Einfluss wiederholter Belastungen bei Brückenlagern

Autor(en): **Eggert, Helmut / Grote, Jupp / Hakenjos, Volker**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **14 (1973)**

PDF erstellt am: **22.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-14483

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

V

Einfluss wiederholter Belastungen bei Brückenlagern

Influence of Repeated Loads on Bearings of Bridges

Influence de charges répétées sur les appuis des ponts

Helmut EGGERT Dr.-Ing. Geschäftsführer
Jupp GROTE Dipl.-Ing. Sachverständiger
Volker HAKENJOS Dr.-Ing. Sachverständiger
Sachverständigenausschuss "Lager"
Institut für Bautechnik Berlin, BRD

1. Die Beanspruchungsarten

Die Verwendung von Brückenlagern ist nur dann zu verantworten, wenn die Eignung der Lager ausreichend geprüft wurde. Die Einflüsse wiederholter Belastung spielen hierbei die wichtigste Rolle.

Für Lager kommen 3 Beanspruchungsarten in Betracht:

1) die vertikale Auflast
2) die horizontale Verschiebung (Translation)
3) die Verdrehung (Rotation)

Die Beträge, die Lastspielzahl, die Frequenz und die Amplitude hängen ab von der Konstruktion, der Intensität der Benutzung und von der Benutzungsdauer - ein vielparametriges Problem also, das nur bewältigt werden kann, wenn sinnvolle Vereinfachungen vorgenommen werden.

Messungen über die Häufigkeit und Größe der vertikalen Belastungen würden nur relativen, zeitbezogenen Wert besitzen, weil hierbei ein Einfluß eine Rolle spielt, der noch viel schwieriger als das Wetter im voraus abzuschätzen ist: die Änderungen der Gewohnheiten der Menschen. Die Überlegungen von Maeda (1) wären hierbei im übrigen zu berücksichtigen.

Auf einem Schreiber registriert würde sich diese Belastung entsprechend Bild 1 darstellen, bei einer Darstellung im Häufigkeits-Belastungs-Diagramm nach Bild 2.

Wie immer das Ergebnis solcher oder ähnlicher Überlegungen aussehen mag: Bei Lagern, bei denen eine Analyse über den Einfluß wiederholter vertikaler Auflasten erforderlich ist, würde etwa die Annahme von 2 Millionen Lastwechsel für die Summe aus Eigengewicht und Verkehrslast als Oberlast eine mit ausreichenden Sicherheiten versehene Annahme sein.

Eine völlig andere Betrachtung ist vorzunehmen bei Abschätzung der Translation. Wesentliche Ursache des Wechselspiels bei den Horizontalverschiebungen ist die Temperaturdehnung der Brücke. In mittleren Breitengraden ändert sich die Temperatur im Rhythmus der Jahreszeiten, auf der ganzen Welt durch die Aufeinanderfolge von Tag und Nacht. Ganz wesentlich ist bei der Frage der Translationsbewegung das Wärmeleitvermögen und das Speicherungsvermögen der Konstruktion. Das Wärmeleitvermögen bewirkt eine zeitliche Verzögerung zwischen der Brückentemperatur und der Außentemperatur (die Brückentemperatur hinkt hinterher). Das Speicherungsvermögen führt zu einer Nivellierung der Temperaturkurven. Wie so etwas in einem gemessenen Fall aussieht, zeigt Bild 3. Abhängig von den klimatischen Gegebenheiten wird ein Zeitdiagramm qualitativ etwa wie Bild 4 aussehen (dicke Linie). Daraus folgt, daß eine besonders einfache Nachahmung auf der sicheren Seite möglich ist, indem man zunächst 183 mal die Winterbahn simuliert und anschließend genauso oft die Sommerbahn (dünne Linie im Bild 4). Nun sind die Translationsbewegungen aus Verkehr, die ja abhängig von der Entfernung der Lager vom Drehpunkt des Überbaus sind, meist sehr viel kleiner. Die Durchschnittswerte entsprechen größenordnungsmäßig einer Temperaturdehnung von nur etwa 1° C und werden daher bei der Dimensionierung der Gleitflächen häufig vernachlässigt. Die Anzahl dieser Bewegungen - sie werden auch mit Verkehrsschwingungen bezeichnet - liegt aber in der Größenordnung von einer Million. Der Vergleich mit der Anzahl der Temperaturbewegungen zeigt, daß die Bewegungen aus der Verkehrsbelastung in der Summe durchaus von gleicher Größenordnung ist. Je nach klimatischer Lage der Brücke und nach Inanspruchnahme durch den Verkehr kann die eine oder andere Summe größer sein.

