

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 109 (1991)
Heft: 4

Artikel: Tragwerkserhaltung - eine Ingenieuraufgabe
Autor: Ladner, Marc
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-85882>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Tragwerkserhaltung - eine Ingenieuraufgabe

Zur Tragwerkserhaltung gehört ein sachgerechter Unterhalt, bei dem die Tragwerke hinsichtlich ihres Zustandes periodisch und systematisch zu untersuchen sind. Dabei müssen teilweise auch Massnahmen getroffen werden, falls der vorgefundene Zustand des Tragwerkes unter ein noch akzeptierbares Niveau gefallen sein sollte. Dies erfordert vom Ingenieur nicht nur grosse Kenntnisse über statische, konstruktive und funktionale Zusammenhänge, sondern ebenso sehr auch Vertrautheit mit möglichen Untersuchungsverfahren. Leider steckt die Ausbildung der Fachleute auf diesem Gebiet erst noch in den Anfängen, weshalb diese in Zukunft gefördert werden muss.

Die heute übliche Ausbildung des Bauingenieurs im Bereich der Tragwerkslehre bezieht sich vorwiegend auf die

VON MARC LADNER,
HORW

Berechnung und Bemessung. Während früher der konstruktiven Gestaltung der Tragwerke auch in der Lehre noch einige Bedeutung zukam - die vielen konstruktiven Hinweise und Angaben in den Klassikern der Ingenieurhandbücher wie [1] oder [2] aus diesen Epochen legen davon ein beredtes Zeugnis ab -, hat sich doch das Hauptgewicht in der Berufsausbildung im Laufe der Zeit sehr stark in Richtung Berechnung verlagert. Die äusseren Gründe, die zu dieser Entwicklung wesentlich beigetragen haben, sind einerseits darin zu suchen, dass mit dem Aufkommen und Einsatz von Computern sowie der dazugehörenden, neuentwickelten Software heute sehr leistungsfähige Hilfsmittel zur Verfügung stehen, die es erlauben, genaue und umfangreiche Analysen der Tragwerke in statischer Hinsicht hauptsächlich auf der Basis der Elastizitätstheorie vorzunehmen. Andererseits muss aber auch beachtet werden, dass mit der Entwicklung der Plastizitätstheorie dem Ingenieur ein äusserst effizientes Verfahren zur Beurteilung der Sicherheit der Tragwerke in die Hand gegeben worden ist. Und schliesslich ist auch noch zu erwähnen, dass sowohl auf dem Gebiet der Werkstoffe als auch auf jenem der Bauverfahren weitere, ganz entscheidende Fortschritte erzielt worden sind, so dass heute nicht nur die Ausnutzung der Werkstoffe, sondern auch die Gestaltungsmöglichkeiten Ausmasse erreicht haben, von denen man früher kaum zu träumen wagte!

Diese Entwicklung hat zum einen ganz eindeutig dazu geführt, dass unsere heute erstellten Tragwerke sehr häufig technisch äusserst hochstehende und

sehr komplexe Gebilde darstellen, die ein glänzendes Zeugnis für den Erfindergeist und das Können ihrer Entwerfer und Ausführenden ausstellen. Leider ist damit aber auch eine gewisse unglückliche Gewichtsumlagerung im Bereich der Ausbildung in dem Sinne zu beobachten, dass vielfach die Meinung vorherrscht, die Aufgabe des Ingenieurs sei mit der Planung und allenfalls mit der Überwachung der Ausführung der Tragwerke erfüllt und beendet; insbesondere ist der Unterhalt und die Erhaltung des Tragwerkes bis vor kurzem fast vollständig seinem Eigentümer oder Benützer überlassen worden. Dass hier ein Umdenken nottut und erfreulicherweise auch schon mancherorts eingesetzt hat, geht nicht zuletzt auch aus der neuen Denkart über die Tragwerkssicherheit hervor, wie sie in der kürzlich veröffentlichten neuen Normengeneration des SIA ([3] und [4]) verankert ist.

