Nachtrag. Nachdem das Obenstehende schon geschrieben war, erhielt ich den Aufsatz von Hrn. J. Elster (Bd. II dieser Annalen) über die in freien Wasserstrahlen auftretende electromotorische Kraft. Hr. Elster zeigt darin, dass, wenn ein Wasserstrahl über eine schräg gegen denselben gehaltene Scheibe von Glas, Schwefel, Schellack u. s. w. dahin gleitet, in welcher zwei mit dem Galvanometer verbundene Electroden angebracht sind, ein electricer Strom erhalten wird, der eine verschiedene Stärke für verschiedene Scheiben hat. In dem freien Wasserstrahle konnte dagegen keine electromotorische Kraft nachgewiesen werden. Hr. Elster schliesst hieraus, dass die Reibung des Wassers gegen die Scheibe die wahre Ursache der electromotorischen Kraft ist. Natürlich kann die in diesem Falle entstehende electromotorische Kraft auf dieselbe Weise wie die in Röhren von verschiedener Natur erklärt werden; die Versuche des Hrn. Elster beweisen also in der That nicht, dass die Reibung des Wassers gegen die Scheibe mit der electromotorischen Kraft etwas zu thun hat.

Stockholm, den 10. Mai 1879.

VIII. *Untersuchungen über die anomale Dispersion des Lichtes; von Georg Sieben aus Bingen.*

(Auszug aus der Dissertation.)

Um die für die Dispersion des Lichtes in absorbirenden Medien aufgestellten Formeln und damit die ihnen zu Grunde liegenden Theorien zu prüfen, habe ich eine Reihe von Messungen der Brechungsexponenten von solchen Medien angestellt, und zwar für eine Anzahl möglichst gleichmässig über das Spectrum vertheilter Wellenlängen.

Dazu wurden in einer Leuchtgas- Sauerstoff- Knall-

gasflamme die Chloride von Kalium, Lithium, Natrium, Calcium, Barium, Thallium, Strontium und Rubidium, in Wasser gelöst, mittelst eines Asbestdochtes verbrannt. Ausserdem benutzte ich die drei Wasserstofflinien, im ganzen durchschnittlich 12 Spectrallinien. Folgende Tabelle enthält die Wellenlängen der benutzten Linien.

Wellenlängen. Tabelle I.

K_{α}	K_{γ}	Li	H_{α}	Sr_{α}	Na	Ca	Tl
0,76009	0,69493	0,67052	0,65618	0,60625	0,58890	0,55342	0,53495

Ba_{β}	Ba_{δ}	H_{β}	Sr_{δ}	H_{γ}	Rb	K_{β}
0,52694	0,48993	0,48606	0,46075	0,43379	0,42020	0,40400

Mehr Linien einzuschalten, würde die Beobachtungen, namentlich bei verdünnten Lösungen, sehr in die Länge gezogen haben und bei concentrirten ohne Nutzen gewesen sein.

Die einzelnen Werthe sind zum Theil den Tabellen von Thalén entnommen, die für Ba, Ca, Rb, K_{β} sind von mir vielfach mit Hülfe eines feinen Nobert'schen Gitters nach der bekannten Formel $\alpha\lambda = l \sin \delta$ bestimmt worden. Die Gitterconstante l wurde mit Hülfe der Natriumlinie zu 0,011 302 mm ermittelt und dabei die Wellenlänge derselben $\lambda = 0,000\ 5889$ mm als bekannt vorausgesetzt.

Die Messung der Brechungsexponenten geschah stets nach der Methode der minimalen Ablenkung. Das verwandte Meyerstein'sche Spectrometer liess direct 6' und mittelst der mit einem Mikroskop versehenen Mikrometerschraube noch gut 2" und 1" ablesen. Die Temperatur wurde durch Öffnen und Schliessen der Dunkelkammer bis auf 0,1° constant gehalten und nach jeder Beobachtung an einem in 0,2° getheilten Geissler'schen Normalthermometer abgelesen. Um die einzelnen Brechungsexponenten

unter sich vergleichen zu können, wurde eine und dieselbe Temperatur für ein System von Lösungen hergestellt, aus welchem Grunde dann auch die Anwendung specieller Interpolationsformeln für die Lösungsmittel unnöthig wurde.¹⁾ Da dieselben aber doch anderweitiges Interesse bieten, so will ich sie hier mit dem Bemerken folgen lassen, dass sie nach dem von Wüllner²⁾, angegebenen Verfahren und zwar für das Temperaturintervall von 17—25° aufgestellt sind, und die daraus berechneten Exponenten bis auf die 4. Decimale genau angenommen werden können. Die in den folgenden Tabellen angegebenen Exponenten der Lösungsmittel sind das Mittel aus vielen Bestimmungen.

Interpolationsformeln für die Brechungs-
exponenten:

	des Alkohols:	des Wassers:
K _α	1,36624 — 0,000 388 . t	1,33088 — 0,000 0990 . t
Li	1,36796 — 0,000 389 . t	1,33292 — 0,000 0990 . t
H _α	1,36831 — 0,000 389 . t	1,33320 — 0,000 0990 . t
Na	1,37017 — 0,000 390 . t	1,33508 — 0,000 0990 . t
Ca	— —	1,33687 — 0,000 0991 . t
Tl	1,37212 — 0,000 391 . t	1,33702 — 0,000 0991 . t
H _β	1,37449 — 0,000 392 . t	1,33915 — 0,000 0991 . t
Sr _β	1,37600 — 0,000 394 . t	1,34066 — 0,000 0991 . t
H _γ	— —	1,34231 — 0,000 0991 . t
Rb	1,37939 — 0,000 395 . t	1,34341 — 0,000 0991 . t
K _β	1,38063 — 0,000 397 . t	1,34485 — 0,000 0992 . t

Von den Lösungsmitteln Alkohol, Wasser und Benzol wurde zu Anfang eine für alle Versuche ausreichende Quantität bezogen, das destillirte Wasser noch einmal ausgekocht und in einer gut schliessenden Flasche aufbewahrt. — Die zur Untersuchung dienenden Stoffe erhielt ich von Herrn Prof. Dr. A. Kekulé. Ich verfügte schliess-

1) Die definitiven hier allein mitgetheilten Messungen sind im Winter 1877/78, wo sich leichter constante Temperaturen erhalten liessen, angestellt, die ersten Beobachtungen im Sommer 1877; ihre Resultate finden sich in der Doctordissertation.

