Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 37 (1982)

Artikel: Betriebsbelastungen von Eisenbahnbrücken
Autor: Danielski, L. / Rabiega, J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-28987

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: 09.12.2025

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

Betriebsbelastungen von Eisenbahnbrücken

Service Loading of Railway Bridges

Charges d'exploitation de ponts ferroviaires

L. DANIELSKI
Dr. -Ing.
Technische Universität
Warschau, Polen

J. RABIEGA
Dipl. -Ing.
Technische Universität
Warschau, Polen

ZUSAMMENFASSUNG
In diesem Bericht werden Resultate aus vierundzwanzigstündigen Messungen an Bauteilen von sieben verschiedenen Stahlbrücken aus dem Verkehrsnetz der polnischen Staatsbahnen vorgestellt. Eine Computersimulation mit einem Verkehrsmodell ist ebenfalls präsentiert. Die erzielten Ergebnisse können als Grundlage für eine rationelle Ermüdungsbemessung von stählernen Eisenbahnbrücken dienen.

SUMMARY
The article presents in-situ strain measurements made on constructional elements of 7 steel railway bridges over a 24 hour period. A computer simulation of the type of traffic found on the Polish National Railways is also presented. The results obtained may be used as the basis for a rational method of designing steel bridges for fatigue.

RESUME
Cet article présente les résultats de mesures de déformations relatives effectuées sur les éléments de construction de sept ponts-rails en acier sur une période de 24 heures. On présente également une simulation à l'ordinateur du type de trafic observé sur les chemins de fer nationaux polonais. Les résultats obtenus peuvent être pris comme base pour un dimensionnement rationnel à la fatigue des ponts en acier.

1. EINLEITUNG

In dieser Arbeit werden die Ergebnisse von Messungen und Berechnungen der Betriebsbelastungen von stählernen Brücken des PKP - Streckennetzes vorgestellt. Weiterhin werden Schlussfolgerungen inbezug auf das Ermüdungsproblem bei der Projektierung stählerner Eisenbahnbrücken gezogen. Dabei werden u.a. die Arbeiten von Hirt [5], Fryba [3,4] und der ORE-Bericht [2] sowie die Verkehrsspezifik der PKP berücksichtigt. Die charakteristische Belastung von Brücken der PKP unterscheidet sich grundlegend von der anderer Länder. Verwendet werden andere Fahrzeug- und Waggontyppen, anders ist aber vor allem die Struktur der Güter- und Personentransporte. Die hier vorgestellten ganztägigen Belastungsmessungen an sieben verschiedenen Brücken sowie die Simulation des Verkehrs von Ersatzzügen berücksichtigen Spezifik und Struktur der Brückenbelastung auf den Linien von PKP.

2. BESCHREIBUNG DER MESSOBJEKTE

Die Messungen wurden an Objekten der Magistrallinie und der ersten Klasse unterschiedlicher Verkehrsintensität durchgeführt.
Die untersuchten Brückenfelder unterscheiden sich durch verschiedene Stützweiten, Benutzungsdauer sowie Konstruktionstypen der Hauptträger und Fahrbahnen. Die Belastung bildeten die durchfahrenden Züge, wobei die Messungen keinerlei Pausen bzw. Störungen des normalen Verkehrs bewirkten. Es wurde angenommen, dass die Messungen der Spannungswechsel über den Zeitraum eines Tages die Spezifik der Belastung des jeweiligen Objekts wiedergeben. Registriert wurden die zeitlichen Verläufe der Spannungswechsel in mittleren Trägerschnitten. Dabei wurde ein analoges Magnetregistriergerät mit 14 Kanälen des Typs Pemtec /amerikanische Produktion/ verwendet. Zwecks Anfertigung von Histogrammen und Sammelspektren der Spannungen, zur Aufteilung deren Zyklen in den einzelnen Intervallen auf ihnen gleichwertige Anzahlen, wurde die von ORE empfohlene "Rein - flow"- Methode gewählt.
Eine genaue Beschreibung der Messobjekte,-apparatur sowie des Messschemas und der Analyse der Ergebnisse enthält der Bericht [1] .
Auf Bild 1 wurden ausgewählte Oszillogramme der Spannungen durchfahrender, gemischter Güterzüge bei unterschiedlicher Ausnutzung der Waggons sowie für Träger verschiedener Stützweiten vorgestellt /Magistrallinie/. Bild 2 zeigt die täglichen Sammelspektren der Spannungen für Träger unterschiedlicher Stützweiten.
Bild 3 gibt die Abhängigkeiten zwischen den Bereichen der Sammelspektren der Spannungen und den Trägerstützweiten an.

