©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Über die Ähnlichkeit der Bewegungsformen der Weltkörper und der Molekeln.

Von

Dr. Gustav Jäger.

Vortrag, gehalten den 10. Januar 1894.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Es ist Ihnen bekannt, dass die Naturforschung auf zwei Wegen zu ihren für das Menschengeschlecht so wichtigen Resultaten gelangt. Der eine Weg ist jener der directen Beobachtung. Wer diesen betritt, stellt sich die Aufgabe, Neues an den Erscheinungen der Natur zu entdecken und die Kenntnis der Naturerscheinungen auch ihrer Zahl nach zu erweitern. Dies geschieht zum Theil dadurch, dass er seine Beobachtungsmittel verbessert und so in die Lage versetzt wird, mehr und besser wahrzunehmen als seine Vorgänger. Bedenken Sie z. B., welch ungeheurer Fortschritt für die Naturforschung es war, als man lernte, die Sehkraft des Auges durch das Fernrohr und das Mikroskop auf mehr als das Tausendfache zu verschärfen. Andererseits erweitern wir unsere Kenntnis der Naturerscheinungen dadurch, dass wir unsere Beobachtungen nicht allein auf die Ereignisse, welche ohne unser Zuthun in der Natur vor sich gehen, beschränken, sondern dass wir selbst durch zweckmäßige Experimente neue Erscheinungen hervorrufen. Welche Vorstellungen hätten wir etwa von der Arbeitskraft der Wärme, von den Wirkungen der Elektricität, hätten wir nicht durch

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sinnreich erdachte Apparate, Maschinen und Versuchsanordnungen diese gewaltigen Naturkräfte in Fesseln geschlagen.

Während nun ein großer Theil der naturwissenschaftlichen Arbeit darin besteht, durch directe Beobachtung die Kenntnis der Naturerscheinungen zu erweitern, durchs Experiment immer neue Erscheinungen hervorzurufen, so erwächst ihr die zweite wichtige Aufgabe dadurch, dass sie bestrebt sein muss, in die überwältigende Summe der Erfahrungsthatsachen Ordnung zu bringen, sie nach einheitlichen Gesichtspunkten zusammenzustellen, sodann die Gesetze, nach welchen die Natur sich richtet, zu ergründen, durch logisches Denken aus diesen Gesetzen weitere Folgerungen zu ziehen und, soweit dies möglich, diese Folgerungen durch neue Experimente zu erhärten. Zur Illustration dieses Weges will ich Sie an ein classisches Beispiel erinnern. Es waren die Geister lange im Streite, ob das Licht ein Stoff sei, welchen die leuchtenden Körper aussenden, oder ob es bloß in einem Bewegungszustande bestehe, der von den leuchtenden Körpern angeregt und durch den sogenannten Lichtäther, der im ganzen Weltenraum verbreitet ist, in Wellenform fortgepflanzt werde. So lange man nur solche Lichterscheinungen kannte, welche durch beide Theorien sich erklären ließen, konnte man natürlich nicht entscheiden, welche die größere Wahrscheinlichkeit für sich habe. Nun sagte man sich aber, ist das Licht eine Wellenbewegung, so ist die Möglichkeit vorhanden, einen Wellenzug

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

durch einen andern zu vernichten, indem man zwei Lichtstrahlen so leitet, dass immer ein Wellenberg des einen Strahles mit einem Wellenthale des anderen zusammenfällt, indem sich Wellenberg und Wellenthal in ihrer Wirkung aufheben. Thatsächlich ist dies auch gelungen, d. h. durch Häufung von Licht Dunkelheit zu erzeugen. Man fasst derartige Erscheinungen mit dem Schlagworte „Interferenzerscheinungen des Lichtes“ zusammen.

Ich habe mich absichtlich etwas länger bei der Methode der Forschung aufgehalten, weil ich glaube, dass die Resultate und Schlüsse, welche ich Ihnen vortragen werde, jetzt auf viel empfänglicheren Boden fallen werden, als dies ohne diese Einleitung der Fall gewesen wäre. Gerade das, was wir heutzutage über die Bewegungsformen der kleinsten Theilchen der Körper, sowie der gewaltigen Körpermassen im Weltenraume wissen, muss demjenigen um so wunderbarer, wenn nicht geradezu unglaublich erscheinen, der nicht in der Lage ist, den strengen Weg der Forschung bis zu seinen letzten Resultaten zu verfolgen.

