

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 15/16 (1890)
Heft: 26

Artikel: Ueber die Fortpflanzung der Spannungen in elastischen Körpern
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-16421>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

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

Franken theurer zu stehen in der Ausführung als das Project der N.O.B., ohne dass entsprechende Vortheile erreicht würden. Im Gegentheil! Gerade die Verhältnisse an der Wipkinger-Strasse, auf welche Herr Schindler hinwies, gestalten sich bei seinem Project ganz ungünstig; eine den Verkehr befriedigende Correction dieser Strasse ist vielfach schwieriger als beim Project der Bahngesellschaft, bei welchem, wie schon erwähnt, die genannte Strasse nur auf eine kurze Strecke etwas gegen die Bergseite verschoben werden muss; die Niveauverhältnisse aber bleiben von dieser Verschiebung ganz unberührt. Bei letztem Project kann so dann eine event. Haltestelle „Wipkingen“ auf der „rechten“ Seite der Geleise angelegt werden, so dass, um zur Haltestelle zu gelangen, nirgends eine Ueberschreitung der Geleise benöthigt wird; beim Project von Herrn Schindler müsste der Verkehr von Wipkingen her unter allen Umständen die Geleise kreuzen.

So fand denn auch, in Berücksichtigung alles Erwähnten, das schweiz. Eisenbahndepartement, es seien die Projecte des Herrn Schindler in keiner Weise dem Projecte, wie es von der Bahngesellschaft vorgelegt worden, vorzuziehen, und es ertheilte der schweiz. Bundesrath unterm 12. Febr. 1890 dem von der Nordostbahn eingereichten allgemeinen Bauplan für die Strecke Stadelhofen-Bahnhof Zürich der rechtsufrigen Zürichseebahn unter einigen unwesentlichen Vorbehalten die Genehmigung. Hartmann.

Wettbewerb für den Bau „de Rumine“ in Lausanne.

(Mit einer Lichtdruck-Tafel.)

IV.

In heutiger Nummer findet sich der mit einer ersten Prämie ausgezeichnete Entwurf der HH. Architekten *Henri Legrand* und *Gaston Leroy* in Paris — Motto: „Nous“ — durch beigelegte Perspective in Lichtdruck, sowie durch den auf nebenstehender Seite abgedruckten Lageplan mit Hauptgrundriss dargestellt.

Ueber die Fortpflanzung der Spannungen in elastischen Körpern

hat Prof. Ritter in Aachen kürzlich eine Abhandlung veröffentlicht, der wir einiges entnehmen*). Derselbe stellt sich den Vorgang der Fortpflanzung einer Formänderung, z. B. der Stauchung eines Endes einer eisernen Stange, deren anderes festgehalten, in erster Annäherung als einen discontinuirlichen vor: „Bei unendlicher Länge der Stange würde anscheinend die Hypothese als zulässig betrachtet werden dürfen, dass der Widerstand, welcher dem Vorwärtsschieben der Endfläche mit einer Geschwindigkeit u entgegenwirkt, eine Function dieser Geschwindigkeit u ist, dass der Widerstand also constant bleibt, so lange u constant bleibt. Hieraus würde dann folgen, dass die Grösse der schiebenden Kraft p_1 ebenfalls constant bleiben muss, wenn das Fortschreiten der Endfläche gleichförmig erfolgen soll. Bei endlicher Länge der Stange wird jedenfalls, so lange die Druckfortpflanzung das jenseitige Ende noch nicht erreicht hat, der ganze Vorgang genau in derselben Weise stattfinden.“

Am Ende der Druckfortpflanzung, an der Grenze zwischen dem ruhenden und dem bewegten Stangentheile müsste dann dieser Hypothese gemäss beständig ein discontinuirlicher Uebergang aus dem Druck o in den Druck p_1 und aus der Geschwindigkeit o in die Geschwindigkeit u stattfinden.

In dem Augenblicke, in welchem der discontinuirliche Uebergang die feste Wand erreicht, ist die ganze Stange in gleichförmig fortschreitender Bewegung begriffen und die gleichmässige Stauchung erstreckt sich über die ganze Länge

der Stange. „In demselben Zeitpunkt beginnt an der ruhenden Wandfläche, welche in Bezug auf die bewegte Stange die relative Geschwindigkeit u besitzt, in dem angrenzenden Stangentheile bei gleichzeitig entstehender noch stärkerer Stauchung wieder Ruhezustand einzutreten, wobei die Grenzfläche zwischen diesem zur Ruhe gelangten Stangentheile und dem seine gleichmässig fortschreitende Bewegung einstweilen noch fortsetzenden Theile der Stange allmählig nach rückwärts, dem freien Ende entgegen, fortschreitet, bis sie schliesslich mit der freien Endfläche zusammentrifft und die ganze ursprünglich ruhende Stange abermals momentan zur Ruhe gelangt.“

Wenn der Druck auf das freie Ende andauert, so wiederholen sich diese Doppelschwingungen; während jeder einzelnen Doppelschwingung bleibt der Druck auf das freie Ende constant, nach Ablauf jeder solchen aber muss er sprungweise um einen endlichen Betrag wachsen, wenn die vorangesetzte gleichförmige Bewegung des freien Endes wirklich stattfinden soll.

