süd	135 m2	14	1123	308	67	14'061	209		70	12'828	184	22'759	29'539	17'399
KP2.2	ZH/Nord	135 m2	14	1123	306	67	5'411	80	19'472	72	9'409	130			
KP2.2	ZH/Nord	135 m2	14	1123	308	67	14'061	209		72	13'350	184			
FP1	Süd	178 m2	14	1123	306	89	7'143	80	25'707	89	11'573	130	27'993	18'724	1'067
FP1	Süd	178 m2	14	1123	308	89	18'563	209		89	16'420	184			
FP2	Nord	195 m2	14	1123	306	97	7'827	80	28'166	98	12'678	130	30'666	18'784	1'157
FP2	Nord	195 m2	14	1123	308	97	20'339	209		98	17'988	184			
DP1	Süd	146 m2	12	1123	306	5	402	80	29'778	5	650	130	26'585	15'598	6'813
DP1	Süd	146 m2	12	1123	308	141	29'376	209		141	25'935	184			
DP2	Nord	160 m2	12	1123	308	160	33'345	209		166	30'618	184	30'618	16'463	7'293
LT1.1	BE/Süd	32 m2	12	1123	308	32	6'769	209	6'769	38	7'100	184	7'100	2'919	1'333
LT1.2	ZH/Süd	32 m2	12	1123	308	32	6'769	209	6'769	40	7'389	184	7'389	2'919	1'389
LT2.1	BE/Nord	36 m2	12	1123	308	36	7'417	209	7'417	39	7'113	184	7'113	3'114	1'333
LT2.2	ZH/Nord	36 m2	12	1123	308	36	7'417	209	7'417	40	7'402	184	7'402	3'114	1'369
QT1	Süd	5 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QT2	Nord	9 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QT3		5 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P		73 m2	9	1123	308	73	15'315	209	15'315	65	12'030	184	12'030	12'830	90'376
L1-WL1	BE	1 Stk.	18	12	318	17	2'164	127	2'164	17	422	25	422	3'500	2'839
L1-WL2	BE	1 Stk.	18	12	318	17	2'164	127	2'164	17	422	25	422	3'600	2'839
L2-WL1	ZH	1 Stk.	18	12	318	17	2'164	127	2'164	17	422	25	422	3'500	2'839
L2-WL2	ZH	1 Stk.	18	12	318	17	2'164	127	2'164	17	422	25	422	3'600	2'839
WL1	Süd	25 m2	5	1123	306	2	161	80	161	25	3'193	130	3'193	4'365	10'598
WL2	Nord	18 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4'365	10'258
SP1	Süd	32 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1'100	185
SP2	Nord	40 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1'100	185
Total									949'291				1'094'676	949'291	1'094'676

Abb. 16: Berechnungen Kostenmodell Szenario 1 und 2.

Bauwerksteil			Kostenvoranschlag (KV) und Eff. Kosten (EK) UN			Kostenmodell Szenario 1			Kostenmodell Szenario 2		
BWT	Lage	Hauptausmass	KV [CHF]	EK [CHF]	Diff KV - EK [%]	Σ Kosten BWT	Diff KV [%]	Diff EK [%]	Σ Kosten BWT	Diff KV [%]	Diff EK [%]
GO	UG	1 gl	283'580	365'520	29	262'030	-8	-28	333'555	18	-9
AB		664 m2	73'635	67'004	-9	157'793	114	135	156'620	113	134
BE		552 m2	142'957	135'303	-5	64'949	-55	-52	76'147	-47	-44
ENT		1 gl	16'820	48'210	187	634	-96	-99	1'895	-89	-96
F-P		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-WL1	Süd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-WL2	Nord	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FU1	Süd	11 lfm	25'689	32'075	25	57'181	123	78	55'998	118	75
FU2	Nord	11 lfm	25'689	32'075	25	57'181	123	78	55'998	118	75
KK1	BE	70 lfm	36'464	40'880	12	5'652	-84	-86	9'139	-75	-78
KK2	ZH	70 lfm	36'464	40'024	10	5'652	-84	-86	9'139	-75	-77
GEL1	BE	70 lfm	36'000	60'335	68	46'225	28	-23	75'141	109	25
GEL2	ZH	70 lfm	36'000	60'303	68	46'225	28	-23	75'141	109	25
KP1.1	BE/Süd	129 m2	28'660	16'676	-42	18'662	-35	12	16'930	-41	2
KP1.2	BE/Nord	129 m2	28'660	16'908	-41	18'662	-35	10	22'570	-21	33
KP2.1	ZH/Süd	135 m2	29'539	17'252	-42	19'472	-34	13	21'869	-26	27
KP2.2	ZH/Nord	135 m2	29'539	17'399	-41	19'472	-34	12	22'759	-23	31
FP1	Süd	178 m2	18'724	1'067	-94	25'707	37	2'310	27'993	50	2'525
FP2	Nord	195 m2	18'784	1'157	-94	28'166	50	2'334	30'666	63	2'550
DP1	Süd	146 m2	15'598	6'813	-56	29'778	91	337	26'585	70	290
DP2	Nord	160 m2	16'463	7'293	-56	33'345	103	357	30'618	86	320
LT1.1	BE/Süd	32 m2	2'919	1'333	-54	6'769	132	408	7'100	143	433
LT1.2	ZH/Süd	32 m2	2'919	1'389	-52	6'769	132	388	7'389	153	432
LT2.1	BE/Nord	36 m2	3'114	1'333	-57	7'417	138	456	7'113	128	433
LT2.2	ZH/Nord	36 m2	3'114	1'369	-56	7'417	138	442	7'402	138	441
QT1	Süd	5 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QT2	Nord	9 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QT3		5 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P		73 m2	12'830	90'376	604	15'315	19	-83	12'030	-6	-87
L1-WL1	BE	1 Stk	3'500	2'839	-19	2'164	-38	-24	422	-88	-85
L1-WL2	BE	1 Stk	3'600	2'839	-21	2'164	-40	-24	422	-88	-85
L2-WL1	ZH	1 Stk	3'500	2'839	-19	2'164	-38	-24	422	-88	-85
L2-WL2	ZH	1 Stk	3'600	2'839	-21	2'164	-40	-24	422	-88	-85
WL1	Süd	25 m2	4'365	10'598	143	161	-96	-98	3'193	-27	-70
WL2	Nord	18 m2	4'365	10'258	135	-	-	-	-	-	-
SP1	Süd	32 m2	1'100	185	-83	-	-	-	-	-	-
SP2	Nord	40 m2	1'100	185	-83	-	-	-	-	-	-
Total			949'291	1'094'676	15	949'291	0	-13	1'094'676	15	0

Abb. 17: Vergleich Kostenvoranschlag und effektive Kosten Unternehmung mit Kostenmodell Szenario 1 und 2.

4.4 Szenario 3 und 4 – IT als ITYP / BA / FSPT / ZUST / ERMA

Die Berechnungen für das Kostenmodell mit ITs, welche aus ITYP, BA, FSPT und ERMA zusammengesetzt sind, und dem Ausmass gemäss KV (Szenario 3) und dem tatsächlich realisierten Ausmass (Szenario 4) sind in *Abb. 18* zusammengefasst. Es werden 49 IT identifiziert. An 6 Bauwerksteilen (Fundamente und Querträger) wurden gemäss KV keine Interventionen vorgenommen. Die beiden Bauwerksteile SP1 und SP2 (Schleppplatten) sind im Kostenmodell nicht berücksichtigt, da diese nicht inspiziert werden konnten.

Das Gesamtausmass des Bauwerks ist 3458 m² und die Gesamtkosten betragen 949'291 CHF für Szenario 3 und 1'094'676 CHF für Szenario 4. Insgesamt werden dem GO durch das Kostenmodell 555'860 CHF (Szenario 3) und 574'562 CHF (Szenario 4) zugewiesen, während durch den PV gemäss KV Kosten von 283'580 CHF geschätzt werden. Dies entspricht gemäss *Abb. 19* einer Differenz von 96% (272'280 CHF) für Szenario 3 und 103% (290'982 CHF) für Szenario 4. Schliesslich werden die tatsächlichen Kosten für das Bauwerksteil GO von 365'520 CHF durch das Szenario 3 um 52% (190'340 CHF) und durch das Szenario 4 um 57% (209'042 CHF) überschätzt.

Den Bauwerksteilen wird durch das Kostenmodell 393'431 CHF (Szenario 3) und 520'114 CHF (Szenario 4) zugewiesen. Dies entspricht gemäss *Abb. 19* einer Differenz von -41% (272'280 CHF) für Szenario 3 und -22% (145'597 CHF) für Szenario 4 gegenüber dem KV und -46% (335'725 CHF) für Szenario 3 und -29% (209'042 CHF) für Szenario 4 gegenüber den tatsächlichen Kosten.

Die Abdichtung (AB) wird von beiden Szenarien gegenüber dem KV und den tatsächlichen Kosten um 100% unterschätzt (keine Kosten vorhanden), während die Kosten des Belags (BE) durch beide Kostenmodelle mit ca. 5% Differenz gegenüber dem KV und den tatsächlichen Kosten gut geschätzt werden.

Beide Szenarien unterschätzen die Kosten der Entwässerung (ENT) mit ca. 100% deutlich, während die Kosten für die Fahrbahnübergänge gegenüber dem KV und den tatsächlichen Kosten vom Szenario 3 um ca. 100% unterschätzt, vom Szenario 4 hingegen um 500% massiv zu hoch berechnet werden.

Die Kosten für die Randborde (KK1 und KK2), die Geländer (GEL1 und GEL2) und die Konsolköpfe (KP1.1 bis KP2.2) werden durch beide Szenarien mit bis zu 100% Abweichung nach unten massiv unterschätzt, da diesen Bauwerksteilen aufgrund der guten Zustandsklasse keine Kosten zugewiesen werden. Dasselbe Bild zeigt sich bei den Kostenberechnungen für die Fahrbahnplatten (FP1 und FP2), die Deckenplatten (DP1 und DP2), die Längsträger (LT1.1 bis LT2.2) und den Pfeiler (P). Lediglich der Konsolkopf BE (KK1) wird durch das Szenario 4 und die Deckenplatte Süd (DP1) durch das Szenario 3 mit einer jeweiligen Abweichung von ca. 15% adäquat geschätzt.

Beide Szenarien unterschätzen auch die Kosten für die Lager (L1-WL1 bis L1-WL4) und die Widerlager (WL1 und WL2) mit Abweichungen zwischen 20% bis 80% nach unten deutlich. Auch hier wird ein bedeutender Teil der Kosten aufgrund des guten Zustands der Bauwerksteile dem GO zugewiesen.

Zusammenfassend zeigt sich, dass in Szenario 3 ca. 60% und in Szenario 4 ca. 50% der Kosten dem GO zugerechnet werden, also lediglich 40% in Szenario 3 und 50% im Szenario 4 den Bauwerksteilen zugewiesen wird. Die Kosten für das GO sind damit im Vergleich zum KV und den tatsächlichen Kosten viel zu hoch.

Die Ursachen für die Abweichungen werden ausführlich in Kapitel 5 diskutiert. Zunächst werden jedoch im nächsten Kapitel die Einheitskosten für alle Szenarien betrachtet.

Interventionstyp								Kostenmodell Szenario 3				Kostenmodell Szenario 4				KV	Eff. Kosten UN
BWT	Lage	Haupt-ausmass	GITYP	BA	ERMA	FSTP	ZUST	Ausmass [m ²]	Kosten [CHF]	Σ Kosten IT [CHF/m ²]	Σ Kosten BWT [CHF]	Ausmass [m ²]	Kosten [CHF]	Σ Kosten IT [CHF/m ²]	Σ Kosten BWT [CHF]	Kosten [CHF]	Kosten [CHF]
GO	ÜG	1 gl	99	-	-	-	-	3'458	555'860	161	555'860	4699.81	574'562	122	574'562	283'580	365'520
AB		664 m ²	23	\	234	90	1	664	0	0	0	1'225	0	0	0	73'635	67'004
BE		552 m ²	24	\	234	80	4	12	143'107	11'926	143'107	12	152'294	12'691	152'294	142'957	135'303
BE		552 m ²	24	\	234	80	2	70	0	0		29	0	0			
BE		552 m ²	24	\	234	99	1	470	0	0		1'184	0	0			
ENT		1 gl	28	\	234	99	1	58	0	0	0	60	0	0	0	16'820	48'210
F-P		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-WL1	Süd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-WL2	Nord	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FÜ1	Süd	11 lfm	19	\	234	60	3	210	193'989	924	193'989	191	171'328	899	171'328	25'689	32'075
FÜ2	Nord	11 lfm	19	\	234	60	2	210	0	0	0	191	0	0	0	25'689	32'075
KK1	BE	70 lfm	16	1123	306	99	1	64	0	0	21'811	64	0	0	32'863	36'464	40'880
KK1	BE	70 lfm	16	1123	306	10	2	6	21'811	3'635		6	32'863	5'477			
KK2	ZH	70 lfm	16	1123	306	99	1	70	0	0		70	0	0			
GEL1	BE	70 lfm	25	1141	234	99	1	70	0	0	0	67	0	0	0	36'000	60'335
GEL2	ZH	70 lfm	25	1141	234	99	1	70	0	0	0	67	0	0	0	36'000	60'303
KP1.1	BE/Süd	129 m2	14	1123	306	99	1	65	0	0	0	54	0	0	0	28'660	16'676
KP1.1	BE/Süd	129 m2	14	1123	308	99	2	65	0	0		54	0	0			
KP1.2	BE/Nord	129 m2	14	1123	306	99	1	65	0	0		72	0	0	0	28'660	16'908
KP1.2	BE/Nord	129 m2	14	1123	308	99	2	65	0	0	0	72	0	0			
KP2.1	ZH/Süd	135 m2	14	1123	306	99	1	67	0	0		70	0	0	0	29'539	17'252
KP2.1	ZH/Süd	135 m2	14	1123	308	99	2	67	0	0	0	70	0	0			
KP2.2	ZH/Nord	135 m2	14	1123	306	99	1	67	0	0		72	0	0	0	29'539	17'399
KP2.2	ZH/Nord	135 m2	14	1123	308	99	2	67	0	0	0	72	0	0			
FP1	Süd	178 m2	14	1123	306	99	1	89	0	0	0	89	0	0	0	18'724	1'067
FP1	Süd	178 m2	14	1123	308	99	2	89	0	0		89	0	0			
FP2	Nord	195 m2	14	1123	306	99	1	97	0	0	0	98	0	0	0	18'784	1'157
FP2	Nord	195 m2	14	1123	308	99	2	97	0	0		98	0	0			
DP1	Süd	146 m2	12	1123	306	99	2	5	18'176	3'635	18'176	5	27'386	5'477	27'386	15'598	6'813
DP1	Süd	146 m2	12	1123	308	99	1	141	0	0		141	0	0			
DP2	Nord	160 m2	12	1123	308	99	2	5	0	0		5	0	0	0	16'463	7'293
DP2	Nord	160 m2	12	1123	308	99	1	155	0	0	0	161	0	0			
LT1.1	BE/Süd	32 m2	12	1123	308	99	1	32	0	0	0	38	0	0	0	2'919	1'333
LT1.2	ZH/Süd	32 m2	12	1123	308	99	1	32	0	0	0	40	0	0	0	2'919	1'389
LT2.1	BE/Nord	36 m2	12	1123	308	99	1	36	0	0	0	39	0	0	0	3'114	1'333
LT2.2	ZH/Nord	36 m2	12	1123	308	99	1	36	0	0	0	40	0	0	0	3'114	1'369
QT1	Süd	5 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QT2	Nord	9 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QT3		5 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P		73 m2	9	1123	308	99	1	70	0	0	0	62	0	0	0	12'830	90'376
P		73 m2	9	1123	308	10	2	3	0	0		3	0	0			
L1-WL1	BE	1 Stk.	18	12	318	70	2	17	2'270	134	2'270	17	431	25	431	3'500	2'839
L1-WL2	BE	1 Stk.	18	12	318	70	2	17	2'270	134	2'270	17	431	25	431	3'600	2'839
L2-WL1	ZH	1 Stk.	18	12	318	70	2	17	2'270	134	2'270	17	431	25	431	3'500	2'839
L2-WL2	ZH	1 Stk.	18	12	318	70	2	17	2'270	134	2'270	17	431	25	431	3'600	2'839
WL1	Süd	25 m2	5	1123	306	10	2	2	7'270	3'635	7'270	25	134'519	5'477	134'519	4'365	10'598
WL2	Nord	18 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4'365	10'258
SP1	Süd	32 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1'100	185
SP2	Nord	40 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1'100	185
Total											949'291				1'094'676	949'291	1'094'676

Abb. 18: Berechnungen Kostenmodell Szenario 3 und 4.

Bauwerksteil			Kostenvoranschlag (KV) und Eff. Kosten (EK) UN			Kostenmodell Szenario 3			Kostenmodell Szenario 4		
BWT	Lage	Hauptausmass	KV [CHF]	EK [CHF]	Diff KV - EK [%]	Σ Kosten BWT	Diff KV [%]	Diff EK [%]	Σ Kosten BWT	Diff KV [%]	Diff EK [%]
GO	UG	1 gl	283'580	365'520	29	555'860	96	52	574'562	103	57
AB		664 m2	73'635	67'004	-9	0	-100	-100	0	-100	-100
BE		552 m2	142'957	135'303	-5	143'107	0	6	152'294	7	13
ENT		1 gl	16'820	48'210	187	0	-100	-100	0	-100	-100
F-P		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-WL1	Süd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-WL2	Nord	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FU1	Süd	11 lfm	25'689	32'075	25	193'989	655	505	171'328	567	434
FU2	Nord	11 lfm	25'689	32'075	25	0	-100	-100	0	-100	-100
KK1	BE	70 lfm	36'464	40'880	12	21'811	-40	-47	32'863	-10	-20
KK2	ZH	70 lfm	36'464	40'024	10	0	-100	-100	0	-100	-100
GEL1	BE	70 lfm	36'000	60'335	68	0	-100	-100	0	-100	-100
GEL2	ZH	70 lfm	36'000	60'303	68	0	-100	-100	0	-100	-100
KP1.1	BE/Süd	129 m2	28'660	16'676	-42	0	-100	-100	0	-100	-100
KP1.2	BE/Nord	129 m2	28'660	16'908	-41	0	-100	-100	0	-100	-100
KP2.1	ZH/Süd	135 m2	29'539	17'252	-42	0	-100	-100	0	-100	-100
KP2.2	ZH/Nord	135 m2	29'539	17'399	-41	0	-100	-100	0	-100	-100
FP1	Süd	178 m2	18'724	1'067	-94	0	-100	-100	0	-100	-100
FP2	Nord	195 m2	18'784	1'157	-94	0	-100	-100	0	-100	-100
DP1	Süd	146 m2	15'598	6'813	-56	18'176	17	167	27'386	76	302
DP2	Nord	160 m2	16'463	7'293	-56	0	-100	-100	0	-100	-100
LT1.1	BE/Süd	32 m2	2'919	1'333	-54	0	-100	-100	0	-100	-100
LT1.2	ZH/Süd	32 m2	2'919	1'389	-52	0	-100	-100	0	-100	-100
LT2.1	BE/Nord	36 m2	3'114	1'333	-57	0	-100	-100	0	-100	-100
LT2.2	ZH/Nord	36 m2	3'114	1'369	-56	0	-100	-100	0	-100	-100
QT1	Süd	5 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QT2	Nord	9 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QT3		5 m2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P		73 m2	12'830	90'376	604	0	-100	-100	0	-100	-100
L1-WL1	BE	1 Stk.	3'500	2'839	-19	2'270	-35	-20	431	-88	-85
L1-WL2	BE	1 Stk.	3'600	2'839	-21	2'270	-37	-20	431	-88	-85
L2-WL1	ZH	1 Stk.	3'500	2'839	-19	2'270	-35	-20	431	-88	-85
L2-WL2	ZH	1 Stk.	3'600	2'839	-21	2'270	-37	-20	431	-88	-85
WL1	Süd	25 m2	4'365	10'598	143	7'270	67	-31	134'519	2'982	1'169
WL2	Nord	18 m2	4'365	10'258	135	-	-	-	-	-	-
SP1	Süd	32 m2	1'100	185	-83	-	-	-	-	-	-
SP2	Nord	40 m2	1'100	185	-83	-	-	-	-	-	-
Total			949'291	1'094'676	15	949'291	0	-13	1'094'676	15	0

Abb. 19: Vergleich Kostenvoranschlag und effektive Kosten Unternehmung mit Kostenmodell Szenario 3 und 4.