Die dritte Beanspruchungsart ist die Rotation. Die einmalige Verdrehung durch die ständige Last (einschließlich Vorspannen und Kriechen) der Brücke ergibt den Auflagerdrehwinkel, um den die künftige Überbauverdrehung pendelt. Als Ursache kommt für das Pendeln praktisch nur der Verkehr in Betracht. Es erscheint vernünftig, bezüglich der Verdrehung unterschiedliche Maßstäbe anzulegen, je nachdem, ob es sich um Randauflager oder Zwischenauflager handelt. Für die Abschätzung zur sicheren Seite gilt hier das gleiche wie für die Auflast. Eine Rolle spielen diese Überlegungen nur bei Elastomerlagern und bei Topflagern. Die Kombination mit der Auflast ergibt versuchstechnische Probleme, auf die hier nicht im einzelnen eingegangen werden kann.

2. Experimentelle Untersuchungen

2.1 Rollenlager

Zur Nachahmung praktischer Verhältnisse werden bei Rollenlagern Kurzzeit- und Dauerversuche bei langsam hin- und hergehender Bewegung durchgeführt. Als Maß für die Rollreibung dient die zum Bewegen einer Zwischenplatte nötige Horizontalkraft sowie der am Ende des Rollweges infolge Wallbildung auftretende Höchstwert. Der Rollwiderstand hat keinen festen Wert. Er hängt vielmehr von der Auflast bzw. der daraus formal errechneten Hertzschen Pressung und vom Werkstoff ab. Die Reibungscharakteristik in Abhängigkeit vom Rollweg wird im wesentlichen vom Rollweg selbst, von der Belastung, vom Verhältnis Walzendurchmesser zum Rollweg und nicht zuletzt von der Anzahl der Überrollungen beeinflußt. Bei einem in die Brücke eingebauten Lager ist für die Beurteilung in erster Linie der Kennwert maßgebend, der sich ergibt, wenn der im Verlauf von 183 Hin- und Herbewegungen gebildete Wall überrollt wird. Die Zahl 183 entspricht bei einer Modellvorstellung der maximalen Anzahl von Hin- und Herbewegungen eines Brückenbauwerks infolge der täglichen Temperaturschwankungen in einem Sommer- oder Winterhalbjahr (vergl. Abschnitt 1).

Die bei der ersten Überrollung des Walles sich ergebende Rollreibungszahl ist erfahrungsgemäß am größten. Deshalb ist diese als maßgebende Größe für Brückenrollenlager anzusehen.

Die im Versuch unter idealen Bedingungen ermittelten Rollreibungszahlen sind mit Sicherheitszuschlägen (z.B. für Einbauungenauigkeiten, Verschmutzung, Korrosion) zu versehen. Einzelheiten hierzu siehe (2.3).

2.2 Gleitlager

Zur Nachahmung der verhältnismäßig langsamen Bewegungen eines Brückenbauwerks infolge Temperaturänderungen wird eine Zwischenplatte durch einen Spindeltrieb mit einer über den Gleitweg gleichbleibenden Geschwindigkeit hin- und herbewegt. Mit dem Spindeltrieb lassen sich Geschwindigkeiten von mindestens 0,01 mm/s verwirklichen.

Zur Nachahmung von Bewegungen, die in einem Brückenbauwerk infolge Verkehrsbelastung auftreten, wird die Zwischenplatte mit einem geraden Schubkurbelgetriebe schwingend hin- und herbewegt. Es wird unterschieden zwischen Raumtemperatur-, Tieftemperatur- und Tieftemperaturprogramm-Versuchen. Die Temperatur wird bei den Raumtemperatur-Versuchen über rd. 21 h, bei den Tieftemperatur-Versuchen über rd. 17 h gleichmäßig gehalten. Dagegen wird sie bei den Tieftemperaturprogramm-Versuchen in Temperaturstufen geändert. Für die Festlegung von zulässigen Gleitreibungszahlen einer Werkstoffpaarung sind die in Dauergleitversuchen, d.h. nach größeren Wegstrecken unter Berücksichtigung tiefer Temperaturen erlangten Werte maßgebend. Einzelheiten hierzu siehe (3).

