das Violett nach innen, das Roth nach außen. Wenn man statt des leuchtenden Punktes einen Spalt nimmt, sieht man wieder das circulare Spectrum, wozu jetzt aber noch ein weißer Durchmesser kommt. Bei schiefer Stellung der Spalte und Linse gewahrt man noch andere, zum Theil recht schöne Bilder auf der Linse.

Achromatische Linsen zeigen wesentlich dasselbe, nur tritt die bekannte apfelgrüne Farbe statt der Spectralfarben auf.

Auf dieselbe Weise kann man auch die Diffractionsapparate beobachten; man stelle nur einen Spalt oder ein Fraunhofer'sches Gitter im convergirenden Lichte auf und betrachte es durch eine kleine Oeffnung in dem in der Bildfläche aufgestellten Schirme.

XV. Noch Einiges über Kohlrausch's Versuch zur Bestimmung des Verhältnisses der Wärmecapacitäten von Gasen; von L. Boltzmann.

Dieser Versuch verdankt Hrn. Witte zwei Verbesserungen, die sich in der Folge als sehr nützlich erweisen dürften; nämlich das Manometer mit momentaner Communication und die Anwendung von Gefäßen, die nicht wie Stiefel und Recipient der Luftpumpe durch einen verhältnißmäfsigen engen Kanal in Verbindung stehen. Was jedoch die Theorie des Versuches betrifft, so beging Hr. Witte ein Versehen. Um das Verhältniß der Wärmecapacitäten zu bestimmen, denkt er sich nämlich (Pogg. Ann. Bd. 138, S. 158) ein Gas von der Temperatur t' bei constantem Drucke zur Temperatur t erwärmt und dann ohne Wärmezufuhr auf sein ursprüngliches Volumen comprimirt. Die Temperatur soll dabei auf t'' steigen. Er glaubt, dafs man ihm hierbei im Ganzen dieselbe Wärmemenge zuführen müsse, als wenn man es direct bei constantem Volum von der Anfangs-Tem-

peratur t' auf die Endtemperatur t'' erwärmen würde. Dieser Schluss ist jedoch nicht erlaubt, da die zugeführte Wärme nicht bloß vom Anfangs- und Endzustande abhängt. Die vollständige Formel für das Verhältniß der Wärmecapacitäten lautet vielmehr:

$$\frac{c_p}{c_v} = \frac{\log p' - \log p}{\log v - \log v'}, \quad (1)$$

wobei c_p die Wärmecapacität bei constantem Drucke, c_v die bei constantem Volumen, p und v Druck und Volum zu Anfang, p' und v' zu Ende des Processes sind. (Siehe Zeuner's Wärmelehre Seite 131). Die Formel Witte's gilt nur als Annäherungsformel für kleine Compressionen (denn bei kleiner Compression wird der Unterschied beider Wärmemengen klein von der zweiten Ordnung) und man kann aus ihr keineswegs den Schluss ziehen, daß $\frac{c_p}{c_v}$ Function des Druckes oder der Temperatur sey, wie es Witte in einer späteren Abhandlung (d. Ann. Bd. 140, S. 657 und 658) thut. Vielmehr machen sowohl theoretische Betrachtungen, als auch die Experimente Regnault's wahrscheinlich, daß $\frac{c_p}{c_v}$ nahezu constant ist, wenn gleich eine absolute Constanz für die in der Natur vorkommenden Gase natürlich nicht zu erwarten steht.

Die Ableitungsweise der Formel (1) setzt voraus, daß der Kolben in jedem Momente unter demselben Drucke stehe, unter dem er stehen würde, wenn das Gas in dem Raume, den es augenblicklich erfüllt bei seiner (mittleren) Temperatur im Gleichgewicht wäre, daß, wie man sich in der Wärmetheorie ausdrückt, der Druck gleich den Gegen-
druck ist. Ich habe nun nachgewiesen, daß, wenn der vom Gase erfüllte Raum ein Cylinder ist, die Dichte der unmittelbar am Kolben anliegenden Gasschicht in jedem Augenblicke nur sehr wenig von der Dichte abweicht, die das Gas hätte, wenn es seinen Raum gleichförmig erfüllen würde; und da die Geschwindigkeit dieser Gasschicht gleich der Kolbengeschwindigkeit ist, so muß auch der Druck,

