Zeitschrift: IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen

Band: 21 (1975)

Artikel: Nutzungsgerechte Lagerung von Stahl- und Verbundbrücken und unterhaltungsgerechte Konstruktion von Brückenlagern

Autor: Eggert, Helmut / Wiedemann, Lutz

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-18780

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

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

Nutzungsgerechte Lagerung von Stahl- und Verbundbrücken und unterhaltungsgerechte Konstruktion von Brückenlagern

Construction and Maintenance of Bearings for Steel and Composite Bridges

Exécution et entretien des appuis de ponts métalliques et mixtes

Helmut EGGERT Lutz WIEDEMANN
Dr.-Ing.
Institut für Bautechnik in Berlin
Westberlin

1. Einleitung, Problemstellung

Stahl- und Verbundbrücken geben in der Regel die Auflasten über Lagerkonstruktionen an die Unterbauten ab. Bis vor etwa 15 Jahren wurden fast ausschließlich stählerne Lager konventioneller Bauarten eingesetzt, von denen man wußte, daß sie den Beanspruchungen gewachsen waren und deren Unterhaltung keine nennenswerten Besonderheiten gegenüber anderen stählernen Bauteilen aufwies. Diese Lager entsprechen jedoch nicht mehr den Erfordernissen des modernen Brückenbaus. Erst die Verwendung neuartiger Materialien - insbesondere Kunststoffe - ermöglichte die Entwicklung von Lagerkonstruktionen, die diesen Erfordernissen gerecht werden [1].
Diese neuartigen Materialien sind jedoch noch nicht lange genug bekannt, um Aussagen über deren Dauerhaftigkeit bei der Verwendung machen zu können. Das Beanspruchungsspektrum, dem das einzelne Lager während des Nutzungszeitraumes der Brücke ausgesetzt wird, läßt sich auch nicht annähernd im Vorhinein erfassen [2]. Es ist auch - allgemein gesehen - nicht möglich, ein Lager so auszubilden und zu prüfen, daß man sicher davon ausgehen kann, daß das Lager die ungünstigst möglichen Beanspruchungen während der Nutzungsdauer der Brücke schadlos übersteht. Ein solches Vorhaben würde Prüfungen erfordern, die sich über Jahre hinstrecken, und Lagerkonstruktionen ergeben, die außerordentlich teuer wären. Somit gilt heute mehr als früher, daß Maßnahmen für Wartung und Auswechselung der Lager erforderlich sind [3, 4]. Es ist dies der notwendige Preis für die Realisierung des modernen Brückenbaus.
Die notwendigen Maßnahmen betreffen zunächst den Entwurf der Brücke selbst - die Erfüllung dieser Forderung kann man als "nutzungsgerechte Lagerung" bezeichnen - und außerdem die Gestaltung der einzelnen Lagerart in Abhängigkeit von ihrer jeweiligen Anfälligkeit - die "unterhaltungsgerechte Konstruktion".
Die folgenden Ausführungen befassen sich mit beiden Problemen.

2. Nutzungsgerechte Lagerung

Zum Begriff Lagerung
Unter der Lagerung einer Brücke sind alle baulichen Maßnahmen zu verstehen, die getroffen werden, um die Kräfte vom Brückenüberbau

in die Unterbauten zu leiten unter Einbeziehung aller möglichen Verformungen des Überbaus und der Unterbauten. Hierzu gehört somit

- die Anordnung und Verteilung der Lager - und damit auch die Wahl des Festpunktes - auf die Pfeiler und Widerlager
- die Ausbildung des Brückenüberbaus im Bereich der Lager
- die Ausbildung der Unterbauten allgemein
- die Ausbildung der Unterbauten im Bereich der Lager (Pfeilerkopf und Auflagerbank des Widerlagers)
- die Gründung.

Eine Lagerungskonzeption, bei der die nutzungsgerechte Ausführung im Vordergrund steht, ist bislang nicht die Regel. Hier gilt es, einen Lernprozeß einzuleiten. Es ist uns nicht möglich, ein vollständiges Rezept hierfür zu geben, da die entsprechende Erfahrung, zu der auch die Auswertung einer mehrjährigen Brückenüberwachung gehören würde, noch fehlt. Wir können hier nur einige unmittelbar aus dem Problem abzuleitende Gesichtspunkte ohne Anspruch auf Vollständigkeit darlegen.

