das sogenannte faserige Eis.¹⁾ Dasselbe wuchs während des Winters in der Nähe der Missionsstation „Nain“ an der Küste Labradors um 2—3 m. Es zeigte durchweg die faserige Structur; wie weit dasselbe in den Boden sich erstreckte, konnte ich nicht in Erfahrung bringen; jedenfalls verschwindet es während des Sommers nicht.

Phys. Inst. d. Univ. Freiburg i. B., 22. Febr. 1885.

**IX. Bemerkungen zu einer Abhandlung von
Herbert Tomlinson: Ueber den Einfluss von Span-
nung und Deformation²⁾ auf die Wirkung der
physikalischen Kräfte;
von Dr. Andreas Miller in München.**

Unter obigem Titel hat Hr. H. Tomlinson³⁾ eine sehr umfangreiche Untersuchung publicirt, von der ich erst kurz nach der Veröffentlichung meiner Abhandlung: „Ein Beitrag zur Kenntniss der Molecularkräfte“⁴⁾, und zwar aus einer Arbeit der Herren H. Götz und A. Kurz⁵⁾ Kenntniss erhalten habe.

Die erstgenannte Arbeit zerfällt in 2 Theile, wovon nur der erste derselben, der vom Elasticitätsmodul handelt, hier in Betracht kommt. Obschon mir die bei meiner Untersuchung gemachten Erfahrungen Anlass geben, einige Punkte des erwähnten Theils der Arbeit von Tomlinson zu berühren, so ist doch nicht dieses der Grund, weshalb ich mir

1) Ueber die Structur desselben vergleiche: G. A. Koch im Jahrbuch f. Mineralogie 1877 p. 459 und Fr. Klocke in den Ber. über die Verh. der nat. Ges. in Freiburg. 7. p. 417 ff. 1879.

2) Stress und strain, vgl. Thomson und Tait, theoretische Physik, deutsch. 1., p. XIII u. 1., p. XVI.

3) H. Tomlinson, Phil. Trans. 1883. p. 1.

4) A. Miller, Sitzungsber. d. math.-phys. Classe d. k. bayr. Acad. d. Wissensch. Hft. 1. 1885. p. 9.

5) H. Götz u. A. Kurz, Rep. d. Phys. 21. p. 78. 1885.

gestatte, die genannte Forschung einer kurzen Besprechung zu unterziehen, sondern ich beabsichtige vielmehr, auf einen Punkt hinzuweisen, der nicht über allen Zweifel erhaben sein dürfte, gleichwohl aber Tomlinson bei der Deutung seiner Versuchsergebnisse entgangen zu sein scheint.

Tomlinson bestimmt die longitudinale Elasticität verschiedener Metalle durch Anwendung eines Nonius und eines zusammengesetzten Mikroskops, wodurch eine Aenderung der Länge des Drahtes von 0,01 mm geschätzt werden konnte. Dadurch, dass der Nonius an dem zu prüfenden, der Maassstab an einem diesem ganz gleichen, constant belasteten Vergleichungsdraht angebracht war, hat Tomlinson den sonst die Versuche so sehr störenden Temperatureinfluss auf höchst einfache und sinnreiche Weise beseitigt.

Warum dagegen die Temperatur des untersuchten Drahtes von ihm gar nicht berücksichtigt worden ist, obschon er Versuchsergebnisse miteinander vergleicht, die sogar an verschiedenen Tagen erhalten wurden, dafür gibt er keinen Grund an. Auch wird nirgends gesagt, dass für constante Temperatur gesorgt gewesen sei. Bedenkt man aber, dass es sich hier um ganz kleine Differenzen handelt, auf welche Tomlinson seine Schlüsse basiren muss, und erwägt ferner, dass die Wärme die Elasticität ziemlich erheblich, in viel höherem Grade aber die elastische Nachwirkung beeinflusst, so muss das gänzliche ausser Acht lassen dieses Umstandes auffallen. Diese Unterlassung, zusammengehalten mit den Schlüssen, welche er aus seinen Versuchsergebnissen zieht, halte ich für geeignet, principielle Bedenken gegen manchen der ersteren zu erregen.

