

# Betriebsbelastungen von Eisenbahnbrücken

Autor(en): **Danielski, L. / Rabięga, J.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte**

Band (Jahr): **37 (1982)**

PDF erstellt am: **15.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-28987>

## **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.



## **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 Waggontypen, anders ist aber vor allem die Struktur der Güter- und Personen-transporte. 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

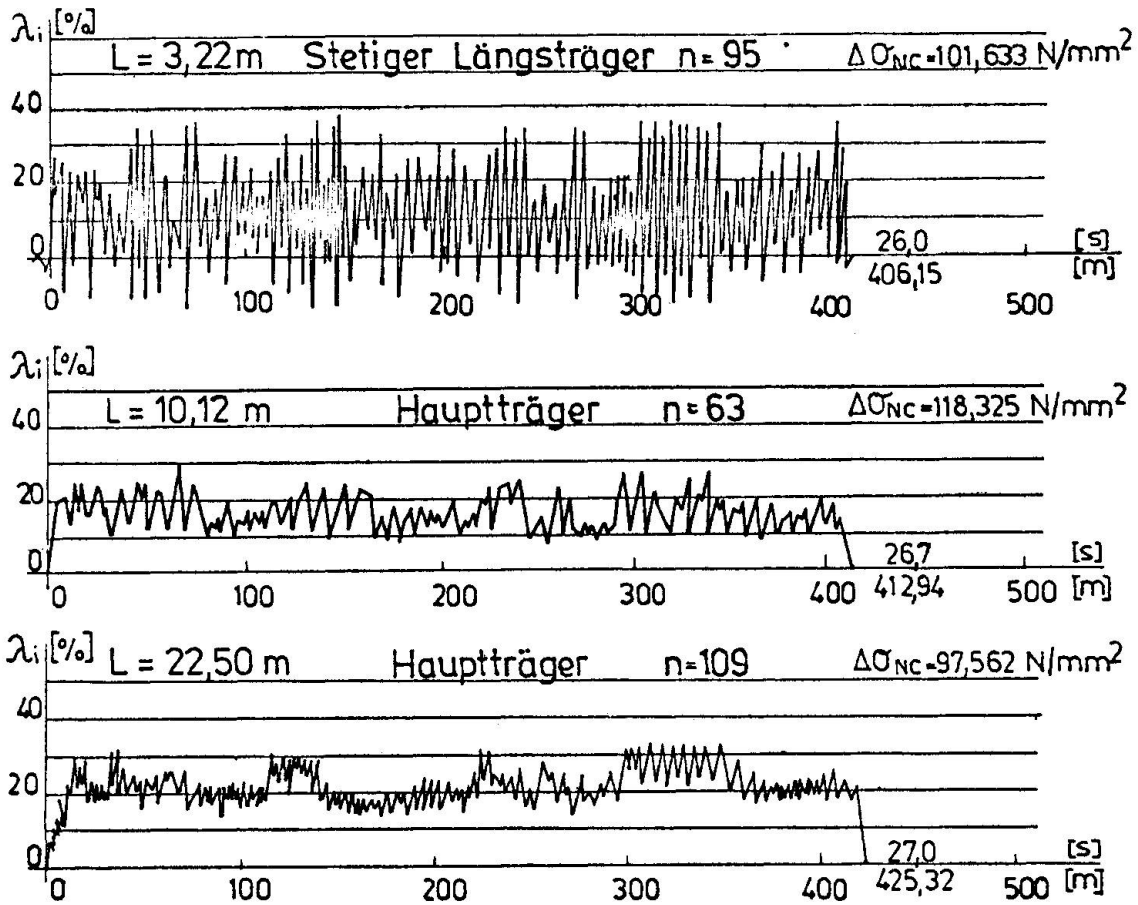
Die Messungen wurden an Objekten der Magistrallinie und der ersten Klasse unterschiedlicher Verkehrsintensität durchgeführt. Die untersuchten Brückenfelder unterscheiden sich durch verschiedene Stützweiten, Benutzungsdauer sowie Konstruktionstypen der Hauptträger und Fahrbahnen. Die Belastung bildeten 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

