

Über die bisherigen Versuche,
die Gravitation aus dem Stoße der
Ätherteilchen zu erklären.

Von

Dr. Johann Sahulka.

Vortrag, gehalten den 18. November 1908.

Mit 4 Abbildungen im Texte.

In dem gegenwärtigen Zeitalter ist der Forschergeist hauptsächlich auf das technische Gebiet und die mit demselben in Zusammenhang stehenden wissenschaftlichen Fragen gerichtet, während man sich mit der Erforschung des Urgrundes der Erscheinungen fast gar nicht befaßt. Zum Teile ist dies durch die Erfolglosigkeit der in dieser Richtung unternommenen Versuche erklärlich. In Zukunft wird es aber vielleicht ebenso, wie es bisher gelungen ist, die Naturkräfte zu beherrschen, auch gelingen, ihre Wirkungen zu erklären. Eine Erklärung kann uns nur dann befriedigen, wenn in ihr keine rätselhaften Annahmen gemacht sind und gezeigt wird, wie die Erscheinungen auf rein mechanischem Wege zustande kommen. Diese Ansicht hatte schon Galilei, welcher sagte, daß sich in der Natur alles auf die Bewegung und den Stoff zurückführen lassen müsse, und daß sich alle Naturerscheinungen durch Änderung der Anordnung der körperlichen Teilchen und die Umwandlung ihrer Bewegung erklären lassen müssen. Man nennt dies die rein mechanische Erklärung der Naturerscheinungen.

Im heutigen Vortrage will ich die Aufmerksamkeit der geehrten Versammlung auf die Gravitation lenken,

deren Wirkungen wir beständig beobachten, ohne uns darüber Rechenschaft zu geben, wie diese Wirkungen zustande kommen. Newton, welcher im Jahre 1687 in seinem Werke „Philosophiae naturalis principia mathematica“ das Gravitationsgesetz aufgestellt hat, äußerte sich in einem Briefe vom 28. Februar 1687 bezüglich der Ursache der Gravitation in folgender Art: „Gravity must be caused by an agent material or immaterial; I have left it to the consideration of my readers.“ Man ersieht aus dieser Äußerung, daß schon Newton eine Kraftwirkung in die Ferne ohne Vermittlung eines Zwischenmediums nicht für möglich hielt. Bezüglich seiner Annahme, daß dieses Medium materiell oder immateriell sein könne, kann man wohl nur die Annahme eines materiellen Mediums als zulässig ansehen, denn ein Medium ohne Masse wäre ein leerer Raum, ein Nichts, in welchem keine Vorgänge stattfinden könnten und durch welches sich auch eine Kraftwirkung nicht fortpflanzen könnte.

Das Medium, welches die Kraftwirkung zwischen den einzelnen Himmelskörpern ermöglicht und vermittelt, ist der Äther, welcher den Weltenraum überall erfüllt und auch in die Zwischenräume zwischen den Teilchen gewöhnlicher Körper überall eindringt. Bezüglich der Beschaffenheit des Äthers bestehen zwei verschiedene Anschauungen. Aus den Erscheinungen der elektrischen Wellen und des Lichtes glaubte man folgern zu müssen, daß der Äther sich verhalte wie ein fester Körper, welcher den Raum kontinuierlich, d. i. ohne leere Zwischen-

räume, erfüllt, inkompressibel, aber im höchsten Grade elastisch ist und dabei doch die Bewegung anderer Körper nicht hemmt. Diese Anschauung ist meiner Ansicht nach vollkommen unfaßbar. Gemäß der zweiten Anschauung glaubt man, daß der Äther sich in ähnlicher Weise verhalte wie ein gewöhnliches Gas, daß er aus einzelnen durch leere Zwischenräume getrennten Teilchen bestehe, welche sich mit großer Geschwindigkeit bewegen und fortwährend miteinander sowie mit anderen im Bereiche des Äthers befindlichen Körpern zusammenstoßen. Diese atomistische Anschauung bezüglich der Beschaffenheit des Äthers ist verständlich, weil wir überall in der Natur Masse und Bewegung sehen, und weil auch die gewöhnlichen Gase zweifellos eine derartige Beschaffenheit haben. Ich habe in einem im Jahre 1908 im „Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie“, Bd. I, im Hefte 3 und 4 veröffentlichten Aufsätze „Erklärung der Erscheinungen der elektrischen und optischen Wellen“ sowie in einem im Jahre 1906 veröffentlichten Buche „Erklärung der Gravitation, der Molekularkräfte, der Wärme, des Lichtes, der magnetischen und elektrischen Erscheinungen aus der Wirkung des Äthers“ gezeigt, daß sich auch die Erscheinungen der elektrischen und Lichtwellen unter Annahme einer atomistischen Beschaffenheit des Äthers in einfacher Weise erklären lassen. Den Äther mögen wir uns daher so vorstellen wie ein gewöhnliches Gas. Dadurch, daß die Ätherteilchen gegen einen gewöhnlichen ponderablen Körper stoßen, können sie auf denselben eine Kraft-

wirkung ausüben. Auch die Gravitation dachte man sich auf diese Art verursacht und suchte sie daraus zu erklären. Man nennt diese Erklärungen die Ätherstoßtheorien; dieselben mögen im nachfolgenden auszugsweise besprochen werden.

