

Fahrbahnübergänge und Brückenlager

Funktionalität und Nachhaltigkeit

Dr.-Ing. Christiane Butz

Maurer Söhne Engineering GmbH & Co. KG

1 Einleitung

Aufgrund der Verknappung der Ressourcen und der Schutz der Umwelt gewinnt in Politik und Gesellschaft der Aspekt des nachhaltigen Handelns mehr und mehr Bedeutung. Im Brückenbau werden für Neubauten daher neben dem bisher dominierenden Bewertungskriterium der geringsten Herstellkosten ganzheitliche Bewertungskriterien wichtig. Während im Hochbau die Forderungen der nachhaltigen Nutzung der natürlichen Ressourcen bereits in quantitative Bewertungskriterien umgesetzt wurden [1], werden derzeit für den Brückenbau geeignete Maßstäbe zur Quantifizierung und Wichtung ganzheitlicher Bewertungskriterien erarbeitet (z.B.[5]). Im Vordergrund stehen dabei neben den Kriterien Ökologie, Ökonomie und soziokulturelle Faktoren insbesondere die funktionalen Aspekte über die Entwurfslebenszeit einer Brücke von 100 Jahren. Brücken sind in der nationalen und europäischen Infrastruktur äußerst relevante Elemente, die durch die starke Vernetzung mit der Umwelt und den hohen Nutzungsgrad beim Transport von Gütern und Personen maßgeblichen Einfluss auf die Volkswirtschaften haben können.

Bauelemente, die die hohe Entwurfslebenszeit der Brücke von 100 Jahren nicht erreichen und durch Instandhaltung, Sanierung und Austauschmaßnahmen eine Beeinträchtigung des Verkehrs verursachen können, gelten als problematisch. Wenn sie eine Schlüsselrolle besitzen, indem sie im singulären System aufgebaut sind und die Gebrauchstauglichkeit und die Tragfähigkeit des Bauwerks von ihnen abhängt, gelten sie als kritisch. Dies trifft für Brückenlager und Fahrbahnübergänge zu. Brückenlager ermöglichen zwängungsfrei Translations- und Rotationsfreiheitsgrade des statischen Systems bei gleichzeitiger Übertragung der Lasten aus dem Oberbau in Pfeiler und in die Widerlager. Fahrbahnübergänge gewährleisten die Gebrauchstauglichkeit, indem sie zwängungsfrei die Dehnfugen überbrücken und die Benutzung durch Verkehrsmittel ermöglichen. Diese funktionalen Anforderungen werden durch Verwendung von Baustahl und Edelstahl mit Materialien wie Elastomer, MSM®, PTFE, etc. erfüllt.

Im folgenden werden Brückenlager und Fahrbahnübergänge der neuesten Generation unter ganzheitlichen Bewertungskriterien als Elemente einer Brücke analysiert. Dabei wird insbesondere

Nutzungszeit, Instandhaltung und Sanierung und die Auswirkung auf die Funktionstüchtigkeit der Brücke betrachtet.

2 Nachhaltigkeitsbetrachtung für Brückenlager und Fahrbahnübergänge

2.1 Allgemeines

Zur Quantifizierung der Nachhaltigkeit von Brückenbauwerken ist eine ganzheitliche Lebenszyklusbetrachtung vom Neubau bis zum Abbruch unter ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Aspekten erforderlich. Brückenlager und Fahrbahnübergänge gelten als Verursacher hoher Instandhaltungskosten und können Sperrungen von Fahrbahnen bedingen, was Stau verursachen kann. Dies mag für ältere und minderwertige Lagerarten und Fahrbahnübergangskonstruktionen zutreffen. Die Verwendung neuester Materialien und Technologien bei Kalottenlagern und Modular-Dehnfugen bei Neubauten führt allerdings zu einer deutlichen Verbesserung für die ganzheitliche Lebenszyklusbetrachtung von Brücken. Im folgenden werden für eine ganzheitliche Beurteilung von Brückenbauten die Lebenszyklen moderner Modular-Dehnfugen und Brückenlager von der Wiege bis zur Bahre betrachtet.