3. COMPUTER-SIMULATION DES EISENBAHNVERKEHRS

Der zunächst erstellte Algorithmus wurde für den Computer ODRA 1300 in Algol 1900 übertragen. Auf der Grundlage der Durchsicht und der detaillierten Analyse des auf der jeweiligen Linie kursierenden Wagenparks wurde die charakteristische Belastung durch den Wagenpark ermittelt, wobei die rechnerischen Parameter den wirklichen weitestgehend angenähert wurden. Dabei wurden die von den Zugleitern vorbereiteten Waggonkarten /die sog. R-7-Drucke/

ausgenutzt, die u.a. Informationen über Zahl der Achsen, die Ladefähigkeit sowie über das allgemeine Wagengewicht enthalten und auch Typ sowie Nummer der Lokomotive und die Waggonverteilung innerhalb des Zuges angeben.

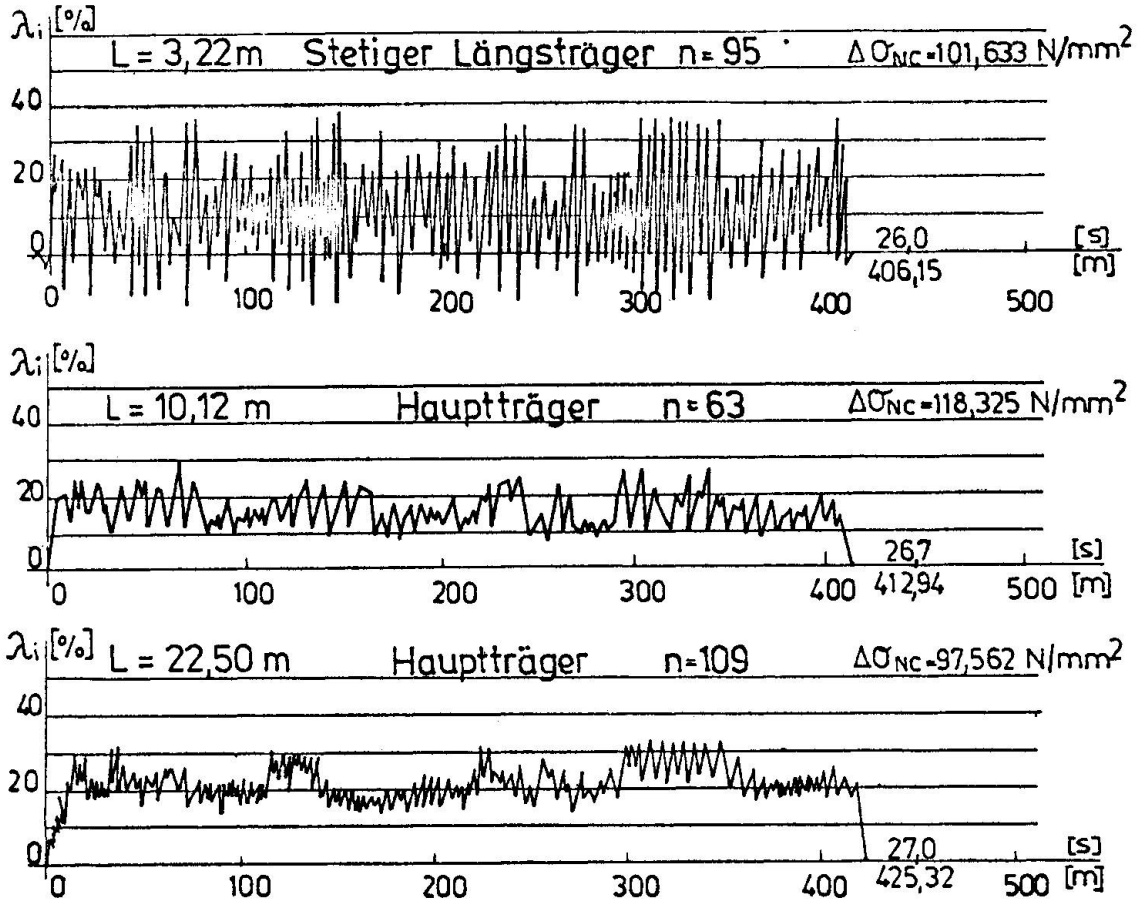

Bild 1. Oszillogram der Betriebsspannungen bei Durchfahrt eines gemischten Güterzuges