Le Sage, der Begründer der Ätherstoßtheorie (Royale Académie. Berlin 1782. „Lucrece Newtonien“) nimmt an, daß auf jeden Himmelskörper in der Richtung der auf ihn wirkenden Gravitationskraft eine aus dem Weltenraume kommende Ätherströmung einwirke. Die Gravitationskraft soll ähnlich wie ein Winddruck zustande kommen; die strömenden Ätherteilchen sollen, nachdem sie den Himmelskörper getroffen haben, sich nicht zurückbewegen und beim Stoße an den Himmelskörper keine Energie abgeben. Um zu erklären, daß die Gravitationswirkung nicht bloß von der Oberfläche des Himmelskörpers abhängt, sondern dessen Masse proportional sei, nimmt Le Sage an, daß die absolute Massendichte der ponderablen Körper außerordentlich klein sei, d. h. daß die einzelnen Massenteilchen derselben durch sehr große Zwischenräume getrennt sind, so daß der gegen den Körper fließende Ätherstrom nicht bloß die an der Oberfläche des Körpers befindlichen Körperteilchen, sondern auch die im Innern des Körpers befindlichen Teilchen in gleicher Weise trifft und auf sie einwirkt. Gegen diese Erklärung ist einzuwenden, daß rätselhafte, aus dem Universum kommende Ätherströmungen angenommen werden müssen, daß ferner eine unendlich dünne Massendichte der Körper angenommen werden muß und daß

nicht klar ist, was mit der Energie der gegen den Körper stoßenden Ätherteilchen, die nicht zurückströmen sollen, geschieht.

William Thomson (Philos. Magazine 1873, „On the Ultramundane Corpuscles of Le Sage“) änderte die Erklärung von Le Sage in der Weise ab, daß er annimmt, daß die gegen einen Himmelskörper stoßenden Ätherteilchen beim Stoße ihre progressive Bewegung in eine Wirbelbewegung umwandeln; dadurch soll erklärt werden, daß die Ätherteilchen nicht zurückzuströmen brauchen. Da die einseitige Ätherströmung und unendlich dünne Massendichte der ponderablen Körper beibehalten wird, ist die Erklärung ebenso unverständlich wie die von Le Sage. Auch ist gegen diese Erklärung noch der Einwand zu machen, daß die Gravitation allmählich abnehmen müßte, wenn sich die progressive Bewegung der Ätherteilchen in eine Wirbelbewegung umwandeln würde; es ist auch nicht klar, wodurch diese Umwandlung bewirkt werden soll.

Preston (Wien. Akad. Ber. 1883, Bd. 87, „Eine dynamische Erklärung der Gravitation“) nimmt an, daß die mittlere Weglänge der Ätherteilchen, d. i. der durchschnittliche Weg, welchen ein Ätherteilchen zwischen zwei aufeinander folgenden Zusammenstößen mit anderen Ätherteilchen zurücklegt, größer sei als die planetarischen Distanzen, und sucht dadurch zu erklären, daß zwei Himmelskörper auf ihren voneinander abgewendeten Seiten von mehr Ätherteilchen gestoßen werden als auf den zugewendeten Seiten, wodurch die Gravitation ver-

ursacht sein soll. Die Gravitation sollte gemäß dieser Erklärung nur bis in eine bestimmte Entfernung wirken können, und zwar nur bis zu einer Entfernung, welche noch kleiner ist als die mittlere Weglänge der Ätherteilchen. Die Erklärung ist unwahrscheinlich wegen der Annahme einer so außerordentlich großen mittleren Weglänge; außerdem müßte auch eine verschwindend geringe Massendichte der Körper angenommen werden.

Jarolimek (Wien. Akad. Ber. 1883, Bd. 88, „Über die Gravitation“) ändert die Erklärung von Preston ab; er macht darauf aufmerksam, daß, wenn auch die mittlere Weglänge der Ätherteilchen kleiner wäre als der Abstand zweier Himmelskörper, doch die Weglängen einzelner Ätherteilchen alle möglichen Werte haben können, und daß daher gewiß auch solche Weglängen vorkommen, welche größer sind als der Abstand der Himmelskörper. Durch die Stoßwirkung dieser Ätherteilchen soll in der von Preston angegebenen Art die Gravitation verursacht sein. Die Erklärung ist ebenso unwahrscheinlich als die von Preston, denn es könnten nur außerordentlich wenige Ätherteilchen so große mittlere Weglängen haben und daher nur eine minimale Wirkung auf die Himmelskörper ausüben.

Die bisher besprochenen Erklärungen haben das Gemeinsame, daß stets versucht wurde, nachzuweisen, daß zwei Himmelskörper an den voneinander abgewendeten Seiten von mehr Ätherteilchen getroffen werden als an den zugekehrten Seiten; die Ätherdichte konnte

dabei überall gleich sein. Die Erklärungen sind aus den bereits angegebenen Gründen nicht annehmbar.

In einer zweiten Art von Erklärungen wird angenommen, daß der Äther nicht überall die gleiche Dichte habe und daß dadurch die auf die Himmelskörper wirkende Gravitationskraft ähnlich wie der Auftrieb eines Körpers in einem Gase verursacht werde. Um einen Himmelskörper herum soll in konzentrischen Schichten die Ätherdichte gleich groß sein, aber in radialer Richtung nach außen zunehmen, so daß jeder in der Nähe des betrachteten Himmelskörpers befindliche Körper einen Auftrieb in der Richtung gegen den Himmelskörper erleiden muß. Auch diese Erklärungen sind als Ätherstoßtheorien anzusehen, denn im dichteren Äther finden mehr Stöße von Ätherteilchen gegen einen ponderablen Körper statt als in einem minder dichten Äther. Die Erklärungen sind nicht annehmbar, weil sich für den Weltenraum eine unendlich große Ätherdichte ergeben würde und weil das zu lösende Rätsel der Gravitation nur durch ein anderes Rätsel, die ungleichförmige Ätherdichte, ersetzt ist.