2.2 Herstellung und Transport

Die Herstellung eines Fahrbahnübergangs oder eines Brückenlagers wird im Sinne der Nachhaltigkeit unter den Aspekt Ressourcenverbrauch von Material und Energie während der Produktion betrachtet. Die Wirkung wird mit Hilfe einer Anzahl quantitativer Umweltauswirkungen, (z.B. Beitrag zum Treibhauseffekt, zum sauren Regen, zum Ozonloch usw.) erfasst. Fahrbahnübergänge und Brückenlager bestehen aus Baustahl, Edelstahl, Elastomer, Kunststoffe wie PUR, MSM®, PTFE. Die bei der Herstellung der Ausgangsmaterialien anfallenden Umweltauswirkungen können anhand der EPDMs der Stahlhersteller [14] oder aus der ökobau.dat [15] entnommen werden. Der Energieverbrauch bei der Herstellung wird gesteuert von der mechanischen Bearbeitung und der Verbindungstechnik. Für eine Modular-Dehnfugen wird bei der Herstellung eine nicht zu vernachlässigende Energiemenge durch Zuschnitt und Schweißen verbraucht. Z.B. beinhaltet eine Trägerrostdehnfuge D240 mit rautenförmiger Geräuschminderung für 240 mm Dehnweg insgesamt Schweißnähte von 200 m Länge. Auf den m² Brückenfläche bezogen ist es deutlich mehr als z.B. in einer orthotropen Fahrbahnplatte. An Kalottenlager werden nach EN1337 [13] hohe Genauigkeitsanforderungen bei den Fertigungstoleranzen gestellt. Aus Grobblech werden durch Brennschnitt, Fräsen und Drehen Lagerunterteil mit Kalottenfassung, Kalotten und Lageroberteile gefertigt. Die Kalotte selber besteht aus einer metallischen Legierung oder hartverchromten Stahl. Die Herstellung eines Elastomerlagers benötigt hauptsächlich Energie zum Heizen der Pressen beim Vulkanisationsprozess sowie im Zuschnitt der Stahlbleche.

Kalottenlager mit besonderem Gleitwerkstoff und Modular-Dehnfugen werden in München gefertigt, auf die Baustelle transportiert und eingebaut. Typische Transportradien für Deutschland be-

tragen weniger als 500 km. Transportwege dieser Größenordnung beeinflussen die Ökobilanz nur unwesentlich und können daher vernachlässigt werden [2].

Betrachtet man allerdings das gesamte Brückenbauwerk, so sind aufgrund der großen Masse des Überbaus, der Widerlager und Pfeiler Fahrbahnübergänge und Brückenlager untergeordnete Bauteile, da sie kleiner als 1% der Gesamtmasse sind. Hinsichtlich des Primärenergieverbrauchs und der Wirkkategorien Treibhauspotential, Versauerungspotenzial und Eutrophierungspotenzial wird es anhand von 3 Beispielbrücken aus dem Verbundbau derzeit im FOSTA-Projekt P 843 „Ganzheitliche Bewertung von Stahl- und Verbundbrücken nach Kriterien der Nachhaltigkeit“ untersucht. Sind diese Werte ebenfalls kleiner als 1% der gesamten Brücke, so sind Brückenlager und Fahrbahnübergänge in der Ökobilanz der Brücke vernachlässigbar.

2.3 Lebensdauer

2.3.1 Fahrbahnübergänge

Während Fahrbahnübergänge durch überrollenden Verkehr hohen dynamischen Einwirkungen ausgesetzt sind und zur Materialermüdung des Stahls beitragen können, verursachen äußere Einflüsse wie Temperatur, Witterung, Verformung und Verdrehung aus Belastung in den Elastomer- und Kunststoffelementen Verschleiß und Alterung. Während Modular-Dehnfugen früher lediglich auf Tragfähigkeit bemessen wurden, werden seit Mitte der 80er Jahre Ermüdungsnachweise geführt. Modular-Dehnfugen, die Mitte der 80er Jahre bis 1994 hergestellt wurden, besitzen aufgrund der damaligen Lastansätze eine Lebensdauer der Stahlkonstruktion von 20 Jahren. Mit Einführung der TL/TP FÜ [11] wurden die Ermüdungslasten so erhöht, dass eine regelgeprüfte Modular-Dehnfuge eine rechnerische Lebensdauer von 40 Jahren besitzt. Verschleißteile wie Lager- und Federelemente und Steuerfedern aus Elastomer und Kunststoff haben eine Lebensdauer von mindestens 20 Jahren, da sie ohne wesentliche Verkehrsbehinderung ausgewechselt werden können. Neben den Änderungen auf der Einwirkungsseite sind an den Konstruktionen kontinuierlich Neuerungen durchgeführt worden, um die Lebensdauer der Stahlkonstruktion, die Dauerstandfestigkeit der Verschleißteile zu verbessern und die Lärmentstehung zu vermindern [6], [19].