Beanspruchungen während der Nutzung

Von den Kräften, die ein Lager aufzunehmen hat, ist nur ein Teil - das Eigengewicht - ständig vorhanden, während die übrigen Kräfte - Wind, Verkehr, Temperatur - in unterschiedlichster Häufigkeit auftreten. Für die Beanspruchung der Lager ist die Frage wichtig, wie die Kombination dieser Lasten mit der gleichzeitig auftretenden Bewegung aussieht. Wie eingangs erwähnt, sind hier quantitative Aussagen kaum möglich. Wichtig ist jedoch, daß man die qualitativ vorhandenen Einflüsse kennt.

Für Gleitlager ist die Reibungszahl unter anderem abhängig von dem Produkt aus der spezifischen Belastung und der Gleitgeschwindigkeit, während für den Schmiermittelverbrauch und damit auch für den Verschleiß eines mit Schmiertaschen versehenen Gleitlagers die Summe aller durchlaufenden Gleitwege eine Rolle spielt. Bei Gleitlagern können kleine Gleitwege, die sonst vernachlässigbar sind, von ausschlaggebender Bedeutung werden, wenn die Lastspielzahl sehr hoch ist, z.B. bei der Gleitbewegung aus der Verdrehung des Überbaus infolge Verkehrsbelastung. Ist dieser Gleitweg sehr klein, so kann bei entsprechend nachgiebigen Unterbauten diese Bewegung auch durch elastische Verformung des Unterbaus kompensiert werden. Ob so etwas möglich ist, läßt sich durch Überschlagsrechnung in einfacher Weise zumindest größenordnungsmäßig abschätzen. Dies würde dann bedeuten, daß ein wesentlicher Verschleißfaktor ausgeschaltet ist.

Ausgenommen davon sind die Gleitlager auf den starren Widerlagern, bei denen außerdem die Drehwinkel als Endtangentenwinkel in der Regel die größten Werte erreichen.

Eine für feste und einseitig bewegliche Lager wichtige Beanspruchung ist die Kombination der Horizontalkraft mit der gleichzeitigen Verdrehung. Günstig wirkt sich hierbei aus, daß die

Größtwerte dieser beiden Einflüsse in der Regel orthogonal zueinander gerichtet sind. Von dieser Beanspruchung hängt der Verschleiß der Führungsteile bzw. der Anschläge der Lager ab.

Speziell für einseitig bewegliche Lager (also auch für Rollenlager) ist die gleichzeitige Wirkung der Horizontalkraft in Querrichtung mit der Translation wichtig.

Zur atmosphärischen Beanspruchung der Lager gehört die Korrosion, die sich nachteilig auf die Bewegungseigenschaften auswirken kann, die Kälte, die die Reibungszahl bei Gleitlagern und das Rückstellmoment bei Elastomerlagern und Elastomertopflagern erhöht, und die Hitze, die zusammen mit hoher Flächenpressung das PTFE bei Gleitlagern zum Fließen bringen kann.

Einfluß der Lagerung auf die Beanspruchung

Die oben angegebenen Elemente der Lagerung werden nachfolgend hinsichtlich ihres Einflusses auf die Beanspruchung untersucht. Eine nutzungsgerechte Lagerung erfordert zunächst, daß eine möglichst materialschonende Lagerung angestrebt wird. Die Anordnung des Festpunktes hat großen Einfluß auf die Verteilung der Beanspruchungen. Zu einem auf die einzelnen Lager gleichmäßiger verteilten Verschleiß gelangt man, wenn sich der Festpunkt auf einem Mittelpfeiler befindet. Der Festpunkt über einem Widerlager kann zur Folge haben, daß sich jede Überbauverdrehung über dem Widerlager als Translationsbewegung in sämtlichen übrigen Lagern fortpflanzt und damit Verschleiß verursacht. Ob eine solche Bewegung wirklich auftritt, hängt sowohl von der Belastungsgeschwindigkeit als auch von der Nachgiebigkeit des Widerlagers gegen Horizontalkräfte ab.