2.3 Elastomer-Lager

Bei Elastomer-Lagern wird ausgenutzt, daß das Material eine sehr niedrige Schubsteifigkeit hat. Die Drucksteifigkeit der Lager ergibt sich wegen der Inkompressibilität des Materials aus den Lagerabmessungen, und ihre Größenordnung liegt bei normalen bewehrten Elastomer-Lagern etwa bei dem tausendfachen der Schubsteifigkeit.

Wie bei allen Elastomeren ist der Zusammenhang zwischen Kraft und Verformung zeit- und temperaturabhängig. Wenn man die Steifigkeit bei zweiminütiger Belastung oder Verformung als Standardwert annimmt, dann findet man bei dem durch Zulassung geregelten Elastomer ein Absinken der Steifigkeit auf etwa 60 % für Belastungen oder Verformungen von mehr als 3-monatiger Dauer, während die Steifigkeit für stoßartige Belastung mehr als doppelt so groß werden kann. Auch für pulsierende Belastung ist also die Frequenz oder Belastungsgeschwindigkeit von maßgeblichem Einfluß auf die Lagersteifigkeit.

Es ist allgemein bekannt, daß Reibung durch Vibration abgebaut wird. Das ist auch bei Elastomer-Lagern der Fall.

Bei den Elastomer-Lagern sind die Zusammenhänge zwischen Frequenz, Lastamplitude und Reibung noch nicht erforscht. Es steht jedoch fest, daß bei unbewehrten Elastomer-Lagern, deren Tragverhalten einzig und allein von den Reibungsverhältnissen in den belasteten Flächen abhängt, die Reibungszahl so klein werden kann, daß auch kleine Auflasten zu unvertretbar großen Lagerverformungen führen. Da die Zusammenhänge noch nicht erforscht sind erscheint es nicht ratsam, unbewehrte Elastomer-Lager dynamischen Belastungen auszusetzen. Sie kommen also z.B. für Brücken kaum in Betracht.

Auch bei bewehrten Lagern zeigen sich wesentliche Verhaltensunterschiede zwischen statischer und dynamischer Beanspruchung. Unter statischer Beanspruchung tritt ein Bruch von Elastomer-Lagern auch geringerer Qualität durchweg infolge Zerreißen der Bewehrungsbleche auf. Unter dynamischer Belastung dagegen ist in erster Linie die Haftung zwischen Elastomer- und Bewehrungseinlagen für die erreichbare Traglast maßgebend. Die Bruchsicherheit von bewehrten Elastomer-Lagern sollte deshalb grundsätzlich aus Beanspruchung mit pulsierender Auflast ermittelt werden. Da hierbei im wesentlichen die Haftung zwischen Elastomer und Bewehrung für das Versagen maßgebend ist erscheint es nach dem derzeitigen Stand des Wissens nicht erforderlich zu sein, im Versuch die größten denkbaren Schubverformungen, Auflagerdrehwinkel und Druckverformungen gleichzeitig schwellend zu erzeugen. Man kann sich damit begnügen, eine zentrische Dauerschwellast aufzubringen, die eine vergleichbare Beanspruchung der Haftung ergibt. In Anlehnung an die bei Stahl üblichen Dauerversuche wird z.Z.

mit einer Lastspielzahl von mindestens 2 Millionen gearbeitet. Der Zusammenhang zwischen Lastspielzahl und Versagen der Haftung wurde noch nicht erarbeitet. Weitere Einzelheiten siehe (3).

2.4 Gummitopflager

Gummitopflager haben stets einen Deckel zur Übertragung der Rotationsbewegungen des Brückenüberbaus. Dabei ist die ausreichende Verschleißsicherheit der am Deckelrand befindlichen Dichtung entscheidend für die Verwendbarkeit. Die Größe der Verdrehungswinkel eines Brückenüberbaus in Abhängigkeit von der Häufigkeit und der zugehörigen Pressung ist daher Grundlage für die Versuchskonzeption. Hierzu liegen bislang wenig Erfahrungen vor.