Derzeitige Angebotsanfragen zum Austausch von Fahrbahnübergängen zeigen, dass die Ermüdungsfestigkeit der MAURER Modular-Dehnfugen aus den 70er Jahren und älter bei planmäßiger Belastung erreicht ist. Ein Austausch ordnungsgemäß eingebauter und planmäßig belasteter regelgeprüfter Dehnfugen, die seit 1994 [12] auf dem Markt sind, ist bisher nicht aufgetreten. Dies ist frühestens in 23 Jahren zu erwarten. Rechnerisch ist ein zweimaliger Austausch der regelgeprüften Modular-Dehnfuge während der Lebenszeit der Brücke erforderlich. Da aber ein Austausch der MAURER Modular-Dehnfugen aus den 80er Jahren mit rechnerischer Lebensdauer von 20 Jahren derzeit nur vereinzelt notwendig ist, kann auch für die regelgeprüften Dehnfugen von einer

längeren Lebensdauer ausgegangen werden, wenn die Einwirkungen sich nicht wesentlich erhöhen.

Für Dehnfugen für Straßenbrücken wird derzeit die Europäische technische Zulassungsrichtlinie ETAG 032 [16] erarbeitet. Diese beinhaltet das Ermüdungslastmodell FLM1 des EN1991-2 [17], so dass zukünftig Fahrbahnübergänge mit unbeschränkter Lebensdauer eingeführt werden. Demnach ist kein Austausch des Fahrbahnübergangs während der Lebenszeit der Brücke erforderlich. Eine unbeschränkte Lebensdauer wird durch die Verwendung des Hochfrequenzhämmerverfahrens bei den Schweißnähten erreicht und wird bereits heute angewendet [18].

2.3.2 Brückenlager

Kalottenlager mit besonderem Gleitwerkstoff [10] und Elastomerlager werden i.A. im deutschen Brückenbau eingesetzt. Nach DIN EN 1990 :2002, Tabelle 2.1 wird für Brückenlager eine geplante Nutzungsdauer von 10-25 Jahren festgelegt. Versuche für die Zulassung von MSM® als besonderer Gleitwerkstoff, der nicht in DIN EN1337-2 angegeben ist, zeigten, dass man auf der sicheren Seite liegend von einer Lebenszeit von mindestens 50 Jahren ausgehen kann. Bei Brücken mit kleiner und mittlerer Spannweite kann aufgrund geringer Lagerbewegungen von einer Lebenszeit, die der Entwurfslebenszeit der Brücke entspricht, ausgegangen werden. Elastomerlager besitzen aufgrund von Alterung eine Lebenszeit von ca. 30 Jahren.

2.4 Instandhaltung und Sanierung

2.4.1 Fahrbahnübergänge

Regelgeprüfte Modular-Dehnfugen sind wartungsfrei, sollten aber regelmäßig gereinigt werden, um die Alterungsprozesse der Verschleißteile aus Elastomer nicht zu beschleunigen sowie um Beschädigung des Korrosionsschutz und der Dichtprofile durch mechanische Widerstände zu vermeiden. Derzeitige Angebotsanfragen zeigen, dass zur Instandhaltung von MAURER Modular-Dehnfugen der Austausch der Verschleißteile, d.h. Lager- und Federelemente, Steuerfedern und Dichtprofil, nach 20 bis 25 Jahren notwendig ist. Werden z.B. Lager- und Federelemente nicht rechtzeitig ausgetauscht, so kann durch Alterung des Elastomers die Vorspannung in der Auflagerung der Lamelle bzw. Traverse nachlassen, so dass einzelne Lager- oder Federelemente rausfallen können. Dann entsteht eine ungünstige Lastverteilung in den Lamellenprofilen und Traversen. Es kann ein Bruch der Traverse auftreten. Empfehlenswert ist eine präventive oder vorausschauende Instandhaltungsstrategie, indem entweder nach festen Intervallen die Verschleißteile gewechselt werden oder durch gründliche Inspektionen der Zeitpunkt einer notwendigen Sanierung bestimmt wird.

