

Handbuch Bauliche Erhaltung kommunaler Straßen

DI Dr. A. Weninger-Vycudil
Univ.Prof. DI Dr. J. Litzka
DI R. Veit-Egerer
DI Dr. M. Buchta
Priv.Doz. DI Dr. P. Maurer
DI P. Furtner



Eine Grundlage für das
Erhaltungsmanagement der
kommunalen Straßeninfrastruktur

Ausgabe 2013
Entwurf 15.10.2013

Handbuch
**Bauliche
Erhaltung
kommunaler
Straßen**

DI Dr. A. Weninger-Vycudil
Univ.Prof. DI Dr. J. Litzka
DI R. Veit-Egerer
DI Dr. M. Buchta
Priv.Doiz. DI Dr. P. Maurer
DI P. Furtner

**Eine Grundlage für das
Erhaltungsmanagement der
kommunalen Straßeninfrastruktur**

Ausgabe 2013

Entwurf 15.10.2013

Handbuch Bauliche Erhaltung kommunaler Straßen
Eine Grundlage für das Erhaltungsmanagement der kommunalen Straßeninfrastruktur

1. Auflage | 2013
Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung gestattet

Wien, im August 2013

Vorwort

Straßen bringen Menschen zueinander, Straßen verbinden Kulturen, Straßen sind die Lebensadern unserer Gesellschaft. Wo immer wir uns bewegen, mit dem Auto, mit dem Fahrrad und natürlich auch zu Fuß, wir tun es fast ausschließlich auf unseren Straßen. Und gerade diese Straßen sind es, die wir mit Sorgfalt betreuen müssen, damit sie ihre Funktionen auch zukünftig erfüllen können.

Die Erhaltung des kommunalen Straßennetzes ist ebenso wichtig wie die Erhaltung unserer Hochleistungsstraßen, der Autobahnen, der Fernstraßen, etc. Kommunale Straßen sind ein integraler Bestandteil unserer Straßeninfrastruktur und müssen deshalb auch von verantwortungsbewussten Personen effizient betreut und erhalten werden.

Das **Handbuch Bauliche Erhaltung kommunaler Straßen** ist aus der Notwendigkeit entstanden, die Bedeutung der kommunalen Straßeninfrastruktur und deren Erhaltung besser im Bewusstsein der Entscheidungsträger zu verankern. Die Erhaltung dieser Straßen ist mit einem hohen Maß an Verantwortung verbunden und dieser Verantwortung muss sich der Straßenerhalter auch stellen.

Für dieses Handbuch wurden Informationen aus verschiedenen Quellen zusammengetragen. Sie bauen auf der langjährigen Zusammenarbeit der Autoren und den Erfahrungen aus der Bearbeitung von Projekten des Baus und der Erhaltung sowohl des übergeordneten als auch des kommunalen und ländlichen Straßennetzes auf. Darüber hinaus wurden dem Handbuch im Laufe der Zeit detaillierte Informationen zur Straßenzustandserfassung sowie zum Erhaltungsmanagement von Ingenieurbauwerken hinzugefügt, sodass es sich um eine Grundlage handelt, die nicht nur den Straßenoberbau sondern auch die Ingenieurbauwerke betrifft.

Besonders danken möchte ich den Wirtschaftsbetrieben Graz, allen voran Herrn DI Burkhard Steurer und Herrn Gerald Schwandner. Graz war die erste Stadt in Österreich, die im Jahr 2008 ein flächen-deckendes Erhaltungsmanagementsystem für die Gemeindestraßen implementiert hat. Eine Vielzahl dieser Grundlagen konnte auch in das Handbuch übernommen werden.

Darüber hinaus gebührt mein Dank auch Herrn Thomas Stachelberger für seine redaktionelle Arbeit an diesem Handbuch.

Dr. Alfred Weninger-Vycudil
(Initiator des Handbuches Bauliche Erhaltung kommunaler Straßen)

Die Autoren



DI Dr. Alfred Weninger-Vycudil war nach seinem Bauingenieurstudium an der TU Wien von 1998 bis 2006 Universitätsassistent am Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung (TU Wien) mit Schwerpunkt systematische Straßenerhaltung (Pavement Management). Seit 2005 ist Dr. Weninger-Vycudil Geschäftsführer der Fa. PMS-Consult, Ingenieurbüro für Verkehrswesen und Infrastrukturplanung GmbH (Wien) und Technischer Direktor der Fa. Viagroup GmbH (Winterthur). Die auf nationaler und internationaler Ebene aktiven Unternehmen unterstützen Straßenverwaltungen und Konzessionäre beim Aufbau und der Verwendung von Erhaltungsmanagementsystemen sowie bei der Erstellung von Erhaltungskonzepten. Er ist Mitglied in einer Vielzahl von nationalen und internationalen Forschungs- und Beratungsgremien (FSV, FGSV, PIARC, etc.). Seit 2008 unterrichtet Dr. Weninger-Vycudil Straßenbau an der Fachhochschule Campus Wien.



Univ.Prof. DI Dr. Johann Litzka war von 1991 bis 2009 Ordinarius für Straßenbau am Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung der Technischen Universität in Wien. Neben seiner Lehrtätigkeit befasste er sich mit der Straßenbautechnik und natürlich auch mit dem Schwerpunkt Straßenerhaltung. Seit 1978 arbeitet Prof. Litzka als staatlich geprüfter und beeideter Ziviltechniker mit Schwerpunkt Straßenbautechnik und Straßenerhaltung und ist mit seiner mehr als 35-jährigen Erfahrung maßgeblich am Aufbau der Erhaltungsmanagementsysteme für die österreichischen Straßen beteiligt. Prof. Litzka ist sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene ein wichtiger Vertreter der Forschung und Wissenschaft und genießt hohes Ansehen in vielen Gremien (FSV, FGSV, CEDR, ERTRAC, PIARC, etc.).



DI Robert Veit-Egerer ist seit Abschluss seines Bauingenieurstudiums 2003 an der TU Wien (konstruktiver Ingenieurbau) bei VCE (Vienna Consulting Engineers ZT GmbH) tätig und seit 2007 Abteilungsleiter für Asset Management und Bauwerksmonitoring. Die Tätigkeitsschwerpunkte umfassen die Bereiche Life Cycle Engineering (Erhaltungsplanung von Infrastrukturbauwerken) bzw. Tragwerksuntersuchungen (Baudynamik, Inspektionen, Numerische Simulationen). Seine Aufgaben liegen primär in der Erstellung von Bauwerks-Gutachten weltweit (Brücken- und Industriebau), der Ausarbeitung von langfristigen Erhaltungsplanungsprojekten von Straßennetzen sowie der laufenden Mitwirkung an zahlreichen nationalen und internationalen Forschungsprojekten (Ö, EU, Japan, USA, Taiwan). Seit 2006 unterrichtet Herr Veit-Egerer regelmäßig Bauwerksmonitoring im Rahmen der Brückenbau-Vorlesung an der Universität für Bodenkultur in Wien (BOKU). Er ist Mitglied in einer Vielzahl von Fachgremien (SAMCO, IALCCE, ISHMII, FSV, CEN, PIARC).



DI Dr. Martin Buchta studierte an der Technischen Universität Wien Bauingenieurwesen mit dem Schwerpunkt Verkehrswesen und Infrastruktur. Seit dem Jahr 1996 ist er bei der Nievelt Gruppe beschäftigt, wurde im Jahr 2000 mit der Funktion des gesamtverantwortlichen Leiters der akkreditierten Prüfstelle betraut und ist seit 2003 geschäftsführender Gesellschafter. Neben der Abwicklung von nationalen und internationalen Projekten auf den Fachgebieten Prüftechnik und Baumanagement, werden durch das Unternehmen auch Zustandserhebungen auf Projekts- und Netzebene durchgeführt. Mit Pavement Management beschäftigt sich Dr. Buchta bereits seit 1997. Er ist auf nationaler Ebene Mitglied diverser Forschungs- und Beratungsgremien (FSV, ASI, Austrolab, Gestrata, etc.).



Priv.Do. DI Dr. Peter Maurer leitet im AIT, Austrian Institute of Technology, seit August 2000 das Geschäftsfeld Verkehrsinfrastruktur und ist seit 2008 stellvertretender Leiter des Mobility Departments des AIT, das seit 1991 Messungen des Straßenzustandes mit dem RoadSTAR durchführt. Fachlich beschäftigt sich Dr. Maurer seit vielen Jahren mit dem Thema Straßenzustandserfassung, verfasste dazu über 50 wissenschaftliche Publikationen und habilitierte sich 2007 in diesem Fachgebiet. Dr. Maurer ist allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger für die Fachgebiete Verkehrsunfall/Straßenverkehr, Unfallanalyse und Straßenbau/Wegebau sowie Straßenverkehrssicherheitsgutachter gemäß §5a/§5b Bundesstraßengesetz 1971.

Dr. Maurer ist Mitglied in mehreren Ausschüssen der österreichischen (FSV) und deutschen Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FGSV), er ist zudem Mitglied des Weltstraßenverbandes (PIARC), nationaler Delegierter der Österreichischen (ONI) und Europäischen (CEN) Normung sowie nationaler Direktor und Mitglied des Aufsichtsrates von FEHRL (Forum of European National Highway Research Laboratories).



DI Peter Furtner ist nach Beendigung seines Studiums der Kulturtechnik und Wasserwirtschaft an der Universität für Bodenkultur 2000 bei der VCE (Vienna Consulting Engineers ZT GmbH) tätig.

Seit 2007 ist Hr. Furtner Prokurist bei der VCE und für die Akquisition, Projektleitung sowie für die Firmenentwicklung zuständig. Seine Tätigkeitsschwerpunkte liegen im Erhaltungsmanagement von Infrastruktur, permanenten Bauwerksmonitoring sowie in der Abwicklung nationaler und internationaler Forschungs- und Entwicklungsprojekte.

Er ist Lektor des „Journal of Civil Structural Health Monitoring“ und Mitglied in zahlreichen Fachgremien (IABSE, IABMAS, IALCCE, ISHMII, IRF).

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	8
1.1	ALLGEMEINES.....	8
1.2	GESETZLICHE GRUNDLAGE DER STRASSENERHALTUNG.....	8
2	GRUNDBEGRIFFE STRASSENINFRASTRUKTUR UND ERHALTUNG	10
2.1	STRASSE	10
2.2	STRASSEN OberBAU	10
2.3	BEGRIFF STRASSENERHALTUNG	12
2.4	BAULICHE ERHALTUNG STRASSEN OberBAU	13
2.5	INGENIEURBAUWERKE	13
2.6	ERHALTUNG INGENIEURBAUWERKE.....	13
3	DER PLANUNGSPROZESS	15
4	ERHALTUNGSPLANUNG STRASSEN OberBAU	16
4.1	BESCHREIBUNG STRASSENZUSTAND	16
4.1.1	ALLGEMEINES	16
4.1.2	EINTEILUNG DES STRASSEN OberBAUS	16
4.1.3	ZUSTANDSMERKMALE	16
4.2	ZUSTANDSBEWERTUNG STRASSEN OberBAU	22
4.3	STRASSENZUSTANDSERFASSUNG.....	24
4.3.1	ARTEN DER STRASSENZUSTANDSERFASSUNG	24
4.3.2	INTERVALLE DER STRASSENZUSTANDSERFASSUNG	26
4.3.3	ERFASSUNG ZUSTANDSMERKMALE FAHRBAHN	26
4.3.4	ERFASSUNG ZUSTANDSMERKMALE GEHSTEG, RADWEG UND RANDEINFASSUNG.....	29
4.3.5	ERFASSUNG SONSTIGER INFORMATIONEN.....	29
4.3.6	BEISPIEL ERFASSUNGSFORMULAR.....	29
4.4	BAULICHE ERHALTUNGSMASSNAHMEN STRASSEN OberBAU	31
4.4.1	EINTEILUNG DER BAULICHEN ERHALTUNGSMASSNAHMEN	31
4.4.2	BAULICHE INSTANDHALTUNG	31
4.4.3	INSTANDSETZUNG	35
4.4.4	ERNEUERUNG	39
4.4.5	ANWENDUNGSBEREICHE DER ERHALTUNGSMASSNAHMEN	39
4.5	PLANUNG VON ERHALTUNGSMASSNAHMEN STRASSEN OberBAU	42
4.5.1	ÜBERBLICK VERFAHREN UND METHODEN	42
4.5.2	MASSNAHMENREIHUNG AUF BASIS DER LEBENSZYKLUSANALYSE	43
4.6	ERGEBNISSE DES GENERELLEN PLANUNGSPROZESSES.....	45
4.7	PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEME (PMS).....	46
4.8	HINWEISE ZUR DETAILPLANUNG UND UNTERSUCHUNG AUF PROJEKTEBENE.....	48
5	ERHALTUNGSPLANUNG INGENIEURBAUWERKE	50
5.1	EINLEITUNG	50
5.2	NORMATIVER RAHMEN.....	50
5.3	TRAGWERKSINSPEKTIONEN	51
5.3.1	LAUFENDE ÜBERWACHUNG	51
5.3.2	KONTROLLE	52
5.3.3	PRÜFUNG.....	52
5.3.4	SONDERPRÜFUNGEN UND BAUWERKSMONITORING.....	55

5.4	BEWERTUNG INGENIEURTRAGWERKE	57
5.5	PLANUNG VON ERHALTUNGSMASSNAHMEN AN BRÜCKEN	59
5.5.1	AUSGANGSLAGE	59
5.5.2	LEBENSZYKLUSANALYSEN BAUTEILE UND GESAMTBAUWERK	61
5.5.3	ERHALTUNGSKONZEPT (ERGEBNISSE).....	62
5.5.4	INTEGRALE SOFTWARELÖSUNG	62
6	KOORDINIERUNG VON ERHALTUNGSMASSNAHMEN	64
7	HINWEISE ZUR UMSETZUNG VON ERHALTUNGSMASSNAHMEN	66

1 EINLEITUNG

1.1 ALLGEMEINES

Seit den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts ist eine deutliche Zunahme an Verkehrsflächen in fast allen österreichischen Gemeinden erkennbar. Diese meist als Erschließungs- oder Zubringerstraßen definierten Flächen stellen einerseits einen hohen Investitionswert dar, müssen aber andererseits auch mit hohem Aufwand erhalten werden. Darüber hinaus hat auch die zunehmende Verkehrsbelastung auf den übergeordneten Gemeindestraßen deutliche Spuren hinterlassen, die ebenfalls bereits heute zu vermehrten Investitionen an den Straßenbefestigungen führen.

Es ist daher sinnvoll und zweckmäßig, die in der Regel knapp bemessenen Geldmittel für die bauliche Erhaltung der Gemeindestraßen so zu investieren, dass eine effiziente und wirtschaftlich nachvollziehbare Planung einen größtmöglichen Nutzen für den Straßenerhalter, die Benutzer und die Anrainer zum Ziel hat.

Das **Handbuch Bauliche Erhaltung kommunaler Straßen** soll eine Hilfestellung bei der Planung und Umsetzung von Erhaltungsprogrammen für Straßenbefestigungen von Gemeindestraßen liefern. Es ist dabei so aufgebaut, dass auch Nicht-Spezialisten die Grundlagen für die Erstellung eines kurz- bis mittelfristigen Bauprogramms erarbeiten können. Für jene Bereiche, wo fachkundiges Detailwissen erforderlich ist, wird explizit darauf hingewiesen und auf eine detaillierte Ausführung der Problematik bzw. Lösung aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.



Abbildung 1: Kommune mit unterschiedlichen Siedlungsstrukturen
[Foto: Weninger-Vycudil]

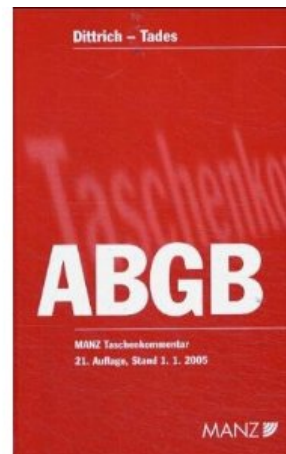
Eine wesentliche Grundlage für dieses Handbuch sind die **Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS)** der österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV).

1.2 GESETZLICHE GRUNDLAGE DER STRASSENERHALTUNG

Die gesetzliche Grundlage, die den Straßenerhalter dazu verpflichtet, das in seine Verantwortung übertragene Straßennetz zu erhalten, ist das Allgemeine Bürgerliche Gesetzbuch (kurz ABGB), welches im **§ 1319(a)** die Frage der Haftung regelt.

Der nachfolgende Auszug aus dem ABGB - § 1319 (a) ist dabei von wesentlicher Bedeutung für den Straßenerhalter:

*Wird durch einen mangelhaften Zustand
...ein Mensch getötet,...oder eine Sache
beschädigt, so haftet der Halter, sofern...
...er...den Mangel vorsätzlich oder grob-
fahrlässig verschuldet hat...
...Ob der Zustand des Weges mangelhaft
ist, richtet sich danach, was nach der Art
des Weges, besonders nach seiner Wid-
mung, für seine Anlage und Betreuung
angemessen und zumutbar ist.*



Die Frage nach der Fahrlässigkeit kann ebenfalls nach ABGB - § 1319 (a) beantwortet werden:

- Grobe Fahrlässigkeit = auffallende Sorglosigkeit (ABGB - § 1324)
- Ungewöhnliche Vernachlässigung der Sorgfaltspflichten
- Schadenseintritt als wahrscheinlich und nicht bloß als möglich vorhersehbar

Die gesetzliche Regelung bedeutet sinngemäß, dass der Straßenerhalter für den Zustand der Straße verantwortlich ist und, wenn die Straße unter zumutbaren und angemessenen Mitteln nicht erhalten wird, er auch für Schäden an Personen oder Fahrzeugen haftet. Allein schon aus der Sicht der gesetzlichen Vorgaben ist es sinnvoll und zweckmäßig, eine genaue Kenntnis über den Zustand des zu betreuenden Straßennetzes zu haben. Ein umfangreicher Teil dieses Handbuches befasst sich deshalb auch mit der Erfassung und Bewertung des Straßenzustandes.

2 GRUNDBEGRIFFE STRASSENINFRASTRUKTUR UND ERHALTUNG

Die bauliche Straßenerhaltung als Teil der Straßenbautechnik ist von einer Vielzahl von Begriffen geprägt, die bei Nicht-Fachleuten zu Fehlinterpretationen und folglich zu Fehlern führen können. Die nachfolgenden Kapitel sollen einen kurzen Überblick über die wichtigsten im Bereich der baulichen Straßenerhaltung verwendeten Begriffe geben.

2.1 STRASSE

Bei einer Straße handelt es sich um ein lineares Infrastrukturobjekt, welches aus verschiedenen Einzelbauwerken bestehen kann. Die Straßenbefestigung, bestehend aus Oberbau (z.B. Asphalt und ungebundene Tragschichten) und Unterbau (z.B. Dammkörper), bildet dabei einen Hauptbestandteil. Entlang einer Straße können sich jedoch noch andere Bauwerke oder Bauteile befinden, die die Straße heute zu einem komplexen Objekt machen. Zu diesen Bauwerken zählen unter anderem die Brücken, Tunnel, Mauern, Entwässerungseinrichtungen, Verkehrsleitsysteme etc., die auch im Zuge der Erhaltung von wesentlicher Bedeutung sind. Die nachfolgenden Kapitel geben über die wesentlichsten Bauwerke einen kurzen Überblick.

2.2 STRASSEN OBERBAU

Der **Straßenoberbau** bzw. die Straßenbefestigung stellt den oberen tragenden Teil einer Straße bzw. Verkehrsfläche dar. Er besteht in der Regel aus unterschiedlichen Schichten, die aus ungebundenen (losen, jedoch stark verdichteten) und gebundenen (Asphalt oder Beton) Materialien errichtet wurden (siehe Abbildung 2, links Beton-, rechts Asphaltbauweise).

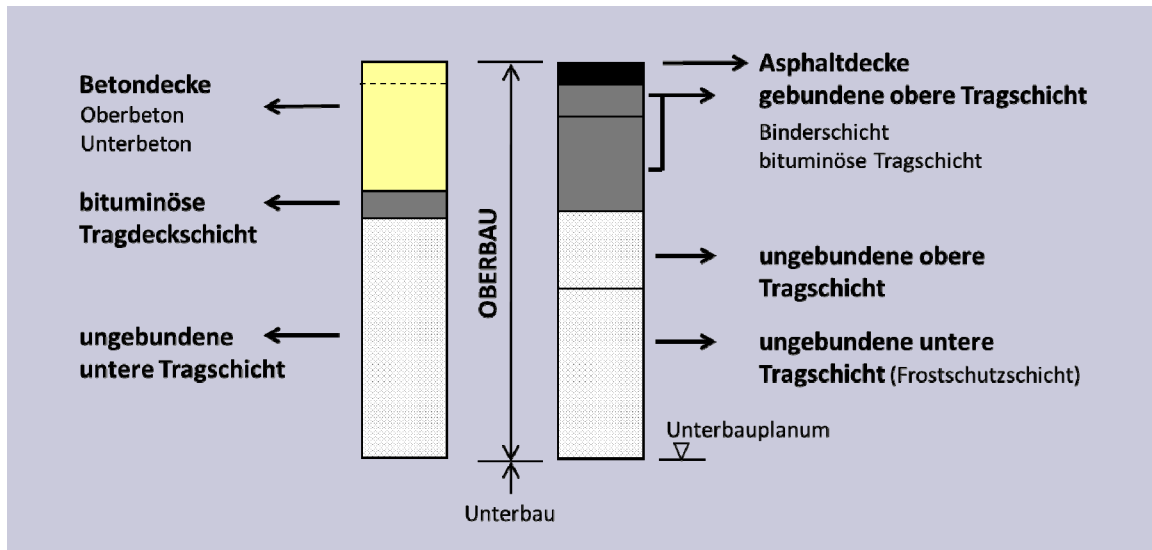


Abbildung 2: Schematische Darstellung eines Oberbaus in Beton- (links) und Asphaltbauweise (rechts)

Welcher Baustoff in welcher Schicht zur Anwendung gelangt, hängt von den Anforderungen an die einzelne Schicht ab. Die in Österreich vorherrschenden **Bauweisen** des gebundenen Oberbaus und deren häufigste Anwendungsbereiche im kommunalen Bereich können wie folgt zusammengefasst werden:

- **Asphalt** (Fahrbahn, Gehsteig, Radweg, etc.)
- **Beton** (Straßen mit hoher Verkehrsbelastung, Aufstellungsbereiche vor Kreuzungen, Busbuchten, etc.)
- **Pflaster** und **Platten** aus Natur- und Kunststein (Gehsteige, Plätze, Fußgängerzonen, Abstellbereiche, etc.)

Für untergeordnete Straßen und Wege können auch ungebundene Befestigungen (ungebundene Schotterdecken) zur Anwendung kommen. Diese werden in der Folge aber nicht näher behandelt.

Das am häufigsten eingesetzte Straßenbaumaterial für die gebundene Bauweise im kommunalen Straßenbau in Österreich ist der **Asphalt**. Er ist ein Gemisch aus den Ausgangsstoffen **Gestein** (meist mit stetig verlaufender Sieblinie) und **Bitumen**, welches die Gesteinskörnungen verklebt (Bindemittel).

Bitumen ist ein Produkt der Erdölverarbeitung (Erdöldestillation) mit temperaturabhängigen Eigenschaften, das bei Raumtemperatur nahezu fest ist. Es wird im Straßenbau als sogenanntes normales Straßenbaubitumen in unterschiedlicher Härte (am häufigsten Bitumen der Sorte 70/100) eingesetzt. Es kann durch Zusatz von Kunststoffen in seinen Gebrauchseigenschaften verbessert werden und wird dann als polymermodifiziertes Bitumen bezeichnet.

Um das Bitumen mit dem Gesteinsmaterial zu Asphalt mischen zu können, muss es verflüssigt werden. Dies geschieht entweder durch Erhitzen (Heißbitumen), durch Mischen mit Fluxölen (Fluxbitumen) oder durch Emulgieren in Wasser (Bitumenemulsion). Je nachdem, in welcher Form bzw. bei welcher Temperatur das Bitumen beim Verarbeitungsprozess eingesetzt wird, unterscheidet man

- Heißasphalt (mit Heißbitumen) und
- Warm- bzw. Kaltasphalt (mit Fluxbitumen oder Bitumenemulsion).

