



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

Gesamtbewertung von Kunstbauten

Evaluation Globale des Ouvrages d'Art

Overall Assessment of Engineering Structures

ewp AG Effretikon
Manuel Schmid
Nathalie Baraf

Ernst Basler + Partner AG
Philipp Rietmann

**Forschungsprojekt VSS 2007/704 auf Antrag des
Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Oktober 2014

1491

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

Gesamtbewertung von Kunstbauten

Evaluation Globale des Ouvrages d'Art

Overall Assessment of Engineering Structures

ewp AG Effretikon
Manuel Schmid
Nathalie Baraf

Ernst Basler + Partner AG
Philipp Rietmann

**Forschungsprojekt VSS 2007/704 auf Antrag des
Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Oktober 2014

1491

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Manuel Schmid, ewp AG Effretikon

Mitglieder

Nathalie Baraf, ewp AG Effretikon

Philipp Rietmann, Ernst Basler + Partner AG

Federführende Fachkommission

Fachkommission 7: Erhaltungsmanagement

Begleitkommission

Präsident

Dr. Rade Hajdin, IMC GmbH

Mitglieder

Dr. Manuel Alvarez, ASTRA Bern

Jürg Pfyl, Locher Ingenieure AG

Dr. Philipp Stoffel, Helbling Beratung + Bauplanung

Hubert Späni, Tiefbauamt, Kanton Zug

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	4
	Zusammenfassung	7
	Résumé	9
	Summary	11
1	Einleitung	13
1.1	Verständigung	13
1.2	Ausgangslage.....	13
2	Vorgehenskonzept für die Bearbeitung des Forschungsprojektes	14
3	Bestehende Methoden zur Gesamtbewertung	15
3.1	Deutschland	15
3.2	Zustandserfassung in Österreich	16
3.3	Zustandserfassung in Slowenien	18
3.4	Zustandserfassung in Frankreich.....	19
3.4.1	Image Qualité des Ouvrages d'Art (IQOA)	19
3.4.2	Méthode départementale (MD)	20
3.4.3	Visites Simplifiées Comparées (VSC).....	21
3.5	Zustandserfassung in den USA	22
3.5.1	National Bridge Inventory	22
3.5.2	Pontis Bridge Management System.....	23
3.5.3	Long Term Bridge Performance Program.....	24
3.6	Zustandserfassung in der Schweiz	24
3.6.1	ASTRA	25
3.6.2	SBB	25
3.7	Beurteilung und Schlussfolgerungen	26
4	Situationsanalyse und Zielformulierung	27
4.1	Situationsanalyse	27
4.2	Anwendungsbereiche für eine Gesamtbewertung	27
4.3	Positionierung innerhalb der Erhaltung von Kunstbauten.....	29
4.4	Ziele des Forschungsprojektes	30
5	Neue Methode – Erfassung des Zustandes.....	31
5.1	Allgemeine Überlegungen.....	31
5.2	Vorbereitende Arbeiten	31
5.3	Bauwerksgliederung.....	32
5.4	Schadenserfassung	33
5.4.1	Charakteristik: Schwere des Schadens	33
5.4.2	Charakteristik: Ausmass des Schadens	34
5.4.3	Charakteristik: Sicherheit	34
5.4.4	Charakteristik: Gebrauchstauglichkeit	35
6	Neue Methode – Bewertung des Zustandes.....	36
6.1	Allgemeine Überlegungen.....	36
6.2	Effektive Schadensnote	36
6.3	Gewichtete Schadensnote	36
6.3.1	Der Faktor f_{GS}	36
6.3.2	Bestimmung des Beiwertes k_{SG}	37
6.3.3	Bestimmung des Minimalwertes k_{min}	37
6.3.4	Variation der Parameter für den Faktor f_{GS}	37
6.3.5	Gesamtbewertung	41

6.4	Beurteilung der neuen Methode	42
7	Weitere Aspekte der Gesamtbewertung	43
7.1	Zusammenführung von Zustand, Netzbedeutung und Wirtschaftlichkeit zu einer Gesamtnote	43
8	Schlusswort.....	45
8.1	Diskussion.....	45
8.2	Ausblick.....	45
	Anhänge.....	47
	Glossar.....	79
	Literaturverzeichnis.....	80
	Projektabschluss	83
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	86

Zusammenfassung

Ausgangslage

Erfolgreiches Erhaltungsmanagement basiert unter anderem auf einer regelmässigen Überwachung.

Die aktuellen Normen des VSS und des SIA definieren grob die Abläufe und Begriffe zur Erhaltung; der Umgang mit diesen wird allerdings nicht praxistauglich beschrieben. Dementsprechend wird die Zustandserfassung und -bewertung in der Schweiz sehr unterschiedlich gehandhabt. Bei allen Bauherren basiert die Bauwerksbeurteilung jedoch mitunter auf die Erfahrung des Inspektors. Die Ausführung durch ausgebildetes Fachpersonal ist zwar wünschenswert, die Personenabhängigkeit erschwert allerdings die Vergleichbarkeit der einzelnen Beurteilungen untereinander.

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes soll basierend auf den bestehenden VSS- und SIA-Normen eine neue Methode zur Gesamtbewertung entstehen, die ein Bewertungssystem liefert, welches einen Vergleich des Zustands mehrerer Kunstbauten erlaubt. Diese einheitliche Bewertung ermöglicht es den Infrastrukturbesitzern, die Verteilung ihrer finanziellen Mittel und Ressourcen zu optimieren.

Systemabgrenzung und Ziele

Eine Analyse der verschiedenen Anforderungen an die Kunstbauten wie auch an die Methode selbst ergab, dass je nach Kunstbauten-Inventargrösse das Erhaltungsmanagement unterschiedlich komplex ist. Dies legt es nahe, die Gesamtbewertungsmethode als eine Art Modul zu konzipieren, welches je nach Bedarf an ein bestehendes Managementsystem angegliedert, aber auch alleinstehend verwendet werden kann.

Die vorliegende Forschungsarbeit befasst sich mit einer Methode zur Erfassung und Bewertung des Ist Zustandes, da dieser unabhängig von der Komplexität des Erhaltungsprozesses den Ausgangspunkt für die Erhaltungsplanung bildet. Ergänzend dazu können auch Aussagen zur Bedeutung der Kunstbaute im Netz, wirtschaftliche Überlegungen oder Entwicklungsprognosen einfließen.

Die Gesamtbewertung soll sowohl bei Inspektionen als auch bei (detaillierteren) Überprüfungen eingesetzt werden. Zudem soll auch eine Beurteilung der Sicherheit und der Gebrauchstauglichkeit vorgenommen werden.

Neue Methode – Konzept

Die Methode ist in zwei Teile gegliedert, und zwar in die Zustandserfassung und die Zustandsbewertung.

Im Rahmen der Zustandserfassung wird jedes Bauteil separat betrachtet. Die Erfassung der Schäden wird in einzelne Charakteristiken (Typ, Schwere, Ausmass) unterteilt, weil diese einzeln einfacher zu beurteilen sind als der Schaden als Ganzes. Diese Charakteristiken werden mit einer Skala, wie sie ähnlich auch in der KUBA des ASTRA verwendet wird, beurteilt. Zwei Dokumente unterstützen den Inspektor bei der Zustandserfassung: ein Schadenskatalog, ähnlich den bereits bestehenden Beschreibungen für Belagsschäden, sowie ein ‚Inspektionsgrundlagenheft‘, welches die Basisdaten des Bauwerks enthält, wie zum Beispiel eine Einteilung in Bauteile sowie kritische Aspekte.

Neu wird auch an jedem Bauteil separat die ‚Sicherheit‘ (wobei hier sowohl die Tragsicherheit des Bauwerks als auch die Verkehrssicherheit gemeint sind) und ‚Gebrauchstauglichkeit‘ erfasst.

Die Zustandsbewertung erfolgt, indem die Bewertungsnote des festgestellten Schadens (aus Schwere und Ausmass), falls dieser für die Sicherheit und die Gebrauchstauglichkeit

nicht relevant ist, nach unten korrigiert wird. Bei relevanten Schäden bleibt die effektive Schadensnote erhalten. Dies ermöglicht es, dass ‚irrelevante‘ Schäden mit grossem Ausmass nicht wichtiger werden als ‚relevante‘ Schäden mit geringerem Ausmass.

Fazit und Ausblick

Die vorgeschlagene Methode lässt sich für alle Typen von Kunstbauten anwenden. Durch die Erfassung einzelner Charakteristiken wird die Reproduzierbarkeit der Resultate verbessert, da diese Charakteristiken objektiver beurteilbar sind, als der gesamte Zustand. Durch die klare Abgrenzung und Beschränkung auf den Ist-Zustand lässt sich die Methode einfach an bestehende Managementsysteme angliedern oder auch unabhängig von ihnen anwenden.

Die Zustandsbewertung wurde anhand von Praxisbeispielen auf ihre Plausibilität geprüft. Weitere Optimierungs- und Validierungsschritte müssten anhand einer vertieften Studie vorgenommen werden. Die Erarbeitung des Schadenskataloges sowie die Parameterstudie könnten den Inhalt von Folgeprojekten darstellen. Aus den Ergebnissen des aktuellen Forschungsberichtes sowie der vorgeschlagenen Folgeprojekte soll die Norm SN 640 951 Gesamtbewertung von Kunstbauten erarbeitet werden.

Résumé

Situation actuelle

Une bonne gestion de l'entretien se base, entre autres, sur une surveillance et des inspections régulières.

Les normes VSS et SIA définissent les principes élémentaires et les modèles d'évaluation, mais pas l'application pratique. En conséquence, la surveillance et la classification sont gérées différemment dans toute la Suisse. Chez tous les maîtres d'ouvrages, la classification dépend de l'expérience personnelle de l'inspecteur. Et bien qu'un personnel qualifié soit toujours précieux, sa subjectivité rend la comparaison des résultats plutôt difficile.

Ce projet de recherche se concentre sur le développement d'une méthode uniforme et standardisée pour l'évaluation et la classification des ouvrages d'arts. La nouvelle méthode se base sur les normes existantes VSS et SIA et fournira un système d'évaluation qui permettra de mieux comparer les résultats et optimiser les ressources.

Délimitation du système et objectifs

L'analyse des exigences d'un ouvrage d'art mais aussi des différents besoins de la méthode en elle-même démontre que la complexité de la gestion dépend de la taille du parc d'ouvrages. Pour cette raison, la nouvelle méthode définira un module suffisamment souple, afin qu'il puisse être utilisé de façon simple (module autonome) ou complexe (par ex. en combinaison avec un système existant).

Ce projet traite de la surveillance et puis de la classification de l'état actuel au moment de l'inspection, qui devient la base pour toute la planification de la conservation indépendamment de la complexité du processus. Selon les besoins des gestionnaires on peut aussi tenir compte des informations sur l'importance d'un ouvrage dans le patrimoine, des considérations économiques ou des prévisions de développement.

La méthode proposée sera applicable et pour les inspections et pour les vérifications (générales ou approfondies). De plus, l'évaluation de la sécurité structurale et de la sécurité des utilisateurs ainsi que l'aptitude au service feront partie de la nouvelle méthode.

Nouvelle méthode – concept

La méthode est divisée en deux parties: la surveillance avec le relevé de données et la classification de l'ouvrage.

Pendant l'inspection, tous les éléments de la structure sont inspectés séparément. Le relevé des défauts et des désordres se décompose en trois caractéristiques (type, sévérité et étendue du défaut) beaucoup plus faciles à évaluer individuellement que le défaut entier. Pour chaque caractéristique une note sur l'échelle correspondant à celle du KUBA de l'OFROU est attribuée. Il y a deux documents qui assistent l'inspecteur : un catalogue avec une description de tous les défauts qui sont susceptibles d'être rencontrés sur l'ouvrage (similaire aux descriptions existantes pour les défauts du revêtement). Le deuxième document est un 'carnet d'information élémentaire pour l'inspection'.

Une autre nouveauté est l'évaluation concernant la sécurité (structurale ainsi que la sécurité d'utilisateur) et l'aptitude au service.

La classification est basée sur le principe suivant: la classe effective (déterminée selon les évaluations des trois caractéristiques mentionnées ci-dessus) sera diminuée si le défaut apparent sur l'élément examiné n'a pas d'effet sur la sécurité ou l'aptitude au service de l'ouvrage entier. Ainsi, les 'défauts insignifiants' avec une grande étendue ne deviennent pas plus importants qu'un 'défaut significatif' avec une ampleur plus faible.

Conclusion et perspectives

La nouvelle méthode est applicable pour tous les types d'ouvrages d'art. L'évaluation individuelle des caractéristiques d'un défaut apparent (au lieu de classier l'élément tout à la fois) améliore la répétabilité des résultats. En limitant la méthode à l'évaluation et la classification de l'état apparent au moment de l'inspection, la méthode pourra ainsi être adaptée aux systèmes de gestion existants ou bien appliquée seule.

La nouvelle méthode a été testée sur plusieurs objets. L'optimisation des paramètres, la vérification de la méthode et le développement d'un catalogue de défauts peuvent être l'objectif d'un projet suivant. À partir des résultats de ce projet et les projets proposés, la nouvelle norme VSS 640 951 'évaluation globale des ouvrages d'art' sera réalisée.

Summary

Current situation

Successful infrastructure management is based, among other things, on continuous monitoring and inspections.

Existing VSS and SIA codes define terminology and explain procedures, but unfortunately not their practical application. Therefore, condition assessment and rating are handled quite differently throughout Switzerland. The personal experience of the inspector is still an important factor everywhere, and even though experienced personnel are very valuable, their subjectivity makes the comparison of the results rather difficult.

This research project focuses on the development of a uniform and standardised condition assessment and rating method. The new method shall be based on the existing VSS and SIA codes and guidelines and provide a comparable condition rating.

System boundaries and goals

In a first step, the different requirements for the engineering structures but also for the method itself were analysed. The results of this analysis show, that the complexity of the infrastructure management depends on the size of the inventory. Therefore, the new method is preferably designed as a module, which may be implemented in an existing management system but may also be applied just by itself.

The research project at hand focuses on the assessment and rating of the condition at the time of the inspection, as this is the starting point for all conservation planning no matter how complex. Additionally, statements about the importance of the structure within the road network, economic aspects or development prognoses may be taken into consideration.

The proposed method should be applicable at all stages of the conservation process meaning regular inspections as well as detailed investigations. A statement about the structural and user safety as well as the serviceability shall also be considered.

New method – concept

The new method is divided into two parts: condition data collection and condition rating.

For the data collection, each element of the structure should be examined separately. The damage assessment is split up into its characteristics (damage type, severity and extent), which are much easier to assess individually than the total damage. For each of the characteristics a value on a scale from 1 (good) to 5 (alarming) will be determined. This scale is already well known as it is also used in KUBA (Road Structures Management System of Swiss Federal Roads Office). Two documents shall assist the inspector when assessing these characteristics: a damage catalogue similar to the already existing catalogue for pavement damages and a 'basic inspection information booklet'. It contains information on the structure such as a definition of the structural members and information on critical elements.

As mentioned before, the assessments of safety - structural safety as well as user safety - and serviceability are also part of the new method.

The condition rating is based on the following principle: the actual condition rating of structural members (based on the damage characteristics) will be reduced if the observed damages on the examined member have no effect on the safety or the serviceability of the whole structure. Like this, 'irrelevant' damages with large extent will not become more important than 'relevant' damages with little extent.

Conclusion and outlook

The new method is applicable to all types of engineering structures. Classifying damage characteristics one by one, instead of assessing the whole element at once, improves the reproducibility of the condition ratings. By restricting the method to the condition assess-

ment and rating of the current state, the method may be easily incorporated into existing management systems or used as a standalone application.

The new method was tested on a few practical objects. A parameter optimisation and verification of the method as well as the development of the damage catalogue to assist the inspector while classifying the damages may be topics of follow-up projects. Based on the results of the current and the proposed follow-up projects, the new VSS code 640 951 'Gesamtbewertung von Kunstbauten' (overall assessment of engineering structures) will be developed.

1 Einleitung

1.1 Verständigung

Im vorliegenden Bericht wurden grundsätzlich Begriffe, wie sie in den bestehenden SIA Normen definiert sind, verwendet. Teilweise waren Präzisierungen dieser Definitionen notwendig. Alle massgebenden Begriffe sind, wo nicht im Text im Glossar auf Seite 79 definiert.

1.2 Ausgangslage

Die Erhaltung von Infrastruktur-Anlagen basiert auf einer regelmässigen Überwachung.

In den aktuellen Normen des VSS und des SIA sind die groben Abläufe und Begriffe für die Erhaltung von Kunstbauten beschrieben. In der VSS 640 900a ‚Erhaltungsmanagement Grundnorm‘ [26] sind Grundlagen und Begriffe für das Gesamtsystem Strasse definiert, in den SIA-Normen 469 ‚Erhaltung von Bauwerken‘ [21] und 269 ‚Erhaltung von Tragwerken‘ [23] diejenigen für die Kunstbauten. Die Norm VSS 640 904 ‚Erhaltungsmanagement Gesamtbewertung‘ [24] enthält Bewertungsmaßstäbe, zwei Bewertungsgrundsätze (Substanzwert und Gebrauchswert) für die Teilsysteme und ein monetäres Wertemodell. Der Umgang mit diesen Bewertungsgrundsätzen ist jedoch nicht praxistauglich beschrieben.

Die Zustandserfassung und -bewertung wird in der Schweiz deshalb unterschiedlich umgesetzt. Die grösseren Bauherren wie Bund, Kantone oder SBB haben teilweise eigene Richtlinien und Systeme erlassen. Die Bewertung erfolgt grundsätzlich mit einer Note, welche aus dem Zustand der Bauteile oder aus dem Substanzwert des Objektes abgeleitet wird. Sicherheit und die Gebrauchstauglichkeit werden dabei nicht explizit bewertet. Zudem basiert die Bewertung bei allen Bauherren auf der Erfahrung des Bewertenden. Diese Subjektivität macht es schwieriger die Bewertungen verschiedener Objekte oder auch die zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführten Bewertungen desselben Objektes miteinander zu vergleichen.

Die VSS Expertenkommission 7.07 hat mit der Arbeit für die neue Norm 640 951 ‚Gesamtbewertung Kunstbauten‘ begonnen, in der ein möglichst objektives Bewertungssystem beschrieben wird, welches einen Vergleich der Zustände von Kunstbauten erleichtert und so den Umgang mit Mittel und Ressourcen optimiert. Die Vereinheitlichung der Bewertung hat somit einen praktischen und kann auch einen wirtschaftlichen Nutzen aufweisen.

Die Grundlagen für ein solches Gesamtbewertungssystem werden im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes entwickelt. Als Basis dienen bestehende VSS- und SIA-Normen, Dokumentationen und Software des ASTRA, sowie Erkenntnisse aus Literatur und dem Studium von bestehenden Methoden im In- und Ausland.

2 Vorgehenskonzept für die Bearbeitung des Forschungsprojektes

Die Komplexität und allgemeine Formulierung des Themas erfordern eine klare Strukturierung im Vorgehen und eine Systemabgrenzung. Das Vorgehen ist in der Abb.1 grafisch dargestellt und soll eine effiziente Entwicklung der neuen Methode ermöglichen.

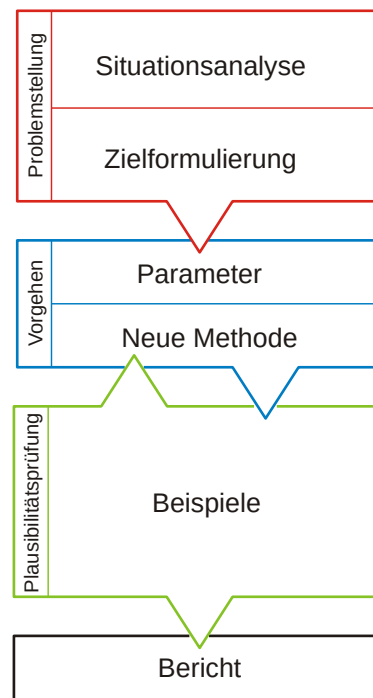


Abb.1 Vorgehenskonzept für die Bearbeitung des Forschungsprojektes

In einer Situationsanalyse wurde zur Festlegung der Systemgrenzen und Ziele für das vorliegende Forschungsprojekt zunächst ein ausführliches Studium der bestehenden Methoden und Systeme zur Bewertung von Kunstbauten betrieben. Mit Hilfe der so gewonnenen Erkenntnisse sollen die Bedürfnisse, Möglichkeiten und Grenzen der Anwender identifiziert werden. Zudem wird so gut ersichtlich welche Information durch eine neue Gesamtbewertungsmethode abgedeckt werden kann und soll. Am Schluss dieser ersten Phase kann für die Gesamtbewertungsmethode die Problemstellung mit Randbedingungen und Zielen formuliert werden, auf deren Grundlage das Konzept der Methode erarbeitet wird. Die Plausibilitätsprüfung der neuen Methode erfolgt anhand einer begrenzten Anzahl von durch die Forschungsstelle durchgeführten Inspektionen. Damit wird kontrolliert, ob die Bewertung nach der neuen Methode sinnvolle Ergebnisse liefert. Eine tatsächliche Validierung kann erst mit einer grösseren Anzahl von Objekten und Kunstbautentypen vorgenommen werden. Diese Validierung sprengt den Rahmen dieses Forschungsprojektes und ist deshalb nicht ein Bestandteil der vorliegenden Arbeit (siehe auch Kapitel 8.2. Ausblick).

3 Bestehende Methoden zur Gesamtbewertung

3.1 Deutschland

Zur Erhaltungsplanung wird das vom BAST entwickelte Bauwerksmanagement-System (BMS) verwendet [10], [11] und [12]. Wesentliche Grundlage dafür ist die Strasseninformationsbank (SIB), ein System, welches Informationen zu Strassen und Bauwerken sammelt und eine Nutzeroberfläche bietet, welche eine einheitliche Erfassung dieser Daten ermöglichen soll. Bei Kunstbauten ist diese Zustandserfassung in der DIN 1076 und der RI-EBW-PRÜF [13] wie folgt geregelt.

Jeder einzelne Schaden wird erfasst und hinsichtlich ‚Standsicherheit‘ (deutscher Begriff für Tragsicherheit), ‚Verkehrssicherheit‘ und ‚Dauerhaftigkeit‘ bewertet. Die Bewertung geschieht mit Noten von 0 bis 4. Die Zuordnung zu diesen Noten ist in der RI-EBW-PRÜF [13] beschrieben und in untenstehender Tabelle am Beispiel ‚Standsicherheit‘ erläutert. Die Bewertung der ‚Dauerhaftigkeit‘ und der ‚Verkehrssicherheit‘ erfolgt analog.

Tab. 1 Beispiel Bewertung des Kriteriums ‚Standsicherheit‘ eines Einzelschadens

0	Der Schaden hat keinen Einfluss auf die Standsicherheit des Bauteils / Bauwerks.
1	Der Schaden beeinträchtigt die Standsicherheit des Bauteils, hat jedoch keinen Einfluss auf die Standsicherheit des Bauwerks. [...] Schadensbeseitigung im Rahmen der Bauwerksunterhaltung.
2	Der Schaden beeinträchtigt die Standsicherheit des Bauteils, hat jedoch nur geringen Einfluss auf die Standsicherheit des Bauwerks. [...] Schadensbeseitigung mittelfristig erforderlich.
3	Der Schaden beeinträchtigt die Standsicherheit des Bauteils und des Bauwerks. [...] Schadensbeseitigung kurzfristig erforderlich. Nutzungseinschränkung umgehend erforderlich.
4	Die Standsicherheit des Bauteils und des Bauwerks ist nicht mehr gegeben. Sofortige Massnahmen sind während der Bauwerksprüfung erforderlich. Eine Nutzungseinschränkung ist umgehend vorzunehmen. Die Instandsetzung oder Erneuerung ist einzuleiten.

Zusätzlich wird auch der Umfang des Schadens qualitativ erfasst (Umfang ‚klein‘, ‚mittel‘ oder ‚gross‘) sowie die Bauteilgruppe notiert, an welchem der Schaden auftritt.

Für jede Kombination der oben beschriebenen Noten für ‚Standsicherheit‘, ‚Verkehrssicherheit‘ und ‚Dauerhaftigkeit‘ ist mittels bestimmter Algorithmen [9] eine sogenannte Basiszustandszahl Z_1 zwischen 1.0 und 4.0 definiert. Diese wird je nach Umfang des Schadens mit einem ΔZ_1 in der Grössenordnung von ± 0.1 korrigiert. Die Zustandsnote der Bauteilgruppe Z_{BG} ergibt sich aus der maximalen zugehörigen korrigierten Zustandszahl $Z_{1,max}$.

Jede Note Z_{BG} wird nochmals korrigiert, je nachdem wie viele Schäden in der jeweiligen Bauteilgruppe auftreten. Auch hier liegt die Korrektur ΔZ_2 bei ± 0.1 .

Eine erste Note des Gesamtbauwerkes Z_{ges} ergibt sich aus der maximalen korrigierten Note $Z_{BG,max}$. Hierbei wird davon ausgegangen, dass alle Bauteilgruppen dieselbe Bedeutung für das Bauwerk haben. Bei Bedarf können die Bauteilgruppen aber auch mit ‚Bedeutungsfaktoren‘ gewichtet werden. Je nachdem, wieviel Prozent der Bauteilgruppen eine Schädigung aufweisen, wird Z_{ges} nochmals um einen Wert ΔZ_3 von ± 0.1 korrigiert. Je nach Wert der korrigierten Gesamtnote Z_{ges} wird das Bauwerk einem Zustandsnotenbereich zugeordnet.

Tab. 2 Zustandsnotenbereiche

Note Z_{ges}	Beschreibung
1.0 – 1.4	Sehr guter Zustand. Die Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit des Bauwerks sind gegeben. Laufende Unterhaltung erforderlich.
1.5 – 1.9	Guter Zustand. Die Standsicherheit und Verkehrssicherheit des Bauwerks sind gegeben. Die Dauerhaftigkeit min. einer Bauteilgruppe kann beeinträchtigt sein. Die Dauerhaftigkeit des Bauwerks kann langfristig geringfügig beeinträchtigt sein. Laufende Unterhaltung erforderlich..
2.0 – 2.4	Befriedigender Zustand. Die Standsicherheit und Verkehrssicherheit des Bauwerks sind gegeben. Die Standsicherheit und/oder Verkehrssicherheit des Bauwerks mindestens einer Bauteilgruppe können beeinträchtigt sein. Die Dauerhaftigkeit des Bauwerks kann langfristig beeinträchtigt sein. [...] Laufende Unterhaltung erforderlich. Mittelfristig Instandsetzung erforderlich. [...]
2.5 – 2.9	Ausreichender Zustand. Die Standsicherheit des Bauwerks ist gegeben. Die Verkehrssicherheit des Bauwerks kann beeinträchtigt sein. Die Standsicherheit und/oder Dauerhaftigkeit mindestens einer Bauteilgruppe können beeinträchtigt sein. [...]. Laufende Unterhaltung erforderlich. Kurzfristig Instandsetzung erforderlich. [...]
3.0 – 3.4	Nicht ausreichender Zustand. Die Standsicherheit und/oder Verkehrssicherheit des Bauwerks sind beeinträchtigt. Die Dauerhaftigkeit des Bauwerks kann nicht mehr gegeben sein. [...] Laufende Unterhaltung erforderlich. Umgehende Instandsetzung erforderlich. Warnhinweise oder Nutzungseinschränkungen sind umgehend erforderlich.
> 3.5	Ungenügender Zustand. Die Standsicherheit und/oder Verkehrssicherheit des Bauwerks sind erheblich beeinträchtigt oder nicht mehr gegeben. Die Dauerhaftigkeit des Bauwerks kann nicht mehr gegeben sein. [...] Laufende Unterhaltung erforderlich. Umgehende Instandsetzung bzw. Erneuerung erforderlich. Warnhinweise oder Nutzungseinschränkungen sofort erforderlich.

