

<b>Zeitschrift:</b>	Mittheilungen schweizerischer Ingenieure und Architekten : auf Veranstaltung des Vereins Schweizerischer Ingenieure und Architekten
<b>Herausgeber:</b>	J.H. Kronauer
<b>Band:</b>	1 (1853)
<b>Heft:</b>	1-2
<b>Artikel:</b>	Notiz zur Lehre über die Festigkeit der Materialien
<b>Autor:</b>	Autenheimer, F.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-1718">https://doi.org/10.5169/seals-1718</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### 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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### 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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 09.02.2026

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

Von dem Wasserkasten *M*, welcher sich an der Rückseite des Stückes *D* befindet fliest fortwährend Wasser dem Zeug zu, und läuft durch den Boden des Kropfes wieder ab. Der Zufluss, welcher durch die Röhre *e* stattfindet, kann durch die Hahnen *f* regulirt werden.

Die oben beschriebenen Schläger *H* werden durch die zwei Paar gusseisernen Däumlinge *c*, die in rechtem Winkel zu einander auf der Triebwelle *K* angebracht sind, dergestalt in Bewegung gesetzt, dass wenn der eine Schläger im Begriff ist gehoben zu werden, der andere bereits den höchsten Punkt erreicht hat und von dem Däumlinge losgelassen wird. Bei einer Umdrehung der Welle macht somit jeder Schläger zwei Schläge; jene hat eine Geschwindigkeit von 8 Umgängen per Minute und somit erhält das Zeug in dieser Zeit 32 Schläge.

Zur leichteren Ingangsetzung der Maschine ist das Rädervorgelege *N,O* im Verhältniss von 4 zu 1 angenommen und die Bewegung der Welle *g* wird durch einen über die feste Rolle *h* gehenden Riemen bewirkt. Wenn das Zeug aus dem Trog genommen werden soll, so kann entweder die Maschine durch das Hinüberschieben des Triebriemens auf die Leerrolle *h'* zum Stillstand gebracht, oder es können auch bloss die Schläger *H* durch die Hebelvorrichtung *i,k* bei ihrem höchsten Hub an den Zapfen *l* gefasst, etwas zurückgezogen und in dieser Lage erhalten werden, bis eine neue Partie Zeug in den Trog gebracht worden ist. Die Sättel *m* dienen zum Aufhalten der Schläger.

## Notiz

### **zur Lehre über die Festigkeit der Materialien.**

Von

**E. AUBENWIRMER,**  
Lehrer an der Industrieschule in Basel.

Um einer Construktion die richtigen Dimensionen zu geben, ist vor Allem nöthig, durch theoretische Zergliederung der statischen und dynamischen Verhältnisse zu prüfen: das Spiel der Kräfte, das sich in jeder Construktion geltend macht; die Vertheilung dieser Kräfte auf die einzelnen Theile des Baues; das Ueberspringen der Wirkungen aus einem Theil auf einen andern. Diese Verhältnisse sollte jeder Construkteur auf das Genaueste beobachten, um zu entscheiden, wo eine Anhäufung des Materials, eine Verstärkung nöthig ist, oder wo kleinere Querschnitte ausreichen. Die Vertiefung in die Wirkungen, die sich über eine Construktion verbreiten und die darauf gegründete Anwendung der Festigkeit auf die Haupttheile derselben haben zur Folge, dass die Construktion den Ausdruck des Ebenmaasses, der Richtigkeit und einer dauernden Sicherheit annimmt.

Die Festigkeit der Materialien wurde bis auf die letztere Zeit nur in *statischer* Hinsicht betrachtet. Eine statische Wirkung ist ein ruhiger Zug, ein Druck ohne Bewegung, ohne Stoss; sie ist anhaltend und für einige Zeit mehr oder weniger constant. Wenn das Material unter einer statischen Wirkung seine Form ändert, so geschieht dies sehr allmählig, langsam und ohne Erschütterung. Soll die Tragfähigkeit einer neuen Brücke geprüft werden und man belegt deren Bahn überall mit einer gleich hohen Schichte Sand, so wirkt die Last ruhig; die Prüfung der Brücke ist somit eine statische.

