scheint mir hervorzugehen, dass der Grund dieser veränderten Verhältnisse wesentlich im Lösungsmittel zu suchen ist.

Zum Schlusse mögen die hauptsächlichsten Resultate kurz zusammengestellt werden.

1) Es ist der Reibungscoëfficient mehrerer Mischungen von Wasser und Alkohol, sowie die galvanische Leitungsfähigkeit der mit ihnen hergestellten verdünnten Lösungen von NaCl, KCl, LiCl, NaJ und KJ bestimmt.

2) Das Leitungsvermögen alkoholisch-wässriger Lösungen wächst mit steigendem Salzgehalte langsamer als das wässriger Lösungen.

3) Die Temperaturcoëfficienten der Leitungsfähigkeit verdünnter Lösungen entsprechen sehr nahe denen der Fluidität des Lösungsmittels.

4) Das Leitungsvermögen der untersuchten alkoholisch-wässrigen Lösungen folgt aus dem der entsprechenden wässrigen durch Multiplication mit einem Factor, der nur vom Lösungsmittel abhängt, für die verschiedenen Salze aber derselbe ist.

5) Vom reinen Wasser an bis zu etwa gleichen Theilen von Wasser und Alkohol ist die Leitungsfähigkeit sehr nahe der Fluidität des Lösungsmittels proportional. Erst bei grösseren Beimengungen von Alkohol bleibt die Leitungsfähigkeit zurück.

IX. Ueber das Zusammenwirken von Zug und Torsion bei Metalldrähten; von F. Himstedt.

(Aus den Verhandlungen der naturforsch. Ges. zu Freiburg i. Br.; mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

§ 1. Wenn man einen Draht, welchem eine permanente Torsion ertheilt worden ist, abwechselnd be- und entlastet, so entzieht man ihm dadurch einen Theil seiner permanenten Torsion, und erst nach wiederholten Be- und Entlastungen gelangt der Draht in einen Zustand, in welchem eine dauernde Aenderung seiner permanenten Torsion durch Be- und Entlasten nicht mehr eintritt.¹⁾ Ueber die Wirkung, welche in

1) G. Wiedemann, Wied. Ann. 6. p. 485. 1879.

diesem Zustande (im Folgenden kurzweg „stationärer Zustand“ genannt) eine Belastung des Drahtes (Zug) hervorbringt, liegen drei Beobachtungen vor.

Hr. W. Thomson¹⁾ gibt an, dass nach Versuchen von Macfarlane ein Stahldraht sich beim Belasten detordirt und nach Fortnahme der Belastung wieder in seine alte Lage zurückkehrt. Hr. G. Wiedemann²⁾ hat bei Messingdrähten beobachtet, dass keine Aenderung bei der Belastung eintritt und Hr. E. Warburg³⁾ findet bei Kupfer- und Eisendrähten: der Draht tordirt sich, wenn er belastet wird und kehrt beim Entlasten wieder in seine alte Lage zurück.

Hr. W. Thomson folgert aus der angeführten Beobachtung, dass der Draht äolotrop geworden sein muss, und zwar der Art, dass wenn man aus dem Drahte ausserhalb der Axe desselben einen Würfel ausschneidet, von dem ein Seitenpaar der Längsaxe des Drahtes parallel ist, die beiden anderen Seitenpaare aber mit derselben Winkel von je 45° bilden, dann dieser Würfel nach zwei Axen, welche auf den letztgenannten Seitenpaaren senkrecht stehen, verschiedene Compressibilität zeigen muss.