Innerhalb des BMS werden auch ökonomische Aspekte (Erreichung eines optimalen Bauwerkszustandes im Netz bei gegebenem Budget bzw. eines vorgegeben Zustandes bei minimalem Budget) sowie zusätzliche Randbedingungen, welche eine Kunstbaute als Bestandteil eines Netzwerkes mit sich bringt (z.B. Budgetbeschränkungen, Begünstigung von Massnahmen innerhalb eines Streckenzuges, Vermeidung von parallelen Durchführungen von Massnahmen an Streckenzügen, welche Alternativrouten zueinander darstellen) berücksichtigt. Die Beurteilung von Massnahmenkosten und –nutzen geschieht mit Hilfe von einem Massnahmenkatalog. Die Ermittlung der Eingreifzeitpunkte bzw. Intervalle und deren Auswirkungen erfolgt basierend auf Verhaltens- und Schädigungsmodellen und Abschreibungszeiträumen.

3.2 Zustandserfassung in Österreich

Die Zustandserfassung und Bewertung ist in Österreich in den sogenannten Richtlinien und Vorschriften für das Strassenwesen RVS 13.03.xx und 13.04.xx geregelt. Darin werden unter anderem auch die fachlichen Anforderungen des Personals sowie die Noten zur Objekt- und Bauteilbewertung definiert. In Österreich wird unterschieden zwischen ‚laufender Überwachung‘, ‚Kontrollen‘ und ‚Prüfungen‘. Die ‚laufende Überwachung‘ und die ‚Kontrollen‘ dokumentieren lediglich die Veränderung des Zustandes gegenüber der letzten Kontrolle oder Prüfung. Bei einer Prüfung wird der Ist-Zustand des Bauwerkes erhoben und bewertet. Sämtliche Daten werden in der Baudatenbank Austria BAUT erfasst.

Für die Zustandserfassung und -bewertung wird ein Objekt in einzelne Bauteile aufgeteilt, welche einzeln bewertet werden. Hierbei wird unterschieden zwischen Unterbau, Überbau, Deckbelag, Lager, Fahrbahnübergang, Abdichtung/Entwässerung und sonstige Ausrüstung. In den RVS ist festgelegt, wie und auf welche Details die einzelnen Bauteile zu

prüfen sind. Alle festgestellten Schäden werden nach den Vorgaben des Bauherren in Text und Bild dokumentiert.

Auf Grundlage der erfassten Daten sind die Bauteile mit einer Note zwischen 1 und 5 zu bewerten. Für Strassenbrücken sind die einzelnen Noten zur Bauteilbewertung in der RVS 13.03.11 [15] beschrieben:

Tab. 3 Bauteilbewertung für Strassenbrücken in Österreich

Note	Beschreibung
1	Keine oder sehr geringe Schäden. Mängel aus der Bauzeit wie Abweichungen der Abmessungen oder ästhetische Mängel. Keine Einschränkung der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit. Keine Instandsetzungsmassnahmen erforderlich
3	Mittelschwere Schäden an den Bauteilen oder mehrere leichte Schäden. Es sind Anzeichen einer Verminderung der Funktionstauglichkeit bzw. der Dauerhaftigkeit des Bauteils zu erkennen. [...] Beispielhaft angeführte Schadensbilder: [...] Überbau: Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, Hohlstellen, schädlich erscheinende Risse mit/ohne Aussinterung, beginnende flächenhafte Korrosionserscheinungen, beginnende Schäden an Stahl-/Holzverbindungen [...] [...] Lager: Unbedenkliche Fehlstellung, leichte Risse bei Elastomerlagern, Korrosion. [...]
5	Sehr schwere Schäden an den Bauteilen. Fehlende Ausrüstungsteile. Einschränkung der Tragfähigkeit bzw. der Gebrauchsfähigkeit. Instandsetzungsarbeiten/ Erneuerung unverzüglich einleiten.

Die Noten für die Bewertung des Gesamtbauwerks sind ebenfalls in der RVS 13.03.11 [15] beschrieben und werden dem Bauwerk vom verantwortlichen Inspektor auf Grundlage der gewonnen Erkenntnisse zugewiesen.

Tab. 4 Objektbewertung bei Strassenbrücken in Österreich

Note	Beschreibung
1	Keine oder sehr geringe Schäden. Mängel aus der Bauzeit wie Abweichungen der Abmessungen oder ästhetische Mängel. <u>Keine Einschränkung</u> der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit. <u>Keine Instandsetzung</u> erforderlich
2	Geringe, leichte Schäden; Mängel aus der Bauherstellung, die noch keine Verschlechterung zeigen. <u>Keine Einschränkung</u> der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit. Bei Nichtbeheben kommt es erst längerfristig zu einer Verminderung der Gebrauchstauglichkeit bzw. Dauerhaftigkeit. Behebung im Zuge von <u>Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten</u> empfohlen.
3	Mittelschwere Schäden, die <u>keine Einschränkung</u> der Tragfähigkeit zur Folge haben. Es sind Anzeichen einer <u>Verminderung</u> der Gebrauchstauglichkeit bzw. Dauerhaftigkeit des Bauwerks zu erkennen. Eine <u>Instandsetzung</u> sollte <u>mittelfristig</u> in Angriff genommen werden, um die Gebrauchstauglichkeit bzw. die Dauerhaftigkeit auf das geplante Mass anzuheben.
4	Schwere Schäden, die derzeit <u>noch keine Einschränkung</u> der Tragfähigkeit zur Folge haben. Es ist eine <u>Verminderung</u> der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit deutlich erkennbar. Eine <u>Instandsetzung</u> sollte <u>kurzfristig</u> in Angriff genommen werden, um die Gebrauchstauglichkeit bzw. die Dauerhaftigkeit auf das geplante Mass anzuheben. Eine Instandsetzung kann innerhalb der genannten Frist zugunsten einer neuerlichen Prüfung/Sonderprüfung ausgesetzt werden (Prüfintervall verkürzen).
5	Sehr schwere Schäden, die eine <u>Einschränkung</u> der Tragfähigkeit und/oder Gebrauchstauglichkeit bis zum Abschluss der Instandsetzung/Erneuerung zur Folge haben. <u>Instandsetzungs-/Erneuerungsarbeiten sind unverzüglich einzuleiten.</u>

3.3 Zustandserfassung in Slowenien

Bis etwa Mitte der 1990er Jahre basierte die Zustandsbewertung in Österreich auf einer linearen Kombination mehrerer Faktoren. In Slowenien wurde diese Methode aufgefasst und weiter entwickelt [16]. Der erste Schritt besteht aus der linearen Kombination folgender Faktoren:

$$R = \sum V_{Di} = \sum B_i \cdot k_{1i} \cdot k_{2i} \cdot k_{3i} \cdot k_{4i}$$

Die Zustandsbewertung R entspricht der Summe aller Schadenstypbewertungen V_{Di} . Die verschiedenen Werte von B_i und k_i sind in [16] tabellarisch aufgelistet. Nachfolgend ist eine kurze Beschreibung der einzelnen Parameter mit je einem bis zwei Beispielen aufgeführt.

- B_i : Schadenstyp. Es gibt 32 Schadenstypen. Der Wert von B_i liegt zwischen 1 und 5. Der Schadenstyp ‚Unterschreitung der erforderlichen Bewehrungsüberdeckung‘ ergibt beispielsweise ein $B_i = 2$, die ‚Korrosion der Vorspannung‘ ergibt ein $B_i = 4$.
- k_{1i} : Bedeutung des Bauteils für das Gesamttragwerk. Der Wert von k_{1i} liegt zwischen 0 und 1. Die Werte für k_{1i} sind nach Bauwerkstyp sortiert tabelliert. Beispiele für k_{1i} bei einer vorgespannten Brücke: Vorgespannte Längsträger $k_{1i} = 0.6$, Fahrbahnplatte $k_{1i} = 0.4$, Querträger $k_{1i} = 0.2$.
- k_{2i} : Intensität des Schadens. Der Wert von k_{2i} liegt zwischen 0 und 2. Für jeden Schadenstyp B_i sind vier Schadensklassen I bis IV beschrieben. Die Schadensklasse I entspricht dem Wert $k_{2i} = 0.5$, die Schadensklasse IV entspricht dem Wert $k_{2i} = 2.0$. Am Beispiel ‚Unterschreitung der erforderlichen Bewehrungsüberdeckung‘: Eine Unterschreitung um < 1 cm ergibt die Schadensklasse I und somit $k_{2i} = 0.5$; eine Unterschreitung um mehr als 3 cm ergibt die Schadensklasse IV und somit $k_{2i} = 2.0$.
- k_{3i} : Ausmass des Schadens. Der Wert von k_{3i} liegt zwischen 0 und 2. Hier wird unterschieden, in welchem Umfang ein Bauteil betroffen ist. Zum Beispiel: weniger als $\frac{1}{4}$ eines Bauteils betroffen ergibt $k_{3i} = 1.0$, mehr als $\frac{3}{4}$ eines Bauteils betroffen ergibt $k_{3i} = 2.0$.
- k_{4i} : Dringlichkeit einer Massnahme: Der Wert von k_{4i} liegt zwischen 0 und 5. Der Wert hängt vom Bauwerkstyp, vom Risiko für ein Versagen und von den Auswirkungen bei einem Versagen des Tragwerks oder eines seiner Teile ab. Zum Beispiel: Schaden muss innerhalb der nächsten 5 Jahre instandgesetzt werden: $k_{4i} = 2$ bis 3. Sofortmassnahmen notwendig: $k_{4i} = 5$.

Dies entspricht soweit der früheren österreichischen Methode, bei welcher das Gesamtbauwerk, je nach Wert R , einer von sechs Zustandsklassen zugewiesen wurde.

Bei der slowenischen Methode wird die Zustandsklasse jedoch nicht mehr aus der Summe aller Schadenstypbewertungen V_{Di} ermittelt, sondern aus dem Verhältnis R_c der effektiven Bewertung (Ermittlung wie oben beschrieben) zu einem Referenzwert, welcher alle Schadenstypen berücksichtigt, die realistischerweise am jeweiligen Bauwerk auftreten können. Die Ausmass- und Intensitätsfaktoren k_{ji} werden dabei gleich 1 gesetzt.

$$R_c = \frac{\sum V_D}{\sum V_{D,ref}} \cdot 100$$

Für die praktische Anwendung wird die Bewertung nicht nach den 32 Schadenstypen gegliedert, sondern nach Bauteil m :

$$R_c = \frac{\sum_{m=1}^k k_{1m} \cdot M_m}{\sum_{m=1}^k k_{1m} \cdot M_{ref}}$$

$$\text{wobei } M_m = \sum_{i=1}^n B_i \cdot k_{2i} \cdot k_{3i} \cdot k_{4i} \text{ und } M_{ref} = \sum_{i=1}^t B_i \cdot k_{2i} \cdot k_{3i} \cdot k_{4i}$$

M_{ref} wird dabei mit $k_{2i} = k_{3i} = k_{4i} = 1$ ermittelt.

k = Anzahl Bauteile m im Bauwerk

n = Anzahl vorgefundener bewerteter Schadenstypen pro Bauteil m

t = Gesamtzahl potenziell möglicher Schadenstypen pro Bauteil m

Jeder Wert R_c wird einer von sechs Zustandsklassen zugeordnet, bei welcher jeweils grob Massnahmen definiert sind:

Tab. 5 Erweiterte Zustandsbewertung in Slowenien

	Definition	Wert von R_c
I	Keine oder nur leichte Schädigung. Keine Instandsetzungsmassnahmen notwendig.	0 – 5
III	Mittlere Schädigung. Eingeschränkte Gebrauchstauglichkeit oder Funktionstüchtigkeit eines Bauteils aber noch keine Nutzungseinschränkung beim Bauwerk notwendig. Instandsetzungsmassnahmen innerhalb vernünftiger Zeit notwendig.	7 – 15
VI	Kritische Schädigung. Sofortmassnahmen oder starke Nutzungsbeschränkung notwendig. Umfassende Instandsetzungsmassnahmen notwendig. Akzeptable Restlebensdauer und geforderte Gebrauchstauglichkeit können nicht mehr mit ökonomischen Kosten erreicht werden.	> 30

3.4 Zustandserfassung in Frankreich

In Frankreich existieren zurzeit drei verschiedene Methoden für das Management der Kunstbauten.

3.4.1 Image Qualité des Ouvrages d'Art (IQOA)

Bei der Methode IQOA [27] ist der gesamte Bestand in zwei Gruppen unterteilt:

- I Einfache Bauwerkstypen
- II Komplexe Bauwerkstypen

Für Bauwerke der Gruppe I existiert für jeden Bauwerkstyp eine Protokollvorlage, in der das Vorgehen der Zustandserfassung definiert ist, ebenso die Gliederung der Bauteile und mögliche Schadenstypen. Diese Protokollvorlagen existieren für Brücken, Stützbauwerke und Tunnel. Für die Zustandserfassung bei Bauwerken der Gruppe II gibt es keine Vorlage. Diese Zustandserfassung wird nur durch Spezialisten durchgeführt. Generell werden nur visuell kontrollierbare Bauteile inspiziert und nicht einsehbare Bauteile im Protokoll markiert.

Die Bauteile werden gruppiert nach Tragwerk, Schutzeinrichtungen (zum Schutz des Bauwerkes wie z.B. Korrosionsschutz, Anprallschutzbauwerke oder Kolkschutz bei Pfeilern) und der Ausrüstung (Belag, Geländer, Fahrbahnübergang etc.). Bei der Inspektion

werden bei jedem Bauteil Schadenstyp, -intensität und -ausmass notiert. Aufgrund dieser Daten findet die Bewertung der verschiedenen Bauteile statt, indem jedes Bauteil einer der folgenden Klassen zugeteilt wird:

- Klasse 1 Guter Zustand ersichtlich
- Klasse 2 Tragstruktur in gutem Zustand oder mit geringen Schäden. Die Schutzeinrichtungen oder die Ausrüstung weist Schäden auf. Die Behebung benötigt spezielle Unterhaltsmassnahmen, die jedoch nicht dringend sind.
- Klasse 2E Gleich wie Klasse 2, die speziellen Unterhaltsmassnahmen sind jedoch dringend, damit eine weitere rasche Verschlechterung des Zustandes vermieden werden kann.
- Klasse 3 Die Tragstruktur ist beeinträchtigt. Es sind Instandsetzungsmassnahmen notwendig, die jedoch nicht dringend sind.
- Klasse 3U Gleich wie Klasse 3, aber die Instandsetzungsmassnahmen sind dringend, da die Tragsicherheit nicht mehr gegeben ist oder um eine rasche Verschlechterung des Zustandes zu verhindern.

Auf Grundlage der Bewertungen der einzelnen Bauteile werden die jeweiligen Zustandsklassen für die drei Bauteilgruppen Tragwerk, Schutzeinrichtungen und Ausrüstung festgelegt. Die Zustandsklasse der Bauteilgruppe soll dabei dem Mittel des numerischen Wertes der Klassen aller enthaltenen Bauteile entsprechen.

Die Zustandsklasse des Gesamtbauwerks entspricht der am schlechtesten klassierten Bauteilgruppe.

3.4.2 Méthode départementale (MD)

Bei der Methode départementale [28] gibt es, ähnlich wie bei der Methode IQOA, für die häufigsten Brückentypen eine Protokollvorlage, in der während der Zustandserfassung die Schäden mit Intensität und Ausmass eingetragen werden. Die Daten aus diesen Protokollen werden softwaremässig erfasst und in einer Datenbank gesammelt. Die méthode départementale unterscheidet zwischen der Überwachung oder Zustandserfassung und der Bewertung der Bauwerke. Diese zwei Vorgänge werden nicht von denselben Personen ausgeführt.

Vor der eigentlichen Bewertung wird eine Triage ausgeführt. Bauwerke, die keine oder wenige Schäden aufweisen, werden auf eine grüne Liste, Bauwerke, die potenzielle Risiken bergen und durch einen Spezialisten untersucht werden müssen, werden auf eine rote Liste gesetzt. Die Zuordnung in diese Listen basiert auf der notierten Auftretenshäufigkeit eines jeweiligen Schadenstyps und der -intensität pro Bauteil.

In einem zweiten Schritt wird der Zustand einer Zustandsklasse (indice d'état apparent /IE) zugeordnet. Dabei werden zunächst separat der Unter- und der Überbau klassifiziert. Es gibt insgesamt neun mögliche Klassen:

- IE = 1: Es sind weder Schäden noch kleine Mängel vorhanden.
- IE = 2: Es sind geringe Schäden mit kleinem Ausmass vorhanden.
- IE = 3: Es sind geringe Schäden mit grösserem Ausmass oder stärkere Schäden mit sehr geringem Ausmass vorhanden.
- IE = 4: Es sind signifikante Schäden mit grösserem Ausmass vorhanden.
- IE = 5: Es sind nur eine geringe Anzahl wichtiger Schäden vorhanden.
- IE = 6: Es sind bedenkliche Schäden vorhanden oder Schäden welche eine häufigere Zustandsüberwachung erfordern.
- IE = 7: Der Zustand erfordert eine verstärkte Überwachung.
- IE = 8: Der Zustand erfordert eine intensive Überwachung und zusätzliche Sicherheitsmassnahmen.
- IE = NE: Der Zustand wurde noch nicht evaluiert.

Die Klasse des Gesamtbauwerks entspricht der schlechteren der beiden Klassen von Über- bzw. Unterbau. Je nachdem, ob sich das Bauwerk auf der grünen oder der roten Liste befindet, sind je nach Klassifizierung andere Massnahmen definiert.

Für die weitere Erhaltungsplanung werden auch technische und sozio-ökonomische Aspekte berücksichtigt. Der technische Prioritätenindex (*IT*) beschreibt, in welchem Zeitraum Massnahmen notwendig sind (Massnahmen innerhalb 1, 2, ... bis 5 Jahren erforderlich). Beim sozio-ökonomische Prioritätenindex (*ISE*) kann jeder Bauherr die verschiedenen Kriterien und ihre Gewichtung für die Bestimmung dieses Indexes, gruppiert in Kategorien, wie beispielsweise ‚Bedeutung im Netz‘, ‚Monetäre Kriterien‘ oder ‚Auswirkungen einer eingeschränkten Nutzung‘, selbst definieren. Danach werden für jedes Bauwerk die gewählten Kriterien mit einer Zahl zwischen 1 und 5 bewertet.

Alle Bauwerke werden unter Berücksichtigung der drei Indizes *IE*, *IT* und *ISE* in einem Blasendiagramm dargestellt.

3.4.3 Visites Simplifiées Comparées (VSC)

Die Methode VSC [17] verbindet technische und strategische Aspekte zur Ausarbeitung einer Massnahmenplanung, unterteilt nach sehr kurz-, kurz-, mittel- und langfristigen Massnahmen. In diesem Zusammenhang werden jedem Bauwerk zwei Indizes zugeordnet: zum einen der Zustandsindex *IE* und zum anderen ein strategischer Index *IS*.

Der Zustandsindex wird aus dem sogenannten mechanischen Index *IE_m*, zur Bewertung der Tragsicherheit und Funktionstüchtigkeit des Tragwerkes, sowie einem Gebrauchsinde *IE_u*, welcher die Funktionstüchtigkeit der Ausrüstung des Bauwerks beurteilt, gebildet. Der *IE_m* wird von einem spezialisierten Ingenieur vergeben, der *IE_u* kann auch vom Betreiber gegeben werden. Für beide Indizes sollen Werte zwischen 1 und 4 gegeben werden, wobei 1 den jeweils schlechtesten Zustand darstellt. Der Zustandsindex *IE* ist gleich dem kleineren der beiden Indizes *IE_m* und *IE_u*. Jeder Zustandsindex *IE* ist einem von drei Massnahmentypen zugeordnet.

Tab. 6 Zustandsindex *IE* und erforderliche Massnahmen

Zu-stands-index <i>IE</i>	Zeitpunkt der Massnahme	Zustand des Bauwerkes	Art der Massnahme	Massnahmentyp
1	Sofort	Die unmittelbare Nutzersicherheit ist nicht mehr garantiert.	Sichernde Sofortmassnahmen.	Sicherheitsmassnahmen.
2	Kurzfristig (1 – 2 Jahre)	Das Bauwerk weist schwerwiegende Schäden auf, die Instandsetzungsmassnahmen benötigen.	Zusätzliche Untersuchungen und Instandsetzungsmassnahmen.	Instandsetzungsmassnahmen.
3	Mittelfristig (2 – 3 Jahre)	Bauwerk benötigt speziellen Unterhalt um den Verfallsprozess zu stoppen.	Unterhalt um den	Präventivmassnahmen.
4	Langfristig (> 4 Jahre)	Bauwerk in gutem Zustand. Normale Unterhaltsarbeiten notwendig		Präventivmassnahmen.

Der strategische Index *IS* charakterisiert die Bedeutung des Bauwerkes innerhalb des Netzes. Die Festlegung des strategischen Indexes kann nach den eigenen Kriterien des Betreibers oder Bauherren bestimmt werden. Vorschläge für solche Kriterien sind gegeben. Der strategische Index soll helfen, die aus dem Zustandsindex vorgeschlagenen Massnahmen zu priorisieren. Die Methode VSC kann mit oder ohne strategischen Index angewendet werden.

3.5 Zustandserfassung in den USA

In den USA existieren zwei nennenswerte Richtlinien zur Brückeninspektion. Alle öffentlichen Brücken werden gemäss den ‚National Bridge Inspection Standards‘ [31] inspiziert und deren Daten im ‚National Bridge Inventory‘ gesammelt. Zusätzlich existiert das PONTIS Bridge Management System, welches von zahlreichen Bundesstaaten angewendet wird. Ebenfalls erwähnenswert ist das Long Term Bridge Performance Program, ein Forschungsprojekt, welches vor wenigen Jahren lanciert wurde.

3.5.1 National Bridge Inventory

Nach dem Einsturz der Silver Bridge über den Ohio River im Jahre 1967, bei dem 47 Personen starben, wurde vom damaligen Präsidenten Johnson und dem Kongress das erste Gesetz verabschiedet, das landesweit einheitliche Regelungen für Brückeninspektionen definiert. Das Gesetz verpflichtet alle Staaten zu regelmässigen Inspektionen und zur Führung eines Inventars aller Brücken: des National Bridge Inventory's.

Das National Bridge Inventory erfasst alle Brücken und Durchlässe, welche mindestens 6 m (20 feet) lang sind. Bei den Bauwerken wird hauptsächlich zwischen Fahrbahnplatte, Überbau (z.B. Längs- und Querträger) und Unterbau unterschieden. Für diese drei Komponenten wird der Zustand generell bewertet (general condition rating). Die Bewertung erfolgt jeweils auf einer numerischen Skala von 1 bis 9. Je nach Bauwerkstyp oder zu überwindendem Hindernis sind weitere Komponenten vorhanden, die ebenfalls gemäss nachfolgender Skala bewertet werden:

Exzellenter Zustand: Neubau

- 8 Sehr guter Zustand: Lediglich oberflächliche Schäden
- 7 Guter Zustand: Vereinzelte, geringfügige Schäden vorhanden
- 6 Zufriedenstellender Zustand: Mässige Schäden. Keine Instandsetzung notwendig
- 5 Ausreichender Zustand: Mässige Schäden, Instandsetzung ev. notwendig
- 4 Schadhafter Zustand: Grössere Schäden, Ersatz- oder Massnahmenplanung muss gestartet werden
- 3 Gravierender Zustand: Schwere Schäden vorhanden, Sofortmassnahmen sind ev. notwendig
- 2 Kritischer Zustand: Eine Schliessung der Strasse ist ev. notwendig bis zur Instandsetzung der Brücke
- 1 Unmittelbar drohende Einsturzgefahr. Massnahmen sind notwendig, um die Brücke auch nur eingeschränktem Verkehr zu öffnen
- 0 Versagen: Brücke ist geschlossen, Wiederaufbau od. Ersatz notwendig

Die Bewertung für das Gesamtbauwerk erfolgt anhand verschiedener Kennzahlen (bridge appraisal ratings), welche zusätzlich zum Zustand auch weitere Aspekte rund um das Bauwerk berücksichtigen, wie beispielsweise geometrische Anforderungen oder zulässige Traglasten. Zwei dieser Kennzahlen sind beispielhaft beschrieben:

Der Schadenszustand (deficiency status) verändert sich, falls gewisse Grenzwerte überschritten werden. Der Schadenszustand kann als ‚Tragwerk schadhaft‘ (deficiency status = structurally deficient) erscheinen, wenn die Bewertung von Fahrbahn, Über- oder Unterbau 4 oder weniger beträgt; oder als ‚unzureichende Funktionstüchtigkeit‘, (deficiency status = functionally obsolete), falls definierte Anforderungen an Lichtraumprofil oder Traglast nicht erfüllt sind.

Die Hinlänglichkeitsbewertung (sufficiency rating) wird verwendet, um eine allfällige Finanzierung von Ersatz- oder Instandsetzungsmassnahmen durch Bundesbeiträge festzulegen. Die Bestimmung erfolgt durch die Bewertung der oben erwähnten drei Komponenten und wird aus vier Summanden bestimmt:

- **S1 Tragwerk: Funktionstüchtigkeit und Sicherheit:** Je nach Bewertung der drei oben erwähnten Komponenten und je nach maximal zulässiger Belastung durch Schwertransporte ist in der Richtlinie ein Prozentwert vorgegeben. S1 kann maximal 55% betragen.
- **S2 Gebrauchstauglichkeit und funktionales Alter:** Hier geht es meist um geometrische Faktoren. Das funktionale Alter berücksichtigt die Erfüllung von Anforderungen aktueller Randbedingungen bei Bauwerken, welche nach mittlerweile veralteten Richtlinien erstellt wurden (z.B. erforderliche Fahrbahnbreiten oder Lichtraumprofile), welche aber die Tragsicherheit des Bauwerkes nicht tangieren. S2 kann maximal 30% betragen.
- **S3 Bedeutung für den öffentlichen Gebrauch:** Dieser Summand berücksichtigt Aspekte wie tägliches Verkehrsaufkommen und Länge der Umfahrung. S3 beträgt maximal 15%.
- Je nach Bauwerk sind noch spezielle Reduktionen S4 definiert.

Das structural sufficiency rating ergibt aus der Summe von S1 bis S3 und dem Abzug allfälliger Reduktionen S4 einen Wert zwischen 0% und 100%. Eine Brücke mit einer Hinfälligkeitseinschätzung von 80% oder weniger ist berechtigt für finanzielle Unterstützung bei Instandsetzungsmassnahmen. Bei einem Zustand von 50% oder weniger ist finanzielle Unterstützung für einen Ersatz möglich.