4.5 Einheitskosten

Abb. 20 und Abb. 21 zeigen die Einheitskosten pro IT für die Szenarien 1 bis 4. Die Einheitskosten pro IT werden mit Hilfe der folgenden Formel berechnet:

$$t'_m = \frac{t_m}{a_m}, \quad (3)$$

wobei a_m das Ausmass des IT m mit den Kosten t_m ist. Die Kosten des KV und die tatsächlichen Kosten werden pro Bauwerksteil und nicht pro IT erhoben. Sind mehrere IT pro Bauwerksteil vorhanden, so werden die Kosten gewichtet nach IT-Ausmass auf die IT aufgeteilt. Zusätzlich werden die Einheitskosten pro IT mit den Einheitskosten aus KUBA verglichen, welche hauptsächlich auf Schätzungen von Experten beruhen. Die KUBA Einheitskosten für das GO K_{tot}' werden mit Hilfe der folgenden Formel aus dem Anwendungshandbuch KUBA-MS [16] berechnet:

$$K_{tot}' = \frac{K_{tot}}{B}$$

mit

$$K_{tot} = Q_{tot} \cdot \alpha + (Q_{tot} + Q_{tot} \cdot \alpha) \cdot \beta + (Q_{tot} + Q_{tot} \cdot \alpha) \cdot \gamma + (Q_{tot} + Q_{tot} \cdot \alpha) \cdot \delta. \quad (4)$$

Q_{tot} sind die tatsächlichen Kosten aller Bauwerksteil gemäss Unternehmung (729'156 CHF) und B das Gesamtausmass aller Bauwerksteile (4935.47 m²) inklusiv der Bauwerksteile Fundamente (F-P, F-WL1 und F-WL2), Querträger (QT1 – QT3), Schleppplatten (SP1 und SP2) und Widerlager 2 (WL2) für die keine Kosten anfallen. α, β, γ und δ sind die Aufschläge für Installation, Honorare und Verkehrsführung gemäss Tab. 18.

Gemäss Abb. 20 betragen die Einheitskosten für das GO 76 CHF/ m² für das Szenario 1 und 71 CHF/ m² für das Szenario 2, womit die Differenz zum KV, den tatsächlichen Kosten und der KUBA Schätzung für beide Szenarien zwischen 2.5 und 14% liegt. Dagegen beträgt die Abweichung bei den Szenarien 3 und 4 bis zu 100%.

Für die Szenarien 3 und 4 beträgt die Abweichung gegenüber dem KV, den tatsächlichen Kosten und den KUBA Einheitskosten bei fast allen IT mehr als 100%. Die KUBA Einheitskosten für die Widerlager, Stützen, Kastenträger, Fahrbahnplatte, Randborde und Lager sind in Abb. 21 nicht aufgeführt, da diese für die ZK 1 und 2 nicht erhoben wurden.

Tab. 18 Faktoren für Aufschläge GO gemäss [16].

Faktor	Wert [%]	Beschreibung
α	12	Aufschlag für Installation
β	15	Aufschlag für Honorare Projektierung
γ	25	Aufschlag für Verkehrsführung
δ	8	Aufschlag für Honorare Überprüfung

Interventionstyp			Szenario 1	Szenario 2	Kostenvoranschlag	Eff. Kosten UN	KUBA
GITYP	BA	ERMA	Σ Kosten IT [CHF/m ²]	Σ Kosten IT [CHF/m ²]	Σ Kosten IT [CHF/m ²]	Σ Kosten IT [CHF/m ²]	Kosten IT [CHF/m ²]
Gesamtbauwerk	andere	-	76	71	82	78	97
Widerlager	Stahlbeton	LR (ohne Massnahme)	80	130	2183	432	400 (nur ZK 2)
Stützen, Pfeiler	Stahlbeton	LR und ganzflächiger OS	209	184	175	1386	475 (nur ZK 2)
Kastenträger	Stahlbeton	LR (ohne Massnahme)	80	130	107	47	400 (nur ZK 2)
Kastenträger	Stahlbeton	LR und ganzflächiger OS	209	184	100	42	475 (nur ZK 2)
Fahrbahnplatte	Stahlbeton	LR (ohne Massnahme)	80	130	171	78	400 (nur ZK 2)
Fahrbahnplatte	Stahlbeton	LR und ganzflächiger OS	209	184	171	78	475 (nur ZK 2)
Randbord	Stahlbeton	LR (ohne Massnahme)	80	130	519	575	400 (nur ZK 2)
Lager	Lager	Reinigung Lager	127	25	209	167	1250 (ZK 2) bis 5000 (ZK4)
Fahrbahnübergang	andere	Ersatz	272	294	122	168	10000 CHF pro Stück
Abdichtung	andere	Ersatz	238	128	111	55	400
Belag	andere	Ersatz	118	62	259	110	100
Leitschranke	Stahlkonstruktion	Ersatz	659	1123	513	901	500
Rohr	andere	Ersatz	11	32	290	808	1651

Abb. 20: Einheitskosten der Interventionstypen für das Kostenmodell Szenario 1 und 2.

Interventionstyp					Szenario 3	Szenario 4	Kostenvoranschlag	Eff. Kosten UN	KUBA
GITYP	BA	ERMA	FSTP	ZUST	Σ Kosten IT [CHF/m ²]	Σ Kosten IT [CHF/m ²]	Σ Kosten IT [CHF/m ²]	Σ Kosten IT [CHF/m ²]	Kosten IT [CHF/m ²]
Gesamtbauwerk	andere	-	-	-	161	122	82	78	97
Widerlager	Stahlbeton	LR (ohne Massnahme)	10	2	3'635	5'477	2'183	432	-
Stützen, Pfeiler	Stahlbeton	LR und ganzflächiger OS	10	2	0	0	175	1'386	-
Stützen, Pfeiler	Stahlbeton	LR und ganzflächiger OS	99	1	0	0	175	1'386	-
Kastenträger	Stahlbeton	LR (ohne Massnahme)	99	1	3'635	5'477	107	47	-
Kastenträger	Stahlbeton	LR und ganzflächiger OS	99	2	0	0	100	42	-
Fahrbahnplatte	Stahlbeton	LR (ohne Massnahme)	99	1	0	0	171	78	-
Fahrbahnplatte	Stahlbeton	LR und ganzflächiger OS	99	2	0	0	171	78	-
Randbord	Stahlbeton	LR (ohne Massnahme)	99	1	0	0	519	575	-
Randbord	Stahlbeton	LR (ohne Massnahme)	10	2	3'635	5'477	519	582	-
Lager	Lager	Reinigung Lager	70	2	134	25	209	167	-
Fahrbahnübergang	andere	Ersatz	60	2	0	0	122	168	10000 CHF pro Stück
Fahrbahnübergang	andere	Ersatz	60	3	924	899	122	168	10000 CHF pro Stück
Abdichtung	andere	Ersatz	90	1	0	0	111	55	400
Belag	andere	Ersatz	99	1	0	0	259	110	194
Belag	andere	Ersatz	80	4	0	0	259	110	100
Belag	andere	Ersatz	80	2	11'926	12'691	259	110	100
Leitschranke	Stahlkonstruktion	Ersatz	99	1	0	0	513	901	500
Rohr	andere	Ersatz	99	1	0	0	290	808	1651

Abb. 21: Einheitskosten der Interventionstypen für das Kostenmodell Szenario 3 und 4.

5 Diskussion

5.1 Fallbeispiel „Überführung Chlosterstrasse“

5.1.1 Szenario 1 und 2

Szenario 1 und 2 verwenden für die Berechnungen einen IT, welcher aus ITYP, BA und ERMA zusammengesetzt ist. Dabei werden in Szenario 1 die Ausmasse des KV und in Szenario 2 die tatsächlich realisierten Ausmasse verwendet.

Für das GO betragen die Abweichungen von Szenario 1 gegenüber dem KV und die Abweichungen von Szenario 2 gegenüber den tatsächlichen Kosten weniger als 10%. Die Kosten für das GO können somit durch Szenario 1 und 2 adäquat geschätzt werden, da Kostenschätzungen für Erhaltungsmassnahmen oftmals mit einer Unsicherheit von 10% – 20% behaftet sind.

Dagegen können bei den Kosten für die einzelnen Bauwerksteile teilweise erhebliche Abweichungen von bis zu 2500% festgestellt werden. Lediglich die Kosten der Leitschranken (GEL 1 und 2) und der Konsolköpfe (KP1.1 und 2.2) liegen für beide Szenarien mit Abweichungen von 20% – 35% sowohl zum KV als auch zu den tatsächlichen Kosten in einem vernünftigen Bereich.

Die Ursachen für die hohen Abweichungen auf Ebene der Bauwerksteile sind einerseits bei der Planungsunsicherheit von Erhaltungsmassnahmen, und andererseits auch beim Modell selbst zu suchen. Wie in Kapitel 3.1.5 betont wurde, können nur wenige NPK-Leistungen direkt einem Bauwerksteil zugeordnet werden. Deshalb werden viele NPK-Leistungen oft sehr vielen IT zugeordnet und die Kosten entsprechend über die Bauwerksteile verteilt. Dies führt dazu, dass die Kosten bei manchen IT überschätzt werden, während die Kosten bei anderen IT unterschätzt werden. Dies ist in *Abb. 16* deutlich sichtbar. Der Effekt wird dadurch verstärkt, dass bei einer Stahlbetonbrücke die meisten Bauwerksteile naturgemäss aus Stahlbeton sind und daher an vielen Bauwerksteilen ähnliche Erhaltungsmassnahmen durchgeführt werden.

5.1.2 Szenario 3 und 4

Szenario 3 und 4 verwenden für die Berechnungen einen IT, welcher aus ITYP, BA, ERMA, FSTP und ZUST zusammengesetzt ist. Dabei werden in Szenario 3 die Ausmasse des KV und in Szenario 4 die tatsächlich realisierten Ausmasse verwendet.

Für das GO betragen die Abweichungen von Szenario 3 gegenüber dem KV und die Abweichungen von Szenario 4 gegenüber den tatsächlichen Kosten bis zu 100%. Im Vergleich mit Szenario 1 und 2 werden dem GO damit viel zu hohe Kosten, und dementsprechend den Bauwerksteilen insgesamt viel zu geringe Kosten zugewiesen.

Die Gründe für die hohen Abweichungen sind insbesondere in den Modellannahmen zu finden. Aus *Abb. 19* ist ersichtlich, dass die Einschränkung des IT aufgrund der Zustandsklasse viel zu streng ist. So werden beispielsweise dem IT des Bauwerksteils GEL1 aufgrund der guten ZK durch das Kostenmodell keine Kosten zugewiesen, obwohl gemäss KV an diesem Bauwerksteil Erhaltungsmassnahmen durchgeführt werden sollten. Durch diese Einschränkungen können Präventivmassnahmen an den Bauwerksteilen nur ungenügend abgebildet werden und die Kosten werden dem GO zugewiesen.

5.1.3 Einheitskosten der Interventionstypen

Die Erkenntnisse aus den Kapiteln 5.1.1 und 5.1.2 lassen sich auf die Diskussion der Einheitskosten übertragen. Wie *Abb. 20* zeigt, stimmen die Einheitskosten für das GO gemäss Szenario 1 und 2 gut mit den Werten aus dem KV, den tatsächlichen Kosten und

den KUBA Schätzungen überein. Dagegen sind die Einheitskosten aus Szenario 3 und 4 keine verlässlichen Ergebnisse.

Es ist zu beachten, dass auch die tatsächlichen Kosten teilweise erheblich von den KUBA Schätzungen abweichen - und zwar aus den folgenden Gründen:

1. Die Einheitskosten sind einer grossen Variabilität unterworfen sind, da sich Bauwerksteile und Erhaltungsmassnahmen teilweise erheblich unterscheiden.
2. Für Bauwerksteile mit einer ZK 1 liegen keine KUBA Schätzungen vor, da angenommen wurde, dass bei Bauwerksteilen mit einer ZK 1 keine Massnahmen durchgeführt werden.

Der gute Zustand der Bauwerksteile könnte auch die Ursache dafür sein, dass die tatsächlichen Einheitskosten der IT für die „Unterführung Chlosterstrasse“ gemäss Abb. 20 deutlich tiefer als die der KUBA Schätzungen sind.

5.2 Kostenmodell

5.2.1 Datengrundlage

Erhebung der NPK-Kosten

Die NPK-Kosten wurden durch die PV gemäss dem LV und der Schlussabrechnung nur auf Bauwerksteile und nicht auf die Interventionstypen aufgeteilt. Dies hat zur Folge, dass bei Bauwerksteilen mit mehreren Interventionstypen die Kosten entsprechend aufgeteilt werden müssen. Die Interpretation der Ergebnisse wird dadurch schwieriger.

Kostenbestimmende Bauwerksteile

Im KUBA Katalog der kostenbestimmenden Bauwerksteilen ist die Entwässerung nicht enthalten. Dies sollte kritisch hinterfragt werden, da der Ersatz einer Entwässerung eine kostenintensive Erhaltungsmassnahme ist (siehe Abb. 16).

Typisierte Erhaltungsmassnahmen

Kunstbauten des ASTRA werden mit Hilfe von KUBA verwaltet. Deshalb werden die Interventionstypen aus ITYP / BA / ERMA bzw. ITYP / BA / ERMA / FSTP / ZK zusammengesetzt, wobei die typisierten Erhaltungsmassnahmen (ERMA) gemäss KUBA übernommen werden (siehe Tab.).

Es kann jedoch festgestellt werden, dass bei der „Unterführung Chlosterstrasse“ viele Erhaltungsmassnahmen an Bauwerksteilen in ZK 1 durchgeführt wurden. Solche Präventivmassnahmen, wie z.B. das Auftragen eines Oberflächenschutzes ohne Reprofilierung des Betons, sind in KUBA nicht vorgesehen. Eine Instandsetzung einer Brücke wird aber aus den folgenden Gründen selten ohne Präventivmassnahme durchgeführt:

- Um zukünftige Schäden zu vermeiden oder den Verfall zu bremsen, wird bei der Instandsetzung einer Brücke oft ein reiner Oberflächenschutz aufgetragen – insbesondere bei einer zu geringen Betonüberdeckung.
- Aufgrund von Änderungen in den Normen werden oftmals Bauwerksteile ersetzt, sobald umfangreiche Arbeiten an einem Objekt vorgenommen werden. Beispielsweise werden Entwässerungen, welche im Hohlkasten liegen, nach aussen verlagert, damit diese für kleinere Unterhaltsarbeiten besser sichtbar und zugänglich sind.
- Wird eine Erhaltungsmassnahme an physikalisch zusammenhängenden Bauwerksteilen vorgenommen, so werden alle Bauwerksteile durch die Erhaltungsmassnahme tangiert. Wurde beispielsweise ein Geländer in den Konsolkopf einbetoniert, so wird dieses bei einer Instandsetzung des Konsolkopfs i.d.R. ersetzt.

Die fehlenden typisierten Erhaltungsmassnahmen in ZK 1 führen bei Szenario 3 und 4, wie aus *Abb. 19* und *Abb. 21* ersichtlich ist, zu einer falschen Zuordnung der Kosten.

Festlegung von Einheitspreisen

Es wird davon ausgegangen, dass die Kosten in der Schlussabrechnung den tatsächlichen Kosten durch die Unternehmung entsprechen. Dies muss nicht der Fall sein, da im Werkvertrag Einheitspreise festgelegt wurden. Preisänderungen sind in der Schlussabrechnung nicht sichtbar, da sie oftmals ein Teil des Kostenrisikos sind, welches durch die Unternehmung getragen wird.

Ausserdem werden Einheitspreise für NPK-Leistungen in den Werkverträgen festgelegt. Unternehmungen versuchen bei den Werkvertragsverhandlungen höhere Einheitspreise dort durchzusetzen, wo sie höhere Ausmasse als im ausgeschriebenen LV erwarten. Diese Gewinnoptimierung ist stark vom Projekt abhängig und kann die Genauigkeit der Leistungseinheitskosten beeinflussen.

5.2.2 Modellannahmen

Zuordnungstabelle

Die Zuordnungstabelle wurde mit Hilfe des Schemas aus *Abb. 10* erstellt. Trotz dieses systematischen Vorgehens ist die Zuordnung einer NPK-Leistung zu einem Interventionstyp letztlich eine subjektive Entscheidung und mit einer Unsicherheit verbunden, welche schwierig zu quantifizieren ist.

Kosten und Massnahmenfläche

Eine zentrale Annahme des Kostenmodells ist, dass die Kosten einer NPK-Leistung proportional zur Massnahmenfläche sind. Dies ist nicht der Fall, wie aus *Abb. 16* ersichtlich ist: Das Massnahmenausmass für den Interventionstyp am Bauwerksteil WL1 wurde im LV mit 2 m² angegeben. Daraus resultieren im Szenario 1 die Kosten von 161 CHF. Diese Kosten sind im Vergleich mit den tatsächlichen Kosten von über 10'000 CHF viel zu gering.

Ein Faktor hierfür ist, dass das tatsächliche Massnahmenausmass bei kleinen Schäden oftmals viel grösser ist, als das tatsächliche Schadensausmass. Dieser psychologische Effekt – es werden im Zuge der Arbeit am Bauwerksteil auch gleich noch weniger gravierende Schäden behoben - wird in KUBA mit den sog. Zuweisungsfunktionen korrigiert [16]. Dieser Effekt scheint durch *Abb. 16* bestätigt – das tatsächliche Massnahmenausmass beträgt 25 m². Dieser Faktor kann jedoch nicht allein für die Diskrepanz verantwortlich sein. Auch mit einer 12.5-mal grösseren Massnahmen würden sich die Kosten lediglich auf 2012.5 CHF belaufen. Es besteht also noch eine Differenz von 8'000 CHF zu den tatsächlich angefallenen Kosten. Diese ist wahrscheinlich auch auf die ungewöhnlich hohen tatsächliche Kosten zurückzuführen, Da die Verantwortlichen die Kosten und Leistungen nicht pro Bauwerksteil abschätzen sind solche Unterschiede auch mit bestem Willen nicht zu vermeiden und auch nicht restlos erklärbar.

6 Schlussfolgerungen

6.1 Kostenmodell

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurde ein Kostenmodell zur Umrechnung von Leistungen des Normpositionen-Katalogs in bauwerksteilbezogene Kosten entwickelt. Die Umrechnung erfolgt mit Hilfe einer statischen Zuordnungstabelle. Diese Zuordnungstabelle muss nur einmal gebildet werden. Zur Vereinfachung der Zuordnung wurden Interventionstypen anstelle von Bauwerksteilen verwendet. Ein Interventionstyp kann aus dem Infrastrukturobjekt-Typ, der Bauart, der Erhaltungsmassnahme, dem Schadensprozess und dem Zustand gebildet werden. Die Methodik wurde in der Software DIXIS implementiert.

Das Kostenmodell wurde anhand der Instandsetzung des Bauwerks „249-001 Überführung Klosterstrasse“ überprüft. Es wurden vier Szenarien betrachtet: Szenario 1 und 2 verwenden für die Berechnungen einen Interventionstypen, welcher aus dem Infrastrukturobjekt-Typ, der Bauart und der Erhaltungsmassnahme zusammengesetzt ist. Dagegen verwenden Szenario 3 und 4 für die Berechnungen einen Interventionstypen, welcher aus dem Infrastrukturobjekt-Typ, der Bauart, der Erhaltungsmassnahme, dem Schadensprozess und dem Zustand zusammengesetzt ist. Dabei wurden in Szenario 1 und 3 die Ausmasse des Kostenvoranschlags und in Szenario 2 und 4 die tatsächlich realisierten Ausmasse verwendet. Die mit Hilfe des Kostenmodells ermittelten Kosten pro Interventionstyp wurden mit den Kosten aus dem Kostenvoranschlag, der Schlussabrechnung und den KUBA Einheitskosten verglichen.

Für das Gesamtobjekt betragen die Abweichungen von Szenario 1 gegenüber dem Kostenvoranschlag und die Abweichungen von Szenario 2 gegenüber den tatsächlichen Kosten weniger als 10%. Die Kosten für das Gesamtobjekt können somit durch Szenario 1 und 2 adäquat geschätzt werden. Dagegen konnten für alle Szenarien bei den Kosten für die einzelne Bauwerksteile teilweise erhebliche Abweichungen festgestellt werden.

Damit konnte die geforderte Zielsetzung aus Kapitel 1.2 nur teilweise erreicht werden:

- Das Kostenmodell liefert aufgrund von Kostenkennzahlen ausreichend genaue Aussagen über die Kosten, welche dem Gesamtobjekt zugeordnet werden können. Dagegen weichen die mit Hilfe des Kostenmodells berechneten bauwerksteilbezogenen Einheitskosten teilweise erheblich von den tatsächlichen Kosten ab. Da das Kostenmodell nur auf ein Beispiel angewendet wurde, ist nicht mit Sicherheit zu erkennen, ob diese Abweichungen einen systematischen Ursprung haben.
- Die Selbstlernfähigkeit des Kostenmodells konnte nicht umgesetzt werden. Die Abbildung von leistungs- auf bauwerksteilbezogene Kosten kann jedoch als multiple lineare Regression interpretiert werden womit über bekannte statistische Verfahren die Umsetzung dieses Ziels in Zukunft grundsätzlich möglich sein sollte.

Die präsentierte Methodik zur Berechnung von bauwerksteilbezogene Kosten beruht auf der Annahme, dass die Leistungen des Normpositionen-Katalogs aus der Schlussabrechnung (Kosten, Ausmass) mit Hilfe der Interventionstypen (Typ, Ausmass wird durch den Projektverantwortlichen festgelegt) und z.B. einer Zuordnungstabelle in bauwerksteilbezogene Kosten umgerechnet werden können. Obwohl dieser Ansatz vielversprechend ist, sind die Autoren der Meinung, dass eine solche nachträgliche Umrechnung immer mit grossen Unsicherheiten verbunden ist:

- Die Interventionstypen werden durch den Projektverantwortlichen im Projekt festgelegt. Es ist fraglich, ob diese Interventionstypen (Typ, Ausmass) auch tatsächlich so zur Ausführung kommen. Eine Redimensionierung der Projekte ist nichts Ungewöhnliches.

- Die Zuordnung einer Leistung des Normpositionen-Katalogs zu einem Interventionstypen ist letztlich eine subjektive Entscheidung. Es ist fraglich, ob hier mit Hilfe von statistischen Verfahren zuverlässigere Resultate erzielt werden können.