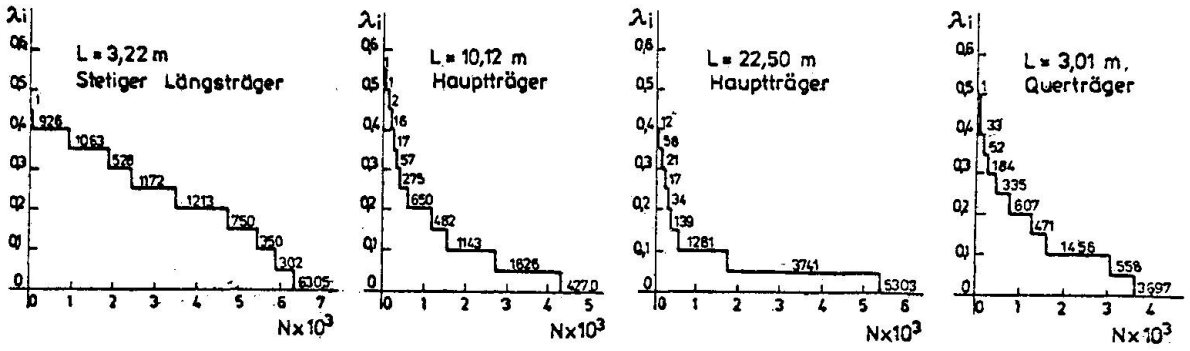

Bild 2. Tägliches Gesamtspektrum der Betriebsspannungen auf der Magistrale

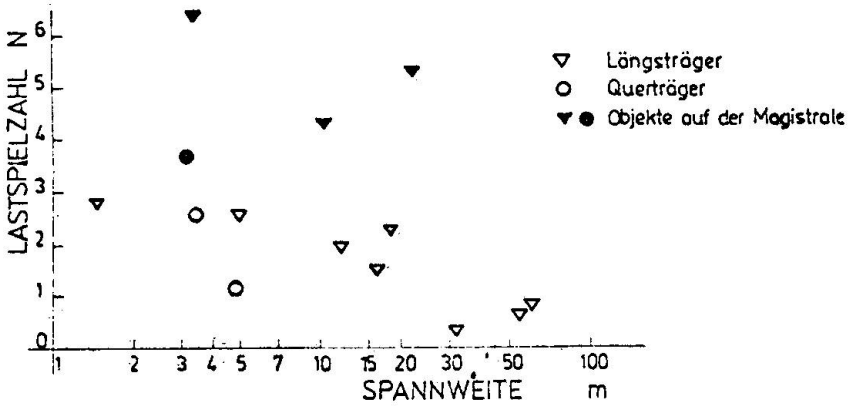

Bild 3. Zusammenhang zwischen den Ausdehnungen der Gesamtspektren der Betriebsspannungen und den Stützweiten der Träger

Die Zusammensetzung der Ersatzzüge und die charakteristischen Belastungstypen T_1, T_2, T_3 und T_4 wurden im Bericht [1] angegeben. Dabei wurde auch der wahrscheinliche Belastungsanstieg in nächster Zukunft berücksichtigt. Es zeigte sich, dass die Häufigkeit der Belastung von Eisenbahnlinien also auch der Brücken durch einen bestimmten Typ eines Ersatzfahrzeugs von der Bedeutung und Lage der Strecke innerhalb des PKP-Netzes abhängt. Die Berechnung des Verlaufs der Spannungswechsel wurde für einen breiten Bereich von Trägerstützweiten durchgeführt und auf die Belastung nach der Norm UIC und der polnischen schweren Norm NC /T_1 für eine Magistrallinie, T_2 für eine Linie erster Klasse/ sowie nach der leichten Norm NL/T_3 für eine zweitrangige Linie, T_4 für eine Linie örtlicher Bedeutung/.
Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind Sammelspektren der Spanungen , die für unterschiedliche Trägerstützweiten und Kategorien von Eisenbahnlinien über den Zeitraum von einem Tag geführt wurden. Auf sie muss hier allerdings als Platzgründen verzichtet werden.

