

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER STRASSEN-KONGRESSE

II. KONGRESS — BRÜSSEL — 1910

2. Abteilung: Verkehr und Betrieb
7. Frage

WIRKUNG DES GEWICHTES
UND DER GESCHWINDIGKEIT
DER FAHRZEUGE AUF DIE KUNSTBAUTEN.

BERICHT

VON

W. WORBY BEAUMONT

M. Inst. C. E.

(Royal Automobile Club, London.)

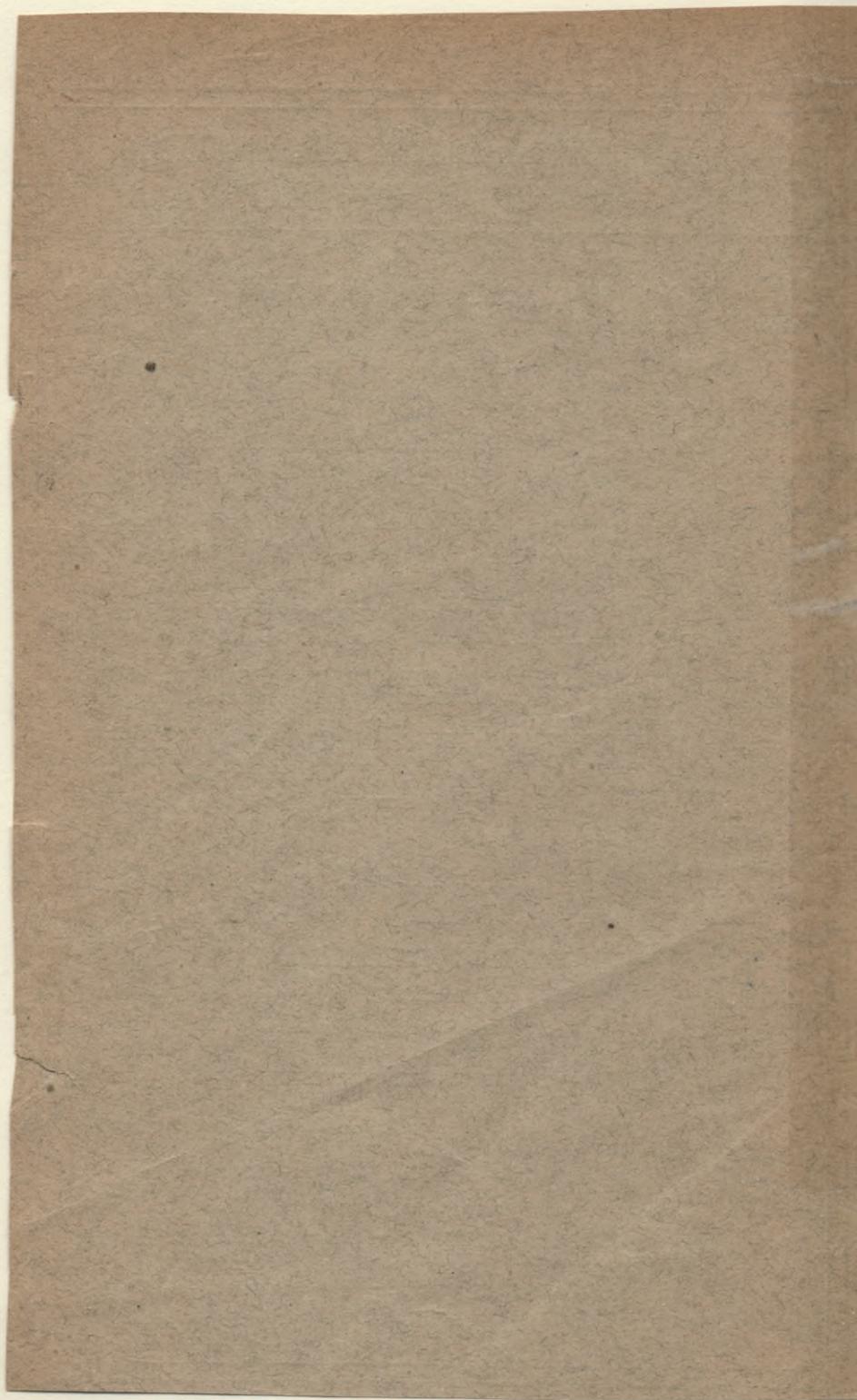
PARIS

IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE

9, RUE DE FLEURUS, 9

1910





119244



Wirkung der Geschwindigkeit und des Gewichtes auf Brücken und andern Bauten.

Das alte Sprichwort : « Geschwindigkeit tötet » fasst am kürzesten die Folgerungen zusammen, zu welchen die wohlbegründeten Tatsachen, die unter dem Titel dieser kurzen Arbeit zur Besprechung gelangen, in der Hauptsache führen müssen.