Hr. E. Warburg gelangt unter Hinzunahme der weiteren von ihm gemachten Beobachtung, dass die in dem stationären Zustande durch einen Zug bewirkte Torsion demselben nahezu proportional ist, durch eine ausführliche Rechnung zu genau demselben Schlusse. Hr. Warburg macht dann noch des weiteren darauf aufmerksam, dass die Erscheinung geeignet ist, zwischen den beiden möglichen Vorstellungen über den Vorgang bei der permanenten Torsion zu entscheiden. Man kann sich nach ihm den Vorgang der permanenten Torsion entweder so vorstellen, dass dabei die Molecüle des Drahtes dauernd in solchen neuen Lagen zur Ruhe kommen, dass der isotrope Körper dabei isotrop bleibt, oder aber annehmen, dass die Materie des Drahtes in der Richtung der Hauptdruckaxen nachgibt, der ur-

1) Thomson, *Elasticity*. Encyclop. Britannica. 1878.

2) G. Wiedemann, l. c. p. 504.

3) Warburg, *Ber. d. naturf. Ges. Freib. i. B.* 7. p. 453. 1880.

sprünglich isotrope Körper dann also äolotrop wird. Für diese letztere Vorstellung sprechen die Beobachtungen von Thomson und Warburg, während aus Wiedemann's Beobachtungen sich hierüber kein derartiger Schluss ziehen lässt.

Hr. Warburg hatte die Freundlichkeit, mich hierauf aufmerksam zu machen und mir die nöthigen Theile des von ihm benutzten Apparates zur Wiederholung der Versuche zur Verfügung zu stellen.

Ich habe die Versuche mit Drähten aus elf verschiedenen Metallen angestellt und gefunden, dass sie alle durch Ertheilung einer permanenten Torsion bei gleichzeitiger Belastung äolotrop werden.

Den Verlauf der Erscheinung habe ich bei den verschiedenen Drahtsorten verschieden gefunden und mehr oder weniger abweichend von allen bisher darüber gemachten Angaben. Die untersuchten Drähte lassen sich hiernach in zwei Gruppen theilen.

In die erste gehören: Kupfer, Silber, Blei, Magnesium, Zink, Neusilber, Eisen, Stahl.

In die zweite: Messing, Aluminium, Nickel.

Bei den Drähten der ersten Gruppe habe ich die Erscheinung beobachtet, wie folgt:

Besitzt der Draht im stationären Zustande eine permanente Torsion P , welche eine bestimmte Grösse nicht überschreitet, so bewirkt eine Belastung eine Zunahme der Torsion von P auf $P + T$, die Entlastung eine Abnahme derselben von $P + T$ auf die ursprüngliche Grösse P . Lässt man P wachsen, so nimmt T zu, erreicht ein Maximum, nimmt wieder ab und geht durch Null hindurch über in ein negatives T , sodass also jetzt im stationären Zustande bei der Belastung die Torsion abnimmt von P bis $P - T$, bei der Entlastung wieder zunimmt von $P - T$ auf P .

Bei den Drähten der zweiten Gruppe habe ich bei der Belastung stets Detorsion, also stets $-T$ beobachtet. Bei kleinen Werthen von P ist der absolute Werth von T sehr klein, mit wachsendem P nimmt er zu bis zu einem Maximum und dann wieder ab.

§ 2. Bevor ich die Versuche selbst und ihre Resultate des näheren mittheile, will ich eine andere Erscheinung beschreiben, die gleichzeitig beobachtet wurde, und die mit der soeben erwähnten in engem Zusammenhange steht.

Ertheilt man einem Drahte, welcher durch ein angehängtes Gewicht gespannt gehalten wird, eine permanente Torsion, so tritt stets eine permanente Verlängerung desselben ein.

Bei den Versuchen war der Draht an seinem oberen Ende in die Klemme eines Torsionskreises eingeschraubt, der von einem in die Wand eingegipsten eisernen Arme getragen wurde. An sein unteres Ende war mittelst einer Klemme eine Cardanische Aufhängevorrichtung befestigt¹⁾, die an einer in einer Schnur hängenden, leicht beweglichen Rolle die Belastung trug. Das untere Ende des Drahtes ragte nach unten ca. 2 mm aus der Klemme hervor und war zu einer scharfen Spitze angefeilt. Auf diese war ein Mikroskop mit Ocularmikrometer gerichtet, welches an einem in die Wand eingegipsten Träger festgeschraubt war. Die genaue Centrirung des Drahtes im Torsionskreise wurde daran erkannt, dass bei einer Drehung die Spitze des Drahtes immer in gleicher Schärfe am Fadenkreuz des Mikroskops gesehen wurde. Ein Theilstrich des Ocularmikrometers hatte den Werth 0,06 mm.

