**15. Ueber den Einfluss des Streckens
durch Zugbelastung auf die Dichte des Materials;
von L. Grunmach.¹⁾**

Unter den verschiedenen Versuchen, welche die mit unserer technischen Hochschule in enger Beziehung stehende mechanisch-technische Versuchsanstalt in allgemein wissenschaftlichem und öffentlichem Interesse ausführt, spielen eine bedeutende Rolle die Untersuchungen über die Festigkeit der Metalle und über die Aenderungen, welche die Festigkeit unter dem Einflusse verschiedener äusserer Kräfte, z. B. unter der Einwirkung der Wärme, der Zugbelastung etc. erfährt.

So hat unter anderem über den Einfluss des Streckens auf die Festigkeit von Metallstäben Hr. Rudeloff seit längerer Zeit ausgedehnte Versuche angestellt, aus denen sich ergibt, dass die Festigkeit durch Strecken zunimmt, die Dehnung dagegen abnimmt. Allgemein zeigt sich, dass eine bleibende Formveränderung stets eine Festigkeitsänderung, also auch eine Aenderung in der molekularen Anordnung des Materiales zur Folge hat. Es lag daher die Frage nahe, ob durch Strecken auch Dichteänderungen an verschiedenen Stellen des Materiales hervorgerufen würden. Die auf Hrn. Rudeloff's Veranlassung von mir ausgeführten und hier mitzutheilenden Versuche bejahen diese Frage.

Der zu untersuchende cylindrische Eisenstab (Siemens-Martin-Flusseisen), welcher nach Maassgabe nebenstehender Skizze (Fig. 1) abgedreht worden war, wurde an den mit *K* bezeichneten Stellen, den Stabköpfen, in verticaler Richtung in eine Zerreißmaschine

Fig. 1.

1) Vorgetragen auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Düsseldorf am 22. September 1898.

gespannt, bei welcher die Krafterzeugung durch eine hydraulische Presse erfolgt, die von einem selbstthätigen, stossfrei

Fig. 2.

sich durch eine „Schaulinie“ (Fig. 2) darstellen, deren Ordinaten den Belastungen und deren Abscissen den zugehörigen Dehnungen entsprechen.

Fig. 3a.

wirkenden Druckerzeuger gespeist wird. Zwischen dem letzteren und dem Presscylinder sind in die Leitung Regulirventile eingeschaltet, welche den Wasserzufluss so zu reguliren gestatten, dass die Streckung des Stabes stossfrei und stets mit derselben Geschwindigkeit erfolgt. Zur Kraftmessung dient eine Waagevorrichtung. Die Beziehungen zwischen Belastung und Dehnung des Stabes lassen

Solche Schaulinien werden von den Zerreißmaschinen selbstthätig verzeichnet. An ihnen lassen sich im allgemeinen drei charakteristische Theile unterscheiden, erstens der bis zur „Proportionalitätsgrenze“ geradlinig verlaufende Theil, zweitens bei dem benutzten Material der Theil nach Ueberschreitung der „Streckgrenze“, bei welcher der Stab eine gewisse Zeit lang beträchtlich sich streckt, ohne

dass die Belastung zunimmt, und endlich der dritte Theil bis zur „Zerreissgrenze“. Bei der Streckgrenze treten bestimmte charakteristische Veränderungen im Aussehen des Probestabes auf: War er vorher polirt, so verschwindet die Politur, die Oberfläche verändert sich auffällig, sie wird rauh, und es treten die sogenannten „Streckfiguren“ (Fig. 3 a u. Fig. 3 b) auf, das sind gewisse Liniensysteme, welche an verschiedenen Stellen in zur Zugrichtung (um Winkel von etwa 45°) geneigten Richtungen hervorschiessen, ferner schwächer ausgebildete Liniensysteme, die nahezu senkrecht zur Zugrichtung verlaufen.¹⁾ Man bezeichnet diesen Zustand mit „*Fliessen*“. Die Streckfiguren verschwinden allmählich wieder, und die Last steigt von neuem an bis zur „höchst getragenen Last“ oder „Bruchlast“. Unter ihr bildet sich bei zähem Material eine Einschnürung (Fig. 4), die allmählich zunimmt, bis schliesslich unter der Zerreisslast der Bruch des Stabes

Fig. 3 b.

Fig. 4.

1) L. Hartmann, Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts, 1896; A. Rejtö, Ueber die Entstehung der Kraftlinien an den Oberflächen der beanspruchten Körper, Baumaterialienkunde 3. p. 77. 1898.

stattfindet. Dem Probestabe war absichtlich die eigenthümliche, durch Fig. 1 dargestellte Form gegeben worden, um eine möglichst verschiedene Beanspruchung an den verschiedenen Querschnitten desselben zu erzielen. Bezeichnet man mit

Σ_p die Belastung an der Proportionalitätsgrenze (20 kg pro mm²),
 Σ_s „ „ „ „ Streckgrenze (25 „ „ „),
 Σ_b „ „ „ „ Bruchgrenze (47 „ „ „),

des Stabes, so waren die Querschnitte für die einzelnen Stufen so bemessen, dass beim Bruch der Stufe 6 die Stufen 1, 2, 3, 4, 5, 6 der Reihe nach belastet waren mit

$$\frac{1}{2} \Sigma_p, \quad \Sigma_p, \quad \Sigma_p + \frac{\Sigma_s - \Sigma_p}{2}, \quad \Sigma_s, \quad \Sigma_s + \frac{\Sigma_b - \Sigma_s}{2}, \quad \Sigma_b.$$