4. BERUCKSICHTIGUNG DER BETRIEBSBELASTUNG BEI BENUTZUNG DES REDUKTIONSFAKTORS λ_T

Zwecks Bestimmung des Einflusses der Betriebsbelastung auf die Ermüdung wurde die nach ORE geeignetste Methode λ_T /des einstufigen Spektrum der gleichwertigen Schäden/gewählt.
Aus den Spektren der Spannungen wird der Wert des Koeffizienten λ_T aus folgender Gleichung berechnet:

$$\lambda_T = \frac{\overline{\Delta \sigma}}{\Delta \sigma_{NORM}} (\bar{N})^{1/k} = \left[\frac{1}{n_T} \sum_i n_i \lambda_i^k \right]^{1/k} \qquad (1)$$

wobei: $\overline{\Delta \sigma}$ – gleichwertige Spannungsdifferenz, berechnet aus der Palmgren - Miner - Hipothese

$\Delta \sigma_{NORM}$ – Spannungsdifferenz aus der Belastung durch den Normzug

$\bar{N}$ – Mittlere Zahl der Zyklen der Spannungswechsel pro Zug

k – Neigung der Wöhlerlinie; in den Berechnungen wurde beispielsweise die Kurve

SN 1 mit der Gleichung $\log N = 12{,}6 - 3{,}0 \log \Delta\sigma$ benutzt

n_T – Zuganzahl im betrachteten Zeitintervall

$\lambda_i = \Delta\sigma_i / \Delta\sigma_{NORM}$ – relative Spannung des Grades "i".

Die Prüfung auf Ermüdung erfolgt – unabhängig von der Bemessung nach der Festigkeit – nach der Formel

$$\lambda_T \; \Delta\sigma_{NORM} \leqslant \Delta\sigma_R \; (N) \qquad (2)$$

wobei : $\Delta\sigma_R$ (N) – die Betriebsfestigkeit des gegebenen Typs eines Konstruktionselements.

Auf Bild 4a/wurden die relativen Spannungsdifferenzen und die Anzahl ihrer Zyklen b/ in Abhängigkeit von der Kategorie der Eisenbahnlinie, der Trägerstützweite und der Normlast gezeigt.

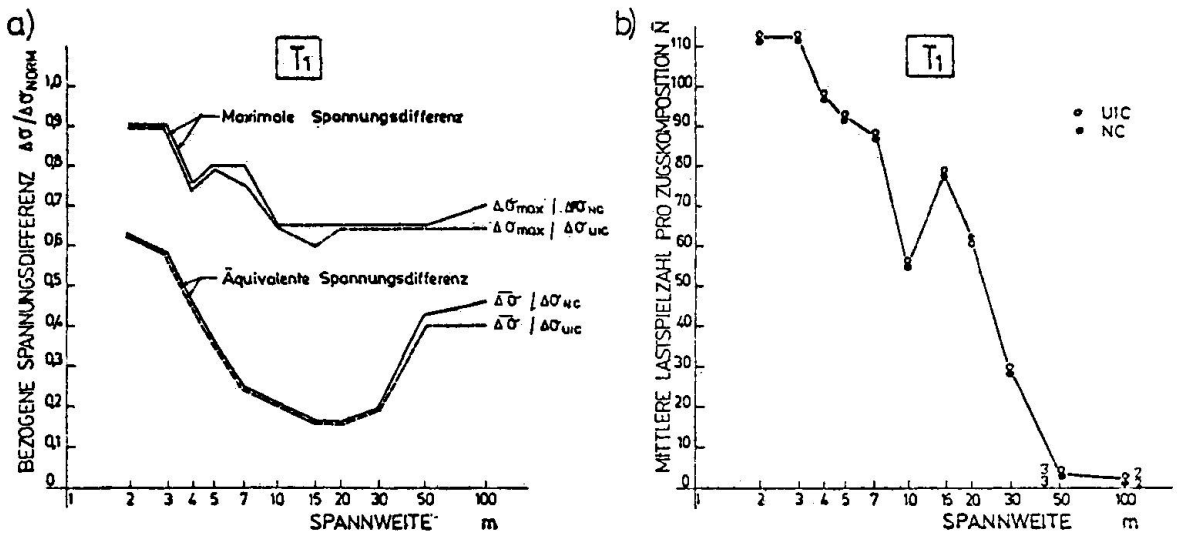

Bild 4. Relative Spannungsdifferenzen (a) und mittlere Zahl ihrer Zyklen (b) pro Zug bei Belastung T_1

Nach Lokalisierung der Werte von L und λ_T im rechtwinkligen Koordinatensystem ergibt sich eine Punktgruppe, deren Verteilung durch eine stetige Linie der Gleichung $\lambda_T(L) = b_1 + b_2/L$ beschrieben werden kann. Die berechneten Werte der Koeffizienten b_1 und b_2 sind auf Bild 5 angegeben.

Gezeigt wird ebenfalls der Ausgleich der Werte λ_T in Form einer stetigen Linie.