Sie wissen, dass man einen jeden Körper zertheilen kann. Selbst der harte Diamant lässt sich zerschlagen oder abschleifen. Sofort wirft sich aber die Frage auf: Hat diese Theilung schließlich eine Grenze, oder kann man einen jeden Körper ins Unendliche forttheilen? Der Physiker sagt: Die Theilung der Körper hat eine Grenze. Jeder Körper ist zusammengesetzt aus kleinsten Theilchen, die sich physikalisch nicht mehr zerlegen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

lassen. Diese kleinsten Theilchen nennen wir nach dem lateinischen Worte *molecula,* welches eine kleine Masse bezeichnet, Molekeln. Für den Chemiker sind die Molekeln nicht die kleinsten Theilchen, sondern er weiß dieselben noch weiter zu zerlegen. Die neuen Theilchen, welche er erhält, haben jedoch nicht mehr die Eigenschaften der ursprünglichen Molekeln, sondern es sind ganz andere Stoffe. Ist auch der Chemiker an der Grenze der Theilung angelangt, dann nennen wir die nun erhaltenen kleinsten Theilchen Atome. Denken Sie sich z. B., Sie wären im Stande, das Wasser in seine kleinsten Theilchen aufzulösen, so müssten wir diese kleinsten Theilchen Wassermolekeln nennen. Nun wissen Sie aber, dass das Wasser kein einfacher Stoff ist, sondern aus Sauerstoff und Wasserstoff, zwei Luftarten, besteht. Der Chemiker ist also im Stande, eine jede Wassermolekel noch weiter zu zertheilen, und zwar erhält er aus jeder Molekel ein Sauerstoff- und zwei Wasserstoffatome. Aber der Sauerstoff und der Wasserstoff haben ganz andere physikalische Eigenschaften als das Wasser. So gelangen wir durch die chemische Zerlegung der Körper zu den sogenannten Grundstoffen oder chemischen Elementen, die sich nicht weiter zerlegen lassen. Die Zahl der uns bekannten Elemente ist etwa siebzig. Freilich können wir nicht mit vollständiger Sicherheit sagen, dass diese siebzig Stoffe auch wirklich unzerlegbar sind. Es kann sich ja auch so verhalten, dass unsere jetzigen Mittel zu einer weiteren Zerlegung unzureichend sind, und dass sich

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

in Zukunft vielleicht so manches sogenannte Element als zusammengesetzter Körper entpuppt. Gibt es ja Forscher, welche der Annahme zuneigen, dass alle Körper aus einem einzigen Stoffe entstanden sind, und die verschiedenen Eigenschaften rühren bloß von der verschiedenen Anordnung der Atome zu Molekeln her.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zu unseren Molekeln zurück, die uns heute in erster Linie interessieren sollen. Vom physikalischen Standpunkte aus unterscheiden wir dreierlei Zustände der Körper und theilen dieselben darnach in Gase, Flüssigkeiten und feste Körper ein. Die Kräfte, welche die Molekeln auf einander ausüben, beeinflusst von der jeweiligen Temperatur, bedingen den jeweiligen Zustand, in welchem sich der Körper befindet. Da die moderne Physik die Wärme als eine Art der Bewegung auffasst, welche die kleinsten Theilchen der Körper ausführen, so müssen wir uns vorstellen, dass diese Bewegung um so heftiger wird, je mehr Wärme wir dem Körper zuführen, d. h. je höher seine Temperatur wird.

Den Zustand der festen Körper denken wir uns nun derart, dass die Molekeln durch die Kräfte, welche sie auf einander ausüben, so aneinander gehalten werden, dass sie ihre gegenseitige Lage nicht verändern, noch eine drehende Bewegung beschreiben können. Die Wärmebewegung in den festen Körpern wird daher lediglich in einer Art schwingender Bewegung bestehen, so dass eine jede Molekel den ihr angewiesenen Schwingungsraum dabei nicht verlassen kann. Es ist