unter dem der Kolben steht, nahe gleich dem Druck seyn, den das Gas bei seinem augenblicklichen Volumen und Temperatur ausüben würde, folglich ist auch die Arbeit in beiden Fällen nahe dieselbe. Die bei Ableitung der Gleichung (1) gemachten Voraussetzungen sind also dann nahe erfüllt. Die Behauptung Kurz's, dafs hierbei eine Verwechslung von Druck und Arbeit stattfinde, beruht auf einem Mißverständnisse. Wenn ich dagegen in meiner früheren Abhandlung sagte: »Es wäre ein grober Irrthum« usw., so behauptete ich damit nicht, dafs Hr. Kurz wirklich in diesen Irrthum verfallen sey. Ich meinte blofs, dafs man beim Lesen des Schlusses seiner Abhandlung leicht zu diesem Irrthume verleitet werden könne. Wenn Hr. Kurz blofs ausdrücken wollte, dafs der Verbindungschanal zwischen Stiefel und Recipient in Kohlrausch's Versuche so eng war, dafs unter dem Kolben nahezu ein Vacuum entstand und daher die im Recipienten befindliche Luft in den leeren Raum ausströmte, so kann ich dem um so weniger entgegentreten, als mir die Weite dieses Verbindungschanals durchaus unbekannt ist. Möglicherweise war diefs die Ursache, weshalb Kohlenrausch den Werth $\frac{c_p}{c_v}$ zu klein erhielt; nur weshalb die Theorie die Temperaturerhöhung überhaupt läugnen sollte, begriff ich nicht. Schliesslich erlaube ich mir, für den Versuch Kohlrausch's folgende Form vorzuschlagen:

Das Gas befinde sich in einem einzigen cylindrischen Gefäfs, in das ein luftdicht schliessender Kolben bei einigen Versuchen tiefer, bei anderen weniger tief eingesenkt wird. Nahe am Boden des Gefäfses seyen mehrere Manometer angebracht, um den Druck sowohl im Momente des Endes der Kolbenbewegung als auch beliebige Zeit später bestimmen zu können. Kolben und Manometerhähne werden durch eine Maschinerie getrieben, um nicht nur die grösste Uebereinstimmung bei den einzelnen Versuchen erzielen, sondern auch die Art und Weise der Kolbenbewegung genau bestimmen zu können. Die Zeitmomente könnten tele-

graphisch registriert werden. Es ist dann der Druck in jedem Augenblicke nur wenig vom Gegendrucke verschieden und ihre Differenz könnte zu dem noch berechnet werden. Außerdem könnte der Abkühlungscoefficient für jedes Volumen des Gases besonders bestimmt werden. Auf diese Weise könnte vielleicht auch die Beantwortung der Frage versucht werden, wie rasch die Umsetzung der progressiven Bewegung der Moleküle in Bewegung der Atome gegeneinander (sogenannte intramolekulare) geschieht. Es ist zwar nicht wahrscheinlich, aber immerhin nicht außerhalb des Bereiches der Möglichkeit, daß diese Umsetzung eine längere Zeit beanspruche.

Graz, den 11. November 1870.

XVI. *Eine pseudoskopische und optometrische Figur; von H. Emsmann in Stettin.*

A. **D**er nicht unbedeutenden Anzahl bekannter *pseudoskopischer* Figuren erlaube ich mir eine hinzuzufügen, welche sehr verschiedenartige Eindrücke hervorbringt und daher von besonderem Interesse erscheint.

Es besteht die Figur (Fig. 6 Taf. VI) aus drei gleichen neben einander liegenden Quadraten (*a*), so daß die Verlängerungen der Seiten des mittelsten derselben Seiten der nebenliegenden bilden; an den Seiten der Quadrate liegen einerseits sechs, andererseits vier gleiche Parallelogramme (*b* und *c*) in der Richtung derjenigen Diagonalen der Quadrate, welche die aneinander stossenden Quadrate nicht verbinden; die Parallelogramme können leer oder durch parallele, in gleichem Abstände gezogene Linien, wie die Figur zeigt, getheilt seyn.

Fixirt man die Mitte der Figur und zwar am besten mit nur *einem* Auge, weil dann die Täuschung leichter, als