Eine dritte Art der Erklärung beruht darauf, daß man annimmt, daß die Himmelskörper schwingen und daß infolge der dadurch auf den Äther ausgeübten Wirkung die Anziehung der Himmelskörper zustande kommt. Auch diese Erklärung ist als Ätherstoßtheorie anzusehen; sie ist nicht annehmbar, weil zwei Körper in ganz bestimmter Weise schwingen müßten, damit eine geringe Kraftwirkung zwischen ihnen entsteht, und weil das zu

lösende Rätsel durch ein anderes Rätsel, die angenommenen übereinstimmenden Schwingungen, ersetzt ist.

Es sei mir nun gestattet, die Erklärung, welche ich in meinem bereits zitierten Buche im Jahre 1906 gegeben habe und welche ebenfalls als eine Ätherstofftheorie anzusehen ist, hier zu besprechen. Damit meine Erklärung richtig verstanden werde, möchte ich im voraus hervorheben, daß ich keine der erwähnten rätselhaften Annahmen mache.

In meiner Erklärung zeige ich, daß infolge der Wechselwirkung zwischen dem Äther und einem ponderablen Körper die Bewegung der Äthertheilchen so beeinflußt wird, daß um jeden Himmelskörper herum die Äthertheilchen, welche sich zu dem Körper hin bewegen, in radialer Richtung größere Geschwindigkeitskomponenten haben müssen als die Äthertheilchen, welche sich von dem Körper wegbewegen. Dabei bewegen sich aber ebensoviele Äthertheilchen zu dem Körper hin, als sich wegbewegen, und ist die Ätherdichte überall gleich groß. Ein in der Nähe des Himmelskörpers befindlicher anderer Körper erleidet durch die Äthertheilchen, welche sich zu dem anziehenden Himmelskörper hinbewegen, infolge der von denselben ausgeübten Stöße einen stärkeren Druck in Richtung zu dem Himmelskörper als in der entgegengesetzten Richtung infolge der Stöße der sich von dem Himmelskörper wegbewegenden Äthertheilchen, weil diese kleinere radiale Geschwindigkeitskomponenten haben als die

ersteren Ätherteilchen. In meinen Erklärungen, die ich hier nur auszugsweise besprechen kann, ist auch nicht die Annahme einer unendlich geringen Massendichte der Körper erforderlich und ergibt sich, wie ich mathematisch nachweisen konnte, genau das Gravitationsgesetz.

Bevor ich meine Erklärung bespreche, möchte ich einige Erscheinungen, die wir an gewöhnlichen Gasen und deren Verhalten gegen ponderable Körper beobachten, in anderer Art, als dies gebräuchlich ist, erörtern und erklären. Ich muß besprechen, was man sich eigentlich unter der Temperatur eines Gasteilchens zu denken hat, ferner die Vorgänge besprechen, die beim Stoß von Gasteilchen gegen andere Körper stattfinden, und erklären, wie ich mir den Vorgang bei der Absorption von Gasen durch andere Körper vorstelle.

Es ist bekannt, daß sich progressive Bewegung in Wärme umwandelt, daß sich z. B. ein auf einen Amboss auffallender Hammer erwärmt. Die Wärme sieht man ebenfalls als einen Bewegungszustand an; man nimmt daher an, daß sich beim Stoße die sichtbare Bewegung des Hammers in eine für uns unsichtbare Vibrationsbewegung der Teilchen des Hammers und Ambosses umwandelt. Jedes Molekül eines Körpers ist aus kleineren Teilchen zusammengesetzt; diese Teilchen können, wenn Wärme Bewegung ist, nicht ruhen, sondern müssen um ihre Gleichgewichtslagen vibrieren, in welchen sie meiner Ansicht nach durch das umgebende Medium, und zwar durch den Äther, erhalten werden. Je höher die Tem-

peratur des Moleküles ist, desto stärker müssen die Vibrationsbewegungen seiner kleinsten Teilchen sein. Wenn ein Körper den festen Aggregatzustand hat, so bleiben seine einzelnen Moleküle beständig an den Stellen, wo sie sich befinden und haben nur einen der Temperatur entsprechenden Vibrationszustand. Befindet sich ein Körper im flüssigen Aggregatzustande, so haben seine Moleküle nicht bloß wie im festen Zustande einen Vibrationszustand, sondern sie haben auch eine progressive und drehende Bewegung, da sie nicht die Stelle, wo sie sich gerade befinden, unverändert beibehalten. Bringt man einen Körper auf die Schmelztemperatur und betrachtet ein Molekül des noch festen Körpers und ein Molekül des bereits flüssigen Körpers, so ersieht man, daß sie gleiche Temperatur haben, sich aber dadurch unterscheiden, daß das Molekül des flüssigen Körpers bereits eine freie Bewegung hat. Diese kommt daher für die Beurteilung der Temperatur des Moleküles nicht in Betracht, sondern nur der Vibrationszustand der Teilchen des Moleküles. Zu demselben Ergebnisse kommt man bei Betrachtung der Gasmoleküle. Bringt man z. B. bei normalem Luftdrucke Wasser zum Sieden, in welchem Falle es bei 100°C siedet, so haben die aus dem siedenden Wasser entweichenden gasförmigen Wassermoleküle dieselbe Temperatur wie die Moleküle in der Flüssigkeit, haben aber eine ungleich größere progressive und drehende Bewegung, welche zusammen als molekulare Bewegung bezeichnet werden sollen. Die Vibrationsbewegung der Teilchen zweier Moleküle, von welchen