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

das ebenso, als wären die Molekeln Kugeln, welche unter einander mit elastischen Schnüren verbunden sind. Infolge der sie festhaltenden Schnüre kann eine jede Kugel nur kleine Wege und geringe Drehungen ausführen. Wird die Bewegung der Kugeln immer heftiger, so wird schließlich die Festigkeitsgrenze der Schnüre überschritten werden, dieselben werden zerreißen, und die Kugeln selbst werden sich plötzlich viel leichter bewegen können. Zwar wird die Vorwärtsbewegung ebenfalls noch eine beschränkte sein, da die Kugeln nahe aneinander liegen und deshalb fortwährend Zusammenstößen unterworfen sind. Aber nichts hindert unsere Kugeln mehr, eine drehende Bewegung auszuführen. Es wird unser ganzes Kugelsystem von nun an in einen ganz neuen Zustand übergehen. Derselbe wird sich dadurch auszeichnen, dass wir mit anderen Körpern sehr leicht zwischen unseren Kugeln eindringen können, was früher wegen der Verbindungsschnüre nicht möglich war. Sie werden also jetzt einer äußeren Kraft gegenüber sich sehr nachgiebig erweisen.

Wenden wir das auf unsere Molekeln an, so heißt das: Bei zunehmender Temperatur des festen Körpers wird die Bewegung der Molekeln schließlich so heftig werden, dass die Kräfte, welche den Zusammenhalt der Molekeln bedingen, nicht mehr ausreichen. Der Bewegungszustand der Molekeln wird dann im Wesentlichen ein drehender, indem jetzt jede Molekel ungehindert um ihre eigene Achse rotieren kann, was

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

zur Folge hat, dass sich die Molekeln gegeneinander mit größerer Leichtigkeit verschieben lassen. Diesen vollständig neuen Zustand, in welchem sich der Körper nun befindet, nennen wir den flüssigen. Aus dem festen Körper ist eine Flüssigkeit geworden. Was also den flüssigen Zustand vom festen unterscheidet, ist wesentlich der Umstand, dass die Molekeln der festen Körper nur eine schwingende, die der Flüssigkeiten im Wesentlichen eine rotierende Bewegung beschreiben.

Bedenken wir nun, dass im flüssigen Zustande der Zusammenhang der Molekeln ein viel loserer ist als im festen, dass außerdem die Molekeln mitunter sehr heftige Bewegungen erlangen können, so ist es wahrscheinlich, dass jene Molekeln, welche sich an der Oberfläche der Flüssigkeit befinden, hie und da ihren Zusammenhang mit der Flüssigkeit ganz verlieren und in den freien Raum hinausfliegen werden. Dies wird um so häufiger eintreten, je lebhafter die Bewegung der Molekeln ist, das heißt je höher die Temperatur der Flüssigkeit ist. Wir bezeichnen diesen Vorgang sodann mit dem Ausdrucke des Verdampfens. Auch haben wir wohl schon alle, ganz unserer Theorie entsprechend, die Erfahrung gemacht, dass Flüssigkeiten in der Wärme rascher verdampfen als in der Kälte. Damit gelangen wir zu einem neuen Zustande der Körper, zu dem dampf- und gasförmigen. Die Körper selbst führen dann den Namen Dämpfe und Gase. Denken wir uns ein geschlossenes Gefäß, welches etwa zur Hälfte mit einer Flüssigkeit gefüllt ist. Jene

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Molekeln, welche sich von der Oberfläche der Flüssigkeit losreißen, fliegen natürlich, da sie jetzt durch keine Kraft mehr gehindert werden und gleichzeitig eine gewisse Geschwindigkeit besitzen, in dem von der Flüssigkeit freien Raume weiter, stoßen auf die Wände des Gefäßes auf, werden dort zurückgeworfen wie etwa eine Billardkugel an der Wand des Billards und gelangen gelegentlich wieder in die Flüssigkeit zurück. Es muss also immer eine bestimmte Anzahl von Molekeln in Dampfform sich vorfinden, und zwar wird sich diese Zahl nicht ändern, sobald ebensoviel Molekeln aus der Flüssigkeit in den Dampf übertreten wie umgekehrt aus dem Dampfe in die Flüssigkeit. Damit haben wir auch gleich ein Bild von dem dampfförmigen Zustande gewonnen. Erstens zeigt sich, dass in diesem Zustande für gewöhnlich die Molekeln viel weiter von einander entfernt sind als im flüssigen. Ferner nehmen sie abermals eine neue Bewegungsform an. Während sie nämlich im festen und flüssigen Zustande ihren Platz gar nicht oder nur allmählich verlassen, besteht im dampfförmigen Zustande die Bewegungsform der Molekeln in erster Linie gerade in der Ortsveränderung. Da in diesem Zustande die Molekeln verhältnismäßig weit von einander entfernt sind, so kann keine auf die andere mehr eine Kraft ausüben. Im dampfförmigen Zustande fliegen daher die Molekeln mit großer Geschwindigkeit geradlinig vorwärts, bis sie entweder auf eine Wand auftreffen oder mit anderen Molekeln zusammenstoßen. Beim Zusammenstoße verhalten sie