Am häufigsten kommt im Straßenbau der sogenannte Heißasphalt zum Einsatz. Warm- bzw. Kaltasphalt wird vor allem im kommunalen Straßenbau für die Instandhaltung (Verfüllen von Schlaglöchern) und z.B. für den provisorischen Künettenverschluss verwendet. Zu den Kaltbauweisen zählt auch die Ausführung einer Oberflächenbehandlung oder die Herstellung einer Dünnschichtdecke.

Die Produktion von Heißasphalt erfolgt in **Asphaltmischanlagen** (siehe Abbildung 3) bei Temperaturen von 160 bis 190 Grad Celsius. Der Einbau muss bei Temperaturen über 130 Grad erfolgen, um eine entsprechende Verdichtbarkeit gewährleisten zu können. Auf die Sicherstellung dieser Mindesteinbautemperatur muss beim Transport des Heißmischgutes besonders geachtet werden (abgedeckte Transportfahrzeuge, Thermoaufbauten, Beschränkung der Transportweite).

Die Verwendung von unterschiedlichen Ausgangsstoffen (Gestein und Bitumen) erlaubt es dem Asphalthersteller, auch unterschiedlichen Asphalt herzustellen, der gezielt nach den jeweiligen Anforderungen eingesetzt werden kann. Nachfolgend sind die derzeit in Österreich in Verwendung befindlichen Sorten von Heißasphalt und deren Bezeichnungen nach RVS 08.97.05 [1] aufgelistet (siehe Tabelle 1, S. 12).



Abbildung 3: Asphaltmischanlage [Foto: Ammann]

Bezeichnung	Abkürzung	Anwendungsbereich
Asphaltbeton	AC	Überbegriff für die nachfolgenden 3 Sorten
Decke	AC deck	Deckschicht
Binder	AC binder	Tragschicht mit hoher Belastung
Tragschicht	AC trag	Tragschicht
Drainasphalt	PA	Deckschicht (offenporig)
Splittmastixasphalt	SMA	Deckschicht (mit hohem Splittanteil)
Gussasphalt	MA	Deckschicht (ohne Hohlräume)
Dünnschichtdecke	BBTM	Deckschicht (auch auf bestehende Deckschicht) (mit lärmindernden Eigenschaften)

Tabelle 1: Sorten bzw. Typen von Heißasphalt

Die Auswahl der richtigen Schichtart sowie eines den Anforderungen entsprechenden Materials sollte grundsätzlich durch Fachleute vorgenommen werden. Einen ausgezeichneten Überblick über die Anwendung von Asphalt im Straßenbau gibt das **Asphalt Handbuch [2]** der GESTRATA (Gesellschaft zur Pflege der Straßenbautechnik mit Asphalt), welches neben theoretischen Grundlagen auch Hinweise für die praktische Anwendung beinhaltet.

Neben dem Asphalt werden im kommunalen Bereich auch zunehmend **Betondecken** errichtet. Dabei wird anstatt Bitumens (temperaturabhängige Eigenschaften) **Zement** als Bindemittel verwendet. Eine wesentliche Voraussetzung für die Haltbarkeit einer Betondecke ist die **Frost-Tausalz-Beständigkeit**, die durch einen entsprechenden Luftporengehalt erreicht werden kann.

Einen umfangreichen und detaillierten Überblick zum Thema Betonstraßenbau kann dem neuen **Handbuch Betonstraßen, Leitfaden für die Praxis [3]** entnommen werden.

2.3 BEGRIFF STRASSENERHALTUNG

Die **Bauliche Straßenerhaltung** ist jener Teil der Straßenbau- und Ingenieurbautechnik, der sich mit der Sicherstellung und periodischen Verbesserung der Straßeneigenschaften durch gezielten Einsatz von Erhaltungsmaßnahmen am Straßenobjekt befasst. Neben der baulichen Straßenerhaltung spielt vor allem die **Betriebliche Erhaltung**, welche sich mit laufenden Betriebsaufgaben (z.B. Wartung, Winterdienst, Reinigung, etc.) auseinandersetzt, eine weitere wesentliche Rolle. Die nachfolgende Tabelle 2 zeigt die in Österreich gebräuchliche Gliederung der Straßenerhaltung in den betrieblichen und baulichen Teil.

Straßenerhaltung	
Betriebliche Erhaltung	Bauliche Erhaltung
Wartung Winterdienst Grünpflege Reinigung etc.	Instandhaltung
	Instandsetzung
	Erneuerung

Tabelle 2: Definition Straßenerhaltung in Österreich

2.4 BAULICHE ERHALTUNG STRASSEN OBERBAU

Die objektive und nachvollziehbare Planung von kosten- und arbeitsintensiven Erhaltungsmaßnahmen, wie z.B. Instandsetzungen, wird unter dem Begriff **Systematische Erhaltung des Straßenoberbaus** bzw. **Pavement Management** zusammengefasst. Das Ziel besteht dabei darin, den bestmöglichen Straßenzustand unter vorgegebenen Randbedingungen (z.B. Geldmittel) zu erreichen. Dabei werden unterschiedliche Erhaltungsstrategien, welche als zeitliche Abfolge von gleichen oder unterschiedlichen Erhaltungsmaßnahmen verstanden werden, miteinander verglichen und dann im Hinblick auf deren Wirkungen bewertet. Dies bedeutet, dass für die Planung ein genauer Ablaufprozess angewendet werden sollte. Eine detaillierte Beschreibung des Pavement Managements kann dem **Handbuch Pavement Management in Österreich 2009 [4]** entnommen werden.

Grundlage dieses Planungsprozesses ist jedenfalls die Zustandserfassung und -beurteilung des Oberbaus (siehe Kapitel 4.1, S. 16).

Der **Zustand** einer Straße ist im Sinne des Pavement Managements der zu einem bestimmten Zeitpunkt festgestellte Grad der Schädigung [5]. Ein **Schaden** bedeutet eine Veränderung der Eigenschaften eines Teils oder des gesamten Oberbaus in Form einer Verschlechterung, wobei ein Schaden erkennbar oder auch nicht erkennbar sein kann (z.B. wenn er mit einer neuen dünnen Deckschicht überbaut wurde). Straßenschäden können unterschiedliche Ursachen haben und daher auch in einer Vielzahl von unterschiedlichen Erscheinungsbildern auftreten. Eine gute Zusammenfassung und Beschreibung von unterschiedlichen Schäden am Straßenoberbau auf Asphalt- und Betonstraßen kann der RVS 13.01.11 [6] (Schadenskatalog) entnommen werden.

2.5 INGENIEURBAUWERKE

Ingenieurbauwerke sind ein wesentlicher Teil der Straßeninfrastruktur und müssen auch entsprechend ihren Anforderungen erhalten werden. Der Gruppe der Ingenieurbauwerke der Straßeninfrastruktur können folgende Objekte zugeordnet werden:

- Brücken und Durchlässe
- Tunnel und Galerien
- Stützmauern und Lärmschutzwände
- Entwässerungsbauwerke
- Überkopfwegweiser
- Sonstige Ingenieurbauwerke

Ingenieurbauwerke werden aus unterschiedlichen Materialien errichtet bzw. gefertigt, wobei **Beton** (Stahlbeton, Spannbeton) und **Stahl** den größten Anteil aufweisen. Vor allem bei Stützmauern kommen jedoch auch **Mauerwerke** und **Steinschichtungen** zur Anwendung.

2.6 ERHALTUNG INGENIEURBAUWERKE

In Europa wird das Erhaltungsmanagement von Ingenieurbauwerken vorwiegend im Sinne einer „Präventiven Erhaltung“ betrieben. Um Tragwerke auf einem konstanten Sicherheitsniveau zu halten

und den ästhetischen Bedürfnissen der Nutzer gerecht zu werden, wird pro Jahr mit einem mittleren Aufwand von 0,8 - 1,1 % des Wiederbeschaffungswerts gerechnet. Diese Philosophie stammt einerseits aus einer ökonomischen Wachstumsperiode und andererseits aus einer Zeit, in der der Großteil der Brücken in einem noch verhältnismäßig geringen Alter war und daher relativ wenige Erhaltungsmaßnahmen notwendig waren. Inzwischen verursacht die Verfolgung dieser Strategie wesentlich höhere Kosten, da der Bedarf an Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen mit zunehmendem Bauwerksalter beträchtlich steigt. Daher zeichnet sich mittlerweile der Trend nach Erhaltungsstrategien ab, die eine bestmögliche Verteilung des zur Verfügung stehenden Budgets auf die zu erhaltenden Tragwerke erlauben. Die größte Herausforderung liegt nun darin, den Interventionszeitpunkt von Instandhaltungs- (= Routinemaßnahmen, präventive Wartung) und Erneuerungsmaßnahmen (= Tausch maßgeblicher Bauteile) so zu wählen, dass aus der Maßnahme der größte Nutzen gewonnen werden kann. Der Einsatz von neuen Technologien wie Structural Health Monitoring (SHM) und darauf aufbauenden Bewertungsroutinen erweist sich im Zusammenhang mit dieser Erhaltungsphilosophie als vorteilhaft - vor allem dann, wenn Sicherheitsgrenzen erreicht werden.

3 DER PLANUNGSPROZESS

Um die kommunale Straßeninfrastruktur objektiv und effizient erhalten zu können, ist, wie bereits erwähnt, die gesamte Planung in einen nachvollziehbaren Prozess zu integrieren. Dabei steht neben der Beschaffung der Daten, der Bewertung der IST-Situation und der Auswahl geeigneter Erhaltungsmaßnahmen auch die praktische Umsetzung der ausgearbeiteten Lösungen im Mittelpunkt. Das nachfolgende Flussdiagramm (Abbildung 4) stellt den Planungs- und letztendlich Entscheidungsprozess für die Auswahl von Erhaltungsmaßnahmen (für alle Bauwerke der Straßeninfrastruktur) in einer generellen Form dar. Auf die einzelnen Schritte wird in den nachfolgenden Kapiteln näher eingegangen.

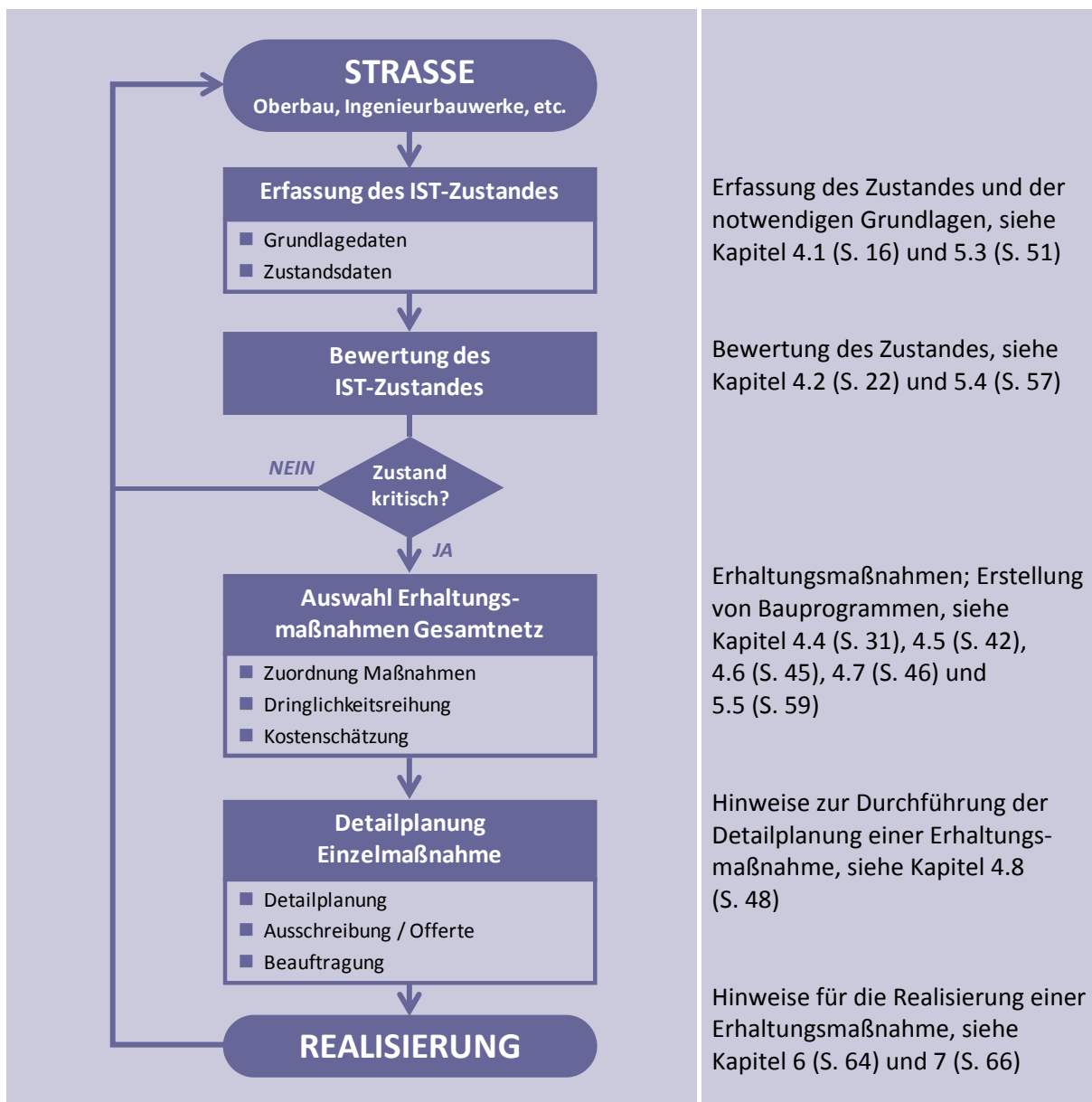


Abbildung 4: Planungsprozess bauliche Straßenerhaltung kommunaler Straßeninfrastruktur

4 ERHALTUNGSPLANUNG STRASSEN Oberbau

4.1 BESCHREIBUNG STRASSENZUSTAND

4.1.1 ALLGEMEINES

Der Zustand einer Straße kann über verschiedene Zustandsmerkmale und damit verbundene Schäden beschrieben werden. Straßenschäden können in unterschiedlicher Ausprägung (z.B. feine Risse oder breite offene Risse) und in unterschiedlichem Umfang (z.B. in den Radspuren oder über die gesamte Fahrstreifenbreite) vorhanden sein, sodass oft eine Vielzahl von Informationen erhoben werden muss. Dies bedeutet, dass die Beschreibung des Straßenzustandes zu einer umfangreichen und damit zeit- bzw. kostenintensiven Tätigkeit führen kann. Damit dennoch eine wirtschaftliche Beurteilung des Straßenzustandes möglich ist, empfiehlt es sich die Zustandsmerkmale zu gruppieren und eine generelle Erfassung vorzunehmen, die im Bedarfsfall auch präzisiert werden kann.

4.1.2 EINTEILUNG DES STRASSEN Oberbaus

Um einen umfassenden Überblick des Straßenzustandes einer kommunalen Straße zu erhalten, sollten natürlich alle maßgebenden Elemente des Straßenquerschnittes auch einer Beurteilung und nachfolgenden Bewertung unterzogen werden. Dazu lässt sich eine kommunale Straße in folgende Elemente unterteilen:

- **Oberbau Fahrbahn**
- **Oberbau Gehsteig**
- **Oberbau Radweg**
- **Randeinfassung**

Die Erfassung des Straßenzustandes im Bereich der Fahrbahn steht in den meisten Fällen im Vordergrund, sodass dieser Bereich etwas genauer erhoben werden sollte als z.B. der Gehsteig oder die Randeinfassung.

4.1.3 ZUSTANDSMERKMALE

In diesem Kapitel sind die Zustandsmerkmale speziell für die rasche und effiziente Erfassung des Straßenzustandes im Bereich kommunaler Straßen beschrieben. Diese beinhalten bereits eine generelle Beurteilung in Form einer Klasseneinteilung, die auf dem Schulnotensystem basiert (1 = sehr gut, 5 = sehr schlecht). Diese Einteilung bzw. Bewertung kann sowohl im Rahmen einer messtechnischen als auch einer visuellen Straßenzustandserfassung (siehe Kapitel 4.3, S 24) herangezogen werden.

Die Festlegung der Zustandsmerkmale erfolgt dabei auf der Grundlage der Einteilung des Straßenoberbaus in die oben beschriebenen Elemente. Eine weiterführende Detailierung bzw. Untergliederung der Merkmale ist möglich, sollte jedoch auf die Art der Zustandserfassung abgestimmt sein.

4.1.3.1 Zustand Fahrbahn

Bei der Beurteilung des Zustandes (Zuordnung zu Zustandsklassen) der Fahrbahn (Fahrstreifen, Parkstreifen, befestigte Seitenstreifen) können die nachfolgenden Zustandsmerkmale erfasst werden.

E BENHEIT IN QUER- UND LÄNGSRICHTUNG

Die Beurteilung der Ebenheit in Quer- und Längsrichtung erfolgt auf der Grundlage nachfolgend beschriebenen 5-teiligen Bewertungsskala (Zustandsklasse 1 bis 5, siehe Tabelle 3).






Klasse	Beschreibung	Bildinformation
1	Keine Unebenheiten in Quer- oder Längsrichtung erkennbar	
2	Vereinzelt kleine Unebenheiten in Quer- oder Längsrichtung erkennbar (z.B. Spurrinntiefe unter 5mm); keine Beeinträchtigung der Nutzung	
3	Unebenheiten in Quer- und/oder Längsrichtung erkennbar (z.B. Spurrinntiefe ab 5mm), jedoch keine Beeinträchtigung der Nutzung	
4	Ausgeprägte Unebenheiten in Quer- und/oder Längsrichtung erkennbar, Beeinträchtigung der Nutzung (z.B. Spritzwasser)	
5	Stark ausgeprägte Unebenheiten in Quer- und/oder Längsrichtung, Aufwölbungen; starke Beeinträchtigung der Nutzung (Spritzwasser, Aquaplaning Gefahr bei höheren Geschwindigkeiten)	

Tabelle 3: Zustand Ebenheit in Quer- und Längsrichtung [Fotos: Weninger-Vycudil]

RISSE UND ANDERE STRUKTURELLE SCHÄDEN

Die Beurteilung von Rissen und anderen strukturellen Schäden (Kornausbrüche, Ablösungen und Abplatzungen, Schlaglöcher) erfolgt auf der Grundlage der nachfolgend beschriebenen 5-teiligen Bewertungsskala (Zustandsklasse 1 bis 5, siehe Tabelle 4).

Klasse	Beschreibung	Bildinformation
1	Keine Schäden erkennbar	
2	Vereinzelt kleine Schäden erkennbar (z.B. kleine Risse); keine Beeinträchtigung der Nutzung	
3	Schäden unterschiedlicher Art erkennbar (Ausbrüche, Ablösungen, Risse), jedoch keine Beeinträchtigung der Nutzung und/oder geringe strukturelle Beeinträchtigung	
4	Umfangreiche Schäden erkennbar (Ausbrüche, Schlaglöcher, offene Risse, Fugenschäden, etc.); Beeinträchtigung der Nutzung und/oder maßgebende strukturelle Beeinträchtigung (Tragfähigkeit)	
5	Großflächige Schäden erkennbar (Schlaglöcher, Abplatzungen, Netzzrisse etc.); starke Beeinträchtigung der Nutzung und/oder starke strukturelle Beeinträchtigung (Tragfähigkeit)	

Tabelle 4: Zustand Risse und andere strukturelle Schäden [Fotos: Weninger-Vycudil, Streckel]

4.1.3.2 Zustand Gehsteig

Die Beurteilung des Gehsteiges oder Gehweges erfolgt auf der Grundlage der nachfolgend beschriebenen 5-teiligen Bewertungsskala (Zustandsklasse 1 bis 5, siehe Tabelle 5).



Zustandsklasse	Beschreibung	Bildinformation
1	Keine Schäden erkennbar	
2	Vereinzelt kleine Schäden erkennbar (z.B. Risse); keine Beeinträchtigung der Nutzung	
3	Schäden unterschiedlicher Art erkennbar (Risse, Unebenheiten, etc.), vereinzelt fehlende Pflaster oder Platten mit behelfsmäßiger Sanierung bei Pflaster- oder Plattenbelägen; jedoch keine Beeinträchtigung der Nutzung	
4	Umfangreiche Schäden erkennbar (Netzrisse mit Ausbrüchen, Unebenheiten, etc.); Beeinträchtigung der Nutzung	
5	Großflächige Schäden erkennbar (Löcher, Abplatzungen, ausgeprägte Unebenheiten, flächenhafte Risse, etc.); starke Beeinträchtigung der Nutzung („Sturzgefahr“)	

Tabelle 5: Zustand Gehsteig [Fotos: Weninger-Vycudil]

4.1.3.3 Zustand Radweg

Die Beurteilung des Radweges erfolgt ebenfalls auf der Grundlage einer 5-teiligen Bewertungsskala (Zustandsklasse 1 bis 5), die in der nachfolgenden Tabelle 6 dargestellt ist.






Zustands- klasse	Beschreibung	Bildinformation
1	Keine Schäden erkennbar	
2	Vereinzelt kleine Schäden erkennbar (z.B. Risse), keine Beeinträchtigung der Nutzung	
3	Schäden unterschiedlicher Art erkennbar (Risse, Unebenheiten, etc.), jedoch keine Beeinträchtigung der Nutzung	
4	Umfangreiche Schäden erkennbar (Netzrisse mit Ausbrüchen, Unebenheiten, etc.), Beeinträchtigung der Nutzung	
5	Großflächige Schäden erkennbar (Löcher, Abplatzungen, ausgeprägte Unebenheiten, flächenhafte Risse, etc.), starke Beeinträchtigung der Nutzung (Sturzgefahr)	

Tabelle 6: Zustand Radweg [Fotos: Weninger-Vycudil]

4.1.3.4 Zustand Randeinfassung

Die Zustandsbewertung der Randeinfassung erfolgt aus Gründen der Vereinfachung auf der Grundlage einer 3-teiligen Bewertungsskala (Zustandsklasse 1/3/5), die in der nachfolgenden Tabelle 7 dargestellt ist.




Zustands- klasse	Beschreibung	Bildinformation
1	Keine Schäden erkennbar	
3	Unebenheiten in Längsrichtung, generelles Fehlen des Fugenmörtels, einzelne Steine schräg oder versetzt zum Verband	
5	Lose oder fehlende Randeinfassungssteine, Herauskippen der Randeinfassungssteine, ausgeprägte Unebenheiten in Längsrichtung	

Tabelle 7: Zustand Randeinfassung [Fotos: Weninger-Vycudil]

4.2 ZUSTANDBEWERTUNG STRASSEN Oberbau

Als Grundlage für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen spielt die Bewertung des Straßenzustandes eine wesentliche Rolle. Das primäre Ziel besteht dabei in einer Zusammenfassung der erhobenen Informationen und Daten zu einer überschaubaren Anzahl von repräsentativen Kenngrößen, die eine gezielte Auswahl von Erhaltungsmaßnahmen ermöglichen und zugleich auch die Ziele der Straßenerhaltung repräsentieren.