Ganz anders verhält es sich mit der *dynamischen* Wirkung; diese ist mit Bewegung, Stoss, Erschütterung begleitet. Sie wirkt rasch, intensiv und lässt, als einzelne Wirkung betrachtet, sogleich wieder nach. Die Wirkung eines Rammklotzes auf einen Pfahl ist dynamisch; ist der Letztere eingerammt und es liegt ein Theil eines Brückenpfeilers oder einer Mauer darauf, so unterliegt er einer statischen Wirkung. Geht eine grössere Anzahl Menschen im gleichen Schritt über eine Brücke, so setzen sie gleichzeitig ihren Fuss mit dem Gewicht ihres Körpers rasch auf die Brücke ab. Diese Wirkung ist dynamisch und wiederholt sich rasch. In Folge dessen nehmen die Vibrationen der Bahn zu und es ist möglich, dass die Brücke bricht, obgleich sie vielleicht zehn Mal mehr Menschen getragen hätte, wenn diese ruhig auf ihr gestanden wären.

Der Unterschied beider Wirkungen ist klar; es leuchtet ein, dass die einen Construktionen nur für statische, andere vorherrschend für dynamische und noch andere für beide Wirkungen zugleich bestimmt sind. Die ersten findet man vorherrschend beim Hochbau, die zweiten dagegen beim Maschinenbau, die dritten endlich beim Wasser- und Brückenbau.

Die statische Wirkung wird bekanntlich gemessen durch die Grösse des obwaltenden Drucks, also in Gewichten; die dynamische dagegen durch das Produkt aus der Kraft in den Weg, welchen sie in ihrer Richtung nach dem getroffenen Körper zurücklegt. Die dynamische Wirkung eines Rammklotzes z. B. ist gleich dem Produkt aus seinem Gewicht und seiner Fallhöhe; beträgt jenes 1000 Kilogr. und die Fallhöhe 3 Meter, so ist seine Wirkung =  $1000 \times 3 = 3000$  Kilogramm-Meter. Die Wirkung, welche der Dampf im Cylinder einer Dampfmaschine während eines Hubes hervorbringt, ist gleich dem Produkt aus dem Druck, den der Dampf auf die Kolbenfläche ausübt, in die Hubhöhe. Die Wirkung der Mannschaft, welche im Schritt über die Brücke geht, ist bei jedem Schritte gleich dem Gewicht sämmtlicher Personen multiplizirt mit der Höhe, um welche sie durchschnittlich ihren Körper heben und senken.

Wenn ein Körper frei herabfällt, so sammelt sich die Wirkung der Schwere, welche stetig auf ihn wirkt, in seiner Masse an, ähnlich wie sich in einem Behälter durch stetigen Zufluss Wasser ansammelt. Wenn ein Wagenzug auf einer Eisenbahn in Gang gesetzt wird, so nimmt die Geschwindigkeit stetig zu, die Einwirkungen des Dampfes sammeln sich in der Masse der Wagen an in der Art, dass die angehäufte dynamische Wirkung dem Quadrat der jeweiligen erlangten Geschwindigkeit proportional ist. Hört die Einwirkung des Dampfes auf, so wird die angesammelte dynamische Wirkung nach und nach durch die Widerstände aufgezehrt, welche sich der Bewegung entgegensemmt. In diesem Falle verliert die Masse des Wagenzuges ihre dynamische Wirkung stetig, wie diese sich auch stetig in ihr ansammelte; ist sie ganz consumirt, so steht der Zug still. Der Wagenzug kann seinen Vorrath an Wirkung aber auch plötzlich verlieren, dadurch, dass er auf ein starres Hinderniss stösst. Alsdann entladet sich diese Wirkung plötzlich auf diejenigen Theile, welche zusammenstossen, was eine Zertrümmerung dieser Theile zur Folge hat.

Jeder stossende Körper führt eine bestimmte Menge dynamische Wirkung mit sich, welche seiner Masse und dem Quadrat seiner Geschwindigkeit proportional ist. Beim Austreffen auf einen andern Körper springt diese Wirkung immer auf den getroffenen Körper über, wodurch dessen Moleküle immer in eine schwingende Bewegung gesetzt werden. Ueberschreiten die Moleküle in einem bestimmten Querschnitt eine gewisse Grenze, so erfolgt der Bruch in diesem Querschnitt. Geht die Entladung der dynamischen Wirkung auf den getroffenen Körper langsam vor sich, so wird die Wirkung sich über den ganzen Körper verbreiten und alle Moleküle desselben schwingen machen; dadurch werden auch zu grosse Schwingungen an einer einzelnen Stelle vermieden. Es lässt sich der Fall denken, dass die Wirkung sich über den ganzen Körper gleichmässig vertheile; dann vermag derselbe offenbar am meisten Wirkung in