2) Pogg. Ann. CXXXIII, p. 1. 1868.

lich über drei verschiedene, von Steinheil geschliffene sogenannte Kundt'sche Prismen, deren brechende Winkel nahezu 16° , 30° , 45° betragen.

Von der zu untersuchenden Substanz wurde eine Normallösung hergestellt, von der dann ein bestimmtes Volumen in eine 0,1 ccm getheilte Röhre gebracht wurde, dieselbe zunächst untersucht und dann in bestimmten Verhältnissen weitere Mengen Lösungsmittel zugegossen. Es ist diese Bestimmung der Concentration, wenn Lösung und Lösungsmittel dieselbe Temperatur haben, hinreichend genau, um die Aenderung der später zu erwähnenden Constanten D' und L mit der Concentration zu erfahren.

Nach Füllung des Prismas wurde der mit einem Thermometer versehene Deckel mit Talg aufgekittet und das so luftdicht schliessende Prisma auf den Tisch des Spectralapparates gebracht, wo es zunächst während der Beobachtung des Spectrums so gestellt wurde, dass die Linien, welche durchgingen, möglichst scharf sichtbar waren (doch vermied ich, das Licht dicht an der brechenden Kante durchfallen zu lassen), darauf wurde diese in bekannter Weise genau senkrecht gestellt. Die darauf folgenden Bestimmungen des brechenden Winkels und der directen Einstellung wurden nach dem Versuche in umgekehrter Reihenfolge wiederholt. Das Prisma wurde beim Uebergange zu einer neuen Lösung stets sorgfältig gereinigt.

Discussion der Fehlergrössen. Jede einzelne Bestimmung des brechenden Winkels war bis auf $3''$ genau und wurde jedesmal an verschiedenen Stellen des Kreises gemacht, wo sich manchmal eine Differenz von $6''$ bis $8''$ ergab, welche, wie ich mich überzeugte, nicht von einer Aenderung des brechenden Winkels herrühren konnte.¹⁾ Die Einstellung auf die minimale Ablenkung ist der geringen Dispersion der Prismen wegen als fehlerfrei zu betrachten.

1) Es mag wohl das nicht so scharfe Reflexbild der dünnen Platte des Kundt'schen Hohlprismas etwas dazu beigetragen haben, der Hauptgrund aber doch im Apparate selber liegen.

Der Fehler im Messen der Ablenkungswinkel betrug bei constanter Temperatur höchstens 4"; es wurden immer 4—5 Einstellungen auf eine Linie gemacht.

Bei den in den folgenden Tabellen mitgetheilten Resultaten ist deshalb, namentlich unter Berücksichtigung, dass nach dem angegebenen Verfahren die Temperatur constant gehalten werden konnte, die fünfte Decimale bis auf 2—3 Einheiten sicher anzunehmen. In der Spalte, die mit Concentration überschrieben ist, stehen die Verhältnisse der Volumina zweier benachbarter Lösungen, so bedeutet z. B. in Tabelle II 35:30, zu 30 ccm der Normallösung sind 5 ccm Lösungsmittel zugegossen. Unter Δ ist die Differenz zwischen Lösung und Lösungsmittel zu verstehen.

Chlorophyll in Alkohol. Wegen seiner vielen Absorptionsstreifen ist das Chlorophyll¹⁾ eigentlich nicht zu solchen Versuchen geeignet, am allerwenigsten kann dabei an eine numerische Rechnung gedacht werden. Aus frischen Hollunderblättern wurde auf kaltem Wege eine sehr concentrirte Lösung bereitet. Es zeigten sich, nachdem sie längere Zeit in einem dunkeln Raume gestanden hatte, an den Gefässwänden kleine grüne Perlchen, die so fest ansassen, dass sie selbst durch öfteres Schütteln nicht loszulösen waren; im übrigen schien die Lösung unverändert. Sie wurde noch einmal filtrirt und so der Untersuchung unterworfen. Die Linien sind ungefähr von Strontium absorbirt. Ausserdem zeigte sich zwischen Li und H_α ein schmaler scharfer Absorptionsstreifen, welcher in der Normal- und verdünnten Lösung (I) Li auslöschte, zwischen H_α und Na ein etwas breiterer, ebenso zwischen Na und Ca, Ca und Tl, dann ein sehr breiter zwischen Tl und H_β und zwischen H_β und Sr_δ .

Cyanin in Benzol. Die Löslichkeit des Cyanins in Benzol ist keine so gute, wie die in Alkohol. Von ungefähr 0,32 g löste sich in 20 ccm Benzol, nachdem die Lösung einige Tage gestanden hatte, nur ein geringer

1) Pogg. Ann. CXLI. p. 245. 1870.

Bruchtheil. Da fortgesetztes gelindes Erwärmen die Löslichkeit nicht förderte, so wurde sie filtrirt und der Untersuchung unterworfen. Während eine alkoholische Lösung von annähernd derselben Concentration das violette Licht intensiv zeigte, war hier fast alles absorbirt, die K_β - Linie konnte selbst bei dem intensivsten Lichte nicht wahrgenommen werden. Es scheint also, dass das Cyanin je nach dem Lösungsmittel verschiedene Absorptionsstreifen habe. Da das Spectrum der Lösung theilweise mit dem Glasspectrum zusammenfällt, musste letzteres durch einen kleinen, auf das Tischchen des Apparates gestellten Schirm abgeblendet werden. Es ergab sich, dass die Exponenten der Lösung sämmtlich kleiner sind, als die des reinen Lösungsmittels, während es bei Lösungen in Alkohol und Wasser gerade umgekehrt ist, ein Umstand, auf dessen nähere Untersuchung ich mich nicht einlassen konnte. Dasselbe zeigen frühere Versuche mit Schwefelkohlenstoff als Lösungsmittel. Vielleicht hat hier eine chemische Einwirkung stattgefunden.

Cyanin in Alkohol. Durch eine Lösung mit dem specifischen Gewichte 0,809 bei 18,6°, die nicht ganz 0,324 g Cyanin in 17,2 ccm Alkohol enthielt, konnten in dem Prisma von 45° br. W. nur zwei Linien K_α und Sr_β beobachtet werden. Die blaue Linie des Strontiums erschien inmitten der rothen Linien desselben. Beim Vorsetzen der Wasserstoffröhre war nur ein schwaches, gleichmässig verbreitetes Licht zu sehen. Da obige Lösung noch Spuren fester Theilchen enthielt, wurde sie bis zu einem specifischen Gewichte 0,807 verdünnt und als Normallösung benutzt. Die Brechungsexponenten mit dem Prisma von 16° br. W. sind später bestimmt worden.