Die Erhaltungsziele, die letztendlich die Struktur des Verfahrens zur Bewertung des Straßenzustandes vorgeben, sollten so gewählt werden, dass sowohl aus der Sicht des Straßennutzers (Autofahrer, Fußgänger, Radfahrer) als auch aus der Sicht des Straßenerhalters unter den vorgegeben Randbedingungen (z.B. budgetäre Restriktionen) ein höchstmögliches Maß an Qualität der Straßeninfrastruktur zur Verfügung steht. Die Erhaltungsziele können dabei wie folgt präzisiert werden:

- Erhaltung der Sicherheit
- Erhaltung des Komforts
- Erhaltung der Substanz
- Minimierung negativer Umwelteinflüsse
- Minimierung der Verkehrsbeeinträchtigung der Nutzer

Für die praktische Anwendung eines Verfahrens zur Bewertung des Straßenzustandes können in Bezug auf die genannten Erhaltungsziele folgende, auf die einzelnen Straßenteile bezogenen „Teilwerte“ definiert werden:

- **Teilwert Gebrauch Fahrbahn:** Teilwert zur Beschreibung der Fahrsicherheit und des Fahrkomforts
- **Teilwert Substanz Fahrbahn:** Teilwert zur Beschreibung der strukturellen Beschaffenheit der Oberbaukonstruktion
- **Teilwert Gehsteig:** Teilwert zur Beschreibung der Sicherheit, des Komforts und der strukturellen Beschaffenheit des Gehsteigs
- **Teilwert Radweg:** Teilwert zur Beschreibung der Sicherheit, des Komforts und der strukturellen Beschaffenheit des Radwegs
- **Teilwert Randeinfassung:** Teilwert zur Beschreibung des Zustandes der Randeinfassung

Die Erhaltungsziele „Minimierung negativer Umwelteinflüsse“ und „Minimierung der Verkehrsbeeinträchtigung der Nutzer“ sind vor allem bei der Auswahl der Erhaltungsmaßnahmen (Art der Materialien, Nachhaltigkeit, etc.) sowie bei der Koordinierung der Baumaßnahmen im Zuge der Detailplanung von entscheidender Bedeutung.

Aus den einzelnen Teilwerten ist es nun möglich, einen die gesamte Straße repräsentierenden Zustandswert, den **Gesamtwert** zu ermitteln. Dabei ist natürlich auf die Bedeutung der einzelnen Teilwerte Rücksicht zu nehmen. Die im Zuge einer sogenannten **Wertsynthese** verknüpften Informationen sind für die kommunale Straßeninfrastruktur in der nachfolgenden Abbildung 5 im Überblick dargestellt und sind das Ergebnis der Erfahrungen auf den Gemeindestraßen in Graz, welche auf einer visuellen Straßenzustandserfassung basieren.

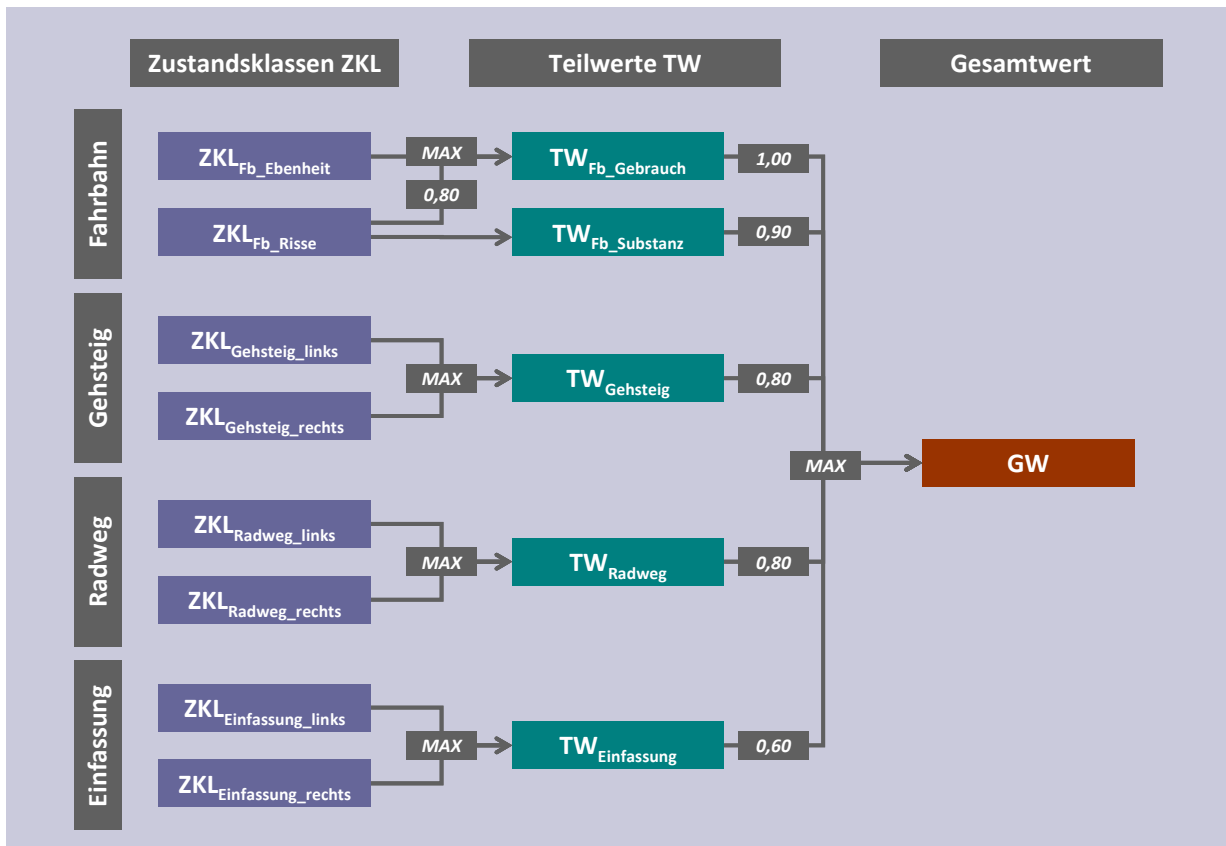


Abbildung 5: Bildung von Teilwerten und des Gesamtwertes

Der Gesamtwert kann als repräsentative Größe zur Beschreibung des Zustands der gesamten Straße verstanden werden, wobei jedoch die Zuordnung von Erhaltungsmaßnahmen unter Bezugnahme auf die Teilwerte erfolgen sollte.

Das nachfolgende Beispiel (siehe Abbildung 6) soll zeigen, dass bei bekannten Zustandsklassen für die einzelnen Straßenteile eine entsprechende Bewertung sehr rasch vorgenommen werden kann. Das für den Gesamtwert von 2,7 verantwortlich zeichnende Zustandsmerkmal sind die Risse in der Zustandsklasse 3, die auch für den Teilwert Substanz Fahrbahn einen Wert von 3,0 ergeben und durch die Multiplikation mit dem Gewicht 0,9 zu einem Gesamtwert von 2,7 führen. Obwohl auch der Teilwert Randeinfassung einen Wert von 3,0 aufweist, wird der Gesamtwert durch die Gewichtung von 0,6 auf 1,8 reduziert und ist daher nicht mehr maßgebend.

Die Anwendung dieses Bewertungsverfahrens mit den aktuell erhobenen Daten ermöglicht eine erste Prioritätenreihung für bestimmte Erhaltungsmaßnahmen. Es ist auch möglich, diese Maßnahmen den Querschnittselementen zuzuordnen, um damit auch eine Verteilung der Aufwendungen auf diese zu berechnen.

Werden darüber hinaus auch die Zustandsentwicklungen der Einzelmerkmale berücksichtigt, können für jeden beliebigen Zeitpunkt in der Zukunft unter Anwendung dieses Bewertungsverfahrens die Teilwerte und der Gesamtwert ermittelt werden. Dies stellt den Übergang zur Lebenszyklusanalyse dar, auf welche im Kapitel 4.5 näher eingegangen wird.

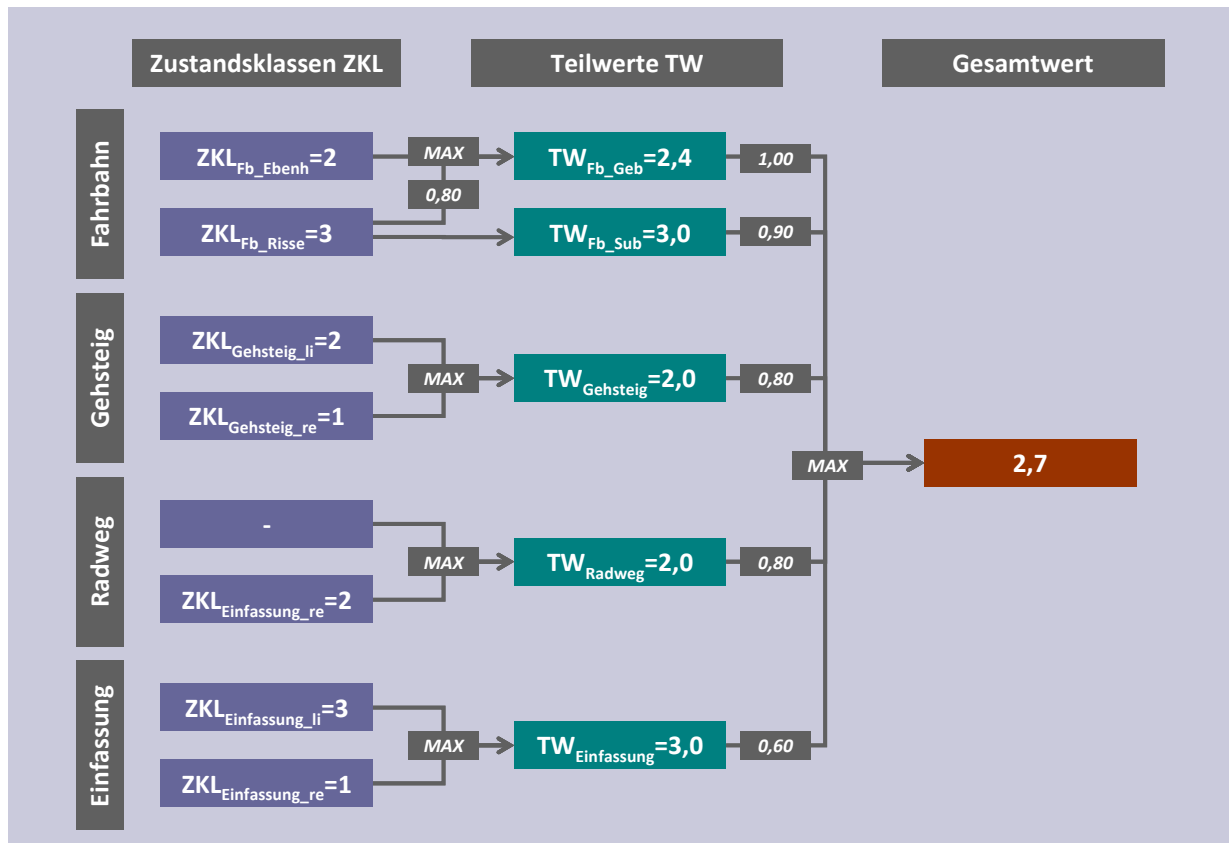


Abbildung 6: Beispiel Berechnung Teilwerte und Gesamtwert

4.3 STRASSENZUSTANDSERFASSUNG

4.3.1 ARTEN DER STRASSENZUSTANDSERFASSUNG

Um eine Planung von baulichen Erhaltungsmaßnahmen der kommunalen Straßeninfrastruktur auf objektiver Grundlage vornehmen zu können, muss zunächst die aktuelle Situation im Rahmen von **Straßenzustandserfassungen** erhoben werden. Eine Straßenzustandserfassung wird in der Regel periodisch durchgeführt und kann dabei durch eine

- Begehung mit visueller Aufnahme, eine
- Befahrung mit visueller Aufnahme und sensitiver Beurteilung der Auswirkungen der Schäden auf den Erfasser (z.B. Fahrkomfort) und/oder durch den
- Einsatz von entsprechenden Messsystemen (= messtechnische Straßenzustandserfassung)

erfolgen. Die Auswahl der Erfassungsmethode im kommunalen Bereich hängt in den meisten Fällen von der Größe des zu erfassenden Straßennetzes und den damit verbundenen Kosten ab. Steht Eigenpersonal mit freien Kapazitäten zur Verfügung und handelt es sich um ein kleineres, überschaubares Netz mit wenig Verkehr (Sperrung von Fahrstreifen teilweise für die Messungen notwendig), so kann der Straßenzustand durch eine visuelle Erfassung (Begehung bzw. Befahrung) relativ rasch erhoben werden. Bei größeren Netzen oder falls an die Messdaten hohe Qualitätsanforderungen gestellt werden (z.B. Spurrinnenmessung mit Latte und Messkeil, Längsebenheitsmessungen mit dem Planograph, Erfassung von Risslängen und Rissbreiten, Erfassung der Tragfähigkeit mit einem Fallgewichtsdeflektometer, etc.), wird diese Methode zunehmend

unwirtschaftlich, da sich der Aufwand über mehrere Monate erstrecken kann. Sobald mehrere Personen an einer visuellen Zustandserfassung beteiligt sind, ist Schulung und Training von entscheidender Bedeutung. Ansonsten führen subjektive Beurteilungen bei identen Schäden zu unterschiedlichen Zustandswerten. Die weitere Maßnahmenplanung kann dann naturgemäß in diesem Fall nicht zu optimalen Ergebnissen führen.

Als mittlere Tagesleistung für eine Begehung sollte nicht mehr als 15 km angesetzt werden, wobei abschnittsweise Befahrungen die Erfassungsleistung deutlich erhöhen. Zusätzlich vereinfachen moderne Hilfsmittel wie z.B. Tablet-Computer mit integriertem GPS-Empfänger (siehe Abbildung 7) die Erfassung spürbar.

Der Einsatz einer messtechnischen Straßenzustandserfassung steigert deutlich die Objektivität und Reproduzierbarkeit der Daten und ermöglicht auch zusätzliche Informationen (z.B. Straßenraumaufnahmen, genaue örtliche Positionierung aller Messdaten, hochauflösende Bilder der Straßenoberfläche, Positionierung von Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen etc.) zu erheben, die für andere Zwecke herangezogen werden können.

Zudem erfolgt bei der messtechnischen Straßenzustandserfassung eine kontinuierliche, zeitgleiche Erfassung aller Messdaten, beispielsweise im 1m-Intervall oder darunter (z.B. Querebenheit, Längsebenheit) oder nahezu lückenlos (z.B. Bilder der Fahrbahnoberfläche, Fahrbahntextur). Alle Messungen finden im fließenden Verkehr statt, Straßensperren o.ä. sind bei Anwendung von schnellfahrenden Messsystemen nicht notwendig. Kleinere Netze können innerhalb eines Tages erfasst werden und die Schadensaufnahme und Bewertung ist homogen über das gesamte Netz. Die aufgenommen Videobilder stehen auch später zur Verfügung und erlauben eine nachträgliche Kontrolle der Auswertung bzw. dienen der Beweissicherung.



Abbildung 7: Zustandserfassung mittels Tablet-Computer
[Foto: PMS-Consult]



Abbildung 8: Beispiel eines schnellfahrenden Messsystems auf PKW-Basis [Foto: AIT]

Früher waren der messtechnischen Straßenzustandserfassung aufgrund der Größe der Geräte (LKW) im kommunalen Bereich oft Grenzen gesetzt, sodass sie in erster Linie auf Hauptverkehrsstraßen zum Einsatz gelangten. Mittlerweile existieren jedoch Hochleistungsmessfahrzeuge, deren Messsysteme auf konventionellen PKW aufgebaut werden. Somit ist mit diesen modernen Fahrzeugen auch ein kommunales Netz problemlos messtechnisch erfassbar.

Ungeachtet der Art der Erfassung liegt ein primäres Ziel einer Zustandserfassung in einem Überblick über das gesamte zu untersuchende Straßennetz. Man spricht hier auch von der sogenannten **Netzebene**, im Vergleich zur **Projektebene**, wo nur einzelne Teilabschnitte oder punktuelle Schadstellen (in der Regel auch mit höherer Genauigkeit) aufgenommen werden.

4.3.2 INTERVALLE DER STRASSENZUSTANDSERFASSUNG

Für ein kommunales Straßennetz ist es durchwegs ausreichend, den Straßenzustand in einem Intervall von 3 bis 5 Jahren flächendeckend zu erheben, bzw. die Erfassung so aufzuteilen, dass nach 3 bis 5 Jahren ein Abschnitt wiederholt begutachtet wird.

Ungeachtet der periodischen Straßenzustandserfassung sind jedoch in deutlich kürzeren Abständen **Sicherheitsinspektionen** vorzunehmen. Diese dienen nicht dazu, den Straßenzustand systematisch zu erheben, sondern in erster Linie Fehlstellen zu erfassen (z.B. beschädigte Leitschienen, lose Beschilderungen, Schlaglöcher, etc.), die relativ rasch zu beheben sind und ein gewisses Sicherheitsrisiko darstellen. Sicherheitsinspektionen werden daher auch im Zuge der betrieblichen Erhaltung durchgeführt und können ggf. auch mit anderen Betriebsaufgaben (z.B. Reinigung) kombiniert werden. Je nach Bedeutung der Straße können Sicherheitsinspektionen auch mehrmals im Monat vorgenommen werden. Es empfiehlt sich, jeden Schaden genau und nachvollziehbar zu protokollieren.



Abbildung 9: Schlechter Straßenzustand [Foto: Wistuba]

Die Vorgehensweise im Rahmen einer Straßenzustandserfassung sollte mit einem Erhaltungsingenieur oder einem Ingenieurbüro mit entsprechender Erfahrung im Vorfeld festgelegt werden, da diese zu den umfangreichsten Aufgaben der systematischen Straßenerhaltung zählt. Eine messtechnische Straßenzustandserfassung bzw. eine detaillierte visuelle Straßenzustandserfassung sollte durch Erfassungsunternehmen mit entsprechender Ausrüstung und Erfahrung vorgenommen werden.

In welchem Intervall bzw. mit welcher Genauigkeit der Straßenzustand erfasst werden sollte, hängt von den Anforderungen an das Straßennetz ab. Grundsätzlich sollte bei steigenden Anforderungen auch eine Steigerung der Intensität und der Mess- bzw. Erfassungsgenauigkeit erfolgen. Wie bereits erwähnt, können Ingenieurbüros bzw. Unternehmen mit entsprechender Erfahrung eine optimale Lösung für jeden Anwender ausarbeiten (Wirtschaftlichkeit – Nutzen).

4.3.3 ERFASSUNG ZUSTANDSMERKMALE FAHRBAHN

Die nachfolgende Tabelle 8 gibt einen Überblick über mögliche Erfassungsmethoden und –verfahren unterschiedlicher Zustandsmerkmale im Bereich der Fahrbahn, wie sie häufig in Österreich zur Anwendung gelangen. Die Art und der Umfang der erhobenen Zustandsdaten sowie die technischen Parameter sind dabei von der Art der Erfassung abhängig. Die erhobenen Werte können jedoch in die im Kapitel 4.1.3 und 4.2 definierte Beurteilung bzw. Bewertung übergeführt werden.




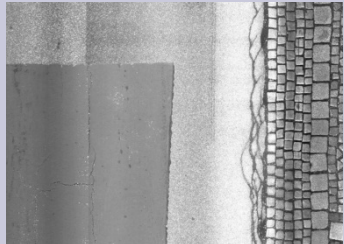
Erfassungsart	Anwendungsbereich	Erläuterung / Erfassungsgeräte
Ebenheit in Querrichtung auf der Fahrbahn		
Visuell	Projekt- und Netzebene	Visuelle Einschätzung durch Erfasser ggf. mit Fotodokumentation und unter Zuhilfenahme von Tablet-Computer (Begehung oder Befahrung).
Messtechnisch	Projektebene	<ul style="list-style-type: none"> • 2m-Messlatte und Keil • Planum (Aufzeichnung des Querprofils)
	Netzebene	<p>Hochleistungsgeräte mit Lasersystemen (Laserbalken, Laserscanner, etc.). Siehe hierzu auch System RoadSTAR in RVS-Richtlinien.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;"><i>System RoadSTAR [Foto: AIT / Lehmann und Partner]</i></p>
Ebenheit in Längsrichtung (Fahrtrichtung) auf der Fahrbahn		
Visuell	Projekt- und Netzebene	Visuelle Einschätzung durch Erfasser ggf. mit Fotodokumentation und unter Zuhilfenahme von Tablet-Computer (Begehung oder Befahrung)
Sensitiv	Netzebene	Befahrung des Abschnitts und Einschätzung durch den Erfasser
Messtechnisch	Projektebene	<ul style="list-style-type: none"> • 4m-Messlatte und Keil • Planograph (Aufzeichnung des Längsprofils)
	Netzebene	Hochleistungsgeräte mit Lasersystemen zur Bestimmung des wahren Längsprofils
Risse, offene Nähte und strukturelle Schäden im Bereich der Fahrbahn		
Visuell	Projekt- und Netzebene	Visuelle Einschätzung durch Erfasser ggf. mit Fotodokumentation und unter Zuhilfenahme von Tablet-Computer (Begehung oder Befahrung).
	Netzebene	<p>Videoaufnahme im Zuge einer Befahrung mit Straßenraumkamera oder mit Hochgeschwindigkeitskamera und anschließender Auswertung im Büro am PC.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;"><i>Rissschäden [Foto: AIT]</i></p>

Tabelle 8: Zustandserfassung im Bereich der Fahrbahn

Im Einzelfall kann es auch sinnvoll und zweckmäßig sein, weitere Zustandsmerkmale der Fahrbahn zu erheben (auch für Bestimmung von Schadensursachen auf Projektebene). In der nachfolgenden Tabelle 9 sind mögliche Verfahren für eine erweiterte Erfassung im Überblick dargestellt.



Erfassungsart	Anwendungsbereich	Erläuterung / Erfassungsgeräte
Griffigkeit und Textur (Grobrauheit) der Fahrbahn		
Messtechnisch	Projektebene	<ul style="list-style-type: none"> • SRT-Pendel (punktuelle Messung) • Sandfleckverfahren • Ausflussmessung
	Netzebene	<p>Kontinuierliche Messung der Griffigkeit mit schnell-fahrenden Messfahrzeugen oder Messanhängern:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Griffigkeitsmessung mit System RoadSTAR (siehe hierzu auch RVS-Richtlinien)  <p style="text-align: center;"><i>System RoadSTAR [Foto: AIT]</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Grip-Tester (siehe hierzu auch RVS-Richtlinien) • SCRIM <p>Texturmessung (Grobrauheit) über Lasersensoren (siehe hierzu auch RVS-Richtlinien).</p>
Tragfähigkeit der Fahrbahn		
Messtechnisch	Projektebene	<ul style="list-style-type: none"> • Benkelmann-Balken • Falling-Weight-Deflektometer (FWD)  <p style="text-align: center;"><i>[Foto: Dynatest]</i></p>
Materialien des Oberbaus, Schichtdicken		
Entnahme und Labor	Projektebene	<ul style="list-style-type: none"> • Bohrkern • Schürfe
Messtechnisch	Netzebene	Georadar

Tabelle 9: Weiterführende Erfassung Zustand Fahrbahn

4.3.4 ERFASSUNG ZUSTANDSMERKMALE GEHSTEIG, RADWEG UND RANDEINFASSUNG

Die nachfolgende Tabelle 10 gibt einen Überblick über mögliche Erfassungsmethoden und -verfahren im Bereich von Gehsteigen, Radwegen und Randeinfassungen.

Erfassungsart	Anwendungsbereich	Erläuterung / Erfassungsgeräte
Zustand Gehsteig, Radweg und Randeinfassung		
Visuell	Projekt- und Netzebene	Visuelle Einschätzung durch Erfasser ggf. mit Fotodokumentation und unter Zuhilfenahme von Tablet-Computer (Begehung).
Messtechnisch	Netzebene	Videoaufnahme im Zuge einer Befahrung (Kleinfahrzeuge, z.B. Quad) mit Straßenraumkamera und anschließender Auswertung im Büro am PC.

Tabelle 10: Erfassung im Bereich Gehsteig, Radweg und Randeinfassung

4.3.5 ERFASSUNG SONSTIGER INFORMATIONEN

Die nachfolgende Tabelle 11 gibt einen Überblick über die Erfassung weiterer Daten und Informationen, die für das Erhaltungsmanagement von Bedeutung sein können.