3.5.2 Pontis Bridge Management System

Das PONTIS Bridge Management System ist ein ganzheitliches System, das beispielsweise Inspektionen, Datenbank, Datenanalyse, Klassifizierung für zulässige Lasten und Ermittlung von Massnahmenstrategien abdeckt. Es unterscheidet sich vom National Bridge Inventory darin, dass die Bauwerke in sogenannte ‚bridge management elements‘ oder auch ‚PONTIS elements‘ unterteilt und diese einzeln bewertet werden [19].

Die Bewertung dieser ‚PONTIS elements‘ ist im ‚AASHTO Guide Manual for Bridge Element Inspection‘ [1] beschrieben. Bei den ‚PONTIS elements‘ werden fünf Gruppen unterschieden:

- **Fahrbahnplattenelemente:** Fahrbahnplatte, Platte, Brüstung, Dehnungsfugen
- **Überbauelemente:** Träger, Bogen, Stege, Lager
- **Unterbauelemente:** Widerlager, Flügelmauern, Pfeiler, Pfähle, Bankette
- **Durchlasselemente:** Portale
- **smart flags** (Keine Bauteile, sondern sogenannte Bridge Management Elements, die spezielle Zustände oder Probleme identifizieren und die durch die oben genannten Elemente nicht hinreichend beschrieben werden können)

Beispiele für ‚smart flags‘ wären Ermüdungsrisse, Risse in der Fahrbahnplatte, Knotenblechverformungen und dergleichen. Die separate Erfassung dieser Schäden als ‚smart flag Elemente‘ stellt sicher, dass diese kritischen Schäden ausreichend beschrieben und alle nötigen Informationen und Hinweise im System erfasst werden können.

Ausserdem wird noch zwischen sechs Materialgruppen unterschieden:

- Stahl
- CORTEN-Stahl
- Stahlbeton
- Spannbeton
- Holz
- Mauerwerk, übrige bzw. Verbindung mehrerer Materialien

Die Zustandsbewertung ist für jede Element- und Materialgruppe im Guide Manual beschrieben. Die Bewertung erfolgt auf einer Skala von 1 - 3, 1 - 4 oder 1 - 5, ebenfalls je nach Element- und Materialgruppe. Der Zustand 1 beschreibt in jedem Fall den besten

Zustand, der Wert 3 bzw. 4 oder 5 den schlechtesten. Für eine Fahrbahnplatte aus Stahlbeton beispielsweise, werden die Zustände folgendermassen beschrieben:

Tab. 7 PONTIS Zustandsbewertung für Stahlbetonfahrbahnplatten

Schaden	Zustand 1	Zustand 2	Zustand 3	Zustand 4
Risse	Keine bis Haarrisse < 1.6 mm	Leichte bis mässige Risse 1.6 – 3.2 mm	Mittlere Risse > 3.2 mm	Der Zustand ist jenseits der Grenzen des Zustands 3 und benötigt spezielle Untersuchungen.
Abplatzun- gen	Keine	Leichte Abplatzun- gen < 25 mm tief oder 150 mm Durchmes- ser. Keine sichtbare Bewehrung	Grössere Abplat- zungen > 25 mm tief oder 150 mm Durchmes- ser. oder sichtbare Bewehrung	
Kalkausblü- hungen	Keine	Oberflächlich, ohne Korrosionsspuren	Grössere Aussinte- rungen mit Korrosi- onsspuren	
Lastbe- schränkun- gen	Keine Reduktion	Keine Reduktion	Keine Reduktion	

Die Bewertungen für das Gesamtbauwerk verlaufen wieder ähnlich wie diejenigen für das National Bridge Inventory, basieren jedoch auf der Zustandsbewertung der oben beschriebenen PONTIS-Elemente.

3.5.3 Long Term Bridge Performance Program

Beim LTBP Programs [18] handelt es sich um ein Forschungsprojekt, dessen Ziel es ist, eine umfassende Datenbank mit quantitativen Informationen über eine repräsentative Auswahl von Brücken aus dem ganzen Land zu erstellen. Mit diesem ganzheitlichen Ansatz, jegliche physischen, chemischen und sozialen Einflüsse auf ein Bauwerk zu erfassen, soll das Verständnis für das langfristige Verhalten von Brücken und die Auswirkungen von unterschiedlichen Instandsetzungsmassnahmen und Dauerhaftigkeitsstrategien verbessert und vertieft werden.

In einem ersten Schritt wurde mit unterschiedlichen Bauherren eruiert, welche Daten im Bauwerksmanagement überhaupt relevant sind und wo allenfalls noch Lücken bestehen. Momentan werden die notwendigen Instrumente zur Erfassung all dieser Daten in einem Pilotprojekt an sieben Objekten in den USA getestet. Nach Abschluss dieses Pilotprojekts soll an einer statistisch signifikanten Anzahl an Bauwerken auf der ganzen Welt eine umfassende Datensammlung stattfinden. Auf Grundlage dieser umfassenden Datensammlung soll sichtbar werden, welche Daten gekoppelt mit entsprechenden Massnahmenstrategien zu erfolgreichem und effizientem Erhaltungsmanagement führen.

3.6 Zustandserfassung in der Schweiz

Die Vielfalt an Zustandserfassungen und damit auch an Bewertungen von Kunstbauten in der Schweiz ist sehr gross. Die kantonalen Tiefbauämter lassen die Kunstbauten zum Teil durch eigenes Personal inspizieren oder beauftragen externe Ingenieurbüros mit dieser Arbeit. Bei der Durchführung orientieren sie sich dabei oft am Vorgehen des Bundesamtes für Strassen ASTRA, das ein eigenes System entwickelt hat. Ein weiterer Infrastrukturbesitzer mit zahlreichen Bauwerken, die Schweizerischen Bundesbahnen SBB, hat ebenfalls eigene Reglemente und Arbeitsanweisungen für die Durchführung von Zustandserfassungen.

3.6.1 ASTRA

Für die Kunstbauten der Nationalstrassen existiert die Fachapplikation Kunstbauten und Tunnel, kurz KUBA [3], welche aus vier Komponenten besteht:

Mit der Komponente KUBA-DB können alle relevanten Informationen zu Kunstbauten erfasst und verwaltet werden. Die Komponente KUBA-MS unterstützt die Planung von Erhaltungsmassnahmen. Die Komponente KUBA-RP unterstützt die Auswertung aller Daten in der Datenbank, wobei auch kombinierte alphanumerische und geographische Abfragen möglich sind. Die Komponente KUBA-ST dient der Beurteilung der Befahrbarkeit von Brücken durch Schwertransporte.

Für die Erfassung in der KUBA-DB wird jedes Bauwerk in Bauteile aufgeteilt. An jedem Bauteil werden die auftretenden Schäden erfasst. Aufgrund dieser Schäden wird jedem Bauteil eine Zustandsbewertung zugewiesen. Diese besteht aus sechs Zustandsklassen:

- 1 in gutem Zustand: keine bis geringfügige Schäden
- 2 in annehmbaren Zustand: unbedeutende Schäden
- 3 in schadhaftem Zustand: bedeutende Schäden
- 4 in schlechtem Zustand: grosse Schäden
- 5 in alarmierendem Zustand: Die Sicherheit ist gefährdet; Massnahmen sind vor der nächsten Hauptinspektion erforderlich.
- 9 Zustand nicht überprüfbar

Die Zuweisung zu diesen Klassen erfolgt auf der Grundlage von Beispielfotos typischer Schäden sowie der Erfahrung des Inspektors. Aufgrund der vergebenen Bewertung für die einzelnen Bauteile entscheidet sich der Inspektor für eine Bewertung für das Gesamtbauwerk mit der oben beschriebenen Skala.

3.6.2 SBB

Die Überwachung erfolgt bei der SBB auf einem risikobasierten Ansatz [20]. Die Kunstbauten werden dazu – unabhängig von der Eintretenswahrscheinlichkeit eines Ereignisses – einer sogenannten Risikoklasse zugewiesen. Die Risikoklassen drücken aus, welche Auswirkungen ein Versagen des Bauwerkes auf die Gefährdung von Menschenleben und Bahnbetrieb sowie die Kosten hat:

- Risikoklasse 0: Kein Risiko. Bei Versagen des Bauwerkes kommt kein Mensch zu Schaden, der Bahnbetrieb wird nicht gestört und es fallen nur minimale Kosten für die SBB an.
- Risikoklasse 1: Geringes Risiko. Bei Versagen des Bauwerkes entstehen nur marginale Personenschäden, oder der Bahnbetrieb wird nur marginal gestört oder es fallen nur marginale Kosten für die SBB an.
- Risikoklasse 2: Hohes Risiko. Bei Versagen des Bauwerkes entstehen mehr als nur marginale Personenschäden, oder der Bahnbetrieb wird mehr als nur marginal gestört oder es fallen mehr als nur marginale Kosten für die SBB an.
- Risikoklasse 3: Hohes Risiko, Überwachung durch Dritte.

Die Risikoklasse 3 ist für Bauwerke der Klasse 2, die im Eigentum Dritter sind und durch die SBB deshalb nicht selbst inspizierbar sind. Die Verantwortung für den Zustand dieser Objekte verbleibt aber bei der SBB, weshalb sie über die Überwachungsergebnisse und über die Ausführung von notwendigen Massnahmen informiert sein muss. Zusätzlich wird bei jedem Objekt das Schadenspotenzial definiert, welches ausdrücken soll, wo plötzliche Veränderungen zu einem Sicherheitsrisiko führen könnten, falls diese eintreten. Auf Grundlage dieser Zuteilung wird beispielsweise nur bei Objekten mit einem ‚beachtlichen‘ Schadenspotenzial eine jährliche Beobachtung durchgeführt. So kann das Intervall zwischen Beobachtungen (z.B. durch Lokführer) und Inspektionen optimiert werden.

Bei der Zustandsbeurteilung wird das Bauwerk bei jeder Inspektion einer von sechs Zustandsklassen zugeordnet:

- Zustandsklasse 1: Guter Zustand, keine Massnahmen erforderlich
- Zustandsklasse 2: Annehmbarer Zustand, Schäden stellen kurz- oder mittelfristig keine Gefahr für Mensch und Betrieb dar.
- Zustandsklasse 3: Schadhafter Zustand, Schäden stellen kurz- oder mittelfristig eine Gefahr für Mensch und Betrieb dar oder bewirken hohe Folgekosten. Mittelfristig sind Massnahmen notwendig.
- Zustandsklasse 4: Schlechter Zustand, Schäden stellen kurzfristig eine Gefahr für Mensch und Betrieb dar. Die Schäden müssen kurzfristig behoben werden.
- Zustandsklasse 5: Alarmierender Zustand, Schäden stellen unmittelbar eine Gefahr für Mensch und Betrieb dar. Die Schäden müssen sofort behoben werden.
- Zustandsklasse 9: Unbekannter Zustand, Das Bauwerk ist nicht inspizierbar. Massnahmen werden aufgrund einer Risikoabschätzung festgelegt.

Die Bewertung wird durch den Chefmonteur vorgeschlagen und durch den Teamleiter kontrolliert. Zusätzlich bewertet ein Ingenieur das Objekt aufgrund des Inspektionsberichtes nochmal. Um eine netzweite einheitliche Beurteilung zu gewährleisten, werden Inspektionsteams regelmässig geschult. Dazu existieren für die verschiedenen Bauwerkstypen Arbeitsanweisungen und Checklisten für Beobachtungen und Inspektionen.

3.7 Beurteilung und Schlussfolgerungen

Die Schwäche der beschriebenen Schweizer Methoden liegt darin, dass die Beurteilung sehr personenabhängig ist und kein System existiert, welches die Gesamtnote eines Objektes behandelt. Der Einfluss von Schäden auf die Tragsicherheit, Verkehrssicherheit und Gebrauchstauglichkeit eines Bauwerks ist nirgends explizit definiert, sondern wird vom Inspektor gemeinsam mit allen anderen ihm zur Verfügung stehenden Informationen berücksichtigt, wenn er die Note für das Gesamtbauwerk vergibt.

Auch im Ausland werden Bewertungen direkt durch das Personal durchgeführt, entweder durch den Inspektor selbst, oder aufgrund der Komplexität der Entscheidungen und Prozesse, welche für eine korrekte Klassifizierung bekannt sein müssen, durch speziell ausgebildete Ingenieure. Die Bewertung ist überall mehr oder weniger personenabhängig. Die Zustandsklassen sind teilweise direkt durch Schadensprozesse, erforderliche Massnahmen und zeitliche Veränderungen definiert. Klassierungen dieser Art wären in der Schweiz auf Stufe Inspektion beispielsweise nicht einsetzbar, da diese Spezialwissen erfordern.

Die slowenische Methode (s. Kap. 3.2) beinhaltet einige interessante Aspekte für die Entwicklung einer Bewertungsmethode für die Schweiz. Die Methode lässt sich bei verschiedenen Bauwerkstypen anwenden, unabhängig von Material und Bauart. Die Erfassung der Schäden ist in die Erfassung einzelner Eigenschaften aufgeteilt, was hinsichtlich Reproduzierbarkeit sicher eine positive Wirkung hat. Ausserdem ist die unterschiedliche Bedeutung der einzelnen Bauteile für das Gesamtbauwerk berücksichtigt. Die Bildung des Referenzwertes erscheint allerdings umständlich und aufwändig und ist nicht praxistauglich. Ausserdem fehlt auch bei der slowenischen Methode die explizite Bewertung der Tragsicherheit oder Verkehrssicherheit, wie dies zum Beispiel bei der deutschen Methode der Fall ist. Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass Aspekte nicht doppelt bewertet werden können, wie dies zum Beispiel der Fall wäre, wenn man Verkehrs- und Tragsicherheit separat bewertet.

Die menschliche Komponente lässt sich auch durch eine Vereinheitlichung der Bewertung mit gewissen Vorgaben nicht ganz ausschliessen, aber es besteht durchaus noch Potenzial die Bewertungssysteme objektiver zu gestalten. Mit den Anregungen, die aus der Analyse der verschiedenen Bewertungsmethoden gewonnen wurden, wird versucht eine neue, optimierte Bewertungsmethode zur Gesamtbewertung von Kunstbauten zu entwickeln.

4 Situationsanalyse und Zielformulierung

4.1 Situationsanalyse

Bevor inhaltliche Ziele für die Methode definiert werden können, muss ein Blick auf die einzelnen Beteiligten geworfen werden. Diese können in drei Gruppen mit ihren jeweiligen Interessen zusammengefasst werden:

Eigentümer:

- Verkehrs- und Tragsicherheit
- Kostengünstiger Unterhalt
- Wirtschaftlichkeit der Interventionsmassnahme

Nutzer:

- Verkehrs- und Tragsicherheit
- Gebrauchstauglichkeit
- Dauernde hohe Verfügbarkeit
- Minimale Fahrzeugbetriebskosten

Umwelt:

- Minimale Emissionen (Lärm, Abgase) und Auswirkungen auf Flora und Fauna

Für die Kunstbauten als Teil des Infrastruktursystems gelten dieselben Interessen. Betrachtet man das Ganze aus dem Blickwinkel der Kunstbaute, lassen sich die oben aufgelisteten Ziele in drei Stichwörtern unterbringen:

Der Erfüllungsgrad der Anforderungen der Trag- und Verkehrssicherheit sowie der Gebrauchstauglichkeit ist durch den physischen **Zustand** der Kunstbaute gegeben.

Was für Auswirkungen eine Einschränkung der Verfügbarkeit einer bestimmten Kunstbaute auf den Nutzer hat, hängt von der **Bedeutung der Kunstbaute im** gesamten durch den Bauherrn verwalteten **Netz** ab.

Die Wirtschaftlichkeit einer Interventionsmassnahme mit der Absicht, den Unterhalt möglichst kostengünstig zu gestalten, kann mit der (langfristigen) **Massnahmenwirksamkeit** beschrieben werden.

Die Interessen der Umwelt fliessen ebenfalls in diese drei Kategorien ‚Zustand‘, ‚Netzbedeutung‘ und ‚Massnahmenwirksamkeit‘ ein.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass allen Zielen der Beteiligten Rechnung getragen wird, wenn die drei Beurteilungen ‚Zustand‘, ‚Netzbedeutung‘ und ‚Massnahmenwirksamkeit‘ berücksichtigt werden.

4.2 Anwendungsbereiche für eine Gesamtbewertung

Um die Praxistauglichkeit der Methode sicher zu stellen, genügt es nicht, nur die Interessen bezüglich der Kunstbaute zu untersuchen, sondern auch bezüglich der Anwendung der Methode selbst.

In der Praxis erfolgt bei Eigentümern mit einer grossen Anzahl Kunstbauten (z.B. AST-RA) eine Bewertung der Kunstbauten innerhalb eines Erhaltungsmanagementsystems. Informationen zu Netz, Beurteilungsmethoden der Massnahmenwirksamkeit oder der Bedeutung der Kunstbauten im Netz fliessen direkt ins Managementsystem ein, was wieder-

rum als Grundlage für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen bildet. Bei Eigentümern mit einer geringen Anzahl Kunstbauten (z.B. Gemeinden) sind die einzelnen Bauwerke oft ähnlich bedeutsam für das Netz. Die Massnahmenplanung basiert auf Bewertungsverfahren des aktuellen physischen Zustandes, die Wirtschaftlichkeit einer Massnahme wird mit einfachen Mitteln beurteilt.

Ein Ansatz zur Bewertung der Netzbedeutung ist im AGB Forschungsbericht 619 ‚Ermittlung des Netzrisikos‘ [5] vorhanden. Darin geht es darum, die verschiedenen Auswirkungen eines Streckenausfalls innerhalb eines Netzes monetär zu beurteilen.

Zur Beurteilung der Effektivität einer Massnahme ist die Entwicklung des Zustandes bzw. eine Risikobeurteilung erforderlich. Überlegungen hierzu sind für das Gesamtsystem Strasse in den AGB Forschungsberichten Nr. 618 [4] und 620 [6] - bzw. für die Kunstbauten im Speziellen in den Berichten Nr. 624 [8] und 625 [7] beschrieben.

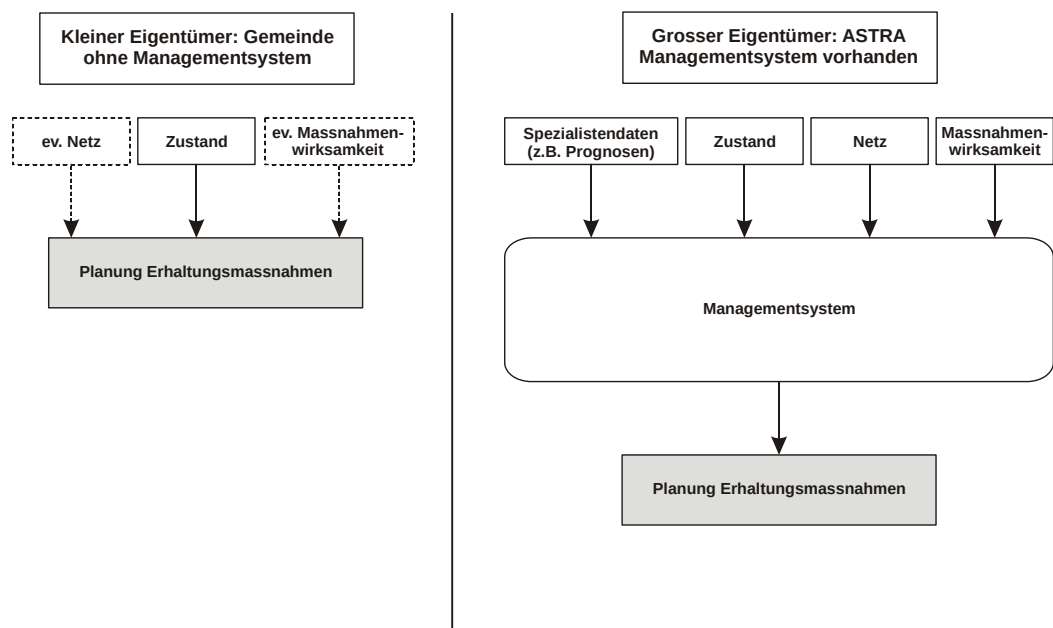


Abb.2 Erhaltung von Kunstbauten bei 'kleinen' und 'grossen' Eigentümern

Bei der Erhaltung der Kunstbauten existieren unterschiedliche Anforderungen an die Komplexität des Managementsystems selbst und an die daraus generierten Resultate. Diese Tatsache legt die Überlegung nahe, die neue Methode der Gesamtbewertung als eine Art Baustein oder Modul zu verstehen, welche je nach Bedürfnis gemeinsam mit anderen Methoden als Input für ein Managementsystem oder auch alleinstehend verwendet werden kann.

Der aktuelle Zustand bildet den Ausgangspunkt für die Beurteilung der weiteren Entwicklung des Zustandes und damit verbunden die Beurteilung der Entwicklung der Instandsetzungskosten, sprich die Planung von Unterhaltsmassnahmen. Unabhängig von den oben erwähnten Anforderungen an das Managementsystem bildet der aktuelle physische Zustand einer Kunstbaute immer die Basis einer Bewertung. Da in der Schweiz jedoch für die Bestimmung dieses Zustandes keine zufriedenstellende Methodik besteht, konzentriert sich das vorliegende Forschungsprojekt auf die Findung einer Methode zur Bewertung des Ist-Zustandes einer Kunstbaute.

Die Resultate aus dieser Zustandsbewertung können in bestehende Managementsysteme einfließen und gleichzeitig liefern sie bereits eine erste Prioritätenreihung der Kunstbauten im Hinblick auf die Massnahmenplanung. Bewertungen der Netzbedeutung und/oder Massnahmenwirksamkeit können bei Bedarf dazu verwendet werden, diese Prioritätenreihung zu verfeinern.

4.3 Positionierung innerhalb der Erhaltung von Kunstbauten

In der Norm SIA 260 [22] beginnt die Erhaltung mit der Überwachung, welche bei Bedarf durch eine Überprüfung oder gar durch sichernde Sofortmassnahmen ergänzt wird. Bei der Überwachung erfolgen regelmässige Inspektionen und Kontrollen. Bei einer Überprüfung wird häufig zwischen einer ersten generellen Überprüfung und allenfalls einer zusätzlichen detaillierten Überprüfung unterschieden. In der Abb. 4.3 drückt der blaue Balken aus, welche Informationen über den Zustand des Bauwerkes bei den verschiedenen Erhaltungstätigkeiten gewonnen werden.

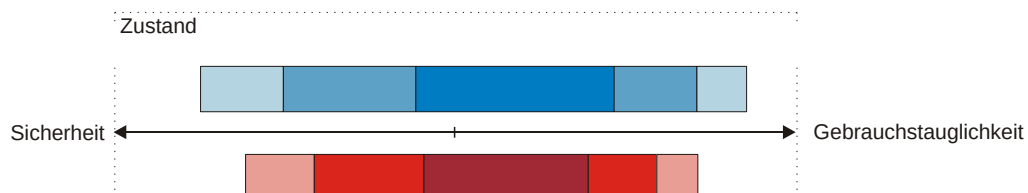
Die Methode der Gesamtbewertung verwendet diese Informationen für eine Bewertung des Zustandes. Somit lassen sich die Erkenntnisse, welche im Rahmen der Erhaltungstätigkeiten über eine Kunstbaute gewonnen wurden, mit denjenigen einer anderen Kunstbaute vergleichen.

Die Gesamtbewertung ist allerdings nicht als zusätzlicher Arbeitsschritt geplant, sondern soll in die Überwachung bzw. Überprüfung integriert werden, indem die Feststellungen bei der Inspektion respektive der Zustandserfassung direkt mit Hilfe der Gesamtbewertungsmethode erfasst werden.

Die Gesamtbewertung liefert in diesem Sinne eine komprimierte Ansicht beziehungsweise eine Art Zusammenfassung der im Rahmen der Überwachung oder Überprüfung gesammelten Informationen in einer Zahl.

Gewissheit über den Zustand aus:

- Überwachung
- Zusätzliche Information bei Genereller Überprüfung
- Zusätzliche Information bei Detaillierter Überprüfung



Gewissheit über den Zustand aus der Bewertung:

- Gesamtbewertung auf Stufe Überwachung
- Verfeinerung der Gesamtbewertung auf Stufe Generelle Überprüfung
- Verfeinerung der Gesamtbewertung auf Stufe Detaillierte Überprüfung

Abb.3 Informationsgehalt der neuen Methode zur Gesamtbewertung

Je nachdem auf welcher Stufe die Gesamtbewertung angewendet wird, spricht je nach zur Verfügung stehender Informationsmenge, ergibt sich die Genauigkeit der Bewertung.

Die neue Gesamtbewertungsmethode soll das Vorgehen während der Inspektion systematisieren und auch sicherheits- und gebrauchstauglichkeitsrelevante Aspekte berücksichtigen. Gleichzeitig ermöglicht die Methodik das nachträgliche Implementieren von zusätzlichen Informationen wie beispielsweise Ergebnissen aus Laboranalysen oder statischen Überprüfungen. Somit lässt sich die Methode auf allen Stufen der Überwachung und Überprüfung gleichermassen anwenden.

4.4 Ziele des Forschungsprojektes

Auf Grundlage der Analyse von bestehenden Methoden zur Zustandsbewertung in Kapitel 3 sowie der in den Kapiteln 4.1 bis 4.3 formulierten Überlegungen werden für die neue Methode der Gesamtbewertung folgende Ziele gesteckt:

Sie soll den Ist-Zustand einer Kunstbaute bewerten. Dabei sollen auch die Auswirkungen auf die Trag- und Verkehrssicherheit sowie auf die Gebrauchstauglichkeit der Kunstbaute berücksichtigt werden. Die Methode soll möglichst personenunabhängig zum selben Resultat führen. Sie soll auf alle Arten von Kunstbauten und in der Praxis einfach anwendbar sein, das heisst, die einzelnen Prozesse sollen möglichst einfach sein.

Die Zustandsbewertung soll sowohl bei vorhandenen Managementsystemen angegliedert als auch unabhängig davon eingesetzt werden können.

Zur Beurteilung der Netzbedeutung und der Massnahmenwirksamkeit sind wie erwähnt bereits Ansätze vorhanden (vgl. [4] - [8]). Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes soll lediglich aufgezeigt werden, wie die Resultate dieser Beurteilungen in die Zustandsbewertung einfließen und diese so verfeinern könnten.

5 Neue Methode – Erfassung des Zustandes

5.1 Allgemeine Überlegungen

Das Forschungsprojekt strebt eine einheitliche, einfache und praktisch ausführbare Bewertung des Bauwerkszustandes an. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden für die Entwicklung der Methode folgende Grundsätze verfolgt:

- Systematische Erfassung aller benötigten Daten
- Möglichst einfache Operatoren zur Verarbeitung der erfassten Daten

Für die systematische Schadenserfassung bieten die Erfahrungen aus den bereits weit verbreiteten Abläufen für die Kunstbautendatenbank (KUBA-DB), welche für die Nationalstrassen entwickelt wurde, einen guten Anhaltspunkt. In Anlehnung an diese werden die in der Datenbank üblichen Bewertungsgrössen von 1 ‚gut‘ bis 5 ‚alarmierend‘ eingesetzt. Dies soll die Anwendung der neuen Methode erleichtern.

Die zwei oben erwähnten Grundsätze widerspiegeln direkt die zwei Arbeitsabläufe, welche für die Ermittlung der Zustandsnote erforderlich sind, nämlich einerseits die Erfassung sowie in einem zweiten Schritt die Bewertung des Zustandes.