sich das eine noch im Wasser, das andere bereits im entweichenden Dampfe befindet, ist gleich stark, weil die Temperatur die gleiche ist, die molekulare Bewegung ist aber sehr verschieden. Für die Beurteilung der Temperatur kommt daher nur der Vibrationszustand der Teilchen der Moleküle und nicht deren molekulare Bewegung in Betracht. Dasselbe gilt für jede Temperatur, weil man durch Änderung des Druckes den Siedepunkt in beliebiger Weise verändern kann. Zu demselben Ergebnisse kommt man auch, wenn man die Kondensation eines Gases durch Abkühlung betrachtet; die Gasmoleküle ändern hierbei nicht die Temperatur, aber es nimmt ihre molekulare Bewegung von dem hohen Werte, der im gasförmigen Zustande vorhanden ist, bis zu jenem viel kleineren Werte ab, welcher dem flüssigen Zustande entspricht. Allerdings haben die Moleküle eines überhitzten Gases bei jeder Temperatur eine ganz bestimmte progressive Geschwindigkeit, aus der sich auch die mittlere Weglänge der Moleküle zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zusammenstößen mit anderen Molekülen ergibt, aber diese progressive Geschwindigkeit ist, wie aus dem Gesagten hervorgeht, nicht für die Temperatur wesentlich. Dies geht auch noch im nachfolgenden aus der Betrachtung der Absorption der Gase durch andere Körper hervor. Wenn ein äußerst kleiner Körper nicht mehr aus kleineren Teilchen zusammengesetzt wäre, so könnte er keine Vibrationsbewegung, sondern nur eine progressive und drehende Bewegung haben. Ein derartiges, nicht

mehr zusammengesetztes Teilchen hätte in dem besprochenen Sinne überhaupt keine Temperatur, sondern nur eine molekulare Bewegung. Stellt man sich die Ätherteilchen als nicht mehr zusammengesetzt vor, so kann man demnach nicht von einer Temperatur, sondern nur von einer molekularen Bewegung derselben sprechen.

Nun mögen die Vorgänge beim Stoße zweier Körper gegeneinander betrachtet werden. Der Stoß wird gewöhnlich nur an den zwei Beispielen erörtert, daß zwei Kugeln gegeneinander oder eine Kugel gegen eine Wand stößt. Während der ersten Hälfte des Stoßes tritt eine Abplattung der Körper ein, die sich in der zweiten Hälfte des Stoßes ganz, teilweise oder gar nicht rückbildet. Dementsprechend nennt man den Stoß einen vollkommen elastischen, nicht vollkommen elastischen, oder unelastischen Stoß. Während des Stoßes der Körper tritt auch eine Erwärmung derselben ein, d. h. es wird die Vibrationsbewegung der Teilchen der Körper auf Kosten der sichtbaren Bewegungsenergie derselben erhöht. Aus diesem Grunde ist die sichtbare Bewegungsenergie der Körper nach dem Stoße kleiner als vor dem Stoße, auch wenn sich die Abplattung der Körper in der zweiten Hälfte des Stoßes vollkommen rückgebildet hat; dies sieht man z. B. deutlich an dem Verhalten der Billardkugeln. Wenn jedoch einer der beiden Körper oder beide sehr klein, z. B. Moleküle, sind, so braucht beim Stoße nicht eine Abnahme der Energie, welche der progressiven und drehenden Bewegung entspricht, einzutreten, son-

dern es kann diese Energie sogar auf Kosten der Vibrationsenergie, d. i. auf Kosten der Wärme erhöht werden, wie man leicht an dem folgenden Beispiele ersehen kann. Der Kürze der Bezeichnung halber möge auch in dem Falle, wenn es sich um Moleküle handelt, die der progressiven und drehenden Bewegung derselben entsprechende Energie als sichtbare Bewegungsenergie und die der Wärme entsprechende Bewegungsenergie als Vibrationsenergie bezeichnet werden.

Nehmen wir an, daß ein Gas in einem Gefäße eingeschlossen sei und daß ein konstanter Temperaturzustand herrsche. Die Gasmoleküle haben eine der Temperatur entsprechende große Geschwindigkeit von mehreren hundert Metern pro Sekunde und stoßen beständig gegen die Gefäßwände, wodurch der Druck des Gases gegen die Wände zustande kommt. Wenn die Temperatur konstant bleibt, behalten auch die Gasmoleküle ihre progressive und Drehbewegung, d. i. ihre sichtbare Bewegungsenergie, unverändert bei und ebenso ändert sich nicht die Vibrationsenergie derselben. Wohl kann bei den einzelnen Molekülen während der Stöße eine Änderung dieser Energien eintreten; es bleibt aber der Mittelwert der sichtbaren Bewegungsenergie und ebenso der Mittelwert der Vibrationsenergie aller Moleküle unverändert. Wir müssen in diesem Falle sagen, daß der Stoß der Gasmoleküle gegen die Gefäßwände sich wie ein vollkommen elastischer Stoß verhalte und daß er ohne Umwandlung von sichtbarer Bewegungsenergie in Vibrationsenergie, d. i. in Wärme, erfolge.

