**XI. Elasticität und Festigkeit des Glases
bei höheren Temperaturen;
von J. von Kowalski.**

Im Anschluss an meine Arbeit in Wied. Ann. 36. p. 307 1889 habe ich auf Veranlassung von Hrn. Prof. Voigt im hiesigen physikalischen Institut einige Beobachtungen über die Elasticität und Festigkeit des Glases bei höheren Temperaturen angestellt. Das Material war dasselbe, welches ich in der früheren Arbeit benutzt habe.

Zunächst bestimmte ich die Biegunconstante nach einer Methode, die schon ausführlich von Hrn. Kiewiet beschrieben worden ist. Ich will daher nur erwähnen, dass bei der Beobachtung der Biegung mit Spiegel und Scala einer Verschiebung um einen Scalentheil (1 mm) eine Biegung von 0,05019 mm entsprach. Die Beobachtungsreihe war die folgende. In den Tabellen bedeutet t die Temperatur, Sc. die Anzahl der Scalentheile.

Nr. 1. $l_{120} = 70,25$, $\alpha_{120} = 0,7906$, $r_{120} = 0,7760$.

Sa + 10 g		Sa + 20 g		Sa + 30 g	
t	Sc.	t	Sc.	t	Sc.
199°	198	198°	289	198°	382
150	188	151	276	149	362
106	179	107	263	104	344
52	168	52	246	49	323
8	159	6	234	12	309

Biegung berechnet für 1 g Belastung.

Temperatur	Biegung
198°	0,004 617 mm
150	0,004 366 „
106	0,004 140 „
51	0,003 889 „
9	0,003 717 „

Nr. 2. $l_{120} = 51,75$, $\alpha_{120} = 0,8924$, $r_{120} = 0,8846$.

Sa + 10 g		Sa + 30 g		Sa + 50 g	
t	Sc.	t	Sc.	t	Sc.
200°	89	201°	130	199°	178
150	84	152	123	150	169
104	79	102	117	105	160
50	74	53	110	48	150
8	71	7	103	11	141

Biegung berechnet für 1 g Belastung.

Temperatur	Biegung
200°	0,001 109 mm
151	0,001 064 „
104	0,001 013 „
50	0,000 948 „
9	0,000 883 „

Bei diesen Beobachtungen wurden die Länge des Stäbchens l und die Querschnittsachsen a und r bei der Temperatur 12° gemessen und dann auf die entsprechende Temperatur reducirt.

In der folgenden Tabelle habe ich die sich aus den Beobachtungen ergebenden Biegunsgconstanten zusammengestellt. Dabei bedeutet t die Temperatur, E_1 die entsprechende Biegunsgconstante, berechnet nach der Formel $E_1 = \frac{1}{12} \cdot l^3 / ar^3 \pi s$ aus den Beobachtungen am Stäbchen Nr. 1, E_2 die Biegunsgconstante für das Stäbchen Nr. 2; E_t die Biegunsgconstante, berechnet nach der empirischen Formel $E_t = E_0 (1 - \alpha t)$, wobei:

$$E_0 = 6\,770\,000, \quad \alpha = 0,00106.$$

t	E_1	E_2	E_t
200°	—	5 396 000	5 336 000
198	5 428 000	—	5 350 000
151	—	5 616 000	5 687 000
150	5 722 000	—	5 695 000
106	6 027 000	—	6 010 000
104	—	5 922 000	6 025 000
51	6 406 000	—	6 405 000
50	—	6 395 000	6 412 000
9	6 703 000	6 701 000	6 706 000

Bei den höheren Temperaturen (über 100°) war eine ziemlich grosse elastische Nachwirkung bemerkbar, die störend bei den Beobachtungen wirkte.

Zur Bestimmung der Torsionscoëfficienten benutzte ich im wesentlichen denselben Apparat, welchen ich in meiner früheren Arbeit beschrieben habe. Der Unterschied bestand nur darin, dass die Ablesung des Drehungswinkels mittelst zweier kleinen Spiegel, die an den beiden Enden des Stäbchens festgeklemmt waren, geschah. Ausserdem war das Stäbchen mit einem hohlen Cylinder von Messingblech umgeben, sodass man vermöge eines Dampfstromes das Stäbchen auf höhere Temperaturen bringen konnte. Zu dem Zwecke

wurden Wasser- und Alkoholdämpfe gebraucht und die Beobachtungen bei 100°, 78° und Zimmertemperatur gemacht.