Geschwindigkeit und Gewicht vereinigen sich fast niemals in glücklicher Weise, und wenn ihre Vereinigung durch sinnreiche Anwendung von Kraft und wohl gehärteten Metallen verstärkt wird, so richten sie sich getreu nach den Bedingungen ihrer Vereinigung und wirken zusammen an der Zerstörung anderer Materialzusammensetzungen, deren Aufgabe es sonst ist, den Angriff von Geschwindigkeit oder Gewicht, wenn sie nicht zusammentreffen, einzeln zu ertragen.

Bei dieser Zusammensetzung wirkt von beiden die Geschwindigkeit, welche selbständig keinen Schaden verursacht, desto zerstörender, je mehr man ihr freien Lauf lässt und je grösser die sie anzeigenden Ziffern werden.

Eine grosse Anzahl von das Gewicht begrenzenden Faktoren wirkt zusammen, schon lange bevor die zur Begrenzung der Geschwindigkeit beitragenden Faktoren erst auftreten.

Der Ingenieur ist gewohnt, sich beim Bau und Abbruch grosser Mengen von Geschwindigkeit in Verbindung von geringen Stoffquantitäten zu bedienen, aber er vergisst häufig, dass die Zerstörungsfähigkeit der Zusammensetzung nicht nur auf die beabsichtigte Anwendungen beschränkt bleibt.

Ein Motorfahrzeug, das mit seiner Ladung sagen wir zehn Tonnen wiegt, trägt mehr als drei Tonnen auf jedem Laufrad. Jedes dieser Räder ist einer grösseren Zerstörungsarbeit fähig als eine 3 1/2 Tonnen Walze in einer Stampfmühle mit Läufer, aber die Strasse geht das nichts an. Dieses 3 1/2 Tonnen Rad läuft 5,6 oder 8 Meilen pro Stunde, und seine Zerstörungs-

fähigkeit ist fünf- bis zehnmal so gross wie die einer drei Meilen pro Stunde laufende Dampfwalze von zehn Tonnen; aber man vergisst, dass die Strasse dies wohl merkt.

Die Räder dieses Fahrzeuges tragen ihre Last mit Hilfe von Sprungfedern, die sich zwischen denselben und der Last befinden, und wenn diese Räder berufen sind, Hindernisse zu übersteigen oder über Vertiefungen zu laufen, so verrichten sie in der Zerstörung der Strassen und der auf oder an denselben befindlichen Gebäude oder Bauten eine Arbeit, welche im Verhältnis zu dem Gewicht und dem Quadrat der Geschwindigkeit steht, mit welcher die Räder gegen die Hindernisse oder den äusseren Rand der Vertiefungen anprellen. Diese Geschwindigkeit ist viel grösser als die des Fahrzeugs; sie wird durch die Geschwindigkeit des Zurückschnellens einer belasteten Feder unterstützt und kann daher so ziemlich zwischen der Geschwindigkeit der Radübertragung und etwa 1300 Fuss pro Sekunde betragen.

Die zerstörende Wirkung der vibrierenden Uebertragung von Wellen mit elastischem Drucke, die ihren Ursprung im Stosse der schweren Räderfahrzeuge haben, kann gemessen und annähernd und relativ bestimmt werden, wenn man das Gewicht der Fahrzeuge, deren Geschwindigkeit, sowie den Charakter der Strassendecke und die Natur des Wegematerials und des Unterbaues kennt.

Die Uebertragungsgeschwindigkeit eines vibrierenden Stosses durch das Material gewöhnlicher Strassen kann sich zwischen der eines losen Materials wie Sand, nämlich ungefähr 820 Fuss pro Sekunde, und der eines unterbrochenen Granits, ungefähr 1300 Fuss pro Sekunde, bewegen. Bei diesen Materialien und mit geringerer Uebertragungsgeschwindigkeit in den meisten Holzpflasterungen kann sich die Kraft einer Welle mit elastischem Drucke in verhältnismässig kurzen Durchgangszwischenräumen als eine Folge ihrer Zusammenhänglosigkeit zerstreuen. Es ist jedoch unzweifelhaft, dass die Durchgangsgeschwindigkeit häufig die Geschwindigkeit einer unschädlichen Fortpflanzung durch einige Bauten, wie etwa gewöhnliche Backsteinmauererei, übertrifft, und dass die Weite einer elastischen Vibrationswelle bei der Uebertragung von den unteren nach den oberen Teilen der Bauwerke zunehmen kann. Daraus muss sich eine allmähliche Zerstörung durch Vibration ergeben, und die Hauptursachen der den Gang von Motorfahr-

zeugen begleitenden Vibration müssen notwendigerweise völlig erkannt und beseitigt werden.