Fuchsin in Alkohol. Die zu Grunde gelegte Normallösung hatte bei 12,8° das specifische Gewicht 0,810; durch sie ging nur rothes Licht. Die Linien K_α , Li und H_α waren sehr lebhaft; bei sehr intensivem Lichte trat noch eine zweite rothe Kaliumlinie auf, die zwischen K_α und Li lag, und welche fast mit der Fraunhofer'schen Linie B

Tabelle II. Chlorophyll in Alkohol.

Temp. 18,0°.

Br. W. zw. 44° 52' 53" und 44° 53' 0".

Concentr.	K _α	Li	H _α	Na	Ca	Tl	H _β	Sr _δ
Alkohol.	1,35897	1,36085	1,36112	1,36300	1,36400	1,36487	1,36723	1,36864
Normallösung A	1,36322 + 425	—	1,36529 + 417	1,36707 + 407	1,36831 + 431	1,36910 + 423	1,37151 + 428	—
I. verdünnte Lösung A	1,36306 + 409	—	1,36501 + 389	1,36689 + 389	1,36816 + 416	1,36859 + 372	1,37139 + 416	—
II. verdünnte Lösung A	1,36246 + 349	1,36423 + 338	1,36451 + 339	1,36629 + 329	1,36756 + 356	1,36833 + 346	1,37087 + 364	—
III. verdünnte Lösung A	1,36215 + 318	1,36396 + 311	1,36424 + 312	1,36600 + 300	1,36728 + 328	1,36805 + 318	1,37047 + 324	1,37200 + 336

Tabelle III. Cyanin in Benzol.

Temp. 17,2°.

Br. W. zw. 44° 52' 55" und 44° 52' 58".

Conc.	K _α	Li	H _α	Na	Ca	Tl	H _β	Sr _δ	Rb	K _β
Benzol.	1,49153	1,49583	1,49666	1,50129	1,50456	1,50656	1,51318	1,51752	1,52676	1,53143
Normallösung A	1,49126 — 27	1,49554 — 29	1,49684 — 18	1,50079 — 50	1,50407 — 49	1,50619 — 37	1,51273 — 45	1,51711 — 41	1,52617 — 59	—
I. verdünnte Lösung A	1,49141 — 12	1,49574 — 9	1,49658 — 8	1,50107 — 22	1,50428 — 28	1,50635 — 21	1,51800 — 18	1,51743 — 9	1,52664 — 12	—
II. verdünnte Lösung A	1,49107 — 46	1,49570 — 13	1,49659 — 7	1,50109 — 20	1,50440 — 16	1,50638 — 18	1,51286 — 32	1,51727 — 25	1,52651 — 25	—

Tabelle IV. Cyanin in Alkohol.

Temp. 17,4°.

Br. W. zw. 45° 4' 53" und 45° 5' 1".

	Conc.	K _a	Li	H _a	Na	Ca	Tl	Ba _β	Ba _δ	H _β	Sr _δ	H _γ	Rb	K _β
Alkohol		1,35948	1,36122	1,36152	1,36322	1,36450	1,36527	1,36576	1,36755	1,36755	1,36912	1,37103	1,37256	1,37379
Prisma: 16° 2' 21"	sp. Gew.	1,36955	1,37528	1,37763	—	—	—	—	—	1,36814	1,37145	1,37504	1,37683	—
Δ	0,809	+ 1007	+ 1406	+ 1611	—	—	—	—	—	+ 59	+ 233	+ 401	+ 427	—
Prisma: 45° 4' 56"	0,809	1,36989	—	—	—	—	—	—	—	—	1,37010	—	—	—
Δ	+ 991	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 98	—	—	—
Normallösung	0,807	1,36539	1,37008	—	—	—	—	—	—	—	1,36975	—	1,37370	—
Δ	5,4	+ 591	+ 886	—	—	—	—	—	—	—	+ 64	—	+ 114	—
I. verd. Lösung	4,0	1,36391	1,36792	—	—	—	—	—	—	—	1,36963	—	1,37392	—
Δ	5,1	+ 343	+ 670	—	—	—	—	—	—	—	+ 51	—	+ 36	—
II.	5,1	1,36159	1,36446	—	—	—	—	—	1,36734	1,36754	1,36929	—	1,37253	1,37403
Δ	2,5	+ 211	+ 324	—	—	—	—	—	— 21	— 1	+ 17	—	— 3	+ 34
III.	4,9	1,36019	1,36236	1,36276	—	—	—	—	1,36747	1,36768	1,36918	—	1,37222	1,37365
Δ	1,6	+ 71	+ 114	+ 124	—	—	—	—	— 8	+ 13	+ 6	—	— 34	— 4
IV.	5,5	1,35972	1,36163	1,36203	—	—	—	—	1,36440	1,36519	1,36763	1,36911	1,37207	1,37339
Δ	1,8	+ 24	+ 41	+ 51	—	—	—	—	— 10	+ 8	— 1	—	— 49	— 30
V.	4,8	1,35971	1,36151	1,36183	1,36348	1,36458	1,36530	1,36577	1,36769	1,36780	1,36933	1,37124 ¹⁾	1,37234	1,37382
Δ	2,3	+ 23	+ 29	+ 31	+ 16	+ 8	+ 3	+ 1	+ 14	+ 25	+ 21	+ 21	— 22	+ 13

Ann. Die Zahlen mit einem Sternchen entsprechen Linien, die schwach sichtbar waren; wo dieselben auffallend verbreitert erschienen, ist noch ein Kreuzchen beigefügt. Die Genauigkeit ist bei den ersten eine geringere.

1) Die H_γ-Linie fehlt bei den vorhergehenden Linien deshalb, weil eine schon längere Zeit in Gebrauch gewesene Geissler'sche Röhre dieselbe nicht zeigte. Von hier ab wurde eine neue benutzt.

