

### IX. *Einige Experimente über den Stoss von Cylindern; von Ludwig Boltzmann in Graz.*

(Aus dem 84. Bd. d. Sitzungsber. d. k. Acad. d. Wiss. zu Wien. II. Abth. Dec.-Heft., vom 15. Dec. 1881; mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

Nach einer bekannten Theorie von Cauchy und St. Venant<sup>1)</sup> ist der Erfolg des Stosses zweier Prismen, selbst bei Voraussetzung vollkommener Elasticität derselben, nicht bloß von den Massen der Prismen, sondern auch von der Länge und Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Longitudinalwellen in denselben abhängig, da durch den Stoss in beiden Prismen zunächst eine Longitudinalwelle entsteht, und von der Zeit der Rückkehr der an den freien Prismenenden reflectirten Longitudinalwellen zur Stossstelle der Erfolg des Stosses abhängt.

Um diese Theorie experimentell zu bestätigen, liess ich zunächst vier Glasstäbe von gleicher Masse, aber verschiedener Länge und verschiedenen Querschnitten anfertigen. Da die Versuche nur vorläufige, ohne besondere Sorgfalt ausgeführte waren, so kann ein definitives Urtheil über die Resultate derselben noch nicht abgegeben werden; doch schienen sich die verschieden langen Stäbe bei gleicher Masse nahezu gleich zu verhalten. Ich vermuthete, dass dies daher kommt, dass der Stoss nur an einem Punkte geschieht, dass daher bei gleich langen ebenso wenig als bei ungleich langen Stäben die reflectirten Wellen sich wieder am Ausgangspunkte concentriren. Hiernach würde also der bedeutende Verlust von lebendiger Kraft beim Stosse nicht bloß der elastischen Nachwirkung zuzuschreiben sein, sondern auch der ungleichzeitigen Rückkehr der beiden reflectirten Wellen zur Stossstelle selbst bei gleich langen, doch niemals absolut gleich beschaffenen Stäben, welche bewirkt, dass immer ein Theil der lebendigen Kraft in Form von Schwingungen in den Stäben zurückbleibt. Dass auch die

1) Cauchy und St. Venant, Soc. phil. 1826. p. 180. Compt. rend. 63. p. 1108. 1866. 64. p. 1009, 1192. 1867. 66. p. 650, 877. 1868. Liouv. Journ. (2) 12. p. 237. 1867.

Bedingung des centralen (oder vielmehr absolut coaxialen) Stosses niemals vollkommen erfüllt werden konnte, folgt schon aus dem Umstande, dass bei jedem Stosse der Transversalton der Stäbe stark erklang.

Um den Bedingungen der Theorie möglichst gerecht zu werden, liess ich vier Stäbe aus weichem, grauem Kautschuk  $A, A', B, B'$  verfertigen, welche die Gestalt von Kreiscylindern hatten. Jeder Stab war an einem Ende mit einer an der Verbindungsstelle rauhen, an der anderen Seite sehr flach abgerundeten Beinplatte von gleichem Querschnitt und etwa  $1\frac{3}{4}$  mm Dicke versehen, mit welcher er schon beim Pressen möglichst gut verbunden worden war. Je zwei Stäbe stiessen jedesmal mit den Beinplatten aneinander. Da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Longitudinalwellen im Beine sehr viel grösser als im Kautschuk ist, so wurde dadurch bewirkt, dass während des Stosses immer die gesammte Endfläche des gestossenen Stabes drückend wirkte, obwohl sich nur die beiden Beinplatten in einem Punkte berührten. Ich beabsichtigte, die Stäbe alle gleich schwer zu machen und deren Durchmesser so zu reguliren, dass zwei derselben doppelt so lang als die beiden übrigen wurden. Leider gelang es dem Fabrikanten nur sehr unvollkommen, diesen Bedingungen gerecht zu werden; die kürzeren Stäbe mussten nachher, so gut es ging, noch weiter abgeschnitten werden, um wenigstens angenähert dasselbe Gewicht wie die längeren zu haben; trotzdem war auch diese Bedingung nicht vollkommen erfüllt. Es sind daher auch diese Versuche blos als Vorversuche zu betrachten, und wenn ich sie trotzdem publicire, so geschieht es blos deshalb, weil sich aus denselben bereits mit voller Sicherheit das Resultat ergab, dass ein Unterschied zwischen dem Stosse zweier gleich langer Stäbe im Sinne der St. Venant'schen Theorie ganz zweifellos besteht, dass er aber bei weitem nicht so gross wie der von jener Theorie geforderte ist.

Um einen möglichst coaxialen Stoss zu erzielen, waren auf jeden Stab zwei kleine Messinghäkchen an solcher Stelle aufgekittet, dass die Verbiegung des hängenden Stabes ein Minimum war. Jedes Häkchen hing an zwei Coconfäden,

deren Ebene senkrecht zur Stabaxe war. Das nicht am Häkchen befestigte Ende jedes Coconfadens konnte mit Mikrometerschrauben gehoben und gesenkt und ausserdem parallel der Stabaxe verschoben werden. Dadurch konnten die Stäbe coaxial und so gestellt werden, dass sie sich in der Ruhelage gerade berührten. Mittelst eines horizontalen Coconfadens wurde nur einer der Stäbe um ein genau gemessenes Stück aus seiner Ruhelage entfernt (dieses Stück soll die Hubhöhe heissen und mit  $H$  bezeichnet werden). Dann wurde der horizontale Coconfaden durch Grösserdrehen einer kleinen, langgestreckten Gasflamme abgebrannt und so der Stoss eingeleitet. Es wurde immer nur die Grösse (der Ausschlag  $S$ ) beobachtet, um welche der zweite Stab nach dem Stosse sich von seiner Ruhelage entfernte. Trotz der bedeutenden Länge der Aufhängefäden geschah die Umkehr doch sehr rasch, und musste immer die Stelle, wo sie zu erwarten war, schon früher fixirt werden. Die Ablesung der Umkehrpunkte geschah durch Beobachtung des Schattens der Aufhängefäden auf einer Millimeterscala.

