

Potenziale von Monitoringdaten in einem Lebenszyklusmanagement für Brücken

FA 69.006

Forschungsstellen: Guido Morgenthal Technologien im Bauwesen (GMTiB), Weimar
Equi Bridges AG, Chur/Schweiz
Matrisk GmbH, Affoltern am Albis, Schweiz
Bearbeiter: Schellenberg, K. / Morgenthal, G. / Hallermann, N. / Rau, S. / Schubert, M. / Kübler, O. / Martin-Sanz, H.
Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach
Abschluss: September 2022

1 Aufgabenstellung

Die dauerhafte Sicherstellung der Leistungsfähigkeit der Verkehrsinfrastruktur unter kontinuierlich steigenden Beanspruchungen durch zum Beispiel Verkehrszunahme, höhere Fahrzeuglasten und häufigere Extremwetterereignisse stellt eine enorme Herausforderung für die deutsche Volkswirtschaft dar. Die gesellschaftliche Verpflichtung zur Ressourcenschonung erfordert zudem die Verlängerung von Nutzungsdauern durch eine strategische und effiziente Bauwerkserhaltung.

Die maßgebliche Grundlage für eine effektive Bauwerkserhaltung bildet die Bauwerksprüfung. Sie realisiert eine Erfassung des Bauwerkszustands und erlaubt die Identifikation notwendiger Sanierungs- und Ertüchtigungsmaßnahmen. Sie muss systematisch über die gesamte Betriebs- und Nutzungsphase als wesentlicher Teil im Lebenszyklus des Bauwerks erfolgen. Konventionelle Verfahren der Bauwerkserhaltung verknüpfen Prüfergebnisse und Erhaltungsmaßnahmen jedoch reaktiv, indem Prognosen über die bisherige und zukünftige zeitliche Entwicklung von Schädigungen kaum eine Rolle spielen. Dies ist hauptsächlich in der zeitlich diskreten Zustandserfassung und in der analogen Aufnahme, Auswertung und Verwaltung von Zustandsinformationen begründet.

Moderne Verfahren der digitalen Zustandserfassung mittels Monitoringverfahren, der digitalen und automatisierbaren Datenauswertung und Schadensdetektion sowie der Ableitung prognostischer Zustandsindikatoren (Key Performance Indikatoren – KPI) mittels parametrisierter Zustandsentwicklungsmodelle ermöglichen hingegen den Übergang zu prädiktiven Methoden der Instandhaltung (Predictive Maintenance). Diese Vorhersage von Zustandsentwicklungen und von erforderlichen Interventionen ermöglicht ein neuartiges Lebenszyklusmanagement (LZM), das die Sicherstellung der an das Bauwerk zu stellenden Anforderungen mit der systematischen Planung von Investitionen und Baumaßnahmen verknüpft. Infrastrukturbetreiber können diese Strategien vom Einzelbauwerk auf das gesamte Portfolio ausweiten, um zu einem modernen Asset Management, zum

Beispiel durch den Einsatz digitaler Bauwerksmanagementsysteme, zu gelangen.

Das Gesamtziel des Vorhabens war die Entwicklung eines Konzeptes für ein Lebenszyklusmanagement unter Beachtung der Ergebnisse von FE 69.0002/2019. Dabei sollten insbesondere die Potenziale von Monitoringverfahren und damit zu generierender Daten in einem Lebenszyklusmanagement mit Bezug auf KPI bewertet werden. Aufgabe hierbei war es, aufzuzeigen, wie Entscheidungen in einem modernen LZM durch Informationen aus Monitoringmaßnahmen verbessert werden können. Hierfür wurde ein Konzept entwickelt, mit dem die Potenziale von Monitoringdaten in einem LZM quantifizierbar und realisierbar werden. Dazu wurden unter anderem die Ergebnisse aus vorangegangenen Projekten integriert, LZM-Konzepte einbezogen, die Spezifika und Vorteile von Monitoringverfahren berücksichtigt, die Anforderungen der mit der Bauwerkserhaltung befassten Stakeholder in die Betrachtung einbezogen und Pilotstudien entwickelt, mit denen die Konzepte getestet und in die Praxis überführt werden können.