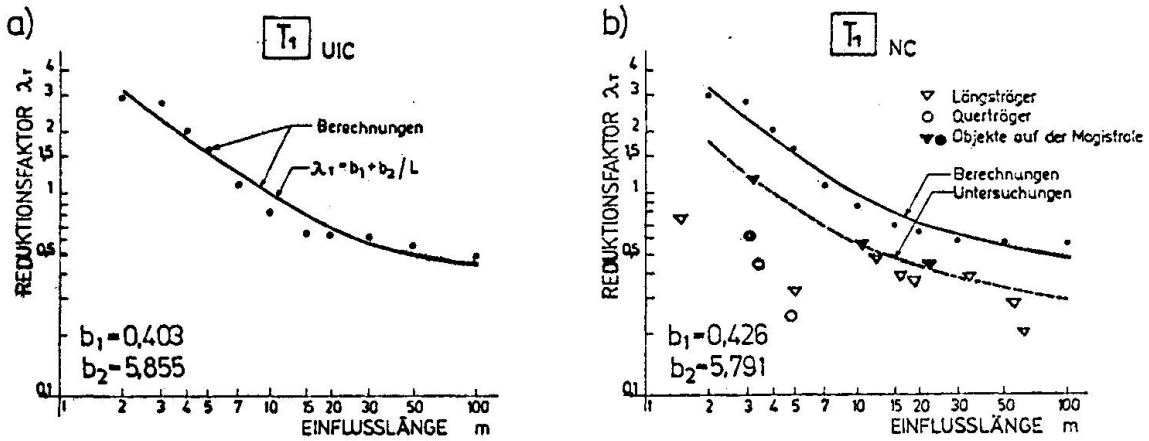

Bild 5. Abhängigkeit des Koeffizienten λ_T von der Stützweite des Trägers, dem Typ der Betriebslast und der Belastungsnorm

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Aus den durchgeführten Messungen und Berechnungen, ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

1. Die Konstruktionselemente der Brückenfelder unterliegen durch den täglichen Betrieb komplizierten, chaotischen Spannungszyklen, deren Werte wesentlich kleiner sind als die ihnen entsprechenden Belastungen durch den Normzug.
2. Die Bereiche der Sammelspektren der Betriebsspannungen sind von der Trägerstützweite abhängig: je kleiner die Trägerstützweite und je höher die Kategorie der Eisenbahnlinie, desto grösser sind die Bereiche der Sammelspektren. Die Zyklenzahl von $N = 2 * 10^6$ wird meist deutlich überschritten.
3. Die Werte für den Reduktionskoeffizienten λ_T für Spannungen aus Belastungen nach der polnischen Norm NC unterscheiden sich unwesentlich vom Wert des Koeffizienten für Spannungen aus Belastungen nach UIC 71.
4. Die Werte des aus Messungen abgeleiteten Reduktionskoeffizienten λ_T sind in jedem Fall, aber insbesondere bei kleinen Trägerstützweiten, bedeutend geringer als die theoretisch berechneten.

Grosse Werte der theoretischen λ_T sind Konsequenz der akzeptierten Voraussetzungen. Insbesondere gilt das für die Annahme vereinfachter Rechenmodelle des Systems, die die räumliche Tragwirkung meist nicht berücksichtigen, während für den dynamischen Beiwert nach [6] meist überhöhte Werte angenommen werden.

LITERATURVERZEICHNIS

1. DANIELSKI, L., RABIEGA, J.: Określenie zbiorczych widm naprężeń eksploatacyjnych na podstawie pomiarów na obiektach. Raport Instytutu Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej nr SPR - 35/80

2. Forschungs und Versuchsamt des Internationalen Eisenbahnverbandes (UIC), ORE D 128/RP 1-10; Statistische Verteilung der Achslasten und Beanspruchung von Eisenbahnbrücken. Utrecht 1972-1979

3. FÁBRY, L.: Spektra namáhání ocelových železničních mostů. Inženýrské Stavby, 1980 z.1, s. 17-25

4. FÁBRY, L.: Posuzování ocelových železničních mostů na únavu při provozním zatížení. Sborník prací VÚŽ, č. 20, 1980 s.23-56

5. HIRT, M.A.: Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Ermüdung und deren Berücksichtigung bei der Bemessung von Eisenbahnbrücken. Bauingenieur J. 52 /1977/, H. 7, S. 255-262

6. WTP. Projektowanie stalowych mostów kolejowych i kolejowo-drogowych; WP-D,DP-30. COIB Warszawa 1971

Leere Seite
Blank page
Page vide