In Weiterspinnung dieser Idee gelingt es dann dem Verfasser, die constante Geschwindigkeit genannter Grenzfläche durch eine Formel auszudrücken. Er findet für die Geschwindigkeit U_1 während des ersten Hin- und Herganges

$$U_1 = \sqrt{\frac{gE}{\gamma}}$$

Dieser Wurzelausdruck — g bedeutet die Beschleunigung der Schwere, E den Elasticitätsmodul des Materials, γ dessen spec. Gewicht — ist die bekannte Formel für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles und hieraus folgt demnach, dass die Spannungen und elastischen Formänderungen sich mit der Schallgeschwindigkeit fortpflanzen. Ueberraschend ist dies Ergebniss nicht, denn die Schallwellen sind ja nichts anderes als abwechselnde Verdichtungen und Verdünnungen des leitenden Mediums, also Formänderungen und zugleich spricht dasselbe für die Richtigkeit der grundlegenden Annahmen, von denen oben ausgegangen wurde. Für die n^{te} Schwingungsperiode kommt zu obigem Ausdruck noch ein relativ meist sehr kleines Glied $\frac{1}{n} (n-1) u$ hinzu, je nachdem die Bewegungsgeschwindigkeit u des freien Endes im Stab einen Druck (Stauchung) oder einen Zug erzeugt.

Es werden nun ferner die Formänderungen von Stäben untersucht, die an beiden Enden gleichzeitig ziehenden oder pressenden Kräften unterworfen sind, sowie solcher, die, im Raume frei schwebend, an einem Ende einen nur ganz kurze Zeit wirkenden Impuls, vielleicht einen Schlag, erhielten. Der letztere Fall führt auf ganz merkwürdige Formänderungen und Bewegungen, die der Verfasser peristaltische nennt.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Torsionsschwingungen findet sich auf ähnlichem Wege zu $U_1 = \sqrt{\frac{Eg}{2\gamma}}$, entsprechend dem bekannten Gesetz, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Torsionsschwingungen zu derjenigen der Längsschwingungen sich verhält wie $\frac{1}{\sqrt{2}}$ zu 1.

Was nun den practischen Nutzen der gewonnenen Ergebnisse anbetrifft, so scheint derselbe auf den ersten Blick gering zu sein, denn die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten werden nach den erhaltenen Formeln so bedeutend — im Eisen etwa 5000 m in der Secunde für Längsschwingungen und etwa 3500 m für Torsionsschwingungen —, dass kaum zu erwarten ist, dieselben würden in der Praxis irgendwo zur Beobachtung gelangen und irgend welche Bedeutung erlangen können. Und doch ist dem nicht ganz so. Bleiben wir vorderhand bei dieser negativen Seite des Resultates, dass nämlich der grossen Fortpflanzungsgeschwindigkeit wegen die Fortpflanzungszeit ohne künstliche Hilfsmittel nicht beobachtet werden könne, stehen, so drängt sich uns eine Schlussfolgerung auf, die Klarheit in eine bis jetzt dunkle Frage bringt. In Nummer 15 dieser Zeitschrift vom laufenden Jahre wurde gelegentlich der Besprechung der Dordogne-Brücke bei Cubzac des Umstandes Erwähnung gethan, dass die Einsenkungen derselben bei Zunahme der

*) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1890 Nr. 9.