sich aufzunehmen, bevor er bricht. Erfolgt dagegen die Entladung rasch, so wird, je nach der materiellen Beschaffenheit des getroffenen Körpers, die Wirkung sich nicht schnell genug über alle Theile verbreiten können. Gerade an der getroffenen Stelle wird demnach die Wirkung am konzentriertesten, also werden auch dort die Schwingungen am heftigsten sein. Der Bruch muss desshalb an der getroffenen Stelle eintreten, wenn er überhaupt irgendwo eintritt. Es leuchtet ein, dass der Körper eine um so grössere Wirkung aushalten kann, je mehr Moleküle an den Schwingungen Anteil nehmen und je gleichförmiger diese Vibrationen sind, natürlich unter Voraussetzung gleicher substantieller Beschaffenheit. Bei einer grossen Geschwindigkeit des Stosses wird eine verhältnissmässig kleine Wirkung ausreichen, um den Bruch herbeizuführen. Diese grössere oder geringere Concentration der Wirkung auf eine Stelle und ihre nur allmähliche Verbreitung durch das ganze Material ist Thatsache. Jedoch hat weder Beobachtung noch Theorie gezeigt in welcher Weise die Geschwindigkeit der Vertheilung der Wirkung mit der Geschwindigkeit des vorangegangenen Stosses zusammenhänge.

Machen wir die Annahme, dass bei nicht allzu raschen Entladungen die Wirkung über den Körper sich gleichmässig verbreiten könne, bevor der Bruch eintrete. Dadurch wird der Widerstand, den das Material leistet proportional sein der Summe seiner Moleküle, oder bei gleicher materieller Beschaffenheit, der Grösse seines Volumens; und in der That hat diess auch Theorie und Praxis bestätigt.

Dieser Satz ist das Eine worauf hier aufmerksam gemacht werden soll. Eine andere merkwürdige Beziehung des Materials gegenüber dynamischen Wirkungen bietet die substantielle Beschaffenheit dar.

Bekanntlich heisst diejenige Kraft, welche ein Stäbchen vom Querschnitt 1 der Längenrichtung nach zerreißen kann, der Coeffizient der absoluten Festigkeit. Im gleichen Sinn ist der Coeffizient für rückwirkende, relative und drehende Festigkeit zu verstehen. Ferner nennt man die Kraft, welche einem Stab vom Querschnitt 1 eine Ausdehnung geben könnte von solcher Grösse, dass die Zunahme an Länge gleich der ursprünglichen Länge wäre, den Coeffizienten der Elastizität.

Nun hat sich herausgestellt, dass die Festigkeit in dynamischer Hinsicht dem Quadrat des Festigkeits-Coeffizienten direkt, und dem Elastizitäts-Coeffizienten verkehrt proportional ist.

Wird für irgend eine Art der Festigkeit, z. B. für die absolute, der Coeffizient mit A, der Coeffizient der Elastizität mit E bezeichnet, so ist der Widerstand gegen eine dynamische Wirkung, die den Stab zerreißen will, proportional der Grösse  $\frac{A^2}{E}$ , offenbar eine ganz merkwürdige Beziehung, welche die materielle Beschaffenheit des Stoffes in einem ganz andern Lichte erscheinen lässt, als es bisher bei blosser statischer Auffassung der Fall war.

Redtenbacher hat durch Rechnung (siehe dessen „Resultate für den Maschinenbau“ oder dessen „Principien der Mechanik“ gefunden, dass für dynamische Wirkungen unter obiger Voraussetzung folgende Formeln Geltung haben:

a) Für die Ausdehnung und Zusammenpressung:

$$(1) \quad W = \frac{1}{2} \left( \frac{A^2}{E} \right) V.$$

b) Für die Biegung eines Stabes mit rechtwinkligem Querschnitt:

$$(2) \quad W = \frac{1}{18} \left( \frac{R^2}{E} \right) V.$$

c) Für die Verdrehung cylindrischer Stäbe:

$$(3) \quad W = \frac{1}{4} \left( \frac{T^2}{e} \right) V.$$

Hiebei bedeutet:

W die dynamische Wirkung in Kilogramm-Centimetern ausgedrückt, indem als Einheit des Gewichtes das Kilogramm, als Längenmass der Centimeter angenommen wurde; A der Coefficient der absoluten und rückwirkenden Festigkeit; B der Coeff. der relativen Festigkeit; T der Coeff. der Torsions-Festigkeit; E der Coeff. der Elastizität beim Verstrecken oder Verkürzen; e der Coeff. der Elastizität für die Torsion; V das Volumen oder der cubische Inhalt des Materials.

