Spiralen durch Veränderung der Zahl der Windungen, welche der einen oder anderen Spirale angehören, ist sehr sinnreich und wird, ohngeachtet der gröfseren Complication der Construction, häufig mit Vortheil benutzt werden können.

Ich benutze schliefslich die sich mir darbietende Gelegenheit, um eine irrthümliche Ansicht, die ich in einer Anmerkung meines Aufsatzes ausgesprochen habe, selbst zu rectificiren. Ich stellte einer anders lautenden Behauptung des Hrn. Stark gegenüber die Ansicht auf, dafs es nicht möglich sey, denselben Draht gleichzeitig zum Gegen- und Doppeltsprechen zu benutzen, da Beides auf Veränderung der Stromstärke im Leitungsdraht basire. Diefs ist zwar ganz richtig, jedoch nicht die daraus gezogene Folgerung. Da nämlich die drei Batterien der gegensprechenden Station ihre Ströme mit denen der anderen combiniren, so entsteht eine hinlängliche Zahl von Strömen verschiedener Stärke um die Zeichen der vier Apparate geschieden zu halten. Natürlich kann nie die Rede von einer practischen Benutzung des theoretisch ausführbaren gleichzeitigen Doppelt- und Gegensprechens seyn.

VII. *Grundzüge einer Theorie der Gase; von Dr. A. Krönig.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser.)

Die mechanische Wärmetheorie behauptet, dafs die Wärme eines Körpers in nichts anderem besteht als in einer Bewegung seiner kleinsten Theile. Es fehlt aber durchaus an einer klaren Anschauung darüber, wie diese Bewegung eigentlich beschaffen ist. Für die gasförmigen Körper, welche in Beziehung auf mechanische Wärmetheorie bisher am meisten betrachtet worden sind, will ich im Nachfolgenden eine Hypothese darlegen, welche mir den an sie zu stellenden Anforderungen zu entsprechen scheint. Hierzu rechne ich, dafs sich aus derselben auch die bis jetzt noch nicht gegebene Erklärung der übrigen Gesetze der Gase, des Mariotte'schen, des Gay-Lussac'schen u. s. w. ableiten lassen mufs. Die Hypothese ist folgende.

Die Gase bestehen aus Atomen, welche sich verhalten wie feste, vollkommen elastische, mit gewissen Geschwindigkeiten innerhalb eines leeren Raumes sich bewegende Kugeln. Feste und flüssige Körper sind, sobald Gleichgewicht oder ein dauernder Zustand eingetreten ist, den Stöfsen der Gasatome gegenüber ebenfalls absolut elastisch.

Denken wir uns einen Kasten von absolut elastischer Substanz, und in demselben eine Anzahl absolut elastischer Kugeln, welche ruhend nur einen sehr kleinen Theil vom Inhalte des Kastens einnehmen. Der letztere werde nun heftig geschüttelt, so dafs die Kugeln in Bewegung gerathen. Kommt der Kasten wieder in Ruhe, so behalten doch die Kugeln die mitgetheilte Bewegung unablässig bei, obgleich die Richtung und die Geschwindigkeit jeder einzelnen Kugel bei jedem Stofs gegen eine andere Kugel oder gegen eine Wand sich ändert. Ebenso wie diese Kugeln verhalten sich die Gasatome in einem Gefäfs.

Ein Gasatom oscillirt also nicht etwa um eine Gleichgewichtslage, sondern es bewegt sich in gerader Linie und mit constanter Geschwindigkeit so lange fort, bis es gegen ein anderes Gasatom oder gegen eine feste oder flüssige Wand stöfst. Namentlich findet zwischen zwei Gasatomen, die sich nicht berühren, keine gegenseitige Abstofsung statt.

Den Gasatomen gegenüber ist auch die ebenste Wand als sehr höckerig zu betrachten, und die Bahn jedes Gasatoms mufs deshalb eine so unregelmäfsige seyn, dafs sie sich der Berechnung entzieht. Nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung wird man jedoch statt dieser vollkommenen Unregelmäfsigkeit eine vollkommene Regelmäfsigkeit annehmen dürfen.