Um von der absoluten Grösse der hierbei in Wirkung tretenden Zugkräfte eine Vorstellung zu geben, sei hier mitgetheilt, dass bei einem anderen Eisenstab von durchweg kreisförmigem (und zwar 314 mm²) Querschnitt die Belastung

bei der Streckgrenze 11,05 Tonnen = 11 050 kg,
 „ „ Bruchgrenze 13,36 „ = 13 360 „
 und die ZerreiSSLast 9,70 „ = 9 700 „

betrug. Im Augenblick des Bruches ist nämlich die getragene Last kleiner als die höchstgetragene Last, weil der Querschnitt infolge der Einschnürung kleiner geworden ist. Würde man mit dem Bruchquerschnitt in die Bruchlast hineindividiren, so würde man für die Spannung einen Werth erhalten, der grösser ist als die Bruchfestigkeit.¹⁾

Nachdem nun der Stab auf diese Weise in seiner Mitte bei *a* zerrissen war, wurde er vorsichtig in die 12 Stücke 1, 2, 3, . . . 6 (oben), 1, 2, 3, . . . 6 (unten) zerschnitten und das specifische Gewicht dieser 12 Stücke — die Stabköpfe *K*, welche zur Einspannung dienten, wurden einer Untersuchung

1) $\frac{\text{Höchstgetragene Last}}{\text{Ursprünglicher Querschnitt}} = \text{Bruchfestigkeit};$
 $\frac{\text{ZerreiSSLast}}{\text{Querschnitt beim Bruch}} = \text{ZerreiSSFestigkeit}.$

nicht unterworfen — auf das sorgfältigste durch Wägungen in der Luft und in Wasser bestimmt. Dieselben sind auf einer guten Westphal'schen 100 Grammwaage mit Benutzung eines mir von der Normal-Aichungscommission freundlichst zur Verfügung gestellten Stückrath'schen Hauptnormalgewichtssatzes ausgeführt worden. Von jedem der 12 Stücke sind je zwei Wägungen, eine *vor* und eine *nach* der Volumenbestimmung ausgeführt worden. Jede dieser 24 Wägungen ist eine aus je 6 Theilwägungen bestehende und symmetrisch zur Mitte angeordnete Tarawägung nach dem Schema:

	Links	Rechts
	Tara	$P + 1 \text{ mg}$
I	„	P
II	„	N
II	„	N
I	„	P
	„	$P - 1 \text{ mg},$

in welchem P das zu bestimmende Gewicht und N die Normalgewichte bedeuten. Nach dem analogen Schema wurden auch die 24 Wasserwägungen ausgeführt; und zwar befindet sich bei den Theilwägungen I P am Gehänge, welches mittels eines sehr feinen Platindrahtes bis zu einer bestimmten Marke in reines destillirtes Wasser taucht, während bei den Theilwägungen II das Gewicht des aus dem Gehänge entfernten (aber im Wasser bleibenden) Körpers durch die Normalgewichte N auf der rechten Schale ersetzt wird, wobei die Tara auf der linken Schale unverändert bleibt. Die meteorologischen Ablesungen fanden unmittelbar vor und nach den Wägungen statt; die corrigirten und reducirten Mittelwerthe derselben wurden unter Zugrundelegung der in den metronomischen Beiträgen Nr. I enthaltenen Tabellen und unter Annahme der von den Herren Marck, Thiesen und Scheel angegebenen Werthe für die Dichten des Wassers zur Reduction der Wägungen auf den luftleeren Raum, bez. auf Wasser von $+ 4^{\circ} \text{ C.}$ als Einheit benutzt.

Die Wägungsergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengestellt; dabei ist G das absolute Gewicht in Grammen (reducirt auf den luftleeren Raum), s das specifische Gewicht bei $+ 18^{\circ} \text{ C.}$ (bezogen auf destillirtes Wasser von $+ 4^{\circ} \text{ C.}$):

<i>G</i>		<i>s</i>	<i>G</i>		<i>s</i>	
o_1	95,80412	7,836	u_6	7,41194	7,783 ₅	Differenz: 0,050
o_2	50,05896	7,834	u_5	21,15405	7,835 ₅	} 7,833 ₅
o_3	36,25035	7,836 ₅	u_4	28,36248	7,833 ₅	
o_4	28,42975	7,835 ₅	u_3	36,52316	7,833 ₅	
o_5	21,16565	7,833 ₅	u_2	49,92398	7,832	
o_6	8,91168	7,795	u_1	95,77703	7,833 ₅	
		Differenz: 0,040				

Die Zusammenstellung zeigt die interessante Thatsache, dass die oberen fünf Stufen o_1 , o_2 , o_3 , o_4 , o_5 und ebenso die entsprechenden unteren nahezu *dasselbe specifische Gewicht* besitzen; die einzelnen Werthe weichen nur um *ein bis zwei Einheiten* der dritten Decimale voneinander ab und können daher zu je einem Mittelwerthe 7,835, bez. 7,833₅ vereinigt werden. *Die Dichte der beiden Stufen o_6 , u_6 aber, zwischen denen die Einschnürung und schliesslich die Zerreissung stattfand, ist durch die Streckung in hohem Maasse beeinflusst worden*; denn die specifischen Gewichte dieser beiden Stücke weichen *voneinander um 12* und *von den entsprechenden Mittelwerthen um 40 bez. 50 Einheiten* der dritten Decimale ab, und zwar sind sie um diese Beträge *kleiner* geworden.

Die Stücke sollen nunmehr vergleichenden Druckversuchen unterworfen und die Untersuchungen auf andere Metalle ausgedehnt werden.

Berlin, Phys. Laboratorium der kgl. techn. Hochschule.

(Eingegangen 30. October 1898.)