Erfassungsart	Anwendungsbereich	Erläuterung / Erfassungsgeräte
Positionierung Schäden, Erfassungsabschnitte, Einbauten, Verkehrszeichen, etc.		
Messtechnisch	Projekt- und Netzebene	<ul style="list-style-type: none"> • Längenmessung mit Messrad • GPS-Daten über GPS-Empfänger
Breiten Fahrbahn, Gehsteig und Radweg		
Messtechnisch	Projekt- und Netzebene	<ul style="list-style-type: none"> • Breitenmessung mit Messrad • Messung der Breite über Straßenraumbild am PC im Büro
Längs- und Querneigung, Kurvenradien		
Messtechnisch	Netzebene	Spezielle Positionierungssysteme von Messfahrzeugen (z.B. Kreiselkompass)

Tabelle 11: Erfassung Sonstige Informationen

4.3.6 BEISPIEL ERFASSUNGSFORMULAR

Für die Aufnahme der Informationen über den Straßenzustand steht ein einfaches, auf die Bedürfnisse und Anforderungen von kommunalen Stadtstraßen entwickeltes **Erfassungsformular** zur Verfügung. In dieses Formular können alle notwendigen Informationen eingetragen werden (siehe Abbildung 10). Die Erfassung der Zustandsdaten erfolgt dabei auf der Grundlage von Erfassungsabschnitten, die eindeutig einer bestimmten Straße oder einem bestimmten Straßenabschnitt zugeordnet werden müssen. Um die eindeutige Lokalität (Örtlichkeit) eines Erfassungsabschnittes auf der Straße sicherzustellen, wird dieser durch die Angabe der Stationierung jeweils am Beginn und am Ende des Abschnittes eindeutig definiert.

ERFASSUNGSFORMULAR VISUELLE STRASSENZUSTANDSERFASSUNG

Blatt:

Straßenname:

Straßenabschnitt: Bedeutung Straße: H M N

Erfassungsteam: Datum:

Rechte Seite		Linke Seite	
Station	Station	Station	Station
Breite [m]	Breite [m]	Breite [m]	Breite [m]
Bauweise	Bauweise	Bauweise	Bauweise
Zustand [1-5]	Zustand [1-5]	Zustand [1-5]	Zustand [1-5]
Randeinfassung	Randeinfassung	Randeinfassung	Randeinfassung
Ebeneheit (quer+längs)	Ebeneheit (quer+längs)	Ebeneheit (quer+längs)	Ebeneheit (quer+längs)
Risse, strukturelle Schäden	Risse, strukturelle Schäden	Risse, strukturelle Schäden	Risse, strukturelle Schäden
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.4 BAULICHE ERHALTUNGSMASSNAHMEN STRASSEN Oberbau

4.4.1 Einteilung der baulichen Erhaltungsmaßnahmen

Bauliche Erhaltungsmaßnahmen werden sowohl zur Verbesserung des Straßenzustandes als auch zur Vermeidung einer progressiven Schadensentwicklung oder von Folgeschäden herangezogen. In Anlehnung an die RVS 13.01.41 [7] können Erhaltungsmaßnahmen in die folgenden 3 Gruppen eingeteilt werden:

- Bauliche Instandhaltung
- Instandsetzung
- Erneuerung

4.4.2 Bauliche Instandhaltung

Unter Instandhaltung sind nach [7] bauliche Maßnahmen kleineren Umfangs zu verstehen, die zur Erhaltung der Fahrbahnoberfläche nötig sind, wie z.B. Verfüllen von Schlaglöchern und Rissen, kleinflächige Oberflächenbehandlungen, örtliche Spurrinnenbeseitigungen oder andere Profilierungen. Es handelt sich daher i.A. um kleinflächige Maßnahmen, die möglichst rasch nach dem Erkennen des Schadens durchzuführen sind und den Zweck haben, den aufgetretenen Schaden, wenn möglich, zu beheben und das Entstehen von Folgeschäden zu vermeiden.



Abbildung 11: Instandhaltung (Rissverguß) [Foto: Hüppi-Bau]

In den nachfolgenden Kapiteln wird kurz auf die wichtigsten Instandhaltungsmaßnahmen eingegangen.

4.4.2.1 Sanierung von Rissen, offenen Fugen und Nähten

Risse (siehe Abbildung 12) sind ein eindeutiges Indiz für eine Überbeanspruchung des gebundenen Oberbaus entweder durch Verkehr und/oder durch Temperaturspannungen. Risse können sowohl an der Oberfläche als auch an der Unterseite des gebundenen Oberbaus oder sogar durch Übertragung von Rissen oder Fugen in der Unterlage (alte Befestigung) entstehen. Neben den Rissen sind vor allem offene Fugen oder Nähte immer wieder der Ausgangspunkt für eine rasche Schadensentwicklung.



Abbildung 12: Risse offen [Foto: Nievelt]

Um dies zu vermeiden, sollten Risse, offene Fugen und Nähte verschlossen werden. Dies beseitigt zwar bei Rissen nicht den Schaden, verhindert aber das Eindringen von Wasser und reduziert deutlich die Wahrscheinlichkeit von Folgeschäden durch reduzierte Tragfähigkeit.

Das Verschließen von Rissen, offenen Fugen und Nähten erfolgt in der Regel durch das Verfüllen mit geeigneten, meist auf bituminöser Basis hergestellten **Vergussmassen**.



Abbildung 13: Vergießen von Rissen
[Foto: Nievelt]

Vor dem Vergießen ist der Riss, die offene Fuge oder Naht zu reinigen, lose Bereiche sind zu entfernen und ein trockener Zustand ist sicherzustellen. Der Riss, die offene Fuge oder Naht sollte bis zur Oberfläche mit der Vergussmasse aufgefüllt (siehe Abbildung 13) und danach ggf. mit Brechsand, zur Sicherstellung einer ausreichenden Griffbarkeit, abgestreut werden. Nach einer kurzen Aushärtezeit (abhängig vom verwendeten Material) ist die Straße sofort befahrbar.

Eine detaillierte Beschreibung der unterschiedlichen Möglichkeiten sowie weitere Hinweise zur Anwendung können der RVS 13.01.42 [8] entnommen werden.

Bei flächenhaften Rissausbreitungen wird diese Vorgehensweise zunehmend unwirtschaftlich, sodass im Zuge der Instandhaltung auch flächenhafte Versiegelungen zur Anwendung gelangen können (siehe hierzu Kapitel 4.4.2.3, S. 33).

4.4.2.2 Sanierung von Schlaglöchern

Die Ursachen von Schlaglöchern (siehe Abbildung 14) können sehr unterschiedlich sein (z.B. Risse, Ausbrüche, offene Fugen, Ausmagerungen, etc.). Sie sind jedoch in den meisten Fällen das Ergebnis einer kontinuierlichen Schadensentwicklung über einen längeren Zeitraum. Vor allem in der Frühjahrsperiode treten durch den laufenden Wechsel von Plus- und Minustemperaturen sowie durch Zutritt von Wasser vermehrt Schlaglöcher auf.



Abbildung 14: Schlagloch [Foto: Streckel]

Neben einer starken Beeinträchtigung des Fahrkomforts stellen Schlaglöcher ein hohes Sicherheitsrisiko dar (z.B. für Zweiradfahrer), sodass sie umgehend, zumindest provisorisch, saniert werden sollten.

Das **provisorische Verfüllen** von Schlaglöchern (z.B. durch Kaltmischgut) stellt nur die erste Stufe der Sanierung dar und ist auch nur eine temporäre Lösung. Beim provisorischen Verfüllen von Schlaglöchern ist darauf zu achten, dass zunächst lose Teile und bereits stark geschädigte Randbereiche entfernt werden, kein Wasser im Schlagloch steht und auch die klimatischen Bedingungen eine Aushärtung des Verfüllmaterials zulassen (kein Frost, > 10°C empfohlen, kein Regen).

Die Asphaltindustrie bietet heute eine Vielzahl von Produkten für das Verfüllen von Schlaglöchern an. Die meisten von ihnen basieren auf Kaltasphalt, welcher ohne Aufheizen manuell in das gereinigte, ggf. mit einem Haftmittel vorbereitete Schlagloch gefüllt und danach verdichtet wird (siehe Abbildung 15). Je nach Verkehrsbeanspruchung sollte die Verfüllung bis zu einer endgültigen Sanierung eine ausreichende provisorische Lösung darstellen.

Auch das **Patching** (Einblasen von Splitt und Bitumenemulsion mittels Druckluft in das Schlagloch) hat sich in den letzten Jahren sehr bewährt.



Abbildung 15: Verdichtung von Füllmaterial in einem Schlagloch [Foto: Vialit]

Die **endgültige Sanierung** von Schlaglöchern ist oft mit umfangreichen Instandsetzungen bis hin zur Erneuerung verbunden. Da, wie bereits erwähnt, das Schlagloch das Ergebnis einer längerfristigen Schadensentwicklung ist, sollten zunächst die genauen Ursachen ermittelt werden.

Stehen keine ausreichenden Geldmittel für eine umfangreiche Sanierung zur Verfügung, empfiehlt es sich dennoch, den Bereich des **Schlagloches großflächig** zu **sanieren**. Dabei muss zunächst festgestellt werden, welches Ausmaß die ursächlichen Schäden haben. Dieser Bereich des Oberbaus ist dann zur Gänze zu entfernen (Fläche und Tiefe) und durch einen neuen Oberbau wiederherzustellen (Reparatur, siehe auch Kapitel 4.4.2.3). Sind mehrere Schichten betroffen, sind auch die einzelnen Schichten wieder in der erforderlichen Schichtdicke herzustellen. Auf eine ausreichende Verdichtung (vor allem in den Randbereichen zum bestehenden Oberbau) und einen entsprechenden Lagenverbund zwischen den einzelnen Schichten ist besonders zu achten. An der Kontaktfläche zwischen vorhandener und neuer Befestigung ist durch Vorspritzen (z.B. mit Bitumenemulsion) oder durch das Einlegen von bituminösen Fugenbändern ein ausreichender Haftverbund sicherzustellen (siehe RVS AP Nr. 05 [9]), der letztendlich auch das Eindringen von Wasser verhindern soll. Muss die Sanierung über mehrere Schichten vorgenommen werden, sind durchgehende vertikale Fugen zu vermeiden und ein Übergriff von mindestens 10 cm (empfohlen 20 cm) auszuführen (vgl. Kapitel 4.4.3.4). Die Fugen an der Oberfläche sind wasserdicht zu verschließen. Es hat sich gezeigt, dass aufgrund der einfacheren Arbeitsdurchführung die Festlegung eines größeren Sanierungsbereiches von Vorteil ist (z.B. bei der Verdichtung).

4.4.2.3 Lokale Ausbesserungen

Der Umfang von lokalen Ausbesserungen hängt wesentlich von der Art des zu beseitigenden Schadens ab. Handelt es sich um ein Problem der Straßenoberfläche, kann sich die Instandhaltungsmaßnahme auf die Oberfläche beschränken. Liegen jedoch die Schäden tiefer (z.B. tiefe Risse, Schlaglöcher), so muss auch die Maßnahme tiefgreifend sein. Es wird deshalb zwischen

- oberflächlichen Flickstellen (siehe Abbildung 16) und
- Reparaturstellen (siehe Abbildung 17)

unterschieden.



Abbildung 16: Oberflächliche Flickstelle [Foto: Streckel]



Abbildung 17: Reparaturstelle aus Asphalt auf Betonstraße [Foto: Sommer]

Oberflächliche Flickstellen werden in der Regel als Versiegelungen unter Verwendung von Asphaltschlämmen oder als lokale Oberflächenbehandlungen ausgeführt. Dabei wird auf die gereinigte und trockene Oberfläche direkt die Asphaltschlämme aufgebracht oder bei einer Oberflächenbehandlung zunächst das Bindemittel (Bitumenemulsion) aufgespritzt, die Fläche mit Splitt abgestreut und dieser danach mit einer Walze festgedrückt (überschüssiges Material ist nach einer gewissen Einfahrzeit zu entfernen).

Das Ziel dieser Maßnahme liegt in einer Versiegelung der Oberfläche, sodass vor allem das neuerliche Eindringen von Wasser und somit eine rasche Zustandsverschlechterung (bis hin zur Schlaglochbildung) vermieden werden kann. Durch diese Maßnahme werden jedoch evtl. vorhandene strukturelle Schäden (Tragfähigkeitsmängel) nicht behoben.

Im Gegensatz zu den oberflächlichen Flickstellen werden im Zuge der Herstellung von **Reparaturstellen** ganze Schichten oder sogar der gesamte gebundene Oberbau örtlich ausgewechselt. Wie bereits im Zuge der großflächigen Schlaglochanierungen beschrieben, ist das Ausmaß des Schadens entscheidend. Im Zuge der Ausführung ist besonders auf die Verdichtung, den Schicht- und Lagenverbund sowie die Vorbereitung der Flanken (Haftung mit dem Bestand) zu achten (siehe auch Kapitel 4.4.2.2, S. 32). Eine fachgerecht ausgeführte Reparatur behebt auch vorhandene Tragfähigkeitsmängel, wenn auch der Anschluss an den übrigen Oberbau eine gewisse Schwachstelle bleibt.

4.4.2.4 Sonstige Instandhaltungsmaßnahmen

Neben den oben beschriebenen Instandhaltungsmaßnahmen können je nach Schadensursache auch andere Verfahren zur Anwendung gelangen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Erwähnenswert sind jedoch folgende Aktivitäten:

- Fräsungen: örtliche Fräsung zur Verbesserung der Griffigkeit oder zum Entfernen von Spurrinnen und Aufwölbungen
- Profilierungen: örtlicher Ausgleich von Unebenheiten in Längs- und/oder Querrichtung
- Heißrecycling an Ort und Stelle: örtliche Verbesserung der Decke durch Aufheizen, Zugabe von neuem Asphalt, Durchmischung mit bestehendem Material sowie anschließender Verdichtung (im kommunalen Straßenbau kommt diese Methode meist nur für Fugenremix zur Anwendung)

4.4.3 INSTANDSETZUNG

Unter Instandsetzungsmaßnahmen sind nach [7] alle großflächigen baulichen Maßnahmen zu verstehen, die der Verbesserung der Befahrbarkeit und der Bau-substanz dienen. In die Gruppe der baulichen Instandsetzung können Maßnahmen wie großflächige Oberflächenmaßnahmen, Deckschichtsanierungen, Verstärkungen, etc. eingeordnet werden.



Abbildung 18: Instandsetzung Decke [Foto: Hüppi-Bau]

4.4.3.1 Oberflächeninstandsetzung

Oberflächeninstandsetzungen dienen zur großflächigen Verbesserung der Oberflächeneigenschaften (z.B. Griffbarkeit) und als Schutz des bestehenden Straßenaufbaues gegen eindringendes Wasser. Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten die Oberfläche zu verbessern, wobei im kommunalen Bereich vor allem Oberflächenbehandlungen und Dünnschichtdecken zur Anwendung gelangen.

Oberflächenbehandlungen sind dünne Asphalt-schichten, wo nacheinander das Bindemittel (z.B. Bitumenemulsion) und die Gesteinskörnung aufgebracht werden. Es gibt eine Vielzahl von Varianten der Oberflächenbehandlungen, wie:

- Einfache Oberflächenbehandlung
- Einfache Oberflächenbehandlung mit doppelter Splittabstreuung
- Doppelte Oberflächenbehandlung
- Sandwich-Oberflächenbehandlung
- Standkornverfahren



Abbildung 19: Oberflächenbehandlung, Absplittung

Die meisten dieser Methoden sind in der RVS 08.16.04 [10] geregelt und können dort im Detail nachgelesen werden. Am häufigsten kommt die einfache Oberflächenbehandlung zur Anwendung.

Im Zuge der Herstellung ist insbesondere auf eine trockene und tragfähige Unterlage zu achten. Tiefgreifende Schadstellen sind im Vorfeld zu sanieren. Nach dem Aufbringen und Festdrücken des Abstreusplitts mit einer Walze (möglichst Gummiradwalze) kann die Straße bereits wieder für den Verkehr freigegeben werden. Der überschüssige Splitt ist nach einer gewissen Einfahrzeit zu entfernen (ggf. Geschwindigkeitsbeschränkung aufstellen).

Dünnschichtdecken sind dünne Asphalt-schichten, die oft nur einige Millimeter dick sind. Sie erfüllen den gleichen Zweck wie Oberflächenbehandlungen, können jedoch darüber hinaus auch für eine Verminderung der Rollgeräusche und somit zu einer Verbesserung der Lärmsituation eingesetzt werden.

Wie bei den Oberflächenbehandlungen gibt es auch hier unterschiedliche Herstellungsverfahren und -methoden (z.B. Kalteinbau, Schlämmen, Heißeinbau). Heiße Dünnschichtdecken sind feinkörnige Asphaltsschichten, die in der RVS 08.16.01 [11] geregelt sind.

Der Einbau von kalten Dünnschichtdecken erfolgt durch spezielle Einbaumaschinen, wobei eine Verdichtung (Einsatz von Walzen) in der Regel nicht erforderlich ist. Die Verwendung von Dünnschichtdecken im Kalteinbau ist in der RVS 08.16.05 [12] im Detail geregelt.



Abbildung 20: Einbau Dünnschichtdecke [Foto: ARGE Mikrobelaag]

4.4.3.2 Deckeninstandsetzung

Im Zuge von Deckeninstandsetzungen wird die alte Decke abgefräst und durch eine neue Deckschicht ersetzt.

Die Wahl des Deckschichtmaterials hängt von den jeweiligen Anforderungen ab, wobei im kommunalen Bereich in den meisten Fällen **Asphaltbeton** (AC deck) zur Anwendung gelangt. In Bereichen mit besonders hoher Verkehrsbelastung empfiehlt es sich, **Splittmastixasphalt** (SMA) oder **Gussasphalt** (MA) als mögliche Option in die Überlegungen mit einzubeziehen. Neben dem Aufbringen von neuem Material kann auch die bestehende Deckschicht ggf. in einem Recyclingprozess wiederverwendet werden. Die unter dem Begriff **Asphalt Hot Mix Recycling in Place** zusammengefassten Methoden verwenden das vorhandene Deckschichtmaterial, bereiten es an Ort und Stelle (in Place) auf (z.B. auch durch Zugabe von neuem Asphalt) und errichten daraus eine neue Deckschicht (Hinweis: im kommunalen Straßennetz nicht gut einsetzbar).

Bevor die neue Deckschicht errichtet wird, sollte die Unterlage einer genauen Kontrolle unterzogen werden. Zeigt sich nach dem Entfernen der alten Deckschicht eine örtliche Schädigung der darunter liegenden Asphalttragschichten, so sollten diese Bereiche tiefgreifend saniert oder nochmals im Detail untersucht werden. Ein schlechter Zustand der Unterlage kann relativ rasch zu einer neuerlichen Schädigung der Decke führen und damit die Lebensdauer drastisch verkürzen.



Abbildung 21: Deckeneinbau [Foto: Hüppi-Bau]

Im Zuge der Herstellung der neuen Deckschicht sollte neben der Sicherstellung eines ausreichenden Lagenverbundes mit der gereinigten und trockenen Unterlage (Verwendung von geeignetem und ausreichendem Vorspritzmaterial, z.B. Bitumenemulsion, siehe RVS AP Nr. 05 [13]) vor allem auf die richtige Einbautemperatur und die Verdichtung der neuen Decke geachtet werden (siehe hierzu auch Kapitel 7, S. 66).

4.4.3.3 Oberbauverstärkung

Im Zuge von Oberbauverstärkungen wird neben einer neuen Deckschicht auch eine zusätzliche gebundene Tragschicht errichtet oder eine bestehende, geschädigte gebundene Tragschicht durch eine neue gebundene Tragschicht ersetzt. Aufgrund von Höhenzwangspunkten ist im kommunalen Bereich der Teilersatz der gebundenen Tragschichten die häufigste Anwendung.

Die Dicke sowie die Zusammensetzung der erforderlichen Verstärkungsschicht sollte das Ergebnis einer Detailuntersuchung sein (siehe RVS 03.08.64 [14]). Auch hier gilt, dass die Unterlage zunächst einer genauen Kontrolle unterzogen werden sollte.

Der Einbau der Tragschicht und der Deckschicht erfolgt in zwei getrennten Arbeitsschritten, dabei ist auf einen guten Lagenverbund zwischen den beiden Schichten zu achten (siehe RVS AP Nr. 05 [13]). Die neu errichtete Tragschicht sollte, wenn überhaupt, nur kurzzeitig durch den Verkehr befahren werden.



Abbildung 22: Einbau Deckschicht auf neuer Tragschicht
[Foto: Hüppi-Bau]

4.4.3.4 Instandsetzung nach Grabungsarbeiten

Die kommunale Straßeninfrastruktur wird stark durch Aufgrabungsarbeiten geprägt, die auf Erweiterungen, Ergänzungen und Instandsetzungen von Abwasserkanälen, Wasserleitungen, Gasleitungen, Stromkabeln und anderen Leitungen zurückzuführen sind. Viele Verkehrsflächen erreichen oft nicht die gewünschte Lebensdauer, da sie durch Aufgrabungen mehrmals betroffen sind und dadurch auch mehrmals instandgesetzt oder sogar erneuert werden müssen.

Die Abbildung 23 zeigt sehr eindrucksvoll, dass nicht ordnungsgemäß wiederhergestellte Künettenbereiche rasch zu einer Verschlechterung des Straßenzustandes führen können. In diesem Sinn ist es daher umso wichtiger, auf eine korrekte und professionelle Instandsetzung nach Grabungsarbeiten zu achten. Vor allem der Bereich, wo die Grabungsinstandsetzung an die vorhandene Befestigung anschließt, verursacht bei mangelhafter Ausführung innerhalb kürzester Zeit umfangreiche Folgeschäden, die auch mit einer deutlichen Verringerung der Verkehrssicherheit und des Fahrkomforts verbunden sein können.

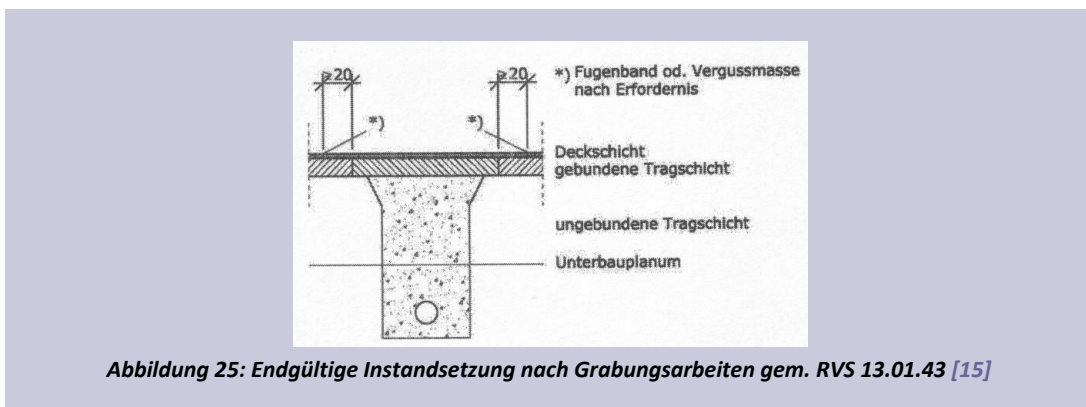
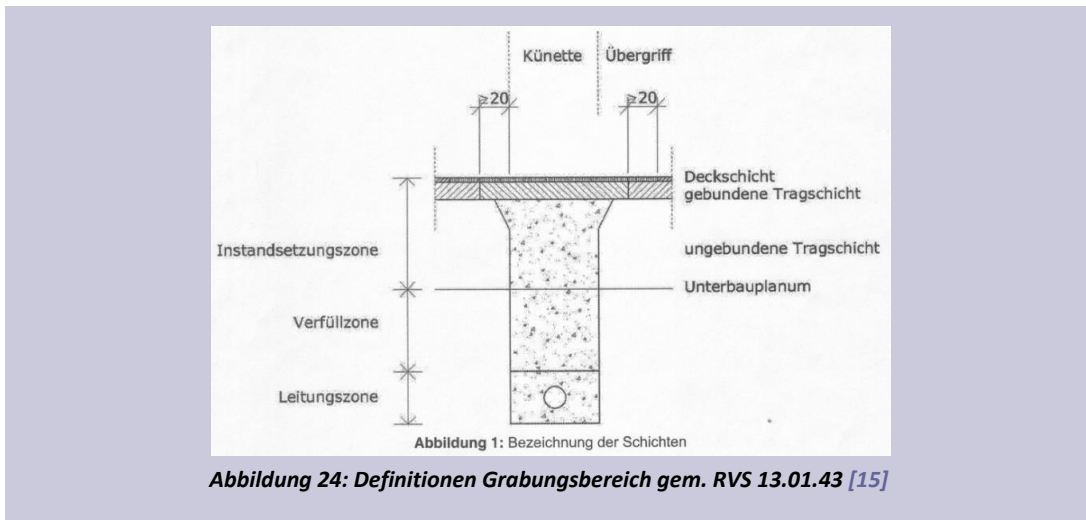
In vielen Fällen wird oft nur ein Mindestmaß an Fläche instandgesetzt, sodass mögliche Schäden, die im Zuge der Grabung entstanden sind, (Einsenkungen, Auflockerungen, Risse, etc.) überhaupt nicht oder nur sehr mangelhaft saniert werden.



