XI. Ueber 'sGravesande's Verfahren zur Bestimmung des Elasticitätsmoduls; von George Stradling.

In neuerer Zeit ist behauptet worden, dass die sogenannte 'sGravesande'sche Methode¹⁾ keinen Werth für die Bestimmung des Elasticitätsmoduls dünner Drähte besitzt.²⁾ Der Zweck folgender Versuchsreihe ist, die Gültigkeit dieser Methode zu prüfen unter Zugrundelegung einer von F. Kohlrausch gegebenen Formel³⁾:

$$E = \frac{1}{8} \frac{l^3}{q} \frac{\frac{P_2}{H_2} - \frac{P_1}{H_1}}{H_2^2 - H_1^2}.$$

Den Bedingungen gemäss, für welche die Formel allein Gültigkeit hat, wurden nur dünne Drähte untersucht. Der grösste Querschnitt benutzter Drähte betrug 0,0176 qmm. Jedes Ende des zu untersuchenden Drahtes wurde zwischen zwei Messingplatten eingeschraubt, welche auf einer starken Holzstange befestigt waren. An der Mitte des Drahtes hing mittelst eines kleinen Hakens eine Schale für die Gewichte P . Eine auf Spiegelglas geätzte Millimeterscala diente zur Ablesung der Senkungen H . Mit wenigen Ausnahmen wurden die Ablesungen mit blossen Auge ausgeführt.

Zur Controlle wurde der Elasticitätsmodulus der gleichen Drähte auch nach der gewöhnlichen Methode durch Verlängerung bei verticaler Aufhängung bestimmt. Die Drahtlänge im Thurm des physikalischen Instituts zu Strassburg betrug etwa 23 m. Die Schwingungen des langen Drahtes

1) Jacob 'sGravesande, *Physices Elementa Mathematica*, Leyden 1742. 'sGravesande hat nicht etwa Elasticitätsmoduln von Drähten so bestimmt, sondern er leitete mittelst seiner Methode nur einige einfache Elasticitätsgesetze ab.

2) E. Tacke, Ueber den Werth der 'sGravesande'schen Methode zur Bestimmung der Elasticitätscoëfficienten dünner Drähte. Greifswald 1889.

3) F. Kohlrausch, *Leitfaden der Physik*. p. 104.

wurden von einem in Terpentinöl eintauchenden Dämpfer unschädlich gemacht. Diese Methode werden wir als die Längsmethode bezeichnen.

Die Temperaturen lagen bei Benutzung der ersten Methode nicht weit von 15°C. , und bei der zweiten ungefähr 10° niedriger.

I. Claviersaite. Querschnitt $q = 0,01744\text{ qmm}$, gefunden durch Wägen, das spezifische Gewicht $= 7,7$ gesetzt.

's Gravesande'sche Methode. Länge $l = 844\text{ mm}$. Das Gewicht P bewirkte die Senkung H .

P_1 kg	H_1 mm	P_2 kg	H_2 mm	Elasticitätsmodul kg-Gewicht/qmm
0,0068	3,6	0,0368	14,05	19600
98	5,05	418	15,1	20250
118	6,05	468	16,2	20580
168	8,1	518	17,1	20850
218	9,95	568	18,05	20590
268	11,55	618	18,95	20650
318	12,95	668	19,75	20640
Mittelwerth				20450.

Die ersten Werthe werden wegen der Kleinheit von H weniger genau sein.

Weitere 17 Bestimmungen gaben $E = 20610$. Der Mittelwerth aus allen 24 ist 20560. Eine zweite Reihe von 10 Messungen, worin $l = 3223\text{ mm}$ ergibt $E = 20580$.

Die Längsmethode lieferte für dieselbe Drahtsorte bei 22670 mm Länge folgendes.