Diese Schwierigkeiten können nur vermieden werden, indem die Kosten direkt nach Bauwerksteilen erfasst werden.

Insgesamt zeigt sich somit, dass bei der momentanen Abrechnungspraxis mit dem gewählten Ansatz keine zufriedenstellenden Ergebnisse erreicht werden können. Insbesondere die Szenarien 3 und 4 führen nicht zu verwendbaren Resultaten. Die Szenarien 1 und 2 zeigen zumindest teilweise akzeptable Ergebnisse, produzieren aber im Allgemeinen auch zu grosse Abweichungen von den realen Werten.

6.2 Empfehlungen

6.2.1 Erhebungen der Daten

Erhaltungsprojekte sind komplexe Bauvorhaben. Es ist nicht ungewöhnlich, dass solche Projekte von der Initiierung bis zum Abschluss 10 Jahre dauern. Neben den in Kap. 6.1 erwähnten Gründen, erschweren diese langen Zeiträume zusätzlich die nachträgliche Umrechnung von Leistungen des Normpositionen-Katalogs in bauwerksteilbezogene Kosten.

Deshalb wird empfohlen die Kosten in allen Phasen eines Erhaltungsprojektes konsequent bauwerksteilbezogen zu gliedern und zu erfassen. Dies könnte mit den folgenden Massnahmen bewerkstelligt werden:

- Erfassung der Leistung nach Bauwerksteilen, indem die 9-stellige Nummer des Normpositionen-Katalogs (3x3 Ziffern) durch zwei zusätzliche Blöcke ergänzt wird. Der erste Block könnte für die Bauwerksteile und der zweite Block z.B. für die Interventionstypen verwendet werden. Eine solche Ergänzung des Normpositionen-Katalogs ist einfach umsetzbar, da diese zusätzlichen Blöcke bereits im Normpositionen-Katalog vorgesehen sind.
- Anwendung des eBKP-T in der Baupraxis.

Beide Massnahmen würden einen zusätzlichen Aufwand gegenüber der bisherigen Praxis nach sich ziehen. Dieser zusätzliche Aufwand müsste allenfalls durch den Infrastrukturbetreiber vergütet werden.

6.2.2 Weiterer Forschungsbedarf

Eine konsequente bauwerksteilbezogene Gliederung und Erfassung der Kosten in allen Phasen eines Erhaltungsprojektes würde interessante Möglichkeiten für weitere Forschungsarbeiten eröffnen. Es werden die beiden folgenden Stossrichtungen empfohlen:

- Ermittlung der Einheitskosten durch Auswertung der erhobenen Daten. Eine Auswertung kann direkt anhand der zusätzlichen Blöcke in der Nummer des Normpositionen-Katalogs vollzogen werden. Eine Umrechnung von leistungs- auf bauwerksteilbezogene Kosten entfällt.
- Ermittlung des Einflusses (Signifikanz) von unabhängigen Variablen auf die (abhängige Variable) Einheitskosten (sog. Regressionsanalyse) und Reduktion der mehrdimensionalen Datenstruktur auf wenige unabhängige Variablen (sog. Faktoranalyse). Unabhängige Variablen für eine Brücke wären beispielsweise der Typ, die Bauart, die Fläche, das überspannte Volumen oder der Standort.

Die so ermittelten Einheitskosten könnten für verschiedene Zwecke eingesetzt werden:

- Ermittlung einer Kostenprognose und eines Arbeitsprogramms für eine Population von Kunstbauten mit Hilfe eines Kunstbauten-Managementsystems, wie z.B. KUBA-MS.

- Evaluation von Eingaben einer Ausschreibung oder Schlussabrechnungen, indem z.B. überprüft wird, ob die Kosten innerhalb der Standardabweichung liegen.

Dadurch könnte die Kostentransparenz verbessert werden und eher ein angemessener Ausgleich zwischen den gegenläufigen Zielen im Kunstbauten Management gefunden werden.

Anhänge

I	Fachkataloge KUBA	77
I.1	Infrastrukturobjekttypen (ITYP)	77
I.2	Bauarten (BA).....	78
I.3	Baumaterialien (BMAT).....	79
I.4	Schadensprozesse (FSPT)	80
I.5	Erhaltungsmassnahmenarten (ERMA)	80
I.6	Generalisierte Bauwerksteiltypen.....	81
II	Katasterpläne.....	85
III	Inspektionsberichte	91
III.1	244-002 Überf Fahrweidstrasse (10) – HI 2012.....	91
III.2	249-001 Überf Chlosterstrasse (13) – HI 2012	94
III.3	251-011 Unterf N1, SG>ZH (652) – HI 2012	97
III.4	251-014 Überf N1, SG/ZH>LU (653) – HI 2012.....	102
III.5	251-015 Überf Rampe BE>SG (655) – HI 2012	107
III.6	249-001 Überf Chlosterstrasse (13) – ZI 2013	109
IV	Schadenpläne Überf Chlosterstrasse	111
V	Massnahmenpläne Überf Chlosterstrasse	113
V.1	Übersicht Gesamtprojekt.....	113
V.2	Übersicht Mittelpfeiler.....	117
V.3	Detailplan Träger und Widerlager	118
V.4	Detailplan Mittelpfeiler.....	121
VI	LV Vor- und Schlussausmass.....	123
VII	CD-ROM.....	125
VII.1	Abkürzungen	125
VII.2	Inhalt.....	125

I Fachkataloge KUBA

I.1 Infrastrukturobjekttypen (ITYP)

Tab. 1 Ausgewählte Positionen des Fachkataloges ITYP. Weitere Informationen zu diesem Fachkatalog finden sich in [14] und [15].

HCode	Infrastrukturtyp (ITYP)	Anzahl Positionen in Unter-Kategorie
11	Brücke, Viadukt	17
111	Trägerbrücke	3
1111	Brücke mit Einfeldträger	0
1112	Brücke mit Durchlaufträger	0
1113	Brücke mit Gerberträger	0
112	Rahmen-, Bogenbrücken	5
1121	Brücke mit Rahmentragwerk	0
1122	Brücke mit Sprengwerk	0
1123	Brücke mit Bogentragwerk	0
1125	Gewölbekonstruktion	0
30	Fundament	13
301	Flachfundation	6
3011	Einzelfundation	0
3012	Streifenfundament	0
31	Widerlager	3
3101	Widerlager mit Kontrollgang	0
3102	Widerlager ohne Kontrollgang	0
3119	Abstützung	0
32	Stütze, Pfeiler, Pylon	18
321	Stütze, Strebe	7
322	Pfeiler	4
33	Träger	12
3301	Kastenträger	0
3302	Mehrzellige Kastenträger	0
34	Bogen, Rahmen	4
341	Bogen	0
342	Rahmen	0
343	Gewölbe	0
37	Platte, Schale	8
371	Platte	0
372	Decke, Zwischendecke	0
51	Oberflächenschutz	20
510	Schutzsystem	0
511	Einschichtiges System	0
514	OS für nicht befahrbare Flächen	5
515	OS für befahrbare Flächen	6

I.2 Bauarten (BA)

Tab. 2 Ausgewählte Positionen des Fachkataloges BA. Weitere Informationen zu diesem Fachkatalog finden sich in [14] und [15].

HCode	Infrastrukturtyp (ITYP)	Anzahl Positionen in Unter-Kategorie
11	Konstruktion	35
111	Mauerwerkskonstruktionen	7
1111	Mauerwerk	0
1112	Ausbetoniertes Mauerwerk	0
1113	Trockensteinmauer	0
1116	Konstruktion aus Steinkörben	0
112	Betonkonstruktionen	6
1121	Betonkonstruktion	0
1122	Verkleidete Betonkonstruktion	0
1123	Stahlbetonkonstruktion	0
1124	Verkleidete Stahlbetonkonstruktion	0
1125	Spannbetonkonstruktion	0
1126	Spannbetonkonstruktion (ohne Verbund)	0
114	Metallkonstruktionen	2
1141	Stahlkonstruktion	0
1144	Aluminiumkonstruktion	0
115	Verbundkonstruktion	3
1152	Verbundkonstruktion	0
1153	Verbundkonstruktion mit Vorspannung	0
1154	Konstruktion aus faserverstärktem Kunststoff	0
116	Kabel- und Seilkonstruktion	2
1161	Seilkonstruktion	0
117	Holzkonstruktion	0
12	Lager	4
1201	Stahllager	0
1202	Elastomerlager	0
1203	Teflonlager	0
1207	Betonlager	0
13	Gelenk	2
131	Stahlgelenk	0
132	Betongelenk	0
21	Abdichtungsart	9
211	Mehrlagige Bitumenpappe	0
212	Gussasphalt	0
213	Mastix	0
214	Bitumendichtungsbahn	0
31	Bauart für Oberflächenschutz	11
3101	Spritzverzinkung	0
3102	Feuerverzinkung	0

I.3 Baumaterialien (BMAT)

Tab. 3 Ausgewählte Positionen des Fachkataloges BA. Weitere Informationen zu diesem Fachkatalog finden sich in [14] und [15].

HCode	Infrastrukturtyp (ITYP)	Anzahl Positionen in Unter-Kategorie
11	Körniges Material	6
111	Feinkies	0
112	Kies, Kies-Sand	0
113	Wandkies	0
114	Aushubmaterial	0
115	Gebrochenes Material	0
116	Sand, Erde	0
12	Zementgebundenes Material	15
121	Beton	6
1211	Beton C	0
1212	Leichtbeton LC	0
1213	Faserverstärkter Beton	0
1214	Hochperformanter Faserbeton	0
1215	Stahlbeton	0
1216	Lavabeton	0
122	Mörtel	4
1221	Mörtel	0
1222	Faserverstärkter Zementmörtel	0
1223	Zementinjektion	0
1224	Kunststoffvergüteter Zementmörtel	0
123	Spritzbeton	2
1231	Spritzbeton ohne Fasern	0
1232	Spritzbeton mit Fasern	0
13	Bitumenhaltiges Material	9
1301	Definiert durch den Infrastrukturobjekttyp	0
1302	Asphaltbeton	0
1303	Gussasphalt	0
1304	Gussasphalt mit polymermodifiziertem Bitumen	0
1305	Splittmastixasphalt	0
1306	Hot Rolled Asphalt	0
1307	Offenporiger Asphalt	0
1308	Teerasphaltbeton	0
1309	Rauasphalt	0
2	Stahl	5
21	Bewehrungsstahl	0
2101	Gerippter Stabstahl	0
2102	Glatter Stabstahl	0
2103	Geschweisstes Stahlnetz	0
2104	Epoxidharzbeschichtete Bewehrung	0

I.4 Schadensprozesse (FSPT)

Tab. 4 Ausgewählte Positionen des Fachkataloges FSPT. Weitere Informationen zu diesem Fachkatalog finden sich in [14] und [15].

HCode	Infrastrukturtyp (ITYP)	Kommentar
10	Korrosion im Stahlbeton (und Spannbeton)	
20	Frostschäden am Beton	
30	Schäden am Beton infolge Ausspülung	
40	Korrosion am Baustahl	
50	Schäden am Mauerwerk	
60	Schäden an Fahrbahnübergängen	
70	Schäden an Lagern	
80	Schäden am Belag	
90	Schäden an der Abdichtung	
99	Präventivmassnahme	(in KUBA nicht vorhanden)

I.5 Erhaltungsmassnahmenarten (ERMA)

Tab. 5 Ausgewählte Positionen des Fachkataloges ERMA. Weitere Informationen zu diesem Fachkatalog finden sich in [14] und [15].

HCode	Infrastrukturtyp (ITYP)
1	keine Massnahme
2	Allgemeine Erhaltungsmassnahme
22	Instandhaltung (betrieblicher Unterhalt)
23	Baulicher Unterhalt
230	Reparatur (lokale Instandsetzung)
231	Instandsetzung
232	Instandsetzung mit Verstärkung
233	Änderung
234	Ersatz
235	Nachträglich erstelltes Infrastrukturobjekt
3	Erhaltungsmassnahme am kostenrelevanten Infrastrukturobjekt
301	Lokale Reprofilierung
302	Reprofilierung und Reinigung der korrodierten Bewehrung
303	Reprofilierung und Reinigung der korrodierten Bewehrung und ganzflächiger OS
304	Sinterstellen entfernen
305	Sinterstellen entfernen und wasserführende Risse ausinjizieren
306	Lokale Reprofilierung (ohne Massnahmen an Bewehrung)
307	Lokale Reprofilierung (mit Massnahmen an Bewehrung)
308	Lokale Reprofilierung und ganzflächiger OS
309	Vollständige Instandsetzung inkl. Ersatz der korrodierten Bewehrung
310	Vollständige Instandsetzung inkl. Ersatz der korrodierten Bewehrung und ganzflächiger OS
311	Lokale Instandsetzung des Korrosionsschutzes
318	Reinigung Lager und Instandsetzung des Korrosionsschutzes

I.6 Generalisierte Bauwerksteiltypen

Tab. 6 Generalisierte Bauwerksteile gemäss [16]. Alle hier aufgeführten Bauwerksteiltypen sind kostenbestimmend. Der letzte Typ mit der Nummer 99 ist in KUBA nicht vorhanden.

Generalisierter Bauwerksteiltyp		Bauwerksteiltyp	
HCode	Text	HCode	Text
5	Widerlager	31	Widerlager
		3101	Widerlager mit Kontrollgang
		3102	Widerlager ohne Kontrollgang
		375	Lagerbank
		3805	Widerlagermauer
		3807	Widerlagerrückwand
7	Stützmauer, Flügelmauer	1244	Stützkonstruktion
		3806	Flügelmauer
		3008	Massive Mauer
		3809	Mauer mit Rippen
		3810	Konsolmauer
		3811	Verankerte Mauer
		3812	Verkleidungsmauer
9	Stützen, Pfeiler, Pylone, Stützscheiben	32	Stütze, Pfeiler, Pylon
		321	Stütze, Strebe
		3211	Einzelstütze
		3212	Stützenreihe
		3213	Stützenreihe mit Joch
		3215	Strebe
		3216	Strebenreihe
		3217	Ständer
		3218	Stiel
		322	Pfeiler
		3221	Einzelpfeiler
		3222	Pfeiler mit Hammerkopf
		3223	Doppelpfeiler
		3224	Doppelpfeiler mit Joch
		323	Pylon
		3231	Einzelpylon
		3232	Doppelpylon
		3233	A-förmiger Pylon
		3234	H-förmiger Pylon
10	Wand, Scheibe	3801	Wand/Scheibe
		3804	Mauer
		3814	Steg
		3815	Untere Platte

Generalisierter Bauwerksteiltyp		Bauwerksteiltyp	
HCode	Text	HCode	Text
11	Vollwandträger	3816	Querträger
		33	Träger
		3303	Vollwandträger
		3304	Plattenbalken
		3305	Mehrfacher Plattenbalken
		3307	Vierendeelträger
		3308	Abgespannter Träger
		3309	Unterspannter Träger
		3310	Versteifungsträger
		3311	Riegel
		3817	Windverband
12	Kastenträger	3301	Kastenträger
		3302	Mehrzellige Kastenträger
13	Fachwerkträger	3306	Fachwerkträger
14	Fahrbahnplatte	371	Platte
		373	Fahrbahnplatte
		374	Kragplatte
15	Decke	377	Trägerrost
16	Randborde, Brüstung	3813	Randborde
		660	Leitmauer
		661	Leitmauer mit Leitholm
		662	Brüstung
18	Lager, Gelenke	391	Lager
		3911	Verformungslager
		3912	Punktkipplager
		3913	Linienkipplager
		3914	Topflager
		3915	Kalottenlager
		3916	Blattlager
		3917	Blattlager mit Pendelstab
		3918	Horizontalkraftlager
		3919	Rollenlager
		395	Gelenk
		3951	Punktgelenk
		3952	Liniengelenk
		3953	Gerbergelenk

Generalisierter Bauwerksteiltyp		Bauwerksteiltyp	
HCode	Text	HCode	Text
19	Fahrbahnübergang	40	Fahrbahnübergang
		401	Verformbare Fuge
		402	Fahrbahnübergang mit Membrane
		403	Schleppblechübergang
		404	Fahrbahnübergang mit Dehnprofil
		405	Fahrbahnübergang mit Rollverschluss
		406	Fahrbahnübergang mit Fingerverschluss
20	Rahmen	342	Rahmen
22	Bogen, Gewölbe	34	Bogen, Rahmen
		341	Bogen
		343	Gewölbe
		378	Schale
23	Abdichtung	54	Abdichtung
		540	Allgemeine Abdichtung
		5403	Fahrbahnabdichtung
24	Belag	61	Fahrbahn
		62	Strassenbelag
		631	Deckschicht
		633	Tragschicht
		635	Fundationsschicht
25	Leitschranke, Geländer	663	Leitschranke
		664	Geländer
28	Rohr, Bachdurchlass	3013	Bodenplatte
		344	Rohr
99	Gesamtobjekt	99	Gesamtobjekt

II Katasterpläne

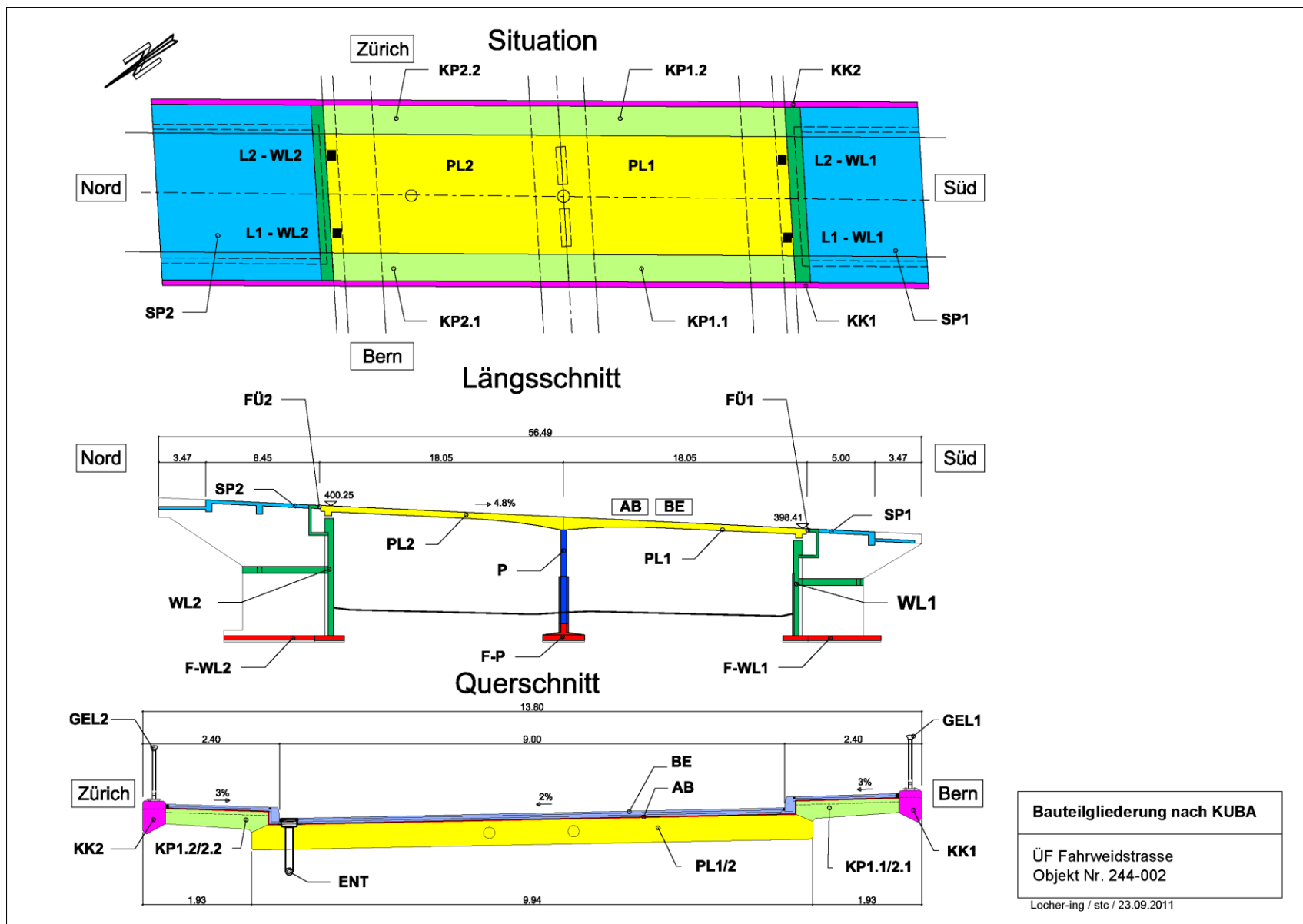
Objekt Nr.	244-002		249-001		251-011		251-014		251-015	
Baujahr	1968		1968		1983		1983		1984	
Zustand	3		3		2		3		2	
Gesamtlänge	56.45		58.45		170		48		23.37	
Gesamtbreite	13.8		10.85		10.6		22.75 (16.50-29.00)		16.66	
Gesamtfläche	779		634		1802		1092		389	
BWT	28		45		56		48		19	
	Bauteil	Lage	Bauteil	Lage	Bauteil	Lage	Bauteil	Lage	Bauteil	Lage
	GO	ÜG	GO	ÜG	GO	ÜG	GO	ÜG	GO	ÜG
	AB		AB		AB		AB		AB	
	BE		BE		AB1 - AB3		BE		DP	ges. Untersicht
	ENT		ENT		BE		ENT		MF1	BE/LU
	F-P		F-P		ENT		FP-P1 / FP-P2		MF2	BE/SG
	F-WL1	Süd	F-WL1	Süd	MF1	1. TBW (a) rechts	F-WL1 / F-WL2		MF3	ZH/LU
	F-WL2	Nord	F-WL2	Nord	MF1.1 - MF. 1.4		FÜ1 / FÜ2	SG / LU	MF4	ZH/SG
	FÜ1	Süd	FÜ1	Süd	MF2	1. TBW (a) links	KK1 / KK2	BE / ZH	RB1	Be
	FÜ2	Nord	FÜ2	Nord	MF2.1 - MF2.4		KP1 / KP2	BE / ZH	RB2	ZH
	KK1	BE	KK1	BE	MF3	3. TBW (c) rechts	FP1 / FP2	Be / ZH	SM1	BE/LU
	KK2	ZH	KK2	ZH	MF3.1		FP3	Mitte	SM2	BE/SG
	GEL1	BE	GEL1	BE	MF3.2		DP1 / DP2	Be / ZH	SM3	ZH/LU
	GEL2	ZH	GEL2	ZH	MF4	3. TBW (c) links	LT1	BE	SM4	ZH/SG
	KP1.1	BE/Süd	KP1.1	BE/Süd	MF4.1		LT2	Mitte (BE)	W1	BE/LU
	KP1.2	BE/Nord	KP1.2	BE/Nord	MF4.2		LT3	Mitte (ZH)	W2	BE/SG
	KP2.1	ZH/Süd	KP2.1	ZH/Süd	LM1		LT4	ZH	W3	ZH/LU
	KP2.2	ZH/Nord	KP2.2	ZH/Nord	LM1.1		QT1	bei WL1	W4	ZH/SG
	PL1	Süd	FP1	Süd	LM2		QT2	bei P1	SP1	LU
	PL2	Nord	FP2	Nord	LM2.1		QT3	bei P2	SP2	SG
	P		DP1	Süd	LM3		QT4	bei WL2		
	L1-WL1	BE/Süd	DP2	Nord	LM3.1		L1-WL1	BE		
	L1-WL2	BE/Nord	LT1.1	BE/Süd	LM4		L1-WL2			
	L2-WL1	ZH/Süd	LT1.2	ZH/Süd	LM4.1		L2-WL1	Mitte/BE		
	L2-WL2	ZH/Nord	LT2.1	BE/Nord	RB1	in RF 1. RB	L2-WL2			
	WL1	Süd	LT2.2	ZH/Nord	RB2	in RF 2. RB	L3-WL1	Mitte		
	WL2	Nord	QT1	Süd	RB3	in RF 1. RB	L3-WL2			
	SP1	Süd	QT2	Nord	RB4	in RF 2. RB	L4-WL1	Mitte/ZH		
	SP2	Nord	QT3		RB5	in RF 1. RB	L4-WL2			
			P		RB6	in RF 2. RB	L5-WL1	ZH		
	L1-WL1	BE	SP1		SP1	Einfahrt rechts	L5-WL2			
	L1-WL2	BE	SP2		SP2	Einfahrt links	P1 / P2	BE / ZH		
	L2-WL1	ZH	SP3		SP3	Mitte rechts	WL1 / WL2	SG		
	L2-WL2	ZH	SP4		SP4	Mitte links	SP1 / SP2	SG		
	WL1	Süd	SP5		SP5	Ausfahrt rechts	ZEE	Elektroraum		
	WL2	Nord	SP6		SP6	Ausfahrt links	MF1	BE/Nord		
	SP1	Süd	FB				MF2	ZH/Nord		
	SP2	Nord	W1 - W8				MF3	BE/Süd		
			DP1 - DP4				MF4	ZH/Süd		

