

Dynamik von Eisenbahnbrücken unter Hochgeschwindigkeitsverkehr

Entwicklung eines Antwortspektrums
zur Erfassung der dynamischen Tragwerksreaktion

Vom Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie
der Technischen Universität Darmstadt
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte

DISSERTATION



von

Dipl.-Ing. Markus Spengler

aus
Simmern / Rheinland-Pfalz

D 17

Darmstadt 2010

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Variablen.....	IV
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung und Motivation.....	1
1.2 Zielsetzung.....	4
1.3 Vorgehensweise	5
2 Einwirkungen auf Eisenbahnbrücken.....	7
2.1 Einführung	7
2.2 Historische Eisenbahnlasten für Brücken	7
2.3 Aktuell gültige Regelungen zu Einwirkungen auf Eisenbahnbrücken	12
2.3.1 Allgemeines.....	12
2.3.2 Brücken ohne Resonanzgefahr.....	13
2.3.2.1 Das Lastmodell UIC 71	13
2.3.2.2 Hintergründe zur Entwicklung des Lastmodells UIC 71	15
2.3.3 Brücken mit Resonanzgefahr	21
2.3.3.1 Abgrenzungskriterien zur Notwendigkeit einer dynamischen Berechnung	21
2.3.3.2 Berechnungsgrundlagen für resonanzgefährdete Brücken	24
2.4 Zusammenfassung.....	33
3 Dynamik von Brücken unter bewegten Lasten	35
3.1 Einführung	35
3.2 Grundlagen.....	35
3.3 Rechenverfahren	39
3.3.1 Modale Superposition	39
3.3.2 Zeitschrittverfahren	42
3.4 Besonderheiten bei Eisenbahnbrücken	46
3.4.1 Modellbildung von Eisenbahnbrücken.....	46
3.4.2 Angeregte Eigenformen infolge Zugüberfahrt.....	51
3.4.3 Einwirkungen infolge Zugüberfahrt und Berücksichtigung der Interaktion Zug – Brücke	54

4	Dynamische Berechnungen zur Simulation von Zugüberfahrten	57
4.1	Einführung	57
4.2	Beschreibung des Berechnungsmodells.....	58
4.2.1	Allgemeines.....	58
4.2.2	Modellbildung einer Eisenbahnbrücke.....	61
4.2.3	Dynamisches Berechnungsverfahren	68
4.2.4	Vergleich ausgewählter Berechnungsergebnisse mit Schnittkrafttabellen aus der DB-Richtlinie 804.....	71
4.3	Eingangsgrößen für das Berechnungsmodell.....	72
4.4	Einfluss der Lastverteilung durch den Oberbau in Längsrichtung	79
4.5	Dynamische Effekte am Beispiel des Biegemoments in Feldmitte	87
4.5.1	Einführung.....	87
4.5.2	Hochgeschwindigkeitslastbilder HSLM-A01 bis A10.....	87
4.5.2.1	Maximale statische Biegemomente	87
4.5.2.2	Dynamischer Zuwachs.....	91
4.5.2.3	Bezogene dynamische Vergrößerung	96
4.5.3	Aktuelle Betriebszüge im deutschen Streckennetz	101
4.5.3.1	Allgemeines	101
4.5.3.2	Auswahl maßgebender Betriebszüge.....	105
4.5.3.3	Maximale statische Biegemomente	106
4.5.3.4	Dynamischer Zuwachs.....	109
4.5.4	Vergleich der Betriebszüge mit den Hochgeschwindigkeitslastbildern...	112
4.6	Berücksichtigung beliebiger Bauwerksdämpfungen	114
4.6.1	Allgemeines.....	114
4.6.2	Approximation des Dämpfungseinflusses.....	116
4.6.3	Beispiel.....	120
4.7	Beziehung zwischen Biegemoment und anderen Antwortgrößen	124
4.7.1	Allgemeines.....	124
4.7.2	Approximationsgleichungen für Querkraft, Durchbiegung und Beschleunigung	125
4.8	Zusammenfassung.....	129

5	Entwicklung eines Antwortspektrums	131
5.1	Einführung	131
5.2	Kritische Zuggeschwindigkeiten	132
5.3	Ermittlung eines Antwortspektrums	134
5.3.1	Hochgeschwindigkeitslastbilder HSLM-A	134
5.3.2	Betriebszüge	141
5.4	Beispiele.....	142
5.4.1	Beispiel 1: Spannbetonbrücke, L = 25m	142
5.4.2	Beispiel 2: Stahlbetonbrücke, L = 6,50m.....	145
5.4.3	Beispiel 3: Verbundbrücke, L = 12m, Betriebszüge	148
5.5	Zusammenfassung.....	150
6	Bemessungshilfen zur Vordimensionierung	151
6.1	Einführung	151
6.2	Entwicklung von Abgrenzungskriterien	153
6.3	Zusammenfassung.....	162
7	Resümee und Ausblick	165
8	Literaturverzeichnis	171
Anhang		177