Dort wird nämlich vom Projektverfasser neben den herkömmlichen Aufgaben wie Projektierung, Bemessung und Überwachung der Ausführung auch noch das Aufstellen eines Sicherheits- und Nutzungsplanes zuhanden des Werkeigentümers gefordert, womit auch die Nutzungsphase als wesentlicher Teil des für den Ingenieur zu betrachtenden Bereiches gekennzeichnet ist. Diese neue Denkweise wird konsequenterweise auch in der ebenfalls neu erschienenen Empfehlung SIA 169 [5] und Norm SN 640 930 [6] weitergeführt, indem dort Hinweise über das sinnvolle Vorgehen bei der Durchführung aller notwendigen Schritte gegeben werden, die der Tragwerkserhaltung dienen. Damit sind zwar die Rahmenbedingungen hierfür auch rein formal gegeben, doch bleiben immer noch recht viele Fragen auf diesem Gebiet unbeantwortet.

Dies ist teilweise dadurch bedingt, dass die Erkenntnisse und die theoretischen

Zusammenhänge im einzelnen noch viel zu wenig erforscht und somit bekannt sind, im übrigen ist aber auch die Ausbildung der Fachleute auf diesem Gebiet noch zu wenig weit vorangeschritten. Die nachfolgenden Bemerkungen mögen deshalb einen bescheidenen Beitrag dazu beisteuern, dass das Interesse der Forschung und Praxis an diesem sehr weiten und äusserst interessanten Tätigkeitsgebiet etwas vergrössert wird.

Dauerhaftigkeit und Erhaltung

Um Tragwerke über längere Zeiträume hinweg gebrauchstauglich und tragsicher zu erhalten, müssen sie dauerhaft gestaltet sein. Um aber diese ebenso einfache wie einleuchtende Forderung zu erfüllen, sind schon sowohl bei der Planung und Bemessung als auch bei der Ausführung und Erstellung die notwendigen Massnahmen und Vorkehrungen zu treffen, indem durch geeignete Formgebung und genügend gross gewählte Querschnittsabmessungen sowie ausserdem auch durch passende Materialauswahl und Bauverfahren Voraussetzungen geschaffen werden, die bezüglich der Dauerhaftigkeit und der Unterhaltsfreundlichkeit als möglichst optimal gelten können.

Damit ist aber auch schon angedeutet, dass zur Tragwerkserhaltung auch ein sachgerechter Unterhalt gehört. Dieser besteht zum einen darin, dass die Tragwerke hinsichtlich ihres Zustandes periodisch und systematisch untersucht werden, wobei die dabei beobachteten Befunde auch ausgewertet und beurteilt werden müssen. Zum anderen ist darunter aber auch das Treffen von Massnahmen zu verstehen, wenn der vorgefundene Zustand des Tragwerkes unter ein noch akzeptierbares Niveau gefallen sein sollte. Selbstverständlich müssen auch die für den Betrieb notwendigen Unterhaltsarbeiten ausgeführt werden, doch sollen die Fragen des betrieblichen Unterhalts hier nicht weiter erörtert werden, sondern nur jene des baulichen Unterhalts.

Besonders wichtig und deshalb einer besonderen Hervorhebung wert ist der Umstand, dass bauliche Massnahmen immer erst dann getroffen werden sollen, wenn vorher durch geeignete Zustandsuntersuchungen die genauen Ursachen für die Zustandsverschlechterung des Tragwerkes ermittelt worden sind. Die Massnahmen haben dann daraufhin zu wirken, dass nicht nur die

Schäden selber, sondern auch ihre Ursachen behoben und beseitigt werden. Eine einseitige Instandsetzung der Schäden allein, also eine reine Symptombekämpfung ohne gleichzeitige Ursachenbekämpfung, befriedigt nicht, da sie auf die Dauer nicht wirklich erfolgreich sein kann.

Ein weiterer, ebenso wichtiger wie schwieriger Schritt im gesamten Ablauf der Tragwerkserhaltung ist die Bewertung und Beurteilung einer angetroffenen Zustandssituation hinsichtlich der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Tragwerkes. Diese Aufgabe erfordert vom verantwortlichen Ingenieur grosse Sachkenntnisse und viel Erfahrung, sind doch gerade hier äusserst heikle Fragen aus dem Bereich der Statik und der Materialtechnologie zu beantworten.