In einem rechtwinklig parallelepipedischen Gefäfs mit ebenen Wänden und von den Dimensionen x, y, z seyen n Gasatome, jedes von der Masse m, enthalten. Der von dem Gefäfs umschlossene Raum sey in $\frac{1}{6}n$ gleiche Würfel zerlegt. In einem bestimmten Momente seyen in jedem dieser Würfel 6 Atome befindlich, die sich bezüglich in den Richtungen $+x$, $-x$, $+y$, $-y$, $+z$, $-z$ mit der gemeinschaftlichen Geschwindigkeit c bewegen. Nehmen wir an, die Atome afficirten sich gegenseitig durchaus nicht, gingen vielmehr jedesmal bis zu einer Wand hin ungehindert fort. (Solche Atome, deren Mittelpunkte in derselben graden Linie sich bewegen, verhalten sich auch wirklich so, als ob sie einander nicht afficirten, da sie bei jedem Zusammenstofs nur ihre beiderseitigen Geschwindigkeiten vertauschen.) Es soll der Druck bestimmt werden, den z. B. eine der beiden Wände yz durch das Gas erleidet.

Dieser Druck wird hervorgebracht durch die Stöfse der Gasatome gegen die Wand. Stiefse gegen die Wand nur ein Atom, so würde der Druck gleich $m \,.\, c \,.\, a$ seyn, unter a die Anzahl der Stöfse während der Zeiteinheit verstanden. Ein senkrecht gegen yz, also parallel x sich bewegendes Atom stöfst gegen yz jedesmal, nachdem es den Raum $2x$ durchlaufen hat; folglich ist $a = \frac{c}{2x}$. Um den Gesammtdruck P gegen yz zu finden, mufs $m.c.a$ noch mit der Anzahl der parallel x sich bewegenden Atome multiplicirt werden. Diese ist, da von je 6 Atomen 2 parallel x sich bewegen, gleich $\frac{n}{3}$. Folglich ist $P = m \,.\, c \,.\, \frac{c}{2x} \,.\, \frac{n}{3}$. Bezeichnen wir mit p den Druck gegen die Flächeneinheit der Wand yz, so findet sich $p = m \,.\, c \,.\, \frac{c}{2x} \,.\, \frac{n}{3} \cdot \frac{1}{yz}$, oder wenn wir $xyz = v$ setzen und den constanten Factor fortlassen.

$$p = \frac{nmc^2}{v}.$$

Dieser Ausdruck zeigt, dafs der Druck des Gases gegen die Flächeneinheit jeder der Gefäfswände gleich grofs, so wie auch, dafs er umgekehrt proportional dem Volumen ist, wie es das Mariotte'sche Gesetz behauptet.

Zu der bisher gemachten Annahme mufs ich jetzt diejenige hinzufügen, dafs das Product mc^2 oder die lebendige Kraft eines Atoms nichts anderes ist als die vom absoluten Nullpunkt an gezählte Temperatur.

Nach dem Gay-Lussac'schen Gesetz übt ein Gas bei -273^0 C. gar keinen Druck aus, bei einer um t^0 höheren Temperatur aber einen t proportionalen Druck (wenn nämlich das Volumen constant bleibt). Dasselbe folgt aus der Formel

$$p = \frac{nt}{v},$$

welche aus der obigen hervorgeht, wenn $mc^2 = t$ gesetzt wird.

Aus $p_1 = p_2$ und $t_1 = t_2$ und $v_2 = v_2$ folgt $n_1 = n_2$; d. h.: von verschiedenen Gasen sind bei gleichem Druck und gleicher Temperatur in gleichem Raume gleich viel Atome enthalten.

Hiernach ergiebt sich unmittelbar, dafs die Masse m eines Atoms proportional ist dem specifischen Gewicht s des Gases. Dann folgt aus $p = \frac{mnt}{mv}$, dafs

$$p = \frac{P'.t}{s.v}$$

ist, wo $P' = nm$ oder proportional dem Gewicht der gegebenen Gasmasse ist.

Ich habe bis hierher die Gase als in geschlossenen Gefäfsen enthalten betrachtet und keine Rücksicht genommen auf die Einwirkung der Schwere auf die Gasatome. Ich will jetzt den Druck bestimmen, den ein einziges Gasatom gegen die Erde ausübt. Man könnte nämlich meinen, dieser Druck müfste mit zunehmender Wärme des Atoms gröfser werden.