Im FOSTA-Projekt P 843 „Ganzheitliche Bewertung von Stahl- und Verbundbrücken nach Kriterien der Nachhaltigkeit“ werden anhand von 3 Referenzbrücken in Verbundbauweise für kleine, mittlere

und große Spannweiten die erforderlichen Kosten, Intervalle und Sperrzeiten für die Instandhaltung von Fahrbahnübergängen und Brückenlager untersucht. Die Verbundbrücke mit mittlerer Spannweite (Durchlaufträger mit Spannweiten 40-45 m) besitzt ein Teilbauwerk je Richtung mit jeweils zwei Fahrstreifen. Es ist mit Elastomerlagern schwimmend gelagert und hat daher 4 modulare Trägerrost-Dehnfugen mit oberer und unterer Geräuschminderung für jeweils 240 mm Dehnweg. Für den Austausch der Verschleißteile sind 8-9 Nächte jeweils eine halbseitige Sperrung, d.h. ein Fahrstreifen pro Richtung, erforderlich. In der Verbundbrücke mit großen Spannweiten von 60-80 m bei einer Gesamtlänge von 300-400 m sind pro Teilbauwerk eine modulare Trägerrost-Dehnfuge mit oberer Geräuschminderung für 600 mm Dehnweg eingebaut. Bei dieser Trägerrost-Dehnfuge ist eine 20-22 Nächte dauernde halbseitige Sperrung, d.h. ein Fahrstreifen pro Richtung, für den Austausch der Verschleißteile erforderlich. Tagsüber kann der Verkehr über beide Fahrstreifen geführt werden. In Kombination mit anderen Instandsetzungsarbeiten, die nach 20-25 Jahren notwendig werden wie z.B. Erneuerung der Kappen, Ausbesserung des Korrosionsschutz [8], kann die Verkehrsbeeinträchtigung und die Kosten auf ein Minimum reduziert werden. Bricht eine Traverse aufgrund unplanmäßig aufgetreten Lasten und wird durch eine Fischbauchtraverse ersetzt, erfordert diese bei beiden Dehnfugen eine halbseitige Sperrung für 3 Nächte. Auch in diesem Fall kann der Verkehr tagsüber beide Fahrspuren benutzen. Die externen Effekte, d.h. die volkswirtschaftlichen Verluste durch Stau, erhöhten Kraftstoffverbrauch werden derzeit von den Projektbeteiligten ermittelt.

2.4.2 Brückenlager

Inspektion und Instandhaltung von Brückenlagern ist in DIN EN1337-10 [13] genormt. Sanierungen von Kalottenlagern umfassen Ausbesserung des außenliegenden Korrosionsschutz und der Austausch des Gleitmaterials bei Verschleiß. Für zweites gilt Abschnitt 0.. Bei Elastomerlagern können beim Auftreten von Oberflächenrissen diese verfüllt werden sowie eine Manschette um das Elastomer gebaut werden. Auswirkungen auf den Verkehr haben diese Maßnahmen nur, wenn sie an einem Überführungsbauwerk durchgeführt werden oder eine Einhausung mit Hängegerüsten erforderlich ist.

2.5 Austausch

2.5.1 Fahrbahnübergänge

Ein Austausch einer Modular-Dehnfuge bei der Verbundbrücke mit mittlerer Spannweite erfordert eine 2-3tägige halbseitige Sperrung. Der Austausch einer Modular-Dehnfuge bei der Verbundbrücke mit großer Spannweite bedingt eine 3-tägige halbseitige Sperrung. Während dieser Sperrung hat der Verkehr nur ein Fahrstreifen zur Verfügung. Eine halbseitige Sperrung ist lediglich erforderlich, da die einzusetzenden Dehnfugen in zwei Teilen auf die Baustelle geliefert werden, halb-

seitig eingebaut werden und am Ende durch einen Baustellenstoß verbunden werden. Dieser Baustellenstoß reduziert nicht die Lebensdauer von 40 Jahren der neuen Dehnfuge. Falls die Verkehrswege so stark vom Verkehr belastet ist, kann durch das MAURER Modular Bridging System in Stoßzeiten ein Überfahren der Fuge mit reduzierter Geschwindigkeit von bis zu 70 km/h ermöglicht werden. In verkehrsarmen Zeiten wird ein sehr schneller Zugriff auf die überbrückte Fahrbahnübergangskonstruktion für Sanierungs- und Austauscharbeiten ermöglicht.