Geschwindigkeit des Belastungszuges von 25 km auf 35 km pro Stunde, d. h. von 7 m auf 9,7 m pro Secunde ganz erheblich abnehmen und zwar sowohl bei den continuirlichen Trägern, wie bei den Einzelträgern. Zur Erklärung dieses auffälligen Umstandes wurde dort die Ansicht ausgesprochen, dass die elastischen Formänderungen in der kürzeren Zeit, die der schnellere Zug zum Durchfahren der Brücke braucht, sich vielleicht nicht vollständig auszubilden im Stande wären. Nun brauchte aber auch der schneller fahrende Zug eine ganze Anzahl von Secunden (17), um eine der kleineren Oeffnungen zu durchfahren; und da nach der gewonnenen Erkenntniss schon in einer einzigen Secunde die elastischen Formänderungen im Eisen sich durch eine Länge von 5000 m fortpflanzen, gegen welche Länge die Dimensionen der Brücke ja fast verschwindend sind, so kann keine Rede davon sein, dass in obigem Falle oder überhaupt jemals bei Brücken die elastischen Formänderungen, abgesehen von den geringfügigen sog. elastischen Nachwirkungen, nicht Zeit hätten, während der Dauer der Belastung sich vollständig auszubilden. Die Durchbiegung geschieht also sozusagen augenblicklich und entspricht in jedem Augenblicke dem Belastungszustand der Brücke. Damit ist ein, wie wir glauben, auch anderseits da und dort getheilter Irrthum berichtigt, und wenn weitere ähnliche Beobachtungen wie diejenigen an der Dordogne-Brücke gemacht werden sollten, so müssen dieselben entweder als falsch betrachtet, oder es muss eine andere Erklärung für die auffällige Erscheinung gesucht werden.)*

Von den Beispielen zur directen Anwendung der erhaltenen Formeln, die der Verfasser gibt, wollen wir nur auf eines näher eintreten. Wenn nämlich zwischen starre Körper oder solche mit sehr grossen Elasticitätscoefficienten, welche mit beträchtlich kleinerem eingeschaltet werden, so wird in einem solchen discontinuirlichen Körper die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der Formänderung leicht so klein werden, dass sie bequem zur Beobachtung gelangen kann. Ein solcher Körper ist z. B. ein Eisenbahnzug, in welchem die Wagen als starr, die Pufferfedern dagegen als elastisch betrachtet werden können; durch erstere hindurch wird sich ein Druck, ein Stoss sozusagen augenblicklich fortpflanzen, durch letztere entsprechend dem Zustand ihrer Federwirkung. Wenn sie z. B. so beschaffen sind, dass ein Druck von 2500 kg eine Verkürzung des ganzen Zuges um $\frac{1}{50}$ seiner Länge erzeugt, so ist E zu setzen $= 2500 : \frac{1}{50} = 125000 \text{ kg}$. Das Gewicht des Zuges betrage 2000 kg pro Meter Länge, so ist $\gamma = 2000$ und damit wird, wenn von den störenden Einflüssen, bezw. den in den drehenden Rädern und Achsen aufgespeicherten lebendigen Kräften abgesehen wird, die Geschwindigkeit, mit welcher sich ein Stoss durch den Zug fortpflanzt

$$U = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 125000}{2000}} = 25 \text{ m pro Secunde.}$$

Ein Stoss auf einen Zug von 300 m Länge wird also 12 Secunden brauchen, um sich vom ersten zum letzten Wagen fortzupflanzen und 24 Secunden wird die Stossperiode betragen, wenn, wie man es hier und da beobachten kann, ein Stoss sich mehr als einmal durch einen Zug hin und her fortpflanzt. (Dies dürfte freilich nur bei kürzern Zügen vorkommen.) Die nämliche Zeit von 12 Secunden würde verlaufen, bis bei in Bewegung begriffenem Zuge ein Auffahren der Locomotive auf ein Hinderniss sich im letzten Wagen bemerklich machen würde, aber dies natürlich nur, falls der Stoss ein so schwacher gewesen wäre, dass die Pufferfedern sich nicht völlig zusammen gepresst hätten. Bei grössern Zugsgeschwindigkeiten und dem dabei entwickelten grössern lebendigen Gewicht ist dies aber nothwendig immer der Fall und dann wird die nöthige Zeit für die Fortpflanzung des Stosses vom ersten zum letzten Wagen nur gleich sein derjenigen Zeit, welche ein mit der Zugsgeschwindigkeit sich bewegendes Körper zum Durch-

laufen eines Weges bedarf, der gleich ist der Länge aller Pufferfedern, in unserm Fall also etwa eine Secunde, falls bei einer Zugsgeschwindigkeit von 20 m pro Secunde ($= 72 \text{ km pro Stunde}$) das gesammte Spiel der Pufferfedern 2 m betrüge.