Wenn man in dem betrachteten Beispiele die Gefäßwände abkühlt, so kühlt sich auch das eingeschlossene Gas allmählich ab, wobei die progressive Geschwindigkeit der Gasmoleküle und jedenfalls auch ihre Drehbewegung abnimmt; ebenso nimmt auch die Vibrationsenergie derselben ab. Die Einwirkung auf die Gasmoleküle während der Abkühlung kann nur während der Stöße der Moleküle gegen die Gefäßwände stattfinden. Die Stöße erfolgen daher in diesem Falle in der Weise, daß die sichtbare Bewegungsenergie und die Vibrationsenergie der Gasteilchen verkleinert, dafür aber Vibrationsenergie der Wandteilchen erzeugt wird, denn das Gas gibt an die Wände Wärme ab. Der Stoß erfolgt während der Abkühlung der Gefäßwände unter Umwandlung von sichtbarer Bewegungsenergie in Vibrationsenergie und müßte daher als ein unvollkommen elastischer Stoß angesehen werden. Betrachten wir endlich den Fall, in welchem das Gefäß erwärmt wird; dadurch wird auch das Gas erwärmt. Die Stöße der Gasteilchen gegen die Gefäßwände erfolgen in diesem Falle in der Weise, daß sowohl die Vibrationsenergie, als auch die Geschwindigkeit der Gasteilchen durch die Wirkung der vibrierenden Wandteilchen erhöht wird, denn der höheren Temperatur entspricht eine größere Geschwindigkeit der Gasmoleküle. Die sichtbare Bewegungsenergie der Gasteilchen ist in diesem Falle auf Kosten der Vibrationsenergie der Wandteilchen erhöht worden. Dieses Ergebnis mußte erhalten werden, denn es kann sich beim Stoße nicht immer sichtbare Bewegungsenergie in Wärme umwandeln, sondern

es muß auch der umgekehrte Fall eintreten; sonst müßte sich jedes in einem Gefäß eingeschlossene Gas kondensieren, und könnte nicht das Gas durch Erwärmung des Gefäßes erwärmt werden.

Man ersieht aus dem Gesagten, daß es bei der Betrachtung der Vorgänge beim Stoße nicht ausreichend ist, bloß die Abplattung der Körper zu betrachten; man muß auch die Stoßwirkung der vibrierenden Körperteilchen berücksichtigen. Wenn die Körper groß sind, können die Vibrationsbewegungen ihrer Teilchen nicht eine progressive Bewegung der Körper erzeugen, weil diese Vibrationsbewegungen nicht gleichsinnig stattfinden; wenn aber einer der Körper oder beide sehr klein sind, können beim Stoße durch die der Wärme entsprechenden Vibrationsbewegungen ihrer Teilchen auch progressive Bewegungen der Körper erzeugt werden, denn jedes vibrierende Teilchen übt ebenfalls eine Stoßwirkung aus.

Nun mögen noch die Vorgänge bei der Absorption von Gasen durch ponderable Körper näher betrachtet werden. Bekanntlich können manche Körper durch Absorption ein vielfach größeres Volumen eines Gases in sich aufnehmen, als sie selbst besitzen; das Gas wird innerhalb der Poren des Körpers verdichtet. Durch Erwärmen der Körper kann man die absorbierten Gase zum Teile wieder austreiben. Wenn dies gemacht wird und man den Körper hierauf abkühlen läßt und wieder mit einem Gase, welches er stark absorbiert, zusammenbringt, so erfolgt die Absorption sehr rasch, wobei sich

der Körper und natürlich auch das in ihm absorbierte Gas beträchtlich erwärmen können. In manchen Fällen, z. B. bei Absorption von Gasen durch Holzkohle oder Platinschwamm, kann die Temperatursteigerung so groß sein, daß der Körper glüht. Die Körper absorbieren alle Gase; es ist jedoch das Absorptionsvermögen je nach der Beschaffenheit des Körpers und Gases verschieden groß. In gebräuchlicher Weise erklärt man die Absorption in der Weise, daß man rätselhafte molekulare Anziehungskräfte annimmt, welche zwischen den Körpern und Gasteilchen auf sehr kurze Entfernung wirken sollen; dadurch soll die Verdichtung des Gases innerhalb des Körpers und die Temperatursteigerung des Körpers und Gases bewirkt werden. Ich will eine andere, von Rätseln freie Erklärung der Absorption geben, welche auch in meinem bereits zitierten Buche enthalten ist; dieselbe ermöglicht, die Erscheinungen der Gravitation und der Wärme der Himmelskörper in analoger Weise aufzuklären.