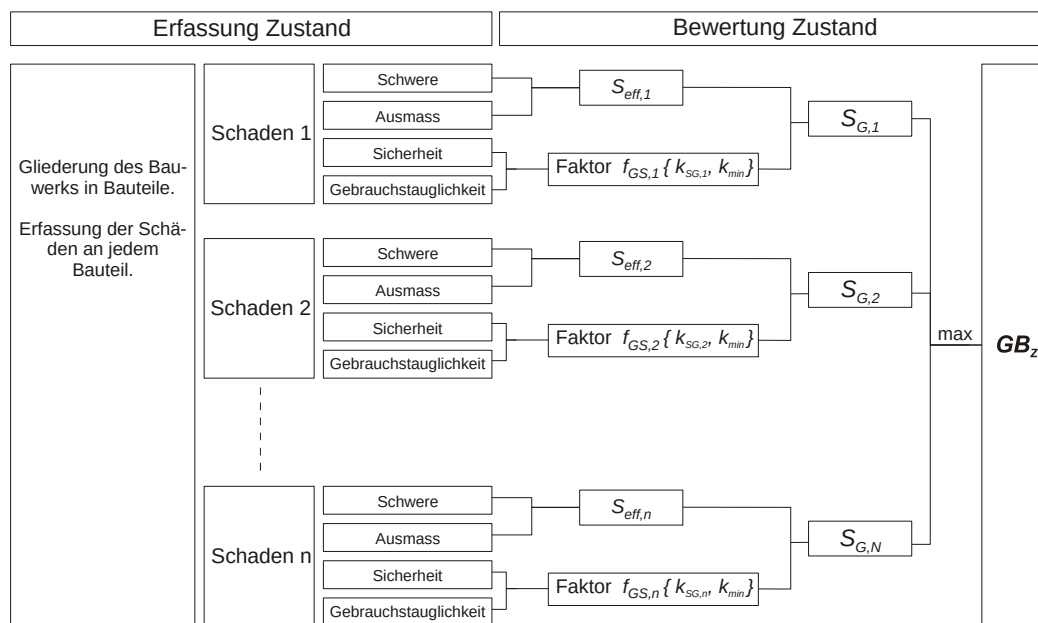


Abb.4 Konzept und Ablauf neue Zustandsbewertung

5.2 Vorbereitende Arbeiten

Zur Vorbereitung für die Arbeit im Feld ist es notwendig, sich mit dem Studium der vorhandenen Bauwerksakten einen Überblick über das Bauwerk zu verschaffen. Diese Vorbereitungen sollen demjenigen, welcher die Inspektion bzw. die Zustandserfassung durchführt, nachfolgend der Inspektor genannt, helfen, neuralgische Punkte am Bauwerk zu erkennen. Vor Ort kann diesen Punkten besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, ohne jedoch andere Bauteile zu vernachlässigen.

Um diesen ersten Schritt bereits zu erleichtern, soll für jedes Bauwerk einmalig ein Inspektionsgrundlagenheft erstellt werden. Vorschläge für den Umfang und die Gliederung dieses Grundlagenheftes sind im Anhang II beigefügt. Grundsätzlich sollen drei Bereiche abgedeckt werden:

In einem Teil ‚Objektdaten‘ werden grundlegende Informationen zum Bauwerk zusammengefasst. Darunter fallen beispielsweise Bauweise, das statische System und das Baujahr. Zudem sind auch Informationen zu Verschleisstellen oder zu den Inspektionsintervallen und bereits ausgeführten Instandsetzungsmassnahmen interessant. Im Grunde genommen handelt es sich um eine Zusammenfassung der Bauwerksunterlagen.

In einem zweiten Teil ‚Zusätzliche Informationen‘ werden Erfahrungen und Hinweise gesammelt, welche nicht immer aus den Plänen und übrigen Bauwerksakten ersichtlich sind. Beispiele hierfür wären die Signalisation von Nutzungsbeschränkungen, Beobachtungen von Unterhaltsverantwortlichen und dergleichen. Bei komplexeren Bauwerken können auch Bemerkungen zur Funktionsweise von einzelnen Bauteilen im Gesamtbauwerk nützlich sein. All diese Angaben sollen den Inspektor auf die vorherrschenden Rahmenbedingungen aufmerksam machen. Dies bewirkt, dass solche Informationen nicht bei jeder Inspektion mühsam von neuem beschafft und analysiert, sondern lediglich vor Ort verifiziert werden müssen.

Der dritte Teil umfasst einen Vorschlag für die Gliederung des Bauwerkes in Bauteile und soll direkt Hilfestellung zur Schadenserfassung geben. Auf diesen Punkt wird im nächsten Kapitel detaillierter eingegangen.

Während sich der Inhalt des ersten Teils während der Lebensdauer des Bauwerks nicht wesentlich verändern wird, muss der Inhalt der Teile 2 und 3 des Grundlagenheftes bei jeder Inspektion auf seine Aktualität hin überprüft und allenfalls überarbeitet werden. Solche Inspektionsgrundlagenhefte oder Ähnliches sind bei den meisten grösseren Bauherren bereits vorhanden.

5.3 Bauwerksgliederung

Für KUBA erfolgt die Gliederung des Bauwerks durch eine Einteilung in Bauteile (z.B. Pfeiler 1 bis Pfeiler n), die jeweils aufgrund ihrer Funktion und/oder Geometrie einem Bauteiltyp (z.B. Pfeiler) zugeordnet werden. Die Bauteiltypen für KUBA sind katalogisiert. Angaben zur physischen Abgrenzung der Bauteile machen jeweils die einzelnen Filialen des ASTRA. Es besteht jedoch dennoch viel Freiraum bei der Definition der Bauteile und auch in den SIA Normen ist ein Bauteil lediglich als ‚physisch unterscheidbarer Teil eines Bauwerks bzw. Tragwerks‘ beschrieben. Da eine korrekte Einteilung in Bauteile äusserst wichtig für die spätere richtige Beurteilung des Schadensausmasses ist, genügt die Definition rein durch geometrische und funktionale Merkmale nicht. Für die Einteilung in Bauteile, wie sie in der Gesamtbewertung verwendet werden, sollen deshalb ergänzend zur Definition der SIA-Normen, folgende Festlegungen gelten:

Das Versagen des Bauteils führt...

- ... *unabhängig von den anderen Bauteilen desselben Bauteiltyps zum Versagen oder einer Einschränkung der Funktionstüchtigkeit des Gesamttragwerkes.*
- ... *unabhängig von den anderen Bauteilen desselben Bauteiltyps zu einer Gefahr für die Nutzer.*
z.B. die Leitschranken auf jeder Fahrbahnseite sind einzelne Bauteile, da sie unabhängig voneinander wirken. Oder: der Defekt an einer einzelnen Stakete eines Geländers führt noch nicht zu einer Gefahr für die Nutzer, da das Gelände auch so noch funktionstüchtig ist. Deshalb ist nicht jede einzelne Stakete ein Bauteil, sondern das ganze Gelände gilt als ein Bauteil.
- ... *zu einer Überbeanspruchung anderer Bauteile (desselben oder auch anderer Bauteiltypen), so dass diese daraufhin versagen können (progressiver Kollaps) oder in ihrer Funktionstüchtigkeit eingeschränkt sind.*
z.B. bei einer mehrfeldrigen Brücke ist jeder einzelne Pfeiler ein Bauteil.

Da die korrekte Einteilung in Bauteile ein eingehendes Studium des Bauwerkes voraussetzt, soll im Inspektionsgrundlagenheft eine Gliederung in Bauteile vorgeschlagen werden, so dass diese nicht bei jeder Anwendung erneut anfällt.

5.4 Schadens Erfassung

Vor Ort müssen bei jedem Bauteil alle festgestellten Schäden protokolliert werden. Dabei ist es unerheblich, auf welche Art und Weise diese Schäden festgestellt werden. Mit Hilfe der hier vorgestellten Methode können sowohl visuell erfasste Schäden wie auch Schäden, welche beispielsweise durch Gefügeuntersuchungen an Bohrkernen oder Auswertungen von Potenzialmessungen erkannt wurden, gleichsam erfasst werden.

Wie erwähnt soll die Schadens erfassung personenunabhängig möglichst zum selben Resultat führen. Um dieses Ziel zu erreichen, wird die Schadens erfassung in die Erfassung einzelner Charakteristiken aufgesplittet, welche einzeln einfacher zu beurteilen sind, als insgesamt. Dazu erst eine grundlegende Überlegung, welche objektiv beurteilbaren Eigenschaften überhaupt an einem Schaden erkennbar sind:

- a. Schadensart (z.B.: Riss, Korrosion, Spurrinne)
- b. Schwere (z.B.: Rissweite, Korrosionsgrad, Tiefe der Spurrinne)
- c. Ausmass (z.B. wie viel Prozent der Oberfläche sind vom Schaden betroffen)
- d. Ort / Bauteil, an dem der Schaden auftritt

Die Beurteilung der Eigenschaften soll in Anlehnung an KUBA mit der dort gebräuchlichen Bewertungsskala von 1 (gut) bis 5 (schlecht) erfolgen.

5.4.1 Charakteristik: Schwere des Schadens

Die Schadensschwere soll für jeden Schaden mit einer Zahl zwischen 1 und 5 beschrieben werden. Um die Reproduzierbarkeit dieser Zahlenbeschreibung bei unterschiedlichen Inspektoren sicherzustellen, soll ein Schadenkatalog als Hilfestellung dienen. Diesen zu erarbeiten sprengt den Rahmen des Forschungsprojektes. Es wäre eher denkbar, solch einen Katalog in einem separaten Projekt unter Miteinbezug der vorhandenen Beschreibungen von KUBA und VSS (für Belagsschäden) zu erarbeiten. Für die Bearbeitung des vorliegenden Projektes wurden, in Anlehnung an KUBA [2], Vorschläge für die Beurteilung der Schwere angewendet.

Tab. 8 Beispiel für Schwerebeurteilung: Schadensart Bewehrungskorrosion

Schwere	Beschreibung
1	Bewehrung blank, keine Korrosion
2	Oberflächenkorrosion, kein Querschnittsverlust
3	Maximal Rippen abkorrodiert
4	< 30% Querschnittsverlust
5	> 30% Querschnittsverlust

Da der Schweregrad im Schadenkatalog nach Schadensart sortiert ist, werden Punkt a und Punkt b der oben erwähnten Eigenschaften notiert.

5.4.2 Charakteristik: Ausmass des Schadens

Das Ausmass des Schadens (Punkt c in der Aufzählung) beschreibt, wie viel von der Oberfläche eines Bauteiles vom Schaden betroffen ist. Hier hat sich bis jetzt der prozentuale Anteil der betroffenen Oberfläche an der Gesamtoberfläche eines Bauteils bewährt:

Tab. 9 Beispiel Ausmassbeurteilung

Schwere	Beschreibung
1	0 – 20% betroffen
2	30 – 40% betroffen
3	40 – 60% betroffen
4	60 – 80% betroffen
5	80 – 100% betroffen

Die korrekte Beurteilung des Ausmasses ist also direkt abhängig davon, dass die Einteilung in die Bauteile korrekt ausgeführt wird. Dies hebt nochmals hervor, wie wichtig es ist, genügend Zeit und Sorgfalt in die Bauteilgliederung zu investieren.

5.4.3 Charakteristik: Sicherheit

Bei der Beurteilung der Sicherheit sind zwei Aspekte zu berücksichtigen: Zum einen die Tragsicherheit und zum anderen die Verkehrssicherheit bzw. die Sicherheit des Nutzers. Um diese zwei Aspekte möglichst objektiv und wirklichkeitsgetreu zu erfassen, muss sich der Inspektor jeweils zwei Fragen stellen:

1. Kann bei einem allfälligen Versagen des betrachteten Bauteils die Sicherheit des Bauwerkes gefährdet sein?

Hier geht es vorerst lediglich darum, das Bauteil, an welchem der Schaden auftritt, zu beurteilen, unabhängig vom Schaden selbst. Für die Einheitlichkeit des Systems wäre auch hier eine Beurteilung mit einer ganzen Zahl zwischen 1 und 5 wünschenswert. Im Sinne der Reproduzierbarkeit und einer möglichst unabhängigen und objektiven Beurteilung ist dies in diesem Falle nicht möglich. Es ist offensichtlich, dass nur drei mögliche Antworten klar gegeben werden können:

- Note 1: Kein Verdacht auf Gefährdung der Trag- oder Nutzersicherheit
- Note 3: Eine Gefährdung der Trag- oder Nutzersicherheit ist eventuell möglich, die Gefährdung der Sicherheit ist nicht eindeutig zu beurteilen
- Note 5: Verdacht auf eine Gefährdung der Trag- oder Nutzersicherheit

Mit dieser Bewertung befindet man sich immer noch innerhalb der bekannten Bewertungsskala von 1 bis 5.

In einem zweiten Schritt muss bei Schäden an denjenigen Bauteilen, bei welchen eine Gefährdung möglich ist, eine zusätzliche Überlegung gemacht werden:

2. Bewirkt die auftretende Schadensart überhaupt eine Gefährdung für die Sicherheit? Lassen äussere Umstände vermuten, dass keine Gefährdung vorhanden ist?

Falls aufgrund der Schadensart die Gefährdung doch ausgeschlossen werden kann, wird die gemäss Punkt 1 erteilte Note auf 1 korrigiert. Falls eine Gefährdung bei der Schadensart nicht ausgeschlossen werden kann, bleibt die Note aus Punkt 1 bestehen. Gleiches gilt für die Berücksichtigung äusserer Umstände. Hier könnten etwa Belagsschäden auf Gehwegen Stolperfallen für Fussgänger darstellen, was eine Gefährdung der Nutzersicherheit darstellt. Stellt sich aber heraus, dass der Gehweg vor und nach der Kunstbau-

te aufgehoben ist und der Gehweg somit nicht mehr in Betrieb ist, erübrigt sich diese Gefährdung wieder.

Die Berücksichtigung der Schadensart und der äusseren Umstände ermöglicht eine feinere Abstimmung der Note bei Bauwerken, welche sich in einem guten Zustand befinden. Beispielsweise kann auch ein Schaden wie ‚Pflanzenbewuchs‘ oder ‚Graffiti‘ wie alle übrigen Schäden mit seiner Schwere und dem Ausmass erfasst werden. Dieser würde dann auch bei wichtigen Bauteilen, wie beispielsweise einem Pfeiler nicht gleich massgebend werden für den Gesamtzustand.

5.4.4 Charakteristik: Gebrauchstauglichkeit

Für die drei Kriterien der Gebrauchstauglichkeit (Komfort, Aussehen und Funktionstüchtigkeit) gilt Kapitel 5.4.3 analog.

6 Neue Methode – Bewertung des Zustandes

6.1 Allgemeine Überlegungen

Die Gesamtnote für das Bauwerk soll den effektiven Zustand unter Berücksichtigung seiner Bedeutung für die Sicherheit und die Gebrauchstauglichkeit widerspiegeln. Auf Grundlage dieser Idee dient die Beurteilung des effektiven Zustandes (effektive Schadensnote) als Ausgangswert. Ist der Zustand für die Sicherheit oder Gebrauchstauglichkeit nicht relevant, wird diese Beurteilung nach unten korrigiert (gewichtete Schadensnote).

Dazu müssen die in Kapitel 5 erfassten verschiedenen Noten für die einzelnen Charakteristiken eines Schadens zu einer Note zusammengeführt werden. Zur Zusammenführung unterschiedlicher Charakteristiken bieten sich verschiedene Operatoren an. Um die Methode möglichst transparent zu halten, sollen nur die beiden grundlegenden Operatoren ‚Mittelwert‘ und ‚Maximalwert‘ angewendet werden.

6.2 Effektive Schadensnote

Die beiden Charakteristiken Schwere (vgl. Kapitel 5.4.1) und Ausmass (Kapitel 5.4.2) beschreiben die physische Ausprägung des Schadens. Für die Ermittlung der effektiven Schadensnote S_{eff} werden Ausmass und Schwere zusammengeführt: Aus dem Mittelwert der Beurteilungen dieser beiden Kriterien wird eine Note zwischen 1 und 5 ermittelt, welche die Eigenschaften des Schadens charakterisiert.

$$S_{eff} = \text{Mittelwert} \{ \text{Schaden, Ausmass} \}.$$

6.3 Gewichtete Schadensnote

Unter Berücksichtigung der Beurteilung des Schadens bezüglich der Sicherheit und der Gebrauchstauglichkeit soll die effektive Schadensnote S_{eff} mit einem Faktor f_{GS} zwischen 0 und 1 gewichtet werden. Die gewichtete Schadensnote S_G wird also folgendermassen ermittelt:

$$S_G = f_{GS} \cdot S_{eff}$$

6.3.1 Der Faktor f_{GS}

Der Faktor f_{GS} soll bewirken, dass Schäden, welche trotz grosser Schwere und grossem Ausmass keine Auswirkungen auf die Sicherheit und die Gebrauchstauglichkeit haben, nicht massgebend für das gesamte Bauwerk werden, wenn Schäden mit geringerem Ausmass oder Schwere aber grösserer Bedeutung für das Gesamtbauwerk vorhanden sind. Dieser Faktor wird durch zwei Einflüsse definiert:

Zum einen durch die beiden Beurteilungen der Sicherheit (Kapitel 5.4.3) und der Bedeutung für die Gebrauchstauglichkeit (Kapitel 5.4.4). Diese beiden Beurteilungen müssen zu einem Beiwert zusammengeführt werden, welcher nachfolgend mit k_{SG} bezeichnet wird.

Zum anderen durch den Minimalwert, den der Faktor annehmen soll wenn das betroffene Bauteil sowohl für die Sicherheit wie auch die Gebrauchstauglichkeit irrelevant ist.

Der Faktor f_{GS} wird somit folgendermassen bestimmt:

Für $k_{SG} = 1$ (keine Relevanz für Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit): $f_{GS} = k_{min}$

Für $k_{SG} = 5$ (wichtig für Sicherheit und/oder Gebrauchstauglichkeit): $f_{GS} = 1.0$

Dazwischen soll der Faktor der Einfachheit halber linear verlaufen. Mathematisch formuliert bedeutet dies:

$$f_{GS} = k_{min} + \frac{1 - k_{min}}{4} \cdot (k_{SG} - 1)$$

6.3.2 Bestimmung des Beiwertes k_{SG}

Um bei der gewohnten Skala zu bleiben, soll auch dieser Beiwert zwischen 1 (gut, also irrelevant für Sicherheit und/oder Gebrauchstauglichkeit) und 5 (schlecht, also entscheidend für die Gewährleistung der Sicherheit und/oder Gebrauchstauglichkeit des Gesamtbauwerkes) liegen. Wichtig ist noch, auf welche Weise die Beurteilung der Sicherheit mit der Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit zusammengeführt wird. Die mathematische Umsetzung soll durch die in Kapitel 6.1 beschriebenen einfachen Operatoren Maximal- und Mittelwert erfolgen.

Für den Maximalwert sprechen folgende Überlegungen: Bei der Beurteilung des Zustandes eines Bauwerkes soll, in Anlehnung an die Bewertung für KUBA, eine Aussage gemacht werden können, ob der Zustand gut, annehmbar, schadhaft, schlecht oder alarmierend ist. Dabei spielt es keine Rolle, aus welchem Grund dieser Zustand erreicht wird. Führt man diese Überlegung auf den einzelnen Schaden zurück: Sobald ein Schaden die Gebrauchstauglichkeit oder die Sicherheit gefährdet, wird er massgebend, unabhängig davon, ob lediglich die Sicherheit oder nur die Gebrauchstauglichkeit oder gar beide beeinträchtigt sind. Dies auch aus der Überlegung, dass eine Massnahme schon notwendig werden kann, sobald entweder die Sicherheit oder die Gebrauchstauglichkeit gefährdet ist. So werden schadhafte Bauwerke, und somit diejenigen, bei welchen eine Massnahme erforderlich ist, klar erkennbar. Innerhalb dieser 'schadhafte Bauwerke' ist aufgrund der Schadensnote allerdings keine feinere Differenzierung sichtbar.

Der Mittelwert würde eine feinere Differenzierung ermöglichen. Unabhängig vom Massnahmendenken würden alle Objekte je nach Zustand in eine Reihenfolge gebracht. Zudem besteht die Möglichkeit eines gewichteten Mittels, falls beispielsweise der Sicherheit mehr Bedeutung beigegeben werden soll als der Gebrauchstauglichkeit.

Die Variation dieser Operatoren und ihre Auswirkung auf den Faktor f_{GS} sind im Kapitel 6.3.4 erläutert.

6.3.3 Bestimmung des Minimalwertes k_{min}

Der Minimalwert k_{min} entspricht der Grösse des Faktors f_{GS} wenn das durch den betrachteten Schaden betroffene Bauteil keine Auswirkungen auf die Sicherheit oder Gebrauchstauglichkeit hat (Beiwert $k_{SG} = 1.0$).

Die optimale Grösse von k_{min} muss mittels einer Parameterstudie, die auch die Ermittlung des Beiwertes k_{SG} berücksichtigt, eruiert werden.

6.3.4 Variation der Parameter für den Faktor f_{GS}

Für die Bestimmung des Beiwertes k_{SG} aus den Beurteilungen für die Sicherheit und der Gebrauchstauglichkeit wurden vier verschiedene Varianten geprüft. Bildung von k_{SG} durch:

- Maximalwert
- Arithmetisches Mittel ($1 \cdot$ Sicherheit, $1 \cdot$ Gebrauchstauglichkeit)
- Gewichtetes arithmetisches Mittel ($5 \cdot$ Sicherheit, $1 \cdot$ Gebrauchstauglichkeit)

Die Gewichtung mit dem Faktor 5 wurde gewählt, um die Auswirkungen einer Gewichtung aufzuzeigen und ist noch in einer Parameterstudie zu überprüfen. Der Minimalwert k_{min} wurde von 0.5 bis 0.9 in 0.1er Schritten variiert. In den Diagrammen in Abb.5 und

Abb.6 sieht man die Veränderung des Faktors f_{GS} für diese Variationen. Für die vier Möglichkeiten k_{SG} zu ermitteln ist nachfolgend je ein Diagramm aufgeführt, welches den Verlauf des Faktors f_{GS} für verschiedene k_{min} aufzeigt. Dabei ist, je nach Ermittlungsart von k_{SG} , berücksichtigt, wie häufig die einzelnen Werte auftreten können. Wird k_{SG} beispielsweise aus dem ungewichteten Mittel berechnet, so kann der Wert $k_{SG} = 3$ dreimal auftreten (Mittel aus Sicherheit = 1 und Gebrauchstauglichkeit = 5, Sicherheit = 3 und Gebrauchstauglichkeit = 3, Sicherheit = 5 und Gebrauchstauglichkeit = 1) während dem der Wert $k_{SG} = 5$ nur bei der Kombination Si = 5 und Gebr. = 5 auftritt. Diese Häufigkeitsverteilung ist in den Kurven durch horizontale Abschnitte dargestellt.

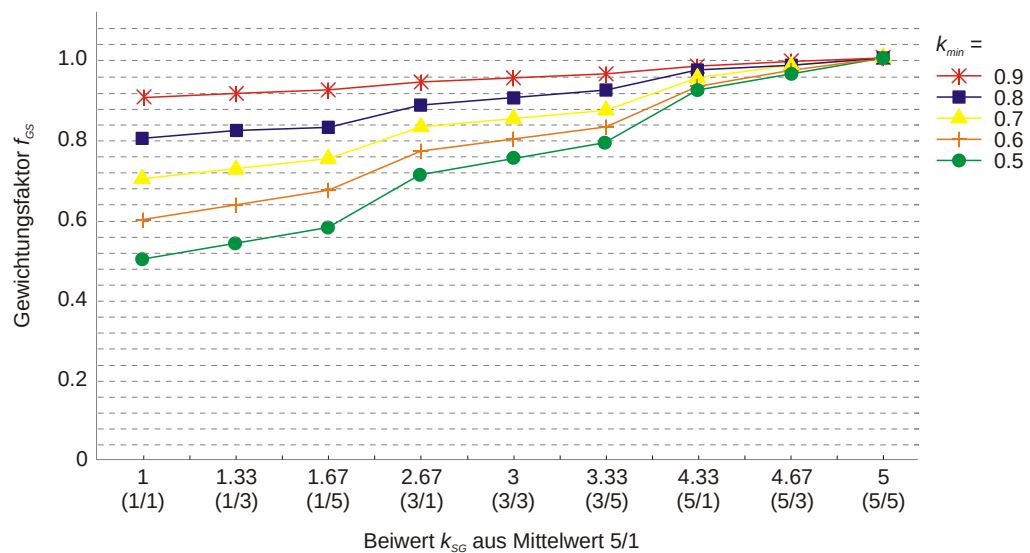
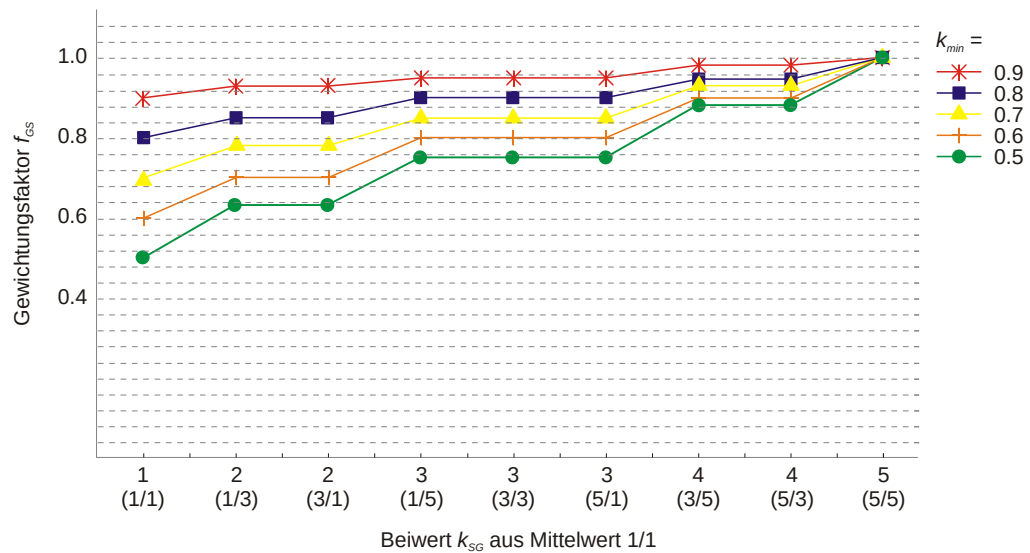


Abb.5 Faktor f_{GS} für verschiedene k_{min} in Abhängigkeit von k_{SG} aus Mittelwerten.