Im Folgenden sind die Beobachtungen zusammengestellt.

Nr. 1. $a_{120} = 0,9248$ mm, $r_{120} = 0,9031$ mm, $l_{120} = 147$ mm.

$t = 25^{\circ}$		$t = 78^{\circ}$	
Belastung	Drehungswinkel $\psi_{25^{\circ}}$	Belastung	Drehungswinkel $\psi_{78^{\circ}}$
Sa + 5 g	3° 14' 33''	Sa + 10 g	4° 5' 8''
Sa + 10	3 57 49	Sa + 20	5 39 41
Sa + 15	4 41 0	Sa + 30	7 14 10

$t = 100^{\circ}$	
Belastung	Drehungswinkel $\psi_{100^{\circ}}$
Sa + 10 g	4° 22' 3''
Sa + 20	5 59 41
Sa + 30	7 37 25

Nr. 2. $a_{120} = 0,8339$, $r_{120} = 0,8139$, $l_{120} = 146,5$.

$t = 16^{\circ}$		$t = 78^{\circ}$	
Belastung	Drehungswinkel $\psi_{16^{\circ}}$	Belastung	Drehungswinkel $\psi_{78^{\circ}}$
Sa + 10 g	5° 46' 14'	Sa + 10 g	5° 25' 39''
Sa + 20	7 56 10	Sa + 20	7 43 12
Sa + 30	9 58 12	Sa + 30	10 0 49

$t = 100^{\circ}$	
Belastung	Drehungswinkel $\psi_{100^{\circ}}$
Sa + 10 g	5° 28' 10''
Sa + 20	7 50 18
Sa + 30	10 12 28

Nr. 3. $a_{120} = 1,0351$, $r_{120} = 1,0171$, $l_{120} = 147$.

$t = 16^{\circ}$		$t = 78^{\circ}$	$t = 100^{\circ}$
Belastung.	Drehungswinkel $\psi_{16^{\circ}}$	Drehungswinkel $\psi_{78^{\circ}}$	Drehungsw. $\psi_{100^{\circ}}$
Sa + 10 g	2° 24' 28''	2° 44' 21''	3° 39' 45''
Sa + 20	3 16 22	3 41 4	4 38 20
Sa + 30	4 8 20	4 37 51	5 36 51

Die folgende Tabelle ist in ähnlicher Weise wie die Tabelle für die Biegungsconstanten zusammengestellt. Dabei hat μ_0 den Werth $\mu_0 = 2\,792\,000$ und α den Werth 0,00151.

t	μ_1	μ_2	μ_3	μ_t
100°	2 341 000	2 379 000	2 398 000	2 370 000
78	2 419 000	2 514 000	2 474 000	2 446 000
25	2 645 000	—	—	—
16	—	2 744 000	2 704 000	2 725 000

Wir sehen also, dass der Torsionscoëfficient schneller abnimmt als der Biegungcoëfficient: folglich nimmt das Verhältniss der Quercontraction zur Längsdilatation mit der Temperatur zu und erreicht bei ungefähr 420° (angenommen, dass sich die Elasticitätsconstanten auch bei diesen hohen Temperaturen nach demselben Gesetze ändern) den Werth 0,25.

Zum Schluss habe ich noch einige Versuche über die Biegungs- und Torsionsfestigkeit bei den hohen Temperaturen angestellt. Es ergab sich Folgendes:

Biegungsfestigkeit. Mittel aus je 18 Versuchen.

12°	$P_{\max} = 8794$	$\delta_{\max} = 0,00132$
100	$P_{\max} = 8701$	$\delta_{\max} = 0,00145$
150	$P_{\max} = 8639$	$\delta_{\max} = 0,00156$
200	$P_{\max} = 8604$	$\delta_{\max} = 0,00162$

Torsionsfestigkeit. Mittel aus je 11 Versuchen.

12°	$P_{\max} = 10142$	$\delta_{\max} = 0,001\ 837$
78	$P_{\max} = 9182$	$\delta_{\max} = 0,001\ 872$
100	$P_{\max} = 9006$	$\delta_{\max} = 0,001\ 901$

Dabei bedeutet $P_{\max}$ die maximale Spannung und $\delta_{\max}$ die maximale Dilatation an der Bruchstelle.

Göttingen, im August 1889.