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sich ähnlich wie vollkommen elastische Kugeln, indem sie nämlich ohne Geschwindigkeitsverlust wieder von einander abprallen. In den Dämpfen und Gasen ist also fortwährend das bewegteste Leben vorhanden.

Bevor wir weiter auf den Gaszustand eingehen, wollen wir uns gleich über den Unterschied zwischen einem Dampf und einem Gas klar werden. Wie Sie schon wissen, wird die Bewegung der Molekeln in einer Flüssigkeit immer lebhafter, je mehr Wärme ihr zugeführt wird. Mithin wird sich in einem geschlossenen Gefäße, welches zum Theil mit Flüssigkeit gefüllt ist, umsomehr Flüssigkeit in Dampf verwandeln, je höher die Temperatur steigt. Wir werden daher immer zu so hohen Temperaturen schreiten können, bei welchen sich alle Flüssigkeit in Dampf verwandeln muss, und es gibt thatsächlich für jede Flüssigkeit eine Temperatur, bei welcher sie nur noch als Dampf existieren kann. Wird diese Temperatur nach obenhin überschritten, so ist es nicht mehr möglich, den Dampf in eine Flüssigkeit zu verwandeln, wie klein auch der Raum ist, in welchen man den Dampf hineinpresst. Die Temperaturgrenze, bei welcher dieser Zustand eintritt, nennt man die kritische Temperatur der Flüssigkeit. Alle Dämpfe, welche diese Temperatur nach obenhin überschritten haben, bezeichnet man als Gase. Gase lassen sich also im eigentlichen Sinne des Wortes nicht verflüssigen, denn dies ist erst möglich, wenn ihre Temperatur unterhalb des kritischen Punktes liegt. Dann können wir sie aber nicht mehr Gase nennen,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sondern wir haben es nur noch mit Dämpfen zu thun. So lange man diesen Zusammenhang zwischen flüssigem, dampf- und gasförmigem Zustande nicht kannte, konnten auch manche Gase nicht verflüssigt werden, indem eben für viele Gase die kritische Temperatur sehr tief liegt. Erst als man daran dachte, die Gase sehr stark abzukühlen und gleichzeitig unter hohen Druck zu stellen, gelang es, dieselben flüssig zu machen.

Wir wollen uns nun dem eigentlichen gasförmigen Zustande zuwenden und diesen etwas näher betrachten. Wie wir bereits wissen, bestehen die Gase aus Molekeln, welche sämmtlich in geradliniger Bewegung begriffen sind. Stößt eine Molekel mit einer zweiten zusammen, so prallt sie von derselben wieder ab nach dem Gesetze vom Stoße elastischer Kugeln. Dasselbe geschieht, wenn eine Molekel auf eine feste Wand auftrifft. Aus diesem Verhalten geht unmittelbar hervor, dass sich ein Gas sofort zerstreuen wird, wenn es nicht in einem dichten Gefäße eingeschlossen ist. Ferner folgt, dass das Gas das Gefäß immer ausfüllen wird, wie groß und welcher Gestalt es auch ist, indem eben die Molekeln immer so weit fliegen, bis sie auf die Gefäßwände auftreffen. Diese Stöße auf die Gefäßwände bleiben jedoch nicht unbemerkt. Da, wie wir später noch durch Zahlen nachweisen werden, dieselben ungemein rasch und zahlreich erfolgen, so hat dies die Wirkung eines stetigen Druckes, welcher von dem Gase auf die Wände des Gefäßes ausgeübt wird. Ist das Gefäß etwa ein Cylinder mit einem verschiebbaren Stempel, so können wir das