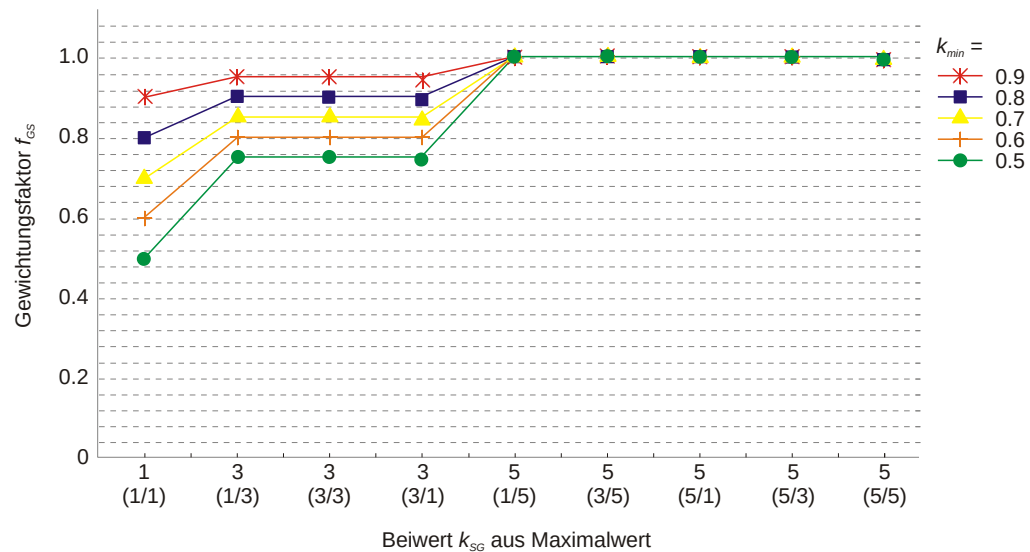


Abb. 6 Faktor f_{GS} für verschiedene k_{min} in Abhängigkeit von k_{SG} aus Maximalwert

Man erkennt an den vorangehenden Diagrammen gut, wie durch die Mittelwertbildung eine feinere Abstufung der gewichteten Schadensnote möglich ist. Was diese Abstufung genau bedeutet, ist in den Diagrammen (Abb. 7 und Abb. 8) sichtbar. In jedem Diagramm sind die effektive Schadensnote sowie eine jeweils andere Berechnungsart von k_{SG} gegeneinander aufgetragen, für k_{min} wurde beispielhaft $k_{min} = 0.6$ eingesetzt. Die gewichtete Schadensnote ist mit farbigen Flächen eingezeichnet. Um den Unterschied bzw. die Auswirkungen der verschiedenen Berechnungsarten für k_{SG} direkt zu zeigen, wurden als Beispiel die gewichteten Schadensnoten für zwei Schäden eingezeichnet:

Bsp: ▲
Absatz Fahrbahnübergang
 $S_{eff} = 4$
Bedeutung Bauteil Sicherheit = 1
Bedeutung Bauteil Gebrauchstauglichkeit = 5

Bsp: ○
Korrodiierende Längsträger
 $S_{eff} = 4$
Bedeutung Bauteil Sicherheit = 5
Bedeutung Bauteil Gebrauchstauglichkeit = 1

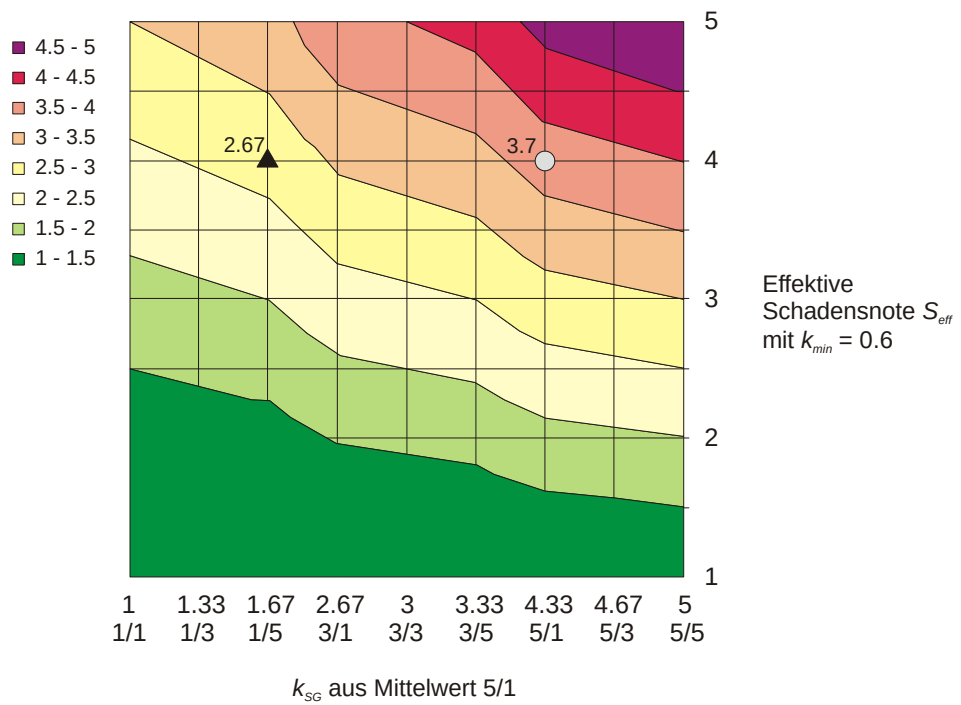
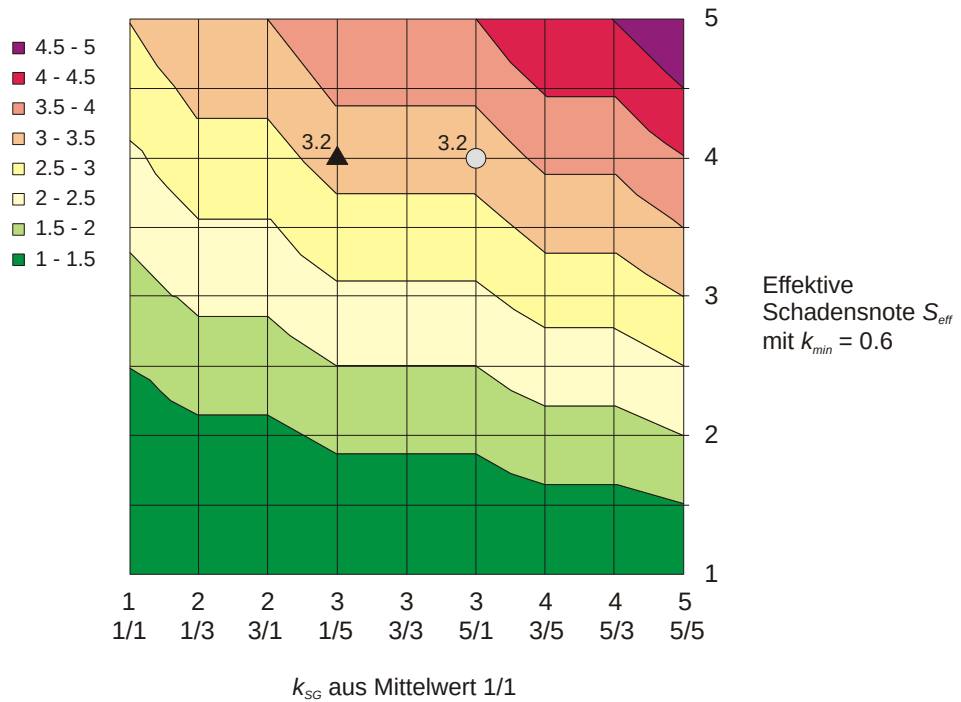


Abb.7 Gewichtete Schadensnote S_G für $k_{min} = 0.6$ und k_{SG} aus (gewichteter) Mittelwert.

Bsp: ▲
 Absatz Fahrbahnübergang
 $S_{eff} = 4$
 Bedeutung Bauteil Sicherheit = 1
 Bedeutung Bauteil Gebrauchstauglichkeit = 5

Bsp: ○
 Korrodiierende Längsträger
 $S_{eff} = 4$
 Bedeutung Bauteil Sicherheit = 5
 Bedeutung Bauteil Gebrauchstauglichkeit = 1

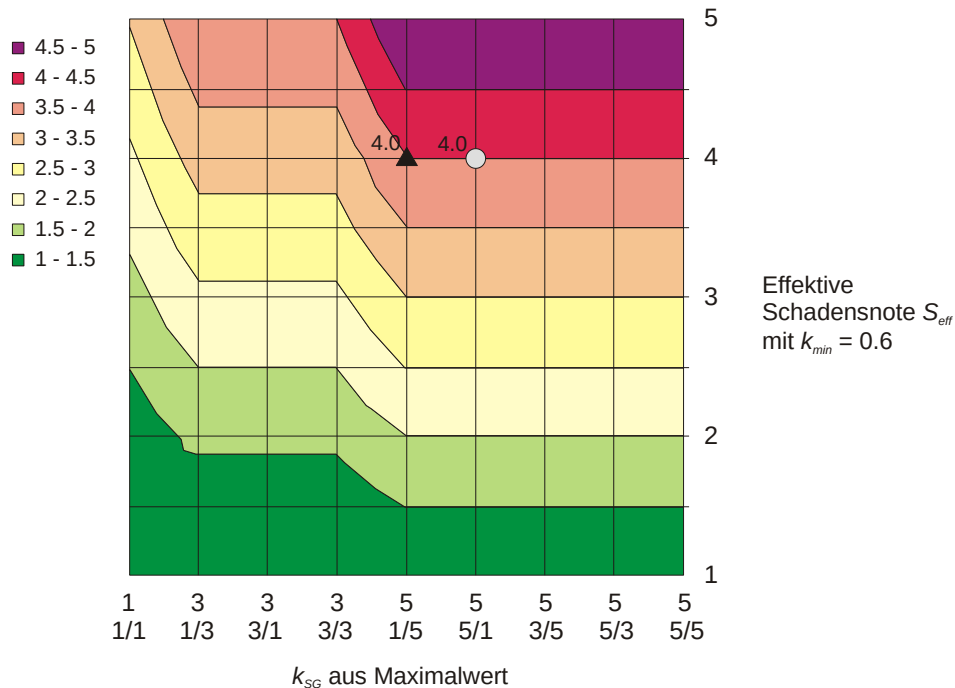


Abb.8 Gewichtete Schadensnote S_G für $k_{min} = 0.6$ und k_{SG} aus Maximalwert

Um einen Hinweis auf die optimalen Werte für k_{min} bzw. die Ermittlungsart für k_{SG} zu finden, wurde die neue Methode mit variierenden Parametern an Objekten aus der Praxis angewandt, welche kürzlich inspiziert wurden. So wird ersichtlich, welche Parameter die Wirklichkeit am besten widerspiegeln könnten.

Die Praxisbeispiele mit der Anwendung der neuen Methode sind im Anhang I.1.1.1I beschrieben.

6.3.5 Gesamtbewertung

In Tab. 10 sind die Resultate dieser Anwendungen an Praxisbeispielen aufgeführt. In der Tabelle ist auch sichtbar, was die Variation der Parameter auf die Gesamtbewertung für das Bauwerk ausmacht.

Markiert sind die Gesamtbewertungen, welche um nicht mehr als 0.3 von der Note des Inspektors abweichen. Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, scheinen ein Minimalwert k_{min} von 0.6 und die Bildung des Beiwertes k_{SG} aus dem Mittelwert der Bewertungen von Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit praxisgerechte Resultate zu erzielen. Diese Werte sind natürlich nicht als gegeben zu verstehen, da eine Prüfung der Methode an lediglich sieben verschiedenen Objekten nicht einer Validierung der Methode gleichkommt.

Tab. 10 Massgebende gewichtete Schadensnoten für ausgewählte Beispiele

		LV Niderste	DL Wohl- husen	Glattbrücke	Dübendorf	Jonen- bach	Riemen- stalden	SUE Erstfeld
$k_{\min}$	k_{SG}	Nord		Süd				
0.5	$\bar{X}_{(1/1)}$	3	3.4	2.6	2.6	2.2	3	3
	$\bar{X}_{(5/1)}$	3.7	4.1	2	3.2	1.9	3.7	3.7
	Max	4	4.5	3.5	3.5	2.6	4	4
0.6	$\bar{X}_{(1/1)}$	3.2	3.6	2.8	2.8	2.5	3.2	3.2
	$\bar{X}_{(5/1)}$	3.7	4.2	2.3	3.3	2.2	3.7	3.7
	Max	4	4.5	3.5	3.5	2.8	4	4
0.7	$\bar{X}_{(1/1)}$	3.4	3.8	3	3	2.7	3.4	3.4
	$\bar{X}_{(5/1)}$	3.8	4.3	2.6	3.3	2.5	3.8	3.8
	Max	4	4.5	3.5	3.5	3	4	4
0.8	$\bar{X}_{(1/1)}$	3.6	4.1	3.2	3.2	3	3.6	3.6
	$\bar{X}_{(5/1)}$	3.9	4.4	2.9	3.4	2.9	3.9	3.9
	Max	4	4.5	3.5	3.5	3.2	4	4
0.9	$\bar{X}_{(1/1)}$	3.8	4.3	3.3	3.3	3.3	3.8	3.8
	$\bar{X}_{(5/1)}$	3.9	4.4	3.2	3.4	3.2	3.9	3.9
	Max	4	4.5	3.5	3.5	3.3	4	4
Inspektor		3.5	4	2.5	3	3	3	3.5
		Abweichung zu Inspektornote ≤ 0.3						
	$\bar{X}_{(1/1)}$	Berechnung k_{SG} aus Mittelwert						
	$\bar{X}_{(5/1)}$	Berechnung k_{SG} aus gewichtetem Mittelwert						
	Max:	Berechnung k_{SG} aus Maximalwert						

6.4 Beurteilung der neuen Methode

Die Erfassung und Bewertung der Schäden am Bauwerk wurde in einzelne Schritte aufgeteilt. Bei der neuen Methode werden die Charakteristiken des Schadens getrennt voneinander beurteilt. Diese separate Betrachtung ist bedeutend einfacher als die Betrachtung eines Schadens als Ganzes. Es steigert zudem die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse.

Unter den Aspekten Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit werden die Bedeutung des Bauteils sowie auch des einzelnen Schadens für das Tragwerk und seine Nutzer berücksichtigt. Für eine erste Abschätzung der Parameter wurde die Methode an sieben Objekten getestet. Für eine Validierung dieser Abschätzung wäre allerdings eine grössere Parameterstudie notwendig und eine Prüfung, welche Parameterkombinationen in der Praxis überhaupt auftreten. Aus dieser Studie ergibt sich auch die erforderliche rechnerische Genauigkeit der Inputparameter sowie der gewichteten Schadensnote S_G .

7 Weitere Aspekte der Gesamtbewertung

Wie in Kapitel 4 dargestellt, können für eine Gesamtbewertung auch Kriterien wie Netzbedeutung und Massnahmenwirtschaftlichkeit von Interesse sein. Diese zusätzlichen Kriterien wurden im vorliegenden Forschungsprojekt nicht behandelt, nachfolgend seien aber doch einige Anregungen gegeben, wie beispielsweise Erkenntnisse aus Netz- und Wirtschaftlichkeitsbeurteilungen mit der Gesamtbewertung zusammengeführt werden und somit ein detaillierteres Bild liefern könnten. Für diese Verfeinerung der Gesamtbewertung wären folgende Punkte von Interesse:

Wie wichtig ist das Bauwerk innerhalb des Verkehrsnetzes. Welche Auswirkungen hat eine Einschränkung der Nutzung?

Wie teuer ist jetzt eine Instandsetzung im Vergleich zu einem Ersatz. Wie verändert sich dieses Verhältnis im Planungszeitraum?

Aus dem Wortlaut dieser Fragen geht bereits hervor, dass die Beantwortung dieser Fragen äusserst komplex ist und bereits die Grenze von der Zustandsbewertung hin zur Massnahmenplanung überschreitet. Zudem stellt sich die Frage, in welcher Masseinheit die oben aufgeführten Fragen beantwortet werden können. In den in Kapitel 4 bereits erwähnten Forschungsarbeiten ([4] - [8]) wird naheliegenderweise ein monetärer Ausdruck verwendet. Ebenso in der VSS Norm ‚Erhaltungsmanagement‘ [24] wird von einem monetarisierten Substanzwert gesprochen.

Die Frage, wie die dimensionslose Zahl aus der Gesamtbewertung mit einem monetären Ausdruck, der die Bedeutung der Kunstbaute im Netz oder die Wiederherstellungskosten berücksichtigt, ins Verhältnis gebracht werden soll, kann im Rahmen dieses Forschungsprojektes nicht beantwortet werden. Nachfolgend soll aber gezeigt werden, welchen Einfluss diese beiden Aspekte Netzbedeutung und Wirtschaftlichkeit haben können.

7.1 Zusammenführung von Zustand, Netzbedeutung und Wirtschaftlichkeit zu einer Gesamtnote

Die Grundidee besteht darin, die Bewertung, wie sie in den Kapiteln 5 und 6 beschrieben ist, durch zusätzliche Faktoren N (Netzbedeutung) und W (Massnahmenwirksamkeit) anzupassen. Die Idee besteht darin, dass Bauwerke mit hohen Zustandsnoten, welche allerdings eine geringe Bedeutung innerhalb des Netzes haben und/oder deren Massnahmenwirksamkeit geringer ist, zurückgestuft werden gegenüber denjenigen mit hoher Zustandsnote und hoher Netzbedeutung bzw. Massnahmenwirksamkeit. Dies erlaubt eine noch feinere Priorisierung aller bewerteten Kunstbauten. In der nachfolgenden Abb.9 ist diese Überlegung grafisch dargestellt.

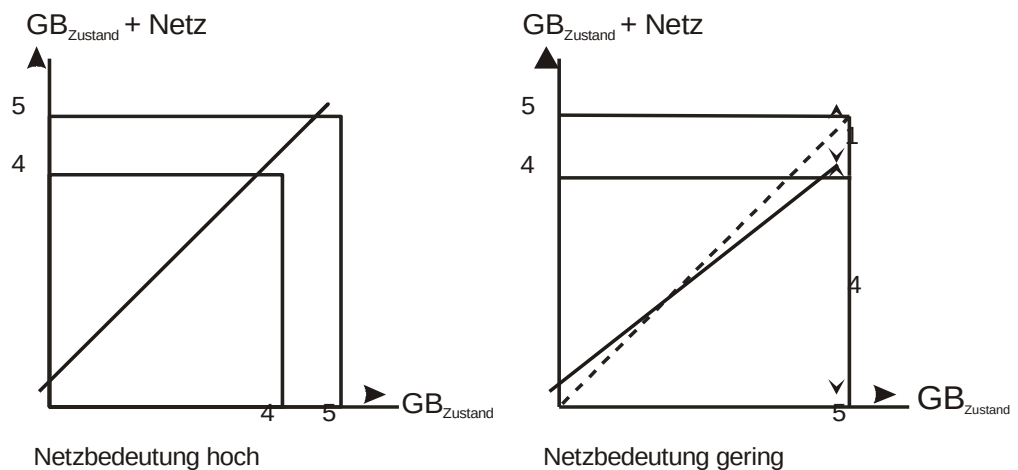


Abb.9 Mögliche Kombination von Zustand und Netzbedeutung

Ist beispielsweise die Netzbedeutung gering, kann die Zustandsnote auf einen geringeren Wert korrigiert werden, so dass etwa eine 5 auf eine 4 korrigiert wird (rechts). Handelt es sich beim erfassten Bauwerk um eines mit einer sehr hohen Netzbedeutung bleibt die Zustandsnote erhalten (links).

Die Gesamtbewertung mit Berücksichtigung der Wirksamkeit der Massnahme kann mit den gleichen Überlegungen wie die Netzbedeutung in die Gesamtbewertung integriert werden.

Je nach Bedürfnis kann so die Gesamtbewertung, welche auf Grundlage der Zustandserfassung ermittelt wurde (GB_Z) um die Faktoren Netzbedeutung und Wirtschaftlichkeit beliebig erweitert werden. In welcher Grössenordnung die Abminderung stattfinden soll, muss anhand der Bedürfnisse des Eigentümers für die Kriterien Netzbedeutung und Wirtschaftlichkeit einzeln festgelegt werden.

8 Schlusswort

8.1 Diskussion

Die neue Methode ist für alle Typen von Kunstbauten anwendbar. Sie beschränkt sich nicht nur auf visuelle Inspektionen, sondern es lassen sich alle Informationen bezüglich der Substanz des Bauwerkes integrieren, unabhängig davon ob diese visuell, durch Materialproben oder anderweitige Prüfungen gewonnen wurden.

Durch die Aufteilung in mehrere unabhängig voneinander zu beurteilende Charakteristiken eines Schadens am betrachteten Bauteil wird die Reproduzierbarkeit der Bewertungen verbessert.

Die Methode lässt sich durch ihre klare Abgrenzung und die einfache Integration zusätzlicher Daten sowohl an bestehende Managementsysteme angliedern, als auch separat anwenden. Sie lässt sich somit unabhängig von der Anzahl der zu verwaltenden Kunstbauten anwenden.

Wenn man sich die in Kapitel 4.4 formulierten Ziele nochmals vor Augen führt, erkennt man, dass diese durch die neue Methode klar erreicht werden.

8.2 Ausblick

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes wurde das grundlegende Konzept der Methode erarbeitet. Zur praxismässigen Ausführung müssen nun noch die Werte der Parameter optimiert sowie die gesamte Methode validiert werden. Dies könnte mit einem Folgeprojekt, welches eine Parameterstudie beinhaltet, und einer grösseren Anzahl an Beispielobjekten erfolgen.

Als Hilfestellung für den Inspektor wäre zudem ein Schadenskatalog zu erstellen, welche für die verschiedenen Schadensarten die Schwere definiert. Der Katalog kann basierend auf den bestehenden Katalogen zu Belagsschäden [25] und Kunstbautenschäden [2] aufgebaut werden.

Die neue Methode gemeinsam mit den Ergebnissen aus den erwähnten Folgeprojekten sollen in die Erarbeitung der neuen Norm SN 640 951 ‚Gesamtbewertung von Kunstbauten‘ einfließen.

Anhänge

I.	Praxisbeispiele	49
I.1	LV Niderste: Betonbrücke mit vorgespannten Längsträgern	49
I.2	DL Wohlhusen: Durchlass aus Natursteingewölbe	52
I.3	SUE Erstfeld: Stahlfachwerk mit Betonfahrbahn	56
I.4	Glattbrücke Dübendorf	60
I.5	Brücke Jonenbach	64
I.6	Brücke Riemenstalden	68
II.	Beispiele Inspektionsgrundlagenheft	71
II.1	Beispiel Inspektionsgrundlagenheft LV Niderste	72
II.2	Beispiel Inspektionsgrundlagenheft DL Wohlhusen	75

I Praxisbeispiele

I.1 LV Niderste: Betonbrücke mit vorgespannten Längsträgern

I.1.1 Überschrift Anhang I.1.1

Das Lehnenviadukt Niderste im Kanton Bern befindet sich an der Hauptstrasse zwischen Frutigen und Adelboden, der einzigen Zufahrt nach Adelboden.



Abb. 1 Situation



Abb. 2 Übersichtsfoto

Die Brücke wurde 1964 erbaut. Sie besitzt drei Felder mit den Spannweiten 8.8 m, 9.0 m und 8.8 m. Als Tragsystem wirken pro Feld vier vorfabrizierte, vorgespannte Betonprofilträger als einfache Balken.

Die Brücke befindet sich gesamthaft gesehen in einem schlechten Zustand. An den Konsolköpfen platzt der Beton vereinzelt ab, an den Konsolkopfträgern weitaus grossflächiger, besonders im talseitigen, exponierteren Bereich. Beim äussersten, talseitigen Längsträger sowie bei den Pfeilern und Widerlagern sind deutliche Nassstellen mit Korrosionsspuren erkennbar. Bei den Pfeilern ist die korrodierende Bewehrung teilweise freigelegt.

I.1.2 Zustandserfassung

Für jedes Bauteil wurden die beobachteten Schäden entsprechend ihrer Schwere und ihres Ausmasses notiert. Die Zustandserfassung und -bewertung befindet sich auf Seite 51. Nachfolgend sind einzelne Schäden zur Erläuterung herausgegriffen und erläutert.



Abb. 3 Abplatzung Konsolkopfträger

Bauteil/Bauteil: Konsolkopfträger / 1

Kurzbeschreibung Schaden: Abplatzungen mit korrodierender Bewehrung.

Die Abplatzung geht über die gesamte Länge des Konsolkopfträgers. Die Bewehrung ist freigelegt und korrodiert bereits: **Schwere 4 / Ausmass 4.**

Die Tragfähigkeit des Konsolkopfträgers ist vermutlich gefährdet und somit auch diejenige des Geländers, was ein Sicherheitsrisiko für den Nutzer darstellt. Hier wird also die Sicherheit des Nutzers massgebend, nicht die Tragsicherheit des Gesamtbauwerks. Auf die Gebrauchstauglichkeit hat der Schaden und das Bauteil keine Auswirkungen: **Sicherheit 3 / Gebrauchstauglichkeit 1.**



Abb. 4 Abplatzungen Konsolkopf

Bauteil / Bauteil: Konsolkopf / Tal

Kurzbeschreibung Schaden: Abplatzungen am Konsolkopf

Die Abplatzung ist flächig, die Bewehrung ist nicht sichtbar. Über die gesamte Länge des Konsolkopfs betrachtet ist nur ein kleiner Teil betroffen. **Schwere 3 / Ausmass 1.**

Die Verkehrssicherheit kann durch Abplatzungen am Konsolkopf beeinträchtigt sein, da dieser zur Befestigung des Geländers dient. Die Gebrauchstauglichkeit ist nicht gefährdet. **Sicherheit 3 / Gebrauchstauglichkeit 1.**

I.1.3 Zustandsbewertung

Die Schadensnoten und die Bauwerksnote werden wie in Kapitel 6 beschrieben mit k_{SG} aus dem Mittelwert und $k_{min} = 0.6$ ermittelt. Die Auswertung ist auf der Seite 51 dargestellt. Der massgebende Schaden ist markiert. In diesem Fall ist dies die Korrosion der Bewehrung im äussersten Längsträger, welche bei der Potenzialmessung festgestellt wurde.