Die Dimensionen waren folgende: Länge der Stäbe  $A, A', B, B'$  ohne Beinplatten: 100, 104, 230, 228 mm, Dicke der kurzen Stäbe etwa 17, der langen etwa 11 mm, Gewichte der Stäbe sammt Aufhängehaken und Beinplatten: 23,816, 23,790, 23,904, 23,802 g, Länge der Aufhängefäden etwa 152 cm. Die Resultate der Beobachtungen, welche durch Hrn. Hammer, gegenwärtig Professor am Gymnasium zu Villach ausgeführt wurden, sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

1)  $H = 100$ .

$S$	Stäbe gleich lang			Stäbe ungleich				
	$A' a. A$	$B a. B'$	$B' a. B$	$A a. B$	$B a. A$	$B a. A'$	$A' a. B'$	$B' a. A'$
$S$	83	83,5	84	79	79,5	79	79	79
	83	83,5	83,5	79,5	79,5	79	79	79
	83	83,5	83,7	79,5	79,5	79	79	79
$P$	17	16,5	16,3	20,7	20,5	21	21	21

2)  $H = 50$ .

	Stäbe gleich		Stäbe ungleich			
	$B$ auf $B'$	$B'$ auf $B$	$A$ auf $B$	$B$ auf $A$	$B'$ auf $A'$	$A'$ auf $B'$
$S$	42	42	40	40	40	40
	42	42	40,5	40	40	40
	42	42	40,5	40	40	40
$P$	16	16	19,4	20	20	20

3)  $H = 30$ .

	Stäbe gleich	Stäbe ungleich
	$A'$ auf $A$	$B$ auf $A'$
$S$	26	24
	26	24
	25,5	24,5
$P$	13,9	19,4

Jede Beobachtung wurde dreimal gemacht, worauf sich die drei in den Tabellen enthaltenen Werthe des Ausschlag  $S$  des gestossenen Stabes beziehen. Je drei zusammengehörige Werthe  $S$  stimmen immer sehr gut, was aber erst erreicht wurde, als die Stäbe mit der minutiösesten Genauigkeit coaxial gestellt und dafür gesorgt war, dass sie sich in der Ruhelage wirklich genau berührten. Die unter  $P$  angegebenen Zahlen sind die Differenzen zwischen dem mittleren Ausschlag und der Hubhöhe, in Procenten der letzteren ausgedrückt.

Es ist also  $[P = (H - S)/H] \cdot 100$ . Die Geschwindigkeiten des stossenden Stabes vor, und des gestossenen nach dem Stosse können mit genügender Annäherung proportional  $H$  und  $S$  gesetzt werden. Aus den Tabellen ist sofort ersichtlich, dass jedesmal, wenn die stossenden Stäbe ungleich lang waren, auf den gestossenen bedeutend weniger Geschwindigkeiten übertragen wurde, als wenn sie gleich lang waren; doch ist der Unterschied viel geringer, als er nach St. Venant's Theorie sein sollte. Dagegen stimmen alle unter den verschiedensten Umständen angestellten Versuche, bei denen beide Stäbe gleich lang waren, sehr nahe überein; ebenso

alle, bei denen die Stäbe ungleich lang waren. Es scheint wohl, als ob, in Procenten der Stossgeschwindigkeit ausgedrückt, auf den gestossenen Stab um so mehr Geschwindigkeit übertragen werde, je geringer die Hubhöhe ist; doch ist der Unterschied so klein, dass er vielleicht auf Beobachtungsfehlern beruht, die natürlich gerade bei den kleinsten Hubhöhen am grössten sind.

---

**X. Ueber die Ersetzung der Salpetersäure in galvanischen Elementen durch Wasserstoffsperoxyd;  
von Arthur König.**

(Aus den Verhandl. der physik. Ges. in Berlin 1882. Nr. 3,  
mitgetheilt vom Herrn Verfasser.)

---

Bei Gelegenheit einer Mittheilung<sup>1)</sup> über eine neue Methode zur Darstellung von Sauerstoff für Laboratoriumszwecke machte Hr. Landolt den Vorschlag, in den Grove'schen und Bunsen'schen Elementen die Salpetersäure durch eine Lösung von Wasserstoffsperoxyd in Wasser, wie sie seit einiger Zeit technisch dargestellt wird und in den Handel gelangt, zu ersetzen. Es kommt durch eine solche Aenderung in der Zusammensetzung die ätzende Wirkung, welche diese Elemente sowohl auf die Respirationsorgane des Beobachters wie auch auf die Metalltheile der Apparate ausüben, in Wegfall.

Die electromotorische Kraft derartig veränderter Elemente, welche ich im Folgenden als Grove-Landolt'sche und Bunsen-Landolt'sche Elemente bezeichnen werde, habe ich einer Prüfung unterzogen und nachstehende Resultate erhalten. Es sei bemerkt, dass die benutzte Lösung von Wasserstoffsperoxyd nach einer Analyse, welche Hr. Landolt ausführen zu lassen zu Güte hatte, 2,25% Wasserstoffsperoxyd enthielt.

Die Messung der electromotorischen Kraft wurde mit

---

1) In der Sitzung der physikal. Ges. in Berlin am 2. Dec. 1881.