2 Untersuchungsmethodik

Die Bearbeitung des Vorhabens erfolgte in fünf Arbeitsschwerpunkten:

- Darstellung der Grundlagen zum Einsatz von Monitoring, zu Key Performance Indikatoren (KPI) und zum Lebenszyklusmanagement (LZM) sowie vorhandener Zusammenhänge,
- Erarbeitung der Zielkonzeption und Entscheidungstheorie sowie von Implementierungsbeispielen im Lebenszyklusmanagement,
- Konzeption und Implementierung eines Monitoring-basierten Lebenszyklusmanagements,
- Erarbeitung von Pilotstudien zur Demonstration der Übertragbarkeit des Konzepts in die Praxis und auf andere Verkehrsträger sowie
- Zusammenfassung der Projektergebnisse und Ermittlung des weiteren Forschungsbedarfs.

Bei der Bearbeitung des Projekts wurden bereits vorliegende Ergebnisse aus abgeschlossenen sowie laufenden themenbezogenen Forschungsprojekten berücksichtigt.

3 Untersuchungsergebnisse

Für ein LZM müssen die relevanten Zustandsinformationen zu einem Zeitpunkt vorliegen, der ein rechtzeitiges Auslösen von Einzelmaßnahmen und das Abschätzen des Umfangs der Arbeiten über den gesamten Brückenbestand ermöglicht, damit die erforderlichen Finanzmittel eingeplant und bereitgestellt werden können. Sofern die verfügbaren Haushaltsmittel die ausführbaren Maßnahmen einschränken, muss eine Priorisierung und Begrenzung auf die kritischsten Bauwerke erfolgen und eine

Lebenszykluskostenminimierung kann nicht erfolgen, solange die zur Verfügung gestellten Mittel geringer als der effektive Finanzbedarf sind. Ferner ist die Verknüpfung der Bauwerke im Verkehrsnetz bei der Durchführung von Maßnahmen zu beachten, was eine Behandlung von Streckenabschnitten zur Folge hat und eine Effizienzsteigerung und eine Reduktion der Verkehrsbehinderungen erlaubt. Außerdem ist zu berücksichtigen, ob die ausgeschriebenen Leistungen von der Bauwirtschaft überhaupt durchgeführt werden können (Kapazität der Planung, Ausführung und Bauverwaltung). Angebot und Nachfrage sind hierbei letztendlich auch kostenrelevante Größen.

Eine Kostenoptimierung kann am effektivsten erreicht werden, wenn die Zustandsveränderungen (Degradation beziehungsweise fortschreitende Schädigung), welche bauliche Maßnahmen auslösen werden, möglichst frühzeitig erkannt und adressiert werden. Ebenso werden die Kosten reduziert, wenn diese Maßnahmen mit genügender Vorlaufzeit vorbereitet werden können, sodass sie optimiert und umgesetzt werden können. Daher müssen zunächst die großen Kostenpositionen der kommenden Jahre identifiziert und mit dem Grund der jeweiligen Maßnahme verknüpft werden. Dabei gibt es primär zwei unterschiedliche Situationen, bei denen ein Monitoring als Methode zur Zustandsbewertung einen Mehrwert generiert:

- i) um die Unsicherheiten der in der Beurteilung des Bauwerks beziehungsweise Bauwerkszustands getroffenen Annahmen mit zusätzlichen Informationen zu reduzieren, sodass die Standsicherheit sowie Gebrauchstauglichkeit gewährleistet werden und die Umsetzung von Maßnahmen kontrolliert verzögert werden kann, ohne dass die vorhandenen und zukünftigen Kapazitäten der Bauwirtschaft und der zuständigen Behörden überschritten werden,
- ii) um verhältnismäßig kleine Maßnahmen auslösen zu können, damit einzelne Schädigungsprozesse gebremst oder verlangsamt werden und das Bauwerk zu einem späteren, günstigeren Zeitpunkt ertüchtigt oder wenn erforderlich auch ersetzt werden kann.

Der Umgang mit beiden Fällen setzt (i) die Kenntnis der tragsicherheitsrelevanten Spezifika der jeweiligen Brückentypen und deren Schwachstellen bezüglich der Zustandsentwicklung, (ii) die Art der Veränderung von Eigenschaften des betroffenen Bauwerks durch den Schädigungsprozess und die Definition, wann ein Grenzwert erreicht ist, sowie (iii) die Kenntnis der Möglichkeiten einer messtechnischen Detektion dieser Eigenschaftsveränderungen voraus.