Bei der Ausbildung des Brückenüberbaus im Bereich der Lager spielt zunächst die Biegesteifigkeit in Querrichtung eine wichtige Rolle. Sofern in Querrichtung eine Rahmenwirkung über einseitig bewegliche Lager oder eine Querbewegung bei allseitig beweglichen Lagern auftritt, entstehen Zwängungen bzw. Verschiebungen, die Verschleiß verursachen. Von Einfluß auf die Beanspruchung ist auch die Güte der Aussteifung des Untergurts in unmittelbarem Auflagerbereich. Eine mangelhafte Aussteifung führt zu einer ungleichmäßigen Lagerpressung.

Daß die Elastizität der Unterbauten einen Einfluß auf das Verschleißverhalten hat, wurde bereits erwähnt. In Querrichtung weiche Unterbauten - also Einzelpfeiler - können bei in Querrichtung biegestarren Lagern (Rollenlager oder Linienkipplager) hohe Kantenpressungen verursachen.

Der Einfluß von Baugrundbewegungen auf die Lagerung wird häufig unterschätzt. Geringe Fundamentverkantungen können bereits große Auswirkungen haben (Exzentrizitäten, Zwängungen, Verschiebungen). Die Kräfte, die aus möglichen Baugrundbewegungen herrühren, sollte man den ständigen Lasten zuordnen.

Einige Regeln für die nutzungsgerechte Lagerung
Unter der nutzungsgerechten Lagerung soll eine solche Lagerung verstanden werden, bei der alles wirtschaftlich Vertretbare getan wurde, um erstens eine beanspruchungsarme Lagerung zu erreichen und zweitens eine künftige Wartung und Auswechselbarkeit der Lager zu erleichtern.

Aus den im vorigen Abschnitt dargelegten Gesichtspunkten lassen sich die Maßnahmen zur ersten Forderung unmittelbar ableiten. Dies sind insbesondere

a) die Festpunktwahl (möglichst auf Mittelpfeiler)

b) die Querträgerausbildung (möglichst steife Konstruktion)

c) die Ausbildung der Pfeiler (günstig ist eine in Längsrichtung weiche Ausbildung; Rollenlager und Linienkipplager sollten möglichst nur auf Pfeilerscheiben angeordnet werden).

Zur Erfüllung der zweiten Forderung ist zunächst generell Platz notwendig (dies wird häufig falsch gemacht), damit eine Inspektion überhaupt möglich ist. Für ein Anheben des Überbaus muß Platz für Pressen sein. Die Stellen dafür müssen auf dem Pfeiler (z.B. Spaltzugbewehrung) und am Brückenüberbau (Beulsteifen) selbstverständlich für die dann auftretenden Lasten bemessen sein. Es sollte normalerweise möglich sein, solche Maßnahmen unter eingeschränktem Verkehr durchzuführen.

Alle aufgeführten Aspekte sind von der Verschleißintensität abhängig. Eisenbahnbrücken sind daher stärker gefährdet als Straßenbrücken, da dort die wiederholte Belastung relativ höher und die Bewegung aus der Überbauverdrehung generell größer ist als bei Straßenbrücken gleicher Stützweite. Außerdem ist es bei Eisenbahnbrücken aus funktionalen Gründen häufig unverzichtbar, den Festpunkt auf einem Widerlager anzuordnen.

3. Unterhaltungsgerechte Konstruktion

Unterhaltung/Wartung
Bei der Konstruktion von Lagern sollte immer berücksichtigt werden, daß Brückenlager Verschleißteile sind, die kontrolliert, gewartet und ggf. auch ausgewechselt werden müssen.

Unter Unterhaltung im Sinne unserer Ausführungen sind alle Maßnahmen zu verstehen, die bei den Lagern vorzunehmen sind, um die ununterbrochene Nutzung der Brücke während des vorgesehenen Zeitraums zu ermöglichen. Die wichtigsten Maßnahmen sind:

Erneuern und Auswechseln von Lagerteilen

Erneuern und Ausbessern des Korrosionsschutzes

Erneuern der Schmiermittel bei Gleit- und Topflagern

Korrigieren der Lager in horizontaler und/oder vertikaler Richtung

Auswechseln von kompletten Lagern.