Zur Erläuterung des Obigen mögen folgende Beispiele dienen: Zwei Ketten von gleichem Eisen, gleichem Querschnitt und gleicher Form ihrer Glieder, sowie von gleicher guter Arbeit haben bekanntlich gleiche absolute Festigkeit in statischer Hinsicht, welche Länge auch jede Kette habe. Nun soll aber die eine 2 bis 3 Mal länger sein als die andere, so hält die längere bei einem plötzlichen Zuge etwa durch Herabfallen eines daran befestigten Gewichtes, eine 2 bis 3 Mal grössere dynamische Wirkung aus, als die kürzere.

Haben die Glieder der einen Kette nur den halben Querschnitt der andern, während die dünnere die doppelte Länge besitzt, so halten beide Ketten die gleiche dynamische Wirkung aus, denn beide Ketten haben gleiches Volumen.

Man denke sich einen schmiedeisernen Stab und ein Stück Kuhleder von gleichen einzelnen Dimensionen, also auch gleichem Volumen, — so ist die absolute Festigkeit des Eisens in statischer Hinsicht 14 — 15 Mal grösser, als diejenige des Kuhleders; während diejenige des Letztern in dynamischer Hinsicht 13 — 14 Mal grösser ist, als die des Eisens. Dieses Beispiel mag zeigen, wie gross der Unterschied zwischen dem Verhalten eines Stoffes gegen statische und dynamische Wirkungen ist.

Ein Stab von rechtwinkligem Querschnitt, dessen Breite mehrere Male grösser sei als die Höhe, werde in flacher Lage am einen Ende horizontal eingespannt; dann wird derselbe in statischer Beziehung ein weit kleineres Tragungsvermögen besitzen, als wenn er auf die hohe Kante eingespannt wäre. Lässt man aber in der einen oder andern Lage auf sein freies Ende ein gleiches Gewicht von gleicher Höhe herabfallen, so wird er in beiden Fällen genau gleich stark in Gefahr sein zu brechen. Die einzelnen Dimensionen des Querschnitts kommen also gegenüber von dynamischen Wirkungen nicht in Betracht. — Würde der obige Stab, bei sonst ganz gleichen Umständen, eine doppelte Länge haben, so vermöchte er, nach Formel (2), am freien Ende einer doppelt so grossen dynamischen Wirkung zu widerstehen, während doch sein Tragungsvermögen auf die Hälfte herabgesunken ist. — Ganz die gleiche Formel (2) findet man auch für den Fall, wo der Stab mit den beiden Enden aufliegt und die dynamische Wirkung auf irgend eine Stelle zwischen den Unterstützungspunkten stattfindet.

Schmiedeisen leistet in statischer Beziehung gegen die Verbiegung ungefähr 6 — 7 Mal mehr als Tannenholz von gleichen Dimensionen; dagegen in dynamischer Hinsicht nur etwa 3 Mal mehr. — Zwei Wellen von Schmiedeisen sollen zur Fortleitung dynamischer Wirkungen dienen. Die eine habe den doppelten Durchmesser der andern, dagegen nur den vierten Theil ihrer Länge; somit haben beide Wellen gleiche Volumen und leisten auch den gleichen Widerstand gegen Stösse, welche die Wellen zu verwinden streben. — Die Torsionsfestigkeit in statischer Hinsicht einer gusseisernen Welle ist 10 Mal grösser als die einer Welle von Eichenholz bei den gleichen Dimensionen; in dynamischer Hinsicht dagegen 14 Mal grösser.

Es liegt nicht in unserer Absicht, diese Beispiele weiter auszudehnen und hier überhaupt noch weiter in die Sache einzutreten. Wir wollten nur die Fortschritte hervorheben, welche man in der Theorie der Festigkeit in neuster Zeit gemacht hat. Belehrung hierüber findet man in oben erwähntem Werke von Redtenbacher und in dem „Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinenmechanik“ von Jul. Weisbach.