2.5.2 Brückenlager

Falls ein Austausch erforderlich ist, wird der Oberbau an Pfeilern und Widerlagern mit Hilfe von hydraulischen Pressen um maximal 10 mm angehoben und die Lager werden ausgetauscht. Bei der Verbundbrücke mittlerer Spannweite sind für den Austausch von 16 Elastomerlagern 40 Tage erforderlich. Dabei werden Gerüsttürme aufgebaut, um dem Montagepersonal den notwendigen Arbeitsplatz und Abstellfläche für die neuen bzw. ausgetauschten Lager zur Verfügung zu stellen. Da keine Sperrung erforderlich ist, besteht auch nicht die Notwendigkeit in der verkehrsarmen Zeit nachts den Austausch durchzuführen. Bei einem Lagerwechsel an der Verbundbrücke mit großen Spannweiten sind aufgrund der Pfeilerhöhe Hängegerüste notwendig. Der Einsatz dieser erfordert Sperrungen von einem Fahrstreifen je Fahrtrichtung. Das Auswechseln der Lager dauert ca. 60 Tage. So lange kann der Verkehr nur auf einem Fahrstreifen je Fahrtrichtung fließen. Aufgrund des höheren Aufwands und der höheren Kosten für Hängegerüste ist die Verwendung von Kalottenlager mit besonderem Gleitwerkstoff

empfehlenswert, da die Lebensdauer weit über 50 Jahre liegt und nur einmal ein Lagerwechsel stattfindet, während bei der Verwendung von Elastomer- und Topflagern von einem zweimaligen Wechsel während der Entwurfslebenszeit der Brücke auszugehen ist. Die Kosten eines Lagerwechsels übersteigen um ein Vielfaches die Preisdifferenz zwischen MSM® Kalottenlagern und Topf- bzw. Elastomerlagern.

Bei einem Überführungsbauwerk ist unabhängig von der Pfeilerhöhe eine Verkehrsbeeinträchtigung beim Austausch der Lager am Pfeiler nicht zu vermeiden. Aufgrund der geringen Verschiebewege und Verdrehungen kann mit großer Sicherheit davon ausgegangen werden, dass ein Kalottenlager mit besonderem Gleitwerkstoff nicht ausgewechselt werden muss.

2.6 Recycling

Analog zu den Sammelraten in [14] kann man bei Brückenlagern und Fahrbahnübergängen von einer Sammelrate des Baustahls von 99% ausgehen. Das Material wird als Rohstoff für neuen Stahl unter Beibehaltung oder Verbesserung der Baustoffeigenschaften verwendet. Eine direkte Wiederverwendung des Stahls findet nicht statt. MSM® wird als Regenerat in Konfettiform für die Herstellung von PE-Platten verarbeitet. Die restlichen Materialien wie Elastomer und Kunststoffe

werden i.A. durch Verbrennen entsorgt. Seit kurzem gibt es allerdings die Möglichkeit aus dem Granulat der Elastomere wieder Gummi mit denselben Eigenschaften herzustellen.

3 Erweiterung der Funktionalität von Lagern und Fahrbahnübergängen

3.1 Anforderungen

Während die aktuellen Untersuchungen die Bewertung von Neubauten mit ganzheitlichen Nachhaltigkeitskriterien betrachten, sind die meisten Brücken im deutschen Straßennetz Bestandsbauten aus den 60er, 70er und 80er Jahren. Deren wirtschaftliche und nachhaltige Erhaltung stellt große Herausforderungen an Verwaltungen des Bundes und der Länder, denn diese wurden mit den damals gültigen Normen bemessen, die bei den Verkehrslasten von Prognosen ausgegangen sind, die sich heutzutage als zu niedrig herausstellen. Insbesondere die Erhöhung der Verkehrsdichte, Erhöhung der Achslasten beim Lkw-Verkehr und die Zunahme der Schwertransporte führen zu Belastungen, die zum Zeitpunkt der Bemessung und Planung nicht berücksichtigt wurden. Daher reduziert sich bei vielen Bestandsbrücken die geplante Lebensdauer, da vorzeitig Ermüdungsschäden und Verschleiß auftreten. Allerdings kann die verbleibende Lebensdauer nur mangelhaft quantifiziert werden, da durch regelmäßige visuelle Inspektionen lediglich Momentaufnahmen des äußeren Bauwerkszustands entstehen. Angaben über Einwirkungen liegen nicht vor, die tatsächlichen Widerstände, Tragfähigkeitsreserven, Restlebensdauer lassen sich nur punktuell und mit viel Aufwand bestimmen.