An der Klemme der Cardanischen Aufhängung waren zwei cylindrische Stahlstäbchen rechts und links so befestigt, dass ihre Axen eine gerade Linie bildeten, welche senkrecht durch die Axe des Drahtes hindurch ging. Um den Draht zu tordiren, wurde der Torsionskreis zunächst so weit gedreht, bis diese Stahlstäbchen gegen zwei vertical aufgestellte Glasstäbchen stiessen, an diesen dann mittelst Mikrometerschrauben so lange gestellt, bis die Berührung auf beiden Seiten eine ganz gleichmässige war, und erst dann am Torsionskreise die nöthige Drehung ausgeführt.

Bei allen noch zu erwähnenden Versuchen habe ich nur solche Drähte benutzt, die, sich selbst überlassen, ohne Span-

1) Diese beiden Theile sind dem a. a. O. beschriebenen Warburg'schen Apparate entnommen.

nung und Belastung vollkommen gerade waren, und bei denen sich die permanente Torsion gleichmässig über die ganze Länge erstreckte.¹⁾ Beiden Bedingungen genügten die oben erwähnten Drahtsorten mit Ausnahme der Neusilber-, Eisen- und Stahldrähte sowohl wenn sie unter geringer Belastung schwach gegläht²⁾, als auch wenn sie durch starkes Belasten über die Elasticitätsgrenze hinaus gestreckt wurden.

Von den zahlreichen Beobachtungen mit solchen Drähten führe ich nur einige Beispiele an. Es bezeichnet:

P die ganze bis dahin ertheilte permanente Torsion, ausgedrückt in ganzen Umdrehungen,

S die totale Verlängerung in mm,

G die Belastung, bei welcher tordirt wurde,

d den Durchmesser der Drähte.

Die Länge betrug bei allen zu Anfang der Versuche 0,55 m.

Kupfer bei $0,8 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ gegläht.

$$d = 0,8 \text{ mm} \quad G = 5,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}.$$

P	0,78	1,52	2,25	10,10	38,57	312,46
S	0,86	1,60	2,33	7,54	17,69	66,40

Um dieselbe Verlängerung bei einem gleichen Drahte ohne Torsion zu erzielen, mussten bei stündlicher Mehrbelastung von $0,3\text{-kg}$ im ganzen $8,1 \text{ kg}$, d. i. $16,2 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ angehängt werden. Wurde die Belastung darauf wieder fortgenommen und der Draht tordirt bei $2 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$, so trat bei einer Torsion $P = 3,83$ eine weitere Verlängerung $S = 0,4 \text{ mm}$ ein.

Kupfer 14 Tage lang mit $25 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ belastet gewesen.

$$d = 0,8 \text{ mm} \quad G = 3,0 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}.$$

P	0,81	10,49	59,16	263,61
S	0,07	0,51	2,40	10,72

1) Es sind dies dieselben Bedingungen, welche auch schon Hr. Warburg an sein Beobachtungsmaterial stellte, und deren Wichtigkeit sich im Späteren zeigen wird. Bei Thomson und Wiedemann findet sich keine Angabe hierüber.

2) Ich will nicht unerwähnt lassen, dass ich keinen Unterschied in dem Verhalten der in Luft geglähten Drähte und der in Wasserstoff- oder Kohlensäureströme geglähten gefunden habe.

Während also eine Mehrbelastung von $22 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ nicht hinreichte, eine permanente Verlängerung zu bewirken, trat eine solche schon bei verhältnissmässig kleiner permanenter Torsion ein.