Auf einer vollkommen glatten Strassendecke würden Fahrzeuge mit glatten oder Gummi-Radreifen keine Veranlassung zu Stossgehalt geben. Eine Unvollkommenheit im Gleichgewicht bei der Motormaschinerie kann in dieser eine vollkommene oder gewöhnliche Strassenoberfläche betreffenden Frage ausser Betracht gelassen werden, obgleich jene Unvollkommenheit bei Lokomotiven auf Einsenschienen von Wichtigkeit ist.

Man muss daher Unvollkommenheiten der Strassenoberfläche als erste Ursachen der sich gegenseitig beeinflussenden Störungen betrachten, welche Motorfahrzeuge beim Passieren hervorrufen. Diese Störungen wachsen wie das Gewicht des Fahrzeugs, wie das Quadrat seiner Geschwindigkeit, und in verschiedenen Verhältnissen grösser als die arithmetische Progression bei der Zunahme an Rauheit und Unebenheit der Strassendecke.

Daher der Schaden an Gebäuden und Brücken und anderen an und auf Strassen errichteten Bauten; daher die Unannehmlichkeit bei Geräuschen, welche durch Vibration entstehen, und daher der grösste Teil des Strassenlärms, soweit er durch gut gebaute und in guter Ordnung gehaltene Motorfahrzeuge verursacht wird. Daher die verständige Gewichts- und Geschwindigkeitsbegrenzung, welche aus anderen Gründen beim Gebrauch von schweren Fahrzeugen denselben auferlegt wird. Daher auch die Notwendigkeit, der Ausbesserung und Erhaltung der Strassendecken eine beständige Aufmerksamkeit zuzuwenden, als es gewöhnlich der Fall ist.

Hinsichtlich vieler Brücken auf gewöhnlichen Wegen ist es jedoch notwendig zu bemerken, dass sie im Plan und im Bau fehlerhaft sind und für modernen Verkehr nicht die erforderliche Stärke aufweisen, und dass vielfach eine Wiederherstellung nötig geworden ist.

Alle Brücken betrachtet man als Bauten mit kombinierter ruhender und beweglicher Belastung, und seit langer Zeit war es gebräuchlich, der zu tragenden Gesamtbelastung einen weiteren Bruchteil der Komponente für bewegliche Belastung hinzuzufügen in Rücksicht auf die durch die dynamische Wirkung der beweglichen im Vergleich zu der statischen Belastung hervorgerufene Druckvermehrung. In der Brückenbaupraxis ist die proportionale Rücksichtnahme auf Stossgehalt sehr ver-

schieden, aber soweit eine Ansicht darüber in bestimmter Form ausgedrückt ist, richtet sie sich nach dem Verhältnis der ruhenden zur beweglichen Belastung auf die Brücke, gewöhnlich aber ohne Bezug auf das Gesamtgewicht des die Belastung tragenden Baues.

Solche Rücksichtnahme auf Druckvermehrung wird gewöhnlich durch die Formel ausgedrückt (1) :

$$I = C \times \left(L \times \frac{L}{L - D} \right).$$

I = Dem Biegemoment der beweglichen Belastung hinzuzufügende Zahl.

C = Konstante, deren Wert zwischen der Einheit und 0,1, je nach dem Charakter der beweglichen Belastung schwankt. Empfohlene Werte : 0,75 für Zugbelastung auf einer Eisenbahnbrücke ; 0,30 für eine Zugmaschine oder andere rollende Belastung auf einer Wegebrücke ; 0,5 für bewegliche Belastung berechnet zu 84 Pfund pro Quadratfuss für eine Landbrücke oder 100 Pfund pro Quadratfuss für eine Stadtbrücke.

D = Biegemoment für ruhende Belastung.

L = Biegemoment für bewegliche Belastung.

Es muss hervorgehoben werden, dass man stets den Charakter des Brückenbaues in Betracht zu ziehen hat, wenn man die zulässige Belastung für eine bereits gebaute Brücke bestimmen will. Zum Beispiel kann das Verhältnis zwischen der getragenen Gesamtlast und dem Gewicht eines Bogens aus Mauerwerk, eines Stahlwerkes oder Brückenträgers, oder einer Hängebrücke sehr verschieden sein, und die Grösse des Unterschiedes gibt einen Fingerzeig für den Wert des Faktors an, der in Anwendung zu kommen hat, wenn man die Wirkung der dynamischen Beanspruchungen in Betracht zieht.

