

DYNAMISCHES LASTMODELL FÜR EISENBAHNBRÜCKEN AUF HOCHGESCHWINDIGKEITSSTRECKEN



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

ISM+D

Institute of Structural Mechanics and Design
Institut für Statik und Konstruktion

Antonia Kohl, M.Sc.

Brücken jeglicher Art sind faszinierende Bauwerke und schaffen Verbindungen über Wasser und Täler sowie andere Verkehrswege, die sonst nicht überwunden werden könnten. Wie alle Bauwerke müssen sie vielen Ansprüchen genügen. Dabei sind die Eigen- und Verkehrslast, sowie äußere Einflüsse wie beispielsweise Wind und außerdem die ästhetische Anpassung an das Umfeld zu beachten.

Für den Entwurf von Eisenbahnbrücken ist auf Hochgeschwindigkeitsstrecken neben der statischen Bemessung auch die dynamische Belastung zu beachten. Da dynamische Berechnungen sehr aufwändig sind, werden hierfür vereinfachte Lastmodelle verwendet, die aktuell einer Erneuerung bedürfen, um alle vorhandenen Zugtypen abzudecken.

Einleitung

Mithilfe der Hochgeschwindigkeitslastmodelle HSLM-A und B (siehe Abbildung 1 und 2) wird aktuell der Nachweis bezüglich dynamischer Anregungen einer Eisenbahnbrücke geführt. Dies geschieht in Abhängigkeit der Radsatzabstände und Radsatzlasten der möglichen überfahrenden Züge.

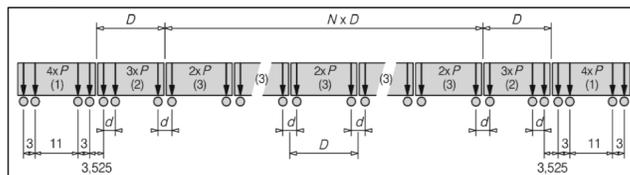


Abbildung 1: HSLM-A [DIN EN 1991-2]

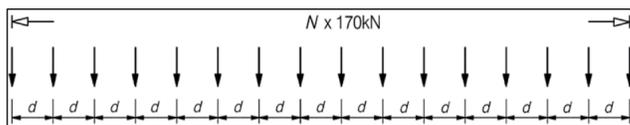


Abbildung 2: HSLM-B [DIN EN 1991-2]

Der Gültigkeitsbereich dieser Lastmodelle umfasst jedoch aktuell aufgrund innovativer Achsanordnungen sowie hoher Achslasten einiger Zugkonfigurationen im Bereich des Hochgeschwindigkeitsverkehrs nicht mehr alle aktuellen Zugmodelle.

Wie in Abbildungen 3 und 4 zu erkennen, ist beispielsweise der neue ICE 4 mit einer Wagenlänge von 28,75 m nicht in den Modellen abgedeckt. Außerdem übersteigen die Achslasten des ICE 4 wie auch von schnellen Güterzügen den Grenzwert von 170 kN.

Zugtyp	P in kN	D in m	D _{ic} in m	e _c in m
Gelenkig	170	18 ≤ D ≤ 27	-	-
Konventionell	< 170 oder mit einem Wert nach Gleichung (E.2) (unten)	18 ≤ D ≤ 27	-	-
Regelmäßig	170	10 ≤ D ≤ 14	8 ≤ D _{ic} ≤ 11	7 ≤ e _c ≤ 10

Abbildung 3: Grenzwerte für Hochgeschwindigkeitszüge, die dem Lastmodell HSLM entsprechen [DIN EN 1991-2]

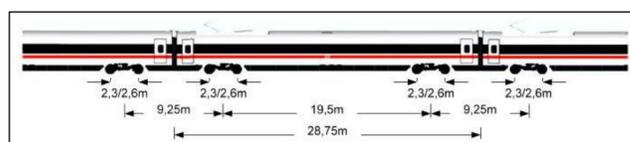


Abbildung 4: Radsatzanordnung ICE 4 [DB]

Forschungsprojekt des Eisenbahn Bundesamts

Im Rahmen des aktuellen Forschungsprojekts soll bis Ende 2022 ein neues Hochgeschwindigkeitslastmodell entwickelt werden, um die Lücken des aktuellen Modells zu schließen und zukünftige Anpassungen zu ermöglichen.