Kupfer gegläht bei $0,8 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$.

$$d = 0,8 \text{ mm} \quad G = 0,108 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}.$$

P	3,41	37,11	377,00
S	0,08	0,58	2,96

Also auch bei minimaler Belastung ist die Verlängerung mit vollster Sicherheit zu constatiren.

Kupfer gegläht bei $0,8 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$, darauf drei Tage belastet mit $24 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$, dann mit eben dieser Belastung tordirt.

P	$0^\circ 35'$	$1^\circ 12'$	$7^\circ 16'$
S	0,04	0,08	0,46

Bei grosser Belastung tritt also schon bei sehr kleinen permanenten Torsionen eine messbare Verlängerung ein, während ich eine solche bei der temporären Torsion nicht beobachtet habe¹⁾, doch muss ich bemerken, dass für die letzte Art der Beobachtungen der Apparat nicht besonders eingerichtet war.

Die Anzahl der überhaupt untersuchten Drähte beträgt: Kupfer 22, Messing 22, Stahl 18, Eisen 15, Neusilber 12, Zink 12, Blei 12, Magnesium 10, Aluminium 8, Silber 4, Nickel 4.

Bei Neusilber-, Eisen- und Stahldrähten hat sich, wenn sie gegläht waren, die Torsion nie auch nur annähernd gleichmässig über die Länge des Drahtes vertheilt²⁾, bei ihnen traten vielmehr stets scharfe Torsionsknicke ein, d. h. Punkte, von denen aus gerechnet die ganze obere Länge des Drahtes sowohl wie die ganze untere, für sich betrachtet, ohne Torsion sind, beide Theile aber gegeneinander um den Torsionswinkel tordirt, verschoben sind.

Nicht geglähte Drähte tordirten sich fast immer gleichmässig, waren aber ohne Belastung nie ganz gerade, und ich habe deshalb mit solchen Drähten nur bei verhältnissmässig

1) Vgl. hierüber F. Braun, Pogg. Ann. 159. p. 337. 1876.

2) Die gleiche Bemerkung hat für Stahl und Eisen schon Hr. Warburg gemacht.

grosser Belastung beobachten können. Unter diesen Verhältnissen habe ich aber auch bei ihnen stets eine permanente Verlängerung bei permanenter Torsion beobachtet.

Stahl 14 Tage mit $45 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ belastet, dann bei dieser Belastung tordirt.

<i>P</i>	1,50	7,11	101,66	148,97
<i>S</i>	0,20	0,78	4,42	5,81

Sir W. Thomson führt a. a. O. an, dass ein 5 m langer Stahldraht, mit 5 kg belastet, bei 95 Umdrehungen eine Verlängerung um $\frac{1}{1600}$ seiner Länge erfahren habe, bei 120 Umdrehungen hingegen wieder eine Verkürzung um $\frac{1}{6000}$ der Länge. Ob der Draht sich gleichmässig tordirte, ist nicht angegeben.

Hr. V. Kramm¹⁾ hat beobachtet, dass weiche Kupfer- und Eisendrähte bei grösseren Torsionen eine Verlängerung, nicht geglühte Eisen- und Stahldrähte dagegen eine Verkürzung zeigen. Die Drähte zeigten nicht immer gleichmässige Torsion.

Nun habe auch ich bei Drähten mit Torsionsknicken des öfteren bald Verkürzung, bald Verlängerung beobachtet, dagegen bei Drähten mit gleichmässiger Torsion nie derartige Unregelmässigkeiten gefunden, und ich vermuthe deshalb, dass sowohl Thomson's als Kramm's Beobachtungen einer Verkürzung bei permanenter Torsion auf Torsionsknicke zurückzuführen sind.

§ 3. Hr. G. Wiedemann²⁾ hat beobachtet, dass die durch dieselbe temporäre Torsion hervorgebrachte permanente Torsion eines belasteten Drahtes abhängig ist von der Grösse der Belastung, und zwar ist die permanente Torsion grösser bei grösserer Belastung. Ich habe bei meinen Versuchen Gelegenheit gehabt, diese Beobachtung innerhalb sehr weiter Grenzen bestätigt zu sehen.