(1) Y. MAEDA, Structural Safety of Steel Highway Bridges Subjected to Repeated Vehicle Loads
Symposium Lisboa 1973
Vorbericht S. 309

(2) Hakenjos, V., Untersuchungen über die Rollreibung bei Stahl im elastisch-plastischen Zustand.
Dissertation TH Stuttgart 1967

(3) Eggert, Grote, Kauschke;
Lager im Bauwesen,
Verlag Ernst & Sohn, Berlin,
erscheint demnächst

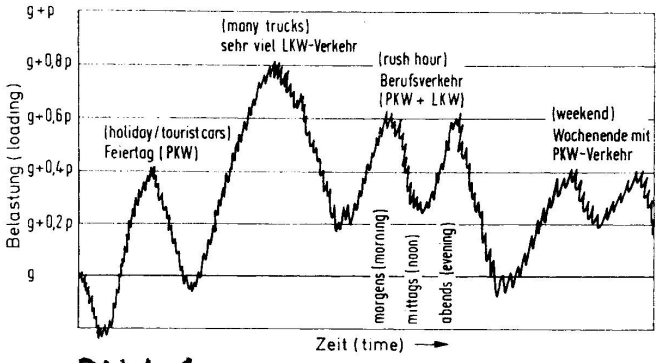


Bild 1

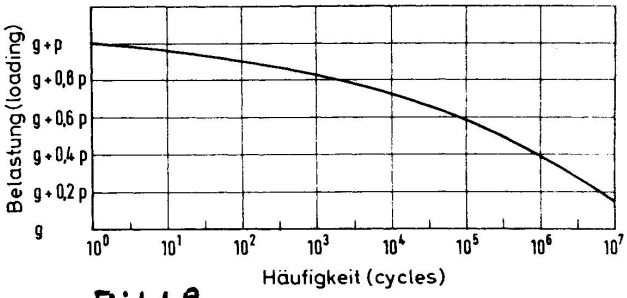


Bild 2

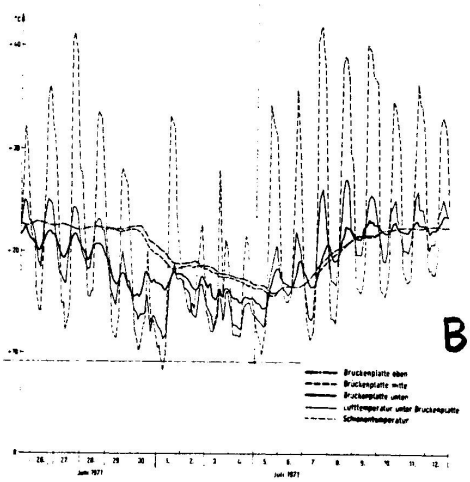
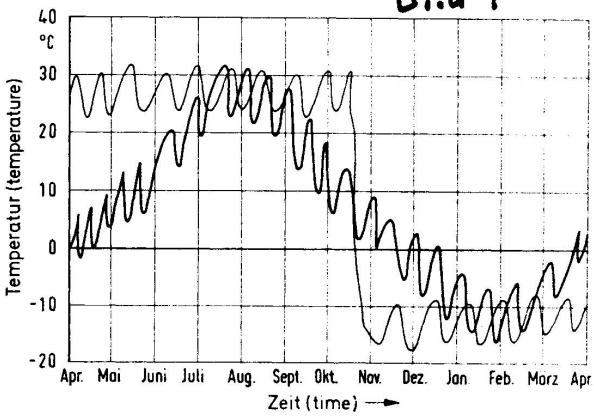


Bild 3

Bild 4



ZUSAMMENFASSUNG

Brückenlager sind den Einflüssen wiederholter Belastung ausgesetzt. Dabei spielen 3 Einflüsse eine Rolle: Die vertikale Auflast, die horizontale Verschiebung und die Verdrehung. Bevor neue Lagerarten zum Einsatz kommen, ist durch Versuche zu überprüfen, ob diese Lager den wiederholten Beanspruchungen gewachsen sind. Versuchstechnische Erfahrungen liegen in der Bundesrepublik Deutschland vor für Rollenlager, Gleitlager und bewehrte Elastomer-Lager.

SUMMARY

Bearings for bridges are subjected to the influence of repeated loads. Three kinds of influence are important: The vertical load, the horizontal displacement and the torsion. Before applying new types of bearings one have to examine by tests whether these bearings will resist repeated loads. Experiences gained by tests exist in the German federal republic for roller bearings, sliding bearings and reinforced Elastomere bearings.

RESUME

Les appuis de ponts sont soumis aux influences de charges alternées. Trois genres d'influences y jouent un rôle important: La charge verticale, le déplacement horizontal et la torsion. Avant d'employer de nouveaux types d'appuis on aura à examiner par des essais si ces appuis résisteront aux sollicitations répétées. Des expériences acquises par essais existent dans la République fédérale allemande pour des roulements à rouleaux, pour paliers lisses et paliers élastomère armés.

Leere Seite
Blank page
Page vide