Noch wesentlich komplexer erscheint die Aufgabe aber dann, wenn berücksichtigt wird, dass die Bewertung und Beurteilung des Tragwerkszustandes nicht nur für den augenblicklich aktuellen Zustand vorgenommen werden muss, sondern immer auch noch eine Vorhersage für die Entwicklung dieses Zustandes innerhalb der kommenden Überwachungsperiode oder gar über längere Zeiträume hinaus beinhalten muss. Diese Zusatzaufgabe ist in den meisten Fällen nur subjektiv lösbar und damit in ganz ausserordentlichem Masse von der Erfahrung des Beurteilenden abhängig, da objektive, wissenschaftlich begründbare Theorien oder Verfahren zur Zustandsveränderung der Tragwerke in Abhängigkeit der Zeit und der äusseren Einwirkungen heutzutage grösstenteils noch fehlen.

Voraussetzungen für eine brauchbare und aussagekräftige Bewertung und Beurteilung des Tragwerkes sind aber offensichtlich korrekte und umfassende Aussagen über dessen aktuellen Zustand. Somit erfordert auch die Erfassung und Ermittlung der notwendigen und hinreichenden Kenndaten am Tragwerk vom Ingenieur nicht nur grosse Kenntnisse über statische, konstruktive und funktionale Zusammenhänge, sondern ebenso sehr auch solche über mögliche Untersuchungsverfahren mit ihren Aussagegrenzen, so dass er die Bedeutung einer Information dementsprechend gewichten kann. Da überdies diese Verfahren einer laufenden Weiterentwicklung unterworfen sind, stellt auch seine fortwährende Weiterbildung auf diesem Gebiet eine Daueraufgabe dar.

Vorgehen und Ablauf

In einer früheren Studie [7] wurde versucht zu zeigen, wie am wirkungsvoll-

sten vorzugehen sei, wenn alte Tragwerke einer erstmaligen Zustandsuntersuchung unterworfen werden müssen. Diese Studie entstand, weil bei den Werkseigentümern vielfach die Meinung angetroffen wurde, dass die am Tragwerk ohne besondere Untersuchungen leicht feststellbaren Schäden für die Zustandsbeurteilung genügen und auf jeden Fall zu beheben seien, so dass die Untersuchungen am Tragwerk selber nur noch daraufhin ausgerichtet zu sein brauchen, gewisse Informationen bezüglich der Materialqualitäten zu liefern bzw. die vermuteten Annahmen noch zu bestätigen. Dass in den meisten Fällen als Schadensbehebung Massnahmen ins Auge gefasst wurden, die bestenfalls als Symptombekämpfung bezeichnet werden können, war den Auftraggebern mehrheitlich, wenigstens in dieser Deutlichkeit, kaum bewusst. Deshalb ist in dieser erwähnten Veröffentlichung [7] auch der Versuch gemacht worden, aufzuzeigen, mit welcher Treffsicherheit beim Einsatz einer gewählten Untersuchungsart (Untersuchungsniveau) Massnahmen gefunden werden können, die als geeignete Lösungen angesehen werden dürfen.

Bei diesen früheren Untersuchungen wurde stillschweigend vorausgesetzt, dass die Verfahren zur Bewertung und Beurteilung des Tragwerkszustandes bekannt seien. Ebenfalls angenommen wurde, dass der notwendige Informationsbedarf überhaupt identifiziert werden kann und dass die Untersuchungsverfahren, die diesen Informationsbedarf zu befriedigen vermögen, auch wirklich existieren. Eine weitere Voraussetzung betraf den Umstand, dass es auch in jedem Fall möglich sein soll, objektive Folgerungen aus den Ergebnissen der Untersuchung und der Beurteilung zu ziehen. Und schliesslich wurde auch der Anspruch erhoben, dass die einzusetzenden Kosten und Auftretenswahrscheinlichkeiten immer angegeben werden können. Es dürfte aber selbstverständlich sein, dass sich die Wirklichkeit nicht in jedem Falle so einfach auf das Entscheidungsmodell abbilden lässt, so dass sich für die praktische Umsetzung des vorgeschlagenen Weges gewisse Schwierigkeiten ergeben werden.