Nimmt man zu dieser Beobachtung hinzu die im vorhergehenden Paragraphen mitgetheilten Beobachtungen, wo-

1) V. Kramm, Ueber den Einfluss der Torsion auf die absolute Festigkeit der Metalldrähte. Dissertation. Marburg.

2) l. c. p. 497.

nach die Verlängerung eines belasteten Drahtes um so grösser ist, je grösser die ihm ertheilte permanente Torsion ist, so gelangt man zu dem folgenden Satze:

Wirken auf einen Draht gleichzeitig ein tordirendes Moment und ein dazu senkrechter Zug, so verstärken sich dieselben gegenseitig in ihrer Wirkung.

Es ist vielleicht nicht uninteressant, noch ein besonderes Beispiel hierfür anzuführen. Ein weicher Kupferdraht war drei Tage lang mit $10 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ belastet gewesen. Die Belastung wurde entfernt bis auf $1,5 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ und dem Drahte eine temporäre Torsion von 90° ertheilt. Nach Aufhebung derselben konnte weder eine messbare permanente Torsion, noch eine permanente Verlängerung beobachtet werden. Der Draht wurde hierauf bei $10 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ wieder temporär um 90° tordirt. Nach Aufhebung des tordirenden Momentes zeigte derselbe eine permanente Torsion von mehr als 8° und eine permanente Verlängerung von 0,22 mm. Also der Zug $10 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ allein ist nicht im Stande, eine permanente Verlängerung hervorzubringen, und die temporäre Torsion von 90° allein ist nicht im Stande, eine permanente Torsion zu bewirken, wirken aber der Zug und das tordirende Moment gleichzeitig auf den Draht, so tritt sowohl permanente Verlängerung als auch permanente Torsion auf.

§ 4. Zu den in § 1 erwähnten Versuchen wurde der § 2 schon beschriebene Apparat benutzt. Die dem Drahte ertheilte permanente Torsion konnte am Torsionskreise bis auf zehn Minuten genau abgelesen werden. Die gleichzeitig eintretende Verlängerung wurde, wie schon erwähnt, mit Mikroskop und Ocularmikrometer gemessen. Die durch das Be- und Entlasten bewirkte Torsion, resp. Detorsion des Drahtes im stationären Zustande wurde mit Fernrohr, Spiegel und Scala beobachtet. Die Scala war in Millimeter getheilt, der Scalenabstand betrug stets 2,4 m. Das Be- und Entlasten des Drahtes geschah durch Zu-, resp. Abfliessenlassen von Wasser; entweder in ähnlicher Weise wie bei Hrn. G. Wiedemann in ein vom Drahte getragenes Gefäss, oder aber in ein fest aufgestelltes Gefäss, in welches dann ein

am Drahte aufgehängtes Gewicht eintauchte. Die Heber-
vorrichtung, durch welche das Zu- und Abfließen des Was-
sers bewerkstelligt wurde, war so eingerichtet, dass selbst
bei ziemlich schnellem Be- und Entlasten der Draht voll-
ständig in seiner Ruhelage blieb.

Sollten mit einem Drahte Versuche angestellt werden,
so blieb derselbe mindestens zwölf Stunden hängen mit der
Maximalbelastung, welche im Laufe der Versuche angewendet
werden sollte, und wurde während dieser Zeit ca. 30—40 mal
be- und entlastet:

In dem Folgenden bezeichnet wieder:

P die permanente Torsion,

S die bei derselben eingetretene Verlängerung,

$\pm T$ die im stationären Zustande durch Belasten her-
vorgebrachte Torsion, resp. Detorsion in Graden, Minuten
und Sekunden,

G das Gewicht, mit welchem der Draht während der
Torsion belastet war,

K der im stationären Zustande ausgeübte Zug.