Abbildung 23: Folgeschäden nach unzureichender Instandsetzung nach Grabung
[Foto: Streckel]

Neben einer ausreichenden Verdichtung der Künette sollte ein möglichst großer Übergriff (mind. 20 cm) zwischen der neuen und der bestehenden Befestigung angestrebt werden, da dieser Bereich beim Aushub in der Regel stark aufgelockert wird. Erst nach dem Abklingen der Setzungen ist eine endgültige Wiederherstellung der Oberfläche vorzunehmen. Auch der Einsatz von selbstverdichtender Verfüllung

kann das Problem der Setzungen deutlich reduzieren. Eine detaillierte Hilfestellung bietet in diesem Zusammenhang die RVS 13.01.43 [15] (siehe Abbildung 24 und Abbildung 25).



Im Normalfall sollte auch das Provisorium mit Heißasphalt (vorläufige Instandsetzung auf Fahrbahnen mind. 10 cm und auf Gehsteigen mind. 6 cm dick) hergestellt werden.

Die endgültige Wiederherstellung richtet sich nach der Bauweise und der Oberbaustärke der Bestandsflächen. Besondere Aufmerksamkeit ist einer fachgerechten Ausführung der Fugen zwischen Bestandsfläche und Instandsetzungsfläche zu widmen. Die Art der Fugengestaltung richtet sich wiederum nach der Deckschichtart, wobei in den meisten Fällen Vergussmassen oder schmelzbare Bitumen-Fugenbänder zur Anwendung gelangen.



4.4.4 ERNEUERUNG

Unter Erneuerung versteht man nach [7] Maßnahmen, die zur Wiederherstellung des Straßenaufbaus führen (unter Umständen mit Änderung der Anlageverhältnisse). Das Endprodukt kommt einer neuwertigen Oberbaukonstruktion gleich (siehe Abbildung 27), das heißt, dass innerhalb der üblichen Bemessungsperioden keine Instandsetzungsmaßnahmen aufgrund struktureller Schäden erforderlich sind. Eine Erneuerung kann im Hoch-, teilweisen Tief- oder Tiefeinbau erfolgen.



Abbildung 27: Erneuerung einer kommunalen Straße [Foto: Behringer]

Die Festlegung der Dicke der einzelnen Schichten einer erneuerten Straße sollte in Anlehnung an die RVS 03.08.63 [16] erfolgen. Die Anwendung dieser Richtlinie bedarf gewisser Erfahrungen im Straßenbau bzw. in der Straßenbautechnik und ist daher die Aufgabe von Experten im Zuge der Detailplanung.

4.4.5 ANWENDUNGSBEREICHE DER ERHALTUNGSMASSNAHMEN

Liegen die Daten und Informationen des aktuellen Zustandes der einzelnen Anlagenteile (Fahrbahn, Gehsteig, etc.) vor, so kann in einem nächsten Schritt eine erste Zuordnung zu möglichen Erhaltungsmaßnahmen vorgenommen werden. Es ist nicht sinnvoll und zweckmäßig, bereits bei geringer Ausprägung von Schäden sehr umfangreiche Maßnahmen durchzuführen, sodass bei der Auswahl der Anwendungsbereiche auch auf die budgetären Situation geachtet werden sollte.

Da die Daten und Informationen einen generellen Überblick über die vorhandene Situation ermöglichen, kann die Maßnahmenzuordnung zunächst auch sehr generell erfolgen und erst im Zuge einer Detailplanung verifiziert bzw. genau festgelegt werden. Darüber hinaus können auch für eine bestimmte Situation mehrere Lösungen zur Auswahl stehen. Welche Maßnahme oder Erhaltungsstrategie die optimale Lösung darstellt, ist nicht immer sehr einfach zu entscheiden, da die Maßnahmen auch unterschiedliche Wirkungen aufweisen. Die Beurteilung dieser Wirkungen sowie ein detaillierter Vergleich unterschiedlicher **Erhaltungsstrategien** (= zeitliche Abfolge unterschiedlicher oder gleicher Maßnahmen) ist die Aufgabe der Lebenszyklusanalyse, welche im Kapitel 4.5.2 näher beschrieben wird.

Unter Bezugnahme auf die in Kapitel 4.2 definierten Zustandsklassen und die in Kapitel 4.4 beschriebenen Erhaltungsmaßnahmen können verschiedene Anwendungsbereiche definiert werden. Aus pragmatischen Gründen werden zunächst die Erhaltungsmaßnahmen den nachfolgenden drei Maßnahmengruppen **Instandhaltung**, **Instandsetzung** und **Erneuerung** zugeordnet (siehe Tabelle 12), welche eine einfache und überschaubare Auswahl ermöglichen.




Maßnahmengruppe	Maßnahme	Beschreibung	
Instandhaltung	H_Fb	Instandhaltung Fahrbahn	
	H_Geh	Instandhaltung Gehsteig	
	H_Rad	Instandhaltung Radweg	
	H_Einf	Instandhaltung Randeinfassung	
Instandsetzung	I_O_Fb	Instandsetzung Oberfläche Fahrbahn	
	I_De_Fb	Instandsetzung Decke Fahrbahn	
	I_V_Fb	Instandsetzung Verstärkung Fahrbahn	
	I_Geh	Instandsetzung Gehsteig	
	I_Rad	Instandsetzung Radweg	
	I_Einf	Instandsetzung Randeinfassung	
Erneuerung	E_Fb	Erneuerung Fahrbahn	
	E_Geh	Erneuerung Gehsteig	
	E_Rad	Erneuerung Radweg	
	E_Einf	Erneuerung Randeinfassung	

Tabelle 12: Gruppierung Erhaltungsmaßnahmen [Foto: Hüppi-Bau]

Die nachfolgenden Tabellen bzw. Anwendungsmatrizen ermöglichen es dem Anwender, auch ohne genaue Kenntnis hinsichtlich der Wirkungsweise auf die einzelnen Zustandsmerkmale, für jeden untersuchten bzw. zu bewertenden Abschnitt mögliche Erhaltungsmaßnahmen auszuwählen. Aufbauend auf der Auswahl können im Zuge einer Kostenschätzung die einzelnen Alternativen miteinander verglichen werden. Die Eingangsgrößen stellen die nach Kapitel 4.2 beschriebenen und definierten Teilwerte dar, die aus Einzelinformationen gebildet wurden.

In der nachfolgenden Tabelle 13 sind zunächst die Anwendungsbereiche für die Erhaltungsmaßnahmen auf Fahrbahnen dargestellt, wobei sowohl der Teilwert Gebrauch (Fahrsicherheit und Fahrkomfort) als auch der Teilwert Substanz (strukturelle Beschaffenheit Oberbau) die Eingangskriterien darstellen.

Sollte aufgrund von mangelnden Geldmitteln eine kurzfristige Sanierung schlechter Abschnitte durch Instandsetzung oder Erneuerung nicht möglich sein, sind zumindest die (erhöhten) Kosten für die laufende Instandhaltung bei der Planung zu berücksichtigen.

Klassen		Teilwert Substanz TW _{SUB}				
		1	2	3	4	5
Teilwert Gebrauch TW _{GEB}	1			I_O_Fb H_Fb	I_De_Fb H_Fb	I_V_Fb H_Fb I_De_Fb
	2		H_Fb	I_O_Fb H_Fb) I_De_Fb	I_De_Fb (H_Fb)	I_V_Fb H_Fb
	3	I_O_Fb	I_O_Fb H_Fb I_De_Fb	I_De_Fb H_Fb I_O_Fb	I_V_Fb H_Fb I_De_Fb	I_V_Fb H_Fb E_Fb
	4	I_De_Fb H_Fb	I_De_Fb H_Fb	I_De_Fb H_Fb I_V_Fb	I_V_Fb H_Fb I_De_Fb	E_Fb H_Fb I_V_Fb
	5	I_De_Fb H_Fb	I_De_Fb H_Fb	I_De_Fb H_Fb I_V_Fb	E_Fb H_Fb I_V_Fb	E_Fb H_Fb I_V_Fb

Tabelle 13: Matrix Anwendungsbereiche Erhaltungsmaßnahmen Fahrbahn
(Kursiv geschriebene Maßnahmen stellen Alternativen dar)

Für Gehsteig, Radweg und Randeinfassung kann die nachfolgende Tabelle 14 als Grundlage zur Auswahl geeigneter Erhaltungsmaßnahmen herangezogen werden.

Anlage / Klassen	Gehsteig	Radweg	Rand-einfassung	
TW _{Gehsteig} TW _{Radweg} TW _{Einfassung}	1			
	2	H_Geh	H_Rad	H_Einf
	3	H_Geh I_Geh	H_Rad I_Rad	H_Einf
	4	H_Geh I_Geh	H_Rad I_Rad	H_Einf I_Einf
	5	H_Geh I_Geh E_Geh	H_Rad I_Rad E_Rad	H_Einf I_Einf E_Einf

Tabelle 14: Matrix Anwendungsbereiche Erhaltungsmaßnahmen Gehsteig, Radweg und Randeinfassung
(Kursiv geschriebene Maßnahmen stellen Alternativen dar)

Es sei hier nochmals klar darauf hingewiesen, dass für ein kurzfristiges Erhaltungsprogramm (bis maximal 3 Jahre) der aktuelle Straßenzustand für die Auswahl der Maßnahmen herangezogen werden kann. Da sich der Straßenzustand jedoch zeitlich ändert, müssen im Zuge einer längerfristigen Betrachtung (z.B. bei der Lebenszyklusanalyse) auch die Anwendungskriterien der Maßnahmen laufend überprüft werden. Dies führt rasch zu einer relativ komplexen Problemstellung, die jedoch durch die Anwendung spezieller Softwareprodukte (z.B. VIAPMS™) effizient gelöst werden kann.

4.5 PLANUNG VON ERHALTUNGSMASSNAHMEN STRASSENBERBAU

4.5.1 ÜBERBLICK VERFAHREN UND METHODEN

Es gibt unterschiedliche Verfahren und Methoden, die für eine generelle Planung von Erhaltungsmaßnahmen auf einem größeren Straßennetz herangezogen werden können. Sie unterscheiden sich in erster Linie hinsichtlich Betrachtungszeitraum und Komplexität der Lösungsansätze. Generell kommen folgende 3 Vorgehensweisen zur Anwendung:

- Subjektive Reihung nach Einschätzung durch den Straßenerhalter
- Einfache Dringlichkeitsreihung auf der Grundlage von technischen Kriterien (z.B. Zustand)
- Dringlichkeitsreihung auf der Basis einer Lebenszyklusanalyse unter Berücksichtigung der Änderung des Straßenzustandes und der Optimierung von Erhaltungsstrategien (wirtschaftlich-technische Beurteilung)

Aus der Liste wird sehr schnell ersichtlich, dass nur die **Subjektive Reihung** ohne Erfassung des Straßenzustandes sowie ohne Erhebung weiterer Grundlagendaten auskommt. Da sie in der Regel keinen nachvollziehbaren Prozess darstellt, ist der Einsatz dieser Methode auch bei kommunalen Straßennetzen nicht sinnvoll und zweckmäßig und entspricht auch keineswegs mehr dem Stand der Technik.

Die **Einfache Dringlichkeitsreihung** kann bei Verfügbarkeit der notwendigen Informationen sehr rasch vorgenommen werden, ermöglicht jedoch nur eine kurzfristige Beurteilung des Straßennetzes, da eine Änderung des Straßenzustandes primär nicht berücksichtigt wird.

Die Erstellung eines längerfristigen Erhaltungs- bzw. Bauprogramms (z.B. 10 Jahre) sollte unter Anwendung der **Lebenszyklusanalyse** erfolgen. Dabei wird einerseits die Änderung des Straßenzustandes berücksichtigt und andererseits können unterschiedliche Erhaltungsstrategien sowohl technisch als auch wirtschaftlich miteinander verglichen und danach optimiert werden. Die praktische Durchführung einer solchen Analyse erfordert umfangreiches Detailwissen und sollte mit Unterstützung von Experten vorgenommen werden. Vor allem für kommunale Straßennetze stehen in der Zwischenzeit auch einfache und preiswerte Online-Lösungen zur Verfügung, die von Experten installiert und betreut werden und von Anwendern ohne detailliertes Fachwissen effizient eingesetzt werden können.

4.5.2 MASSNAHMENREIHUNG AUF BASIS DER LEBENSZYKLUSANALYSE

Die **Lebenszyklusanalyse** oder genauer gesagt die erweiterte Lebenszykluskostenanalyse ist ein weltweit verbreitetes Verfahren zur Beurteilung von Erhaltungsaktivitäten von Infrastruktureinrichtungen unter Einbeziehung der Entwicklung des Straßenzustandes und der Auswirkungen aller Maßnahmen. Die Auswahl einer optimalen Erhaltungsstrategie unter bestimmten Randbedingungen ist das oberste Ziel einer solchen Untersuchung, wobei als Randbedingung entweder monetäre (budgetäre) Restriktionen oder Anforderungen an den Zustand definiert werden können.

Im Zusammenhang mit der Erhaltung des Straßenzustandes hat sich die **Lebenszyklusanalyse** als geeignetes Verfahren zur Beurteilung der Erhaltungsnotwendigkeiten erwiesen. Heute kann die **Lebenszyklusanalyse** als „Stand der Technik“ für die Planung von baulichen Erhaltungsmaßnahmen auf höher belasteten Straßennetzen und bei der Erstellung von mittel- bis langfristigen Bauprogrammen (> 5 Jahre) angesehen werden.

Wie bereits erwähnt, ist die Prognose der Entwicklung des Straßenzustandes ein wesentlicher Bestandteil der Analyse. Durch die Anwendung von **Verhaltensfunktionen** für die einzelnen Zustandsmerkmale können zu jedem beliebigen Zeitpunkt während der Betrachtungsperiode die Teilwerte und der Gesamtwert berechnet werden.

In der nachfolgenden Abbildung 28 sind solche **Verhaltensfunktionen** (Zustandsprognosemodelle) für Risse und Ebenheitsmerkmale für kommunale Straßen abgebildet.

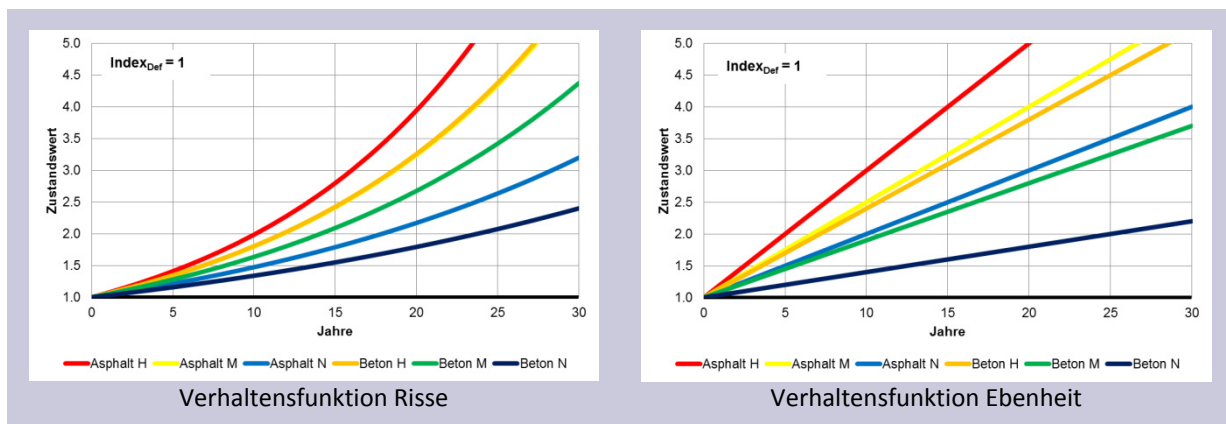


Abbildung 28: Zustandsprognosemodelle für kommunale Straßen

Auf das Erhaltungsmanagement spezialisierte Ingenieurbüros verfügen heute über ausreichend Erfahrung, um eine Straßenzustandsprognose durchführen zu können. Dieser Bereich wurde in den letzten 20 Jahren ausreichend erforscht, sodass die entsprechenden Grundlagen für viele Straßenoberbaukonstruktionen zur Verfügung stehen.

Durch die Kombination der Anwendungsmatrizen der Erhaltungsmaßnahmen mit der Zustandsentwicklung stehen zu jedem beliebigen Zeitpunkt auch unterschiedliche Erhaltungsalternativen zur Verfügung, die in Form von **Erhaltungsstrategien** zusammengefasst werden. Die wirtschaftliche und technische Beurteilung der Maßnahmenwirkungen (**Kosten** und **Nutzen**) sowie die Berücksichtigung der vorhandenen Geldmittel in Form von **Budgetszenarien** können nun für die Auswahl einer optimalen Lösung herangezogen werden. In der nachfolgenden Abbildung 29 sind die zum Teil sehr umfangreichen

Ergebnisse einer solchen Analyse als Bildschirmausdruck der Software VIAPMS™ beispielhaft dargestellt.

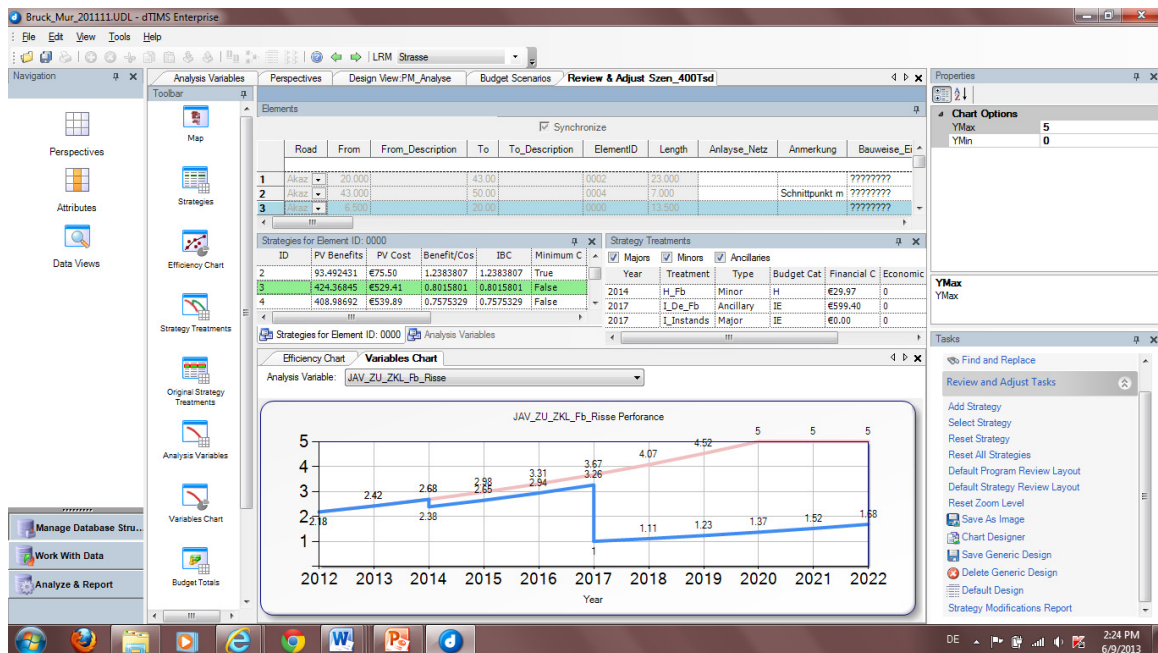


Abbildung 29: Bildschirmausdruck Strategieliste Lebenszyklusanalyse in VIAPMS™

Liegen für jeden einzelnen untersuchten Straßenabschnitt die erforderlichen Erhaltungsmaßnahmen als Ergebnis der Optimierung vor, können diese für das Gesamtnetz zusammengefasst und beurteilt werden. Beispiele für diese netzweiten Auswertungen können dem Kapitel 4.7 entnommen werden.

Die oben beschriebene Vorgehensweise wird in Österreich seit mehr als 10 Jahren auf den Bundes- und Landesstraßen nahezu flächendeckend angewendet, wobei sich mit dieser Thematik entsprechend spezialisierte Erhaltungsingenieure und Ingenieurbüros beschäftigen. Für ein kommunales Straßennetz ist die Anwendung der **Lebenszyklusanalyse** durchwegs zu empfehlen, da sie neben dem Vorteil der Zustandsprognose auch weitaus effizientere und wirtschaftlichere Lösungen liefert als die **Einfache Dringlichkeitsreihung**. Die Anwendung dieser Methode sollte jedoch durch oder mit Unterstützung von Experten (z.B. bei Online-Lösungen) erfolgen, sodass hier auf die Erläuterung von Details verzichtet werden kann. Zusammenfassend lässt sich die **Lebenszyklusanalyse** mit folgenden Einzelschritten beschreiben:

- Durchführung der Zustandsprognose für jedes einzelne Zustandsmerkmal auf jedem zu untersuchendem Straßenabschnitt
- Berechnung der Teilwerte und des Gesamtwertes zu jedem Zeitpunkt während der Betrachtungs- bzw. Analyseperiode
- Zuordnung von Erhaltungsmaßnahmen unter Heranziehung der Anwendungsmatrizen zu jedem Zeitpunkt während der Betrachtungs- bzw. Analyseperiode bzw. Berücksichtigung von zusätzlichen Vorgaben (z.B. Aufgrabungen)
- Erstellung einer Strategieliste für jeden einzelnen Straßenabschnitt
- Wirtschaftlichkeitsbeurteilung der Erhaltungsstrategien (Berechnung Kosten und Nutzen)

- Optimierung unter Heranziehung unterschiedlicher Budgetszenarien über das Gesamtnetz zur Auswahl der optimalen Erhaltungsstrategien

Das Ergebnis der Analyse wird als **optimierte Dringlichkeitsreihung** bezeichnet und ermöglicht neben den abschnittsbezogenen Maßnahmenvorschlägen (Art, Ort und Zeitpunkt) auch eine genaue Darstellung der Zustandsentwicklung für jedes einzelne Zustandsmerkmal auf jedem untersuchten Einzelabschnitt und am Gesamtnetz (siehe Abbildung 30) in Abhängigkeit von den zur Verfügung stehenden Budgetmitteln.

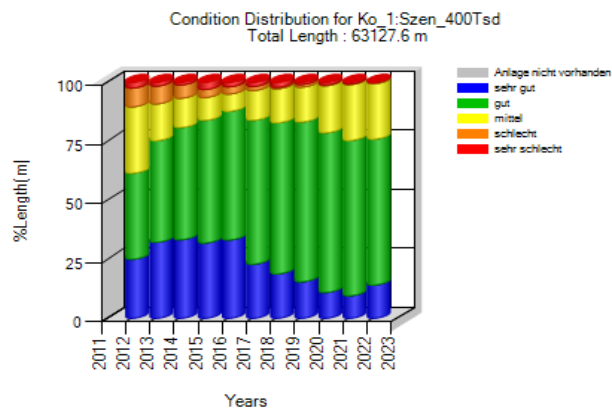


Abbildung 30: Darstellung Zustandsentwicklung für ein Netz in VIAPMS™

Damit können auch sehr übersichtlich die Vergleiche von unterschiedlichen Budgetvorgaben (Szenarien) präsentiert werden.