	Concentr.	K _α	K _γ	Li	H _α	Na	Ca	Tl	H _β	Sr _δ	H _γ	Rb	K _β
Prisma 160° 3' 46"	—	1,40444	1,40831	1,41002	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Normallösung	spec. Gew.	4496	4755	4880	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I. verd. Lösung	0,810	1,37318	1,37695	1,37870	1,38022	—	—	—	—	—	—	—	—
	12,1	1,37005	1,37285	1,37435	1,37555	—	—	—	—	—	—	—	—
	9,0	1,36721	1,36988	1,37108	1,37203	—	—	—	—	—	—	—	—
II.	11,3	773	912	986	1051	—	—	—	—	—	—	—	—
	8,5	1,36721	1,36988	1,37108	1,37203	—	—	—	—	—	—	—	—
III.	9,6	1,36489	1,36753	1,36854	1,36930	—	—	—	—	—	—	—	—
	7,1	541	677	732	778	—	—	—	—	—	—	—	—
IV.	8,6	1,36363	1,36562	1,36653	1,36719	—	—	—	—	—	—	—	—
	6,4	415	486	531	567	—	—	—	—	—	—	—	—
V.	7,1	1,36251	1,36434	1,36510	1,36567	1,37141	—	—	—	—	—	—	—
	5,3	303	358	398	415	808	—	—	—	—	—	—	—
VI.	5,6	1,36177	1,36339	1,36410	1,36457	1,36987	—	—	—	—	—	—	—
	4,1	229	263	288	305	655	—	—	—	—	—	—	—
VII.	5,5	1,36085	1,36199	1,36289	1,36327	1,36628	—	—	—	—	—	—	—
	3,3	137	123	167	175	296	—	—	—	—	—	—	—
VIII.	4,1	1,36040	1,36178	1,36229	1,36267	1,36541	—	—	—	—	—	—	—
	2,4	92	102	107	115	209	—	—	—	—	—	—	—
IX.	5,8	1,36001	1,36130	1,36185	1,36218	1,36469	—	—	—	—	—	—	—
	3,5	53	54	63	66	137	—	—	—	—	—	—	—
X.	8,1	1,35979	1,36110	1,36159	1,36196	1,36407	—	—	—	—	—	—	—
	4,8	31	34	37	44	75	—	—	—	—	—	—	—
XI.	7,5	1,35970	1,36087	1,36141	1,36177	1,36364	—	—	—	—	—	—	—
	3,7	22	11	19	25	32	—	—	—	—	—	—	—
XII.	6,4	1,35961	1,36083	1,36132	1,36163	1,36349	—	—	—	—	—	—	—
	3,2	13	7	10	11	17	—	—	—	—	—	—	—
XIII.	4,7	1,35956	1,36079	1,36128	1,36160	1,36343	—	—	—	—	—	—	—
	2,3	8	3	6	8	11	—	—	—	—	—	—	—

coincidirte. Solange sie sichtbar war, ist sie mit in den Kreis der Beobachtung gezogen und mit K_7 bezeichnet worden.¹⁾ Die Differenzen zwischen Lösung und Alkohol zeigen eine starke Zunahme gegen den Absorptionsstreifen hin, bei verdünnten Fuchsinlösungen ist aus der Unregelmässigkeit der Differenzen der Einfluss des zweiten Absorptionsstreifen bemerkbar. Die Untersuchung mit dem Prisma von 16° br. W. ist einige Wochen nachher angestellt, zeigt aber auch, dass keine blauen und violetten Linien sichtbar waren; doch trat hier bei Strontiumlicht anomale Dispersion deutlich hervor, indem die sonst sehr intensive orangefarbige Linie als breiter verwaschener Streifen im violetten Theile des Spectrums sichtbar war; dasselbe wurde bei der I. verdünnten Lösung mit dem Prisma von 45° beobachtet. Es konnte jedoch nicht darauf eingestellt werden.

In der V. verdünnten Lösung ist unter Na ein Exponent verzeichnet, der eigentlich nicht der Natriumlinie, sondern einem sehr breiten gelben Streifen, der nur bei intensivem Lichte auftrat, entspricht. Zwischen ihm und Rb ist fast Anomalie. In der VI. Lösung war dieser Streifen schon begrenzter, aber immer noch sehr breit.

Fuchsin in Wasser. Die Bestimmungen sind mit einer sehr concentrirten Lösung angestellt. Die orangefarbige Strontiumlinie (Sr_α), die bei einer concentrirten alkoholischen Lösung im Violetten lag, wird hier unverändert an ihrem Platze gefunden. Andere Linien als die hier verzeichneten konnte ich nicht wahrnehmen.

Gegenüber einer concentrirten alkoholischen Lösung, ist der Absorptionsstreifen nach violett gerückt.

1) Später sollte die Wellenlänge dieser wenig intensiven Linie bestimmt werden, aber eine frische Lösung von Chlorkalium zeigte sie nicht mehr, dieselbe wurde deshalb mit Hülfe der Cauchy'schen Gleichung, woraus man $\lambda^2 = \frac{n^2 B}{n^2 - A}$ erhält, berechnet.

Tabelle VI. Fuchsin in Wasser.

Temp. 17,4°

Br. W. 44° 54' 8".

	K _α	Li	H _α	Sr _α	Na
Lösung	1,32996	1,33200	1,33244	1,33404	1,33477
Wasser	1,32916	1,33120	1,33148	—	1,33336
<i>Δ</i>	+ 80	+ 80	+ 96	—	+ 141

Gemisch einer alkoholischen Lösung von Fuchsin und Cyanin. Zu 7 ccm der Normalfuchsinlösung kamen 7 ccm der Cyaninlösung vom specifischen Gewichte 0,807. Von dieser Mischung wurden alle Linien ausser K_α, Li und H_α absorbirt. In der IV. verdünnten Lösung zeigte sich bei Natriumlicht ein breites verschwommenes Gelb; in der V. war dieses Band mehr als doppelt so breit, viel intensiver und nach der rothen Seite hin von einem schwarzen Streifen durchzogen. Mit der Sr_β-Linie, auf die in der III. Lösung mit hinreichender Genauigkeit eingestellt werden konnte, verhielt es sich ähnlich. (Zur Beobachtung der Sr_β-Linie in concentrirten Lösungen wurde noch Strontiumsalz auf die Asbestdochte gelegt.) Statt ihrer trat in der IV. verdünnten Lösung ein sehr breiter, an den Rändern verwaschener Streifen auf; in der V. Lösung war sie wieder als scharf begrenzte Linie sichtbar, desgleichen in der VI. die Natriumlinie.