Bei positivem K trägt der Draht, wenn belastet: $G+K$,
entlastet: G . Bei negativem K , wenn belastet: G , wenn ent-
lastet: $G-K$.

d den Durchmesser des Drahtes.

Die Länge war bei allen Drähten 0,55 m.

I. Gruppe.

Kupfer gegläht bei $0,8 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$.

$d = 0,8 \text{ mm}$			$G = 2,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$	$K = + 3,0 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$		
P	S	T		P	S	T
0	0	+0° 1' 7"		18,05	3,73	+0° 46' 16"
0,65	0,13	+0 10 1		193,88	25,64	+0 15 8
1,89	0,52	+0 20 55		283,14	34,15	—0 6 44
8,71	2,09	+0 42 33		674,77	59,95	—2 41 30

Kupfer gegläht bei $0,8 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$.

$d = 0,8 \text{ mm}$			$G = 5,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$	$K = - 3,0 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$		
P	S	T		P	S	T
0	0	+0° 0' 34"		10,10	7,53	+1° 41' 42"
0,78	0,86	+1 19 26		77,41	27,23	+0 40 7
1,52	1,60	+1 37 52		214,28	51,18	±0 0 0
5,56	4,96	+1 56 42		312,46	66,40	—0 14 18

Kupfer 14 Tage mit $21 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ belastet gewesen.

$d = 0,8 \text{ mm}$				$G = 2,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$			$K = + 3,0 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$		
P	S	T		P	S	T			
0	0	0		10,13	0,51	$+0^\circ 10' 29''$			
0,49	0,02(?)	$+0^\circ 0' 10'' (?)$		58,81	3,02	$+0 19 30$			
0,95	0,04	$+0 1 34$		151,47	8,26	$-0 18 2$			

Silber gegläht bei $0,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$.

$d = 0,8 \text{ mm}$				$G = 2,0 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$			$K = + 2,8 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$		
P	S	T		P	S	T			
0	0	0		53,07	13,02	$+0^\circ 14' 48''$			
0,58	0,10	$+0^\circ 7' 12''$		94,22	18,56	$-0 1 2$			
21,90	5,84	$+0 57 10$		263,56	31,98	$-0 14 26$			

Blei 12 Stunden mit $1,8 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ belastet gewesen.

$d = 1 \text{ mm}$				$G = 0,25 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$			$K = + 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$		
P	S	T		P	S	T			
0	0	0		19,66	6,19	$+0^\circ 9' 19''$			
0,72	0,24	$+0^\circ 1' 28''$		101,55	28,61	$-0 10 44$			

Zink bei $0,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ auf 180° erwärmt.

$d = 0,6 \text{ mm}$				$G = 3,0 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$			$K = - 1,8 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$		
P	S	T		P	S	T			
0	0	0		82,27	17,82	$+0^\circ 21' 12''$			
0,52	0,18	$+0^\circ 1' 30''$		261,63	48,38	$-0 1 58$			

Magnesium bei $0,6 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ im Oelbade erhitzt.

$d = 0,4 \text{ mm}$				$G = 3,0 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$			$K = - 1,8 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$		
P	S	T		P	S	T			
0	0	$+0^\circ 0' 18''$		0,61	0,19	$+0^\circ 2' 23''$			
0,33	0,09	$+0 4 -$		1,23	0,31	$-0^\circ 1' 42$			
0,51	0,14	$+0 5 22$							

Neusilber 24 Stunden mit $24 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ belastet gewesen.

$d = 0,8 \text{ mm}$				$G = 5,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$			$K = - 3,0 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$		
P	S	T		P	S	T			
0	0	$-0^\circ 0' 42''$		34,25	7,47	$+0^\circ 6' 44''$			
1,80	0,35	$-0 0 34$		126,08	20,95	$-0 2 12$			
13,47	2,57	$+0 2 21$							

Eisen 24 Stunden mit $16 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ belastet gewesen.