In der Zwischenzeit sind aber in der Schweiz die zwei bereits schon erwähnten Vorschriften mit normativem Charakter veröffentlicht worden, die sich mit der Erhaltung der Tragwerke befassen [5], [6]. Dort werden gewisse Forderungen hinsichtlich der Häufigkeit, der Intensität und der anzuwendenden Verfahren für die Untersuchungen gestellt, so dass sich der Ablauf der Tragwerksüberwachung in Form eines Flussdia-

grammes darstellen lässt, das im Bild 1 visualisiert ist. Dieses Flussdiagramm ist eine erweiterte Darstellung vom Schema, das in [6] angegeben ist, und enthält nicht nur den Vorgehensablauf für neu erstellte, sondern auch für alte Tragwerke, die einer erstmaligen Untersuchung unterzogen werden. Ausserdem ist auch noch der Fall einer aussergewöhnlichen Einwirkung (ausserordentliches Ereignis) auf das Tragwerk berücksichtigt. An diesem Ablaufschema lässt sich nun sehr einfach erläutern, welche Tätigkeiten im einzelnen vorzunehmen sind und wie diese untereinander und im Hinblick auf das Endziel, auf die Tragwerkserhaltung nämlich, miteinander zu verknüpfen und folglich immer nur als ganzheitliche Tätigkeit des verantwortlichen Ingenieurs zu verstehen sind.

Elemente der Tragwerkserhaltung

Inspektionen

Inspektionen [8] – auf welcher Stufe auch immer – bilden grundsätzlich den Ausgangspunkt für jede Art Entscheidung, die im Rahmen der Tragwerkserhaltung zu treffen ist. Aufgrund dieser ihrer zentralen Bedeutung dürfte es wohl als selbstverständlich gelten, dass es eine unabdingbare Forderung sein muss, die Inspektionen nur von ausgewiesenen Fachleuten durchführen zu lassen. Dies gilt sowohl bei alten wie bei neuen Tragwerken, stellen doch in der Regel die Abnahme des Bauwerkes gemäss Norm SIA 118 [9] die erste Zwischeninspektion und die Schlussprüfung, ebenfalls nach [9], die erste Hauptinspektion dar [10].

Um die bei den Inspektionen gemachten Erfahrungen und Beobachtungen zusammen mit den angewandten Untersuchungsverfahren systematisch auswerten zu können, sollten von allem Anfang an diese Zustandsdaten gemeinsam mit den Tragwerksgrunddaten in einer Datenbank abgespeichert werden. Für eine optimale Nutzung dieser sehr wertvollen Daten ist es allerdings unumgänglich, dass hierfür ein einheitliches und EDV-gerechtes System angewandt wird, beispielsweise die in Vorbereitung stehende Kunstbauten-Datenbank des Bundesamtes für Strassenbau, welche in Zusammenarbeit mit dem Kanton Schwyz entwickelt wird [11].

Nur auf diese Weise ist einigermassen Gewähr dafür geboten, dass sich die auf breiter Basis ansammelnden Informationen nutzbringend sowohl für das Verständnis der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Einflussparametern und den auftretenden Scha-