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Gas nach Belieben auf einen größeren oder kleineren Raum bringen. Machen wir z. B., indem wir den Stempel in den Cylinder hineindrücken, das Volumen des Gases halb so groß, so rücken die Molekeln näher aneinander. Im selben Maße werden die Zusammenstöße und die Stöße auf die Gefäßwände zahlreicher, d. h. der Druck wird größer. Es ist dies ein wichtiges und schon lange bekanntes Gesetz, dass der Druck eines Gases im selben Maße abnimmt, wie sein Volumen zunimmt, und umgekehrt. Ist also das Volumen die Hälfte, das Drittel, so wird der Druck der doppelte, der dreifache u. s. f. Führen wir unserem Gase Wärme zu, so wird dieselbe wie immer zur Vergrößerung der Geschwindigkeit der Molekeln verwandt. Daraus folgt aber wiederum, dass mit steigender Temperatur auch die Zahl der Stöße, welche die Molekeln auf die Wände ausüben, zunehmen wird, gleichzeitig wird aber auch infolge der vermehrten Geschwindigkeit jeder einzelne Stoß mehr ausgeben. Wiederum sind wir mit unseren Folgerungen in voller Übereinstimmung mit den Thatsachen. Es nimmt der Druck eines Gases mit der Temperatur zu, oder, wenn wir das Gas wieder in unserem Cylinder mit beweglichem Stempel haben, wird derselbe bei Erwärmung des Gases emporgehoben werden. Darauf beruht ja die bewegende Kraft unserer Dampfmaschinen.

Aus der Größe des Druckes, welchen eine bestimmte Gasmenge auf die Gefäßwände ausübt, können wir einen Schluss auf die Geschwindigkeit der Gas-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

molekeln selbst machen. Die Wirkung des Stoßes, den ein Körper ausführt, hängt nämlich von der Masse oder dem Gewichte und von der Geschwindigkeit desselben ab. Das Gewicht eines Gases können wir aber durch Wägung bestimmen, auch lässt sich der Druck messen, den das Gas ausübt, und aus diesen Daten lässt sich sodann die Geschwindigkeit der Gasmolekeln finden. Es ist dieselbe so groß, dass sogar Physiker anfänglich Zweifel in die Theorie der Gase setzten, wie wir sie entwickelt haben. So beträgt z. B. die Geschwindigkeit der Luftmolekeln nahezu 500 *m*. Ähnliche Größen weisen die übrigen Gase in ihrer Geschwindigkeit auf. Je leichter ein Gas ist, desto größer ist die Geschwindigkeit seiner Molekeln.

Es lag natürlich sehr nahe, auf dieses Resultat den Einwand zu machen, dass sich bei der großen Geschwindigkeit der Gasmolekeln jedes einzelne Gas, das man in die Luft ausströmen lässt, sofort im ganzen Raume verbreiten müsste. Aber man macht gerade die Beobachtung, dass sich die Gase sehr langsam ausbreiten. Es kann mitunter stundenlang dauern, dass ein Gashahn geöffnet ist, bis man durch den Geruch des Gases darauf aufmerksam wird. Auch bleibt der Rauch einer Cigarre oft durch lange Zeit hindurch ruhig und scharf begrenzt als Wolke in der Luft stehen. Aber gerade durch unsere Theorie lässt sich zeigen, dass diese Einwände nicht stichhältig sind, sondern dass trotz der großen Geschwindigkeit die Gasmolekeln nur sehr langsam im Raume vorwärts kommen, weil

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sie ihren Weg nicht ungehindert zurücklegen können. Eine jede Molekel stößt nämlich immer auf andere Molekeln, von welchen sie wieder zurückgeworfen wird. Die Weglänge, welche eine Molekel ungehindert zurücklegen kann, wird um so kleiner ausfallen, je mehr Molekeln vorhanden sind. Wenn wir daher zwei verschiedene Gase in einem Gefäße über einander schichten, und zwar so, dass das leichtere oben ist, so wird die Vermischung dieser Gase doch nur verhältnismäßig langsam von statten gehen, und zwar um so langsamer, je größer die Zahl der Molekeln ist. Ja, wenn wir die Geschwindigkeit kennen, mit welcher ein Gas in das andere eindringt, so ist es uns sogar möglich, einen Schluss auf die Größe der Molekeln zu machen, indem wir das, was ich bis jetzt auseinander setzte, thatsächlich mit Hilfe der Rechnung verfolgen können. Wegen der großen Geschwindigkeit, welche die Gasmolekeln an sich haben, wegen der verhältnismäßig geringen Geschwindigkeit hingegen, mit welcher sich die einzelnen Gase durchdringen, müssen wir uns von vornherein auf sehr kleine Werte gefasst machen, welche wir für die mittlere Weglänge und für die Größe der Molekeln erhalten. Unter der mittleren Weglänge verstehen wir jenen Weg, welchen eine Molekel im Durchschnitt zurücklegen kann, bis sie mit einer zweiten zusammenstößt. Diese Größe ist für die uns umgebende Luft etwa $^1/_{1000}$ *mm*. Bis also die Molekel 1 *mm* zurücklegt, erleidet sie gegen 1000 Zusammenstöße mit anderen Molekeln. Da nun die Geschwindigkeit der Molekeln