Wenn man aus einem Körper die absorbierten Gase durch Erwärmung des Körpers möglichst austreibt, den Körper hierauf abkühlen läßt und mit einem Gase von gleicher Temperatur, für welches eine hohe Absorptionsfähigkeit hat, zusammenbringt, so dringen die Gasmoleküle, welche sich mit einer Geschwindigkeit von mehreren hundert Metern pro Sekunde bewegen, in die Zwischenräume zwischen den Massenteilchen des Körpers ein und führen dort zahlreiche Stöße gegen denselben aus. Es ist nun zweifellos, daß während dieser Stöße dieselben

Wirkungen eintreten müssen wie in dem Falle, wenn ein größerer zweiter Körper gegen den betrachteten Körper gestoßen würde. Warum soll denn nicht auch in dem Falle, wenn ein kleiner Körper von der Größe eines Gasmoleküles gegen den betrachteten Körper stößt, ein Teil der Bewegungsenergie in Vibrationsenergie umgewandelt werden können? Es besteht nur ein gradueller Unterschied zwischen dem Falle, wenn eine Flintenkugel, welche auch eine gleichwertige Geschwindigkeit hat wie das Gasmolekül, gegen den Körper stößt oder ein Gasmolekül selbst gegen den Körper stößt. Wir sehen daraus, daß sich die Geschwindigkeit der in den Körper eindringenden Gasteilchen verringern, dagegen die Temperatur des Körpers und absorbierten Gases erhöhen kann. Dies bildet keinen Widerspruch, denn die progressive Geschwindigkeit der Gasmoleküle ist, wie früher erörtert wurde, nicht für die Temperatur derselben wesentlich. Dadurch, daß die Geschwindigkeit der Gasteilchen, welche in den Körper eingedrungen sind, verringert wird, nimmt aber auch die Spannkraft des eingedrungenen Gases ab und daher können neuerlich Gasteilchen in den Körper eindringen, deren Geschwindigkeit wieder verringert wird, usf. Wir ersehen daraus auch leicht, daß der Körper ein vielfach größeres Volumen von Gas, als er selbst besitzt, absorbieren kann; es kommt nur auf den Grad der Geschwindigkeitsverringern der Gasteilchen innerhalb des Körpers an. Die Annahme von rätselhaften anziehenden Kräften zwischen Gas- und Körperteilchen entfällt nach der ge-

gebenen Erklärung. Ebenso leicht läßt sich erklären, warum man aus einem Körper durch Erwärmung die absorbierten Gase zum großen Teile austreiben kann. Wenn der Körper erwärmt wird, erhöht sich die Vibrationsenergie seiner Teilchen; während der Stöße der Gasmoleküle gegen den Körper wird Vibrationsenergie des Körpers in sichtbare Bewegungsenergie der Gaspartikel umgewandelt; das absorbierte Gas bekommt dadurch eine größere Spannkraft und muß zum Teile aus dem Körper entweichen.

Wenn sich ein Körper, nachdem er Gas absorbiert und dadurch erhitzt hatte, abgekühlt hat, so tritt ein stationärer Zustand ein, wobei sich die Menge des in dem Körper enthaltenen absorbierten Gases und die Temperatur des Körpers nicht ändert. In gebräuchlicher Weise nimmt man an, daß die Vorgänge, die bei der Absorption stattfinden, vollkommen beendigt sind, und daß die Temperatur des Körpers und des von ihm absorbierten Gases genau gleich ist der Temperatur der Umgebung. Ich bin jedoch der Meinung, daß dies nicht vollkommen richtig sein kann, weil doch beständig ein langsamer Austausch zwischen dem absorbierten Gase, welches sich innerhalb des Körpers befindet, und dem äußeren Gase stattfindet. Die Moleküle des absorbierten Gases haben aber eine kleinere molekulare Geschwindigkeit als die des äußeren Gases, weil das absorbierte Gas bei gleicher Spannkraft die größere Dichte hat, was nur unter Annahme einer kleineren Geschwindigkeit der Moleküle möglich ist. Es muß daher auch während des

stationären Zustandes innerhalb des Körpers den Gas-
molekülen, welche von außen eindringen, sichtbare Be-
wegungsenergie entzogen und in Wärme umgewandelt
werden, geradeso wie im Stadium der intensiven Absorp-
tion. Die Temperatursteigerung, welche während dieses
Stadiums beobachtet wird, kann daher nicht vollkommen
verschwinden; jeder Körper muß in seinem Innern eine,
wenn auch sehr wenig höhere Temperatur haben als das
umgebende Gas. An seiner Oberfläche kann der Körper
infolge der Vibrationen seiner Teilchen wieder Energie
an das umgebende Gas abgeben, wodurch ein stationärer
Zustand eintritt, wobei die Menge des absorbierten Gases
und die Temperatur des Körpers konstant bleibt. Die
Energieabgabe erfolgt an der Oberfläche des Körpers,
wie ich in meinem bereits zitierten Buche erklärt habe,
in der Weise, daß die zur Oberfläche des Körpers
parallelen Geschwindigkeitskomponenten der anprallen-
den oder aus dem Körper austretenden Gasteilchen ver-
größert werden. Je größer ein Körper ist und je größer
sein Absorptionsvermögen für ein Gas ist, desto größer
muß die Temperaturerhöhung des Körpers gegenüber
dem umgebenden Gase sein; ¹⁾ bei kleinen Körpern kann
sie verschwindend klein sein. Dies ist ebensowenig als
ein Widerspruch anzusehen als die während der Dauer
der intensiven Absorption beobachtete starke Temperatur-

¹⁾ Diesbezügliche Versuche will ich ausführen. In
analoger Weise habe ich die Übertemperatur des Radiums
erklärt; als Gas kommt in diesem Falle der Äther in
Betracht.

erhöhung des Körpers. Jeder Körper wirkt in dieser Art in seinem Innern als ein Umwandler von Bewegungsenergie in Wärme, während umgekehrt an seiner Oberfläche Wärme der Körperteilchen in Bewegungsenergie der austretenden Gasteilchen umgewandelt wird. Man ersieht auch, daß der Körper auf das umgebende Gas gleichsam anziehend wirkt, denn er verdichtet es nicht bloß in seinem Innern, sondern bewirkt auch, daß sich stets in den zur Körperoberfläche normalen Richtungen Gasmoleküle mit größerer Geschwindigkeit zu dem Körper hinbewegen, als sich von demselben weg bewegen; das Gas hat dadurch ein Streben, sich in dem Körper zu verdichten.