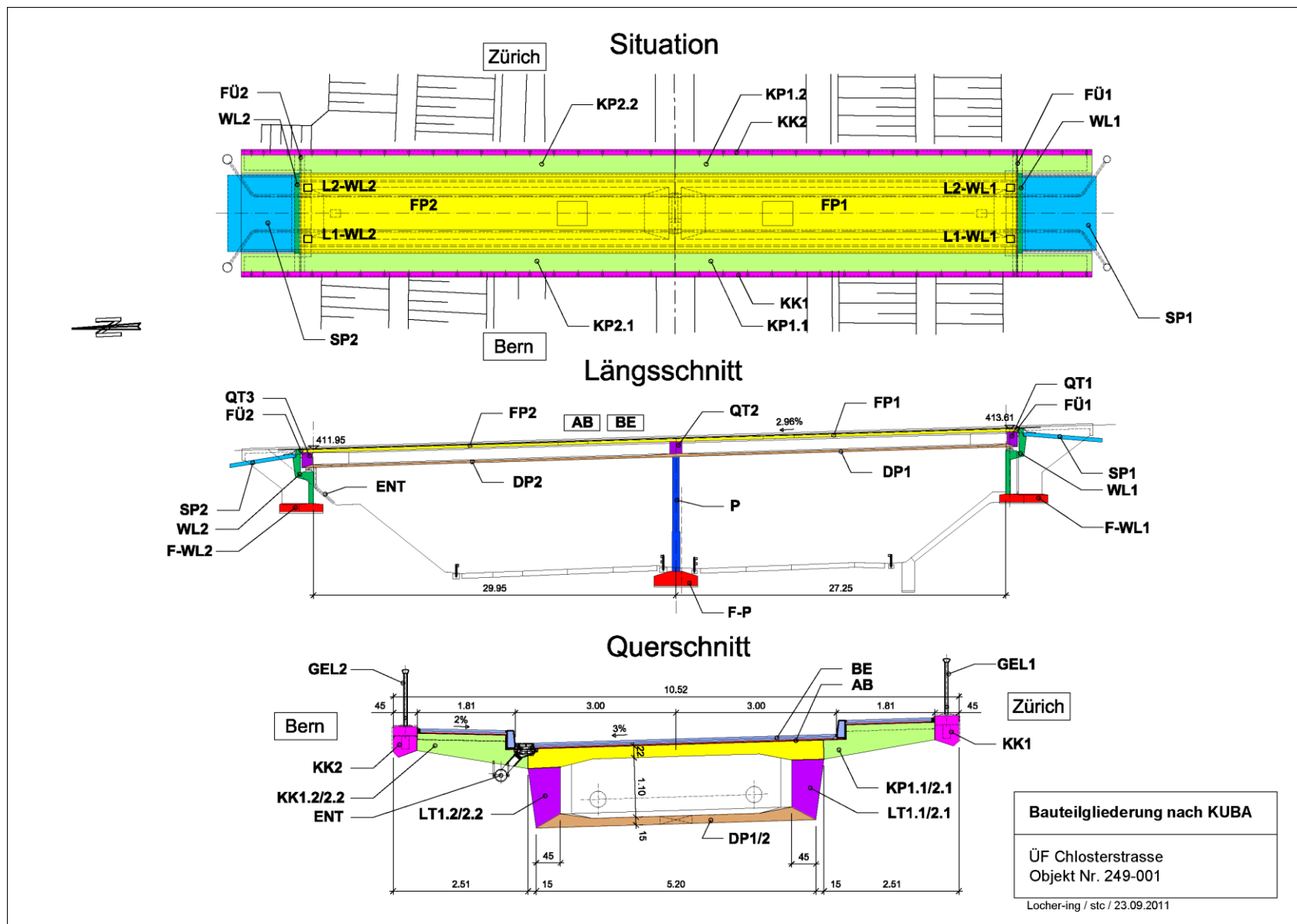
Legende Bauteile

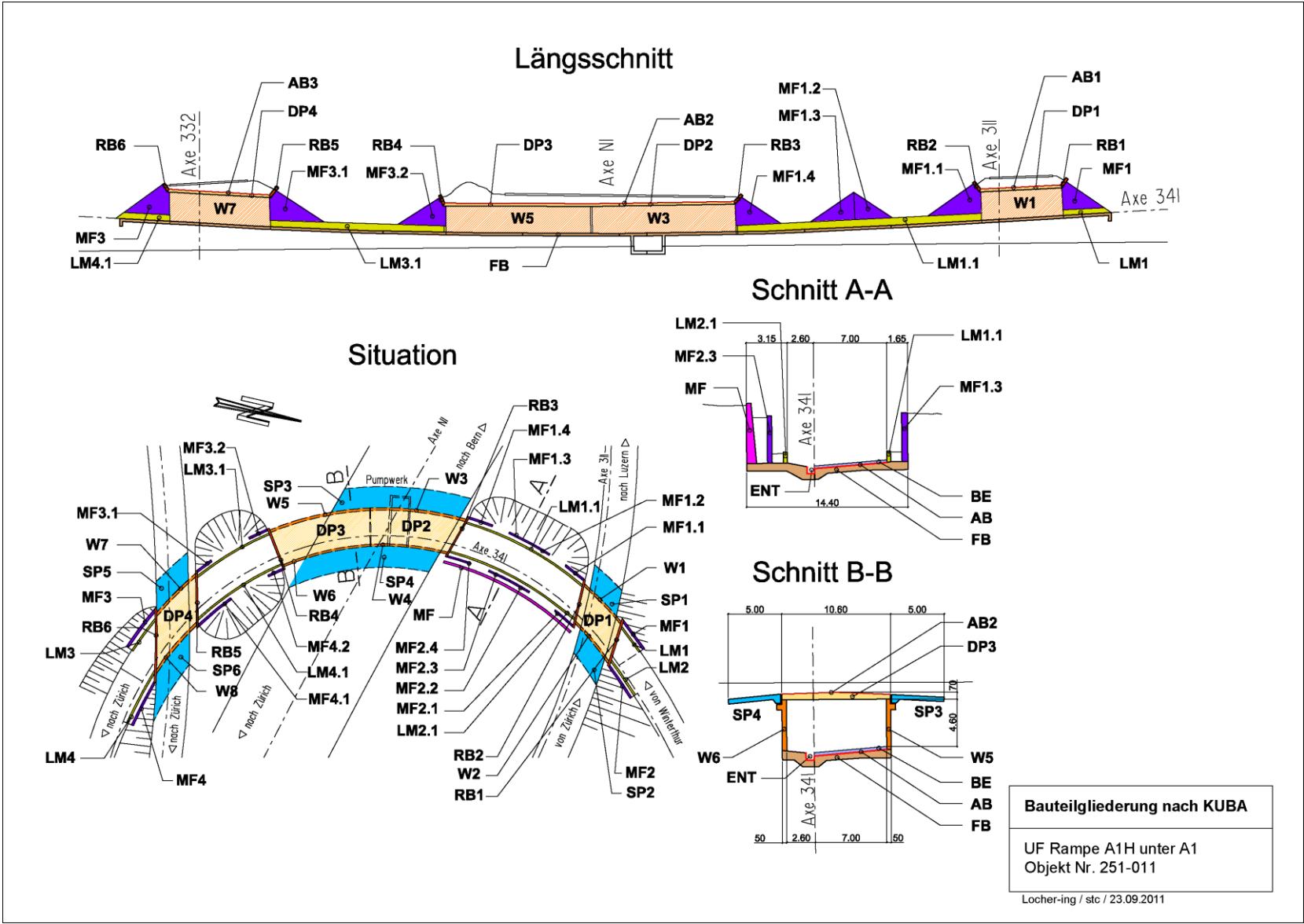
AB	Abdichtung
BE	Belag
DP	Deckenplatte
ENT	Entwässerung
FB	Bodenplatte
FP	Fahrbahnplatte
F-P	Fundament Pfeiler
FP-P	Pfahlfundament Pfeiler
FÜ 1	Fahrbahnübergang 1
F-WL	Fundament Widerlager
GEL	Geländer
GO	Gesamtobjekt
KK	Konsolkopf
KP	Konsolplatte
L1-WL1	Lager 1 Widerlager 1
LM	Leitmauer
LT	Längsträger
MF	Flügelmauer
P	Pfeiler
PL	Platte
QT	Querträger
RB	Randbord
SM	Stützmauer
SP	Schleppplatte
W	Wand
WL	Widerlager
ZEE	Elektroraum

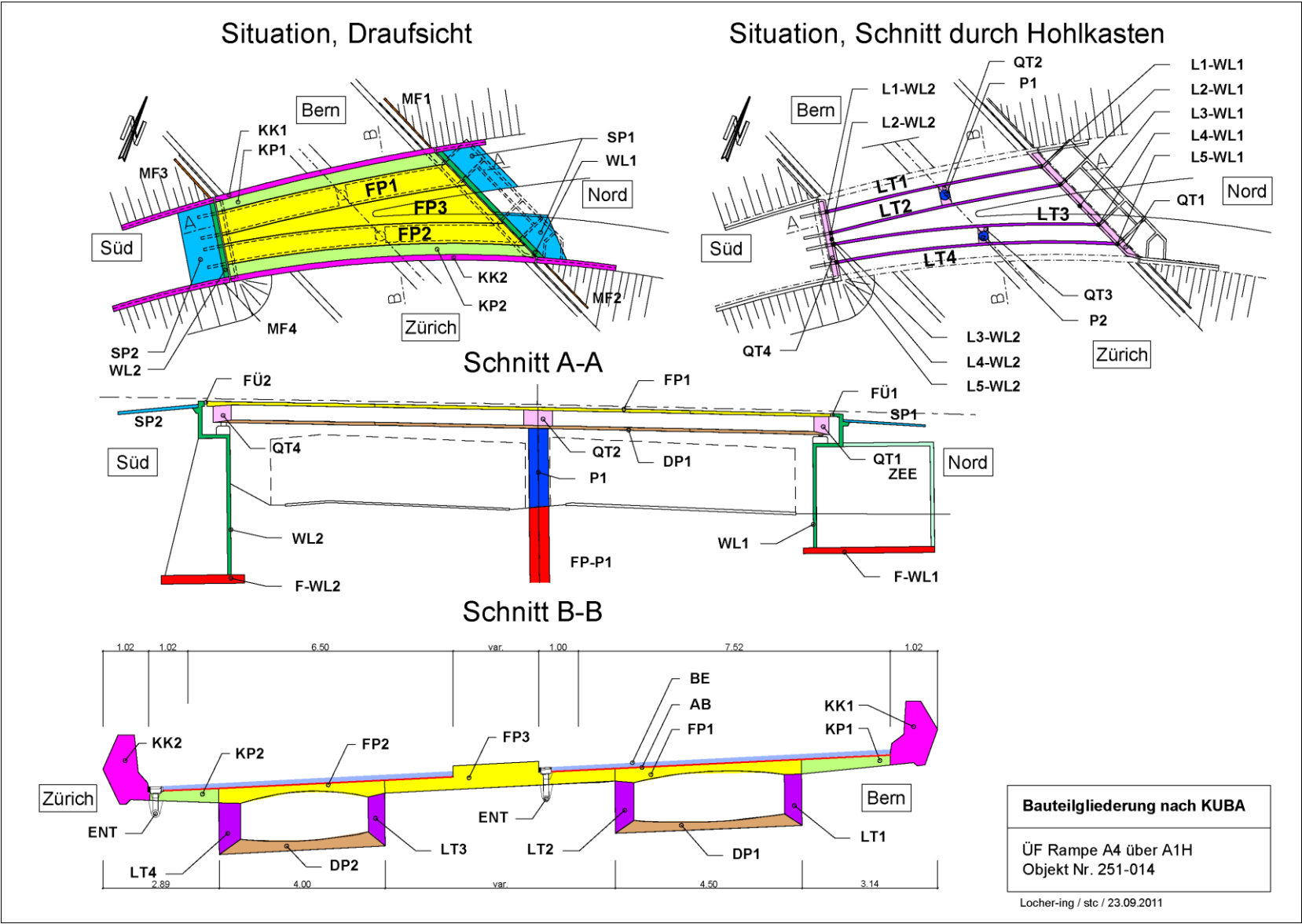
Abkürzungen

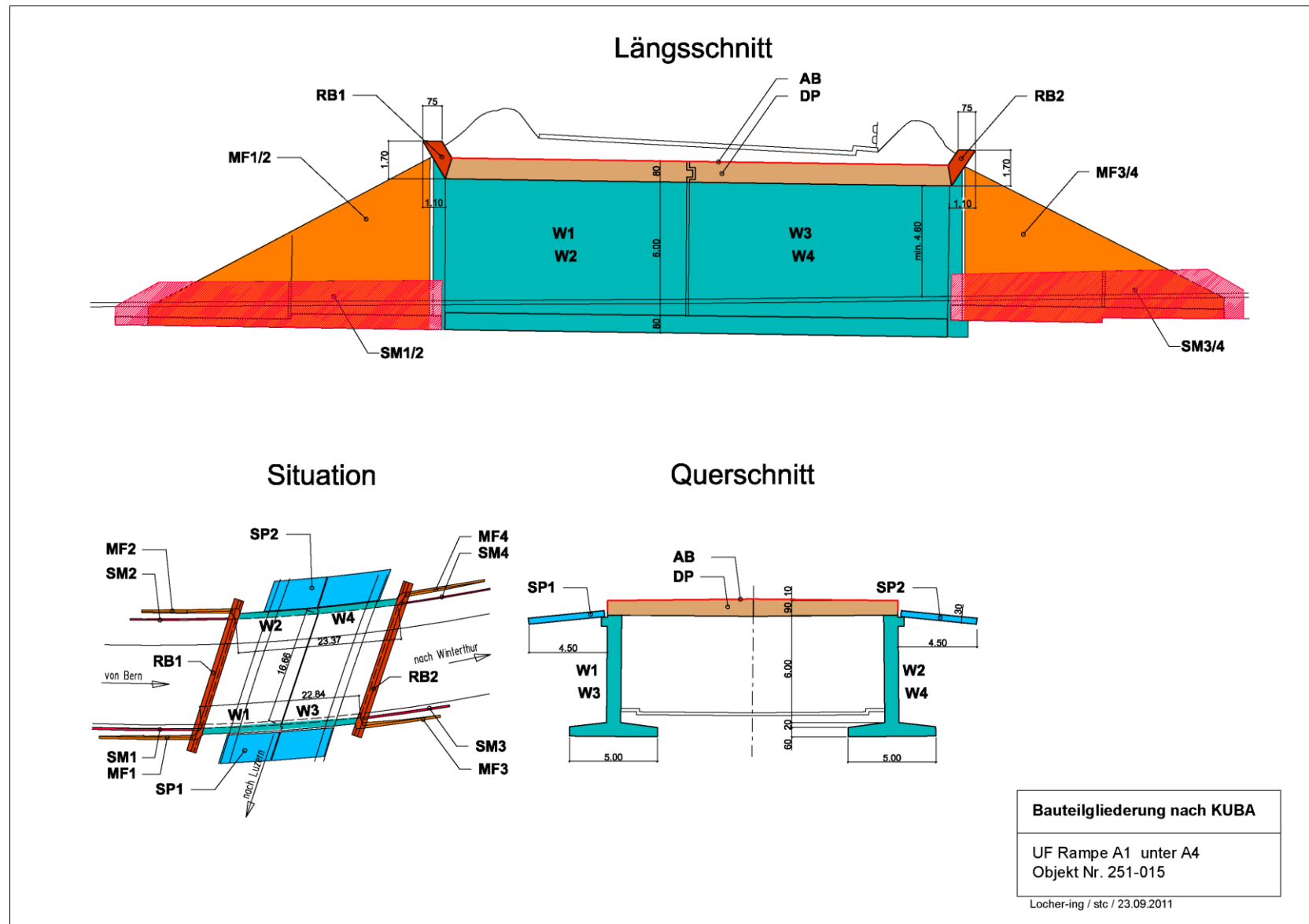
ÜG	übergeordnet
FR	Fahrtrichtung
BW	Bauwerk
BWT	Bauwerksteil
TBW	Teilbauwerk
ZH	Zürich
BE	Bern
LU	Luzern
SG	St. Gallen











III Inspektionsberichte

III.1 244-002 Überf Fahrweidstrasse (10) – HI 2012

Zustandsbeurteilung					Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92	
Gesamtobjekt						IO-Typ	Seite	Jetzige HI	2007	2012					
AB	Abdichtung	5403	Fahrbahnabdichtung	11	*	2007 2012									
BE	Belag	61	Fahrbahn	12	*	2007 2012									
BE 1	Belag	61	Fahrbahn	13	*	2007 2012									
BE 2	Belag	61	Fahrbahn	14	*	2007 2012									
ET 1	Endquerträger	3816	Querträger	15	*	2007 2012									
ET 2	Endquerträger	3816	Querträger	16	*	2007 2012									
F - P1	Fundament Pfeiler	3012	Streifenfundament	17		2007 2012									
F - P2	Fundament Pfeiler	3012	Streifenfundament	18		2007 2012									
F - WL 1	Fundament Widerlager 1	3012	Streifenfundament	19		2007 2012									
F - WL 2	Fundament Widerlager 2	3012	Streifenfundament	20		2007 2012									
FP 1	Platte	373	Fahrbahnplatte	21	*	2007 2012									
FP 2	Platte	373	Fahrbahnplatte	22	*	2007 2012									
FÜ 1	Fahrbahnübergang 1	403	Schleppblechübergang	23	*	2007 2012									
FÜ 2	Fahrbahnübergang 2	403	Schleppblechübergang	24	*	2007 2012									
KK 1	Konsolkopf 1	3813	Randborde	25	*	2007 2012									

Zustandsbeurteilung						Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92
Gesamtobjekt							Jetzige HI								
							2007								
IO-Typ							Seite	2012							
KK 2	Konsolkopf 2	3813	Randborde	26	*	2007									
						2012									
KP 1.1	Kragplatte	374	Kragplatte	28	*										
						2012									
KP 1.2	Kragplatte	374	Kragplatte	29	*										
						2012									
KP 2.1	Kragplatte	374	Kragplatte	30	*										
						2012									
KP 2.2	Kragplatte	374	Kragplatte	31	*										
						2012									
L 1 - WL 1	Lager 1 Widerlager 1	3919	Rollenlager	32	*	2007									
						2012									
L 1 - WL 2	Lager 1 Widerlager 2	3919	Rollenlager	33	*	2007									
						2012									
L 2 - WL 1	Lager 2 Widerlager 1	3919	Rollenlager	34	*	2007									
						2012									
L 2 - WL 2	Lager 2 Widerlager 2	3919	Rollenlager	35	*	2007									
						2012									
MF 1	Flügelmauer	3806	Flügelmauer	36	*										
						2012									
MF 2	Flügelmauer	3806	Flügelmauer	38	*										
						2012									
MF 3	Flügelmauer	3806	Flügelmauer	39	*										
						2012									
MF 4	Flügelmauer	3806	Flügelmauer	41	*										
						2012									
P 1	Pfeiler	3221	Einzelpfeiler	43	*	2007									
						2012									
P 2	Pfeiler	3221	Einzelpfeiler	44	*										
						2012									
SI 1	Sicherheitseinrichtung	664	Geländer	45	*										
						2012									

Zustandsbeurteilung					Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92	
Gesamtobjekt						Jetzige HI									
						2007									
						2012									
IO-Typ					Seite										
SI 2	Sicherheitseinrichtung	664	Geländer	46	*										
						2012									
WL 1	Widerlager 1	3102	Widerlager ohne Kontrollgang	47	*										
						2012									
WL 2	Widerlager 2	3102	Widerlager ohne Kontrollgang	48	*										
						2012									

Abb. 1: Zustandsbeurteilung Hauptinspektion 2012 für das Bauwerk 244-002 „Überf Fahrweidstrasse (10)“. Der vollständige Inspektionsbericht inkl. Segmentierung findet sich auf der beiliegenden CD-ROM.