Anilinblau in Alkohol. Durch eine sehr concentrirte Lösung konnten in dem Prisma von 45° br. W. nur Sr_β, Rb, (K_α sehr schwach) wahrgenommen werden; um aber von vornherein eine grössere Anzahl von Linien beobachten zu können, wendete ich das Prisma von 16° br. W. an. Dieselbe Lösung hierin untersucht, liess noch Li, H_α, H_β und H_γ durch, alle sehr intensiv und scharf begrenzt. Es trat jedoch keine anomale Dispersion ein, auch ist zu bemerken, dass die Differenzen hier nicht so gross wie bei Cyanin und Fuchsin sind. Im Vergleiche zu den übrigen mit dem Prisma von 45° br. W. bestimmten Exponenten ist die Genauigkeit keine so grosse, wie leicht

Tabelle VII. Gemisch einer alkoholischen Lösung von Fuchsin und Cyanin.

Temp. 17,4°.

Br. W. zw. 450 Å 46" und 450 Å 53".

	Conc.	K _α	K _γ	Li	H _α	Str _α	Na	Ca	Tl	Ba _δ	H _β	Str _δ	H _γ	Rb	K _β
Alkohol		1,35948	1,36076	1,36122	1,36152	1,36279	1,36332	1,36450	1,36527	1,36755	1,36755	1,36912	1,37103	1,37256	1,37369
Normalösung	—	1,37153	1,37557	1,37769	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
I. verd. Lös. Δ	25,2 9,2	1,36379 + 431	1,36607 + 531	1,36718 + 596	1,36822 + 670	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II. verd. Lös. Δ	9,0 4,5	1,36171 + 223	1,36337 + 261	1,36418 + 296	1,36485 + 333	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
III. verd. Lös. Δ	8,1 4,0	1,36073 + 125	1,36218 + 142	1,36273 + 151	1,36330 + 178	—	—	—	—	—	—	1,36893 ⁺ — 19	1,37186 + 33	1,37245 — 11	1,37437 + 58
IV. verd. Lös. Δ	10,0 4,0	1,35993 + 45	1,36127 + 51	1,36181 + 59	1,36220 + 68	—	1,36491 ⁺ + 159	—	—	—	—	—	1,37123 + 20	1,37256 ± 0	1,37406 + 38
V. verd. Lös. Δ	11,2 4,5	1,35976 + 28	1,36103 + 27	1,36151 + 29	1,36186 + 34	—	—	—	—	—	1,36716 — 39	1,36926 + 14	1,37132 + 20	1,37245 — 11	1,37408 + 39
VI.) verd. Lös. Δ	8,7 3,5	1,35971 + 23	1,36092 + 16	1,36144 + 22	1,36175 + 23	1,36313 + 34	1,36358 + 26	1,36476 + 26	1,36542 + 15	1,36773 + 18	1,36772 + 17	1,36935 + 23	1,37134 + 31	1,37251 — 5	1,37426 + 57

1) Die Lösungen, mit welchen die Versuche abgebrochen wurden, waren noch immer so dicht, dass durch eine Schicht von ungefähr 30 mm gewöhnliches Tageslicht nur schwach durchgelassen wurde.

einzusehen ist. Während dort eine Aenderung in der Temperatur um $0,2^\circ$ eine Aenderung des Ablenkungswinkels von $15'' - 20''$ hervorrief, war hier eine solche nicht wahrzunehmen. Zum Zwecke der Vergleichung sind bei Lösung IV und V die Brechungsexponenten mit dem Prisma von 45° br. W. beigefügt, bei Lösung II die mit dem Prisma von 30° br. W. Man sieht daraus, dass diejenigen Indices, die den Prismen mit kleinerem brechendem Winkel entsprechen, sämmtlich grösser sind, als die, welche den mit grösserem angehören, eine Thatsache, die auch aus späteren Beobachtungen mit Alkohol hervorging, und deren Grund aller Wahrscheinlichkeit nach in den Platten der Prismen zu suchen ist.

Es sei noch bemerkt, dass bei den Beobachtungen einer und derselben Lösung mit zwei verschiedenen Prismen jedesmal die Differenzen zwischen den Exponenten, beobachtet mit kleinerem Prisma und den, beobachtet mit grösserem Prisma, angegeben sind.

Schwefelsaures Kupferoxyd-Ammoniak. Eine concentrirte Kupfervitriollösung wurde mit Ammoniak versetzt, bis der entstandene weisse Niederschlag verschwand, welcher Moment genau abgepasst wurde; die Lösung hatte dann ihre möglichst stärkste Concentration. Schwefelsaures Kupferoxyd-Ammoniak absorbirt bekanntlich einen Theil des Rothen; hier erstreckte sich die Absorption nicht über H_α , so aber, das H_α , Na, Ca und Tl sehr breit und verschwommen sichtbar waren.

Die vornehmlich nach der Entdeckung der anomalen Dispersion vorgenommenen Erweiterungen des Dispersionsgesetzes sind bis jetzt nur an den Beobachtungen Kundt's verificirt worden; an anderen derartigen Versuchen hat es gefehlt, namentlich an solchen, aus welchen der Gang der Dispersionscurve mit abnehmender Dichtigkeit der Lösungen ersichtlich ist. Man wird sich dabei im allgemeinen auf Stoffe mit einem Absorptionsstreifen in dem Gebiete des

Temp. 17,40°.

Tabelle VIII. Anilinblau in Alkohol.

Br. W. zw. 160° 57' und 169° 4'.