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

etwa 500 *m* in der Secunde beträgt, so folgt daraus, dass in einer Secunde eine Luftmolekel durchschnittlich die ungeheure Zahl von 500 Millionen Stößen erleidet. Daraus können Sie ermessen, wie schwer es einer Molekel gemacht wird, im Raume vorwärts zu kommen. Wenn man in der Secunde 500 Millionen mal zurückgeworfen wird, so lässt sich selbst mit dem heftigsten Ansturm nur sehr wenig erreichen. Diese große Zahl der Zusammenstöße, dieser kleine Wert der mittleren Weglänge hängt aber unmittelbar von der Größe der Molekeln selbst mit ab. Unter der Größe einer Molekel verstehen wir dabei den Durchmesser derselben, indem wir uns die Molekeln selbst als kleine Kugeln denken. Je kleiner der Durchmesser einer Molekel ist, desto leichter wird sie sich ihren Weg bahnen können, d. h. desto größer wird die mittlere Weglänge der Molekeln ausfallen. Die Rechnung lehrt uns wiederum, dass der Durchmesser einer Molekel noch bedeutend kleiner als die mittlere Weglänge ist. Für die atmosphärische Luft ist er etwa bloß $^1/_{1000}$ derselben. Während wir also für die mittlere Weglänge einer Luftmolekel $^1/_{1000}$ *mm* angaben, erhalten wir für den Durchmesser einer Molekel etwa $^1/_{1000000}$ *mm*. Das heißt also, wenn wir Millionen Molekeln neben einander legen, so haben wir erst die Länge von 1 *mm* erreicht. In unserer Atmosphäre liegen die Molekeln natürlich nicht an einander, sondern ihr mittlerer Abstand ist etwa der zehnfache ihres Durchmessers; immerhin gehen aber auch bei dieser Entfernung gegen 100.000

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

auf 1 *mm*, während sich in einem Raume von 1 mm^3, d. i. etwa von der Größe eines Stecknadelkopfes, 1000 Billionen Molekeln befinden. Es sind dies Zahlen, welche sich zwar mit Sicherheit berechnen, leicht schreiben und aussprechen lassen, welche aber die Grenzen einer jeden gewohnten Vorstellung überschreiten. Sollte z. B. einer daran gehen, die Molekeln im Raume eines Stecknadelkopfes wirklich zu zählen, und nehmen wir an, dass er in jeder Secunde eine Molekel herausnimmt, so würde er dazu etwa die 16.000fache Zeit brauchen, welche seit der Geburt Christi bis auf den heutigen Tag verflossen ist.

Nun könnte man wohl Bedenken gegen die Richtigkeit dessen tragen, was ich Ihnen erzählte, wenn die gelehrten Forscher bloß diese eine Methode, die Größe der Molekeln zu bestimmen, gefunden hätten. Dem ist aber nicht so, sondern ich könnte Ihnen mit Leichtigkeit wenigstens zehn andere Methoden vorführen, welche ganz unabhängig von einander auf die Größe der Molekeln führen. Auf allen diesen Wegen gelangt man zu Werten, welche ausgezeichnet mit einander übereinstimmen, so dass die Richtigkeit unserer Angaben über jeden Zweifel erhaben ist. Ich halte es für einen Triumph des menschlichen Forschergeistes, mit so großem Erfolge in solche Tiefen hinabgestiegen zu sein.