III.2 249-001 Überf Chlosterstrasse (13) – HI 2012

Zustandsbeurteilung						Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92								
Gesamtobjekt							Jetzige HI	2007	2012	2007	2012	2007	2012	2007	2012								
							IO-Typ																
																Seite							
AB	Abdichtung	5403	Fahrbahnabdichtung		*	2007																	
						2012																	
BE	Belag	61	Fahrbahn	11	*	2007																	
						2012																	
BE 1	Belag	61	Fahrbahn	13	*																		
						2012																	
BE 2	Belag	61	Fahrbahn	15	*																		
						2012																	
D 1	Druckplatte	3815	Untere Platte	16	*																		
						2012																	
D 2	Druckplatte	3815	Untere Platte	17	*																		
						2012																	
ET 1	Endquerträger	3816	Querträger	18	*																		
						2012																	
ET 2	Endquerträger	3816	Querträger	19	*																		
						2012																	
F - P	Fundament Pfeiler	3012	Streifenfundament			2007																	
						2012																	
F - WL 1	Fundament WL 1	3012	Streifenfundament			2007																	
						2012																	
F - WL 2	Fundament WL 2	3012	Streifenfundament			2007																	
						2012																	
FP 1	Überbau	3301	Kastenträger	20	*	2007																	
						2012																	
FP 2	Überbau	3301	Kastenträger	22	*	2007																	
						2012																	
FÜ 1	Fahrbahnübergang 1	403	Schleppblechübergang	23	*	2007																	
						2012																	
FÜ 2	Fahrbahnübergang 2	403	Schleppblechübergang	24	*	2007																	
						2012																	

Zustandsbeurteilung					Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92
Gesamtojekt						Jetzige HI	2007	2012						
						IO-Typ								
						Seite								
KK 1	Konsolkopf 1	3813	Randborde	25	*	2007								
						2012								
KK 2	Konsolkopf 2	3813	Randborde	26	*	2007								
						2012								
KP 1.1	Kragplatte	374	Kragplatte	27	*	2012								
KP 1.2	Kragplatte	374	Kragplatte	28	*	2012								
KP 1-WL1	Kragplatte	374	Kragplatte	29	*	2012								
KP 1-WL2	Kragplatte	374	Kragplatte	30	*	2012								
KP 2.1	Kragplatte	374	Kragplatte	31	*	2012								
KP 2.2	Kragplatte	374	Kragplatte	32	*	2012								
KP 2-WL1	Kragplatte	374	Kragplatte	33	*	2012								
KP 2-WL2	Kragplatte	374	Kragplatte	34	*	2012								
L 1 - WL 1	Lager 1 Widerlager 1	3919	Rollenlager	35	*	2007								
						2012								
L 1 - WL 2	Lager 1 Widerlager 2	3919	Rollenlager	36	*	2007								
						2012								
L 2 - WL 1	Lager 2 Widerlager 1	3919	Rollenlager	37	*	2007								
						2012								
L 2 - WL 2	Lager 2 Widerlager 2	3919	Rollenlager	38	*	2007								
						2012								
LT 1.1	Längsträger	3814	Steg	39	*	2012								
LT 1.2	Längsträger	3814	Steg	40	*	2012								

Zustandsbeurteilung					Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92
Gesamtobjekt						Jetzige HI								
						2007								
						2012								
IO-Typ					Seite									
LT 2.1	Längsträger	3814	Steg	41	*									
						2012								
LT 2.2	Längsträger	3814	Steg	42	*									
						2012								
MF 1	Flügelmauer	3806	Flügelmauer	43	*									
						2012								
MF 2	Flügelmauer	3806	Flügelmauer	44	*									
						2012								
MF 3	Flügelmauer	3806	Flügelmauer	45	*									
						2012								
MF 4	Flügelmauer	3806	Flügelmauer	46	*									
						2012								
P	Pfeiler	3221	Einzelpfeiler	47	*	2007								
						2012								
QT	Querträger	3816	Querträger	48	*									
						2012								
SI 1	Sicherheitseinrichtung	664	Geländer	49	*									
						2012								
SI 2	Sicherheitseinrichtung	664	Geländer	51	*									
						2012								
W1-WL 1	Wand	3801	Wand, Scheibe	53	*									
						2012								
W1-WL 2	Wand	3801	Wand, Scheibe	54	*									
						2012								
W2-WL 1	Wand	3801	Wand, Scheibe	55	*									
						2012								
W2-WL 2	Wand	3801	Wand, Scheibe	56	*									
						2012								
WL 1	Widerlager 1	3101	Widerlager mit Kontrollgang	57	*	2007								
						2012								
WL 2	Widerlager 2	3101	Widerlager mit Kontrollgang	58	*	2007								
						2012								

Abb. 2: Zustandsbeurteilung Hauptinspektion 2012 für das Bauwerk 249-001 „Überf Chlosterstrasse (13)“. Der vollständige Inspektionsbericht inkl. Segmentierung findet sich auf der beiliegenden CD-ROM.

III.3 251-011 Unterf N1, SG>ZH (652) – HI 2012

Zustandsbeurteilung					Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92
Gesamtobjekt						IO-Typ	Seite	Jetzige HI						
						2007								
						2012								
AB 1	Abdichtung	5403	Fahrbahnabdichtung		*	2007								
						2012								
AB 2	Abdichtung	5403	Fahrbahnabdichtung		*									
						2012								
AB 3	Abdichtung	5403	Fahrbahnabdichtung		*									
						2012								
BA 1	Bankett	61	Fahrbahn	12		2007								
						2012								
BA 2	Bankett	61	Fahrbahn	13										
						2012								
BA 3	Bankett	61	Fahrbahn	14										
						2012								
BA 4	Bankett	61	Fahrbahn	15										
						2012								
BA 5	Bankett	61	Fahrbahn	16										
						2012								
BA 6	Bankett	61	Fahrbahn	17										
						2012								
BE	Belag	61	Fahrbahn	18	*									
						2012								
BP-PW 1	Bodenplatte	3013	Bodenplatte	19	*									
						2012								
BP-PW 2	Bodenplatte	3013	Bodenplatte	20	*									
						2012								
BP-PW 3	Bodenplatte	3013	Bodenplatte	21	*									
						2012								
DP 1	Decke	371	Platte	22	*									
						2012								
DP 2	Decke	371	Platte	23	*									
						2012								

Zustandsbeurteilung						Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92
Gesamtojekt							Jetzige HI								
							2007								
							2012								
IO-Typ						Seite									
DP 3	Decke	371	Platte	24	*	2012									
DP 4	Decke	371	Platte	25	*	2012									
DP-PW 1	Decke	371	Platte	26	*	2012									
DP-PW 2	Decke	371	Platte	27	*	2012									
DP-PW 3	Decke	371	Platte	28	*	2012									
FP 1	Fahrbahnplatte	373	Fahrbahnplatte	29	*	2012									
FP 2	Fahrbahnplatte	373	Fahrbahnplatte	30	*	2012									
FP 3	Fahrbahnplatte	373	Fahrbahnplatte	31	*	2012									
FP 4	Fahrbahnplatte	373	Fahrbahnplatte	32	*	2012									
FP 5	Fahrbahnplatte	373	Fahrbahnplatte	33	*	2012									
FP 6	Fahrbahnplatte	373	Fahrbahnplatte	34	*	2012									
Fü 1	Fahrbahnübergang	404	Fahrbahnübergang mit Dehnprofil	35	*	2012									
Fü 2	Fahrbahnübergang	404	Fahrbahnübergang mit Dehnprofil	36	*	2012									
Fü 3	Fahrbahnübergang	404	Fahrbahnübergang mit Dehnprofil	37	*	2012									
LM 1	Leitmauer	3804	Mauer	38	*	2012									
LM 1.1	Leitmauer	3804	Mauer	39	*	2012									

Zustandsbeurteilung					Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92
Gesamtobjekt						Jetzige HI	2007							
						IO-Typ								
						Seite								
							2012							
LM 2	Leitmauer	3804	Mauer	40	*	2012								
LM 2.1	Leitmauer	3804	Mauer	41	*	2012								
LM 3	Leitmauer	3804	Mauer	42	*	2012								
LM 3.1	Leitmauer	3804	Mauer	43	*	2012								
LM 4	Leitmauer	3804	Mauer	44	*	2012								
LM 4.1	Leitmauer	3804	Mauer	45	*	2012								
MS	Stützmauer	3804	Mauer	46	*	2012								
MS 1	Stützmauer 1	3808	Massive Mauer	47	*	2007								
						2012								
MS 1.1	Stützmauer	3804	Mauer	48	*	2012								
MS 1.2	Stützmauer	3804	Mauer	49	*	2012								
MS 1.3	Stützmauer	3804	Mauer	50	*	2012								
MS 1.4	Stützmauer	3804	Mauer	51	*	2012								
MS 2	Stützmauer 2	3808	Massive Mauer	52	*	2007								
						2012								
MS 2.1	Stützmauer	3804	Mauer	53	*	2012								
MS 2.2	Stützmauer	3804	Mauer	54	*	2012								
MS 2.3	Stützmauer	3804	Mauer	55	*	2012								

Zustandsbeurteilung						Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92
Gesamtobjekt							Jetzige HI								
							2007								
							2012								
IO-Typ						Seite									
MS 2.4	Stützmauer	3804	Mauer	56	*										
						2012									
MS 3	Stützmauer 3	3808	Massive Mauer	57	*	2007									
						2012									
MS 3.1	Stützmauer	3804	Mauer	58	*										
						2012									
MS 3.2	Stützmauer	3804	Mauer	59	*										
						2012									
MS 4	Stützmauer 4	3808	Massive Mauer	60	*	2007									
						2012									
MS 4.1	Stützmauer	3804	Mauer	61	*										
						2012									
MS 4.2	Stützmauer	3804	Mauer	62	*										
						2012									
RB 1	Randbord 1	3813	Randborde	63	*	2007									
						2012									
RB 2	Randbord 2	3813	Randborde	64	*	2007									
						2012									
RB 3	Randbord 3	3813	Randborde	65	*	2007									
						2012									
RB 4	Randbord 4	3813	Randborde	66	*	2007									
						2012									
RB 5	Randbord 5	3813	Randborde	67	*	2007									
						2012									
RB 6	Randbord 6	3813	Randborde	68	*	2007									
						2012									
W 1	Wand	3801	Wand, Scheibe	69	*										
						2012									
W 2	Wand	3801	Wand, Scheibe	71	*										
						2012									
W 3	Wand	3801	Wand, Scheibe	72	*										
						2012									

Zustandsbeurteilung					Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92
Gesamtobjekt						Jetzige HI								
						2007								
						2012								
IO-Typ					Seite									
W 4	Wand	3801	Wand , Scheibe	74	*	2012								
W 5	Wand	3801	Wand , Scheibe	75	*	2012								
W 6	Wand	3801	Wand , Scheibe	76	*	2012								
W 7	Wand	3801	Wand , Scheibe	77	*	2012								
W 8	Wand	3801	Wand , Scheibe	78	*	2012								
W-PW 1	Wand	3801	Wand , Scheibe	79	*	2012								
W-PW 2	Wand	3801	Wand , Scheibe	80	*	2012								
W-PW 3	Wand	3801	Wand , Scheibe	81	*	2012								

Abb. 3: Zustandsbeurteilung Hauptinspektion 2012 für das Bauwerk 251-011 „Unterf N1, SG>ZH (652)“. Der vollständige Inspektionsbericht inkl. Segmentierung findet sich auf der beiliegenden CD-ROM.

III.4 251-014 Überf N1, SG/ZH>LU (653) – HI 2012

Zustandsbeurteilung					Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92
Gesamtobjekt						Jetzige HI								
						2007								
IO-Typ						Seite	2012							
AB	Abdichtung	5403	Fahrbahnabdichtung		*	2007								
						2012								
BE	Belag	61	Fahrbahn	12	*	2007								
						2012								
BP-WLR 1	Bodenplatte Widerlagerraum	3013	Bodenplatte	13	*									
						2012								
BP-WLR 2	Bodenplatte Widerlagerraum	3013	Bodenplatte	14	*									
						2012								
BP-WLR 3	Bodenplatte Widerlagerraum	3013	Bodenplatte	15	*									
						2012								
BP-WLR 4	Bodenplatte Widerlagerraum	3013	Bodenplatte	16	*									
						2012								
BP-WLR 5	Bodenplatte Widerlagerraum	3013	Bodenplatte	17	*									
						2012								
BP-WLR 6	Bodenplatte Widerlagerraum	3013	Bodenplatte	18	*									
						2012								
BP-WLR 7	Bodenplatte Widerlagerraum	3013	Bodenplatte	19	*									
						2012								
D 1	Druckplatte	3815	Untere Platte	20	*									
						2012								
D 2	Druckplatte	3815	Untere Platte	21	*									
						2012								
D 3	Druckplatte	3815	Untere Platte	22	*									
						2012								
D 4	Druckplatte	3815	Untere Platte	23	*									
						2012								
DP-WLR 1	Decke Widerlagerraum	3013	Bodenplatte	24	*									
						2012								
DP-WLR 2	Decke Widerlagerraum	3013	Bodenplatte	25	*									
						2012								

Zustandsbeurteilung					Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92	
Gesamtobjekt						IO-Typ	Seite	Jetzige HI							
						2007									
						2012									
DP-WLR 3	Decke Widerlagerraum	3013	Bodenplatte	26	*	2012									
DP-WLR 4	Decke Widerlagerraum	3013	Bodenplatte	27	*	2012									
DP-WLR 5	Decke Widerlagerraum	3013	Bodenplatte	28	*	2012									
DP-WLR 6	Decke Widerlagerraum	3013	Bodenplatte	29	*	2012									
DP-WLR 7	Decke Widerlagerraum	3013	Bodenplatte	30	*	2012									
ET-1	Endquerträger 1	3816	Querträger	31	*	2012									
ET-2	Endquerträger 2	3816	Querträger	32	*	2012									
F - WL 1	Fundament Widerlager 1	3012	Streifenfundament			2007									
						2012									
F - WL 2	Fundament Widerlager 2	3012	Streifenfundament			2007									
						2012									
FP - P	Pfahlfundation Pfeiler	302	Pfahlfundation			2007									
						2012									
FP 1	Fahrbahnplatte	373	Fahrbahnplatte	33	*	2007									
						2012									
FP 2	Fahrbahnplatte	373	Fahrbahnplatte	34	*	2007									
						2012									
FÜ 1	Fahrbahnübergang 1	404	Fahrbahnübergang mit Dehnprofil	35	*	2007									
						2012									
FÜ 2	Fahrbahnübergang 2	404	Fahrbahnübergang mit Dehnprofil	36	*	2007									
						2012									
KK 1	Konsolkopf 1	3813	Randborde	37	*	2007									
						2012									
KK 2	Konsolkopf 2	3813	Randborde	38	*	2007									
						2012									

Zustandsbeurteilung					Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92
Gesamtobjekt						Jetzige HI								
						2007								
						2012								
IO-Typ					Seite									
KP 1	Kragplatte	374	Kragplatte	39	*	2007								
						2012								
KP 2	Kragplatte	374	Kragplatte	40	*									
						2012								
L 1 - WL 1	Lager 1 Widerlager 1	3912	Punktkipplager	41	*	2007								
						2012								
L 1 - WL 2	Lager 1 Widerlager 2	3912	Punktkipplager	42	*	2007								
						2012								
L 2 - WL 1	Lager 2 Widerlager 1	3912	Punktkipplager	43	*	2007								
						2012								
L 2 - WL 2	Lager 2 Widerlager 2	3912	Punktkipplager	44	*	2007								
						2012								
L 3 - WL 1	Lager 3 Widerlager 1	3918	Horizontalkraftlager	45	*	2007								
						2012								
L 3 - WL 2	Lager 3 Widerlager 2	3918	Horizontalkraftlager	46	*	2007								
						2012								
L 4 - WL 1	Lager 4 Widerlager 1	3912	Punktkipplager	47	*	2007								
						2012								
L 4 - WL 2	Lager 4 Widerlager 2	3912	Punktkipplager	48	*	2007								
						2012								
L 5 - WL 1	Lager 5 Widerlager 1	3912	Punktkipplager	49	*	2007								
						2012								
L 5 - WL 2	Lager 5 Widerlager 2	3912	Punktkipplager	50	*	2007								
						2012								
LM 1	Leitmauer	660	Leitmauer	51	*									
						2012								
LM 2	Leitmauer	660	Leitmauer	52	*									
						2012								
LM 3	Leitmauer	660	Leitmauer	53	*									
						2012								
LT 1	Längsträger	3814	Steg	55	*									
						2012								

Zustandsbeurteilung						Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92
Gesamtobjekt							Jetzige HI								
							2007								
							2012								
		IO-Typ			Seite										
LT 2	Längsträger	3814	Steg	56	*	2012									
LT 3	Längsträger	3814	Steg	57	*	2012									
LT 4	Längsträger	3814	Steg	58	*	2012									
MF 1	Flügelmauer	3806	Flügelmauer		*	2012									
MF 2	Flügelmauer	3806	Flügelmauer		*	2012									
MF 3	Flügelmauer	3806	Flügelmauer		*	2012									
MF 4	Flügelmauer	3806	Flügelmauer	59	*	2012									
MS 1	Stützmauer	3808	Massive Mauer	60	*	2012									
MS 2	Stützmauer	3808	Massive Mauer	61	*	2012									
MS 3	Stützmauer	3808	Massive Mauer	62	*	2012									
P 1	Pfeiler 1	3221	Einzelpfeiler	63	*	2007 2012									
P 2	Pfeiler 2	3221	Einzelpfeiler	64	*	2007 2012									
QT-1	Querträger 1	3816	Querträger	65	*	2012									
QT-2	Querträger 2	3816	Querträger	66	*	2012									
RBM	Randbord Mitte	3813	Randborde	67	*	2007 2012									
WL 1	Widerlager 1	3101	Widerlager mit Kontrollgang	68	*	2007 2012									

Zustandsbeurteilung						Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92
Gesamtobjekt							Jetzige HI								
							2007								
							2012								
IO-Typ						Seite									
WL 2	Widerlager 2	3101	Widerlager mit Kontrollgang	69	*	2007									
						2012									
W-WLR 1	Wand Widerlagerraum	3801	Wand, Scheibe	71	*										
						2012									
W-WLR 2	Wand Widerlagerraum	3801	Wand, Scheibe	72	*										
						2012									
W-WLR 3	Wand Widerlagerraum	3801	Wand, Scheibe	73	*										
						2012									
W-WLR 4	Wand Widerlagerraum	3801	Wand, Scheibe	74	*										
						2012									
W-WLR 5	Wand Widerlagerraum	3801	Wand, Scheibe	75	*										
						2012									
W-WLR 6	Wand Widerlagerraum	3801	Wand, Scheibe	76	*										
						2012									
W-WLR 7	Wand Widerlagerraum	3801	Wand, Scheibe	77	*										
						2012									

Abb. 4: Zustandsbeurteilung Hauptinspektion 2012 für das Bauwerk 251-014 „Überf N1, SG/ZH>LU (653)“. Der vollständige Inspektionsbericht inkl. Segmentierung findet sich auf der beiliegenden CD-ROM.