Mithilfe elektronischer Überwachungssysteme kann das Erhaltungsmanagement des Brückenbestandes wirtschaftlicher und nachhaltiger gemacht werden, indem individuell für jedes Brückenbauwerk Informationen über Einwirkungs- und Widerstandsseite direkt am Bauwerk erfasst und bewertet werden. Da Brückenlager und Fahrbahnübergänge relevante Brückenelemente sind (Brückenlager übertragen die Lasten in die Pfeiler und Fundamente, Fahrbahnübergänge sind direkt dem Verkehr ausgesetzt), sind sie optimal geeignet durch Integration von Messtechnik, Einwirkungen und Brückeneigenschaften zu erfassen und zum Erhaltungsmanagement beizutragen.

3.2 Brückenlager und Fahrbahnübergänge mit Messfunktion

Mit Brückenlager mit integrierter Messfunktion können im eingebauten Zustand vertikale Auflagerkräfte und horizontale Gleitwege gemessen werden. Bisher werden diese instrumentierten Brückenlager eingesetzt, um mögliche Abweichungen zu den berechneten Auflagerkräften im Bau- oder im Endzustand zu erfassen und den Verschleiß des Gleitmaterials zu beobachten. Insbesondere bei statisch unbestimmten Systemen, beim Taktschiebeverfahren oder bei vorgefertigten Brückendecks, die in Querrichtung sehr steif sind und in Querrichtung auf mehr als einem Lager gelagert sind, können z.B. abweichende Steifigkeiten, kleine Setzungen, Abweichungen in den Höhen der Lageraufstandsflächen o.ä. zu unplanmäßigen Lastverteilungen bzw. -umverteilung

führen, so dass Bauteile, die für deutlich kleinere Lasten ausgelegt wurden, überlastet werden, oder dass Spannungsumlagerungen zu lokalen Versagen führen.

Zur Messung der Auflast werden Topflager, Elastomerlager und Kalottenlager mit Drucksensoren und Dehnungsmessstreifen ausgestattet. Das Kalottenmesslager liefert Werte mit hoher Genauigkeit, da im Gegensatz zu Elastomer die Materialeigenschaften der verwendeten Materialien Stahl und MSM® als Gleitmaterial nicht temperatur- und alterungsabhängig sowie geringe Lagerwiderstände durch Reibung entstehen.

Da die aufgezeichneten Auflasten bei Brücken Verkehrseinwirkung und Umwelteinflüsse beinhalten, stellen die Messdaten integrale Werte dar. So sind in den aufgezeichneten Bauwerksreaktionen von Brückentragwerken immer Einflüsse der Temperatureinwirkung enthalten. Da Temperatureinflüsse instationär auftreten, ist deren Einfluss begleitend zur Lagerkraftmessung zu separieren. Dies gelingt nur durch den Einsatz zusätzlicher Temperatursensoren am Bauwerk und vorgeschaltete numerische Analysen.

Messungen an Fahrbahnübergangskonstruktionen wurden durchgeführt, wenn nach deutlich kürzerer Zeit als geplant Ermüdungsschäden aufgetreten sind, um anhand des statischen und dynamischen Verhaltens beim Überrollen u.a. mit instrumentierten Lkws auf die Lasten, Latschflächen und konstruktionsabhängigen Erhöhungsfaktoren für die statischen Lasten zu ermitteln sowie anhand von Dämpfung und Eigenfrequenzen konstruktionsabhängige Widerständen zu bestimmen. Bei den Messungen werden bestehende Fahrbahnübergangskonstruktionen temporär mit Sensoren ausgestattet (z.B. DMS, Seilzugaufnehmer).