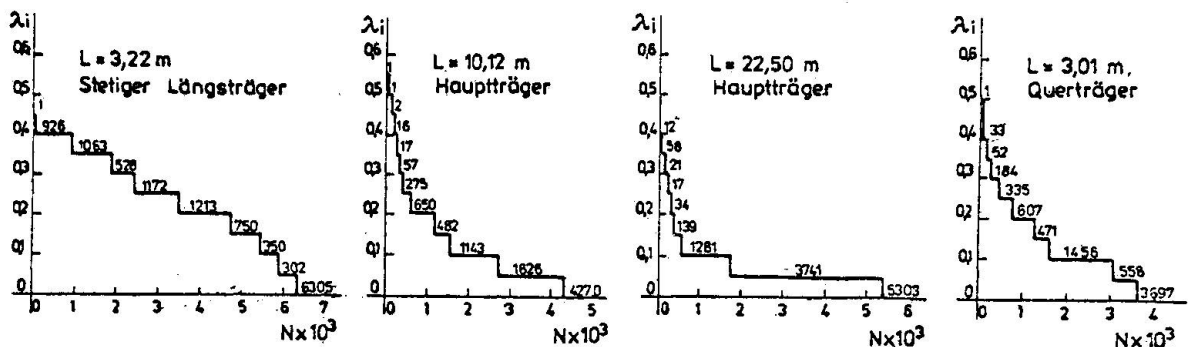
Der zunächst erstellte Algorithmus wurde für den Computer ODRA 1300 in Algol 1900 übertragen. Auf der Grundlage der Durchsicht und der detaillierten Analyse des auf der jeweiligen Linie kursierenden Wagenparks wurde die charakteristische Belastung durch den Wagenpark ermittelt, wobei die rechnerischen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



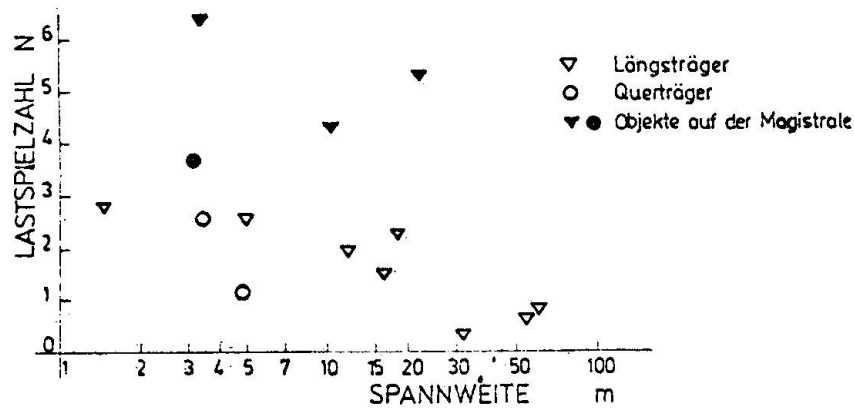
ausgenutzt, die u.a. Informationen über Zahl der Achsen, die Ladefähigkeit sowie über das allgemeine Wagengewicht enthalten und auch Typ sowie Nummer der Lokomotive und die Waggonverteilung innerhalb des Zuges angeben.



**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 Spannungen, 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. BERÜCKSICHTIGUNG DER BETRIEBSBELASTUNG BEI BENUTZUNG DES REDUKTIONSFAKTORS $\lambda_T$

Zwecks Bestimmung des Einflusses der Betriebsbelastung auf die Ermüdung wurde die nach ORE geeignetste Methode  $\lambda_T$  /des einstufigen Spektrum der gleichwertigen Schäden/gewählt.

Aus den Spektren der Spannungen wird der Wert des Koeffizienten  $\lambda_T$  aus folgender Gleichung berechnet:

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

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

$\Delta \sigma_{\text{NORM}}$  - 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