Wir machen nun einen gewaltigen Sprung vom Kleinsten, das wir kennen, zum Größten, aus dem Stecknadelkopf ins Weltall. Jahrhundertelang unterschieden

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

die Beobachter des nächtlichen Sternenhimmels zweierlei Sterne: die Wandelsterne und die Fixsterne. Erstere haben ihren Namen daher, weil sie ihren Ort am Himmel beständig ändern. Die letzteren hingegen scheinen ihre Stellung nicht zu verlassen. Jahrzehnte, Jahrhunderte können vergehen, der Fixsternhimmel behält immer dasselbe Gepräge. Die genauere Beobachtung lehrt jedoch, dass auch die Fixsterne ihren Ort verändern, nur geschieht dies so langsam, dass sich diese Ortsveränderung lange Zeit der Beobachtung entzog. Als man aber daran gieng, die Stellungen der Sterne, wie sie sich in den Aufzeichnungen der früheren Jahrhunderte vorfinden, mit den heutigen zu vergleichen, da ergab sich, dass dieselben nicht übereinstimmen, und zwar sind die Abweichungen so groß, dass man nicht annehmen kann, es wären dieselben bloß infolge mangelhafter Beobachtung vorhanden. Auf diese Weise erfuhr man denn, dass auch im Fixsternhimmel allenthalben Bewegung vorhanden ist. Dass die Ortsveränderung am Himmel scheinbar eine so geringe ist, das rührt daher, weil die Entfernung der Fixsterne überaus groß ist.

Wir haben aber noch ein zweites Mittel, die Bewegung der Fixsterne nachzuweisen, und das ist das wichtigere für uns. Denn einmal brauchen wir auf diesem zweiten Wege nicht erst einen großen Zeitraum abzuwarten, ferner lernen wir dabei die absolute Geschwindigkeit der Fixsterne kennen. Um Ihnen diese zweite Methode klar zu machen, müssen Sie mir wohl gestatten, etwas weiter auszuholen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Sie wissen, dass ein Sonnenstrahl, welcher durch ein Glasprisma geht, von seinem Wege abgelenkt und gleichzeitig in die Regenbogenfarben aufgelöst wird. Dabei beobachten wir, dass die rothe Farbe am wenigsten, die violette am stärksten abgelenkt wird. Der Physiker erklärt die verschiedenen Farben dadurch, dass er annimmt, das Licht sei nichts anderes als eine schwingende Bewegung des sogenannten Lichtäthers, den wir uns als ungemein feine Materie vorstellen müssen. Die verschiedenen Farben ergeben sich nun aus der Raschheit, mit welcher die Schwingungen erfolgen. So macht das rothe Licht die geringste Anzahl von Schwingungen in der Secunde, das violette die größte. Von der Zahl der Schwingungen hängt mithin die Ablenkung des Lichtes in einem Glasprisma ab. Denken Sie sich nun eine Lichtquelle, welche Licht von einer ganz bestimmten Schwingungsdauer aussendet, so wird diesem Lichte ein ganz bestimmter Ablenkungswinkel in unserem Prisma entsprechen. Nun nehmen wir an, diese Lichtquelle bewege sich gegen das Prisma, so werden jetzt in der Secunde mehr Schwingungen auftreffen als früher. Das hat aber die Wirkung, als wären die Lichtschwingungen rascher geworden, und es wird infolge dessen unser Lichtstrahl stärker abgelenkt als früher. Sie werden nun leicht begreifen, dass man unmittelbar aus der Stärke der Ablenkung des Lichtes auf die Geschwindigkeit der Lichtquelle schließen kann. Entfernt sich die Lichtquelle von uns, so wird die Ablenkung die entgegen-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gesetzte. Benützen wir als Lichtquelle nun einen Fixstern, so werden wir aus der Ablenkung seines Lichtes durch das Glasprisma erkennen können, mit welcher Geschwindigkeit er sich uns nähert oder von uns entfernt.