Das neue Lastmodell wird aufbauend auf den bisherigen Modellen unter Einbeziehung einer Auswahl vorhandener Zugkonfigurationen, die zusätzlich Hochgeschwindigkeits-Güterzüge, Gelenkzüge und hohe Zuglängen umfasst.

Zugsignatur

Das bisherige Hochgeschwindigkeitslastmodell HSLM-A enthält zehn Referenzzüge, die auf der Grundlage der Zugsignatur definiert wurden. Basierend auf der DER-Methode (Zerlegung der Anregung bei Resonanz) lässt sich die Beschleunigung der Brücke als Produkt der Schwingungsantwort und der dynamischen Signatur des Zuges darstellen.

Die Signatur ist unabhängig von der Brückendämpfung und gibt die sogenannte Aggressivität oder auch Anregungskapazität eines Zugverbands bei einer bestimmten Wellenlänge $\lambda = v/f_0$ (Verhältnis zwischen Überfahrtsgeschwindigkeit und Eigenfrequenz der Brücke) wieder. Für Wellenlängen, bei denen Peaks in der Darstellung der Signatur auftreten, sollte die dynamische Anregung überprüft werden. In Abbildung 5 zeigt sich, dass die Signaturen des ICE 4 sowie schneller Güterzüge nicht von der Umhüllenden der HSLM-A Referenzzüge abgedeckt wird, sodass das Modell nach 20 Jahren bereits einer Überarbeitung bedarf.

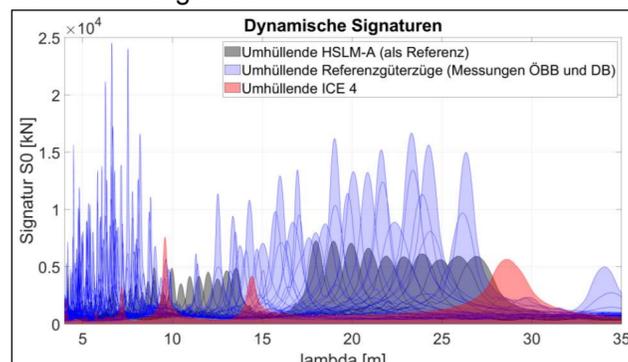


Abbildung 5: Signaturen (HSLM-A Züge, schnelle Güterzüge und ICE 4)

Optimierung, Inverses Problem

Das Lastmodell soll mithilfe einer Optimierung entwickelt werden, der ein Inverses Problem zugrunde liegt und das unabhängig von den Struktureigenschaften der Eisenbahnbrücken ist. Hierfür wird anhand aller aktuell vorhandenen Zugkonfigurationen sowie möglicher zukünftiger Innovationen eine Umhüllende der Signaturen erstellt, welche nach dem gleichen Prinzip wie im HSLM-A durch Referenzzüge abgedeckt werden soll, um auf diese Weise die zukünftigen Nachweise der Brücken auf Hochgeschwindigkeitsstrecken zu vereinfachen. Parallel wird außerdem eine Großrechnerreihe mit Brücken, die alle Kombinationen relevanter Parameter in einem definierten Bereich abdecken, vom Austrian Institute of Technology GmbH (AIT) durchgeführt, um diese mit den Ergebnissen der Optimierung anhand der Zugsignaturen abzugleichen.

Fahrzeug-Brücken-Interaktion und Zusatzdämpfung

Der aktuelle Ansatz der Zusatzdämpfung, um die positive Auswirkung der Fahrzeug-Brücken-Interaktion in die dynamische Berechnung einzubeziehen, wird teilweise zu hoch angesetzt und liegt somit auf der unsicheren Seite. Auch dieser Ansatz soll im Rahmen des Projektes erneuert werden, sodass eine Anwendung für die Bemessung von Bestandsbauwerken sowie neuen Brücken möglich ist.

Vereinfachung und Validierung des Lastmodells

Zur qualitativen Bewertung der Berechnungsergebnisse und Prüfung hinsichtlich der Plausibilität wird eine Vereinfachung des entwickelten Lastmodells benötigt. Außerdem ist eine Validierung anhand von Messungen an verschiedenen Objekten unter realen Bedingungen vorgesehen.

Das entwickelte Hochgeschwindigkeitslastmodell soll in der vereinfachten Form in der Ingenieurpraxis Anwendung finden und dafür als Normentwurf formuliert werden.

Kontakt:

Antonia Kohl, M.Sc.
kohl@ismd.tu-darmstadt.de

Technische Universität Darmstadt
Institut für Statik und Konstruktion

Franziska-Braun-Str. 3
64287 Darmstadt