P kg	Scalaables. mm	P' kg	Scalaabl. mm	$P - P'$ kg	δl	E kg-Gew./qmm
0,3346	103,15	0,1346	115,75	200	12,60	20170
0,3846	99,95	0,1346	115,75	250	15,80	20100
0,4346	96,9	0,1846	112,60	250	15,70	20230
0,4846	93,75	0,2346	109,45	250	15,70	20230
0,5346	90,75	0,2846	106,30	250	15,55	20430
Mittelwerth						20230

Eine zweite Reihe von 5 Bestimmungen lieferte den Werth $E = 20360$. Mittel $E = 20300$.

II. Schwedischer Holzkohleneisendraht. Querschnitt $= 0,0176\text{ qmm}$. $l = 3224\text{ mm}$.

Acht Bestimmungen nach der ersten Methode gaben den Werth $E = 20450$.

Bei der Längsmethode schien es sehr schwierig, den Draht vollständig gerade zu spannen. Jedenfalls waren die Verlängerungen nicht den Belastungen proportional, und zwar nahm $\delta l / \delta P$ mit steigender Belastung immer mehr ab. Das sicherste Resultat ist $E = 19740$. In diesem Falle variiren die Ergebnisse der 's Gravesande'schen Methode nicht so viel untereinander, wie diejenigen der zweiten Methode.

III. Messingdraht. $q = 0,0100$ qmm, specifisches Gewicht = 8,5 gesetzt. $l = 3224$ mm.

Neun Bestimmungen der ersten Methode liefern das Resultat $E = 9610$. Die einzelnen Werthe von E stimmen hier weniger gut miteinander überein.

Die Längsmethode ergab $E = 10140$.

IV. Messingdraht $q = 0,01505$ qmm. $l = 3224$ mm.

Erste Methode aus neun Bestimmungen $E = 9470$.

Längsmethode „ „ „ $E = 9130$.

V. Neusilberdraht. Durchmesser direct gemessen = 0,102 mm. $l = 3224$ mm.

Erste Methode aus sechs Bestimmungen $E = 15380$.

Die zweite Methode ergab $E = 15680$.

Vergleichung der Resultate der zwei Methoden.

	Eisen		Messing	Neusilber	
	I	II	III	IV	V
's Gravesande'sche	20560	20450	9610	9470	15380
Längs-Methode	20300	19740	10140	9130	15680

Bei der ersten Methode konnte ein Fehler durch die Senkung des Drahtes vermöge seines eigenen Gewichtes entstehen. Um diesen zu beseitigen, wurde der Draht in verticaler Richtung angespannt, und die Ausbiegung horizontal durch ein Gewicht am Faden über eine Rolle bewirkt. Mit dem schon in III gebrauchten Draht ergaben sich folgende Werthe von E :

9560, 9650, 9710, 9810. Mittelwerth 9680.

Für den Messingdraht IV bekam man:

$E = 9230, 8840, 9070, 9270, 8730$. Mittelwerth 9030.

Letzterer Wert stimmt viel besser mit dem von der Längsmethode gelieferten Resultat $E = 9130$, als der frühere 9470.

Dasselbe ergibt sich für den Draht von schwedischem Eisen, wobei man erhielt:

$$E = 19600, 19860, 19570, 19660, 19590. \text{ Mittelwerth } 19660.$$

Es scheint hiernach, dass die verticale Ausspannung des Drahtes die vortheilhaftere ist.

Durch Messung der ursprünglichen Spannung habe ich die 'sGravesande'sche Methode zu vereinfachen gesucht, wobei eine Ausbiegung genügt. Einige Resultate waren gut, aber die ursprüngliche Spannung sicher zu ermitteln, ist schwierig.

Die 'sGravesande'sche Methode ergibt sich nach vorliegenden Messungen bei dünnen Drähten als durchaus brauchbar, wie sich eigentlich von selbst versteht, da die angewandte Formel richtig ist. Wenn Hr. Tacke zu anderen Ergebnissen gelangte, so liegt das an seinen ungeeigneten Versuchsbedingungen.

Strassburg i. E., Juli 1890.