Nach diesen Erläuterungen wollen wir uns nun der Betrachtung des Äthers und der Wirkungen desselben zuwenden. Bezüglich des Äthers wurde bereits an früherer Stelle gesagt, daß wir uns denselben ebenso wie ein gewöhnliches Gas, nur in gradueller Beziehung von diesem verschieden vorstellen wollen. Wir nehmen an, daß er aus einzelnen, sehr kleinen Massenteilchen besteht, welche sich mit sehr großer Geschwindigkeit bewegen. Aus der Geschwindigkeit, mit welcher sich in einem Gase eine Störung des Gleichgewichtszustandes fortpflanzt, läßt sich die mittlere Geschwindigkeit der Gasteilchen berechnen; sie ist $1\frac{1}{2}$ mal so groß. Unter normalen Verhältnissen ist die Schallgeschwindigkeit in der Luft gleich 333 m pro Sekunde und daher die Geschwindigkeit der Luftteilchen gleich 500 m pro Sekunde. Das Licht und die elektrischen Wellen können wir als

Störungen des Gleichgewichtszustandes des Äthers ansehen. Da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in diesem Falle gleich 300.000 km pro Sekunde ist, müssen wir die Geschwindigkeit der einzelnen Ätherteilchen gleich 450.000 km pro Sekunde annehmen, welcher Wert 900.000 mal so groß ist als die Geschwindigkeit der Luftteilchen. Bezüglich der Spannkraft des Äthers weiß man nichts; dieselbe mag aber übereinstimmend mit der enormen Geschwindigkeit der Ätherteilchen auch enorm groß sein, vielleicht Hunderttausende oder Millionen von Atmosphären betragen. Dieser Druck braucht im allgemeinen ebenso wie der Luftdruck nicht fühlbar zu sein, weil der Äther überall in die Zwischenräume zwischen den Teilchen jedes ponderablen Körpers eindringt. Durch die Annahme einer sehr hohen Spannung des Äthers ist es aber möglich, viele Naturerscheinungen, insbesondere die Kohäsion und die Gravitation, in sehr einfacher Weise zu erklären.

Wir brauchen zur Erklärung der Kohäsion keine rätselhaften Molekularkräfte anzunehmen, welche zwischen den Teilchen eines festen Körpers auf eine kleine Entfernung wirken sollen. Sobald sich zwei ponderable Teilchen an einer Stelle derart innig berühren, daß an der Berührungsstelle der Äther verdrängt ist, werden die ponderablen Teilchen durch die Wirkung des auf ihre restliche Oberfläche wirkenden Ätherdruckes mit großer Kraft gegeneinander gepreßt, welche uns als Kohäsionskraft erscheint. Die festen Körper bestehen gemäß dieser Anschauung aus Teilchen, welche sich

gegenseitig innig berühren; in den freibleibenden Zwischenräumen befindet sich Äther, welcher vermöge seiner enormen Spannkraft die innige Berührung der Teilchen der festen Körper aufrecht erhält. Die Zugfestigkeit des Eisendrahtes beträgt z. B. 7000 kg pro 1 cm². Wir ersehen, daß eine Ätherspannung, welche größer ist als 7000 Atmosphären, bereits ausreichen würde, die Zugfestigkeit des Eisens zu erklären.

Übertragen wir nun die Betrachtungen, welche wir früher bezüglich der Absorption gewöhnlicher Gase durch ponderable Körper angestellt haben, auf den Äther als gasförmiges Medium. Wir nehmen zu diesem Zwecke an, daß aus einem Himmelskörper in irgendeiner Weise der Äther vollkommen entfernt werde, daß der Himmelskörper vollkommen kalt sei, d. h. seine Teilchen keine Vibrationsbewegung machen, und daß er in diesem Zustande in den Weltäther versetzt werde. Die Äthertheilchen müßten infolge ihrer Kleinheit in die Zwischenräume zwischen den Teilchen des ponderablen Körpers eindringen und daselbst gegen die Körperteilchen zahllose Stöße ausüben, wobei sie an Geschwindigkeit verlieren, dafür aber die Körperteilchen, die sie durch ihren Druck in Gleichgewichtslagen zu halten suchen, in Vibrationsbewegung versetzen, d. i. Wärme erzeugen. Der Himmelskörper müßte sich daher auf Kosten der Bewegung der Äthertheilchen erwärmen, der Äther sich innerhalb des Körpers verdichten. Dieser Absorptionsvorgang wäre nicht auf eine bestimmte Zeit beschränkt, da beständig ein Austausch zwischen dem