Wartungsfreie Lager
Hierunter fällt das Elastomer-Regellager.
In der Bundesrepublik Deutschland werden im Brückenbau ausschließlich Elastomer-Lager aus synthetischem Kautschuk (Chloroprenekautschuk) mit einvulkanisierten Bewehrungsblechen aus Stahl verwendet. Das Regellager besteht aus einem schwarzen "Block", an dem nichts korrodieren kann. Da besonders alterungs- und witterungsbeständige Elastomer-Mischungen verwendet werden, kann hier am ehesten von einem wartungsfreien Lager, das in etwa die Lebensdauer der Brücke erreichen kann, gesprochen werden.

Wartungsarme Lager
Elastomer-Lager mit zusätzlichen Vorrichtungen - z.B. zur Verankerung im Beton oder zur Ermöglichung von Korrekturmaßnahmen in horizontaler und/oder vertikaler Richtung - können in der Regel als wartungsarm angesehen werden. Stahllager konventioneller Bauarten (Linienkipplager, Punktkipplager, Rollenlager) sind vor allem korrosionsanfällig. Sie müssen daher möglichst bereits im Herstellerwerk einwandfrei vor Korrosion geschützt werden. Dieser Korrosionsschutz muß jedoch auch am eingebauten Lager ausgebessert werden können. Im Bereich der Hertzpressung ist ein dauerhafter Korrosionsschutz kaum möglich. Hier sollten deshalb geeignete, korrosionsbeständige Materialien eingesetzt werden. Handelt es sich dabei um korrosionsbeständige, hochbeanspruchbare Rollenlager, so sollten diese Materialien im Bereich der Rollwege keinen zusätzlichen Korrosionsschutz erhalten, weil sonst die Reibungszahl zu groß wird. Lagerplatten sind möglichst abzuschrägen, damit Wasser ablaufen kann. Schmutzecken und Wasserlöcher sind zu vermeiden (Führungen!). Besonders ist zu beachten, daß beim Unterstopfen kein Beton in das Lager eindringen kann.

Lager mit größerem und großem Wartungsbedarf
Hierzu zählen Topflager und Gleitlager (jedoch können auch andere Lager - z.B. bestimmte Rollenlager - dazu gehören. Eine allgemeine Aussage hierüber ist schwierig, weil hier der spezielle Anwendungsfall eine ausschlaggebende Rolle spielt). Die einwandfreie Funktion von Topflagern hängt - je nach Bauart - von der Wirksamkeit der Schmierung zwischen Elastomer und den angrenzenden Teilen, von einer einwandfreien Dichtung, aber auch anderen Kriterien - z.B. Härte des Elastomers - ab. In ungünstigsten Fällen (Versagen der Dichtung) tritt Elastomer aus dem Topf aus. Leider gibt es bis heute eine 100 % einwandfreie Dichtung noch nicht.

Ein Gleitlager muß immer mit einem Kippteil kombiniert sein, da sonst der Verschleiß in der Gleitfläche zu groß werden kann. In der Bundesrepublik Deutschland wird hauptsächlich die Gleitpaarung PTFE (Polytetrafluoräthylen) / nichtrostendes Blech verwendet

(früher wurde als Gleitpartner zum PTFE auch Hartchrom oder Kunststoff verwendet). Die Gleitflächen der Gleitlager müssen einwandfrei vor Verschmutzung und Beschädigung geschützt sein. Der hierfür vorgesehene Schutz muß leicht lösbar sein, damit sich das Lager ohne großen Aufwand kontrollieren läßt. Eine Dauerschmierung der Gleitfläche mit einem geeigneten Schmiermittel ist erforderlich. Die Gleitfläche sollte grundsätzlich oben angeordnet sein. (Zusätzlicher Schutz vor Verschmutzung und Beschädigung.) Das PTFE sollte regelmäßig (z.B. im Rahmen der Brückenprüfungen) kontrolliert werden.

Weitere Regeln für die unterhaltungsgerechte Konstruktion von Brückenlagern:

Bewegliche Lager sollten stets mit einer Anzeigevorrichtung versehen sein, bei der die zentrische Stellung des Lagers und auch der mögliche Verschiebeweg markiert ist.