Für die Definition des Grenzzustands ist zudem Kenntnis über die Methoden zur Behebung des Schadens erforderlich. Oft ist nicht nur die Tragsicherheit relevant, sondern die Frage, ab welchem Zeitpunkt eine größere Maßnahme erforderlich sein wird, weil die davor zutreffende Instandsetzungsmethode nicht mehr einsetzbar ist.

Neben der regelmäßigen Zustandserfassung durch Bauwerksprüfungen (gemäß DIN 1076) haben sich vielfältige moderne

digitale Verfahren des Bauwerksmonitorings etabliert, die genaue Daten in Echtzeit liefern können, jedoch bisher nur punktuell und meist anlassbezogen eingesetzt werden. Der sinnvolle und potenziell zukünftig verstärkte Einsatz von Monitoringmethoden erfordert dabei zwingend die Spezifikation von Zielkenngrößen im Kontext eines LZMs, die durch das Monitoringsystem zu liefern sind.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Untersuchungsschwerpunkte zusammenfassend dargestellt.

3.1 Darstellung der Grundlagen zum Einsatz von Monitoring, zu Key Performance Indikatoren (KPI) und zum Lebenszyklusmanagement (LZM) sowie vorhandener Zusammenhänge

Es wurde ein umfassender Überblick zum Thema Bauwerksmonitoring erarbeitet. Dieser geht neben der Erfassung von Messdaten sowohl auf die zur Überwachung des Trag- und Verformungsverhaltens von Infrastrukturbauwerken sowie deren Einwirkungen typischer Sensorik als auch auf die Auswertung der Monitoringdaten zur Ermittlung aussagekräftiger Kenngrößen ausführlich ein. Eine Übersicht zu aktuellen anlassbezogenen Monitoringprojekten wurde erarbeitet. Dabei wurden Anlässe, Zielstellungen, Messkonzepte und erreichte Ergebnisse zusammenfassend dargestellt. Weiterhin werden typische Schäden alternder Infrastrukturbauwerke zusammenfassend dargestellt. Dabei werden typische Charakteristika wie Baujahr und Bauart benannt, die nachfolgend als Performance Indikator genutzt und zur Clusterbildung herangezogen werden können.

- Wesentliches Ziel des Einsatzes von Monitoringsystemen ist (i) die Erfassung von Einwirkungs- und Beanspruchungsgrößen, (ii) die Ermittlung des Trag- und Verformungsverhaltens, (iii) die Detektion, Lokalisierung und quantitative Charakterisierung von Degradationsprozessen sowie (iv) die Ableitung von Instandhaltungsmaßnahmen auf Basis von Zustandsprognosen.
- Monitoring wird an Brückenbauwerken fast ausschließlich anlassbezogen an alternden Brücken eingesetzt, als Folge auftretender Schädigungen, konstruktiven oder technologischen Defiziten, Unsicherheiten über das Tragverhalten oder bei angeordneten verkehrstechnischen Kompensationsmaßnahmen, falls Nachweise im Rahmen der Nachrechnung nicht zu erbringen waren und mit dem Monitoring Abhilfe geschaffen werden kann.
- Das Potenzial von Monitoringsystemen liegt weniger in der Quantifikation des absoluten Tragwerkszustands, sondern ergibt sich vornehmlich aus der Möglichkeit, das System über lange Zeiträume kontinuierlich oder oftmals und regelmäßig zu überwachen und Veränderungen am System zu erkennen. Folgende Potenziale wurden abgeleitet: (i) die Ermittlung des Tragwerkszustands und Quantifizierung der Tragwerkszuverlässigkeit, (ii) die Charakterisierung des Bauwerksverhaltens

mit dem Ziel der Anomalie-Detektion und (iii) die Absicherung der Restnutzungsdauer.

Aus Monitoringanwendungen und Messungen extrahierte Informationen können Aufschluss über den Zustand von Bauwerken, ihren Bauteilen oder Schädigungsmechanismen geben. Diese Informationen werden auch als Performance Indikator (PI) bezeichnet. Um "Wissen" zu generieren, müssen diese Daten mit anderen Daten verknüpft werden und Vorhersagen über KPI ermöglichen, um schließlich im Gesamtkontext einen Wert für das LZM zu generieren.