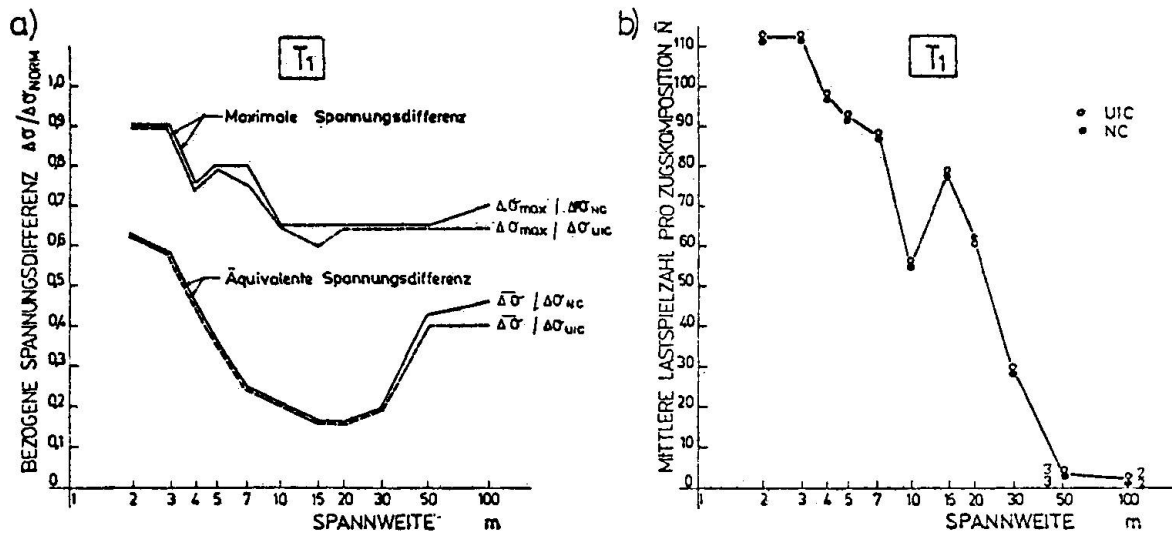
$\lambda_i = \Delta \sigma_i / \Delta \sigma_{\text{NORM}}$  - relative Spannung des Grades "i".

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

$$\lambda_T \Delta \sigma_{\text{NORM}} \leq \Delta \sigma_R(N) \quad (2)$$

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

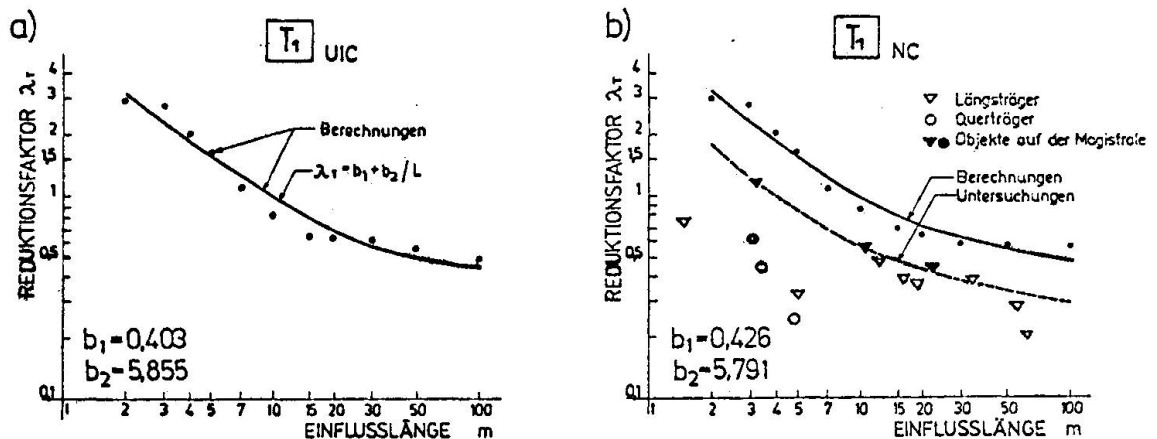
Auf Bild 4a/wurden die relativen Spannungsdifferenzen und die Anzahl ihrer Zyklen b/ in Abhängigkeit von der Kategorie der Eisenbahnlinie, der Trägerstützweite und der Normlast gezeigt.



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

Nach Lokalisierung der Werte von  $L$  und  $\lambda_T$  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  $T$  Werte  $b_1$  der  $2$  Koeffizienten  $b_1$  und  $b_2$  sind auf Bild 5 angegeben.

Gezeigt wird ebenfalls der Ausgleich der Werte  $\lambda_T$  in Form einer stetigen Linie.



**Bild 5.** Abhängigkeit des Koeffizienten  $\lambda_T$  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  $N = 2 \cdot 10^6$  wird meist deutlich überschritten.
3. Die Werte für den Reduktionskoeffizienten  $\lambda_T$  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  $\lambda_T$  sind in jedem Fall, aber insbesondere bei kleinen Trägerstützweiten, bedeutend geringer als die theoretisch berechneten.

Grosse Werte der theoretischen  $\lambda_T$  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. FRYBA, L.: Spektra namáhání ocelových železničních mostů. Inženýrské Stavby, 1980 z.1, s. 17-25
4. FRYBA, L.: Posuzování ocelových železničních mostů na unavu 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. WTT. Projektowanie stalowych mostów kolejowych i kolejowo-drogowych; WP-D,DP-30. COIB Warszawa 1971



Leere Seite  
Blank page  
Page vide