Bauteil	Schaden	Schwere	Ausmass	S_{eff}	Sicherheit	Gebrauchstauglichkeit	k_{sg}	f_{sg}	S_g
Geländer	Berg	1	1	1	1	1	1	0.6	1
	Tal	2	1	1.5	3	1	2	0.7	1.1
	Belag	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
Konsolkopf	Berg	3	1	2	3	1	2	0.7	1.4
	Tal	3	1	2	3	1	2	0.7	1.4
	Fahrbahnplatte	1	1	1	1	1	1	0.6	1
Konsolkopftträger	1	4	4	4	3	1	2	0.7	2.8
	Korrodierte Bewehrung	4	3	3.5	5	1	3	0.8	2.8
	Nassstellen und Kalkaussinterung	3	3	3	3	1	2	0.7	2.1
	2	2	1	1.5	5	1	3	0.8	1.2
	Korrosion	1	1	1	1	1	1	0.6	1
	3	5	2	3.5	3	1	2	0.7	2.5
	4	3	2	2.5	5	1	3	0.8	2
	Korrodierte Bewehrung	1	1	1	1	1	1	0.6	1
	5	3	2	2.5	3	1	2	0.7	1.8
	6	2	1	1.5	5	1	3	0.8	1.2
	Korrodierte Bewehrung	2	1	1.5	5	1	3	0.8	1.2
	8	3	4	3.5	3	1	2	0.7	2.5
Querträger	9	2	1	1.5	3	1	2	0.7	1.1
	Nassstellen und Kalkaussinterung	3	1	2	5	1	3	0.8	1.6
	10	1	1	1	3	1	2	0.7	1
	Korrodierte Bewehrung	1	1	1	3	1	2	0.7	1
	11	2	1	1.5	3	1	2	0.7	1.1
	Nassstellen	2	1	1.5	3	1	2	0.7	1.1
	12	2	1	1.5	3	1	2	0.7	1.1
	Rostspuren	2	4	3	3	1	2	0.7	2.1
	Kalkaussinterungen	2	4	3	3	1	2	0.7	2.1
	2	2	4	3	3	1	2	0.7	2.1
	Kalkaussinterungen	2	4	3	3	1	2	0.7	2.1
	3	2	4	3	3	1	2	0.7	2.1
Längsträger	4	2	4	3	3	1	2	0.7	2.1
	Kalkaussinterungen	2	4	3	3	1	2	0.7	2.1
	5	2	4	3	3	1	2	0.7	2.1
	Kalkaussinterungen	2	4	3	3	1	2	0.7	2.1
	6	2	4	3	3	1	2	0.7	2.1
	Kalkaussinterungen	2	4	3	3	1	2	0.7	2.1
	7	2	4	3	3	1	2	0.7	2.1
Pfeiler	1	5	3	4	5	1	3	0.8	3.2
	Korrosion, tiefe Potenzialwerte, Nassstellen mit Kalkausscheidungen	2	1	1.5	3	1	2	0.7	1.1
	Nassstellen mit Kalkausscheidungen	2	1	1.5	3	1	2	0.7	1.1
	3	1	3	2	3	1	2	0.7	1.4
Widerlager	4	4	2	3	3	1	2	0.7	2.1
	Seite Adelboden	3	3	3	5	1	3	0.8	2.4
	Seite Frutigen	2	3	2.5	3	1	2	0.7	1.8
	Feuchtestellen mit Kalkaussinterung	3	3	3	5	1	3	0.8	2.4
Widerlager	Seite Adelboden	4	3	3.5	3	1	2	0.7	2.5
	Seite Frutigen	4	3	3.5	3	1	2	0.7	2.5

Abb. 5 Gesamtbewertung LV Niderste

I.2 DL Wohlhusen: Durchlass aus Natursteingewölbe

I.2.1 Objektbeschreibung

Das Bauwerk ist Bestandteil der einspurigen Bahnlinie Bern – Luzern und befindet sich in der Gemeinde Werthenstein (LU). Das Baujahr des Durchlasses ist nicht bekannt, das Eröffnungsjahr der Bahnlinie ist 1875. Der Durchlass dient dem Strählihüslibach als Bahnquerung. Der Scheitelpunkt des Gewölbes befindet sich ca. 1.60 m unterhalb SOK. Die lichte Breite und Höhe betragen ca. 2 m. Der Durchlass ist 8 m lang mit einem Gefälle von ca. 0.5%. Die Gewölbestärke beträgt etwa 0.5 m, die Wandstärke 0.8 m.



Abb. 6 Übersichtsfoto

Das Bauwerk befindet sich in einem schlechten Zustand. Durch den Kontakt zum feuchten Untergrund wird die Rückseite ständig durchfeuchtet, was zu einem Zerfall des Fugenmörtels geführt hat. Aufgrund des festgestellten Schadensbildes (Ausbauchungen im Wandbereich) und weil das Mauerwerk aufgrund seiner Struktur (abgerundete Steine, Zwickelsteine und mörtelreiches Gefüge) auf eine hohe Festigkeit des Fugenmörtels angewiesen ist, wird die Tragsicherheit als kritisch beurteilt.

I.2.2 Zustandserfassung

Für jedes Bauteil wurden die beobachteten Schäden entsprechend ihrer Schwere und ihres Ausmasses notiert. Die Zustandserfassung und -bewertung befindet sich auf Seite 55. Nachfolgend sind einzelne Schäden zur Erläuterung herausgegriffen und erläutert.



Abb. 7 Deformationen im Wandbereich

Bauteil/Bauteil: Portal Oberwasser, links

Kurzbeschreibung Schaden: Deformation Wandbereich

Die Deformation ist im Vergleich zur Wandhöhe beträchtlich. Sie tritt über gut 60% der Länge auf: **Schwere 4 / Ausmass 4.**

Die Wand ist ein massgebendes Bauteil des Durchlasses für die Tragsicherheit. Eine Deformation weist auf ein mögliches Tragsicherheitsproblem hin. Die Funktionstüchtigkeit ist durch die Deformation nicht beeinträchtigt, Komfort und Aussehen sind nicht relevant: **Sicherheit 5 / Gebrauchstauglichkeit 1.**



Abb. 8 Hohlstelle Wand

Bauteil / Bauteil: Wand / rechts

Kurzbeschreibung Schaden: Hohlstellen bei Steinen

Die Hohlstellen treten an der Wand immer wieder auf: **Schwere 4 / Ausmass 5.**

Die Wand ist für die Tragsicherheit des Durchlasses ein massgebendes Bauteil. Hohlstellen beeinträchtigen die Tragfähigkeit des Bauteiles. Die Gebrauchstauglichkeit wird nicht gefährdet. **Sicherheit 5 / Gebrauchstauglichkeit 1.**

I.2.3 Zustandsbewertung

Die Schadensnoten und die Bauwerksnote werden wie in Kapitel 6 beschrieben mit k_{SG} aus dem Mittelwert und $k_{min} = 0.6$ ermittelt. Die Auswertung ist auf der Seite 55 dargestellt. Die massgebenden Schäden sind markiert. Der Durchlass weist an allen Bauteilen ein ähnliches Schadenbild auf: Hohlstellen bei den Steinen und gelöste Fugen sind massgebend für den Zustand des Durchlasses.

Bauteil	Schaden	Schwere	Ausmass	S_{eff}	Sicherheit	Gebrauchstauglichkeit	k_{SG}	f_{SG}	S_G
Konsolkopf	Oberwasser	1	1	1	3	1	2	0.7	1
	Unterwasser	1	1	1	3	1	2	0.7	1
Gewölbe		2	3	2.5	3	1	2	0.7	1.8
		4	5	4.5	5	1	3	0.8	3.6
		4	5	4.5	3	1	2	0.7	3.2
		5	4	4.5	5	1	3	0.8	3.6
Wand	rechts	4	5	4.5	3	1	2	0.7	3.2
		4	5	4.5	5	1	3	0.8	3.6
		4	4	4	5	1	3	0.8	3.2
		4	5	4.5	3	1	2	0.7	3.2
Bodenplatte		4	5	4.5	5	1	3	0.8	3.6
		1	1	1	1	1	1	0.6	1
Portal	Oberwasser	4	2	3	3	1	2	0.7	2.1
		1	1	1	1	1	1	0.6	1
	Unterwasser	1	1	1	1	1	1	0.6	1
		2	2	2	3	3	3	0.8	1.6
		2	1	1.5	1	3	2	0.7	1.1
		1	1	1	3	1	2	0.7	1

Abb. 9 Gesamtbewertung Durchlass Wohlhusen

I.3 SUE Erstfeld: Stahlfachwerk mit Betonfahrbahn

I.3.1 Objektbeschreibung

Die Strassenüberführung wurde 1919 als genietete Stahlkonstruktion erstellt, im Jahr 1967 wurde die Fahrbahn erneuert. Die dreifeldrige Brücke überquert im Bereich des Bahnhofs Erstfeld rund 13 Gleise, darunter die Streckengeleise der Gotthardlinie, sowie eine Kantonsstrasse. Die Gesamtlänge beträgt 76 m mit den Spannweiten von 24.85 m, 28.45 m und 22.7 m. Die Brücke ist 4 m, die Fahrbahn 3 m breit. Der Überbau ist als Trog ausgebildet, die Pfeiler bestehen aus Stahlpendeljochen. Die Widerlager sind aus Naturstein.

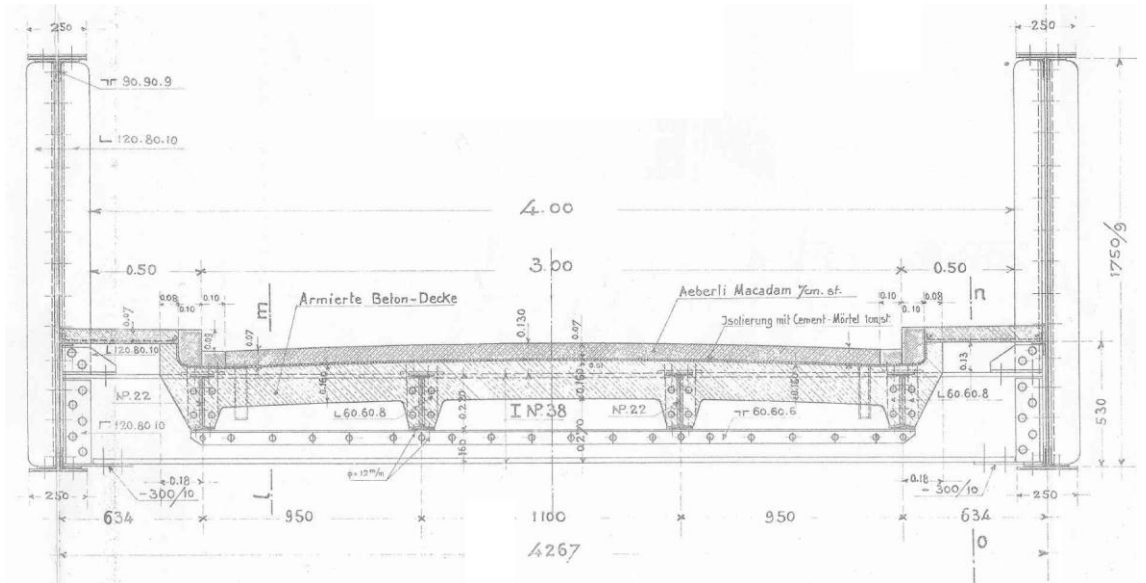


Abb. 10 Querschnitt



Abb. 11 Beispielbild Qualle

Die einspurige Strassenbrücke ist auf 16 t und eine Maximalgeschwindigkeit von 20 km/h signalisiert.

I.3.2 Zustandserfassung

Für jedes Bauteil wurden die beobachteten Schäden entsprechend ihrer Schwere und ihres Ausmasses notiert. Die Zustandserfassung und -bewertung befindet sich auf Seite 59. Nachfolgend sind einzelne Schäden zur Erläuterung herausgegriffen und erläutert.



Abb. 12 Oberflächenkorrosion der Längsträger

Bauteil/Bauteil: Längsträger / Seite Altdorf

Kurzbeschreibung Schaden: Oberflächenkorrosion

Die Flansche der Längsträger sind über die gesamte Länge korrodiert. Allerdings nur mit geringem Querschnittsverlust: **Schwere 3 / Ausmass 4**.

Die Tragfähigkeit des Längsträgers ist bei Korrosion gefährdet. Die Gebrauchstauglichkeit ist gegeben: **Sicherheit 5 / Gebrauchstauglichkeit 1**.



Abb. 13 Beispielbild Qualle

Bauteil/Bauteil: Windverband / Knoten

Kurzbeschreibung Schaden: Korrosion

Das Knotenblech ist stark korrodiert mit lokal erheblichem Querschnittsverlust: **Schwere 5 / Ausmass 3**.

Bei Versagen des Knotens funktioniert der Windverband nicht mehr womit die seitliche Stabilität der Brücke nicht mehr gegeben wäre. Die Gebrauchstauglichkeit ist nicht beeinträchtigt: **Sicherheit 5 / Gebrauchstauglichkeit 1.**

I.3.3 Zustandsbewertung

Die Schadensnoten und die Bauwerksnote werden wie in Kapitel 6 beschrieben mit k_{SG} aus dem Mittelwert und $k_{min} = 0.6$ ermittelt. Die Auswertung ist auf der Seite 59 dargestellt. Die massgebenden Schäden sind markiert. Die starke Korrosion beim Windverband, der massgebend für die Stabilität des Gesamttragwerkes ist, ist ausschlaggebend für den Zustand des Gesamttragwerkes.

Bauteil		Schaden	Schwere	Ausmass	S_{eff}	Sicherheit	Gebrauchstauglichkeit	k_{SG}	f_{SG}	S_G
Abwurfschutz	Seite Altdorf	Korrosion	2	2	2	3	1	2	0.7	1.4
	Seite Ansteg	Korrosion	2	2	2	3	1	2	0.7	1.4
Längsträger	Seite Altdorf	Oberflächenkorrosion	3	4	3.5	5	1	3	0.8	2.8
	Seite Ansteg	Oberflächenkorrosion	3	4	3.5	5	1	3	0.8	2.8
	1	Korrosion	4	3	3.5	5	1	3	0.8	2.8
	2	Korrosion	4	3	3.5	5	1	3	0.8	2.8
Querträger	3	Korrosion	4	2	3	5	1	3	0.8	2.4
		Korrosion	4	2	3	5	1	3	0.8	2.4
	33	Korrosion	4	2	3	5	1	3	0.8	2.4
		Korrosion	4	3	3.5	5	1	3	0.8	2.8
Fahrbahnplatte		Risse mit Kalkausblühungen	2	4	3	5	1	3	0.8	2.4
		Abplatzung mit freiliegender Bewehrung	4	2	3	5	1	3	0.8	2.4
Windverband	Feld 1	Streben	5	3	4	5	1	3	0.8	3.2
		Knoten	5	3	4	5	1	3	0.8	3.2
	Feld 2	Streben	5	3	4	5	1	3	0.8	3.2
		Knoten	5	3	4	5	1	3	0.8	3.2
	Feld 32	Streben	5	3	4	5	1	3	0.8	3.2
		Knoten	5	3	4	5	1	3	0.8	3.2
Pfeiler	Ost	Stütze 1	2	3	2.5	5	1	3	0.8	2
		Stütze 2	2	3	2.5	5	1	3	0.8	2
		Riegel unten	2	3	2.5	5	1	3	0.8	2
		Riegel mitte	2	3	2.5	5	1	3	0.8	2
		Riegel oben	2	3	2.5	5	1	3	0.8	2
		Strebe 1	2	3	2.5	5	1	3	0.8	2
		Strebe 2	2	3	2.5	5	1	3	0.8	2
		Strebe 3	2	3	2.5	5	1	3	0.8	2
	West	Stütze 1	2	3	2.5	5	1	3	0.8	2
		Stütze 2	2	3	2.5	5	1	3	0.8	2
		Riegel unten	2	3	2.5	5	1	3	0.8	2
		Riegel mitte	2	3	2.5	5	1	3	0.8	2
		Riegel oben	2	3	2.5	5	1	3	0.8	2
		Strebe 1	2	3	2.5	5	1	3	0.8	2
		Strebe 2	2	3	2.5	5	1	3	0.8	2
		Strebe 3	2	3	2.5	5	1	3	0.8	2
Widerlager	Ost	Risse	2	4	3	5	1	3	0.8	2.4
	West	Risse	2	4	3	5	1	3	0.8	2.4

Abb. 14 Gesamtbewertung SUE Erstfeld

I.4 Glattbrücke Dübendorf

I.4.1 Objektbeschreibung

Die 1975 erstellten Spannbetonbrücken befinden sich auf der Überlandstrasse im Bereich der N1 - Zufahrt Wallisellen und dienen der Überquerung der Glatt. Es handelt sich dabei um zwei Einfeldträger mit einer Länge von rund 24 m. Die Brücke Nord (flussabwärts) ist 14.2 m, die Brücke Süd (flussaufwärts) 12.90 m breit. Die Brückenplatten sind schiefwinklig (57°) und längs vorgespannt. Die schlaffe Bewehrung ist orthogonal angeordnet. Die Lasten werden pro Seite und Brücke über 5 Gummi-Topflager an die Widerlager abgegeben, welche auf Bohrpfählen ($\varnothing 90$ cm) fundiert sind.

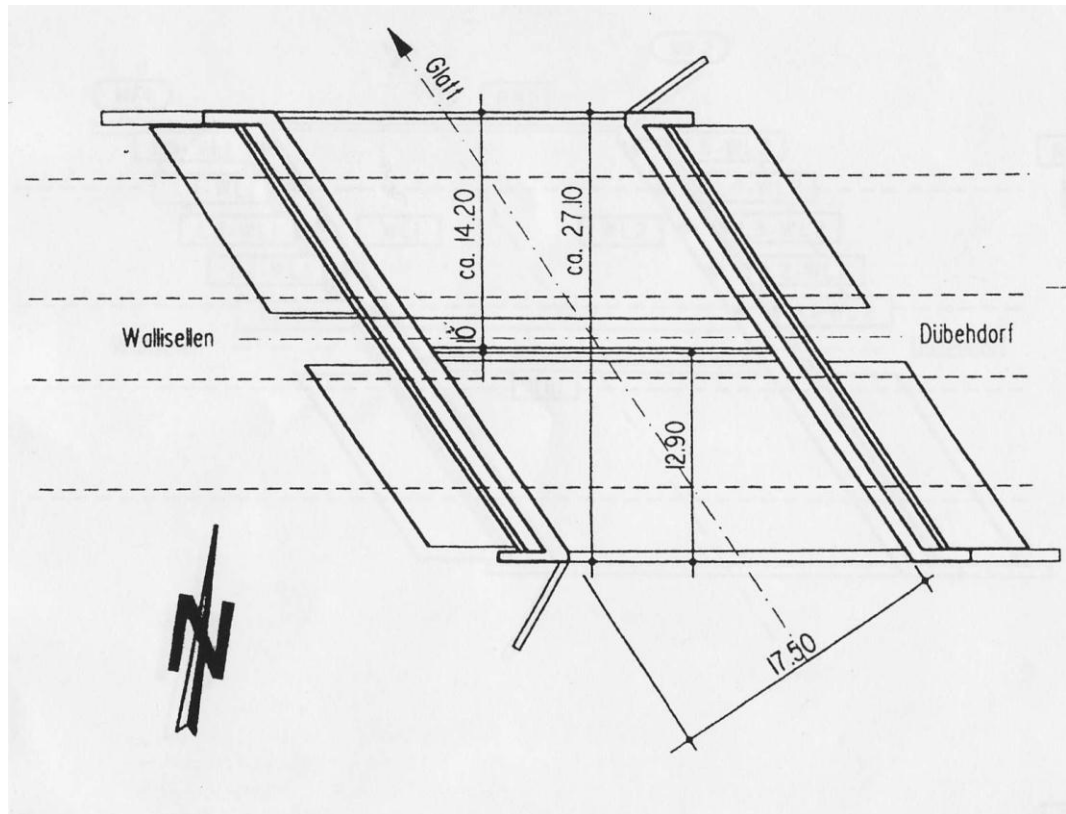


Abb. 15 Situation

I.4.2 Zustandserfassung

Für jedes Bauteil wurden die beobachteten Schäden entsprechend ihrer Schwere und ihres Ausmasses notiert. Die Zustandserfassung und -bewertung befindet sich auf Seite 63. Nachfolgend sind einzelne Schäden zur Erläuterung herausgegriffen und erläutert.



Abb. 16 Gerissener Abdichtungsstreifen bei Fahrbahnübergang

Bauteil/Bauteil: Belag / Nord

Kurzbeschreibung Schaden: Gerissene Abdichtungsstreifen bei FÜ

Die Abdichtung ist teilweise stark gerissen: **Schwere 4 / Ausmass 3.**

Die Tragfähigkeit ist nicht beeinträchtigt. Die Funktionstüchtigkeit der Abdichtung, also die Gebrauchstauglichkeit, ist eingeschränkt: **Sicherheit 1 / Gebrauchstauglichkeit 5.**



Abb. 17 Hohlstelle mit korrodierte Bewehrung Brücke Süd

Bauteil/Bauteil: Fahrbahnplatte / Süd

Kurzbeschreibung Schaden: Abplatzung mit korrodierte Bewehrung

Die Bewehrung ist vereinzelt stark korrodiert mit beträchtlichem Querschnittsverlust: **Schwere 5 / Ausmass 2.**

Aufgrund des grossen Querschnittsverlustes ist mit einer Gefährdung der Tragsicherheit zu rechnen. Die Gebrauchstauglichkeit ist immer noch gegeben: **Sicherheit 5 / Gebrauchstauglichkeit 1.**

I.4.3 Zustandsbewertung

Die Schadensnoten und die Bauwerksnote werden wie in Kapitel 6 beschrieben mit k_{SG} aus dem Mittelwert und $k_{min} = 0.6$ ermittelt. Die Auswertung ist auf der Seite 63 dargestellt. Die massgebenden Schäden sind markiert.

Bauteil		Schaden	Schwere	Ausmass	S_{eff}	Sicherheit	Gebrauchstauglichkeit	k_{SG}	f_{SG}	S_g
Geländer	Nord		1	1	1	1	1	1	0.6	1.4
	Süd	Verbeulte Staketen	3	1	2	1	3	2	0.7	1.4
	Nord		1	1	1	1	1	1	0.6	1
Leitschranken	Nord		1	1	1	1	1	1	0.6	1
	Süd		1	1	1	1	1	1	0.6	1
	Süd		1	1	1	1	1	1	0.6	1
Belag		Spurrinnen	2	2	2	1	5	3	0.8	1.6
		Blasen	2	1	1.5	1	3	2	0.7	1.1
	Nord		4	3	3.5	1	5	3	0.8	2.8
		Gerissene MA-Abdichtungssstreifen bei FU Wallisellen	2	2	2	1	5	3	0.8	1.6
	Süd	Spurrinnen	4	3	3.5	1	5	3	0.8	2.8
Fahrbahnübergang		Gerissene MA-Abdichtungssstreifen bei FU Wallisellen	2	5	3.5	1	1	1	0.6	2.1
	Nord	Korrosion der Stahlteile	2	5	3.5	1	1	1	0.6	2.1
	Süd	Korrosion der Stahlteile	2	5	3.5	1	1	1	0.6	2.1
		Korrosion der Stahlteile	2	5	3.5	1	1	1	0.6	2.1
	Süd	Korrosion der Stahlteile	2	5	3.5	1	1	1	0.6	2.1
Konsolkopf		Freiliegende korrodierende Bewehrung	3	2	2.5	3	1	2	0.7	1.8
	Nord	Freiliegende korrodierende Bewehrung	3	2	2.5	3	1	2	0.7	1.8
		Freiliegende korrodierende Bewehrung	1	1	1	1	1	1	0.6	1
	Süd	Oberwasser	1	1	1	1	1	1	0.6	1
		Unterwasser	1	1	1	1	1	1	0.6	1
Fahrbahnplatte			1	1	1	1	1	1	0.6	1
	Nord		1	1	1	1	1	1	0.6	1
		Hohlstellen	3	1	2	3	1	2	0.7	1.4
	Süd	Korrodierte Bewehrung	2	1	1.5	5	1	3	0.8	1.2
		Korrodierte Bewehrung	5	2	3.5	5	1	3	0.8	2.8
Entwässerung		Schmutz / Schachtdeckel lässt sich nicht öffnen	2	3	2.5	3	5	4	0.9	2.3
	Nord		1	1	1	1	1	1	0.6	1
	Süd		1	1	1	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
Lager		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
Widerlager		Rostpunkte	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
		Versinterter Riss	3	2	2.5	3	1	2	0.7	1.8
	Nord	Nassstelle	2	1	1.5	3	1	2	0.7	1.1
		Versinterter Riss	3	2	2.5	3	1	2	0.7	1.8
	Süd	Nassstelle	2	1	1.5	3	1	2	0.7	1.1

Abb. 18 Gesamtbewertung Dübendorf

I.5 Brücke Jonenbach

I.5.1 Objektbeschreibung

Bei der Stahlbetonbrücke Jonenbach Rifferswil handelt es sich um eine schiefwinklige Platte, die auf den Widerlagern aufgelegt ist. Die Plattenstärke beträgt 50 cm. Die ursprünglichen Widerlager wurden 1934 erstellt. Im Rahmen der Brückenverbreiterung von 1969 wurde der Oberbau ersetzt und die Widerlager verbreitert. Die Brücke bietet Platz für zwei Fahrspuren sowie zwei Gehwege.



Abb. 19 Übersicht Brücke unterwasserseitig

I.5.2 Zustandserfassung

Für jedes Bauteil wurden die beobachteten Schäden entsprechend ihrer Schwere und ihres Ausmasses notiert. Die Zustandserfassung und -bewertung befindet sich auf Seite 67. Nachfolgend sind einzelne Schäden zur Erläuterung herausgegriffen und erläutert.



Abb. 20 Belag/ Fugen Gehweg

Bauteil/Bauteil: Belag / Gehweg

Kurzbeschreibung Schaden: Randfugen mit Bewuchs

Die Randfugen am Gehweg sind über die gesamte Länge bewachsen: **Schwere 2 / Ausmass 5.**

Die Tragfähigkeit ist nicht beeinträchtigt. Die Funktionstüchtigkeit der Fugen, also die Gebrauchstauglichkeit ist möglicherweise eingeschränkt: **Sicherheit 1 / Gebrauchstauglichkeit 3.**



Abb. 21 Ansicht Widerlager Seite Hausen

Bauteil/Bauteil: Widerlager / Seite Hausen

Kurzbeschreibung Schaden: Kalkaussinterungen

Beim Übergang Widerlager – Fahrbahnplatte sind teilweise Kalkaussinterungen sichtbar: **Schwere 2 / Ausmass 2.**

Es ist nicht klar, ob die Bewehrung durch die offensichtliche Feuchte auch beschädigt ist. Die Tragsicherheit des Widerlagers kann nicht beurteilt werden. Die Gebrauchstauglichkeit ist gegeben: **Sicherheit 3 / Gebrauchstauglichkeit 1.**

I.5.3 Zustandsbewertung

Die Schadensnoten und die Bauwerksnote werden wie in Kapitel 6 beschrieben mit k_{SG} aus dem Mittelwert und $k_{min} = 0.6$ ermittelt. Die Auswertung ist auf der Seite 67 dargestellt. Die massgebenden Schäden sind markiert. Ausschlaggebend für den Zustand sind die stark bewachsenen Randfugen.

Bauteil	Schaden	Schwere	Ausmass	S_{eff}	Sicherheit	Gebrauchstauglichkeit	k_{SG}	f_{SG}	S_G
Geländer	Oberwasser	1	1	1	1	1	1	0.6	1
	Unterwasser	1	1	1	1	1	1	0.6	1
Belag	Gehweg	2	5	3.5	1	3	2	0.7	2.5
	Blasen	2	1	1.5	1	1	1	0.6	1
	Risse	2	1	1.5	1	3	2	0.7	1.1
	Spurrinnen	2	2	2	3	5	4	0.9	1.8
Konsolköpfe	Oberwasser	2	3	2.5	3	1	2	0.7	1.8
	Unterwasser	1	3	2	1	1	1	0.6	1.2
Fahrbahnplatte	Wasserspuren	1	2	1.5	3	1	2	0.7	1.1
	Kalkaussinterungen	2	2	2	3	1	2	0.7	1.4
Widerlager	Seite Rifferswil	2	2	2	3	1	2	0.7	1.4

Abb. 22 Gesamtbewertung Brücke Jonenbach

I.6 Brücke Riemenstalden

I.6.1 Objektbeschreibung

Die Brücke über den Riemenstaldenbach ist Bestandteil der Axenstrasse N4, wurde 1925 erstellt und 1947 und 1957 verbreitert. Die einfeldrige Brücke hat eine Spannweite von 12 m. Das ursprüngliche Tragwerk von 1925 besteht aus einbetonierten Breitflanschträgern. Die Verbreiterung im Jahr 1947 wurde in derselben Bauweise ausgeführt. Die Verbreiterung im Jahr 1957 besteht aus einem zweistegigen, schlaff bewehrten Plattenbalken. Die Querschnittshöhe beträgt ca. 0.55 m, die Fahrbahnbreite beträgt 6 m mit jeweils einem Gehweg von 1.95 m Breite auf beiden Seiten.