III.5 251-015 Überf Rampe BE>SG (655) – HI 2012

Zustandsbeurteilung						Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92	
Gesamtobjekt							IO-Typ	Seite	Jetzige HI							
							2007									
							2012									
AB	Abdichtung	5403	Fahrbahnabdichtung		*	2007										
						2012										
BE	Belag	61	Fahrbahn	8	*	2007										
						2012										
DP	Decke	371	Platte	9	*	2007										
						2012										
LM 1	Leitmauer	660	Leitmauer	10	*	2007										
						2012										
LM 2	Leitmauer	660	Leitmauer	11	*	2007										
						2012										
LM 3	Leitmauer	660	Leitmauer	12	*	2007										
						2012										
LM 4	Leitmauer	660	Leitmauer	13	*	2007										
						2012										
MF 1	Flügelmauer 1	3806	Flügelmauer	14	*	2007										
						2012										
MF 2	Flügelmauer 2	3806	Flügelmauer	15	*	2007										
						2012										
MF 3	Flügelmauer 3	3806	Flügelmauer	16	*	2007										
						2012										
MF 4	Flügelmauer 4	3806	Flügelmauer	17	*	2007										
						2012										
RB 1	Randbord 1	3813	Randborde	18	*	2007										
						2012										
RB 2	Randbord 2	3813	Randborde	19	*	2007										
						2012										
W 1	Wand	3801	Wand, Scheibe	20	*	2007										
						2012										
W 2	Wand	3801	Wand, Scheibe	21	*	2007										
						2012										

Zustandsbeurteilung					Kosten- relevant	Letzte HI	1	2	3	4	5	9	91	92
						Jetzige HI								
Gesamtobjekt						2007								
						2012								
		IO-Typ			Seite									
W 3	Wand	3801	Wand, Scheibe	22	*									
						2012								
W 4	Wand	3801	Wand, Scheibe	23	*									
						2012								

Abb. 5: Zustandsbeurteilung Hauptinspektion 2012 für das Bauwerk 251-015 „Überf Rampe BE>SG (655)“. Der vollständige Inspektionsbericht inkl.

III.6 249-001 Überf Chlosterstrasse (13) – ZI 2013

Allgemeines

- Keine Verstärkungsmassnahmen wie ursprünglich geplant. Nur Instandsetzungsmassnahmen und Verbesserung/Anpassung an neue Richtlinien
- Instandsetzung am Pfeiler ist Teil eines Experiments:
Reprofilierung zum Schutz der Bewehrung erfolgt einmal mit Faserbeton (ca. 10cm) und einmal mit Ultra-fester-Faserbeton (UFB, ca. 3cm). Dies sollte im Ausmass deutlich gekennzeichnet werden.
- Der Bauunternehmer scheint sehr transparent zu arbeiten
- Visuell scheint die Brücke in gutem Zustand zu sein, Ausnahmen sind lediglich gewisse lokalen Schäden
- Hauptauslöser für die Instandsetzung der Brücke scheint die Abdichtung zu sein, deren Lebensdauer abgelaufen ist und Roststellen im Hohlkasten (von uns nicht verifiziert) die auf Undichtigkeit hindeuten.
 → Ganze Fahrbahn + Gehweg wird abgetragen, Betonüberdeckung nach heutigem Standard neu aufgetragen, neue Abdichtung etc...

Visuelle Inspektion und geplante Massnahmen

- Pfeiler:
 - Nordseite: Visuell in ZK1
 - Südseite: Visuell z.T. in ZK2 → Rostflecken + Abplatzungen + freiliegende Bewehrungsstäbe
→ Geschätztes Ausmass $3 \times 1 \text{m}^2 = 3 \text{m}^2$
 - Massnahmen: Reprofilierung über 3m Höhe vom Pfeilerfuss weg (mit Faserbeton und UFB) also ca. $2 \times 3 \text{m} (\text{Höhe}) \times 3 \text{m} (\text{Breite}) = 18 \text{m}^2$
- Fahrbahnübergänge:
 - FÜ1: Visuell +/- ok, ein bisschen verrostet, Beläge d. Fahrbahn und d. Schleppplatte anliegend. Aber der FÜ scheint undicht, da Wasser auf dem Widerlager gefunden wurde. Deshalb ZK3
 - FÜ2: Visuell ok, scheint dicht zu sein. Ein bisschen verrostet. Deshalb ZK2
- Konsolköpfe:
 - Visuelle Betrachtung von unten:
lokale Abplatzungen + Korrosion auf „Zürich“-Seite der Brücke (entspricht KK2 auf Plan) → ZK2
KK1 auf Bern-Seite scheint ok. → ZK1
 - Visuelle Betrachtung von oben:
Generell ok → ZK1
KK auf Höhe des FÜ1 auf der Bern-Seite (also KK1) weist auf einer Länge von ca. 6m Rostspuren auf → ZK2
 - Massnahmen: oben: Reprofilierung; unten: lokale Betoninstandsetzung
- Geländer:
 - Generell ZK1; Zum Teil lokal verbogen (ZK2)
 - Massnahmen: Auswechslung (während Reprofilierung der KK); Verbesserung für neue ASTRA Richtlinie (Anschraubung mit Platte an Konsolkopf, nicht einbetonieren)
- Belag Gehweg/Konsolplatte:

- Auf der Brücke:
visuell ok (ZK1), ausser lokal an den Fahrbahnübergängen bei den Fugen zum Randstein: Abplatzungen des Belags → ZK4; $4 \times 1 \text{m}^2$ (pro Fahrbahnübergang 2 mal) = 4m^2
- Neben der Schleppplatte:
Bei den Fugen zum Randstein: Abplatzungen des Belags → ZK4; $4 \times 0.5 \text{m} \times 4 \text{m} = 8 \text{m}^2$
- Massnahme: Reprofilierung + Anhebung auf 20cm Diff. zur Fahrbahnplatte, sodass die Konsolplatte nach neuer Richtlinie als nicht mehr befahrbar
- Fahrbahnplatte:
 - Auf der „Bern“-Seite gibt es einen ca. 0.5m breiten Streifen der mehrere Risse aufweist → ZK2; $0.5 \times (27.25 + 29.95) = 29 \text{m}^2$
(Wahrscheinlich, da das Gefälle in Richtung Bern ist und so das Regenwasser am Randstein aufgefangen wird.)
 - Rest generell ok (ZK1)
 - Massnahme: Reprofilierung inkl. Neuer Abdichtung + mehr Betonüberdeckung etc...
- Deckenplatte:
 - Auf Zürich-seite, Ecke geteilt mit dem Längsträger gibt es lokale Abplatzungen → ZK2
 - Rest ok. ZK1
 - Massnahme: Lokale Betoninstandsetzungen
- Lager:
 - Alle befinden sich in einem ähnlichen Zustand → ZK2
 - Massnahme: Entrosten der Lager
- Widerlager:
 - WL2 ist visuell ok → ZK1
 - WL1 ist beschädigt durch Undichtigkeit des Fahrbahnübergangs (FÜ1); Lokale Schäden wie freiliegende Bewehrung + Korrosion → ZK 2, ca. 2m^2
 - Massnahmen an WL2: unbekannt (wahrscheinlich lokale Betoninstandsetzung)

Bemerkungen

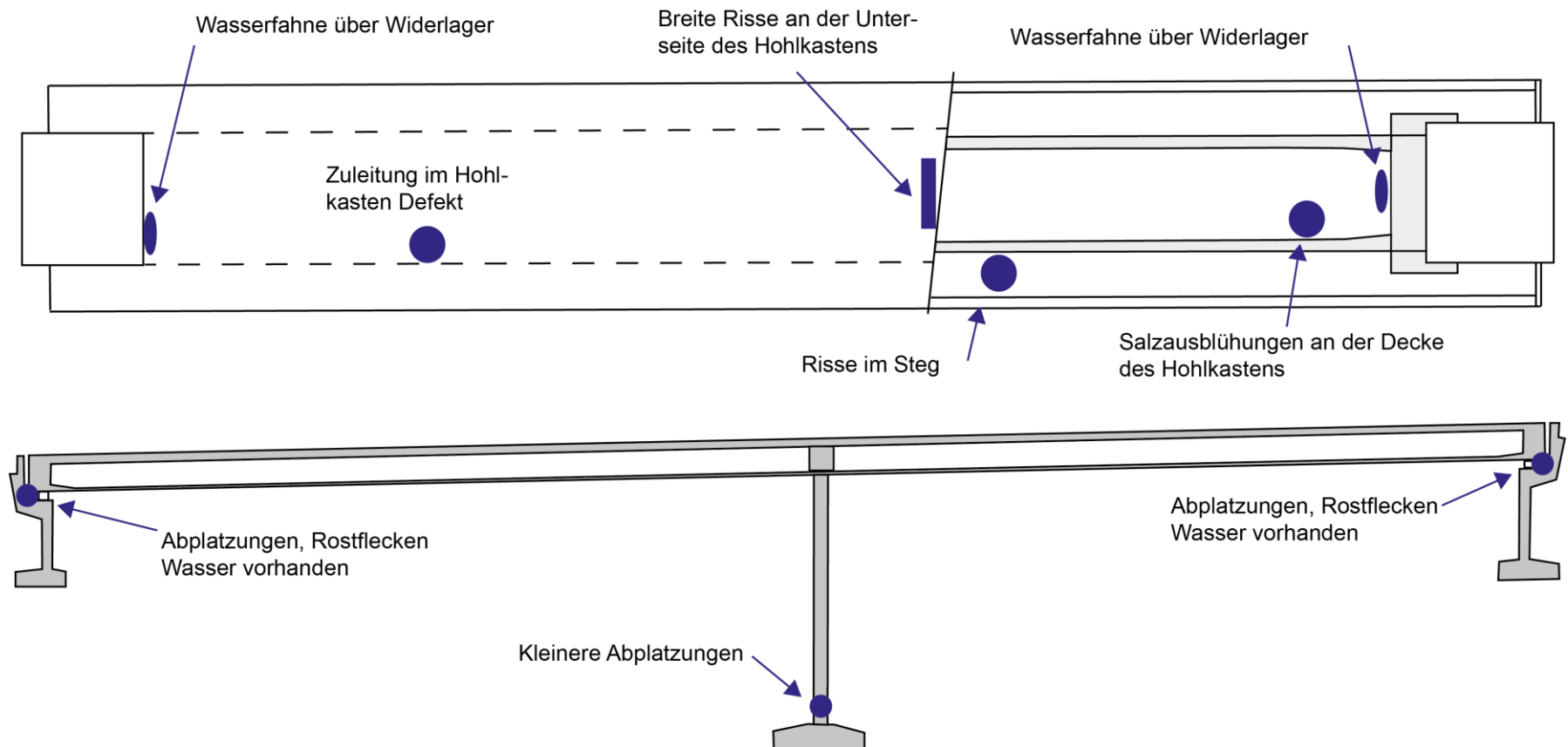
Es konnten die folgenden Schwierigkeiten festgestellt werden:

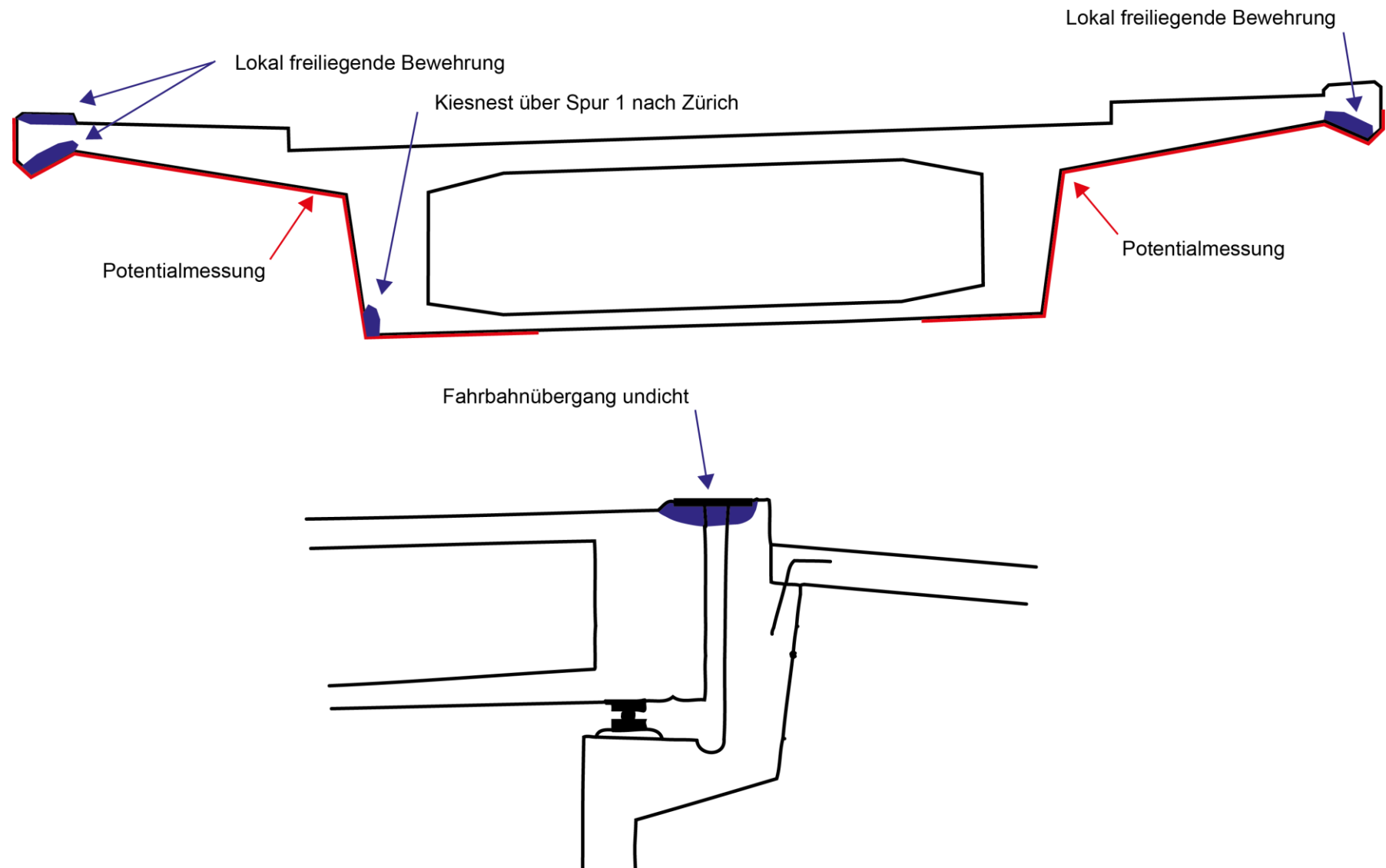
- Die Zuordnung der Elementkosten zur „reinen Instandsetzung“ vs. Verbesserung/Anpassung des Bauteils aufgrund veränderter Richtlinien/Anforderungen
- Die Erfassung der Flächen bezogen auf die Verfallsprozesse, insbesondere wenn die Erfassung visuell durchgeführt wird.
- Der Zuordnung des Ausmass der Massnahmen infolge der Verfallsprozesse. Wann wird lokal und wann grossflächig instandgesetzt, weil sich lokal nicht mehr lohnt?

Foto

Der vollständige Inspektionsbericht inkl. Fotos findet sich als Beilage zu diesem Bericht auf der CD-ROM.

IV Schadenpläne Überf Chlosterstrasse





V Massnahmenpläne Überf Chlosterstrasse

V.1 Übersicht Gesamtprojekt

Beton

Aufbeton Gehweg + Konsolkopf + Fahrbahnübergang + Schleppplatte C30/37, XC4, XD3, XF4, $D_{\max} = 32 \text{ mm}$, $CI = 0.1$, C3 schwindarm, CEM III/B, mit Kunststofffasern

Untergrundvorbereitung für Vorbeton / Aufbeton

Abtrag HDW, generell: mittlere Rauhtiefe $R_m = 4 \text{ mm}$
 Abtrag HDW, Gehweg, Konsolkopf: mittlere Rauhtiefe $R_m = 8 \text{ mm}$

Schalung

Sichtbare Kanten generell mit 2/2cm Dreikantleisten abfasen

Konsolkopf: Typ 4-1

Restliche Bauteile: Typ 2-1

Betonüberdeckung

Konsolkopf: $c_{nom} = 55 \text{ mm}$ (Spritzwasserbereich; mit Hydrophobierung)

Restliche Bauteile: $c_{nom} = 40 \text{ mm}$

Nachbehandlung

Der Beton ist während seiner Aushärtung d.h. in den ersten 7 Tagen nach dem Betonieren gegen vorzeitiges Austrocknen zu schützen.

Ausschalfristen generell 3 Tage

Oberflächenschutzsysteme

Konsolkopf, Untersicht: OS 2 (Imprägnierung)

Abdichtung

Abdichtung: PBD gemäss Norm SIA 281 Gruppe C, Applikation: Oberflächentemperatur $> 5^\circ$, $< 25^\circ$

Epoxidharzversiegelung: 1. Schicht: Grundierung mit Quarzsand abgestreut, ca. 700g/m^2 ;
 2. Schicht: Epoxidharz ca. 700g/m^2

Applikation: Temperatur Untergrund $> 8^\circ\text{C}$; Oberflächentemperatur $+ 3^\circ\text{C}$ über Taupunkt

Beläge

Strasse: Deckbelag: 3.5 cm MA 11S, Trinidad, PmB 25/55-65, Abstreuerung Splitt 4/8
 Binderschicht: 3.5 cm MA 11S, Trinidad, PmB 25/55-65
 Schutzschicht: 3.5 cm MA 11S, Trinidad, PmB 25/55-65

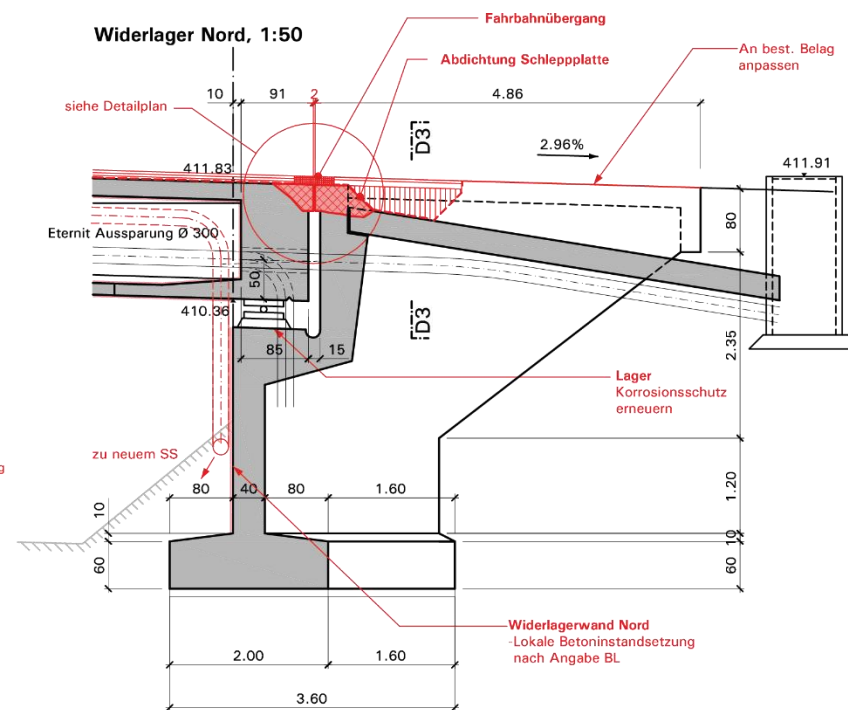
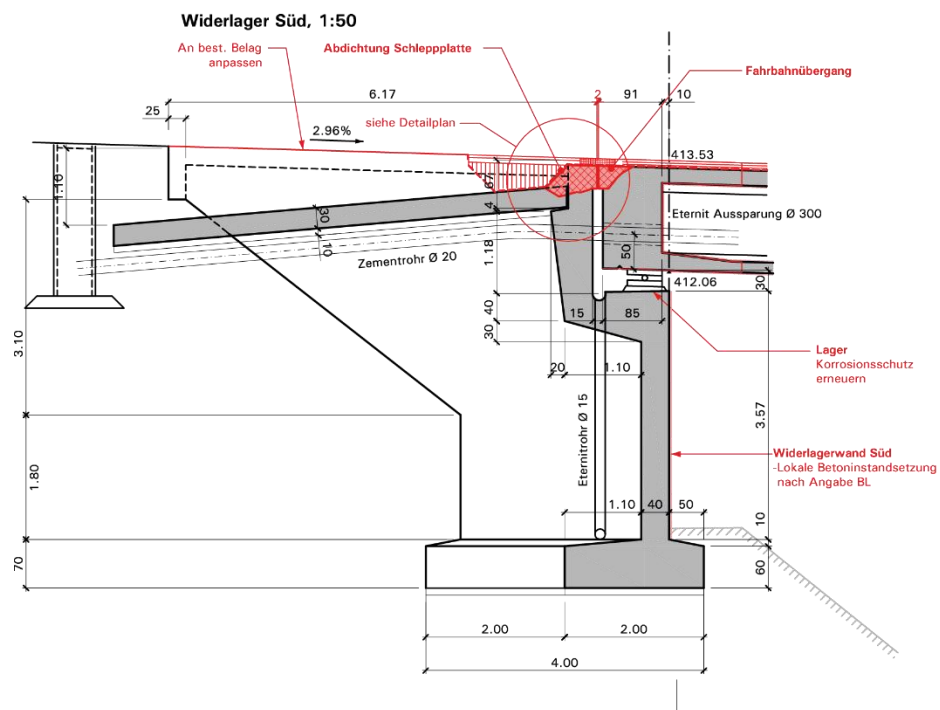
Gehbereich: Deckbelag: 3.5 cm MA 11N, Trinidad, PmB 25/55-65
 Schutzschicht: 4.0 cm MA 11N, Trinidad, PmB 25/55-65