Auf die weitem Anwendungen der Theorie auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Bewegungsänderungen in langen Transmissionswellen und auf die Schwingungsdauer von Schraubenfedern können wir hier nicht näher eintreten; es handelt sich dabei immer nur darum, in die gegebenen Formeln einen auf richtige Weise verkleinerten Elasticitätsmodul einzuführen. So gelingt es dann, auf höchst einfachem Weg Aufschluss über eine Anzahl sonst schwieriger Fragen zu erhalten und dies sowie die Anschaulichkeit des Bildes, welches die Theorie der discontinuirlichen Zustandsänderung von der Fortpflanzung von Spannungs- und Formänderungen im Innern der elastischen Körper liefert, empfiehlt dieselbe, wie der Verfasser mit Recht sagt, zum Zwecke einer vorläufigen Orientirung auf diesem Gebiet auch dann noch, wenn spätere genauere Untersuchungen herausstellen sollten, dass sie nur in angenäherter Weise der Wirklichkeit entspricht.

Miscellanea.

Internationale electricische Ausstellung in Frankfurt a. M. Diese im nächsten Jahre stattfindende Ausstellung wird eine Reihe interessanter Objecte darbieten. So beabsichtigt u. A. die Firma Schuckert & Co. in Nürnberg die electricische Beleuchtung eines Theaters, bei welcher eine neue Regulirungsart angewendet wird, vorzuweisen, ferner wird sie eine electricische Bahn in Verbindung mit Strassenbeleuchtung, eine Kraftübertragung auf 20 km Entfernung, einen Leuchthurm, eine Dynamo von 500 HP. u. v. A. ausstellen. Escher Wyss & Co. und die Maschinenfabrik Oerlikon senden gemeinsam ein grosses electricisches Boot mit Accumulatorenbetrieb nach Frankfurt. Dasselbe soll den Verkehr zwischen der inneren Stadt und den östlichen Stadttheilen mit der Ausstellung auf dem Main vermitteln. Es wird künstlerisch ausgestattet, electricisch beleuchtet und soll für 100 Personen Raum bieten. Für die Aussteller wird ein sehr günstiger Kraft-Tarif in Vorschlag gebracht, nach welchem der Preis für Maschinen von 1—50 HP. auf 60 Mark, von 50 bis 100 HP. auf 50 Mark, von 100—300 HP. auf 40 Mark und endlich von über 300 HP. auf 30 Mark pro Pferdekraft und zwar gültig für die ganze Dauer der Ausstellung ohne Berechnung nach Tagen und Stunden festgesetzt wird. Während der Ausstellung findet ein Congress der Electrotechniker statt; ferner hat der dortige Magistrat sämtliche deutschen Städteverwaltungen zu einem Congress eingeladen und die deutschen Gas- und Wasserfachmänner sowie die Naturforscher ersucht, ihre Versammlungen nach Frankfurt zu verlegen.

Der IV. internationale Binnenschiffahrts-Congress findet am 28. Juli und an den darauffolgenden Tagen in Manchester statt. Die Verhandlungen werden in englischer und französischer Sprache geführt. Während des Congresses finden Ausflüge nach hervorragenden Bauausführungen etc. im Norden Englands statt. Nähere Auskunft ertheilt der Secretär des Congresses: Lombard Chambers, 46 Brown Street, in Manchester.

Schwebende Drahtseilbahnen. Die Herren Nationalräthe Dr. A. Bürkli-Ziegler, Wüest und Zürcher haben folgende Motion eingegeben: „Der Bundesrath wird eingeladen, Bericht zu erstatten, ob es nicht nothwendig sei, die Luftseilbahnen, welche dem Personentransport dienen, analog den Eisenbahnen gesetzlichen Bestimmungen zu unterstellen“.

Jungfrau-Bahn. Die Behandlung der Concessionsgesuche für eine Jungfrau-Bahn wird auf die Septembersession verschoben.

Als vortheilhafteste Höhe für Bogenlampen gibt die Electrotechnische Zeitschrift 0,7 vom Radius der zu beleuchtenden Bodenfläche an. In der Ausführung wird jedoch diese Höhe selten erreicht werden können, woraus die Regel abzuleiten wäre, Bogenlampen, welche zur Beleuchtung ausgedehnter Strecken dienen sollen, möglichst hoch zu hängen, was bei neueren Anlagen auch thatsächlich geschieht.

Die XXI. Generalversammlung der G. e. P. in Schaffhausen, deren abgeändertes und ergänztes Programm am Schlusse dieser Nummer veröffentlicht wird, verspricht nach den bisher eingelaufenen Theilnahmeerklärungen ausserordentlich zahlreich besucht zu werden, was bei dem interessanten und schönen Programm, das die Schaffhauser Collegen aufgestellt haben, nicht zu verwundern ist.

*) Gefunden dürfte diese werden in den dynamischen Wirkungen der bewegten Lasten auf die Brücke.