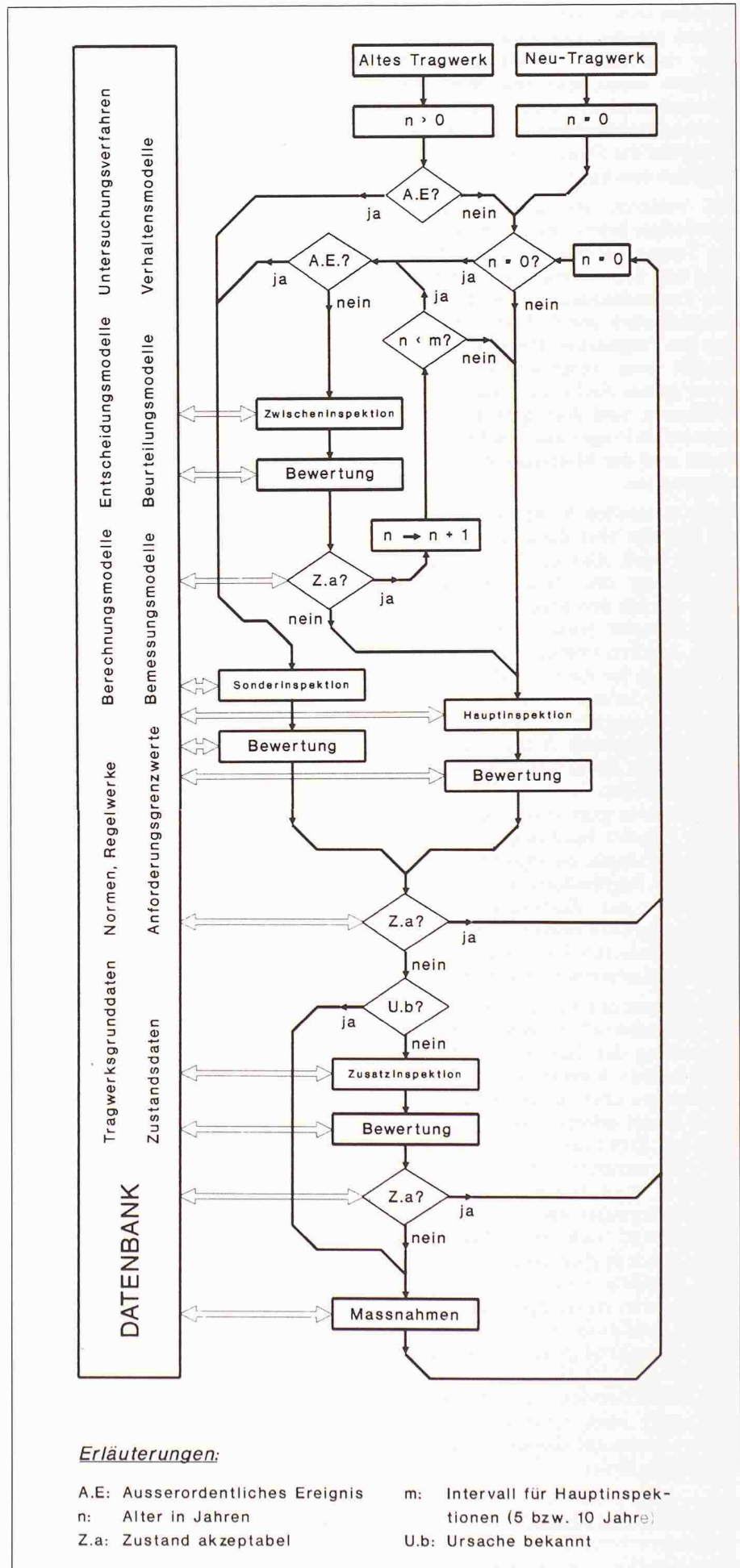
densformen als auch für die Effizienz der Inspektionsvorgänge sowie die Wirkung allfällig getroffener Massnahmen weiter verarbeiten lassen. Solche systematisch erhobenen und statistisch erfass- und auswertbaren Informationen, insbesondere solche über die Art und Geschwindigkeit der Zustandsveränderungen, werden aber nach Ansicht des Verfassers dringend benötigt, um wesentliche Zusammenhänge über die Einflussgrössen und ihre Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit der Tragwerke überhaupt erkennen zu können. Daraus lassen sich dann auch aussagekräftige Verhaltensmodelle ableiten; zudem wird es auf diese Weise erst noch besser gelingen, die Untersuchungsverfahren bezüglich ihrer Brauchbarkeit und Erfolgsaussichten einzuteilen und, aufbauend darauf, weiter zu entwickeln.

Bewertung

Die Bewertung des Tragwerkszustandes erfolgt mit Hilfe der am Tragwerk selber überprüften Grunddaten einerseits und andererseits unter Berücksichtigung der erhobenen Zustandsdaten und bezieht sich zunächst auf die momentane Ermittlung der vorhandenen Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit [12], [13]. Dafür werden vorwiegend die üblichen baustatischen Berechnungs- und Bemessungsmodelle eingesetzt, die teilweise den besonderen Gegebenheiten anzupassen sind, wie das etwa in [6] oder in [14] erläutert wird. Solche Modifikationen sind notwendig, weil sich der Nachweisvorgang eines neuzustellenden Tragwerkes von jenem eines schon existierenden in einem Punkt wesentlich unterscheidet: Bei einem bestehenden Tragwerk sind bei Bedarf und je nach Aufwand, der bei den Inspektionen betrieben worden ist, genaue Angaben über die Materialqualitäten und die geometrischen Grössen erhältlich, weshalb recht genaue Aussagen über die wirksamen Widerstände und u.U. sogar auch über die Einwirkungen (z.B. Eigenlasten) möglich sind.