4.6 ERGEBNISSE DES GENERELLEN PLANUNGSPROZESSES

Die Ergebnisse des generellen Planungsprozesses können in Form eines **Generellen Bauprogramms** zusammengefasst werden, welches die Grundlage für die Detailplanung darstellt. Die Ergebnisse sollten zumindest folgende Inhalte aufweisen:

- Abschnittsbezogene Ergebnisse
 - Darstellung des IST-Zustandes der einzelnen Anlagen und eines Gesamtwertes
 - Vorgeschlagene Maßnahmenart
 - Maßnahmenzeitpunkt
 - Grobkostenschätzung der vorgeschlagenen Maßnahme
- Netzbezogene Ergebnisse
 - Zustandsverteilung des IST-Zustandes
 - Gesamter Erhaltungsbedarf für die betrachtete Periode
 - Objektbezogener Erhaltungsbedarf für die betrachtete Periode

Die hier aufgelisteten Ergebnisse können bereits im Zuge der Anwendung der **Einfachen Dringlichkeitsreihung** erzeugt und präsentiert werden. Wird hingegen die erweiterte **Lebenszyklusanalyse** verwendet, können eine Vielzahl von zusätzlichen Ergebnissen in den Entscheidungsprozess eingebunden werden.

Dabei handelt es sich um:

- Abschnittsbezogene Ergebnisse
 - Zustandsentwicklung der Einzelmerkmale, der Teilwerte und des Gesamtwertes für unterschiedliche Budgetszenarien
 - Parameter der Wirtschaftlichkeitsbeurteilung (z.B. Nutzen, Kosten-Nutzen-Verhältnis, etc.)
 - Wirkungen der Erhaltungsmaßnahmen
- Netzbezogene Ergebnisse
 - Zustandsentwicklung der Einzelmerkmale, der Teilwerte und des Gesamtwertes für die betrachtete Periode für unterschiedliche Budgetszenarien
 - Kosten- und Maßnahmenentwicklung für die betrachtete Periode
 - Kosten- und Zustandsvergleich von unterschiedlichen Budgetszenarien
 - Entwicklung Erhaltungsrückstand für unterschiedliche Budgetszenarien
 - Zeitabhängiger Zusammenhang mittlerer Zustand und Investitionen

Die Ergebnisse der **Lebenszyklusanalyse** können in unterschiedlicher Art und Weise dargestellt werden und sollten daher auf die Bedürfnisse der Straßenverwaltung abgestimmt sein. Es empfiehlt sich, die Ergebnisse sowohl in tabellarischer als auch in grafischer Form aufzubereiten, da vor allem die grafische Darstellung einen guten Überblick hinsichtlich der zu übermittelnden Informationen liefert und somit auch die Entscheidungsfindung wesentlich erleichtert (siehe Abbildung 31).

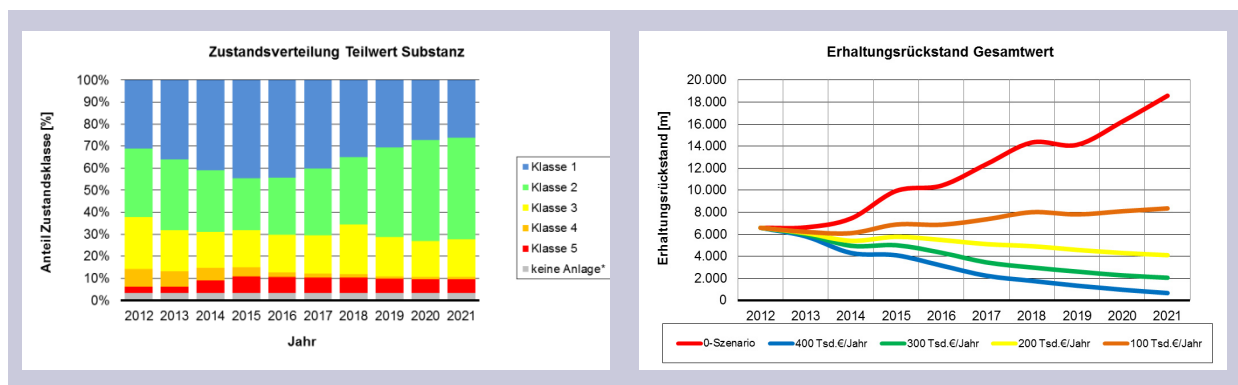


Abbildung 31: Ergebnisdarstellung Erhaltungplanung unter Verwendung der Lebenszyklusanalyse (Beispiel)

4.7 PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEME (PMS)

Die praktische Durchführung der **Lebenszyklusanalyse** erfolgt heute über sogenannte **Pavement Management Systeme** kurz **PMS**. Hierfür stehen entsprechende Softwarelösungen zur Verfügung, die von Ingenieurbüros auf verschiedenen Straßennetzen angewendet werden können.

Moderne Pavement Managementsysteme verbinden dabei die Speicherung der erhaltungsrelevanten Daten mit der Zustandsprognose sowie der Beurteilung der Erhaltungsmaßnahmen auf wirtschaftlicher Ebene. Sie liefern neben Informationen über die Entwicklung des Straßenzustandes auch die notwendigen Aussagen im Hinblick auf den **Erhaltungsbedarf** oder das aktuelle und zukünftige **Anlagevermögen**.

Die nachfolgende Abbildung 32 beinhaltet einige Beispiele für die Aufbereitung der Eingangsdaten und der Ergebnisse des Generellen Planungsprozesses unter Heranziehung der in Österreich derzeit am häufigsten eingesetzten PMS-Software **VIAPMS™**. Diese Software wird in Österreich neben der ASFINAG und einer Reihe von Landesstraßenverwaltungen auch von Ingenieurbüros für die Erhaltungsplanung auf kommunaler Ebene eingesetzt. Die entsprechende Systemkonfiguration für die Kommunen wurde in mehrjähriger Arbeit von der Fa. PMS-Consult GmbH entwickelt.

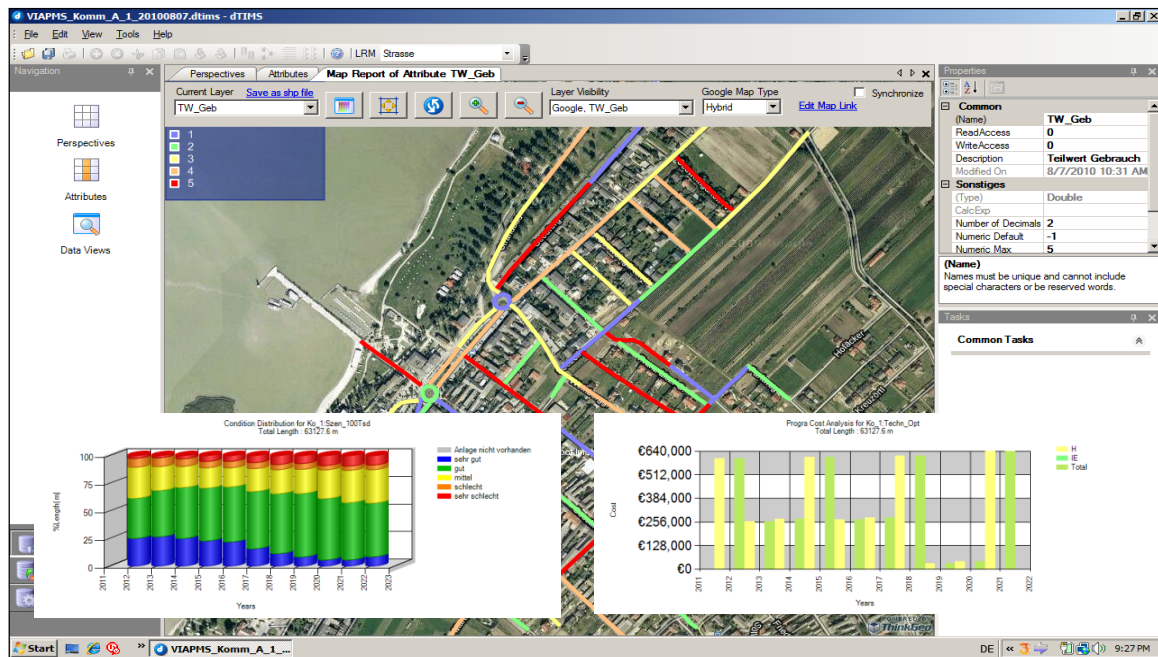
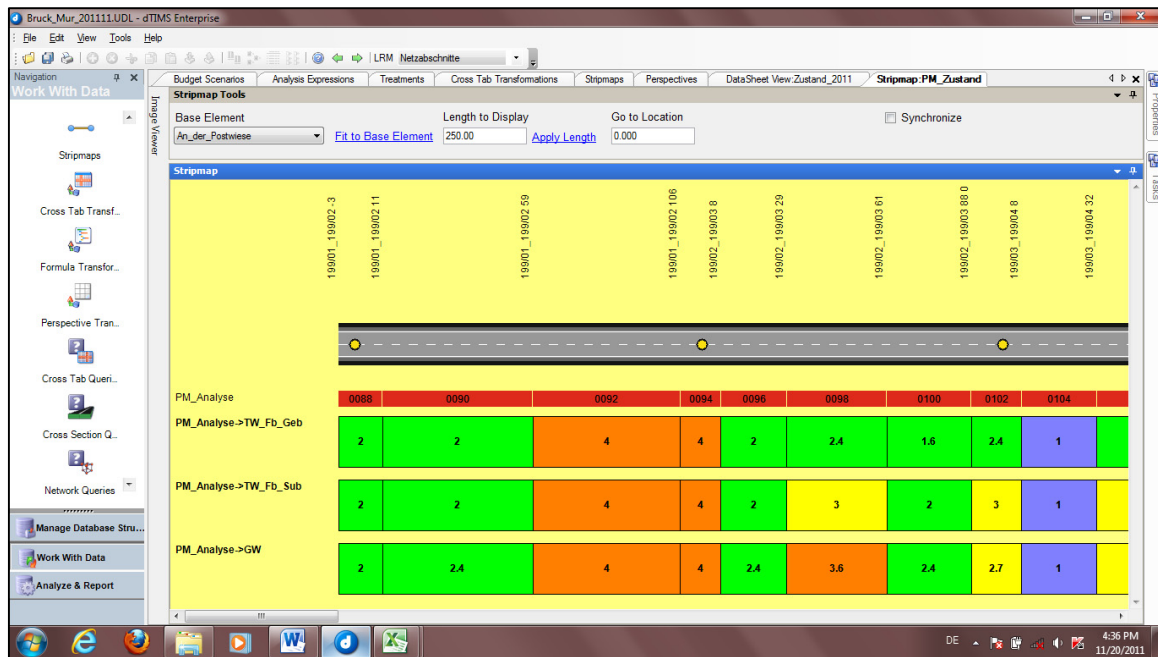


Abbildung 32: Streckenbanddarstellung, Kartendarstellung Zustand, Zustands- und Kostenverteilung in VIAPMS™ (anonymisierte Daten)

4.8 HINWEISE ZUR DETAILPLANUNG UND UNTERSUCHUNG AUF PROJEKTEBENE

Sind die Bereiche für die Durchführung einer Instandsetzungs- bzw. Erneuerungsmaßnahme festgelegt, so sollten in einem zweiten Schritt für jedes einzelne Bauilos **Detailplanungen** vorgenommen werden. Natürlich muss nicht jede Maßnahme diesen Planungsprozess im Detail durchlaufen, es empfiehlt sich jedoch, zumindest die **Instandsetzungsmaßnahmen größeren Umfangs** und auf jeden Fall die **Erneuerungsmaßnahmen** in ein **Detailprojekt** überzuführen. Zusätzliche Untersuchungen sollten jedenfalls dann durchgeführt werden, wenn die Schadensursache und die Schadensausprägung (z.B. Tiefe der Rissausbildungen) nicht genau bekannt sind. Die Ziele einer Detailplanung (oder Planung auf Projektebene), die ggf. von einem Ingenieurbüro durchgeführt werden sollte, können dabei wie folgt zusammengefasst werden:

- Genaue Feststellung der Schadensursachen und des Ausmaßes, ggf. Erweiterung der Straßenzustandserfassung durch Informationen auf Projektebene (Tragfähigkeitsuntersuchungen, Bohrkernanalysen, Frostsicherheit der ungebundenen Tragschichten, etc.)
- Endgültige und detaillierte Festlegung der Art der Erhaltungsmaßnahme (z.B. Art der Deckschicht, Verstärkungsdicken, etc.) abgestimmt auf die erhobenen Schadensursachen
- Koordination mit anderen Infrastruktureinrichtungen bzw. Leitungsträgern und Erstellung Ablaufplan
- Erstellung eines Leistungsverzeichnisses mit einer detaillierten Kostenschätzung
- Erstellung von Ausschreibungsunterlagen entsprechend den Anforderungen unter Berücksichtigung der einzuhaltenden Richtlinien und Normen
- Erstellung von Unterlagen für die Absicherung der Baustelle, die Verkehrsführung und die Sicherung der Bauarbeiter
- Festlegung der Vorgehensweise im Hinblick auf laufende Kontrolle und Abnahme

Die Kosten für eine Detailplanung richten sich in erster Linie nach dem Umfang der Maßnahmen, liegen jedoch in der Regel deutlich unter 10% der Baukosten der Maßnahme.

Im Zuge der Detailplanung sollte auf jeden Fall eine Kommunikation mit den verantwortlichen Stellen anderer Infrastruktureinrichtungen (Strom, Gas, Wasser, Kanal, etc.) hergestellt werden, um hier Synergieeffekte optimal zu nutzen und kurzfristige Instandsetzungen nach Grabungsarbeiten auf neu sanierten Verkehrsflächen zu vermeiden.

Wie die vorstehende Auflistung zeigt, handelt es sich zum Teil um sehr umfangreiche Aktivitäten, die bei weniger intensiven Erhaltungsmaßnahmen deutlich reduziert werden können.

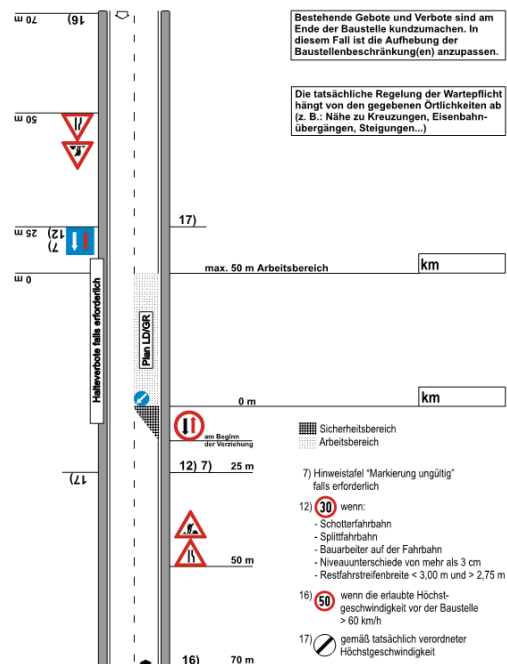


Abbildung 33: Beispiel Verkehrsplanung nach RVS 05.05.44 [17]

Für Instandhaltungsmaßnahmen (z.B. lokale Ausbesserungen, Vergießen von Rissen, Füllen von Schlaglöchern) werden in der Regel keine Detailplanungen vorgenommen und auch oftmals Verträge mit Baufirmen über einen längeren Zeitraum für ein gesamtes Straßennetz abgeschlossen, wo letztendlich die Planung und die Organisation der Durchführung dieser Maßnahmen dem Auftragnehmer obliegen.

5 ERHALTUNGSPLANUNG INGENIEURBAUWERKE

5.1 EINLEITUNG

Wie bereits in der Einleitung beschrieben, wird auch in Österreich das Erhaltungsmanagement von Ingenieurbauwerken vorwiegend im Sinne einer „Präventiven Erhaltung“ betrieben. Die größte Herausforderung liegt nun darin, den Interventionszeitpunkt von Instandhaltungs- (Routinemaßnahmen, präventive Wartung), Instandsetzungs- und Erneuerungsmaßnahmen (Tausch maßgeblicher Bauteile) so zu wählen, dass aus der Maßnahme der größte Nutzen gewonnen werden kann. Der Einsatz von neuen Technologien wie Structural Health Monitoring (SHM) und darauf aufbauenden Bewertungsroutinen erweist sich im Zusammenhang mit dieser Erhaltungsphilosophie als vorteilhaft - vor allem dann, wenn Sicherheitsgrenzen erreicht werden. Diese vorausschauende Erhaltungsphilosophie schließt natürlich auch die Ingenieurbauwerke der kommunalen Straßeninfrastruktur ein, sodass es notwendig ist, diese Bauwerke mit gleicher Aufmerksamkeit und folglich mit gleicher Technologie zu erhalten.

Gerade im letzten Jahrzehnt ergibt sich seitens der Wirtschaft ein zunehmend großer Bedarf im Bereich Erhaltungsplanung (Life Cycle Analysis - LCA) und Lebenszyklus-Kostenberechnungen (LCC) für Ingenieurbauwerke. Durch zahlreiche durchgeführte Lebensdauer-Untersuchungen an einzelnen Brückentragwerken in den vergangenen 10 Jahren konnte entsprechendes Know-How aufgebaut und Spezialisten ausgebildet werden. Dieses Know-How ist daher schon aus Gründen der Sicherheit auch im Bereich der kommunalen Straßeninfrastruktur anzuwenden.

5.2 NORMATIVER RAHMEN

Basis für die optimale Erhaltungsplanung ist der Erhaltungszustand eines jeden Tragwerks. Die Erhebung des Erhaltungszustandes für Ingenieurtragwerke ist in folgenden Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS) geregelt:

- RVS 13.03.11 Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Kunstbauten – Straßenbrücken
- RVS 13.03.21 Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Kunstbauten – geankerte Konstruktionen
- RVS 13.03.31 Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Kunstbauten – Straßentunnels – Bauliche konstruktive Teile
- RVS 13.03.51 Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Kunstbauten – Wegweiserbrücken
- RVS 13.03.61 Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Kunstbauten – nicht geankerte Stützbauwerke
- RVS 13.03.71 Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Kunstbauten – Lärmschutzbauwerke

5.3 TRAGWERKSINSPEKTIONEN

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Kunstbauten (Straßenbrücken) im Sinne der RVS 13.03.11 [18] – alle anderen Ingenieurtragwerke werden methodisch gleichartig überwacht.

Zufolge dieser Richtlinie sind Brücken hinsichtlich Zuverlässigkeit (Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit) und Verkehrssicherheit einer bautechnischen Überwachung zu unterziehen. Dabei soll der aktuelle Erhaltungszustand erhoben werden, um Mängel und etwaige Schäden rechtzeitig zu erkennen. Dem Erhaltungspflichtigen soll dadurch ermöglicht werden, Mängel und Schäden rechtzeitig und kosteneffizient zu beheben. Die grundlegenden statischen Verhältnisse des Objekts sind zu beurteilen und der Einfluss von Schäden auf die Sicherheit und Dauerhaftigkeit ist abzuschätzen.

Zur Erhebung des Erhaltungszustandes sind drei verschiedene Arten der Überprüfung vorgesehen:

- Laufende Überwachung
- Kontrolle
- Prüfung

Die folgende Tabelle 15 gibt abschließend einen Überblick über das nach RVS 13.03.11 [18] vorgeschriebene Prüfregime für Brücken und andere Ingenieurtragwerke.

<i>Art der Prüfung</i>	<i>Termine</i>	<i>Durchführung</i>	<i>Ergebnis</i>
Laufende Überwachung	alle 4 Monate	Streckendienst oder gleichwertig befähigte Personen	Schriftliche Meldung von Schäden an den Erhaltungspflichtigen
Kontrolle	mind. alle 2 Jahre	Sachkundiger Ingenieur, geschultes/erfahrenes Fachpersonal	Schriftlicher Befund inkl. Vergleich mit dem letzten Befund
Prüfung	mind. alle 6 bzw. alle 12 Jahre	Sachkundiger Ingenieur	Ausführliche Dokumentation des Erhaltungszustands, Befund inkl. erforderlicher Maßnahmen
Sonderprüfung	bei Bedarf	Einschlägige Ausbildung und Prüfpraxis erforderlich	Beurteilung von Schäden, deren Ausmaß mit üblichen Prüfmethode nicht genau ermittelt werden kann

Tabelle 15: Übersicht über die verschiedenen Arten der Bauwerksprüfung nach RVS 13.03.11 [18]

5.3.1 LAUFENDE ÜBERWACHUNG

Im Zuge der laufenden Überwachung werden die Funktionstüchtigkeit des Tragwerks sowie die Verkehrssicherheit der Fahrbahn und der Brückenausrüstung festgestellt. Im Abstand von 4 Monaten sollen durch die laufende Überwachung grobe Schäden, die beim Befahren des Tragwerks vom Fahrzeug aus erkennbar sind, festgestellt werden. Schriftliche Aufzeichnungen sind grundsätzlich nicht

notwendig, Schäden sind dem Erhaltungspflichtigen aber schriftlich mitzuteilen. Werden Schäden festgestellt, die die Verkehrssicherheit beeinträchtigen, sind notwendige Maßnahmen sofort zu treffen. Die laufende Überwachung wird in der Regel von Mitarbeitern des Streckendienstes übernommen.

5.3.2 KONTROLLE

Ziel der Kontrolle ist es, den Erhaltungszustand bzw. die Funktionstüchtigkeit der Brücke durch Augenschein zu erheben. Etwaige Veränderungen des Erhaltungszustandes im Vergleich zur letzten Prüfung oder Kontrolle werden festgestellt, dokumentiert und beurteilt. Die Kontrolle ist von einem sachkundigen Ingenieur oder geschultem bzw. erfahrenem Fachpersonal auszuführen.

Im Regelfall werden Kontrollen im Abstand von höchstens zwei Jahren durchgeführt, bei schlechtem Zustand eines Objekts können die Abstände verkürzt werden. Nach außergewöhnlichen Ereignissen (Hochwasser, Erdbeben, Lawinen, Muren, Unfällen u.ä.) sollten Tragwerke gezielt einer Kontrolle unterzogen werden. Die Ergebnisse der Kontrolle sind schriftlich zu dokumentieren.

5.3.3 PRÜFUNG

Mit der visuellen Inspektion soll der Bauwerkszustand und die Sicherheit (Standssicherheit und Verkehrssicherheit) dokumentiert und bewertet werden.

Brücken müssen in regelmäßigen Abständen von 6 Jahren geprüft werden – Brückenobjekte mit besonderen Bauteilen, wie Seile und deren Verankerungen, sind in Abständen von 3 Jahren zu prüfen. Bei Brücken mit einfachen statischen Verhältnissen und ohne bewegliche Teile kann – unter der Voraussetzung, dass die Kontrollen sach- und termingerecht erfolgen – das Prüfintervall auf zwölf Jahre ausgedehnt werden. Mit der Prüfung ist ein sachkundiger Ingenieur zu betrauen. Im Rahmen der Prüfung werden folgende Bauteile bewertet (siehe Tabelle 16):

Bauteil	Beschreibung
Unterbau	Gründungselemente, Widerlager, Pfeiler, Flügelmauern, Gerinne, Böschungen usw.
Überbau	Tragwerk
Deckschicht	Fahrbahndecke, Geh- und Radwegdecke und deren Anschlüsse
Lager	Brückenlager
Fahrbahnübergang	Fahrbahnübergangskonstruktionen, elastische Belagsdehnfugen
Abdichtung, Entwässerung	Brückenabdichtung und Entwässerungseinrichtungen (Abläufe, Ablaufrohre, Befestigungen)
Randbalken	Randbalken inkl. Bordsteine und Randbalkenfugen
Sonstige Ausrüstung	Geländer, Fahrzeugrückhaltesysteme, Lärmschutzeinrichtungen, Spritzschutz, Abwurfsicherungen, Beleuchtung, Leitungen, Verkehrszeichen usw.

Tabelle 16: Zu bewertende Bauteile im Rahmen der Prüfung (nach RVS 13.03.11 [18])

In der nachfolgenden Abbildung 34 sind einige typische Fehlstellen, die im Zuge von Bauwerksinspektionen festgestellt werden, zusammengestellt und die auch die Grundlage für die Bewertung der Bauwerke bilden (siehe hierzu Kapitel 0, S. 57).