Weil nämlich Tomlinson die elastische Nachwirkung nicht berücksichtigt, aus diesem Grunde unterlässt er es vermuthlich auch anzugeben, wie lange nach jeder Be- und Entlastung des Drahtes er die Längenveränderung abliest: ob sogleich oder nach einer bestimmten Zeit oder beim Sicheinstellen irgend eines Kriteriums. Nur in dem Experiment VI — angestellt mit Kupfer — thut er dies, weshalb ich dieses, weil ein bestimmtes Urtheil zulassend, herausgreife und es unmittelbar unverändert folgen lasse.

Experiment VI.

Der Draht war einige Minuten mit einem Gewichte von etwas über 8 kg belastet; nach der Beseitigung desselben wurden folgende Beobachtungen gemacht.

1. Zahl der kg	2. Zeit nach der permanenten Elongation	3. Scalentheile	4. Aenderung der Länge
8	4 Minuten	5,80	
0	6 "	19,45	-13,65
8	8 "	5,95	+13,50
0	10 "	19,10	-13,15
8	12 "	5,80	+13,30
0	14 "	18,80	-13,00
8	16 "	5,75	+13,05
0	18 "	18,70	-12,95
8	20 "	5,68	+13,02
0	22 "	18,60	-12,92
8	17 ^h	5,65	
0	17 ^h 2 ^m	18,50	-12,85
8	— 4	5,60	+12,90

Hierzu bemerkt Tomlinson:

„Ein grosser Theil des hier beobachteten allmählichen Wachsens der Elasticität muss der Be- und Entlastung zugeschrieben werden. . . Ein Theil nur rührt augenscheinlich von dem Einflusse der blossen Ruhe her. Dies wird am besten gezeigt, indem man für die verschiedenen Zeiten die Unterschiede zwischen den aufeinander folgenden + oder - Aenderungen nimmt.

Es ist auch zu beobachten, dass die + und - Werthe sowohl hier, als auch in den Versuchen über das Eisen unter dem Einflusse von Ruhe und der Be- und Entlastung allmählich gleich werden.“

An einer früheren Stelle (Seite 6) findet sich: „Die in allen diesen Untersuchungen angewendete Schale (zur Aufnahme der Gewichte) wog 2 kg etc.“

Aus der stufenweisen Abnahme der Werthe in Rubrik 4 schliesst also Tomlinson auf ein stufenweises Wachsen der Elasticität. Nun aber sehen wir aus den Zahlen der Rubrik 3 nach der ersten Ent- und Belastung ein fortgesetztes Längerwerden des Drahtes bei 0 + 2 kg Belastung und ebenso bei 8 + 2 kg, was auf eine Abnahme der Elasti-

cität deutet. Hier steht man augenscheinlich vor einem Widerspruch, denn nur bei der ersten Ent- und Belastung ist die Elasticität gewachsen, was übereinstimmend die Zahlen der Rubrik 3 und 4 bezeugen, dann aber zeigt die Rubrik 3 ein Fallen derselben zu einer bestimmten Grenze. Mit einer kleinen Streckung des Drahtes haben wir es hier nicht zu thun; denn für's erste war derselbe vor dem Versuche schon mit mehr als 8, resp. $8 + 2$ kg belastet, und überdies könnte er, wie in diesem Falle, sich nicht wohl zuerst verkürzen und nachher wieder verlängern. Hier tritt uns höchst wahrscheinlich eine Nachwirkungserscheinung entgegen.

Um diesen Widerspruch zu lösen, ist zu berücksichtigen, dass die Metalle bei longitudinaler Deformation während der letzteren ihre Elasticität ändern. Ich habe dies in einer besonderen Abhandlung¹⁾ gezeigt und will hier nur einen Versuch daraus, wenn auch verkürzt, anführen. Bei demselben wurde die Dehnung mittelst eines Hebels bewerkstelligt. Die Last liess ich durch Anwendung einer Schraube succ. wirken. Die Messung der Verlängerung und Verkürzung des Drahtes geschah durch eine Spiegelablesung, die noch eine Schätzung von 0,001 mm gestattete. Die ständige Belastung des Drahtes während dieses Versuches war $\pi_1 = 8,117$ kg. Gedeht wurde er mit $\pi_2 = 12,467$ kg so, dass die Gesamtbelastung bei fortgesetzter An- und Abspannung zwischen π_1 und $\pi_1 + \pi_2$ kg auf das Quadratmillimeter des Querschnittes schwankte. Abgelesen wurde beim Eintreten der Maximal- und Minimalspannung jedesmal sogleich. Die Länge des Drahtes war $d_1 = 1,091$ m, der Durchmesser $d = 0,686$ mm. Die Temperatur des Drahtes während des Versuches stieg von $7,68^\circ$ auf $7,73^\circ$ C. Der Einfluss der Temperaturänderung auf die Messung eliminirte sich durch die Messungsmethode von selbst. Eine Streckung des Drahtes war sicher nicht vorhanden. a_v , b_v , c_v bedeuten die aufeinander folgenden (v .) Scalenablesungen. Untersuchte Substanz: Kupfer Nr. II.