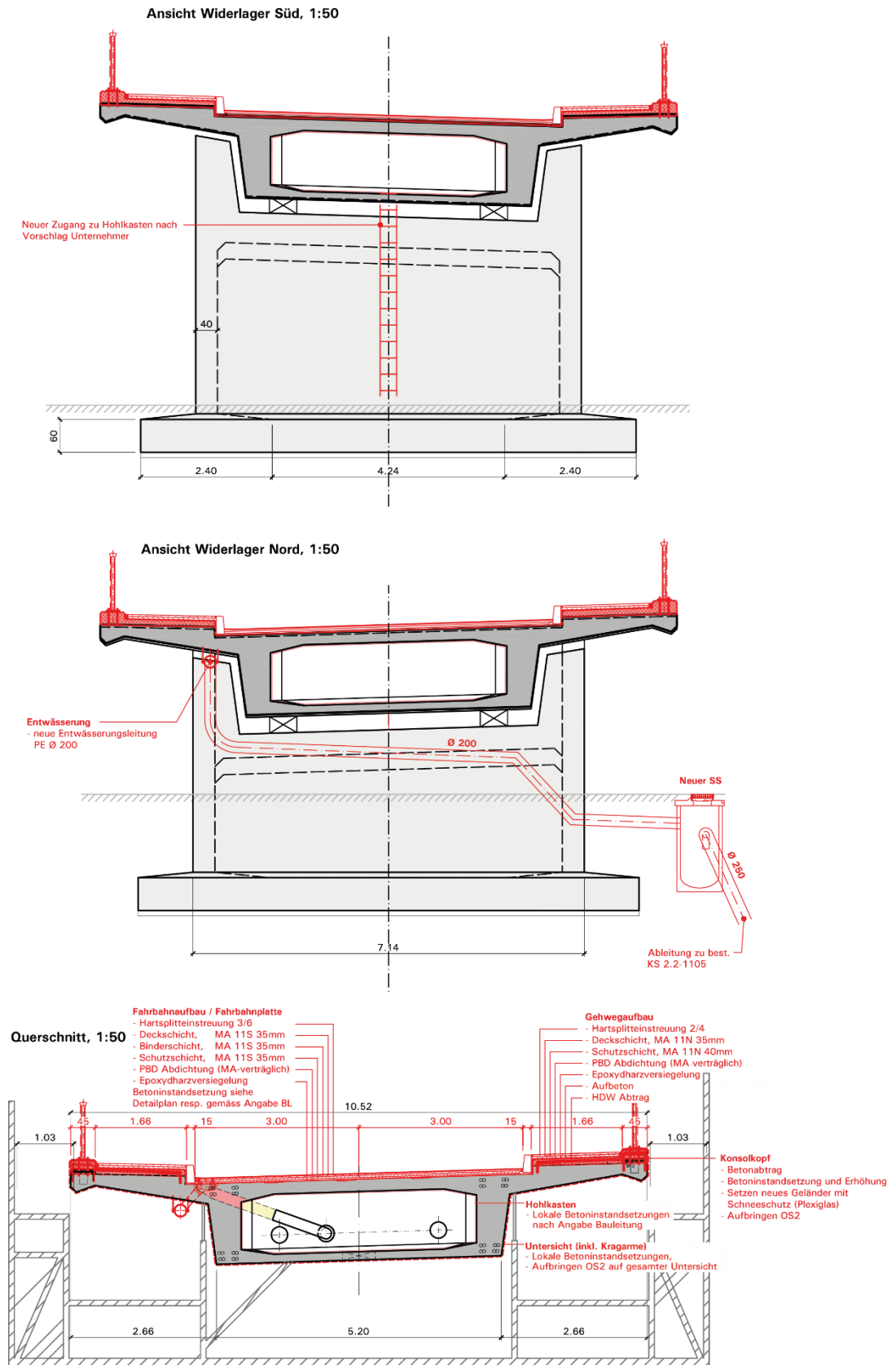
Längsfugen: Polymerbitumen Heissvergussmasse
 Quertfugen: Fugenband TOK oder gleichwertiges Produkt

Etapplierung, Bauablauf

Die Etappierung der Arbeiten erfolgt entsprechend dem objektspezifischen Bauphasenplan.

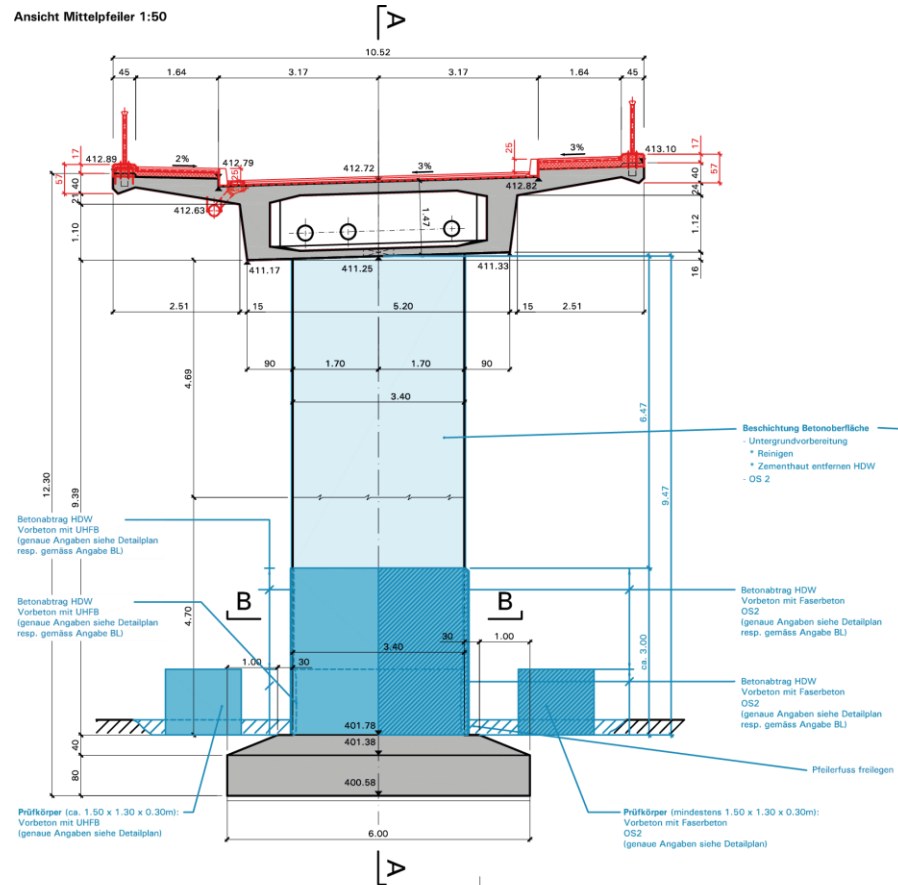
	Bestehende Objekte		Instandsetzung Mittelpfeiler (inklusive Anwendung UHFB)
	Abbruch bestehender Objekte		
	Generelles Instandsetzungsprojekt, exkl. Mittelpfeiler		
	Bestandteil Tasseearbeiten		



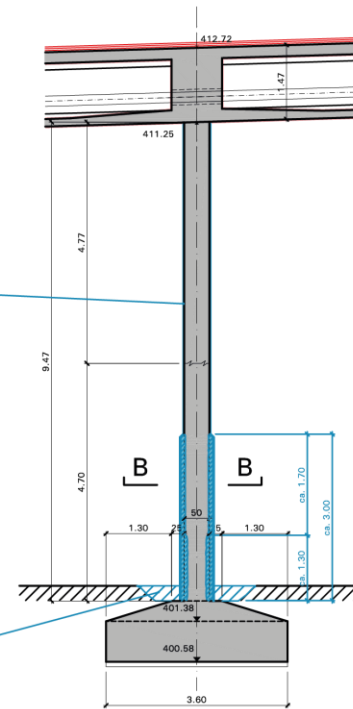


V.2 Übersicht Mittelpfeiler

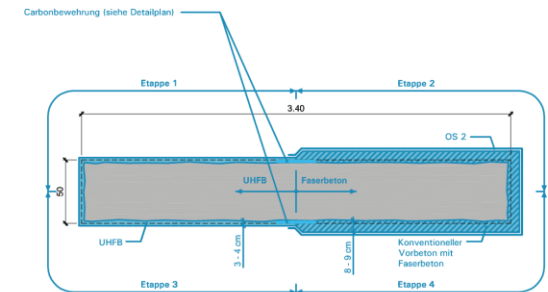
Ansicht Mittelpfeiler 1:50



Schnitt A-A 1:50



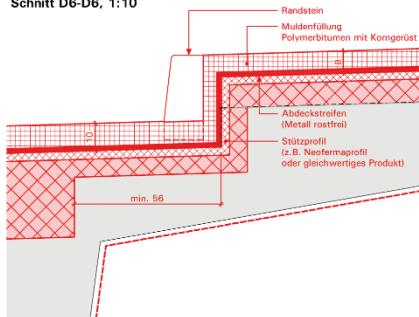
Schnitt B-B, 1:20



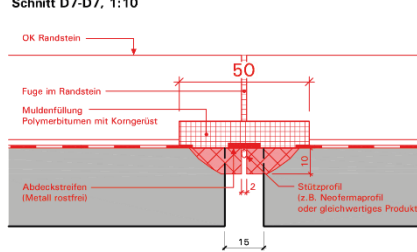
118



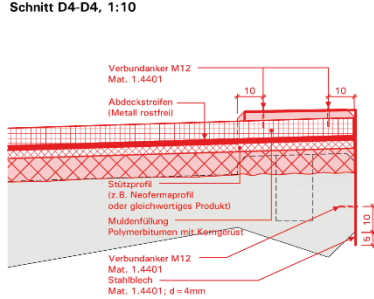
Schnitt D6-D6, 1:10



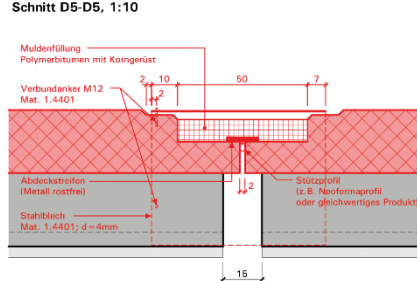
Schnitt D7-D7, 1:10



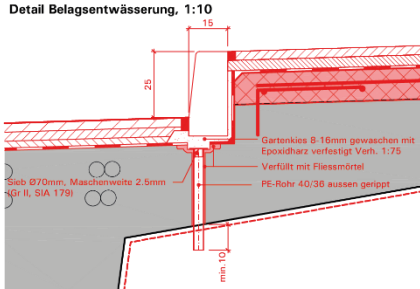
Schnitt D4-D4, 1:10



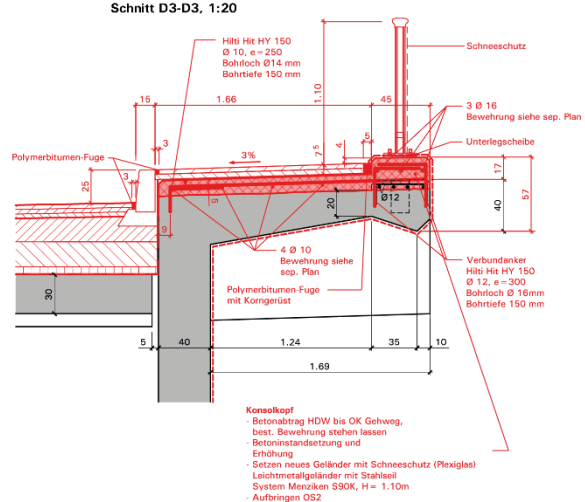
Schnitt D5-D5, 1:10



Detail Belagsentwässerung, 1:10

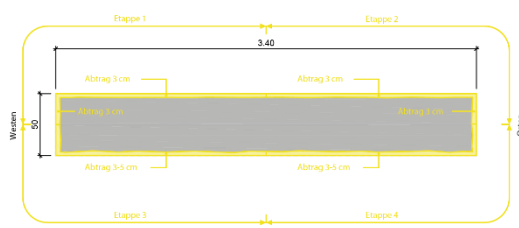


Schnitt D3-D3, 1:20

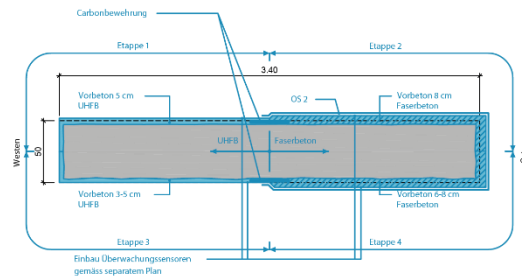


V.4 Detailplan Mittelpfeiler

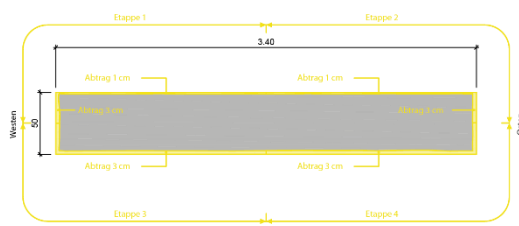
Schnitt B-B, Abtrag, 1:20



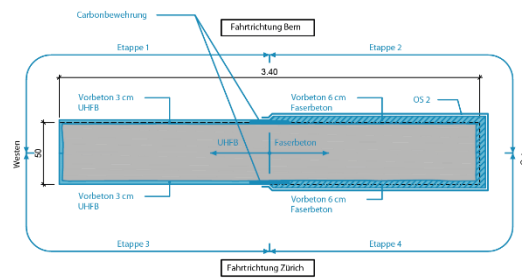
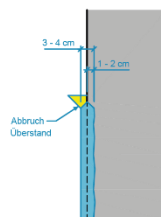
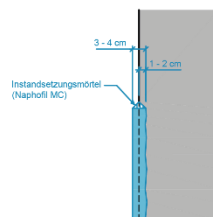
Schnitt B-B, Vorbeton, 1:20



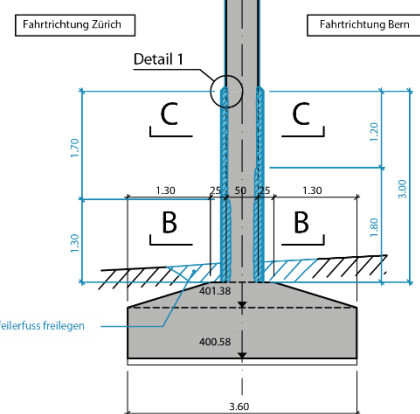
Schnitt C-C, Abtrag, 1:20



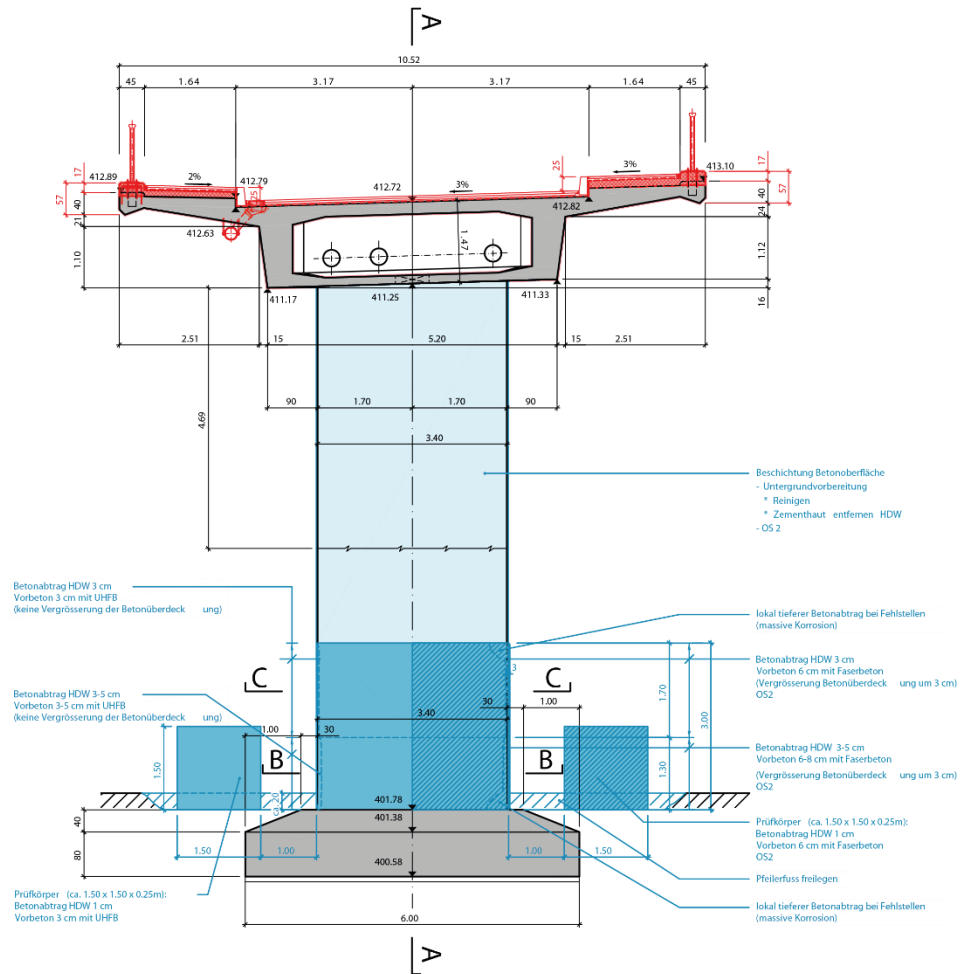
Schnitt C-C, Vorbeton, 1:20

Detail 1, 1:10
Variante A
(Seite BE/SG)Detail 1, 1:10
Variante B
(Seite BE/SG)