- Es wurden KPI definiert und mathematisch beschrieben, damit sie später in der Nutzenfunktion Anwendung finden können.
- Es wurde beschrieben, wie Informationen für PI durch Monitoring gewonnen und diese zur Ermittlung und Aktualisierung von KPIs genutzt werden können. Das Potenzial informationsgebender Maßnahmen wie Monitoring liegt darin, Unsicherheiten in der Zustandsbeurteilung zu reduzieren, um geeignete Instandhaltungsmaßnahmen für Bauwerke zu identifizieren.
- Mit den aktualisierten KPIs und der Nutzenfunktion können im Rahmen des LZMs optimale Maßnahmen auf Bauwerksebene identifiziert werden. Dies wiederum bildet die Basis um das LZM auf Netzebene zu optimieren.

Der Lebenszyklus einer Brücke kann als Kreislauf von der Errichtung bis zum Rückbau mit den Maßnahmen Instandhaltung und Instandsetzung aufgefasst werden. Die Zusammenhänge zwischen dem Lebenszyklus einer einzelnen Brücke und dem LZM innerhalb eines Brückenportfolios wurden erläutert.

- Die Zustände der Brücken ändern sich mit der Zeit und die Schädigungsmechanismen geben vor, welche Maßnahmen zu welchem Zeitpunkt angebracht sind. Die Prognose der Zustandsentwicklung ist die Grundlage für jede Erhaltungsplanung und damit verbunden ist der erforderliche finanzielle Haushalt. Es sind unterschiedliche Erhaltungsstrategien möglich, wobei darin eine Abwägung zwischen Kosten (inklusive Verkehrsbeeinträchtigungen) und Risiken erfolgen muss.
- Es muss bei jedem Bauwerk abgeschätzt werden, wann der richtige Zeitpunkt für eine Instandhaltung, Instandsetzung oder einen Ersatzneubau wäre, und welche Variante (vorläufig) für dieses Bauwerk im Kontext des Straßennetzes am vorteilhaftesten ist. Die Entscheidungen an jedem Bauwerk hängen von den resultierenden KPI des Streckenabschnitts ab. Es ist ein iteratives Vorgehen erforderlich, das die Planung und die Koordination zwischen den unterschiedlichen Bauvorhaben ständig verbessert. Dabei erfolgt die Beurteilung der Restnutzungsdauer bis zu einer bedeutenden Intervention, welche einer der KPI auf der Netzebene ist.

3.2 Erarbeitung der Zielkonzeption und Entscheidungstheorie sowie von Implementierungsbeispielen im Lebenszyklusmanagement

Das LZM ist ein Prozess, bei dem regelmäßig Entscheidungen getroffen werden mit dem Ziel, die Leistungsfähigkeit eines Infrastukturnetzes bei gegebenen (oder zu ermittelnden) Ressourcen zu maximieren. Dabei sind viele wichtige Einflussgrößen nicht bekannt und unterliegen Unsicherheiten oder auch einer natürlichen Variation (zum Beispiel Einwirkungen aus Verkehr und Umwelt). Daher ist das LZM ein angewandtes Themenfeld der Entscheidungstheorie im Bauwesen.

- Die theoretische Basis, auf der diese praktische Umsetzung beruht, wird dargestellt. Die Zielkonzeption für das LZM wird definiert und eine Zusammenfassung über die risikobasierte Entscheidungstheorie im Bauwesen gegeben. Die Nutzenfunktion für eine risikobasierte Entscheidungsfindung im LZM wird als Funktion der KPI formuliert.
- Die dargestellten Grundlagen gelten übergreifend für die Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße.

Ein LZM basiert auf informierter Entscheidungsfindung. Monitoringdaten können dabei die Entscheidungsfindung positiv beeinflussen und daraus extrahierte Informationen können mit PIs und KPIs in Verbindung gebracht werden.