1) A. Miller, Sitzungsab. d. math.-physik. Classe d. k. bayr. Acad. d. Wissensch. 1885. p. 9.

ν	a_ν	b_ν	c_ν	$b_\nu - a_\nu$	$c_\nu - b_\nu$	$c_\nu - a_\nu$
1	-29,7	55,9	-28,1	85,6	-84,0	1,6
2	-28,1	56,1	-28,0	84,2	-84,1	0,1
3	-28,0	56,2	-27,9	84,2	-84,1	0,1
4	-27,9	56,3	-27,8	84,2	-84,1	0,1
5	-27,8	56,4	-27,7	84,2	-84,1	0,1

Unmittelbar nach Beendigung der ununterbrochenen Be- und Entlastung ist also bei der ständigen Spannung π_1 der Draht um $c_5 - a_1 = 2,0$ Scalenth. vorübergehend verlängert. Die Elasticität muss somit während des Versuches gesunken sein, obwohl am Schlusse die Verlängerungen und Verkürzungen $b_5 - a_5$ und $c_5 - b_5$, die den Belastungsänderungen augenblicklich folgen und sich beide ein und derselben Grenze nähern, kleiner sind als die erste Dehnung $b_1 - a_1 = 85,6$. Während der ersten Dehnung schon hat sich nämlich die Elasticität am stärksten vermindert, weshalb ausser π_2 sicher auch π_1 eine Verlängerungsmehrung erzeugen musste, von der $c_1 - a_1 = 1,6$ vermuthlich noch ein Rest ist. Diese Verlängerungsmehrung, herrührend von π_1 , ist in $b_1 - a_1$ ebenfalls enthalten und höchst wahrscheinlich grösser als $c_1 - a_1 = 1,6$; sie wäre also von $b_1 - a_1$ abziehen, um auf die von π_2 wirklich erzeugte Dehnung zu kommen. Dasselbe findet bei $\nu = 2, 3, 4 \dots$ etc. in sich verminderndem Maasse statt, bis $c_\nu - a_\nu$ der 0 sich nähert, was sich in dem vorstehenden Versuch weniger als in vielen anderen ausspricht. Man sieht, dass bei den Versuchen zur Bestimmung des longitudinalen Elasticitätsmoduls die ständige Belastung noch eine andere Rolle spielt, als die ihr gewöhnlich zuge dachte des blossen Geradehaltens des Drahtes. Ich hielt es für falsch anzunehmen, die Elasticität habe sich successive erhöht, weil die Werthe der Verlängerungen $b_\nu - a_\nu$ successive abnehmen; das gerade Gegentheil, glaube ich, ist der Fall, solange die Werthe $c_\nu - a_\nu$ nur vorübergehend bestehen, also keine Streckungen stattfinden. Ebenso unrichtig hielt ich es, aus der Abnahme der Werthe der Verkürzungen $c_\nu - b_\nu$ auf eine Zunahme des Elasticitätsmoduls zu schliessen. Es geht dies schon aus der einfachen Ueberlegung hervor, dass ein Draht, der nach Entfernung der Belastung π_2 seine frühere Länge