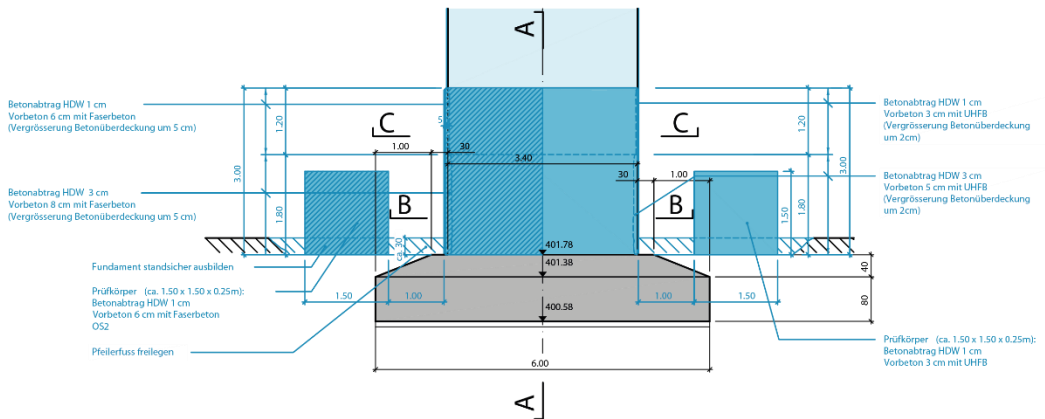
Schnitt A-A, 1:50



Ansicht Mittelpfeiler, Fahrtrichtung ZH, 1:50



Ansicht Mittelpfeiler, Fahrtrichtung BE/SG, 1:50



VI LV Vor- und Schlussausmass

NPK Nr.	Beschreib	Offerte LN	Abweichung	effekt. Kosten aus Bauteilen	GO	AB	BE	ENT	FÜ1	FÜ2	KK1	KK2	GEL1	GEL2	KP1.1	KP1.2	KP2.1	KP2.2	FP1	FP2	DP1	DP2	L1.1	L1.2	L2.1	L2.2	QT1	QT2	QT3	P	L1-WL1	L1-WL2	L2-WL1	L2-WL2	WL1	WL2	SP1	SP2		
	Hauptausmass pro Bauteil				1	663.9	661.7	1	10.5	10.5	70.3	70.3	70.3	70.3	129	129	134.6	134.6	177.7	184.7	145.6	169.6	32.4	32.4	35.6	35.6	4.6	9.2	4.6	73.3	1	1	1	1	25.2	18.2	32.2	40.3		
	Einheit Hauptausmass (HAM)			gl	m ²	m ²	m ²	gl	l/m	l/m	l/m	l/m	l/m	l/m	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	Sk.	Sk.	Sk.	Sk.	m ²	m ²	m ²	m ²			
NPK 111 Regie		109'900	0	109'485	43'930	43'930	43'930	7'305							280	974	2'367	2'367					17'95	17'95							23'725									
NPK 112 Prüfungen		26'163	0	26'164	3'240	7'612	0	0							300.1.8	2748.7			0	0	969.9	969.9									6672.85	235	235	235	235					
NPK 113 Baustelleneinrichtung		133'691	1'000	133'622	133'622																																			
NPK 114 Gerüste		115'490	-19'000	96'110	88'910																																			
NPK 117 Abbrüche und Demontagen		24'626	0	24'386					10'413	9'112	2'421	2'421																												
NPK 121 Instandsetzung und Schutz von Betonbauten		0	300'000	299'565	56'624	0	0	2'277	14'762	14'762	37'598	38'302			16'976	16'908	16'263	16'429	1'967	1'167	5'016	5'498	1'333	1'369	1'333	1'369	0	0	0	52'779					10	10	0	0		
NPK 172 Abdichtung		78'471	-23'000	55'320	55'320																																			
NPK 222 Pfästerungen und Abschlüsse		21'755	3'000	24'596	1'705				19'216	19'675																														
NPK 223 Belagsarbeiten		140'214	-13'000	127'189	29'185				98'369	144																														
NPK 227 Kanalisations- und Entwässerung		33'604	0	33'671					33'602																															
NPK 244 Lager- und Fahrbahnübergänge		46'913	-7'000	40'261					14'993	14'993																														
NPK 261 Leitstranken und Geländer		126'126	-3'000	124'169	8'904								57'948	57'916																										
	Offerte LN	667'693		effekt. Kosten	GO	AB	BE	ENT	FÜ1	FÜ2	KK1	KK2	GEL1	GEL2	KP1.1	KP1.2	KP2.1	KP2.2	FP1	FP2	DP1	DP2	L1.1	L1.2	L2.1	L2.2	QT1	QT2	QT3	P	L1-WL1	L1-WL2	L2-WL1	L2-WL2	WL1	WL2	SP1	SP2		
		238'000		1'094'976	366'920	67'904	136'303	48'210	32'976	32'976	40'960	40'924	60'335	60'303	16'976	16'908	17'262	17'399	1'967	1'167	6'913	7'263	1'333	1'369	1'333	1'369	0	0	0	90'376	2'100	2'100	2'100	2'100	10'668	10'668	185	185		
1'094'976																																								
Bemerkungen: An folgenden Bauteilen erfolgen keine Massnahmen: F-P, F-WL1, F-WL2																																								
Kostenprognose, Einheitskosten durch PV, Ausmass gemäss Projekt - Kostenveranschlag																																								
	Beschreib	Kosten KV	GO	AB	BE	ENT	FÜ1	FÜ2	KK1	KK2	GEL1	GEL2	KP1.1	KP1.2	KP2.1	KP2.2	FP1	FP2	DP1	DP2	L1.1	L1.2	L2.1	L2.2	QT1	QT2	QT3	P	L1-WL1	L1-WL2	L2-WL1	L2-WL2	WL1	WL2	SP1	SP2				
	Hauptausmass pro Bauteil		1	663.9	661.7	1	10.5	10.5	70.3	70.3	70.3	70.3	129	129	134.6	134.6	177.7	184.7	145.6	169.6	32.4	32.4	35.6	35.6	4.6	9.2	4.6	73.3	1	1	1	1	25.2	18.2	32.2	40.3				
	Einheit Hauptausmass (HAM)		gl	m ²	m ²	gl	l/m	l/m	l/m	l/m	l/m	l/m	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	Sk.	Sk.	Sk.	Sk.	m ²	m ²	m ²	m ²				
NPK 111 Regie		40000	40000																																					
NPK 112 Prüfungen		37790	37790																																					
NPK 113 Baustelleneinrichtung		152'950	152'950																																					
NPK 117 Abbrüche und Demontagen		21800	0	0	7959	1859	6000	6000	0	0	0	0	0	0																										
NPK 121 Instandsetzung und Schutz von Betonbauten		336'286	10840	0	0	800	8884	8684	36464	36464					28660	28660	29539	29539	18724	18764	15598	16463	2'919	2'919	3'114	3'114	300	300	300	20969					4365	4365				
NPK 172 Abdichtung		79635	6000	73635																																				
NPK 222 Pfästerungen und Abschlüsse		30000				29400	800																																	
NPK 223 Belagsarbeiten		113109.8	7500			105606.8																																		
NPK 227 Kanalisations- und Entwässerung		13770				13778																																		
NPK 244 Lager- und Fahrbahnübergänge		45610	15000			11005	11005																																	
NPK 261 Leitstranken und Geländer		79500	7000										36000	36000																										
	Kosten KV CHF	GO	AB	BE	ENT	FÜ1	FÜ2	KK1	KK2	GEL1	GEL2	KP1.1	KP1.2	KP2.1	KP2.2	FP1	FP2	DP1	DP2	L1.1	L1.2	L2.1	L2.2	QT1	QT2	QT3	P	L1-WL1	L1-WL2	L2-WL1	L2-WL2	WL1	WL2	SP1	SP2					
		949'930	283'080	73'935	142'957	16'920	25'689	25'689	36'464	36'464	36'000	36'000	28'960	28'960	29'539	29'539	18'724	18'764	15'598	16'463	2'919	2'919	3'114	3'114	300	300	300	20'969	2'100	2'100	2'100	2'100	4'365	4'365	0	0				
Kostenvergleich																																								
	Kosten in CHF	Gesamtkosten	GO	AB	BE	ENT	FÜ1	FÜ2	KK1	KK2	GEL1	GEL2	KP1.1	KP1.2	KP2.1	KP2.2	FP1	FP2	DP1	DP2	L1.1	L1.2	L2.1	L2.2	QT1	QT2	QT3	P	L1-WL1	L1-WL2	L2-WL1	L2-WL2	WL1	WL2	SP1	SP2				
	Kostenveranschlag (KV)	1'094'976	283'080	73'935	142'957	16'920	25'689	25'689	36'464	36'464	36'000	36'000	28'960	28'960	29'539	29'539	18'724	18'764	15'598	16'463	2'919	2'919	3'114	3'114	300	300	300	20'969	2'100	2'100	2'100	2'100	4'365	4'365	1	1				
	Ausmass LN (Schlussausmass)	145'000	82'000	-7'000	-8'000	31'000	6'000	6'000	4'000	4'000	24'000	24'000	-12'000	-12'000	-12'000	-12'000	-18'000	-18'000	-8'000	-8'000	-2'000	-2'000	-2'000	-2'000	0	0	0	70'000	1'000	1'000	1'000	1'000	6'000	6'000	0	0				
	Abweichung (auf 1000 gerundet)	15%	29%	-10%	-6%	194%	23%	23%	11%	11%	67%	67%	-42%	-42%	-41%	-41%	-56%	-56%	-58%	-58%	-69%	-69%	-64%	-64%	0%	0%	0%	335%	48%	45%	48%	45%	137%	137%	0%	0%				

Abb. 6: LV nach Bauwerksteilen und NPK-Leistung mit Vor- und Schlussausmass. Die detaillierte Zusammenstellung findet sich als Beilage auf der CD-ROM.

VII CD-ROM

VII.1 Abkürzungen

IB = Inspektionsberichte (aus KUBA Datenbank)

LV = Leistungsverzeichnis (erstellt durch PV)

DA = Detailausmass (erstellt durch PV)

PDF = Portable Document Format

XLS, XLSM = Microsoft Excel, Microsoft Excel macro-enabled

VII.2 Inhalt

01_Text

- Schlussbericht gross (PDF, unkomprimiert)
- Schlussbericht klein (PDF, komprimiert)

02_Bauwerke

- 244-002: IB 2007 (PDF) und 2012 (PDF), LV 2012 (PDF), DA 2012 (XLS)
- 249-001: IB 2007 (PDF) und 2012 (PDF), LV 2012 (PDF), DA 2012 (XLS)
- 251-011: IB 2012 (PDF), LV 2012 (PDF), DA 2012 (XLS)
- 251-014: IB 2012 (PDF), LV 2012 (PDF), DA 2012 (XLS)
- 251-015: IB 2012 (PDF), LV 2012 (PDF), DA 2012 (XLS)

03_Dixis

- Bedienungsanleitung (PDF)
- Berechnungen Szenario 1 und 3 (XLSM)
- Berechnungen Szenario 2 und 4 (XLSM)

04_Diverses

- Dokumentation Submission – Inhalt (PDF)
- Dokumentation Submission – Installationsfläche (PDF)
- Dokumentation Submission – LV SUB (PDF)
- Dokumentation Submission – Bauwerksteilgliederung Plan (PDF)
- Dokumentation Submission – Bauwerksteilgliederung Tabelle (PDF)
- Dokumentation Submission – Terminprogramm (PDF)

Glossar

Begriff	Bedeutung
Abb.	Abbildung
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BfS	Bundesamt für Statistik
BHU	Bauherrenunterstützer
BS	MISTRA FA Basissystem
BW	Bauwerk
BWT	Bauwerksteil
BMAT	Baumaterial
ca.	Circa
CEN	Europäisches Komitee für Normung (CEN)
CHF	Schweizer Franken
EK	Einheitskosten
ERMA	Erhaltungsmassnahme
et. al.	und andere (Autoren)
ETH Zürich	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
FA	Fachapplikation
GO	Gesamtobjekt
GUID	Globally Unique Identifier ist eine Zahl bestehend aus 128 Bit
h	Stunde (Einheit)
HCode	Hierarchiecode Fachkatalog KUBA
HI	Hauptinspektion
IBI	Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement
IMC GmbH	Infrastructure Management Consultants Gesellschaft mit beschränkter Haftung
Info	Infrastrukturobjekt der FA KUBA
Insp	Inspektion
IO	Inventarobjekt der FA BS
INVT	Interventionsstyp
ITYP	Infrastrukturobjekttyp (
km	Kilometer (Einheit)
KUBA	MISTRA FA Kunstbauten und Tunnel
KUBA-DB	Modul KUBA Datenbank
KUBA-MS	Modul KUBA Management System
LEK	Leistungseinheitskosten (EK einer Leistung)
LRP	Lokale Reprofilierung
LV	Leistungsverzeichnis
m	Meter (Einheit)
m ²	Quadratmeter (Einheit)
m ³	Kubikmeter (Einheit)
MISTRA	Managementinformationssystem Strasse und Strassenverkehr

NPK	Normpositionen-Katalog
Nr.	Nummer
OS	Oberflächenschutz
PM	Projektmanagement
SN	Schweizer Norm (SN)
SCHD	Schadensprozess
SIA	Schweizerischer Ingenieurs- und Architektenverband
SN	Schweizer Norm
SPT	Schadensprozesstyp
Tab.	Tabelle
TRA	Trassee
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
z.B.	zum Beispiel
ZK	Zustandsklasse

Literaturverzeichnis

Bundesgesetze

- [1] Schweizerische Eidgenossenschaft (1960), „**Bundesgesetz vom 8. März 1960 über die Nationalstrassen (NSG)**“, SR 725.11, www.admin.ch.

Verordnungen

- [2] Schweizerische Eidgenossenschaft (2007), „**Nationalstrassenverordnung (NSV) vom 7. November 2007**“, SR 725.111, www.admin.ch.

Bundesbeschlüsse

- [3] Schweizerische Eidgenossenschaft (1960), „**Bundesbeschluss vom 21. Juni 1960 über das Nationalstrassennetz**“, SR 741.113.11, www.admin.ch.
- [4] Schweizerische Eidgenossenschaft (2007), „**Bundesbeschluss vom 21. Juni 1960 über das Nationalstrassennetz**“, SR 725.113, www.admin.ch.

Weisungen und Richtlinien des ASTRA

- [5] Bundesamt für Strassen ASTRA (2010), MISTRA Basissystem, „**Inventarobjekte – Definition der Inventarobjekte der Nationalstrassen**“, Version 1.31, www.astra.admin.ch.
- [6] Bundesamt für Strassen ASTRA (2005): „**Überwachung und Unterhalt der Kunstbauten der Nationalstrasse**“, Version vom 19.12.2006, www.astra.admin.ch.

Normen

- [7] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2014), „**Modell Bauplanung**“, Norm SIA 112.
- [8] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (1991), „**Dateiformate für Leistungsverzeichnisse**“, Norm SIA 451.
- [9] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2008), „**Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung**“, SN 670 004-1b.
- [10] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2008), „**Bodenklassifizierung nach USCS und Zustand des Bodens Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen von Bodenklassifizierung, Tabelle 7 in d, f, i, e**“, SN 670 004-2b-NA.
- [11] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2005), „**Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Teil 1: Benennung und Beschreibung**“, SN 670 006-1.
- [12] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2010), „**Geotechnische Erkundung und Untersuchung; Geologische Terminologie der Lockergesteine, Tabelle 1 separat in d, f, i, e Indagini e prove geotecniche; terminologia geologica dei terreni sciolti, Tabelle 1 kontinuierlich und kombiniert in d, f, i, e**“, SN 670 009a.

Fachhandbuch des ASTRA

- [13] Bundesamt für Strassen ASTRA (2013), „**Fachhandbuch Kunstbauten (FHB K)**“, Version vom 01.05.2013, Bern.

IT-Dokumentation

- [14] Bundesamt für Strassen ASTRA (2012), KUBA 5.0 Fachapplikation Kunstbauten und Tunnel, „**Datenerfassungshandbuch**“, Version 1.0, Bern.
- [15] Bundesamt für Strassen ASTRA (2011), KUBA 5.0 Fachapplikation Kunstbauten und Tunnel, „**Anwendungshandbuch KUBA**“, Version 1.2, Bern.
- [16] Bundesamt für Strassen ASTRA (2011), KUBA 5.0 Fachapplikation Kunstbauten und Tunnel, „**Anwendungshandbuch KUBA-MS**“, Version 0.5, Bern.
- [17] American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO, **AASHTOWare Bridge Management Software**, <http://aashtowarebridge.com/>, abgerufen am 16.06.2015.

Fachliteratur

-
- [18] Adams, T., Sianipar, P. (1998), **Sensitivity of Network Level BMS MR&R Policies to variations in cost, transition probability, and discount factor**, 77th Annual Meeting, Washington, D.C., January 11-15, Transportation Research Board.
-
- [19] Adams, T., & Tae-Youn, K. (1998), **Integrated database management approach for estimating bridge MR&R costs from project data**, Congress on Computing in Civil Engineering, pp. 247-258.
-
- [20] Andersen, N. H. (1990), **Danbro – A Bridge Management System for Many Levels**, Bridge Evaluation, Repair and Rehabilitation NATO ASI Series, Vol. 187, pp. 11-21.
-
- [21] Duffy, L. (2004), **Development of Eirspan: Ireland's bridge management system**, Proceedings of the Institution of Civil Engineers Bridge Engineering, Vol. 157, Issue BE3, pp. 139-146.
-
- [22] Chengular-Smith, I., Ballou, D., & Pazer, H. (1997), **Modeling the costs of bridge rehabilitation**, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 31, No. 4, pp. 281-293.
-
- [23] Heublein, T., Opper, C., Bernet, P., Bühlmann, H., Maumary, A., Müller, A., et al. (2012), **Bauleistungen beschreiben und Baukosten ermitteln**, 4. überarbeitete Auflage. Zürich: Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung CRB.
-
- [24] Rodriguez, M., Labi, S., & Li, Z. (2006), **Enhanced bridge replacement cost models for Indiana's bridge management system**, 85th Annual Meeting of the Transportation Research Record.
-
- [25] Saito, M., Sinha, K., & Anderson, V. (1998), **Bridge Replacement Cost Analysis**, presented at the 67th Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 11-14, Washington, DC.
-
- [26] Saito, M., Sinha, K., & Anderson V.L. (1991), **Statistical models for the estimation of bridge replacement costs**, Transportation Research Part A: General, Vol. 25, Issue 6, pp. 339-350.
-
- [27] Salamé, M., Hajdin, R., & Wiederkehr, U. (1998), **Types d'éléments déterminant les coûts**, Rapport final. Berne: OFROU Office fédéral des routes.
-
- [28] Schädler, B., & Battiston, A. (2000), **KUBA-MS Einheitskosten**, Version 2.1. Bern: Aegerter & Bosshard im Auftrag vom Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bern.
-
- [29] Sobjano, J. O. (1999), **Cost Estimating Under Uncertainty: Issues in Bridge Management**, In 8th International Bridge Management Conference, IBMC99-54, Washington, D.C.
-
- [30] Sobjano, J. O., Thompson, P., Lewis M., & Kerr, B. (2002), **Estimating Agency Cost of Maintenance, Repair, and Rehabilitation for Florida Bridges**, Transportation Research Record, Vol. 1795, No. 02-3772, pp. 66-73.
-
- [31] Sobjano, J. O., Thompson, P., Lewis, M., & Kerr, B. (2002), **Statistical methodology for estimating agency costs of bridge maintenance, repair and rehabilitation (MR&R)**, In First International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management (IABMAS), IABMAS, July 14-17, Barcelona, Spain.
-
- [32] Thompson, P., Sobjano, J. O., & Kerr, R. (2003), **Florida Project-Level Models for Pontis**, 9th International Bridge, Orlando, Florida.
-

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: 10.10.2017

Grunddaten

Projekt-Nr.: AGB 2004/006

Projekttitel: Kostenmodell für das Erhaltungsmanagement von Kunstbauten

Enddatum:

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Ziel des Forschungsprojekts war die Entwicklung eines Kostenmodells für Massnahmen an Kunstbauten. Das Modell sollte es ermöglichen die Kosten von geplanten Massnahmen anhand von Kennzahlen, die einfach aus der Schlussrechnung gewonnen werden können, ausreichend gut abzuschätzen.

Für die Durchführung des Projekts standen die Daten aus der Instandsetzung des Bauwerks "249-001 Überführung Chlosterstrasse" zur Verfügung. Die Verwendung weiterer Bauwerke war durch terminliche Änderungen bei der Projektdurchführung nicht möglich. Mit den vorhandenen Daten wurde das gesuchte Kostenmodell erstellt.

Zunächst wurden Parametersätze, sogenannte "Interventionstypen", gebildet. Um herauszufinden welche Parameter am besten zur Bestimmung der Kosten geeignet sind, wurden vier Szenarien unterschieden in denen sich die Interventionstypen jeweils aus anderen Parametern zusammensetzen:

Szenario 1) ITyp, Bauart, Erhaltungsmassnahme mit geschätztem Ausmass

Szenario 2) ITyp, Bauart, Erhaltungsmassnahme mit tatsächlichem Ausmass

Szenario 3) ITyp, Bauart, Schadensprozess, Zustand, Erhaltungsmassnahme mit geschätztem Ausmass

Szenario 4) ITyp, Bauart, Schadensprozess, Zustand, Erhaltungsmassnahme mit geschätztem Ausmass

Alle folgenden Arbeiten wurden jeweils für die vier Szenarien gemacht.

Es wurde eine Zuordnungstabelle erstellt die jede NPK-Leistung einem oder mehreren Interventionstypen zugeordnet hat. Mit dieser Zuordnungstabelle und dem Leistungsverzeichnis wurden dann die tatsächlich durchgeführten NPK-Leistungen bestimmt und den Interventionstypen zugeordnet, wodurch wiederum die Kosten der Interventionstypen als Summe der Kosten aller ihnen zugewiesener NPK-Leistungen berechnet werden konnten. Für Leistungen die mehreren Interventionstypen zugewiesen wurden, wurden die Kosten proportional zum Ausmass der Erhaltungsmassnahme verteilt.

Die auf diese Weise bestimmten Kosten wurden dann mit dem Kostenvoranschlag und den effektiv angefallenen Kosten verglichen und so die Qualität der Schätzung bestimmt.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Innerhalb des Kostenmodells wurden verschiedene Szenarien zur Kostenschätzung ausprobiert. Dennoch konnte das Ziel einer guten Kostenschätzung nur teilweise erreicht werden. Zwar war es möglich, die Kosten des Gesamtbauwerks mit weniger als 10% Abweichung zu schätzen, aber für die Bauwerksteile gab es teils extrem grosse Abweichungen. Das erstellte Kostenmodell ist somit nicht praxistauglich.

Folgerungen und Empfehlungen:

Aus den nicht erreichten Projektzielen folgt für die Verfasser, dass der einzig gangbare Weg um möglichst konsistente Kostenkennzahlen zu erhalten ist, die Kosten konsequent in allen Projektphasen bauwerksteilbasiert zu erfassen. Um dies zu erleichtern wird vorgeschlagen eBKP-T in der Baupraxis zu verwenden und die NPK-Nummern um zwei Ziffernblöcke zu ergänzen die zu Identifizierung der Interventionstypen und Bauwerksteile verwendet werden können. Letztere Anpassung wäre einfach, da der NPK bereits diese zusätzlichen Blöcke vorsieht.

Publikationen:

B.T. Adey, M.J. Fuhr, R. Hajdin, M. Henriquez, M. Deublein, M. Schmid und R. Wicki (2017)
Kostenmodell für das Erhaltungsmanagement von Kunstbauten, AGB 2004/006,
Schriftenreihe UVEK, Bern

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Hajdin

Vorname: Rade

Amt, Firma, Institut: IMC GmbH

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Gute methodische Überlegungen zeigten im "Praxistest", dass man mit wenig Aufwand zu akkuratem Zahlenmaterial gelangen könnte, was das Gesamtbauwerk betrifft. Leider war die Datenbasis sehr schmal, um eine breit abgestützte Untermauerung dieser These vornehmen zu können.

Will man auf Bauwerksteilebene vertretbare Genauigkeiten erreichen, so bleibt offenbar nichts anderes als die Ebene Bauwerksteil vom Projekt über die Ausschreibung bis zur Abrechnung durchzuziehen - Ansätze mit BIM wohl besser durchsetzbar, wenn dann mal im Tiefbau verankert.

Umsetzung:

Traditionell mit den dazu leicht angepassten Werken des CRB ist der eine mögliche Weg, progressiv BIM im Tiefbau fördern (=fördern) der andere.

weitergehender Forschungsbedarf:

Potential von BIM im Tiefbau ausloten ist unsere Empfehlung.

Einfluss auf Normenwerk:

Keiner

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Waldis

Vorname: Walter

Amt, Firma, Institut: Departement Bau, Verkehr und Umwelt Aargau, Abteilung Tiefbau, Brücken- und Tunnelbau

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

W. Waldis

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

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