$d = 0,6 \text{ mm}$				$G = 5,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$			$K = - 3,0 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$		
P	S	T		P	S	T			
0	0	$+0^\circ 2' 21''$		23,42	4,24	$+0^\circ 29' 28''$			
0,47	0,08	$+0 3 12$		116,88	17,46	$+0 16 36$			

Stahl 24 Stunden mit $50 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ belastet gewesen.

$d = 0,4 \text{ mm}$			$G = 13,0 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$	$K = -4,0 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$	
P	S	T	P	S	T
0	0	$-0^\circ 2' 21''$	62,33	1,76	$+0^\circ 17' 24''$
1,50	0,07	$+0^\circ 1' 8''$	104,01	2,77	$-0^\circ 0' 22''$

II. Gruppe.

Messing gegläht bei $0,8 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$.

$d = 0,8 \text{ mm}$			$G = 2,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$	$K = +3,0 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$		
P	S	T	P	S	T	
0	0	0	64,72	4,69	$-0^\circ 31' 51''$	
0,55	0,02(?)	$-0^\circ 0' 4''(?)$	273,01	6,21	$-1^\circ 34' 27''$	
1,06	0,06	$-0^\circ 0' 34''$	498,31	26,08	$-1^\circ 6' 5''$	
5,55	0,34	$-0^\circ 0' 53''$				

Messing gegläht bei $0,8 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$.

$d = 0,8 \text{ mm}$			$G = 5,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$	$K = -3,0 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$		
P	S	T	P	S	T	
0	0	$+0^\circ \quad 0' \quad 6''$	59,95	11,47	$-1^\circ \quad 23' \quad 27''$	
0,60	0,15	$-0 \quad 0 \quad 42$	198,06	28,59	$-3 \quad 11 \quad 18$	
1,16	0,30	$-0 \quad 2 \quad 27$	165,12	31,23	$-3 \quad 11 \quad 14$	
4,52	1,18	$-0 \quad 7 \quad 18$	376,96	52,74	$-1 \quad 3 \quad -$	

Aluminium gegläht bei $0,6 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$.

$d=0,75 \text{ mm}$			$G = 2,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$	$K = +2,6 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$		
P	S	T	P	S	T	
0	0	$-0^0 \quad 0' \quad 28''$	153,25	12,38	$-2^0 \quad 1' \quad 55''$	
1,48	0,14	$-0 \quad 0 \quad 58$	216,05	17,50	$-1 \quad 23 \quad 18$	

Nickel stark gegläht bei $1,6 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$.

$d = 1,2 \text{ mm}$			$G = 2,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$	$K = +3,0 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$		
P	S	T	P	S	T	
0	0	$+0^0 \quad 0' \quad 4''$	416,25	37,34	$-0^0 \quad 29' \quad 56''$	
0,55	0,07	$-0 \quad 0 \quad 5$	471,64	39,01	$-0 \quad 28 \quad 35$	

Die Zahlen der überhaupt von jedem Metall untersuchten Drähte sind schon im Vorhergehenden gegeben.

Ich will hier nur noch darauf aufmerksam machen, dass der Werth von T abhängt sowohl von der Grösse der permanenten Torsion als auch von der gleichzeitig eingetretenen Verlängerung. Man vergleiche die Beispiele für Kupfer oder die für Messing untereinander.

Die permanente Torsion allein genügt nicht, um die Erscheinung hervorzubringen, vielmehr zeigt sich dieselbe nur dann, wenn gleichzeitig eine permanente Verlängerung eingetreten ist. Bei kleiner Torsion und kleinem Zug, wo S unmerklich ist, ist auch T unmerklich, dagegen ergaben sich bei kleiner Torsion, aber grossem Zug, sobald S messbar ist, auch für T nicht zu übersehende Werthe. Dies erklärt wohl, weshalb Hr. G. Wiedemann die Erscheinung nicht beobachtet hat. Bei seinen Versuchen wurde ein Messingdraht bei einer Belastung von ca. $1 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ um ca. 70° tordirt. Für einen weichen Messingdraht habe ich aber bei $2,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ durch eine Torsion von 383° erst eine Verlegung von 0,8 Scalentheilen, also ein $T = 0^\circ 0' 34''$ gefunden.