Im weiteren ist es jedoch notwendig, nicht nur den Momentanzustand, sondern auch noch dessen weitere Entwicklung zu bewerten. Dies ist wohl eine der schwierigsten Aufgaben im Rahmen der Tragwerkserhaltung und stellt enorme Anforderungen an die Erfahrung des hierfür verantwortlichen Ingenieurs; denn solange noch nicht einmal die benötigten Grundlagen für das Aufstellen von Verhaltensmodellen in genügender Fülle vorhanden sind, darf wohl kaum ernsthaft damit gerechnet werden, dass bereits vorgeschlagene Modelle erfolgreich sein können!

Neben der Feststellung des Momentanzustandes und der Prognose der Zu-



Erläuterungen:

- A.E: Ausserordentliches Ereignis
- n: Alter in Jahren
- Z.a: Zustand akzeptabel
- m: Intervall für Hauptinspektionen (5 bzw. 10 Jahre)
- U.b: Ursache bekannt

Bild 1. Flussdiagramm zum Ablauf der Tragwerksüberwachung

standsentwicklung über einen bestimmten Zeitraum – vielfach wird es sich hierbei um eine Zeitspanne in der Grössenordnung des Intervalles zwischen zwei sich folgenden Hauptinspektionen handeln – sind selbstverständlich auch noch die Ursachen für allfällig festgestellte Schäden zu ergründen, ohne deren Kenntnis eine seriöse Bewertung der Zustandsentwicklung ohnehin ja gar nicht möglich ist. Der Bewertende wird sich hierbei auch Gedanken darüber machen müssen, ob es sich bei den festgestellten Ursachen um nur temporär existierende oder um ständig vorhandene Einflüsse handle. Überdies hat er sich auch damit zu beschäftigen, ob in Zukunft am Tragwerk oder innerhalb seines Einflussbereiches Veränderungen vorgenommen werden, die ihrerseits die Verhaltensweise des Tragwerkszustandes beeinflussen könnten. Somit handelt es sich auch bei der Ursachenbewertung um eine äusserst anspruchsvolle Tätigkeit, die wiederum sehr hohe Ansprüche an die Ausführenden stellt.

Zustandsbeurteilung

Der Momentanzustand der Tragwerke kann aufgrund eines Vergleiches der anlässlich der Bewertung ermittelten Kennwerte mit den Anforderungswerten, die in den gültigen Normen und Regelwerken festgelegt sind, vorgenommen werden. Daraus ergibt sich zunächst einmal, dass der Zustand des Tragwerks als akzeptabel bzw. als nicht akzeptabel eingestuft wird.

Sollte ein nicht akzeptabler Zustand ermittelt worden sein, dann dürfte es jedoch ratsam sein, dass, bevor umfangreiche und kostspielige Massnahmen ins Auge gefasst werden, nähere Abklärungen auf einem höheren Inspektionsniveau vorgenommen werden, die entweder bessere Informationen oder wenigstens die genauen Ursachen für diesen Umstand erkennen lassen.

Auch bei der Zustandsbeurteilung ist es erforderlich, sich zur zukünftigen Entwicklung dieses Zustandes zu äussern und Prognosen über das Erreichen oder Überschreiten von Anforderungsgrenzwerten zu machen. Solche Prognosen können erst dann mit einer einigermaßen grossen Treffsicherheit erstellt werden, wenn genügend sicher abgestützte Verhaltensmodelle existieren, welche auch ursächliche Zusammenhänge zwischen Zustandsveränderungen und ihren Auswirkungen auf charakteristische Anforderungskennwerte aufzuzeigen vermögen.

Massnahmen

Massnahmen, mit denen leicht feststellbare Mängel oder Schäden an Tragwerken beseitigt werden, scheinen für viele

die einzige Möglichkeit zu sein, um einen Beitrag zur Tagwerkserhaltung zu leisten. Wie aber früher schon erwähnt, handelt es sich dabei bei weitem nicht um die alleinige Aktivität zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit; sie dürfen sich vor allem niemals damit begnügen, nur die vorhandenen Mängel und Schäden zu beheben, sondern sollten, wenn immer möglich, auch gleichzeitig die hierfür verantwortlichen Ursachen beheben oder wenigstens unwirksam machen. Dabei ist aber auch noch zu berücksichtigen, welche Folgen die vorgesehenen Massnahmen ihrerseits auf das Tragwerk selber oder auf seine weitere Umgebung ausüben können [15]. Deshalb sind bei der Auswahl der möglichen Massnahmen verschiedene Aspekte zu berücksichtigen, wodurch diese Auswahl selber wiederum einen sehr komplexen Entscheidungsvorgang darstellt, der in vielen Fällen den Einsatz von geeigneten Entscheidungs- und Beurteilungsmodellen wünschenswert oder gar notwendig macht.