	Concentr.	K _a	Li	H _a	Na	Tl	H _β	Sr _g	H _γ	Rb	K _β
Alkohol		1,35948	1,36122	1,36152	1,36332	1,36527	1,37655	1,36912	1,37103	1,37256	1,37369
Normallösung Δ	—	1,36174 + 226	1,36373 + 251	1,36429 + 277	—	—	1,36858 + 103	1,37068 + 156	1,37303* + 200	1,37447* + 191	absorb.
I. verd. Lösung Δ	11,3 9,0	1,36127 + 179	1,36315 + 193	1,36363 + 211	—	—	1,36835 + 80	1,37002 + 90	1,37273* + 170	1,37408 + 152	—
II. verd. Lösung Δ	13,2 9,7	1,36126 + 178	1,36313 + 191	1,36345 + 193	1,36465 + 133	1,36554 + 27	1,36860 + 105	1,37010 + 98	1,37245* + 142	1,37383 + 127	—
II. verd. Lösung Prisma: 30° 16' 17"	—	1,36080 + 46	1,36267 + 46	—	—	—	—	1,36994 + 16	—	1,37348* + 35	—
III. verd. Lösung Δ	10,0 7,5	1,36088 + 140	1,36252 + 130	1,36295 + 143	1,36456 + 124	1,36568 + 41	1,36847 + 92	1,37026 + 114	1,37243 + 140	1,37383 + 137	—
IV. verd. Lösung Δ	10,2 7,5	1,36051 + 103	1,36216 + 94	1,36262 + 110	1,36447 + 115	1,36552 + 25	1,36811 + 56	1,36977 + 65	1,37224 + 121	1,37332 + 76	—
IV. verd. Lösung Prisma: 44° 54' 6"	—	1,36028 + 28	1,36201 + 15	1,36242 + 20	1,36413* + 34	1,36544* + 8	1,36798 + 13	1,36959 + 18	1,37185 + 39	1,37298 + 34	—
V. verd. Lösung	7,1 4,2	1,36007 + 59	1,36192 + 70	1,36225 + 73	1,36367 + 35	1,36527 ± 0	1,36757 + 2	1,36964 + 52	1,37176 + 73	1,37335 + 79	—
V. verd. Lösung Prisma: 44° 54' 5"	—	—	1,36159 + 33	1,36222 + 3	1,36395 — 28	—	1,36806 — 49	1,36974 — 10	—	—	—

sichtbaren Spectrums beschränken müssen. In den vorangegangenen Untersuchungen ist deshalb das Hauptgewicht auf Cyanin gelegt worden, welches unter diesen wohl die erste Stelle einnimmt. Bei Fuchsin wird, namentlich bei dünneren Lösungen, die Einwirkung des II. Absorptionsstreifens von nachtheiligem Einflusse sein; Anilinblau scheint ebenfalls im Violetten noch einen zweiten Absorptionsstreifen zu besitzen.

Ich werde mich im Folgenden auf einen Vergleich zwischen den beobachteten Brechungsexponenten und den nach der Ketteler'schen Theorie berechneten einlassen.

Die von Ketteler¹⁾ vorgeschlagene Dispersionsformel hat die Form:

$$n^2 - n_\infty^2 = \sum \frac{D' L^2 n^2}{\lambda^2 - \sqrt{-1} G L \lambda - n^2 L^2},$$

wo $n (= a + b\sqrt{-1})$ das der Wellenlänge λ entsprechende Brechungsverhältniss und n_∞ dessen Grenzwert für $\lambda = \infty$ ist. D' als Maass der dispergirenden Kraft soll der Dichtigkeit proportional sein, L ist die innere Wellenlänge für das Maximum der Absorption und G eine Reibungsconstante. Da indess Ketteler²⁾ selbst gezeigt hat, dass die durch die Annahme $G = 0$ vereinfachte Formel:

$$n^2 - n_\infty^2 = \sum \frac{D' L^2 n^2}{\lambda^2 - n^2 L^2},$$

sich den bekannten Messungen Kundt's genügend scharf anschliesst, so habe ich mich zur Abkürzung der Rechnung auf diese einfachere Form beschränkt. Man kann ihr im vorliegenden Falle (vgl. l. c.) die für den numerischen Gebrauch geeignete Gestalt geben:

$$n^2 = n_\infty^2 + \frac{n_\infty^2}{4 n_\infty^2 L^2} (V \lambda^2 - \lambda_g'^2 - V \lambda^2 - \lambda_g''^2)^2$$

$$n^2 = \frac{n_\infty^2}{1 - \frac{B}{\lambda^2}},$$

1) Wied. Ann. III. p. 309. 1878. Anmerk. — Verhandl. des naturhist. Vereins für Rheinl.-Westfalen VI. p. 46).

2) Pogg. Ann. CLX, p. 466. 1877.

wo n das modificirte Brechungsverhältniss des Lösungsmittels und λ'_g , λ''_g die beiden Grenzwellenlängen des Absorptionsstreifens bedeuten.

Während ich in meiner Dissertation die Rechnungen auch für die vorläufigen Messungen mitgetheilt, so gebe ich sie hier nur für eine Reihe der Definitiven. Für die Constantenbestimmung haben die Brechungsexponenten der Strahlen K_α , Li, Sr_δ und Rb gediect. In den folgenden Tabellen bedeuten λ die Wellenlängen, n die berechneten Brechungsexponenten, b die Absorptionscoëfficienten, n die

Tabelle IX.

Normal-Cyaninlösung.

(Tafel I. Fig. 8 a.)

n_1 von $K_\alpha = 1,36539$, von Li 1,37008,
von Sr_δ 1,36976, von Rb = 1,37370.

	λ	Ber. $n(a)$	b	n
K_α	0,76009	1,36539	—	1,36322
Li	0,67052	1,37008	—	1,36486
H_α	0,65618	1,37184	—	1,36518
	0,63000	1,37950	—	1,36584
n''_g	0,62141	1,39645	0,0000	1,36604
	0,61127	1,38493	0,02420	1,36636
	0,60114	1,37345	0,02989	1,36657
n_m	0,59502	1,36651	0,03073	1,36686
Na	0,58890	1,35958	0,02988	1,36705
	0,57876	1,34810	0,02421	1,36740
n'_g	0,56863	1,33665	0,0000	1,36775
Ca	0,55342	1,35697	—	1,36833
Tl	0,53495	1,36162	—	1,36910
H_β	0,48606	1,36742	—	1,37159
Sr_δ	0,46075	1,36976	—	1,37321
H_γ	0,43379	1,37237	—	1,37526
Rb	0,42020	1,37370	—	1,37645
K_β	0,40400	1,37549	—	1,37803

$n_x = 1,357517$ $B = 0,482418 \cdot 10^{-8}$
 $D = 0,003726$ $L = 0,00043531 \text{ mm}$

Tabelle X.

I. verd. Cyaninlösung.

(Tafel I. Fig. 8 b.)

n_1 von $K_\alpha = 1,36391$, von Li 1,36792,
von Sr_δ 1,36963, von Rb = 1,37292.