Bei Drähten desselben Metalls tritt die Erscheinung dem Obigen entsprechend weit stärker auf bei weichen als bei harten. Von den verschiedenen Metallen zeigten sie in der 1. Gruppe am stärksten Kupfer und Silber, am schwächsten Stahl. In der 2. Gruppe folgen sich die Metalle in der Reihenfolge: Messing, Aluminium, Nickel.

§ 5. Alle Drähte, mit denen Versuche angestellt waren, zeigten sich hinterher hart, federnd und brüchig. Weiche Kupferdrähte von 0,5 m Länge, die vor den Versuchen durch ihr eigenes Gewicht sich dauernd bogen, zeigten nach den Versuchen keine dauernde Biegung, selbst wenn sie temporär zu einem Kreise gebogen wurden. Besonders stark tordirte Drähte zerbrachen bei jeder versuchten Biegung. Selbst Blei verlor durch die Versuche in etwas seine Plasticität.

Die durch die Torsion bei Belastung hervorgerufene Aeolotropie der Drähte konnte sehr bequem durch Anätzen sichtbar gemacht werden. Die Drähte bekamen ohne Ausnahme ein schraubenförmiges Aeussere, und zwar ganz gleich, mochte nur die Oberfläche leicht angeätzt sein oder der Draht so lange in der Säure gelassen werden, bis er zu zerfallen drohte.

Ich habe hierbei Gelegenheit gehabt, die Beobachtungen des Hrn. Kalischer¹⁾ über das Krystallinischwerden von

1) Kalischer, Berl. Ber. 14. p. 2797. 1881.

Metalldrähten durch Glühen bestätigen zu können und will nicht unerwähnt lassen, dass ich entgegen jenen Beobachtungen auch bei Messingdraht in deutlichster Weise die Krystalle schon für das blosse Auge habe sichtbar machen können. Bei Aluminiumdrähten habe ich Krystallflächen nicht direct sehen können, doch zeigten dieselben nach dem Glühen stark muschelige Bruchflächen.

Physikal. Inst., Freiburg i. Br., Mai 1882.

**X. Ueber den Zusammenhang zwischen den Einheiten des Magnetismus und der Electricität;
von R. Clausius.**

In einem im März d. J. veröffentlichten Aufsatze¹⁾ habe ich einige Betrachtungen über die zur Messung electricischer und magnetischer Grössen anzuwendenden Maasssysteme angestellt, worin ein Punkt vorkommt, der zu verschiedenen Einwendungen Veranlassung gegeben hat, nämlich die Bestimmung der Einheit des Magnetismus im electrostatischen Maasssysteme. Einige dieser Einwendungen, welche sich im Junihefte des Phil. Mag. befanden, habe ich schon in einem im Augusthefte des Phil. Mag. veröffentlichten Artikel beantwortet. Seitdem sind aber noch einige weitere, zum Theil von sehr beachtenswerthen Seiten stammende Bemerkungen über jene Bestimmungsweise gemacht, sodass ich glaube, den Gegenstand noch einmal zur Sprache bringen zu müssen.

In früheren Zeiten galt der Magnetismus als ein für sich bestehendes, von der Electricität unabhängiges Agens. Wenn man an dieser Anschauung auch jetzt noch festhalten wollte, so wäre es nicht nöthig, bei der Festsetzung eines Maasssystemes für den Magnetismus auf das für die Electricität angewandte Maasssystem Rücksicht zu nehmen. Es

1) Clausius, Verhandl. des naturhist. Vereins der preuss. Rheinlande und Westfalens. 39. p. 105. 1882 und Wied. Ann. 16. p. 529. 1882.