<i>Bauteil</i>	<i>Fehlstellen</i>	<i>Bildinformation</i>
Unterbau	Risse, Sinterungen, Rostfahnen	
Überbau	Abplatzungen, freiliegende Bewehrung an der Fahrbahnplattenuntersicht	
Lager	Stark korrodiertes Lager	
Fahrbahnübergang	Verdrückungen, mechanische Beschädigung	
Abdichtung	Fehlendes Endstück der Längsleitung; umläufige Abdichtungsentwässerung	
Randbalken	Tropfsteinbildung, Abplatzungen, Risse, undichte Fuge	
Sonstige Ausrüstung	Fehlendes Geländer	

Abbildung 34: Typische Fehlstellen bei Brückeninspektionen [Fotos: VCE]

Sichtbare Mängel und Fehlstellen werden im Zuge der visuellen Inspektion vor Ort markiert, fotografiert und in weiterer Folge in Plänen dokumentiert (Abbildung 35). Auf Basis der visuellen Prüfung werden sowohl die Einzelbauteile jedes Tragwerks als auch jedes Objekt als Gesamtes mit einer Zustandsnote zwischen 1 (sehr guter Zustand) und 5 (schlechter Zustand) beurteilt (Abbildung 35, rechts) Die Grundlage zur Ermittlung der Zustandsnoten kann dem Kapitel 0 (S. 57) entnommen werden.

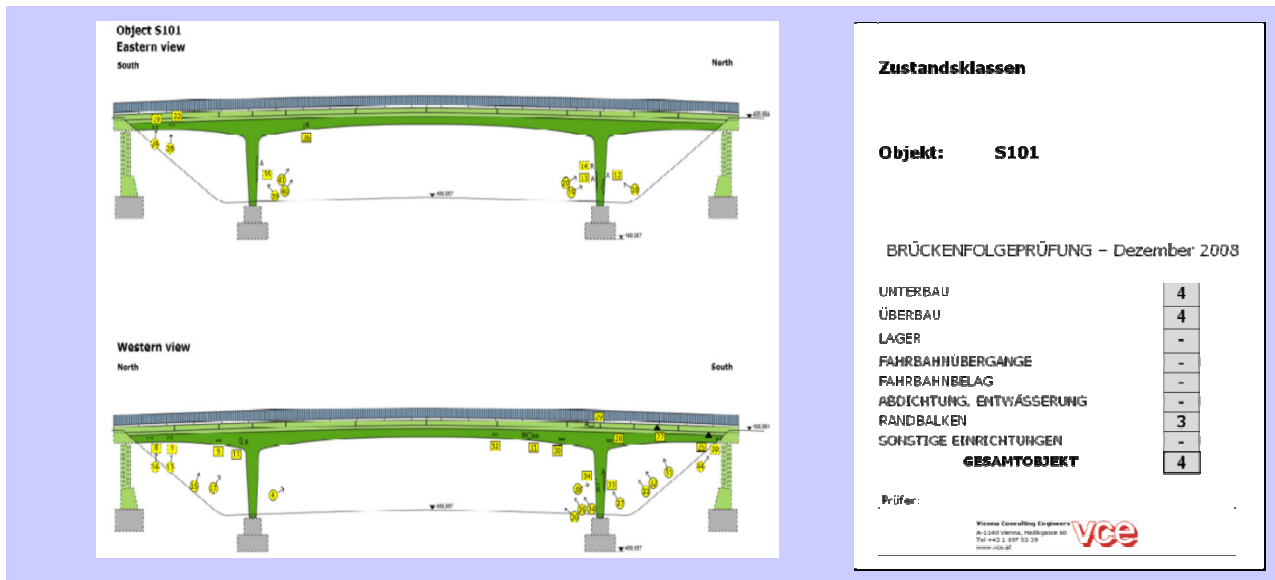


Abbildung 35: Dokumentation von Fehlstellen (links) und Evaluierung eines Brückenobjekts nach RVS 13.03.11 [18] (rechts) [Abbildungen: VCE]

Ergebnisse der bautechnischen Prüfung nach RVS 13.03.11 [18] sind die Dokumentation des Erhaltungszustandes – auch in Form einer aussagekräftigen Fotodokumentation oder anhand planlicher Darstellungen – sowie ein vom Prüfer zu verfassender Befund, einschließlich folgender maßgeblichen Informationen (aus RVS 13.03.11 [18]):

- Zustand des Objekts inkl. Zustandsnoten für das Gesamtobjekt und für die Bauteile
- Benutzbarkeit des Verkehrsweges im bisherigen Umfang – abhängig vom Zustand des Objekts
- Festgestellte Mängel/Schäden und ggf. deren vermutliche Ursachen
- Veränderung von Schäden gegenüber der letzten Kontrolle/Prüfung
- Sofortmaßnahmen aufgrund der festgestellten Mängel/Schäden
- Erforderliche Maßnahmen aus Gründen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit, Terminvorschlag für die Einleitung dieser Maßnahmen
- Erforderliche Maßnahmen aus Gründen der Dauerhaftigkeit, Terminvorschlag für die Einleitung dieser Maßnahmen
- Empfohlene Maßnahmen
- Besondere Anweisungen und Hinweise für die zukünftigen Kontrollen und Prüfungen
- Durchzuführende Sonderprüfungen
- Durchzuführende statische Nachrechnungen
- Jahr der nächsten Prüfung

5.3.4 SONDERPRÜFUNGEN UND BAUWERKSMONITORING

Werden im Rahmen der Prüfung Schäden festgestellt, die mit den üblichen Prüfgeräten und Werkzeugen nicht ausreichend beurteilt werden können, sind geeignete Sonderprüfungen zu veranlassen. Dazu zählen unter anderem Stromgrundaufnahmen, dynamische Untersuchungen, Kernbohrungen, Prüfung der Karbonatisierungstiefe oder der Chloreindringtiefe.

Eine Möglichkeit, ein Bauwerk ganzheitlich zu bewerten, ist es, Monitoringdaten in die Bewertung miteinfließen zu lassen. Zu diesem Thema wurde vom FSV das Merkblatt (RVS 13.03.01 [19]) **Monitoring von Brücken und anderen Ingenieurbauwerken** erstellt, in dem die Grundlagen für die

- messtechnische Erfassung und Bewertung des aktuellen Zustandes
- Beurteilung von Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit
- Einschätzung von Risiken
- Dringlichkeit der Einleitung von Instandsetzungsmaßnahmen
- Durchführung von Lebenszyklusbetrachtungen

beschrieben sind (RVS 13.03.01 [19]).

Bauwerksmonitoring und **zerstörungsfreie Prüfverfahren** werden in Europa seit langem als unterstützende Maßnahmen im Rahmen der Bauwerksbewertung angewendet. Als Monitoring von Ingenieurbauwerken wird die zerstörungsfreie messwertgebundene automatisierte Untersuchung bzw. Überwachung verstanden. Realen Daten können dabei sowohl für die Einwirkungsseite als auch für die Widerstandsseite erfasst werden. Dazu werden Sensoren entweder temporär oder permanent am Ingenieurbauwerk installiert und unterschiedliche physikalische Parameter statisch und/oder dynamisch gemessen (siehe RVS 13.03.01 [19]). Durch die Erfassung des realen Verhaltens eines Bauwerks kann der Bauwerksprüfung ein verlässliches, objektivierendes Verfahren zur Seite gestellt werden.

Die Anwendung des von der Fa. VCE entwickelten Monitoring-Systems **BRIMOS®** (= Bridge Monitoring System) ist ein gutes Beispiel für den Einsatz neuer und effizienter Technologie bei der Brückenprüfung in Österreich und in der Zwischenzeit in der ganzen Welt, welche auch für Brücken im kommunalen Straßennetz angewendet werden kann. Die BRIMOS® Methode ist eine Technologie zur Erfassung und Bewertung des Tragverhaltens von Ingenieurtragwerken auf Grundlagen der Baumechanik.

Das Monitoring-Verfahren wurde mit der Bedingung entwickelt, bei weitgehend unbeeinträchtigtem, unterbrechungsfrei geführtem Verkehr eingesetzt zu werden und ist somit auch für Brücken im kommunalen Bereich sehr gut anwendbar. Die dynamischen Messungen werden stets unter so genannten ambienten (durch umweltbedingte Schwingungen angeregten) Bedingungen sowie bei laufendem Verkehr durchgeführt. Letzterer stellt dabei die repräsentativste aller Belastungen dar, deren Auswirkungen es zu untersuchen gilt (siehe Abbildung 36, Brückenmonitoring im Bereich kommunaler Straßeninfrastruktur unter Verkehr).

Der endgültige Gesamtbefund stützt sich dann auf einen Vergleich mit maßgeblichen Referenzuntersuchungen in der BRIMOS® Datenbank (Beispiel siehe Abbildung 37).



Abbildung 36: BRIMOS® Messraster im Rahmen verschiedener Monitoring-Aufgaben [Fotos: VCE]

BRIMOS® SHM

MESSUNG 2013	
Eigenfrequenzen	1,80
Eigenformen	1,50
Schwingungsintensität	1,00
Dämpfungsanalyse	1,30
Trend der Eigenfrequenzen	1,50
BRIMOS® RATING	A

Visual Inspection	BRIMOS® SHM	FE Simulation
A	A	
Total Rating		
A		
Risk Level		
Moderate		

A	excellent / very good condition
B	good / satisfactory condition
C	poor / serious / critical condition

Low
Moderate
Considerable
High
Extreme

Abbildung 37: BRIMOS® Gesamtbewertung (Beispiel) [Abbildungen: VCE]

5.4 BEWERTUNG INGENIEURTRAGWERKE

Die RVS 13.03.11 [18] schreibt vor, dass die Bewertung des Erhaltungszustandes nach folgendem Notensystem zu erfolgen hat:

1 – sehr guter Zustand
2 – guter Zustand
3 – ausreichender Zustand
4 – mangelhafter Zustand
5 – schlechter Zustand

Tabelle 17: Objekt- und Bauteilbewertung nach RVS 13.03.11 [18]

Die Objektbewertung mit den entsprechenden Detailinformationen kann der nachfolgenden Tabelle 18 entnommen werden. Die Bewertung erfolgt nicht nur für das gesamte Objekt, sondern auch jeweils für die einzelnen Bauteile. Die Bauteilbewertung erfolgt gemäß Tabelle 19, in welcher auch beispielhafte Schadensbilder beschrieben sind.

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

Tabelle 18: Beschreibung der Noten für die Objektbewertung (aus RVS 13.03.11 [18])

Note	Beschreibung
1	Keine oder sehr geringe Schäden. Mängel aus der Bauzeit wie Abweichungen der Abmessungen, ästhetische Mängel. Keine Einschränkung der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit. Keine Instandsetzung erforderlich.
2	Geringe, leichte Schäden, Mängel aus der Bauherstellung, die noch keine Verschlechterung zeigen. Keine Einschränkung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit. Bei Nichtbeheben kommt es erst längerfristig zu einer Verminderung der Gebrauchstauglichkeit bzw. der Dauerhaftigkeit. Behebung im Zuge von Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten empfohlen.
3	Mittelschwere Schäden an den Bauteilen oder mehrere leichte Schäden. Keine Einschränkung der Tragfähigkeit. Es sind Anzeichen einer Verminderung der Funktionstauglichkeit bzw. der Dauerhaftigkeit des Bauteils zu erkennen. Eine Instandsetzung sollte mittelfristig in Angriff genommen werden, um die Gebrauchstauglichkeit bzw. die Dauerhaftigkeit auf das geplante Maß anzuheben. Beispielhaft angeführte Schadensbilder: <u>Unterbau:</u> Verdrehungen/Verschiebungen, Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, Hohlstellen, schädlich erscheinende Risse mit/ohne Aussinterungen, beginnende Kolkbildung, etc. <u>Überbau:</u> Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, Hohlstellen, schädlich erscheinende Risse mit/ohne Aussinterungen, beginnende flächenhafte Korrosionserscheinungen, beginnende Schäden an Stahl-/Holzverbindungen, offene Koppelfugen ohne Aussinterungen, etc. <u>Belag:</u> leichte Spurrinnenbildung, beginnende Netzzrisse, leichte Verdrückungen, leichte Setzungen im Geh-/Radwegbereich, etc. <u>Lager:</u> unbedenkliche Fehlstellung, leichte Risse bei Elastomerlagern, Korrosion, etc. <u>Fahrbahnübergang:</u> Undichtigkeit, Anschlussprobleme zur Fahrbahndecke, flächenhafte Korrosion an der Unterseite, unbedenkliche Fehlstellung, etc. <u>Abdichtung, Entwässerung:</u> geringe Umläufigkeit, Korrosion der Abläufe, etc. <u>Randbalken:</u> Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, offene Fugen, Frost-/Tausalzschäden, etc. <u>Sonstige Ausrüstung:</u> flächenhafte Korrosion, geringfügige mechanische Beschädigung, beginnende Fäulnisbildung bei Holzbauteilen, etc.
4	Schwere Schäden an den Bauteilen. Derzeit noch keine Einschränkung der Tragfähigkeit erforderlich, jedoch Verminderung der Funktionstauglichkeit und/oder der Dauerhaftigkeit deutlich erkennbar. Instandsetzung kurzfristig beginnen, um die Funktionstauglichkeit und/oder Dauerhaftigkeit auf das geplante Maß anzuheben. Beispielhaft angeführte Schadensbilder: <u>Unterbau:</u> großflächige Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, massive Rissbildung mit/ohne Aussinterungen, ausgeprägte Kolkbildung, etc. <u>Überbau:</u> großflächige Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, massive Rissbildung mit/ohne Aussinterungen, flächenhafte Korrosionserscheinungen mit Querschnittsminderungen, schadhafte Stahl-/Holzverbindungen, Schweißnahttrisse, Verbeulungen, etc. <u>Belag:</u> massive Spurrinnenbildung, Verdrückungen und Ausbrüche, Setzungen im Geh-/Radwegbereich etc. <u>Lager:</u> Einschränkung der Verformungsfähigkeit bzw. des erforderlichen Bewegungsspielraumes, massive Risse bei Elastomerlagern, massive Korrosion, gravierende Mängel der Lagersockel, bzw. des Versetzmörtels, etc. <u>Fahrbahnübergang:</u> massive Undichtigkeit, größere Niveauunterschiede zur Fahrbahndecke, eingeschränkter Dehnweg, schwere mechanische Beschädigungen, massive Schlaggeräusche, etc. <u>Abdichtung, Entwässerung:</u> zahlreiche Feuchtstellen, Umläufigkeit, eingeschränkte Funktionsfähigkeit der Entwässerung, größere Niveauunterschiede zur Fahrbahndecke, Beschädigungen bzw. massive Korrosion der Abläufe, mangelhafte Leitungsaufhängungen, etc. <u>Randbalken:</u> massive Abplatzungen mit freiliegender Bewehrung, massive Rissbildung mit/ohne Aussinterungen, massive Frost-/Tausalzschäden, lockere Bordsteine etc. <u>Sonstige Ausrüstung:</u> flächenhafte Korrosionserscheinungen mit Querschnittsminderungen, mechanische Beschädigung, Fäulnisbildung bei Holzbauteilen, mangelhafte Befestigungen, etc.
5	Sehr schwere Schäden an den Bauteilen. Fehlende Ausrüstungsteile. Einschränkung der Tragfähigkeit bzw. der Gebrauchsfähigkeit. Instandsetzungsarbeiten/Erneuerung unverzüglich einleiten.

Tabelle 19: Bauteilbewertung (aus RVS 13.03.11 [18])

5.5 PLANUNG VON ERHALTUNGSMASSNAHMEN AN BRÜCKEN

5.5.1 AUSGANGSLAGE

Für die Erhaltungsplanung einer großen Anzahl verschiedenartiger Ingenieurbauwerke über einen langen Zeitraum wurde von Experten (z.B. der Fa. VCE) ein integrales **Life-Cycle-Modell (LCM)** entwickelt, das an die Gegebenheiten und speziellen Anforderungen jedes einzelnen Objekts angepasst werden kann und daher auch für Bauwerke im kommunalen Straßennetz bestens geeignet ist. Das Ergebnis – ein Erhaltungsplan für sämtliche Ingenieurtragwerke und deren Bauteile – ist die Grundlage für Optimierungsberechnungen hinsichtlich Kosten und Verfügbarkeit.

Die Ausgangslage für Studien dieser Art ist eine dokumentierte Zeitreihe folgender maßgeblicher Einflussgrößen:

- Zustandsdaten
- Bauwerksinventar
- Bemessungsgrundlage
- bauliche Veränderungen
- Erhaltungseingriffe
- Verkehrsentwicklung auf dem Streckenabschnitt
- Historie der Zustandsbewertung über die Zeit (visuellen Inspektionen)
- Ergebnisse von Sonderprüfungen

Die Zustandsentwicklung der einzelnen Tragwerks-Arten (Brücken, Verkehrszeichenbrücken, Stützbauwerke, etc.) bzw. von deren Komponenten werden zunächst anhand von mittleren zu erwartenden Lebensdauern unter Zugrundelegung typischer Alterungskurven abgeschätzt. Für die Lebensdauererwartungen werden Literaturangaben, Normen und Richtlinien, Hersteller-Spezifikationen sowie die Auswertungen aus Datenbanken herangezogen.

In weiterer Folge werden dann Auswertungen der tatsächlichen Alterungskurven für jedes maßgebende Bauteil unter Berücksichtigung des Bautyps, der Bauart, des jeweiligen Alters, des jeweiligen Erhaltungszustandes und der jeweils zum Errichtungszeitpunkt gültigen Normenlage vorgenommen.

Mit Hilfe probabilistischer Methoden werden zudem obere und untere Grenzen der Alterung bzw. der Zustandsentwicklung erarbeitet. Die Einhaltung der Funktionsanforderungen hinsichtlich Verkehrssicherheit, Tragsicherheit und Dauerhaftigkeit entsprechend der gültigen Normenlage wird in den Prognosen zur Restlebensdauer berücksichtigt. Die Ergebnisse dienen als Vorschau und Planung von notwendigen Erhaltungsmaßnahmen (= Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen) im Zuge der weiteren Nutzungsdauer der Tragstrukturen in Abhängigkeit der Zustandsentwicklung der einzelnen Bauteile.

Die rechnerischen Prognosen sind natürlich mit entsprechenden statistischen Streuungen behaftet und stellen eine Aussage zum Untersuchungszeitpunkt dar. Die Genauigkeit der Prognosen ist insbesondere von der Genauigkeit, Verwertbarkeit und Eindeutigkeit der verfügbaren bauwerksrelevanten Informationen abhängig.

Ein vollständiges Prozess-Schema für die langfristige Erhaltungsplanung auf Netzebene auf Grundlage von möglichst umfassenden Bestandsinformationen ist in Abbildung 38 dargestellt. Da dieser Ablauf eine Idealsituation darstellt und die dafür erforderlichen Daten nicht immer standardisiert bzw.

BAULICHE ERHALTUNG KOMMUNALER STRASSEN

vollständig zur Verfügung stehen, werden stets entsprechende Adaptierungen des Arbeitsablaufes vorgenommen. Die Evaluierung der verfügbaren Möglichkeiten und eine entsprechende Prozess-Anpassung sind bei jedem Projekt dieser Art als wesentlicher Schritt in Form eines eigenen Arbeitspaketes vorgesehen.

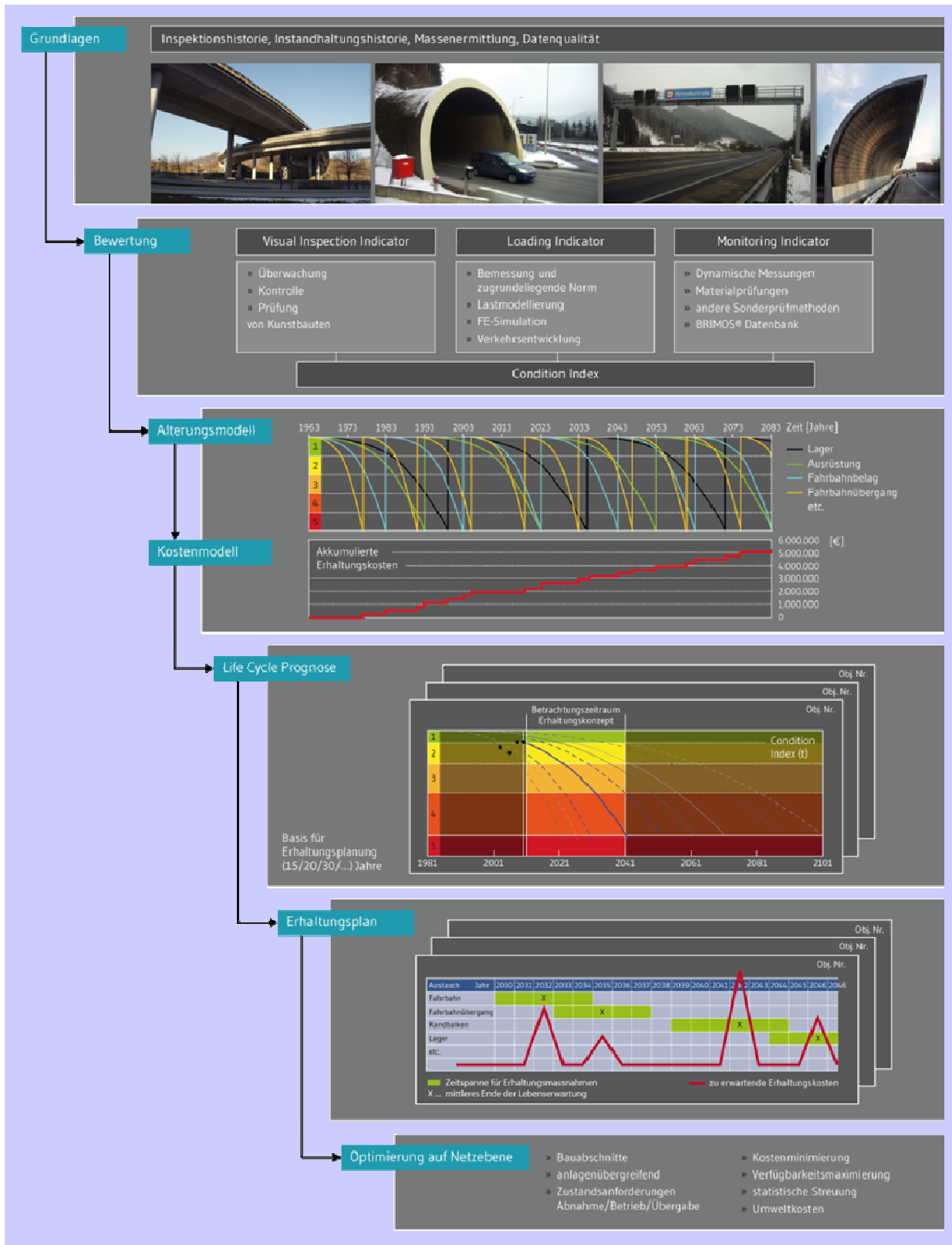


Abbildung 38: Von der Bestandsinformation zur Erhaltungsplanung - Idealsituation [Abbildung: VCE]

5.5.2 LEBENSZYKLUSANALYSEN BAUTEILE UND GESAMTBAUWERK

Auf Basis einer umfassenden Grundlagenstudie (Verfügbarkeit und Verwertbarkeit der Bestandsdaten) werden die für die Lebenszyklusanalyse notwendigen Komponenten angeführt bzw. einzeln inhaltlich spezifiziert. Wie Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. entnommen werden kann, handelt es sich bei diesen, methodisch maßgeblichen Bausteinen um

- ein geeignetes **Alterungsmodell**
 - Erwartungswerte für die Lebensdauer der untersuchten Bauteile (siehe Abbildung 39)
- Zusammenstellen eines Kataloges möglicher, prinzipiell einsetzbarer Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen
- das maßgebliche, **reale Schwerverkehrsmodell**
- das **Brückeninventar**
 - Massen / Material / Spezifizierung der Fabrikate,..
- das **Kostenmodell**
 - Katalog von Einheitspreisen für mögliche Erhaltungsleistungen
 - Baukostenindex (Inflation, Wettbewerb)
 - Diskontierungsvarianten (Finanzierungsmodell)

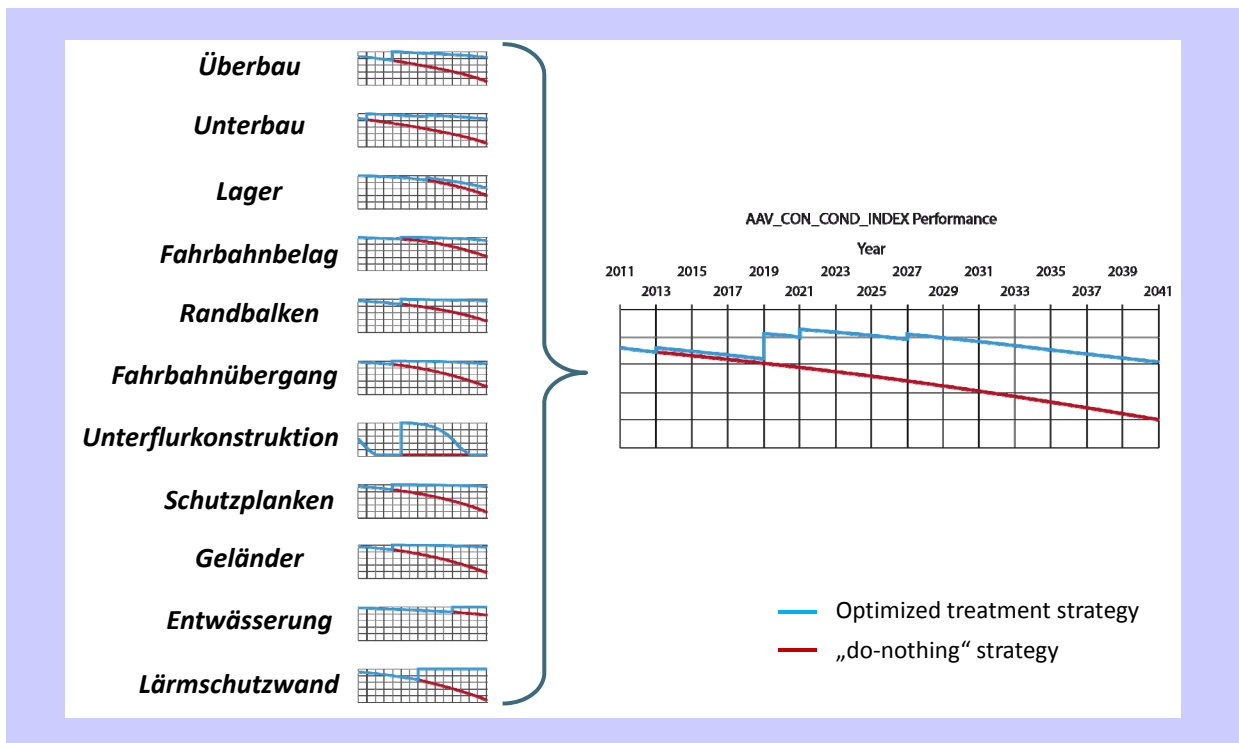


Abbildung 39: Exemplarische Zustandsprognose für einzelne Brücken-Bauteile incl. vorgeschlagener Erhaltungsmaßnahmen (links) sowie die rechnerische Auswirkung auf das Brücken-Gesamtsystem (rechts), rechnerisch optimierte Minimize Cost_Erhaltungs-Lösung – Analysezeitraum 30 Jahre [Abbildung: VCE]

5.5.3 ERHALTUNGSKONZEPT (ERGEBNISSE)

Kern der LCM-Analysen ist eine zustandsbasierte Prognose. Im Laufe der Lebensdauer sämtlicher betrachteter Komponenten (Bauteile) ergibt sich die Möglichkeit, aus einer Fülle an potentiellen, katalogisierten Erhaltungs-Interventionen auszuwählen. Dies wären:

- Routinemaßnahmen
- Instandhaltungsmaßnahmen
- Instandsetzungsmaßnahmen
- Austausch

Das Ergebnis der LCM-Analysen ist ein umfassender Erhaltungs-Zeitplan für sämtliche betrachteten Komponenten, welcher bauwerksübergreifend hinsichtlich Kosten und/oder Nutzen sowie hinsichtlich Verfügbarkeit optimiert ist.