Zusammenfassung

Die bisherige, weitverbreitete Ansicht, Tragwerkserhaltung beschränke sich ausschliesslich auf Massnahmen, mit denen sichtbare Mängel oder Schäden beseitigt werden, ist sehr unvollständig und bedarf dringend einer Überprüfung; denn wie in den vorangegangenen Ausführungen zu zeigen versucht worden ist, stellt der Prozess zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit von Tragwerken einen äusserst komplexen Vorgang dar, der einerseits hohe Anforderungen an den Wissensstand der hierfür Verantwortlichen stellt und andererseits immer eine ganzheitliche Betrachtungsweise voraussetzt, damit optimale Lösungen gefunden werden können. Deshalb ist der Ausbildungsstand der beteiligten Ingenieure unbedingt zu verbessern.

Zudem sollten auch die an verschiedenen Orten anfallenden Informationen und Daten nach einem einheitlichen Konzept gesammelt und zentral weiterverarbeitet werden, damit aus der Fülle dieser äusserst wertvollen Informationen Verhaltensmodelle entwickelt werden können, mit denen die Arbeit jener wesentlich vereinfacht und verbessert werden kann, die bei Verwaltungen und privaten Bauherren mit der Tragwerkserhaltung beauftragt sind; ausserdem können so auch positive Impulse auf die Forschung und Entwicklung neuer Verfahren ausgehen.

Adresse des Verfassers: Marc Ladner, Dr. sc. techn., dipl. Bau-Ing. ETH, Dozent, Zentralschweizerisches Technikum, Technikumstrasse, 6048 Horw.

Literatur

- [1] Foerster, M.: «Taschenbuch für Bauingenieure.» 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin (1920).
- [2] Schleicher, F.: «Taschenbuch für Bauingenieure.» 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin (1955).
- [3] Norm SIA 160: «Einwirkungen auf Tragwerke.» Hrg. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich (1989).
- [4] Norm SIA 162: «Betonbauten.» Hrg. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich (1989).
- [5] Empfehlung SIA 169: «Erhaltung von Ingenieur-Bauwerken.» Hrg. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich (1987).
- [6] SN 640 930: «Gesamtbeurteilung des Zustandes von Bauwerken», Bearbeitet von der VSS-Kommission 174, Management der Strassenerhaltung. Hrg. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute, Zürich (1989).
- [7] Ladner, M.: «Zustandsuntersuchungen an Massivbauten – ein wichtiger Teil der Unterhaltsarbeiten.» Schweizer Ingenieur und Architekt 104 (1986), Heft 14/86, S. 301/307.
- [8] Ladner, M.: «Zustandsuntersuchung von Bauwerken», Forschungs- und Arbeitsberichte der Abteilung 116, Massivbau Nr. 116/3. EMPA Dübendorf (1988).
- [9] Norm SIA 118: «Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten.» Hrg. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich (1977).
- [10] Dinkel, W.: «Die Erhaltung von Ingenieurbauwerken – eine Managementaufgabe». In: Einführung in die Norm SIA 160: «Einwirkungen auf Tragwerke» und in die Empfehlung SIA 169: «Erhaltung von Ingenieur-Bauwerken». SIA-Dokumentation D041 Zürich (1989), S. 53/60.
- [11] Bundesamt für Strassenbau: «Kunstabauten-Datenbank.» In Vorbereitung.
- [12] Müller, R.: «Inspektion und Instandsetzung an Beispielen von Betonbauwerken». In: Einführung in die Norm SIA 160: «Einwirkungen auf Tragwerke» und in die Empfehlung SIA 169: «Erhaltung von Ingenieur-Bauwerken». SIA-Dokumentation D041 Zürich (1989), S. 61/69.
- [13] SIA-Merkblatt 2002: «Inspektion und Instandsetzung von Bauteilen aus Beton». Hrg. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich (1990).
- [14] Empfehlung SIA 160/4: «Anwendung der SIA-Normen auf bestehende Bauwerke». Hrg. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich (in Vorbereitung).
- [15] CEB: «Diagnosis and Assessment of Concrete Structures. State of the Art Report». Bulletin d'information Nr. 192 (1989).