Weitgespannte Hängebrücken erfordern Lamellenfahrbahnübergänge mit mehr als 2500 mm Dehnweg, die aus ca. 25 Profilen bestehen. Diese Fahrbahnübergänge sind sehr große Konstruktionen, die stark befahren werden und große und schnelle Bewegungen ausführen. Daher wird auch ein übermäßiger Verschleiß insbesondere beim PTFE-Gleitmaterial und den Steuerfedern aus Elastomer erwartet bzw. ist bereits aufgetreten. Solche Fahrbahnübergänge werden zur Funktionsüberwachung mit DMS und Seilzugaufnehmern bestückt.

3.3 Intelligente Brückenlager und Fahrbahnübergänge

Monitoringsysteme, die auf eine Vielzahl von Brücken anwendbar sind, liegen praktisch nicht vor. Es werden jeweils Einzellösungen entworfen und installiert. Verwertbare Messergebnisse können nur aus den Bauwerksreaktionen abgeleitet werden. Damit ist jedes Messsystem verformungsbaasiert aufgebaut, welches aus Bewegungsgrößen charakteristische Kenndaten ableitet. Bei relativ weichen Systemen sind aus Verformungs- oder Verzerrungsmessungen verwertbare Größen abzuleiten während bei steiferen Strukturen die Verformungen klein sind und nur über Beschleunigungssensoren bzw. Geschwindigkeitssensoren brauchbare Messwerte erreicht werden können.

Sämtlichen Messungen, die nicht unter Laborbedingungen durchgeführt werden können, sind instationäre Temperatureinflüsse überlagert. Bei Verformungs- und Verzerrungsmessungen gehen die Einflüsse aus der Temperatur unmittelbar in die Messgrößen ein. Bei Beschleunigungs- oder Geschwindigkeitsmessungen macht sich die Temperatur indirekt über die Bauteilsteifigkeit bemerkbar. Beispielhaft sei auf die temperaturabhängige Steifigkeit des Brückenbelags hinzuweisen. Außerdem ist anzumerken, dass das nichtlineare Zusammenspiel von Steifigkeit und Masse eine zutreffende Interpretation einer Schädigung aus den Ergebnissen von Schwingungsmessungen zusätzlich erschwert. Die Ableitung zuverlässiger Aussagen aus Messergebnissen an Bauwerken kann also nur gelingen, wenn der Temperatureinfluss zutreffend bekannt ist. Nur auf der Basis von Temperaturmessungen kann der Einfluss nicht abgeleitet werden, da aufgrund der instationären und gleichzeitig nichtlinearen Effekte das Sensorraster unrealistisch hoch sein müsste. Zutreffende Aussagen sind allerdings auf der Basis von Temperatur-Stützmessungen und zuverlässig arbeitenden Temperaturfeldsimulationen sicher möglich. Ein zweiter Weg, um frühzeitig Schädigungen in Bauwerken zu detektieren, kann über die Messung der Lagerreaktionen erreicht werden. Schädigungen gehen einher mit Steifigkeitsänderungen, machen sich also durch Umlagerungen in den Lagerkräften bemerkbar. Die Lagerreaktionen stellen ein Gleichgewichtssystem dar, in dem bei der Messung der Lagerreaktionen Umlagerungen sichtbar werden und kontrolliert werden können. Dieser Vorgehensweise dual zugeordnet ist allerdings die für alle Monitoringmaßnahmen geltende Forderung, nach der eine zutreffende Erfassung der Temperatureinflüsse den Erfolg einer Maßnahme bestimmt.

Zusammen mit dem Lehrstuhl für Stahlbau der Universität der Bundeswehr werden in den nächsten 2 Jahren Messsysteme für allseitig bewegliche Kalottenlager und eine Schwenktraverse DS160 entwickelt, mit denen Aussagen zur Belastung, d.h. Fahrzeuggewichte sowie Zustandsveränderungen einer Brücke erfasst werden. Gefördert wird dieses Verbundprojekt „Intelligente Schwenktraversen-Dehnfuge und intelligentes Kalottenlager“ von der Bundestanstalt für Straßenwesen im Rahmen des nationalen Innovationsprogramm Straße.