Für die Erstellung des Erhaltungskonzeptes werden die Ergebnisse der Grundlagenanalyse und der Lebenszyklusanalyse miteinander verknüpft. Da die rechnerisch ausgelösten Erhaltungsmaßnahmen nicht an fixe Zeitpunkte gebunden, sondern innerhalb definierter Zeitabschnitte vorgesehen sind, gibt es für jeden einzelnen Bauteil mehrere Möglichkeiten für Interventionen. Letztlich ist es die Aufgabe der Optimierung, aus allen rechnerisch möglichen Erhaltungsvarianten die für die definierten Anforderungen geeignetste Kombination aus Einzelbauteilmaßnahmen herauszufiltern. Je nachdem, ob die optimale Lösung hinsichtlich Kostenminimierung oder hinsichtlich Optimierung des Nutzens berechnet wurde, ergeben sich für die einzelnen Bauteile unterschiedliche optimale Zeitpunkte für Interventionen und damit andere Zustandsverläufe. Gleichzeitig ergeben sich für dieselben Bauteile unterschiedliche, optimale Lösungen – je nachdem, wie lange Analysezeiträume betrachtet werden. Ziel ist es, unterschiedliche Analysezeiträume zu betrachten, um im Rahmen des strategischen Entscheidungsprozesses eine bessere Vergleichbarkeit der langfristigen Erhaltungsplanung mit einem alternativ vorstellbaren Szenario – z.B. **Abbruch und Wiederbeschaffung** – zu schaffen. Dazu können verschiedene Referenzszenarien definiert werden (Analysezeiträume von 10, 20 bzw. 30 Jahren).

5.5.4 INTEGRALE SOFTWARELÖSUNG

Ähnlich wie im Bereich des Straßenoberbaus, stehen auch für die Bewertung der Ingenieurbauwerke integrale Softwarelösungen zur Verfügung, die eine objektive und nachvollziehbare Erhaltungsplanung dieser wichtigen Infrastrukturkomponenten ermöglichen. Diese Systeme stehen den Spezialisten heute zur Verfügung und können auch im Bereich der kommunalen Straßeninfrastruktur effizient angewendet werden können.

Als Beispiel einer Software-Anwendung, welche für Brücken und auch für andere Bauwerke die angestrebte praktische Durchführung von Lebenszyklusanalysen, Erhaltungsplanungen inkl. der zugehörigen Optimierungen gewährleistet, wird an dieser Stelle die bereits im PMS eingesetzte Software **VIAPMS™** kurz beschrieben. Von der Fa. VCE wurde in mehrjähriger Forschungs- und Entwicklungsarbeit eine entsprechende Anwendung für den Bereich Erhaltungs-management von Kunstbauten bzw. für anlagenübergreifende Analysen geschaffen. Sie stellt momentan den höchsten Stand der Technik auf diesem Gebiet in Österreich dar.

Ein wesentlicher Vorteil des umgesetzten Software-Konzeptes im Vergleich zu anderen Systemen liegt in der offenen Struktur, die eine individuelle Adaptierung des Systems an die Randbedingungen des

jeweils zu analysierenden Infrastrukturnetzes ermöglicht. Aus diesem Grund können die – je nach zu erstellendem Erhaltungskonzept – vorhandenen Grundlagen und Anforderungen direkt in das System eingegeben werden. Das Ergebnis der Analyse ist ein abschnittsbezogener Vorschlag für eine Erhaltungsstrategie unter bestimmten vorgegebenen budgetären oder zustandsabhängigen Randbedingungen, welcher die Grundlage für etwaige, ingenieurmäßige Nachbearbeitung darstellt. Das gesamte Analyse- und Bewertungsverfahren ist im Überblick in der nachfolgenden Abbildung 40 dargestellt.

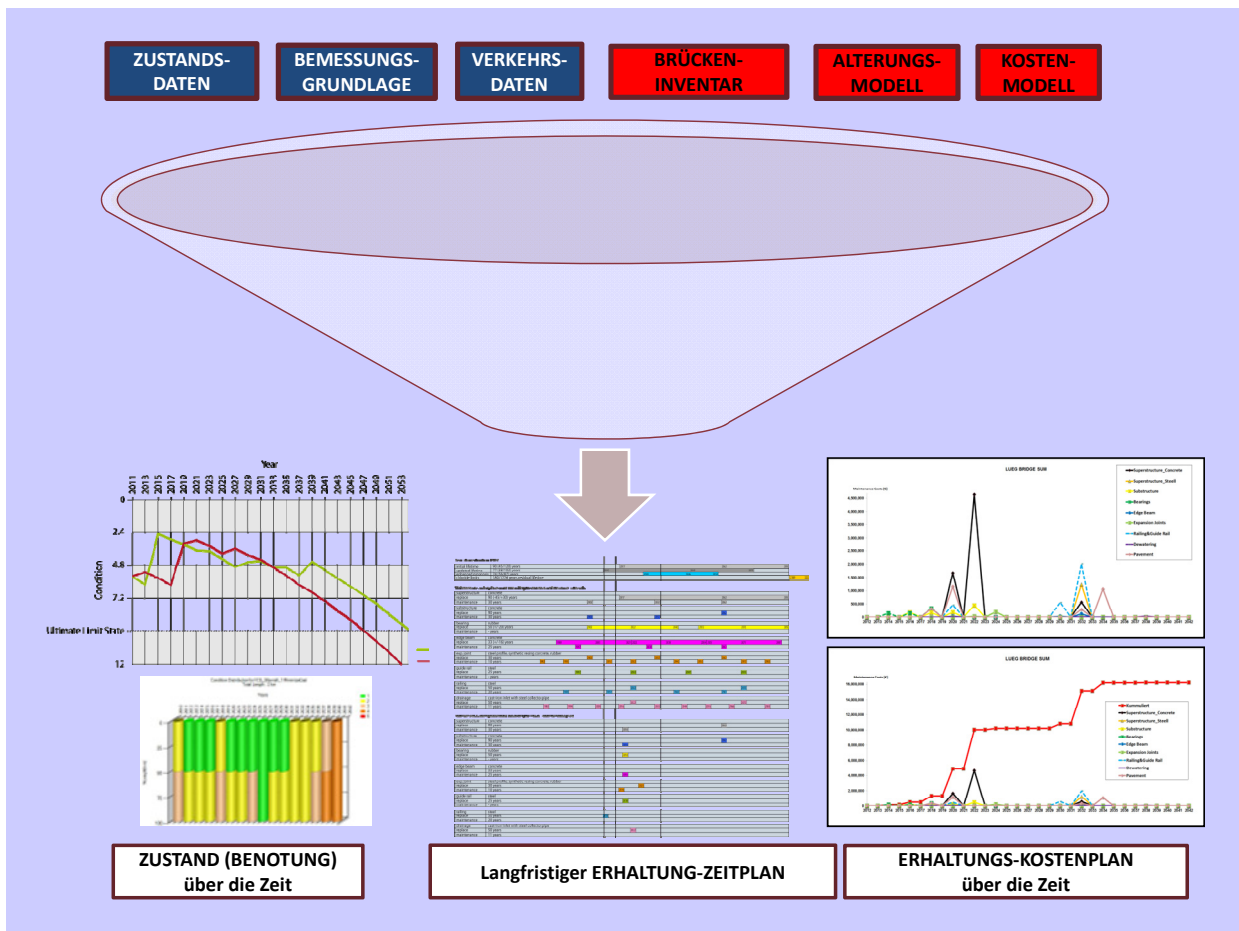


Abbildung 40: Modulare Software-Applikation bezüglich der INPUT & OUTPUT Komponenten der entwickelten LCM Lösung [Abbildung: VCE]

Das vorgestellte Verfahren baut unmittelbar auf die zumeist einzig verlässlich verfügbare Datenquelle hinsichtlich Struktur-Bewertung von Kunstbauten - d.h. auf die Zustandsnoten aus der visuellen Inspektion auf. Diese Zustandsnoten werden in weiterer Folge in sog. Zustands-Indizes umgerechnet, bevor sie in die umfangreichen Lebenszyklusanalysen implementiert werden. Dadurch kann auch die bisherige Lücke bei der Verwendung von Bauwerks- bzw. Bauteilnoten für Berechnungen der verbleibenden Nutzungsdauer überbrückt werden.

6 KOORDINIERUNG VON ERHALTUNGSMASSNAHMEN

Die Durchführung von Erhaltungsmaßnahmen hat bestimmte Auswirkungen auf unterschiedliche Personen- und Interessensgruppen. Um ein Erhaltungsziel zu erfüllen, sind Erhaltungsmaßnahmen notwendig, die vor allem den Straßenbenutzer (Verkehrsbeeinträchtigung, Zeitverlust, erhöhtes Unfallrisiko, etc.), die Anwohner (Lärm, Staub, etc.), jedoch auch den Eigentümer und Betreiber (Kosten, Personal, etc.) wesentlich beeinflussen. Die Wahl von Erhaltungsmaßnahmen hat daher vor dem Hintergrund einer größtmöglichen Sensitivität zu erfolgen, was jedoch die Kenntnis der Auswirkungen voraussetzt.

Eine wesentliche Aufgabe zur Minimierung der negativen Auswirkungen auf die Straßenbenutzer und die Anwohner ist eine bestmögliche Koordinierung von Erhaltungsmaßnahmen. Auch im kommunalen Erhaltungsmanagement muss dieser Aufgabe eine hohe Bedeutung zukommen, vor allem unter dem Einfluss von unterschiedlichen technischen Anforderungen der unterschiedlichen Straßenanlagen. Und dazu zählen auch Anforderungen, die durch Dritte (z.B. Leitungsträger) entstehen und Einfluss auf die Straßenerhaltung nehmen.

Die nachfolgende Abbildung 41 zeigt im Überblick die Anordnung eines **Koordinierten Erhaltungsmanagements** im Erhaltungsprozess.



Abbildung 41: Systematik Koordiniertes Erhaltungsmanagement

Das wesentliche Instrument für ein koordiniertes Erhaltungsmanagement ist die Kommunikation zwischen den einzelnen Verantwortungsbereichen. Vor allem bei größeren kommunalen Verwaltungen ist hier ein hohes Maß an geregelter Informationsaustausch notwendig. Die Koordinierung sollte dabei, wenn möglich, unter Einbeziehung aller Verantwortlichen anhand einer ingenieurmäßigen Bewertung erfolgen, wobei die Entscheidungsfindung auf einer klaren hierarchischen Struktur (unter Bezugnahme auf die Hauptverantwortung) erfolgen sollte. Darüber hinaus gibt es auch Bewertungsverfahren und -methoden (**Cross Asset Management**), die einen objektiven Vergleich unterschiedlicher koordinierter Erhaltungsstrategien zulassen. Dies ist jedoch eine Spezialaufgabe und sollte mit der Unterstützung von Ingenieurbüros mit umfangreicher Erfahrung auf diesem Gebiet erfolgen.

Bei kleineren Gemeinden ist die Verfügbarkeit von Daten und Informationen der einzelnen Anlagen der wesentlichste Aspekt für die Koordinierung, sodass hier mit sehr einfachen Instrumenten durch eine ingenieurmäßige Beurteilung der Erhaltungskonzepte der verschiedenen Objekte bzw. Anlagen und eine Bewertung der zeitlichen Verschiebungsmöglichkeiten eine optimale Koordinierung erzielt werden kann.

7 HINWEISE ZUR UMSETZUNG VON ERHALTUNGSMASSNAHMEN

Eine wesentliche Voraussetzung für die nachhaltige Verbesserung des Straßenzustandes und der Ingenieurbauwerke liegt in der Qualität der Ausführung der Erhaltungsmaßnahmen. Neben der Auswahl der richtigen Maßnahme ist bei der Realisierung auf folgende Punkte genau zu achten:

- Auswahl der richtigen Baustoffe, Kontrolle deren Zulassung und Eigenschaften, Einfordern der Eignungs- bzw. Erstprüfungen (CE-Kennzeichnung) die durch die Baufirmen kostenfrei zur Verfügung gestellt werden müssen
- Einsatz von geeigneten Geräten und erfahrenem, gut geschultem Personal
- Durchführung der Maßnahmen bei für das Bauverfahren günstigen klimatischen Verhältnissen (z.B. kein Regen, kein Frost, bei Kaltbauweisen nicht im Spätherbst)
- Planung und Festlegung der Baustellenabsicherung (Sicherheit der Bauarbeiter und der Verkehrsteilnehmer), ggf. Einbeziehung anderer Behörden (z.B. Polizei, Verkehrsverwaltung)
- Laufende Kontrolle der Arbeiten und der Sicherheitsstandards während der Durchführung (ggf. Beauftragung einer externen fachkundigen Örtlichen Bauaufsicht)
- Durchführung von Abnahmeprüfungen durch eine unabhängige akkreditierte Prüfstelle

Aus der vorstehenden Aufzählung lässt sich erkennen, dass die Durchführung von baulichen Erhaltungsmaßnahmen zu einer komplexen Aufgabenstellung werden kann. Vor allem bei umfangreichen Maßnahmen (Dauer, Länge, hohes Verkehrsaufkommen, etc.) sind die einzelnen Randbedingungen genau zu überprüfen und zu planen (siehe auch Kapitel 4.8, S. 48).

Ob eine Erhaltungsmaßnahme gelungen ist oder nicht, wird oft erst nach einem längeren Zeitraum ersichtlich und hängt nicht nur von der Ausführungsqualität ab. Die falsche Maßnahme kann bereits nach wenigen Jahren zu einem neuerlichen Auftreten von Straßenschäden führen und somit mittelfristig eine neuerliche Erhaltungsmaßnahme auslösen. Ungeachtet dieser Problematik sollte bei größeren Maßnahmen eine **Abnahmeprüfung** erfolgen.

Die Abnahmeprüfung dient zur Überprüfung der

- Qualität der verwendeten Materialien (z.B. Nachweis der Frostsicherheit der eingesetzten ungebundenen Tragschichten, korrekte Sieblinie, richtige Bindemittelmenge, etc.) und der
- Ausführungsqualität (z.B. Schichtdicke, Ebenheit, Verdichtung, etc.).

Die Kosten für die Abnahmeprüfung trägt der Auftraggeber. Sie wird in der Regel durch eine unabhängige, akkreditierte Prüfstelle durchgeführt, welche neben der Prüfung der Anforderungen vor Ort auch, z.B. durch die Entnahme von Bohrkernen, die Qualität der Schichteigenschaften prüft. Welche Prüfungen und Beurteilungsmethoden verwendet werden sollten, ist in der RVS festgelegt, sodass aus Gründen der Übersichtlichkeit auf eine detaillierte Beschreibung verzichtet wird.



Abbildung 42: Bohrkernentnahme
[Foto: Nievelt Labor GmbH]

Werden die geforderten Anforderungen erfüllt, gilt auch das Baulos als „abgenommen“. Bei Nichterfüllung der Anforderungen können sich unterschiedliche Konsequenzen ergeben, von Qualitätsabzügen bis hin zur neuerlichen Durchführung der Maßnahme auf Kosten der ausführenden Firma. Auch hier regelt die RVS die jeweiligen Toleranzwerte und die daraus ableitbaren Konsequenzen (siehe RVS 11.03.21 [20]).

Um von vornherein eine korrekte Durchführung der Maßnahmen sicherzustellen, sollten die entsprechenden Richtlinien und Normen (z.B. ÖNORM B 2110) Vertragsbestandteil sein (siehe hierzu Kapitel 4.8, S. 48).

Auch bei Erhaltungsmaßnahmen, die in Eigenregie durch eigenes Personal durchgeführt werden, sollte eine laufende Kontrolle durch die verantwortlichen Personen vorgenommen werden.

Der Grund hierfür liegt dabei nicht nur in der Kontrolle der Ausführungsqualität sondern auch in der Einhaltung der entsprechenden Sicherheitsvorschriften (z.B. Arbeitnehmerschutzverordnung) und der Absicherung der Baustelle. Vor allem auf eine korrekte Absicherung der Baustelle wird oft aus Nachlässigkeit und/oder Kosteneinsparung verzichtet, obwohl davon das Leben der Arbeiter und der Verkehrsteilnehmer abhängig sein kann.

Auch hier bietet die RVS eine entsprechende Hilfestellung.



Abbildung 43: Messung der Schichtdicke
[Foto: Nievelt Labor GmbH]



Abbildung 44: Messung der Verdichtung
[Foto: Nievelt Labor GmbH]

Literatur

- [1] RVS 08.97.05: *Baustoffe, Asphalt, Anforderungen an Asphaltmischgut*. Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, 2010
- [2] GESTRATA: *Asphalt Handbuch*. GESTRATA, Wien, 2010
- [3] Zement + Beton: *Handbuch Betonstraßen – Leitfaden für die Praxis*. Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H, Wien, 2012
- [4] Weninger-Vycudil A., Simanek P., Rohringer T., und Haberl J.: *Handbuch Pavement Management in Österreich 2009*. Straßenforschung im Auftrag des BMVIT und der ASFINAG, Straßenforschung Heft 584, Wien 2009
- [5] Weninger-Vycudil A.: *Entwicklung von Systemelementen für ein österreichisches PMS*. Dissertation, ausgeführt am Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung, Mitteilungen des Instituts für Straßenbau und Straßenerhaltung, Heft 14, Technische Universität Wien, 2001
- [6] RVS 13.01.11: *Zustandsbeschreibung und mögliche Schadensursachen von Asphalt- und Betonstraßen*. Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, 2009
- [7] RVS 13.01.41: *Straßeninstandsetzung, Asphaltstraßen, Grundlagen zur Zustands- und Maßnahmenbeurteilung*. Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, 1988
- [8] RVS 13.01.42: *Straßeninstandhaltung, Asphaltstraßen, Verfüllen von Rissen*. Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, 1993
- [9] RVS AP Nr. 05: *Ränder, Nähte, Anschlüsse*. Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, 2003
- [10] RVS 08.16.04: *Bituminöse Trag- und Deckschichten, Oberflächenbehandlungen*. Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, 1989/2006
- [11] RVS 08.16.01: *Anforderungen an Asphaltsschichten*. Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, 2010
- [12] RVS 08.16.05: *Deckenarbeiten, Bituminöse Decken, Dünnschichtdecken in Kaltbauweise und Versiegelungen*. Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, 2005
- [13] RVS AP Nr. 02: *Vorspritzen mit Bitumenemulsionen*. Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, 2001
- [14] RVS 03.08.64: *Bautechnische Details, Oberbauverstärkung von Asphaltbefestigungen*. Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, 1992
- [15] RVS 13.01.43: *Straßeninstandsetzung, Instandsetzung nach Grabungsarbeiten*. Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, 2009

- [16] RVS 03.08.63, *Bautechnische Details, Oberbaubemessung*. Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, 2007
- [17] RVS 05.05.44, *Baustellenabsicherung, Straßen mit einem Fahrstreifen je Fahrtrichtung*. Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, 2004
- [18] RVS 13.01.11, *Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Kunstbauten – Straßenbrücken*. Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, 2011
- [19] RVS 13.03.01, *Monitoring von Brücken und anderen Ingenieurtragwerken*. Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, 2012
- [20] RVS 11.03.21: *Asphalt und Asphaltsschichten, Prüfung und Abrechnung, Abrechnungsbeispiele*. Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, 2010

DI Dr. Alfred Weninger-Vycudil

PMS-Consult GmbH
Naglergasse 7/9, 1010 Wien
office@pms-consult.at | <http://www.pms-consult.at>
[Spezialist Straßenbautechnik und Pavement Management]

Univ.Prof. DI Dr. Johann Litzka

ZT-Litzka
Schubertgasse 31, 2380 Perchtoldsdorf
jlitzka@aon.at
[Spezialist Straßenbautechnik und Pavement Management]

DI Robert Veit-Egerer

VCE Vienna Consulting Engineers ZT GmbH
Hadikgasse 60, 1140 Wien
veit-egerer@vce.at | <http://www.vce.at>
[Spezialist Ingenieurbauwerke und Brückenmonitoring]

DI Dr. Martin Buchta

Nievelt Ingenieur GmbH
Wiener Straße 35, 2000 Stockerau
martin.buchta@nievelt.at | <http://www.nievelt.at>
[Spezialist Straßenbautechnik und Straßenzustandserfassung]

Priv.Do. DI Dr. Peter Maurer

AIT Austrian Institute of Technology GmbH
TECHbase Vienna, Giefinggasse 2, 1210 Wien
peter.maurer@ait.ac.at | <http://www.ait.ac.at>
[Spezialist Straßenzustandserfassung]

DI Peter Furtner

VCE Vienna Consulting Engineers ZT GmbH
Hadikgasse 60, 1140 Wien
furtner@vce.at | <http://www.vce.at>
[Spezialist Ingenieurbauwerke und Brückenmonitoring]