	λ	Ber. $n(a)$	b	n
K_α	0,76009	1,36391	—	1,36244
Li	0,67052	1,36792	—	1,36393
H_α	0,65618	1,36964	—	1,36423
n''_g	0,63059	1,38821	0,0000	1,36481
	0,61943	1,37584	0,02090	1,36509
	0,61592	1,37195	0,02254	1,36519
n_m	0,60976	1,36501	0,02360	1,36534
	0,60360	1,35832	0,02254	1,36551
	0,60009	1,35444	0,02090	1,36561
n'_g	0,58890	1,34211	0,0000	1,36593
	0,57116	1,35936	—	1,36649
Ca	0,55342	1,36283	—	1,36710
Tl	0,53495	1,36422	—	1,36780
H_β	0,48606	1,36798	—	1,37006
Sr_δ	0,46075	1,36963	—	1,37152
H_γ	0,43379	1,37173	—	1,37339
Rb	0,42020	1,37292	—	1,37447
K_β	0,40400	1,37447	—	1,37586

$n_x = 1,357253$ $B = 0,439615 \cdot 10^{-8}$
 $D = 0,002201$ $L = 0,00044659 \text{ mm}$

$$\frac{v_1}{v} = 1,35 \quad \frac{D'}{D_1} = 1,69$$

modificirten Brechungsexponenten des Lösungsmittels und Δ die Differenz zwischen Rechnung und Beobachtung. Zum Zwecke der graphischen Darstellung der Dispersionscurve sind für den Bereich der Absorption noch einige Wellenlängen mit dazu berechneten Brechungs- und Absorptionscoëfficienten eingeschoben.

Tab. XI. II. verd. Cyaninlösung.

Berechnet $n(a)$			Δ	Berechnet $n(a)$			Δ	
K $_{\alpha}$	1,36159	0		Ba $_{\delta}$	1,36734	0		$n_{\infty} = 1,355424$
Li	1,36446	0		H $_{\beta}$	1,36758	4		$D' = 0,001144$
n'' $_g$	1,38031	—		Sr $_{\delta}$	1,36929	0		$B = 0,457533 \cdot 10^{-8}$
n $_m$	1,36413	—		Rb	1,37253	0		$L = 0,00044793 \text{ mm}$
n' $_g$	1,34710	—		K $_{\beta}$	1,37406	— 3		$\frac{v_{II}}{v_I} = 2,04; \frac{D'_I}{D'_{II}} = 1,92$

Tabelle XII.

III. verd. Cyaninlösung.

Berechnet $n(a)$		Δ
K $_{\alpha}$	1,36019	0
Li	1,36236	0
H $_{\alpha}$	1,36371	—95
n'' $_g$	1,36894	—
n $_m$	1,36212	—
n' $_g$	1,35530	—
Ba $_{\delta}$	1,36744	+ 3
H $_{\beta}$	1,36766	+ 2
Sr $_{\delta}$	1,36918	0
Rb	1,37222	0
K $_{\beta}$	1,37368	— 3

$$n_{\infty} = 1,354693$$

$$D' = 0,0001923$$

$$B = 0,451317 \cdot 10^{-8}$$

$$L = 0,00047219 \text{ mm}$$

$$\frac{v_{III}}{v_{II}} = 3,06; \quad \frac{D'_{II}}{D'_{III}} = 5,92$$

Tabelle XIII.

V. verd. Cyaninlösung.

Berechnet $n(a)$		Δ
K $_{\alpha}$	1,35971	0
Li	1,36151	0
H $_{\alpha}$	1,36182	+ 1
Na	1,36358	—11
Ca	1,36478	—20
Tl	1,36551	—21
Ba $_{\beta}$	1,36583	— 6
Ba $_{\delta}$	1,36762	+ 7
H $_{\beta}$	1,36782	— 2
Sr $_{\delta}$	1,36933	0
H $_{\gamma}$	1,37122	+ 2
Rb	1,37234	0
K $_{\beta}$	1,37380	+ 2

$$n_{\infty} = 1,354817 \quad B = 0,449368 \cdot 10^{-8}$$

$$D' = 0,0001046 \quad L = 0,00058704 \text{ mm}$$

$$\lambda'_g = 0,00079217 \text{ mm} \quad \lambda''_g = 0,00080413 \text{ mm}$$

$$\frac{v_V}{v_{III}} = 6,33 \quad \frac{D'_{III}}{D'_V} = 1,83$$

Die bei der V. verdünnten Cyaninlösung entstandenen Differenzen haben wohl darin ihren Grund, dass der Theorie entgegen der Absorptionsstreifen unendlich dünner Lösungen ($D' = 0$) nicht unendlich schmal wird, sondern vielmehr eine endliche Breite behält. Auch hätten zur Berechnung die von der Lösung wenig verschiedenen Exponenten des Lösungsmittels dienen können, wo man von vorn herein im Gange der Dispersionscurve keine Unstetigkeiten erwartet.

Aus Tabelle V ergibt sich für zwei Fuchsinlösungen

Tabelle XIV. VII. verdünnte Fuchsinlösung				Tabelle XV. VI. verdünnte Fuchsinlösung.			
Berechn. $n(a)$		b	Δ	Berechn. $n(a)$		b	Δ
K_α	1,36177	—	0	K_α	1,36085	—	0
K_γ	1,36336	—	+ 3	K_γ	1,36222	—	— 23
Li	1,36410	—	0	Li	1,36289	—	0
H_α	1,36463	—	— 6	H_α	1,36335	—	— 8
Na	1,36903	—	+ 84	Na	1,36645	—	— 17
n'_g	1,39069	0,0000	—	n''_g	1,38615	0,0000	—
n_m	1,36661	0,02502	—	n_m	1,36654	0,02029	—
n'_g	1,34251	0,0000	—	n'_g	1,34700	0,0000	—
Rb	1,37178	—	0	Rb	1,37192	—	0
K_β	1,37363	—	0	K_β	1,37371	—	0
$\lambda''_g = 0,55321, \lambda_m = 0,53402,$				$\lambda''_g = 0,53955, \lambda_m = 0,52426$			
$\lambda'_g 0,51848$				$\lambda'_g = 0,50897$			
$n_\infty = 1,355179 \quad B = 0,484627 \cdot 10^{-8}$				$n_\infty = 1,354590 \quad B = 0,485102 \cdot 10^{-8}$			
$D' = 0,002451 \quad L = 0,00039069 \text{ mm}$				$D' = 0,001617 \quad L = 0,00038359 \text{ mm}$			
				$\frac{v_{VII}}{v_{VI}} = 1,66 \quad \frac{D'_{VI}}{D'_{VII}} = 1,51$			