wieder vollkommen annimmt, seine Elasticität während der Gestaltsänderungen nicht geändert hätte, indes ein Draht, der nach Beseitigung von π_2 sich gar nicht mehr zusammenzöge, entweder schon ursprünglich nicht elastisch, sondern nur ductil gewesen wäre oder während der Dehnung all seine Elasticität dauernd verloren hätte. Zieht er sich langsam zusammen, so stellt sich seine Elasticität ganz oder zum Theil wieder her. Aehnliche Erwägungen greifen Platz, wenn der Draht ursprünglich mit $\pi_1 + \pi_2$ belastet war und dann successive um π_2 entlastet wird. Wird nicht sogleich abgelesen, wenn die Maximal- oder Minimalspannung erreicht ist, wie Tomlinson in dem angeführten Versuche gethan hat und in anderen gethan zu haben scheint, so kann die Elasticitätsänderung während der Deformation in verschiedenem Sinne verlaufen, und wird nicht mit äusserster Vorsicht verfahren, so können die Versuchszahlen zu ganz unrichtigen Schlüssen verleiten. Dies ist in dem aus Tomlinson's Arbeit angeführten Versuch in der That der Fall, und der Schluss, den er daraus zieht, halte ich für mindestens höchst zweifelhaft. Tomlinson lässt, wie ich glaube mit Unrecht, bei der Bestimmung der Mittelwerthe die Dehnung beim Beginne des Versuches, deren Grösse von der der Verkürzungen aus den von mir oben angegebenen Gründen beträchtlich abweicht, vollständig ausser Rechnung. Er beachtet eben nach herkömmlicher Art ein Element der Erscheinung, die Nachwirkung, bei der Bestimmung der Elasticität, wie schon einmal erwähnt, gar nicht oder nicht in entsprechender Weise. Wie das nach meiner Ansicht passend geschehen könnte, habe ich in einer hier wiederholt citirten Abhandlung gezeigt.

Es scheint mir dem Begriff der Elasticität überhaupt nicht angemessen, sie, wie Tomlinson es öfters thut, nur aus der Ausdehnung bei der Belastung oder der Zusammenziehung des Drahtes nach der Entlastung desselben allein numerisch bestimmen zu wollen. Zur Beurtheilung des elastischen Verhaltens eines Körpers gehören offenbar beide in die Erscheinung tretenden Vorgänge zusammen. Würde man einen Draht belasten, ohne ihn nachher wieder zu entlasten,

so wüsste man gar nicht, ob und in welcher Art er elastisch ist; denn auf der Wiederherstellung der ursprünglichen Länge beruht der Begriff der Elasticität.

Die Herren Götz und Kurz haben in der bereits angezogenen Abhandlung andere Punkte der Arbeit Tomlinson's berührt. Ich bin weit entfernt, den hohen Werth seiner umfangreichen Forschung zu unterschätzen, glaubte aber darauf aufmerksam machen zu sollen, dass manche von Tomlinson aus seinen Versuchen im ersten Theil seiner Abhandlung gezogenen Schlüsse aus den hier angegebenen Gründen mit einiger Vorsicht aufzunehmen sein dürften.

X. *Ueber eine Reproduction der Siemens'schen Quecksilbereinheit; von Karl Strecker.*

(Fortsetzung von p. 273.)

IV. Methoden der galvanischen Widerstandsvergleichung.

Vergleichung von nahe gleichen Widerständen; Copirung der Widerstände der Normalröhren.

§ 21. Die Vergleichung der Copien mit den Quecksilberröhren wurde nach der Methode vorgenommen, welche F. Kohlrausch vor kurzem beschrieben hat.¹⁾

Ich benutzte dazu das Differentialgalvanometer, welches Hrn. Prof. Kohlrausch zu seinen Messungen gedient hatte; im Verlaufe meiner Untersuchung wickelte ich dasselbe von neuem und mit Sorgfalt, sodass ich Gleichheit der Wirkungen beider Hälften auf die Nadel bis auf 0,0001 und Gleichheit der Widerstände (von je 760 Q.-E.) bis auf etwa 9 Q.-E. erreichte; einen Widerstand von der letzteren Grösse, der aus demselben Kupferdraht wie das Galvanometer bestand und bifilar gewickelt war, fügte ich der Zuleitung zum Galvanometer bei und erreichte fast völlige Gleichheit der Widerstände beider Hälften.

1) F. Kohlrausch, Berl. Ber. 1883. p. 366; Wied. Ann. 20. p. 76. 1883.