- Die Logik der Zusammenhänge zwischen Maßnahmen und Entscheidungen des LZMs, Monitoring und KPI werden erläutert. Dabei wird auf folgende Punkte genauer eingegangen: Clusterbildung, relevante Bauteile, Schädigungsmechanismus, Maßnahme bis Grenzzustand, Monitoring und abgeleitete KPIs.
- Die Clusterbildung von Bauwerken mit ähnlichen Fragestellungen, Ausgangslage und relevanten Bauteilen ist ein Hauptwerkzeug für das LZM, um das Gesamtbild auf Netzsicht zu gewinnen. Pro Cluster ist der maßgebende Schädigungsmechanismus zu definieren. Für die Maßnahmen zur Behebung der Schäden müssen Grenzzustände definiert werden, ab wann eine bestimmte Maßnahme nicht mehr angebracht ist. Die Monitoringmethode zur Detektion der Grenzzustände ist zu eruieren.
- Anhand von neun Beispielen wird aufgezeigt, wie Monitoringdaten in Verbindung mit PIs und KPIs gebracht werden und die Entscheidungsfindung im LZM beeinflussen.

3.3 Konzeption und Implementierung eines Monitoring-basierenden Lebenszyklusmanagements

Im LZM können Monitoringdaten an unterschiedlichen Ansatzpunkten wesentlich bei Entscheidungsfindungen unterstützen. Die Optimierungen auf der Netzebene können Fragestellungen zur Quantifizierung der Risiken bei einzelnen Bauwerken hervorrufen. Bei der Kombination der gewonnenen Monitoringdaten von ähnlichen Bauwerken unterschiedlichen Alters oder

Schadigungsstadien lassen sich Prognoseunsicherheiten reduzieren und die Mehrjahresplanung mit Investitionsbedarf wird zuverlässiger. Dazu ist eine zielführende Verzahnung von Monitoringdaten, die Festlegung von Entscheidungsgrundlagen und die Ableitung von KPI und einer Optimierung der Bauwerkserhaltung entlang eines Streckenabschnitts erforderlich.

- Die Optimierung des LZMs erfolgt insbesondere durch die Ausführung der Maßnahmen zusammen mit dem Streckenabschnitt. Die Gleichschaltung des Zustands aller Brücken in einem Abschnitt führt zu einer wesentlichen Reduktion der Verkehrsbehinderungen und zu einer großen Effizienzsteigerung für die Erhaltung. Die Zustandsgrenzen können überwacht werden, um andere Bauwerke des gleichen Clusters länger in Gebrauch zu halten.
- Mit Monitoring kann das Risiko von Tragwerksversagen oder eines weiteren Schädigungsverlaufs identifiziert werden. Dazu werden drei Ansatzpunkte für den Einsatz von Monitoring erläutert. Es sind jeweils die gleichen Monitoringmethoden, welche mit unterschiedlichen Zielen ausgelöst werden. Die Restnutzungsdauer von Brücken kann unter Einhaltung des KPIs Zuverlässigkeit verlängert werden, wenn die kritischen Messgrößen erfasst werden und diese die definierten Grenzwerte nicht überschreiten.
- Eine Hilfestellung zur Umsetzung eines Monitoring-basierten LZMs wird erarbeitet. Die Anforderungen an die Betreiber werden erläutert, indem bezugnehmend auf die Prozesse innerhalb der Bauherrenschaft personelle Ressourcen, fachliche Kompetenzen und technische Hilfsmittel analysiert werden. Dazu gehören die Kompetenzen und Entscheidungen an den Schnittstellen zwischen den Verantwortlichen unterschiedlicher Infrastrukturbestandteile.
- Im Speziellen wird auf die Datengrundlagen, die Zustandsbeurteilungen, die Zustandsprognosen, die Streckenabschnitte und die Erhaltungsplanung zur Implementierung eines Monitoring-basierten LZMs eingegangen.

3.4 Erarbeitung von Pilotstudien zur Demonstration der Übertragbarkeit des Konzepts in die Praxis und auf andere Verkehrsträger

Auf Basis der erarbeiteten Grundlagen zum Monitoring und zu den Indikatoren sowie dem Konzept für ein Monitoring-basiertes LZM wurde eine Anwendungsstudie für ein bildbasiertes Monitoring konzipiert und durchgeführt sowie drei weitere Pilotstudienkonzepte erarbeitet, um den praktischen Nutzen und die Übertragbarkeit auf andere Verkehrsträger aufzuzeigen.

- Die Anwendungsstudie beinhaltet das Monitoring von durch die Alkali-Kieselsäure-Reaktion geschädigten Betonoberflächen mit dem Ziel der Erkennung von Schäden und deren Fortschrittsentwicklung durch visuelle (bildbasierte) Überwachung. Dabei wird auch

genauer auf die Ermittlung des KPIs Restnutzungsdauer aus dem PI-Rissbreite sowie auf Fragestellungen aus Sicht des LZMs eingegangen.