Für die Rechnung mit der vollständigeren Dispersionsformel ist folgendes Näherungsverfahren eingeschlagen worden. Wenn man G als von D' unabhängig betrachtet, so folgt aus der Relation:

$$\frac{\lambda''_g - \lambda'_g}{L} = \sqrt{G^2 + 4 D'^1}$$

1) Ketteler l. c. p. 50.

für den kleinstmöglichen Werth von G , dessen modificirender Einfluss in der vollständigen Formel untersucht werden kann:

$$G = \frac{\lambda_g'' - \lambda_g'}{\lambda_m} n_\infty.$$

Mit Hülfe der für eine unendlich dünne Cyaninlösung experimentell bestimmbar $\lambda_g' = 0,5749$ und $\lambda_g'' = 0,6124^1$) wird sodann die Constante G berechnet, und D' so modificirt, dass sich die alte und neue Curve in einem Punkt schneiden. Wenn man nämlich in der Gleichung 39 (l. c. p. 49) den Absorptionscoefficienten $b = 0$ setzt, so entsteht:

$$n^2 = \frac{1}{2} \left(n_0^2 + \frac{\lambda^2}{L^2} \right) \pm \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{a + \sqrt{a^2 + \beta^2}},$$

worin bedeuten:

$$a = \frac{1}{4} \left[\left(n_0^2 - \frac{\lambda^2}{L^2} \right)^2 - \left(G^2 + 4 D' \right) \frac{\lambda^2}{L^2} \right]$$

und:

$$\beta^2 = \frac{1}{4} G^2 \frac{\lambda^2}{L^2} \left(\frac{\lambda^2}{L^2} - n_0^2 - 2 D' \right)^2.$$

Da im Ausdrucke für β^2 das D' nur eine untergeordnete Rolle spielt, so wird der aus a gefundene Näherungswerth wohl genügen; es ist:

$$- D' \frac{\lambda^2}{L^2} = a - \frac{1}{4} \left[\left(n_0^2 - \frac{\lambda^2}{L^2} \right)^2 - G^2 \frac{\lambda^2}{L^2} \right].$$

Aus der Gleichung für n^2 erhält man unter der Annahme, dass der Brechungsexponent beispielsweise für den Strahl H_α richtig ist, den Werth für a wie folgt:

$$2 \left[n^2 - \frac{1}{2} \left(n_0^2 + \frac{\lambda^2}{L^2} \right) \right]^2 = a + \sqrt{a^2 + \beta^2}$$

$$A = a + \sqrt{a^2 + \beta^2}, a = \frac{A^2 - \beta^2}{2A}.$$

1) Für eine unendlich dünne alkoholische Anilinlösung ist $\lambda_g' = 0,5573$, $\lambda_g'' = 0,6100$.

Mit Hülfe dieser Gleichungen findet sich ein neues D' , mit welchem die in folgender Tabelle zusammengestellten Rechnungen ausgeführt sind.

Tabelle XVI. Normalcyaninlösung.
(Tafel I. Figur 8 c.)

λ		n (a)	b	λ		n (a)	b
Li	0,67052	1,36887	0,00223	Na	0,58890	1,35620	0,02863
H_{α}	0,65618	1,37118	0,00479		0,57116	1,34543	0,02449
n_g''	0,63544	1,37497	0,01137	n_g'	0,54777	1,34010	0,01131
	0,61829	1,37302	0,02073	Tl	0,53495	1,34225	0,00547
	0,60114	1,36412	0,02756	H_{β}	0,48606	1,34892	0,00100
n_m	0,59160	1,35744	0,02810	Sr_{δ}	0,46075	1,35100	

$$D' = 0,008\ 2780 \quad G = 0,086\ 346.$$

Die Resultate dieser Untersuchungen lassen sich folgendermassen kurz zusammenfassen:

1. Für die Brechungsexponenten der vom Absorptionsstreifen entfernten Linien ist die Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Theorie eine absolute; für die in der Nähe desselben sich ergebenden Differenzen kann der Grund nur in der angenäherten Rechnung gesucht werden.

2. Die Aenderung der Constanten D' ist für Lösungen mittlerer Concentration eine derselben proportionale.

3. Charakteristisch ist dagegen für alle die auffallend starke Verbreiterung der Linien in der Nähe des Absorptionsbandes.

In Bezug auf den letzten Punkt würden namentlich noch Mischungen absorbirender Medien eine nähere Untersuchung verdienen.

Interessant wäre es, wenn für die Nähe des Absorptionsstreifens einmal mit Sonnenlicht genaue Bestimmungen von Brechungsexponenten einiger Fraunhofer'schen Linien ausgeführt und aus den sich ergebenden Abweichungen zwischen Theorie und Erfahrung die Constanten entsprechend modificirt würden. Als absorbirendes Medium

würde sich am besten Cyanin dazu eignen, weil es einen Absorptionsstreifen von symmetrischer Gestalt besitzt, und bei ihm die anomale Dispersion am frühesten eintritt.

Ich erlaube mir schliesslich den Herren Prof. Dr. Clausius und Prof. Dr. Ketteler, unter deren wohlwollender Leitung ich diese Arbeit angefertigt, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Physik. Laboratorium der Univ. Bonn, Januar 1879.

IX. Untersuchungen über die Höhe der Atmosphäre und die Constitution gasförmiger Weltkörper; von A. Ritter in Aachen.

Fünfte Abtheilung.

§ 18. Verallgemeinerter Beweis des Satzes von der constanten Schwerpunkthöhe der verticalen Luftsäule.

In § 17 wurde der Satz gefunden, dass die den mechanischen Gleichgewichtsbedingungen entsprechende Schwerpunkthöhe einer verticalen Luftsäule unabhängig ist von der Art des Gleichgewichtszustandes. Bei der Ableitung dieses Satzes wurde jedoch in § 17 ein constanter Werth des Coëfficienten n vorausgesetzt, d. h. die Beweisführung wurde auf diejenigen speciellen Fälle des Gleichgewichtes beschränkt, welche einer der Höhenänderung proportionalen Temperaturänderung entsprachen. Dass der obige Satz auch für jede beliebige andere Art des Gleichgewichtszustandes seine Gültigkeit behält, davon kann man sich nachträglich durch die folgenden Betrachtungen überzeugen.

Nach Gleichung (168) hat die gesammte innere Wärme der Luftsäule, in Meterkilogrammen ausgedrückt, die Grösse:

$$(176) \quad U = \frac{c_v}{A} \int T dP.$$