Kennen wir nun von einem Körper seine wirkliche Geschwindigkeit und seine scheinbare, so können wir daraus auch auf seine Entfernung von uns schließen, indem ja die scheinbare Geschwindigkeit nur von der Entfernung abhängig ist. Sie sehen, dass wir infolge dessen in der Lage sind, über die Entfernung der Fixsterne ganz sichere Angaben zu machen. So erhalten wir für die mittlere Geschwindigkeit der Fixsterne etwa 40 *km* in der Secunde, für irdische Verhältnisse natürlich eine ungeheure Geschwindigkeit, aber nur um wenig größer als die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Erde um die Sonne bewegt. Für die Entfernung der Fixsterne erhalten wir jedoch Zahlen, welche wieder über alle Vorstellung hinausgehen. Um nicht mit gar zu großen Zahlen arbeiten zu müssen, wollen wir als Maßeinheit die Entfernung unserer Erde von der Sonne annehmen und nennen diese Größe, welche etwa 150 Millionen Kilometer beträgt, eine Erdweite. Darnach erhalten wir für die Entfernung der Fixsterne 1. und 2. Größe eine mittlere Entfernung von etwa 10 Millionen Erdweiten, für die Sterne 3. Größe etwa 20 Millionen u. s. w. Um eine Erdweite zurückzulegen, braucht das Licht 500 Secunden. Daraus folgt, dass es, um von den Sternen 1. und 2. Größe zu uns zu gelangen,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

durchschnittlich 150 Jahre braucht, von den Sternen 3. Größe 300 Jahre u. s. w. Wenn wir also an diesen Sternen eine Veränderung beobachten könnten, so ist diese Erscheinung nicht zur Zeit der Beobachtung, sondern schon vor 150, bezüglich 300 Jahren u. s. w. vor sich gegangen. Von den kleinsten noch wahrnehmbaren Sternen braucht das Licht offenbar Jahrtausende, bis es in unser Auge gelangt.

Im selben Maße wie von uns sind die Fixsterne auch unter einander entfernt, so dass die Anziehungskräfte, welche sie auf einander ausüben, verschwindend klein ausfallen. Das hat zur Folge, dass man die Bahnen der Fixsterne als geradlinig ansehen kann. Da diese Bahnen aber nach den verschiedensten Richtungen des Raumes gehen, so muss es hie und da vorkommen, dass sich ein Fixstern einem anderen beträchtlich nähert, ja mit ihm gar zusammenstößt. Bei einer derartigen Annäherung beeinflussen sich die Fixsterne infolge der Anziehungskräfte, die mit abnehmender Entfernung immer größer werden, natürlich beträchtlich, und es werden beide Sterne sich gegenseitig aus ihren Bahnen bringen. Sind sie aber einmal aneinander vorüber geflogen, ohne einen Zusammenstoß erlitten zu haben, so entfernen sie sich von einander wieder in derselben Weise, wie sie sich einander genähert haben, und setzen nun ihre Bahn wieder geradlinig fort. Sehen wir von dem ungeheuren Größenunterschiede ab, so ergibt sich für die Himmelskörper dieselbe Bewegungsform wie für die Molekeln eines Gases. Wir können daher auch

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

bezüglich der Himmelskörper uns fragen, wie groß die mittlere Weglänge, d. h. jener Weg sein wird, bis ein Fixstern mit einem zweiten zusammenstößt. Da unsere Sonne ebenfalls ein Fixstern ist, so steht auch dieser nur eine gewisse Lebensdauer zu Verfügung, wenn wir den Zusammenstoß der Sonne mit einem anderen Fixsterne als Tod der Sonne auffassen. Um jedoch die Lebensbedingungen auf unserer Erde vollständig zu vernichten, genügt schon eine gewisse Annäherung eines Fixsternes an unser Sonnensystem, indem dadurch sämmtliche Planetenbahnen in Verwirrung gebracht werden. Immerhin können wir aber mit Wahrscheinlichkeit angeben, dass, wenn nicht andere Ursachen einer Zerstörung eintreten, unsere Erde etwa noch Billionen Jahre ihren Kreislauf um die Sonne beschreiben kann. Das ist für uns Menschenkinder natürlich eine Ewigkeit, und wir haben gar keine Ursache, uns auf Grund der Untersuchungen, welche wir vorgenommen haben, zu ängstigen. Im Gegentheil muss die Erforschung dieser ungemein kleinen Größen, wie sie uns bei den Molekeln begegnet sind, und wiederum diese über alle menschliche Vorstellung hinausgehenden Zahlen, welche uns die Fixsternwelt liefert, mit dem Gefühle des Erhabenen erfüllen, welches unseren Geist weit hinausführt über die Schranken des gemeinen, alltäglichen Lebens.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: 34

Autor(en)/Author(s): Jäger Gustav

Artikel/Article: Über die Ähnlichkeit der Bewegungsformen der Weltkörper und der Molekeln. 227-248