In der Darlegung der Prinzipien, welche zu der gegenwärtigen Annahme einer Beziehung zwischen den durch ruhende und bewegliche Lasten von gleicher Masse hervorgerufenen Beanspruchungen führten, war die Erwägung einer infolge der Zentrifugalkraft hervorgebrachten Vermehrung in der Biegung bei Brückenbauten miteinbegriffen, sowie auch die Ausdehnung, bis zu welcher die Grösse dieser Kraft durch die Schwingung oder Vibration des Brückenträgers beeinflusst wurde (2).

(1) Recent road bridge practice in New South Wales. Dave, *Proc. Inst., C. E.*, clv. p. 582.

(2) Robert Mallet, *Proc. Inst. Civil Engineers of Ireland*, 1856.

Es ist nachgewiesen worden, dass bei grossen Verkehrsgeschwindigkeiten über ebenen Flächen die Zentrifugalkraft doppelt so gross als die statische Last sein kann ; aber da es sich bei diesen Untersuchungen um die gewöhnlichen Geschwindigkeiten auf Schienenwegen handelte, so war die Notwendigkeit, diese Kraft einzeln zu untersuchen, bei der Frage betreffs der Stärke der Wegebrücken von geringerer Bedeutung. Es ist jedoch eine offene Frage, ob die moderne Geschwindigkeit, welche erlaubt ist, in der Praxis geübt wird oder wahrscheinlich werden wird, dies nicht zu einer der Erwägung würdigen Angelegenheit machen wird.

Der Zuwachs an Zentrifugalkraft für den auf eine Trägerbrücke wirkenden Druck, welcher durch die beim Passieren einer schnell beweglichen Last verursachte Biegung veranlasst wird, lässt sich folgendermassen ausdrücken :

$$f = \frac{5 V^2}{g L^2} W \Phi$$

und die Vereinigung von statischer und Zentrifugal-Kraft folgendermassen :

$$F = W + \frac{5 V^2}{g L^2} W \Phi$$

W = Belastung.

V = Geschwindigkeit.

L = Halbe Länge der Balken oder Träger, wenn sie an beiden Enden gestützt sind.

g = Schwerkraft.

Φ = Biegung der Balken und der Träger in der Mitte.

Im allgemeinen muss gesagt werden, dass man bei der Erörterung nachteiliger beim Passieren schwerer Fahrzeuge auf gewöhnlichen Wegen hervorgerufenen Schwingungen eine grössere Aufmerksamkeit auf die Begrenzung der Geschwindigkeit als, auf die des Gewichtes lenken muss, vorausgesetzt, dass sich letzteres innerhalb der von Behörden des Vereinigten Königreiches festgesetzten Grenzen bewegt. Dass dieser Begrenzung die gebührende Aufmerksamkeit zugewandt worden ist, bewei-

sen zur Genüge die folgenden Zahlen für Geschwindigkeits- und Gewichtsmaxima, welche jetzt gestattet sind :

Nr.	Gesamtgewicht von Fahrzeug und Belastung. Tonnen	Gestattetes Geschwindig- keitsmaximum. Meilen pro Stunde	Material der Radreifen	Ww ²	Vergleichungs- zahlen	
					Moment	Gewicht
1	12	5	Eisen		1,00	3,45
2	9	8	—	500	1,92	2,57
3	12	8	Gummi	768	2,56	3,45
4	9	12	—	1296	4,35	2,57
5	5,5	20	—	1400	4,67	1,00

Diese Zahlen genügen, um zu zeigen, dass das Produkt aus W und v^2 , welches die Macht des Stosses angibt, bei leichten Fahrzeugen mit höherer gestatteter Geschwindigkeit grösser als bei schwereren mit geringerer Geschwindigkeit ist, und dass, wenn sich die Belastung vergrössert und sich demgemäss der Belastungsgrenze nähert, welche der Weg zu tragen imstande ist, ohne dass das Fundament zerstört noch der Untergrund verschoben wird, die durch den Stoss hervorgebrachte Störung durch eine Verminderung der Geschwindigkeit in einem grösseren Verhältnis vermindert wird als die der Gewichtsvermehrung.

Diese Zahlen beweisen auch, dass hinsichtlich der schädlichen Wirkungen auf Strassen und Bauten es notwendig sein wird, (1) erlaubte Geschwindigkeiten mehr in Einklang zu ihrem Beharrungsvermögen gegen die Bewegungswirkungen zu bringen, und (2) eine allgemeinere Verwendung von Gummireifen anzustreben; denn die Erfahrung lehrt, dass die Fahrzeuge Nr. 1 und 2 den Strassendecken grösseren Schaden zufügen und eine weit schädlichere Vibration hervorrufen als die gleich schweren Fahrzeuge Nr. 3 und 4.

W. WORBY BEAUMONT,

M. Inst. C. E.

(Übersetzer LEDEGANCK.)



S. 61

WIDZIALI POLITECHNICZNE KRAKOW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II 7244

L. inw.

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299363

B

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-7244

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299363