Abb. 23 Übersichtsfoto

I.6.2 Zustandserfassung

Für jedes Bauteil wurden die beobachteten Schäden entsprechend ihrer Schwere und ihres Ausmasses notiert. Die Zustandserfassung und -bewertung befindet sich auf Seite 70. Nachfolgend sind einzelne Schäden zur Erläuterung herausgegriffen und erläutert.



Abb. 24 Grossflächige Korrosion an Träger 1

Kurzbeschreibung Schaden: Korrosion

Die einbetonierten Stahlträger sind über die gesamte Länge korrodiert mit teilweise beträchtlichem Querschnittsverlust am Flansch: **Schwere 4 / Ausmass 4.**

Eine Gefährdung der Tragfähigkeit ist zu vermuten. Die Gebrauchstauglichkeit ist noch gegeben: **Sicherheit 5 / Gebrauchstauglichkeit 1.**



Abb. 25 Korrodiertes Lager

Bauteil/Bauteil: Lager

Kurzbeschreibung Schaden: Korrosion

Sämtliche Lager sind stark korrodiert: **Schwere 3 / Ausmass 5.**

Sowohl eine Gefährdung der Tragsicherheit wie auch der Gebrauchstauglichkeit sind nicht ausschliessbar: **Sicherheit 3 / Gebrauchstauglichkeit 3.**

I.6.3 I.6.3 Zustandsbewertung

Die Schadensnoten und die Bauwerksnote werden wie in Kapitel 6 beschrieben mit k_{SG} aus dem Mittelwert und $k_{min} = 0.6$ ermittelt. Die Auswertung ist auf der Seite 70 dargestellt. Die massgebenden Schäden sind markiert. Dies sind die stark korrodierten Lager sowie der eine Längsträger, dessen Flansch aufgrund der Korrosion bereits massive Querschnittsverluste aufweist.

Bauteil	Schaden	Schwere	Ausmass	S_{eff}	Sicherheit	Gebrauchstauglichkeit	k_{SG}	f_{SG}	S_E
Geländer	Berg	1	1	1	1	1	1	0.6	1
	Tal	1	1	1	1	1	1	0.6	1
Belag	Gehweg Berg	2	1	1.5	1	3	2	0.7	1.1
	Risse parallel zu Randstein								
	Risse bei FÜ	2	1	1.5	1	3	2	0.7	1.1
	Fugen Belag Randstein abgelöst	3	3	3	1	3	2	0.7	2.1
Gehweg See	Risse bei FÜ	2	1	1.5	1	3	2	0.7	1.1
Konsolköpfe	Berg	2	2	2	3	1	2	0.7	1.4
	Korrodierete Bewehrung bei Wassernase	2	1	1.5	3	1	2	0.7	1.1
Tal		1	1	1	1	1	1	0.6	1
Fahrbahnplatte	Nassstellen	2	1	1.5	3	1	2	0.7	1.1
	<i>Korrosionsstellen</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>0.8</i>	<i>3.2</i>
	Korrosionsstellen	3	2	2.5	5	1	3	0.8	2
	Korrosionsstellen	3	3	3	5	1	3	0.8	2.4
	Korrosionsstellen	3	2	2.5	5	1	3	0.8	2
		1	1	1	1	1	1	0.6	1
		1	1	1	1	1	1	0.6	1
	Korrosionsstellen	3	1	2	5	1	3	0.8	1.6
		1	1	1	1	1	1	0.6	1
		1	1	1	1	1	1	0.6	1
		1	1	1	1	1	1	0.6	1
Lager	<i>Korrosion</i>	<i>3</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>0.8</i>	<i>3.2</i>
Widerlager	Gotthard	2	3	2.5	3	3	3	0.8	2
	Schwyz	1	1	1	1	1	1	0.6	1

Abb. 26 Gesamtbewertung Brücke Riemenstalden

II. Beispiele Inspektionsgrundlagenheft

Auf den folgenden Seiten wurden zwei Beispiele für ein Inspektionsgrundlagenheft erarbeitet. Die ausgefüllten Daten dienen lediglich als Beispiel und wurden nicht auf ihre Richtigkeit geprüft.

II.1 Beispiel Inspektionsgrundlagenheft LV Niderste

Teil 1: Objektdaten

Allgemeines

Objektbezeichnung:	Lehnenviadukt Niderste
Baujahr	1964
Konstruktionsart / Bauweise:	Plattenbalkenbrücke mit 3 Feldern: 8.8 / 9.0 / 8.8 m Vorfabrizierte, vorgespannte Längsträger mit Fahrbahnplatte
Statisches System:	Längsträger wirken als einfache Balken
Fundationsart:	Flachfundation

Zusätzliche Informationen zu einzelnen Bauteilen

Fahrbahnübergänge:	keine
Lager:	keine
Werkleitungen:	keine
Vorspannung:	Träger im Spannbett vorgespannt 41 · Ø6 mm Drähte, $f_{pk} = 1770 \text{ N/mm}^2$

Inspektionen

Datum	Resultat
30.06.2008	Hauptinspektion: Zustand schadhaft

Massnahmen

Datum	Massnahme

Teil 2: Zusätzliche Informationen**Allgemeines**

Verkehr / Nutzung: Einzigste Zufahrtsstrasse, keine Umfahrung möglich.
Keine Nutzungsbeschränkung signalisiert.

Geologie: _____

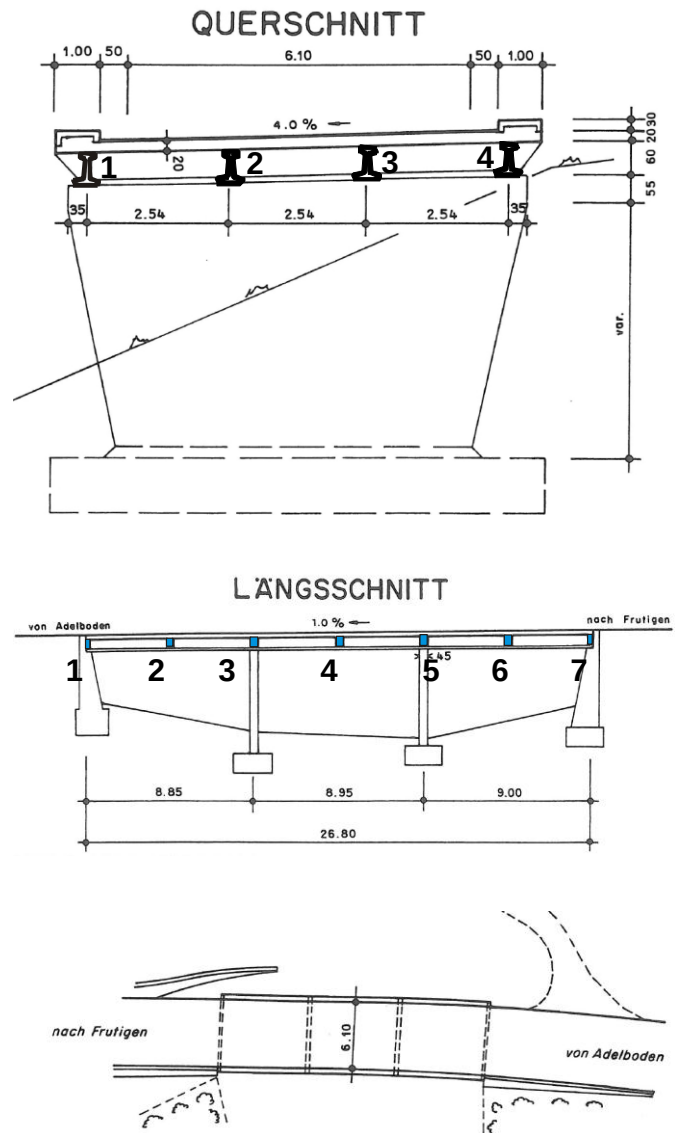
Sonstiges: _____

Bauwerk

Bauteil	Bemerkungen	Si	Gt
Geländer	Entspricht Geländerhöhe aktueller Norm?	x	
Belag			x
Konsolköpfe	Falls Schadensart die Geländerbefestigung gefährden könnte.	(x)	
Fahrbahnplatte		x	
Querträger		x	
Längsträger		x	
Pfeiler		x	
Widerlager		x	

Teil 3: Bauwerksteilgliederung

Bauwerksteilgliederung	
Geländer	Berg Tal
Belag	
Konsolkopf	Berg Tal
Fahrbahnplatte	
Konsolkopfträger	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
Querträger	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
Längsträger	1
	2
	3
	4
Pfeiler	Seite Adalboden Seite Frutigen
Widerlager	Seite Adalboden
	Seite Frutigen



II.2 Beispiel Inspektionsgrundlagenheft DL Wohlhusen

Teil 1: Objektdaten

Allgemeines

Objektbezeichnung:	Durchlass Wohlhusen
Baujahr	unbekannt, ca. 1875
Konstruktionsart / Bauweise:	Natursteingewölbe, Länge 8m, Breite ca. 2m, Höhe ca. 2m
Statisches System:	Gewölbe
Fundationsart:	unbekannt

Zusätzliche Informationen zu einzelnen Bauteilen

Fahrbahnübergänge:	keine
Lager:	keine
Werkleitungen:	keine
Vorspannung:	keine

Inspektionen

Datum	Resultat
01.05.2009	Hauptinspektion: Zustand schadhaft

Massnahmen

Datum	Massnahme

Teil 2: Zusätzliche Informationen**Allgemeines**

Verkehr / Nutzung: Durchlass unter Linie Luzern - Bern

Geologie:

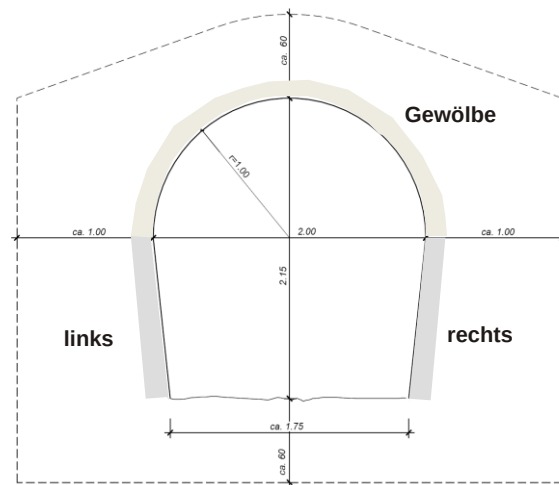
Sonstiges:

Bauwerk

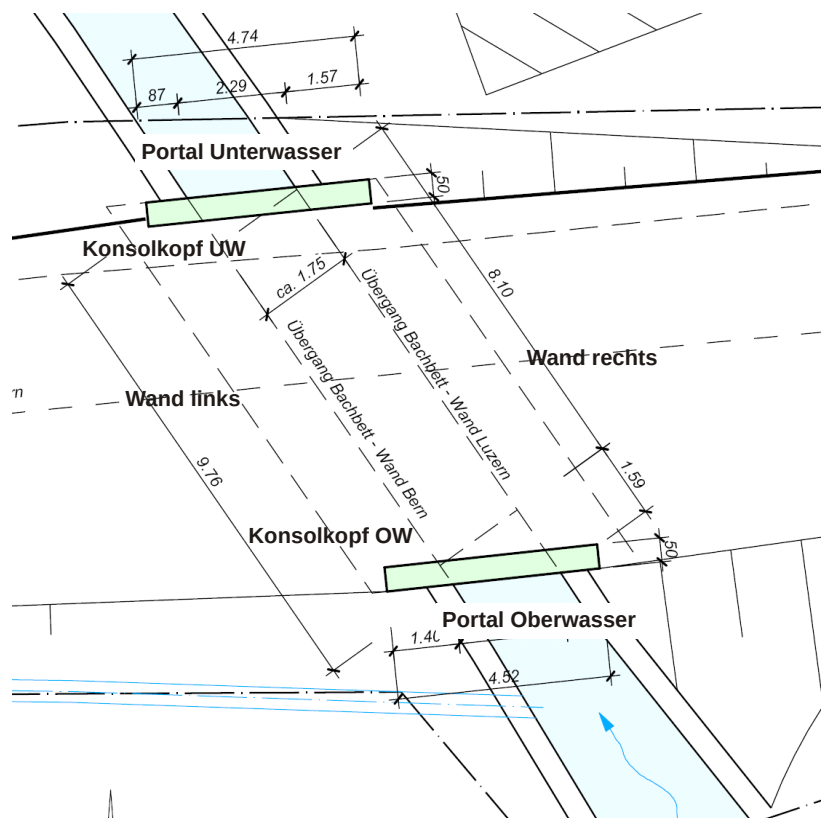
Bauteil	Bemerkungen	Si	Gt
Konsolkopf		x	
Gewölbe		x	
Wand		x	
Bodenplatte	Statische Funktion unklar		
Portal		x	

Teil 3: Bauwerksteilgliederung

Bauwerksteilgliederung	
Konsolkopf	Oberwasser Unterwasser
Gewölbe	
Wand	links* *in Fliessrichtung rechts*
Bodenplatte	
Portal	Oberwasser Unterwasser



SITUATION



Glossar

Begriff	Bedeutung
Bauteil	Bestandteil einer Bauteilgruppe, welcher unabhängig von den anderen Bestandteilen derselben Bauteilgruppe zum Versagen des Bauwerks führt: z.B. Pfeiler 1, Pfeiler 2 (Bauteilgruppe Pfeiler), Längsträger Ost, Längsträger West (Bauteilgruppe Längsträger).
Bauteilgruppe	Zusammenfassung aller Bauteile mit ähnlicher Geometrie und Funktion im Bauwerk: z.B. Pfeiler, Längsträger, Widerlager.
Bauwerk / Objekt	Kunstbaute
Bauwerksgliederung	Unterteilung eines Bauwerks in Bauteilgruppen und Bauteile.
Erhaltung / Bauwerkserhaltung	Gesamtheit der Tätigkeiten und Massnahmen zur Sicherstellung des Bestandes sowie der materiellen Werte eines Bauwerkes (SIA 260 [22]).
Gebrauchstauglichkeit	Fähigkeit eines Tragwerks und seiner Bauteile, die Funktionstüchtigkeit und das Aussehen des Bauwerks sowie den Komfort der das Bauwerk nutzenden Personen entsprechend den Gebrauchsgrenzen zu gewährleisten (SIA 260 [22]).
Inspektion	Feststellen des Zustandes durch gezielte, in der Regel visuelle und einfache Untersuchungen und Zustandsbewertung (SIA 260 [22]).
KUBA	Sammelbegriff für Systeme zur Erhaltung, Nutzung und zum Betrieb von Kunstbauten in der Schweiz.
Schadenkatalog	Zusammenstellung von Schäden mit der Beschreibung ihrer möglichen Ausprägungen (=Schadensschwere) und der zugehörigen Bewertung dafür.
Schadensausmass	Ausdehnung eines Schadens über ein Bauteil gesehen.
Schadensschwere	Ausprägung eines Schadens, z.B. für Schaden 'Bewehrungskorrosion': Oberflächenkorrosion ohne Querschnittsverlust (Schwere 1), Korrosion mit Querschnittsverlust > 30% (Schwere 5).
Tragsicherheit	Fähigkeit eines Tragwerks und seiner Bauteile, die Gesamtstabilität sowie einen für die anzunehmenden Einwirkungen ausreichenden Tragwiderstand (einschliesslich der Ermüdungsfestigkeit) entsprechend einer festgelegten, erforderlichen Zuverlässigkeit zu gewährleisten (SIA 260 [22]).
Überprüfung	Bei besonderem Anlass durchgeführte Zustandserfassung und –beurteilung samt Massnahmenempfehlung (SIA 260 [22]).
Überwachung	Feststellen und Bewerten des Zustandes mit Empfehlungen für das weitere Vorgehen (SIA 260 [22]).
Unterhalt	Bewahren oder Wiederherstellen eines Bauwerkes ohne wesentliche Änderung der Anforderungen (SIA 469 [21])
Zustandsbewertung	Beurteilung des Zustandes eines Bauwerkes mit einer Note.
Bezeichnungen	Bedeutung
f_{GS}	Gewichtungsfaktor zur Berücksichtigung von Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit.
k_{min}	Minimalwert des Faktors f_{GS} , wenn ein Bauteil oder der daran auftretende Schaden keine Relevanz für die Sicherheit und/oder die Gebrauchstauglichkeit haben.
k_{SG}	Beiwert in dem die Bewertungen für Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit zu einem Wert zusammengeführt werden.
S_{eff}	Effektive Schadensnote aus Schadensschwere und –ausmass.
S_G	Gewichtete Schadensnote: Effektive Schadensnote gewichtet unter Berücksichtigung der Bewertungen für Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit.

Literaturverzeichnis

-
- [1] American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO (2011): *AASHTO Guide manual for Bridge Element Inspection*, First Edition, Washington D.C., 131 pp.
-
- [2] Bundesamt für Strassen ASTRA (1998): *KUBA-MS-Ticino Handbuch für die Datenerfassung*, Release 1.0, Bern, 59 pp.
-
- [3] Bundesamt für Strassen ASTRA (2000): *KUBA Technisches Handbuch*, Bern, 59 pp.
-
- [4] Bundesamt für Strassen ASTRA (2009): *Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten, AGB Bericht Nr. 618 Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung*, Forschungsauftrag AGB 2005/102 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, ETH Zürich Institut für Baustatik und Konstruktion, Ernst Basler + Partner AG, Risk&Safety AG, 148 pp.
-
- [5] Bundesamt für Strassen ASTRA (2009): *Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten, AGB Bericht Nr. 619 Ermittlung des Netzrisikos*, Forschungsauftrag AGB 2005/103 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, Ernst Basler + Partner AG, ETH Zürich Institut für Baustatik und Konstruktion, 80 pp.
-
- [6] Bundesamt für Strassen ASTRA (2009): *Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten, AGB Bericht Nr. 620 Effektivität und Effizienz von Massnahmen*, Forschungsauftrag AGB 2005/104 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, Amstein + Walther AG, Infrastructure Management Consultants GmbH, 88 pp.
-
- [7] Bundesamt für Strassen ASTRA (2009): *Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten, AGB Bericht Nr. 625 Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten*, Forschungsauftrag AGB 2005/109 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, Amstein + Walther AG, Infrastructure Management Consultants GmbH, 110 pp.
-
- [8] Bundesamt für Strassen ASTRA (2010): *Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten, AGB Bericht Nr. 624 Risikobeurteilung für Kunstbauten*, Forschungsauftrag AGB 2005/108 auf Antrag der Arbeitsgruppe Brückenforschung, Ernst Basler + Partner AG, Risk&Safety AG, Hirt, M. A., 74 pp.
-
- [9] Bundesanstalt für Strassenwesen BAST (1999): *Algorithmen zur Zustandsbewertung von Ingenieurbauwerken*, Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Brücken- und Ingenieurbau Heft B 22, Bergisch Gladbach, 43 pp.
-
- [10] Bundesanstalt für Strassenwesen BAST (1999): *Konzeption eines Managementsystems zur Erhaltung von Brücken- und Ingenieurbauwerken*, Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Brücken- und Ingenieurbau Heft B 25, Bergisch Gladbach, 51 pp.
-
- [11] Bundesanstalt für Strassenwesen BAST (2002): *Entwicklung eines Bauwerks-Management-Systems für das deutsche fernstrassennetz Stufe 1 und 2*, Schlussbericht zum AP-Projekt 99 245, Haardt, P., Bergisch Gladbach, 58 pp.
-
- [12] Bundesanstalt für Strassenwesen BAST (2005): *Entwicklung eines Bauwerks-Management-Systems für das deutsche fernstrassennetz Stufe 3*, Schlussbericht zum AP-Projekt 02 244/B4, Holst, R., Bergisch Gladbach, 45 pp.
-
- [13] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2007): *Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 RI-EBW-PRÜF*, Richtlinien für die Erhaltung von Ingenieurbauten RI-ERH-ING, 26 pp.
-
- [14] Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie bmvit (2009): *RVS 13.04.01 Qualitätssicherung bauliche Erhaltung, Bauwerksdatenbank, Allgemeiner Teil*, Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse · Schiene · Verkehr FSV, Wien, 27 pp.
-
- [15] Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie bmvit (2011): *RVS 13.03.11 Qualitätssicherung bauliche Erhaltung, Bauwerksdatenbank, Allgemeiner Teil*, Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse · Schiene · Verkehr FSV, Wien, 27 pp.
-
- [16] CEB-FIP (1998): *Condition Rating Methods for Concrete Structures*, CEB Bulletin No. 243 Strategies for Testing and Assessment of Concrete Structures, Guidance Report, Appendix A, Znidaric, J., Perus, I., Lausanne, pp 155 – 168.
-

-
- [17] Laboratoire Central des Ponts et Chaussées LCPC (2006): *VSC Méthode d'aide à la gestion de patrimoine, Guide technique*, Partie 1, Paris, pp 1 – 24.
-
- [18] Maher, A., Ghasemi, H. (2011): *Long Term Bridge Performance Program: Objective and Goals*, Proceedings of SMAR 2011: Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Civil Structures, Dubai, p 34.
-
- [19] Minnesota Department of Transportation (2009): *Bridge Inspection Manual*, Version 1.8, 139 pp.
-
- [20] Schweizerische Bundesbahnen SBB (2008): *Überwachung und Unterhalt der Ingenieurbauten, Grundlagen*, Version 1.0, 10 pp.
-
- [21] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (1997): *Norm SIA 469 Erhaltung von Bauwerken*, Zürich, 20 pp.
-
- [22] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2003): *Norm SIA 260 Grundlagen der Projektierung von Tragwerken*, Zürich, 42 pp.
-
- [23] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2011): *Norm SIA 269 Grundlagen der Erhaltung von Tragwerken*, Zürich, 28 pp.
-
- [24] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2003): *Norm SN 640 904 Erhaltungsmanagement (EM) Gesamtbewertung von Fahrbahnen, Kunstbauten und technischen Ausrüstungen: Substanz- und Gebrauchswerte*, Zürich, 24 pp.
-
- [25] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2003): *Norm SN 640 925b Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen (EMF) Zustandserhebung und Indexbewertung*, Zürich, 15 pp.
-
- [26] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2004): *Norm SN 640 900a Erhaltungsmanagement (EM) Grundnorm*, Zürich, 35 pp.
-
- [27] Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements Sétra (1996): *Image de la Qualité des ouvrages d'art, classification des ouvrages*, Bagneux Cedex, 30 pp.
-
- [28] Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements Sétra (2006): *Gestion des ouvrages d'art à l'usage des départements et autres collectivités locales, guide méthodologique*, Bagneux Cedex ; 89 pp.
-
- [29] Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements Sétra (2008): *Méthodes de gestion des ouvrages développées par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire*, CETE Méditerranée \ DCEDI \ DOA, Bagneux Cedex, 34 pp.
-
- [30] U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration (1995): *Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and appraisal of the Nation's Bridges*, Report No. FHWA-PD-96-001, Washington D.C., 78 pp.
-
- [31] U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, National Bridge Inspection Standards (NBIS), <http://fhwa.dot.gov/bridge/nbis.htm>
-
- [32] Ulrich, H., Krieg, W. (1972): , Verlag Paul Haupt, Bern, 55 pp.
-

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: 26.06.2014

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2007/704
Projekttitel: Grundlagen für die Gesamtbewertung von Kunstbauten der Infrastruktur-Anlagen
Enddatum: Sommer 2014

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes wurde basierend auf den bestehenden VSS- und SIA-Normen eine neue Methode zur Gesamtbewertung entwickelt, die ein Bewertungssystem liefert, welches einen Vergleich des Zustands mehrerer Kunstbauten erlaubt. Diese einheitliche Bewertung ermöglicht es den Infrastrukturbesitzern, die Verteilung ihrer finanziellen Mittel und Ressourcen zu optimieren.

Neu wird an jedem Bauteil separat die ‚Sicherheit‘ (wobei hier sowohl die Tragsicherheit des Bauwerks als auch die Verkehrssicherheit gemeint sind) und ‚Gebrauchstauglichkeit‘ erfasst. Die Zustandsbewertung erfolgt, indem die Bewertungsnote des festgestellten Schadens (aus Schwere und Ausmass), falls dieser für die Sicherheit und die Gebrauchstauglichkeit nicht relevant ist, nach unten korrigiert wird. Bei relevanten Schäden bleibt die effektive Schadensnote erhalten. Dies ermöglicht es, dass ‚irrelevante‘ Schäden mit grossem Ausmass für ein Bauwerk nicht massgebend werden, falls ‚relevante‘ Schäden mit geringerem Ausmass vorhanden sind.

Die vorgeschlagene Methode eignet sich für alle Typen von Kunstbauten. Durch die klare Abgrenzung und die einfache Integration zusätzlicher Daten kann sie sowohl an bestehende Managementsysteme angegliedert, als auch separat angewendet werden.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Das Ziel der Ausarbeitung einer Bewertungsmethode für Kunstbauten wurde aus Sicht der Forschungsstelle erreicht. Mit einer praxistauglichen Methode kann die Zustandsbewertung von Kunstbauten unter Berücksichtigung der Sicherheit und der Gebrauchstauglichkeit vorgenommen werden. Die Methode kann sowohl für Inspektionen wie auch für detaillierte Überprüfungen angewendet werden.
Das zeitliche Ziel mit Abschluss der Forschungsarbeit 2010 konnte nicht eingehalten werden.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die Zustandsbewertung wurde anhand von Praxisbeispielen auf ihre Plausibilität geprüft. Weitere Optimierungs- und Validierungsschritte müssten anhand einer vertieften Studie vorgenommen werden. Die Erarbeitung des Schadenskataloges sowie die Parameterstudie könnten den Inhalt von Folgeprojekten darstellen. Die Resultate aus dem aktuellen Forschungsbericht sowie den vorgeschlagenen Folgeprojekten sollen in die Erarbeitung der Norm SN 640 951 Gesamtbewertung von Kunstbauten einfließen.

Publikationen:

keine.
Vorstellung der Resultate an der MISTRA-Tagung 2011 in Bern

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Schmid

Vorname: Manuel

Amt, Firma, Institut: ewp AG Effretikon, Rikonerstrasse 4, 8307 Effretikon

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Das erklärte Ziel dieses Forschungsprojektes besteht in Bereitstellung einer Methode zur Gesamtbeurteilung von Kunstbauten mit Berücksichtigung der Netzabhängigkeiten. Dieses Ziel wurde erreicht wobei von Anfang an klar war, dass zur praxistauglichen Berücksichtigung von Netzabhängigkeiten die gesamte Strasseninfrastruktur analysiert werden muss, was den Umfang dieses Auftrags sprengen würde. Die erarbeitete Methode beruht auf einer klaren Definition der massgebenden Zustandsindikatoren, erlaubt eine einheitliche Bewertung von Kunstbauten und dient u. a. der Priorisierung von Erhaltungsmaßnahmen. Die Berücksichtigung der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit durch die Einführung der gewichteten Schadensnote erlaubt in einer frühen Phase korrekte Bewertung von Kunstbauten. Die Anwendung der erarbeiteten Methoden wird mit Hilfe von Praxisbeispielen erleichtert. Aus diesem Grund hat die Begleitkommission den vorliegenden Forschungsbericht positiv beurteilt.