Das Atom verlasse zur Zeit 0 die Erde mit einer Geschwindigkeit, deren verticale Componente c ist. Das Atom wird nach der Zeit $\frac{c}{g}$ auf dem höchsten Punkte seiner

Bahn mit der Geschwindigkeit 0, und nach der Zeit $\frac{2c}{g}$ wieder auf der Erde mit der Geschwindigkeit c anlangen. In der Zeiteinheit wird es $\frac{g}{2c}$ mal gegen die Erde mit der Geschwindigkeit c stofsen; folglich ist sein Druck gegen die Erde oder sein Gewicht $= m \cdot c \cdot \frac{g}{2c} = \frac{mg}{2}$, also unabhängig von seiner Geschwindigkeit, d. h. auch unabhängig von seiner Temperatur.

Es soll ferner, wenn ein Atom zwischen zwei horizontalen Wänden oscillirt, deren verticaler Abstand z ist, der Unterschied der Drucke bestimmt werden, welche das Atom nach unten und nach oben hin ausübt. Das Atom verlasse zur Zeit 0 die untere Wand mit einer Geschwindigkeit, deren verticale Componente c ist. Das Atom würde, wenn die obere Wand nicht da wäre, nach der Zeit $\frac{c}{g}$ die Höhe $\frac{c^2}{2g}$ mit der Geschwindigkeit 0 erreichen. Ist nun $z > \frac{c^2}{2g}$, so haben wir offenbar den eben betrachteten Fall. Das Atom übt nach unten den Druck $\frac{mg}{2}$, nach oben den Druck 0 aus, und die Differenz beider Drucke ist $\frac{mg}{2}$. Für den Fall $z < \frac{c^2}{2g}$ dagegen erreicht das Atom die obere Wand nach der Zeit $\frac{c - \sqrt{c^2 - 2gz}}{g}$ mit einer Geschwindigkeit, deren verticale Componente $\sqrt{c^2 - 2gz}$ ist. Setzt man in die oben für den Druck aufgestellte Formel $m \cdot c \cdot a$ die der vorliegenden Aufgabe entsprechenden Werthe ein, so ergiebt sich, dafs der Druck des Atoms nach unten $= \frac{mcg}{2(c - \sqrt{c^2 = 2gz})}$, der Druck des Atoms nach oben $= \frac{m\sqrt{c^2 - 2gz} \cdot g}{2(c - \sqrt{c^2 - 2gz})}$ ist, woraus für die Differenz beider Drucke wiederum der Werth $\frac{mg}{2}$ folgt. Da diefs Resultat durch eine etwaige horizontale Componente der Bewegung eines Atoms gar nicht afficirt wird, so erleidet ein geschlossenes Gefäfs, in welchem n Atome von der Masse m enthalten sind, dadurch die Gewichtsvermehrung $\frac{nmg}{2}$.

Hieraus läfst sich leicht ableiten, dafs das Archimedi'sche Gesetz für Gase gültig seyn, und dafs ein specifisch leichteres Gas innerhalb eines schwereren emporsteigen mufs, und umgekehrt.

Um der Annahme der steten Bewegung der Gasatome das Befremdende zu nehmen, brauche ich nur daran zu erinnern, in wie kurzer Zeit z. B. eine geringe Menge Schwefelwasserstoffgas sich durch ein grofses Zimmer verbreitet. Aus der Annahme, dafs die Temperatur durch mc^2 gemessen wird, ergiebt sich auch, dafs ein Gas um so schneller diffundiren mufs, je geringer sein specifisches Gewicht ist. Beziehen sich z. B. m_w und c_w auf Wasserstoff, m_s und c_s auf Sauerstoff, so ist $m_s = 16\, m_w$; aus $m_w c_w^2 = m_s c_s^2$ folgt also $c_w = 4\, c_s$. Haben demnach Wasserstoff und Sauerstoff gleiche Temperatur, so ist die Geschwindigkeit der Wasserstoffatome viermal so grofs als die der Sauerstoffatome.

Wenn die Temperatur eines Gases gleich ist der lebendigen Kraft eines Gasatoms, so mufs die in einem Gase enthaltene Wärmemenge Q gleich seyn der lebendigen Kraft aller Atome desselben. Es ist also $Q = nmc^2$ oder $Q = nt$. Es folgt, dafs, wenn wir die Menge eines Gases nach der Anzahl n der Atome bestimmen, alsdann die in gleichen Gasmengen bei derselben Temperatur enthaltenen Wärmequantitäten gleich sind, oder auch, dafs bei gleichem Druck und gleicher Temperatur gleiche Volume jedes Gases gleiche Wärmequantitäten enthalten.

Die der Gleichung $Q = nt$ entsprechende Differentialgleichung drückt aus, dafs alle Gase, nach dem Volumen gemessen, eine gleiche und constante specifische Wärme haben.