- Die drei Pilotstudienkonzepte greifen typische Fragestellungen (Bauwerksart, Schadensmechanismus, etc.) der Brückenerhaltung auf, die in konkrete Untersuchungskonzepte überführt werden. Dies umfasst die Auswahl von geeigneten Referenzobjekten mit entsprechenden Schadensbildern, konkrete Monitoring-Instrumentierungen sowie die Benennung der zu extrahierenden Informationen als KPI für das LZM.
- Das vorgeschlagene Konzept des LZMs sieht vor, Monitoringdaten zu verwenden, um die Entscheidungsfindung in der Erhaltungsplanung zu verbessern, indem in erster Linie der Zeitpunkt für eine kostengünstige Maßnahme nicht verpasst wird. In einem zweiten Schritt wird mit der Überwachung der einzelnen Bauwerke ermöglicht, den Eingriffszeitpunkt auf eine spätere kombinierte Maßnahme im Rahmen eines übergeordneten Projekts verschieben zu können und dabei die geforderte Zuverlässigkeit zu gewährleisten. Die daraus entstehenden Vorteile sind für alle Verkehrsträger von Bedeutung und das Konzept kann einfach übertragen werden. Die Übertragbarkeit des Konzepts auf die Verkehrsträger Schiene und Wasserstraße wird dargestellt.

3.5 Zusammenfassung der Projektergebnisse und Ermittlung des weiteren Forschungsbedarfs

Die Projektergebnisse wurden zusammenfassend dargestellt. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse konnte weiterer Forschungsbedarf identifiziert werden.

4 Folgerungen für die Praxis

Kosteneinsparungen bei der Bauwerkserhaltung werden insbesondere erreicht, wenn erforderliche Instandhaltungsmaßnahmen an Brücken koordiniert mit den Instandhaltungsmaßnahmen eines Straßenabschnitts bearbeitet werden können. Eine übergeordnete Planung ist somit eine Notwendigkeit, welche auf der Basis der Restnutzungsdauer der einzelnen Bauwerke iterativ erstellt werden soll. Dieser Planung wird in der Praxis noch nicht genügend Gewicht gegeben oder sie wird aufgrund mangelnder Ressourcen nicht konsequent durchgeführt. Sobald eine Erhaltungsplanung feststeht, kann mit Zustandsprognosen und damit verbundenen Prognosen von KPI das LZM optimiert werden. In der Umsetzung bedeutet dies, dass für jedes Bauwerk und idealerweise jeden Straßenabschnitt ein voraussichtlicher Zeitpunkt des nächsten Eingriffs (Instandhaltungsmaßnahme) definiert sein muss. Auf dieser Grundlage kann mit der Einführung von Monitoringmaßnahmen eine Kosten- und Risikoreduktion sowie eine Erhöhung der Verfügbarkeit erreicht werden. Damit kann ein Wechsel vom reaktiven zum zustandsbasierten prädictiven Erhaltungsmanagement vollzogen werden. Für die Einführung sind größere personelle Ressourcen erforderlich, bis die Bauwerksdaten und Zustandsprognosen vorliegen.

Im Einzelnen können die vorgeschlagene Methodik und die vorhandenen Modelle für die Zustandsprognosen in den Entscheidungsfindungen des LZMs mit Monitoringdaten auf ausgewählten Straßenzügen angewendet werden, auch, bevor das LZM flächendeckend eingeführt wurde. Die Lösungsfindung und die Optimierung der Planung erfordern jedoch Kenntnis und tiefgreifendes Verständnis der portfoliospezifischen Bedürfnisse. Die vorgeschlagene Anwendung eines Monitorings wird künftige Instandsetzungsmaßnahmen rechtzeitig ankündigen und die technischen Fortschritte in der Datenübertragung und der Datenbewirtschaftung mit digitalen Zwillingen der Infrastruktur werden die Umsetzung vereinfachen. Für die Einführung ist ein intensiver Informationsaustausch zwischen den Verantwortlichen ähnlicher Brücken zu empfehlen, damit aus den Monitoringdaten anderer Brücken Schlüsse für die Abschätzung der Restnutzungsdauer der eigenen Bauwerke gezogen werden können und damit die Prognosen über den Netzzustand verbessert werden.