Umsetzung:

Das Kernstück der vorgeschlagenen Methode ist das Inspektionsgrundlageheft, in welchem wertvolle Informationen zu jeder Kunstbaute enthalten sind. Diese Informationen betreffen die Bedeutung von Bauwerksteile für die Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit. Das Vorhandensein dieses Inspektionsgrundlageheftes erlaubt Inspektoren sich auf die Schäden zu konzentrieren, welche mit grosser Sorgfalt zu erfassen sind. Die bestehende Praxis ändert sich somit nicht grundlegend. Die Erarbeitung der Inspektionsgrundlagehefte für jede Kunstbaute soll im Rahmen der ersten Inspektion erfolgen und diese bleiben für weitere Inspektionen unverändert. Die Erstellung dieses Inspektionsgrundlageheftes ist die einzige nennenswerte Hürde für die Umsetzung dieser Forschungsarbeit in der Praxis.

weitergehender Forschungsbedarf:

In Bezug zur Gesamtbewertung von Kunstbauten wird in absehbarer Zeit keine weitere Forschung erforderlich. Die Akzeptanz der in dieser Arbeit erarbeiteten Methode soll überwacht und Praxiserfahrungen gesammelt werden. Die entsprechenden Erkenntnisse aus der Anwendung können u. U. zu neuen Forschungsideen führen.

Einfluss auf Normenwerk:

Aufgrund dieser Forschungsarbeit ist eine VSS SNR 640 951 geplant. Diese Arbeiten werden noch in diesem Jahr in Angriff genommen.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Hajdin

Vorname: Rade

Amt, Firma, Institut: Infrastructure Management Consultants GmbH, 8006 Zürich

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1465	ASTRA 2000/417	Erfahrungen mit der Sanierung und Erhaltung von Betonoberflächen	2014
1462	ASTRA 2011/004	Ermittlung der Versagensgrenze eines T2 Norm-Belages mit der mobiles Grossversuchsanlage MLS10	2014
1460	SVI 2007/017	Nutzen der Verkehrsinformation für die Verkehrssicherheit	2014
1459	VSS 2002/501	Leichtes Fallgewichtsgesetz für die Verdichtungskontrolle von Fundamentalschichten	2014
1458	VSS 2010/703	Umsetzung Erhaltungsmanagement für Strassen in Gemeinden - Arbeitshilfen als Anhang zur Norm 640 980	2014
1457	SVI 2012/006	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 5: Medizinische Folgen des Strassenunfallgeschehens	2014
1456	SVI 2012/005	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 4: Einflüsse des Wetters auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1455	SVI 2012/004	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 3: Einflüsse von Fahrzeugeigenschaften auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1454	SVI 2012/003	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 2: Einflüsse von Situation und Infrastruktur auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1453	SVI 2012/002	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 1: Einflüsse von Mensch und Gesellschaft auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1452	SVI 2012/001	Forschungspaket VeSPA: Synthesebericht Phase 1	2014
1451	FGU 2010/006	Gasanalytik zur frühzeitigen Branddetektion in Tunneln	2013
1450	VSS 2002/401	Kaltrecycling von Ausbauasphalt mit bituminösen Bindemitteln	2014
1449	ASTRA 2010/024	E-Scooter - Sozial- und naturwissenschaftliche Beiträge zur Förderung leichter Elektrofahrzeuge in der Schweiz	2013
1448	SVI 2009/008	Anforderungen der Güterlogistik an die Netzinfrastruktur und die langfristige Netzentwicklung in der Schweiz. Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt C	2014
1447	SVI 2009/005	Informationstechnologien in der zukünftigen Gütertransportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt E	2013
1446	VSS 2005/454	Forschungspaket Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut: EP3: Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1445	VSS 2009/301	Öffnung der Busstreifen für weitere Verkehrsteilnehmende	2013
1444	VSS 2007/306	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von Anlagen des leichten Zweirad- und des Fussgängerverkehrs	2013
1443	VSS 2007/305	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen ÖV	2013
1442	SVI 2010/004	Messen des Nutzens von Massnahmen mit Auswirkungen auf den Langsamverkehr - Vorstudie	2013
1441_2	SVI 2009/010	Zielsystem im Güterverkehr. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz - Teilprojekt G	2013
1441_1	SVI 2009/010	Effizienzsteigerungspotenziale in der Transportwirtschaft durch integrierte Bewirtschaftungsinstrumente aus Sicht der Infrastrukturbetreiber Synthese der Teilprojekte B3, C, D, E und F des Forschungspakets Güterverkehr anhand eines Zielsystems für den Güterverkehr	2013
1440	SVI 2009/006	Benchmarking-Ansätze im Verkehrswesen	2013
1439	SVI 2009/002	Konzept zur effizienten Erfassung und Analyse der Güterverkehrsdaten Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz von Verkehrsmitteln im Güterverkehr der Schweiz TP A	2013
1438_2	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 2. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1438_1	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 1. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1437	VSS 2008/203	Trottoirüberfahrten und punktuelle Querungen ohne Vortritt für den Langsamverkehr	2013
1436	VSS 2010/401	Auswirkungen verschiedener Recyclinganteile in ungebundenen Gemischen	2013
1435	FGU 2008/007_OBF	Schadstoff- und Rauchkurzschlüsse bei Strassentunneln	2013
1434	VSS 2006/503	Performance Oriented Requirements for Bituminous Mixtures	2013
1433	ASTRA 2010/001	Güterverkehr mit Lieferwagen: Entwicklungen und Massnahmen Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B3	2013
1432	ASTRA 2007/011	Praxis-Kalibrierung der neuen mobilen Grossversuchsanlage MLS10 für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen in der Schweiz	2013
1431	ASTRA 2011/015	TeVeNOx - Testing of SCR-Systems on HD-Vehicles	2013
1430	ASTRA 2009/004	Impact des conditions météorologiques extrêmes sur la chaussée	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1429	SVI 2009/009	Einschätzungen der Infrastrukturnutzer zur Weiterentwicklung des Regulativs Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP F	2013
1428	SVI 2010/005	Branchenspezifische Logistikkonzepte und Güterverkehrsaufkommen sowie deren Trends Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B2	2013
1427	SVI 2006/002	Begegnungszonen - eine Werkschau mit Empfehlungen für die Realisierung	2013
1426	ASTRA 2010/025_OBF	Luftströmungsmessung in Strassentunneln	2013
1425	VSS 2005/401	Résistance à l'altération des granulats et des roches	2013
1424	ASTRA 2006/007	Optimierung der Baustellenplanung an Autobahnen	2013
1423	ASTRA 2010/012	Forschungspaket: Lärmarme Beläge innerorts EP3: Betrieb und Unterhalt lärmarmen Beläge	2013
1422	ASTRA 2011/006_OBF	Fracture processes and in-situ fracture observations in Gipskeuper	2013
1421	VSS 2009/901	Experimenteller Nachweis des vorgeschlagenen Raum- und Topologiemodells für die VM-Anwendungen in der Schweiz (MDATrafo)	2013
1420	SVI 2008/003	Projektierungsfreiräume bei Strassen und Plätzen	2013
1419	VSS 2001/452	Stabilität der Polymere beim Heisseinbau von PmB-haltigen Strassenbelägen	2013
1418	VSS 2008/402	Anforderungen an hydraulische Eigenschaften von Geokunststoffen	2012
1417	FGU 2009/002	Heat Exchanger Anchors for Thermo-active Tunnels	2013
1416	FGU 2010/001	Sulfatwiderstand von Beton: verbessertes Verfahren basierend auf der Prüfung nach SIA 262/1, Anhang D	2013
1415	VSS 2010/A01	Wissenslücken im Infrastrukturmanagementprozess "Strasse" im Siedlungsgebiet	2013
1414	VSS 2010/201	Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der Strassenausstattung	2013
1413	SVI 2009/003	Güterverkehrsintensive Branchen und Güterverkehrsströme in der Schweiz Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz Teilprojekt B1	2013
1412	ASTRA 2010/020	Werkzeug zur aktuellen Ganglinienorm	2013
1411	VSS 2009/902	Verkehrstelematik für die Unterstützung des Verkehrsmanagements in ausserordentlichen Lagen	2013
1410	VSS 2010/202_OBF	Reduktion von Unfallfolgen bei Bränden in Strassentunneln durch Abschnittsbildung	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1409	ASTRA 2010/017_OBF	Regelung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2013
1408	VSS 2000/434	Viellissement thermique des enrobés bitumineux en laboratoire	2012
1407	ASTRA 2006/014	Fusion des indicateurs de sécurité routière : FUSAIN	2012
1406	ASTRA 2004/015	Amélioration du modèle de comportement individuel du Conducteur pour évaluer la sécurité d'un flux de trafic par simulation	2012
1405	ASTRA 2010/009	Potential von Photovoltaik an Schallschutzmassnahmen entlang der Nationalstrassen	2012
1404	VSS 2009/707	Validierung der Kosten-Nutzen-Bewertung von Fahrbahn-Erhaltungsmassnahmen	2012
1403	SVI 2007/018	Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen	2012
1402	VSS 2008/403	Witterungsbeständigkeit und Durchdrückverhalten von Geokunststoffen	2012
1401	SVI 2006/003	Akzeptanz von Verkehrsmanagementmassnahmen-Vorstudie	2012
1400	VSS 2009/601	Begrünte Stützgitterböschungssysteme	2012
1399	VSS 2011/901	Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Incentivierung	2012
1398	ASTRA 2010/019	Environmental Footprint of Heavy Vehicles Phase III: Comparison of Footprint and Heavy Vehicle Fee (LSVA) Criteria	2012
1397	FGU 2008/003_OBF	Brandschutz im Tunnel: Schutzziele und Brandbemessung Phase 1: Stand der Technik	2012
1396	VSS 1999/128	Einfluss des Umhüllungsgrades der Mineralstoffe auf die mechanischen Eigenschaften von Mischgut	2012
1395	FGU 2009/003	KarstALEA: Wegleitung zur Prognose von karstspezifischen Gefahren im Untertagbau	2012
1394	VSS 2010/102	Grundlagen Betriebskonzepte	2012
1393	VSS 2010/702	Aktualisierung SN 640 907, Kostengrundlage im Erhaltungsmanagement	2012
1392	ASTRA 2008/008_009	FEHRL Institutes WIM Initiative (Fiwi)	2012
1391	ASTRA 2011/003	Leitbild ITS-CH Landverkehr 2025/30	2012
1390	FGU 2008/004_OBF	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Belchentunnel	2012
1389	FGU 2003/002	Long Term Behaviour of the Swiss National Road Tunnels	2012
1388	SVI 2007/022	Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1387	VSS 2010/205_OBF	Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1386	VSS 2006/204	Schallreflexionen an Kunstbauten im Strassenbereich	2012
1385	VSS 2004/703	Bases pour la révision des normes sur la mesure et l'évaluation de la planéité des chaussées	2012
1384	VSS 1999/249	Konzeptuelle Schnittstellen zwischen der Basisdatenbank und EMF-, EMK- und EMT-DB	2012
1383	FGU 2008/005	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Chienbergtunnel	2012
1382	VSS 2001/504	Optimierung der statischen Eindringtiefe zur Beurteilung von harten Gussasphaltsorten	2012
1381	SVI 2004/055	Nutzen von Reisezeiteinsparungen im Personenverkehr	2012
1380	ASTRA 2007/009	Wirkungsweise und Potential von kombinierter Mobilität	2012
1379	VSS 2010/206_OBF	Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1378	SVI 2004/053	Mehr Sicherheit dank Kernfahrbahnen?	2012
1377	VSS 2009/302	Verkehrssicherheitsbeurteilung bestehender Verkehrsanlagen (Road Safety Inspection)	2012
1376	ASTRA 2011/008_004	Erfahrungen im Schweizer Betonbrückenbau	2012
1375	VSS 2008/304	Dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen	2012
1374	FGU 2004/003	Entwicklung eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens für Schweissnähte von KDB	2012
1373	VSS 2008/204	Vereinheitlichung der Tunnelbeleuchtung	2012
1372	SVI 2011/001	Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen	2012
1371	ASTRA 2008/017	Potenzial von Fahrgemeinschaften	2011
1370	VSS 2008/404	Dauerhaftigkeit von Betonfahrbahnen aus Betongranulat	2011
1369	VSS 2003/204	Rétention et traitement des eaux de chaussée	2012
1368	FGU 2008/002	Soll sich der Mensch dem Tunnel anpassen oder der Tunnel dem Menschen?	2011
1367	VSS 2005/801	Grundlagen betreffend Projektierung, Bau und Nachhaltigkeit von Anschlussgleisen	2011
1366	VSS 2005/702	Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengrif-	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		figkeit	
1365	SVI 2004/014	Neue Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten dank Data Mining?	2011
1364	SVI 2009/004	Regulierung des Güterverkehrs Auswirkungen auf die Transportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP D	2012
1363	VSS 2007/905	Verkehrsprognosen mit Online -Daten	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung	2012
1360	VSS 2010/203	Akustische Führung im Strassentunnel	2012
1359	SVI 2004/003	Wissens- und Technologientransfer im Verkehrsbereich	2012
1358	SVI 2004/079	Verkehrsanbindung von Freizeitanlagen	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer?	2012
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen	2011
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhang D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis	2011
1354	VSS 2003/203	Anordnung, Gestaltung und Ausführung von Treppen, Rampen und Treppenwegen	2011
1353	VSS 2000/368	Grundlagen für den Fussverkehr	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen)	2011
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels	2011
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene	2011
1347	VSS 2000/455	Leistungsfähigkeit von Parkierungsanlagen	2010
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauchabsaugung	2010
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		des SIS"	
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren	2010
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr	2011
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten	2010
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit	2009
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors	2010
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im Labormassstab	2011
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen	2011
1333	SVI 2007/001	Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum	2011
1332	VSS 2006/905	Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement	2011
1331	VSS 2005/501	Rückrechnung im Strassenbau	2011
1330	FGU 2008/006	Energiegewinnung aus städtischen Tunneln: Systemevaluation	2010
1329	SVI 2004/073	Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen	2010
1328	VSS 2005/302	Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten	2011
1327	VSS 2006/601	Vorhersage von Frost und Nebel für Strassen	2010
1326	VSS 2006/207	Erfolgskontrolle Fahrzeugrückhaltesysteme	2011
1325	SVI 2000/557	Indices caractéristiques d'une cité-vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes.	2010
1324	VSS 2004/702	Eigenheiten und Konsequenzen für die Erhaltung der Strassenverkehrsanlagen im überbauten Gebiet	2009
1323	VSS 2008/205	Ereignisdetektion im Strassentunnel	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1322	SVI 2005/007	Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit	2008
1321	VSS 2008/501	Validation de l'oedomètre CRS sur des échantillons intacts	2010
1320	VSS 2007/303	Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen	2010
1318	FGU 2006/001	Langzeitquellversuche an anhydritführenden Gesteinen	2010
1317	VSS 2000/469	Geometrisches Normalprofil für alle Fahrzeugtypen	2010
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen	2010
1315	VSS 2006/904	Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten	2008
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung	2010
1312	SVI 2004/006	Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz	2010
1311	VSS 2000/543	VIABILITE DES PROJETS ET DES INSTALLATIONS ANNEXES	2010
1310	ASTRA 2007/002	Beeinflussung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2010
1309	VSS 2008/303	Verkehrsregelungssysteme - Modernisierung von Lichtsignalanlagen	2010
1308	VSS 2008/201	Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung	2010
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt	2008
1306	ASTRA 2008/002	Strassenglätte-Prognosesystem (SGPS)	2010
1305	VSS 2000/457	Verkehrserzeugung durch Parkieranlagen	2009
1304	VSS 2004/716	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen	2008
1303	ASTRA 2009/010	Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen; Überprüfung	2010
1302	VSS 1999/131	Zusammenhang zwischen Bindemittleigenschaften und Schadensbildern des Belages?	2010
1301	SVI 2007/006	Optimierung der Strassenverkehrsunfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1300	VSS 2003/903	SATELROU Perspectives et applications des méthodes de navigation pour la télématique des transports routiers et pour le système d'information de la route	2010
1299	VSS 2008/502	Projet initial - Enrobés bitumineux à faibles impacts énergétiques et écologiques	2009
1298	ASTRA 2007/012	Griffigkeit auf winterlichen Fahrbahnen	2010
1297	VSS 2007/702	Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement	2009
1296	ASTRA 2007/008	Swiss contribution to the Heavy-Duty Particle Measurement Programme (HD-PMP)	2010
1295	VSS 2005/305	Entwurfsgrundlagen für Lichtsignalanlagen und Leitfaden	2010
1294	VSS 2007/405	Wiederhol- und Vergleichspräzision der Druckfestigkeit von Gesteinskörnungen am Haufwerk	2010
1293	VSS 2005/402	Détermination de la présence et de l'efficacité de dope dans les bétons bitumineux	2010
1292	ASTRA 2006/004	Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes mit eigener Ölmühle	2010
1291	ASTRA 2009/005	Fahrmuster auf überlasteten Autobahnen Simultanes Berechnungsmodell für das Fahrverhalten auf Autobahnen als Grundlage für die Berechnung von Schadstoffemissionen und Fahrzeitgewinnen	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers	2008
1289	VSS 2005/505	Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen, nationale Umsetzung der EN	2010
1288	ASTRA 2006/020	Footprint II - Long Term Pavement Performance and Environmental Monitoring on A1	2010
1287	VSS 2008/301	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von komplexen ungesteuerten Knoten: Analytisches Schätzverfahren	2009
1286	VSS 2000/338	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Strassen ohne Richtungstrennung	2010
1285	VSS 2002/202	In-situ Messung der akustischen Leistungsfähigkeit von Schallschirmen	2009
1284	VSS 2004/203	Evacuation des eaux de chaussée par les bas-cotés	2010
1283	VSS 2000/339	Grundlagen für eine differenzierte Bemessung von Verkehrsanlagen	2008
1282	VSS 2004/715	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmassnahmen	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1281	SVI 2004/002	Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben	2009
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrspsychologischer Teilbericht	2010
1279	VSS 2005/301	Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel	2009
1278	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit - Verkehrstechnischer Teilbericht	2009
1277	SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie	2010
1276	VSS 2006/201	Überprüfung der schweizerischen Ganglinien	2008
1275	ASTRA 2006/016	Dynamic Urban Origin - Destination Matrix - Estimation Methodology	2009
1274	SVI 2004/088	Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung	2009
1273	ASTRA 2008/006	UNTERHALT 2000 - Massnahme M17, FORSCHUNG: Dauerhafte Materialien und Verfahren SYNTHESE - BERICHT zum Gesamtprojekt "Dauerhafte Beläge" mit den Einzelnen Forschungsprojekten: - ASTRA 200/419: Verhaltensbilanz der Beläge auf Nationalstrassen - ASTRA 2000/420: Dauerhafte Komponenten auf der Basis erfolgreicher Strecken - ASTRA 2000/421: Durabilité des enrobés - ASTRA 2000/422: Dauerhafte Beläge, Rundlaufversuch - ASTRA 2000/423: Griffigkeit der Beläge auf Autobahnen, Vergleich zwischen den Messergebnissen von SRM und SCRIM - ASTRA 2008/005: Vergleichsstrecken mit unterschiedlichen oberen Tragschichten auf einer Nationalstrasse	2008
1272	VSS 2007/304	Verkehrsregelungssysteme - behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen	2010
1271	VSS 2004/201	Unterhalt von Lärmschirmen	2009
1270	VSS 2005/502	Interaktion Strasse Hangstabilität: Monitoring und Rückwärtsrechnung	2009
1269	VSS 2005/201	Evaluation von Fahrzeugrückhaltesystemen im Mittelstreifen von Autobahnen	2009
1268	ASTRA 2005/007	PM10-Emissionsfaktoren von Abriebspartikeln des Strassenverkehrs (APART)	2009
1267	VSS 2007/902	MDAinSVT Einsatz modellbasierter Datentransfernomen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik	2009
1266	VSS 2000/343	Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr	2009
1265	VSS 2005/701	Zusammenhang zwischen dielektrischen Eigenschaften und Zustandsmerkmalen von bitumenhaltigen Fahrbahnbelägen (Pilotuntersuchung)	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1264	SVI 2004/004	Verkehrspolitische Entscheidung in der Verkehrsplanung	2009
1263	VSS 2001/503	Phénomène du dégel des sols gélifs dans les infrastructures des voies de communication et les pergélisols alpins	2006
1262	VSS 2003/503	Lärmverhalten von Deckschichten im Vergleich zu Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche	2009
1261	ASTRA 2004/018	Pilotstudie zur Evaluation einer mobilen Grossversuchsanlage für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen	2009
1260	FGU 2005/001	Testeinsatz der Methodik "Indirekte Vorauserkundung von wasserführenden Zonen mittels Temperaturdaten anhand der Messdaten des Lötschberg-Basistunnels	2009
1259	VSS 2004/710	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Synthesebericht	2008
1258	VSS 2005/802	Kaphaltestellen Anforderungen und Auswirkungen	2009
1257	SVI 2004/057	Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen Der Durchfahrtswiderstand als Arbeitsinstrument bei der städtebaulichen Gestaltung von Strassenräumen	2009
1256	VSS 2006/903	Qualitätsanforderungen an die digitale Videobild-Bearbeitung zur Verkehrsüberwachung	2009
1255	VSS 2006/901	Neue Methoden zur Erkennung und Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit	2009
1254	VSS 2006/502	Drains verticaux préfabriqués thermiques pour la consolidation in-situ des sols	2009
1253	VSS 2001/203	Rétention des polluants des eaux de chaussées selon le système "infiltrations sur les talus". Vérification in situ et optimisation	2009
1252	SVI 2003/001	Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)	2009
1251	ASTRA 2002/405	Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumineux	2008
1250	VSS 2005/202	Strassenabwasser Filterschacht	2007
1249	FGU 2003/004	Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen	2009
1248	VSS 2000/433	Dynamische Eindringtiefe zur Beurteilung von Gussasphalt	2008
1247	VSS 2000/348	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen	2009
1246	VSS 2004/713	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1245	VSS 2004/701	Verfahren zur Bestimmung des Erhaltungsbedarfs in kommunalen Strassen-netzen	2009
1244	VSS 2004/714	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Ge-samtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungs-massnahmen	2008
1243	VSS 2000/463	Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen	2008
1242	VSS 2005/451	Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut	2007
1241	ASTRA 2001/052	Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests	2009
1240	ASTRA 2002/010	L'acceptabilité du péage de congestion : Résultats et analyse de l'enquête en Suisse	2009
1239	VSS 2000/450	Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen	2009
1238	VSS 2005/303	Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellen-bereich von Hochleistungsstrassen	2008
1237	VSS 2007/903	Grundlagen für eCall in der Schweiz	2009
1236	ASTRA 2008/008_07	Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR	2008
1235	VSS 2004/711	Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen - Standardi-sierte Erhaltungsmassnahmen	2008
1234	VSS 2006/504	Expérimentation in situ du nouveau drainomètre européen	2008
1233	ASTRA 2000/420	Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhal-tiger Belagsschichten	2009
660	AGB 2008/002	Indirekt gelagerte Betonbrücken - Sachstandsbericht	2014
659	AGB 2009/014	Suizidprävention bei Brücken: Follow-Up	2014
658	AGB 2006/015_OBF	Querkraftwiderstand vorgespannter Brücken mit ungenügender Querkraftbe-wehrung	2014
657	AGB 2003/012	Brücken in Holz: Möglichkeiten und Grenzen	2013
656	AGB 2009/015	Experimental verification of integral bridge abutments	2013
655	AGB 2007/004	Fatigue Life Assessment of Roadway Bridges Based on Actual Traffic Loads	2013
654	AGB 2005-008	Thermophysical and Thermomechanical Behavior of Cold-Curing Structural Adhesives in Bridge Construction	2013
653	AGB 2007/002	Poinçonnement des pontsdalles précontraints	2013
652	AGB 2009/006	Detektion von Betonstahlbrüchen mit der magnetischen Streufeldmethode	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
651	AGB 2006/006_OBF	Instandsetzung und Monitoring von AAR-geschädigten Stützmauern und Brücken	2013
650	AGB 2005/010	Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Betonstählen	2012
649	AGB 2008/012	Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen	2012
648	AGB 2005/023 + AGB 2006/003	Validierung der AAR-Prüfungen für Neubau und Instandsetzung	2011
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post-tensioning tendons in bridges	2011
646	AGB 2005/018	Interactin sol-structure : ponts à culées intégrales	2010
645	AGB 2005/021	Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton aus Betongranulat	2010
644	AGB 2005/004	Hochleistungsfähiger Faserfeinkornbeton zur Effizienzsteigerung bei der Erhaltung von Kunstbauten aus Stahlbeton	2010
643	AGB 2005/014	Akustische Überwachung einer stark geschädigten Spannbetonbrücke und Zustandserfassung beim Abbruch	2010
642	AGB 2002/006	Verbund von Spanngliedern	2009
641	AGB 2007/007	Empfehlungen zur Qualitätskontrolle von Beton mit Luftpermeabilitätsmessungen	2009
640	AGB 2003/011	Nouvelle méthode de vérification des ponts mixtes à âme pleine	2010
639	AGB 2008/003	RiskNow-Falling Rocks Excel-basiertes Werkzeug zur Risikoermittlung bei Steinschlagschutzgalerien	2010
638	AGB2003/003	Ursachen der Rissbildung in Stahlbetonbauwerken aus Hochleistungsbeton und neue Wege zu deren Vermeidung	2008
637	AGB 2005/009	Détermination de la présence de chlorures à l'aide du Géoradar	2009
636	AGB 2002/028	Dimensionnement et vérification des dalles de roulement de ponts routiers	2009
635	AGB 2004/002	Applicabilité de l'enrobé drainant sur les ouvrages d'art du réseau des routes nationales	2008
634	AGB 2002/007	Untersuchungen zur Potenzialfeldmessung an Stahlbetonbauten	2008
633	AGB 2002/014	Oberflächenschutzsysteme für Betontragwerke	2008
632	AGB 2008/201	Sicherheit des Verkehrssystem Strasse und dessen Kunstbauten Testregion - Methoden zur Risikobeurteilung Schlussbericht	2010
631	AGB 2000/555	Applications structurales du Béton Fibré à Ultra-hautes Performances aux ponts	2008

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
630	AGB 2002/016	Korrosionsinhibitoren für die Instandsetzung chloridverseuchter Stahlbetonbauten	2010
629	AGB 2003/001 + AGB 2005/019	Integrale Brücken - Sachstandsbericht	2008
628	AGB 2005/026	Massnahmen gegen chlorid-induzierte Korrosion und zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit	2008
627	AGB 2002/002	Eigenschaften von normalbreiten und überbreiten Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen nach starker Verkehrsbelastung	2008
626	AGB 2005/110	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Baustellensicherheit bei Kunstbauten	2009
625	AGB 2005/109	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten	2009
624	AGB 2005/108	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Risiko- beurteilung für Kunstbauten	2010
623	AGB 2005/107	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten	2009
622	AGB 2005/106	Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts	2009
621	AGB 2005/105	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Szenarien der Gefahrenentwicklung	2009
620	AGB 2005/104	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen	2009
619	AGB 2005/103	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Ermittlung des Netzzrisikos	2010
618	AGB 2005/102	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung	2009
617	AGB 2005/100	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Synthesebericht	2010
616	AGB 2002/020	Beurteilung von Risiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken in Folge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstbauten	2009