Mehrere der oben abgeleiteten Gesetze sind bekanntlich durch die genauesten Versuche als nicht in aller Strenge richtig erkannt worden. Eine ganz unbeschränkte Gültigtigkeit dieser Gesetze läfst sich auch nicht erwarten. Zwischen zwei parallelen ebenen Wänden, deren Entfernung x ist, sollen zwei Atome in derselben auf den Wänden senkrecht stehenden Linie oscilliren. Zur Zeit 0 soll von jeder Wand ein Atom mit der Geschwindigkeit c ausgehen. Es ist im Vorhergehenden angenommen, dafs beide Atome sich gegenseitig nicht afficiren, dafs deshalb jedes Atom die ganze Linie x immerfort hin und zurück durchläuft. Dann ist die Anzahl der Stöfse beider Atome gegen eine Wand während der Zeiteinheit $2 \cdot \frac{c}{2x}$. In Wirklichkeit gehen aber beide Atome nicht durch einander hindurch; sie stofsen in der Mitte ihrer Bahn central zusammen und gehen, nachdem ihre gegenseitige Berührung aufgehört hat, mit Geschwindigkeiten auseinander, die den früheren gleich und entgegengesetzt sind. Es stofsen also nicht beide Atome gegen beide Wände, sondern gegen eine Wand stöfst immer dasselbe Atom. Hier sind nun je nach der verschiedenen Zeit, die für die Wirkung der Elasticität erforderlich ist, drei Fälle möglich, zwischen denen sich a priori nicht entscheiden läfst. Entweder gebraucht jedes Atom, um einmal den Weg von der Wand aus bis zum Zusammenstofs mit dem andern Atom und wieder bis zu der Wand zurück zu durchlaufen, genau die Zeit $\frac{2 \cdot \frac{1}{2} x}{c}$, oder eine kleinere, oder eine gröfsere Zeit. Im ersten Falle ist die oben abgeleitete Formel für den Druck vollkommen richtig; im zweiten Falle würde der Druck p gröfser als $\frac{n m c^2}{v}$ seyn, im dritten Falle kleiner. — Aehnliche Betrachtungen lassen sich auch in Bezug auf mehrere der übrigen entwickelten Gesetze anstellen.

Die Temperaturverhältnisse bei Volumenveränderungen der Gase folgen aus den gemachten Annahmen ebenfalls mit Leichtigkeit.

Es seyen gegeben zwei Gefäfse von gleichem Volumen und mit einer gemeinschaftlichen Scheidewand, das erste gefüllt mit n Gasatomen von der Masse m und der Geschwindigkeit c, das zweite luftleer. Von der Scheidewand werde ein Stück w fortgenommen. Diejenigen Atome, welche gegen w gestofsen haben würden, müssen nun durch die Oeffnung hindurchgehen und von den höckerigen Wänden des zweiten Gefäfses nach verschiedenen Richtungen zurückprallen. Bald werden in der Zeiteinheit durch die Oeffnung w eben so viel Atome in der einen als in der entgegengesetzten Richtung passiren, und es herrscht in beiden Gefäfsen gleicher Druck. Bei diesem Vorgange ist aber offenbar c ungeändert geblieben, folglich auch mc^2. Hieraus ergiebt sich: wenn ein Gas sich ausdehnt, ohne einen Widerstand zu überwinden, so erleidet es dabei keine Temperaturveränderung.

Wenn dagegen der Druck eines Gases oder die Stöfse seiner Atome z. B. gegen einen beweglichen und zurückweichenden Stempel erfolgen, so müssen die Atome von ihrer lebendigen Kraft, d. h. von ihrer Wärme, so viel verlieren, als sie dem Stempel mitgetheilt haben.

Wenn endlich ein Gas durch einen Stempel zusammengedrückt wird, so müssen die Gasatome von dem ihnen entgegenkommenden Stempel mit gröfserer Geschwindigkeit zurückprallen, als sie an denselben herangekommen sind. Deshalb mufs das Gas sich erwärmen.

Berlin, im Juli 1856.

VIII. *Die Sternschnuppen der Juli- und August-Periode* 1856; *von Prof. Dr. Heis in Münster.*

Während der Laurentiusperiode sowohl als der derselben vorhergehenden Juli-Periode wurde auch in diesem Jahre hier in Münster eine aufsergewöhnliche Zahl von Sternschnuppen von gröfserer oder geringerer Helligkeit