Ein intelligentes Kalotten-Gleitlager und eine intelligente Schwenktraversen-Dehnfuge sind eine Innovation im Bauwesen, da sie für den Betreiber eine optimale Ausstattung für ein nachhaltiges Erhaltungsmanagement darstellen als auch für die Überprüfung ggf. Optimierung bestehender Lastmodelle für Brücken wie auch für Fahrbahnübergangskonstruktionen dienen können. Gleichzeitig erlauben zuverlässige Messsysteme eine wirkungsvolle Kontrolle und gestatten mit parallel geschalteten visuellen Aufzeichnungsgeräten neben der Feststellung von Überladungen auch die Identifizierung von Verursachern. Mittelfristig wird sich damit die Akzeptanz von zulässigen Gesamtgewichten erheblich verstärken und der schädigende Einfluss von Überladungen auf die Lebensdauer von Brücken signifikant gesenkt. Durch die Aufzeichnung von Anzahl und Achslasten

lässt sich für die mit dem vorgestellten System beobachtete Brücken eine zutreffende Schädigungsentwicklung angeben und darauf aufbauend der Erhaltungsaufwand sicher prognostizieren.

4 Literatur

- [1] Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Stand Februar 2011, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin
- [2] Kreißig, J., Hauke, B., Kuhnhenne, M.: Ökobilanzierung von Baustahl, Stahlbau 79, 2010, Heft 6, Ernst & Sohn Verlag, Berlin
- [3] Streit, W., Ummenhofer, T., Zinke, T.: Auf die externen Kosten kommt es an, greenbuilding, 2009, Heft 5
- [4] Zinke, T., Diel, R., Mensinger, M., Ummenhofer, T.: Nachhaltigkeitsbewertung von Brückenbauwerken, Stahlbau 79, 2010, Heft 6, Ernst & Sohn Verlag, Berlin
- [5] Kuhlmann, U., Ummenhofer, T., Mensinger, M. et al.: Ganzheitliche Bewertung von Stahl- und Verbundbrücken nach Kriterien der Nachhaltigkeit, FOSTA-Projekt P843, unveröffentlicht
- [6] Braun, C.: Tragstrukturen mit Lagern und Fahrbahnübergängen - Die Differentialbauweise im Brückenbau, Brückenbau, 2011, Heft 1, Verlagsgruppe Wiederspahn
- [7] Fischer, O., Katz, C., Putz, A., Schneider, F., Streit, W., Willberg, U.: The Real Price – Holistic Cost-Efficiency Considerations in Design and Construction of Infrastructure Projects, IABSE Proceedings, Venedig, Italien, 2010
- [8] Graubner, C.-A., Knauff, A., Pelke, E.: Lebenszyklusbetrachtungen als Grundlage für die Nachhaltigkeitsbewertung von Straßenbrücken, Stahlbau 80, 2011, Heft 3, Ernst & Sohn Verlag, Berlin
- [9] Butz, C., Mangerig, I.: Intelligente Schwenktraversen-Fuge und intelligentes Kalottenlager, 2011, unveröffentlicht
- [10] Maurer Söhne GmbH & Co. KG: Zulassung Kalottenlager mit besonderem Gleitwerkstoff, www.maurer-soehne.de

- [11] Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Ingenieurbauten, TL/TP-ING, Teil 8 Abschnitt 1, Technische Lieferbedingungen und Prüfvorrichtungen für wasserdichte Fahbahnübergänge in Lamellenbauweise und Fingerübergänge mit Entwässerung von Straßen- und Wegbrücken, Stand 01/05, BAST
- [12] Maurer Söhne GmbH & Co. KG: Regelprüfungen nach TL/TP FÜ (Stand 03/05) für Trägerrost-Dehnfugen (mit/ohne Geräuschkinderung), www.maurer-soehne.de
- [13] DIN EN1337 „Lager im Bauwesen“, Beuth Verlag
- [14] Bauforumstahl: Umwelt-Produktdeklaration nach ISO 14025, Baustähle: Offene Walzprofile und Grobbleche, EPD-BFS-2010111-D
- [15] Ökobau.dat
- [16] ETAG 032 „Expansion Joints for Road Bridges“, EOTA, unveröffentlicht
- [17] EN1991-2
- [18] Smida, M., Senk, B., Strähuber, V.: Versuche und Anwendung hochfrequenter Hämmerverfahren als Schweißnahtnachbehandlung, Stahlbau 78, Heft 9, 2009
- [19] Braun, C., Bergmeister, K.: Brückenausstattung, Betonkalender 2004, Ernst & Sohn Verlag