Rollenlager sind so zu konstruieren, daß sich auf den Rollflächen möglichst wenig Schmutz ansammeln kann. Die Rollflächen müssen einwandfrei gesäubert werden können.

Meßflächen an Lagern sollen das einwandfreie Versetzen der Lager und Kontrolle der Lagerstellung im eingebauten Zustand ermöglichen.

Das Ausrichten der Lager (Versetzen) kann durch Anordnung von Stellschrauben o.ä. wesentlich erleichtert werden.

Verankerungen im herkömmlichen Sinn durch im Beton eingreifende Anker sind möglichst zu vermeiden. Wenn eine reibschlüssige Übertragung der Horizontalkräfte zwischen Lager und Beton nicht möglich ist, erfüllen am Lager angebrachte Riffelbleche häufig die Anforderungen und die Auswechselbarkeit der Lager wird nicht allzusehr erschwert. Die Verankerung am Stahlüberbau geschieht z.B. mit Dollen und/oder Schrauben, für die ein einwandfreier Korrosionsschutz besonders wichtig ist. Werden die Lager am Überbau angeschweißt, so ist besonders im Bereich der Kunststoff-Bauteile auf eine Temperaturkontrolle zu achten. Bei Schweißarbeiten ist weiterhin eine fachgerechte Ausbesserung des Korrosionsschutzes unerläßlich. Eventuell empfiehlt es sich, die zu verschweißenden Teile im wärmebeeinflußten Bereich erst nach dem Schweißen vor Korrosion zu schützen.

Korrekturen in vertikaler und/oder horizontaler Richtung sind nicht selten erforderlich. In vertikaler Richtung kann dies durch Einlegen oder Herausnehmen von Futterplatten geschehen, die über dem Lager anzuordnen sind. Korrekturen in horizontaler Richtung durch Verschieben des Lagers oder von Lagerteilen sind besonders einfach, wenn das Lager zwischen zwei Stahlplatten angeordnet ist.

Beim Transport und Einbau der Lager müssen die Lager in einwandfreier Lage sein. Gegebenenfalls müssen die zu diesem Zweck vorgesehenen Transportsicherungen auch geeignet sein, exzentrische Auflasten oder Horizontalkräfte zu übertragen.

[1] Eggert, Grote, Kauschke, Lager im Bauwesen
Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn,
Berlin München Düsseldorf, 1974

[2] Eggert, Grote, Hakenjos, Einfluß wiederholter Belastungen
bei Brückenlagern, Symposium Lissabon 1973, Schlußbericht

[3] Eggert, 7 Grundsätze bei der Lagerung von Brücken,
9. IVBH-Kongreß Amsterdam 1972, Schlußbericht

[4] Wiedemann, L., Zusätzliche Richtlinien für Lager im Brücken-
und Hochbau. Mitteilungen Institut für Bautechnik 3/1973,
Verlag Ernst und Sohn, Berlin

ZUSAMMENFASSUNG

Die nutzungsgerechte Lagerung von Brücken erfordert, dass dem möglichen Verschleiss der Brückenlager bereits bei der Lagerungskonzeption Rechnung getragen wird. Es wird dargelegt, welchen Beanspruchungen die einzelnen Lager in Abhängigkeit von der Lagerung ausgesetzt sind und welche konstruktiven Massnahmen bei der Brücke wichtig sind, um die Wartung und Auswechselbarkeit zu ermöglichen. Im zweiten Teil der Ausführungen wird auf die unterhaltungsgerechte Konstruktion der Brückenlager eingegangen.

SUMMARY

The correct design of bridges' bearings requires consideration for possible wear and tear already in the planning of the bearings. Stresses of various elements of the bearing's system are exposed and construction details are suggested for proper maintenance and repair. In a second part a design of bridges' bearings is presented for a correct service.

RESUME

La conception correcte des appuis de ponts exige qu'on tienne compte de l'usure des appuis dans la phase du projet déjà. On présente les sollicitations des appareils d'appui en fonction du système d'appui choisi, ainsi que les dispositions constructives propres à assurer l'entretien et la réparation. Une deuxième partie présente la construction des appuis de pont conçus pour un entretien adéquat.

Leere Seite
Blank page
Page vide