innerhalb des Körpers befindlichen Äther und dem äußeren Äther möglich ist. Die Umwandlung von Ätherenergie in Wärme findet im ganzen Innern des Körpers statt. Dieser kann umgekehrt an den Äther Energie abgeben, da durch seine vibrierenden Teilchen die Geschwindigkeit der Ätherteilchen während der Stöße vergrößert werden kann. Die Energieabgabe an den äußeren Äther findet an der Oberfläche des Körpers statt, und zwar in der Weise, daß durch die vibrierenden Körperteilchen die zur Oberfläche des Körpers parallelen Geschwindigkeitskomponenten der Ätherteilchen vergrößert werden; das ist die Quelle der strahlenden Energie der Körper. Je größer ein Körper ist und ein je besseres Absorptionsvermögen für den Äther derselbe hat, d. h. je mehr die Geschwindigkeiten der Ätherteilchen innerhalb des Körpers geschwächt werden, eine desto höhere Temperatur muß der Körper erlangen. Ein Fixstern von großer Masse muß aus diesem Grunde glühend sein. Meiner Ansicht nach kann man aus dem Grade des Glühens eines Fixsternes auch auf die Größe seiner Masse schließen, wenn man seinen Temperaturzustand als stationär annimmt. Andererseits könnte ein kleiner Körper nicht im Weltenraume glühend bleiben. Ein Thermometer, das in den Weltenraum gebracht würde, könnte nur eine sehr niedrige Temperatur anzeigen, weil ein kleiner Körper durch den Äther nicht in einen intensiven Vibrationszustand versetzt werden kann. Hiemit steht nicht im Widerspruche, daß die Sonne durch die Wirkung der Ätherteilchen auf eine Temperatur von

vielen Tausenden Graden gebracht wird. Sind die Äthertheilchen nicht mehr aus kleineren Teilchen zusammengesetzt, so haben sie ja, wie bereits an früherer Stelle gesagt wurde, überhaupt keine Temperatur, sie sind aber vermöge ihrer enormen Geschwindigkeit von 450.000 km pro Sekunde imstande, einen großen Himmelskörper durch die überall im Innern des Körpers ausgeübten Stöße auf eine hohe Temperatur zu bringen. Würde man einen Körper von allen Seiten mit Flintenkugeln, welche eine so enorme Geschwindigkeit haben, beschießen, so würde er sich in analoger Weise sehr erhitzen, auch wenn die Flintenkugeln vor dem Eindringen in den Körper nicht heiß wären. Gibt ein Körper an seiner Oberfläche an den Äther mehr Energie ab, als er ihm in seinem Innern entzieht, so befindet er sich im Zustande der Abkühlung; im entgegengesetzten Falle muß seine Temperatur im Weltenraume steigen. Ein vollkommenes Erkalten der Körper ist nicht möglich, weil die Bewegung der Ätherteilchen nicht vernichtet werden kann. Wenn die gegenwärtig gebräuchliche Anschauung, daß alle Körper an den Weltäther Wärme abgeben, richtig wäre, müßte längst eine vollständige Erkaltung aller Körper eingetreten sein, da die Welt seit Ewigkeit und nicht seit einem von uns angenommenen Zeitpunkte besteht. Die Zusammenziehung der Körper oder der gelegentliche Zusammenstoß von Körpern, z. B. Fall von Meteoriten, ist nicht geeignet, aufzuklären, warum die allgemeine Erkaltung nicht längst eingetreten ist. Gemäß meiner Erklärung ist die Wärme

der Himmelskörper aus der Wirkung der sich mit großer Geschwindigkeit bewegendem Äthertheilchen erklärt. Daß der Äther geeignet ist, große Hitze zu erzeugen, sehen wir in auffälliger Weise auch an den Wirkungen elektrischer Ströme, die zweifellos Ätherströme sind. Durch den elektrischen Strom kann fast momentan ein Draht verdampft werden, durch denselben wird auch die intensive Hitze des Lichtbogens und beim Unterbrechen des Stromes momentan der enorm heiße Unterbrechungsfunke erzeugt. In allen diesen Fällen findet nichts anderes statt als eine Umwandlung der Bewegung der Äthertheilchen in Vibrationsbewegungen gewöhnlicher ponderabler Theilchen, d. i. in Wärme.

Nach diesen Erörterungen, welche notwendig waren, um über die Wirkungen des Äthers eine Vorstellung zu haben, will ich zum Schlusse noch zeigen, in welcher Weise ich eine Erklärung für die Gravitation gefunden habe. Wenn sich im Weltenraume keine Himmelskörper befinden würden, so wäre die Bewegung der Äthertheilchen, welche sich in allen möglichen Richtungen bewegen, vollkommen unbeeinflusst; in diesem Falle wäre die durchschnittliche Geschwindigkeit der Äthertheilchen in jeder beliebigen Richtung gleich groß. Dies ist in der Fig. 1 dadurch ausgedrückt, daß von einem

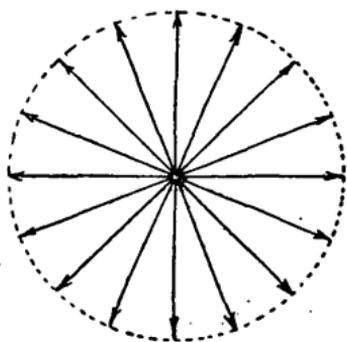


Fig. 1.

Punkte ausgehend in allen Richtungen gleichlange Vektoren aufgetragen sind, welche die mittlere Geschwindigkeit der Ätherteilchen in diesen Richtungen vorstellen; die Endpunkte der Vektoren liegen auf einer Kugelfläche. Be-
findet sich irgendwo im Weltenraume ein Himmelskörper,

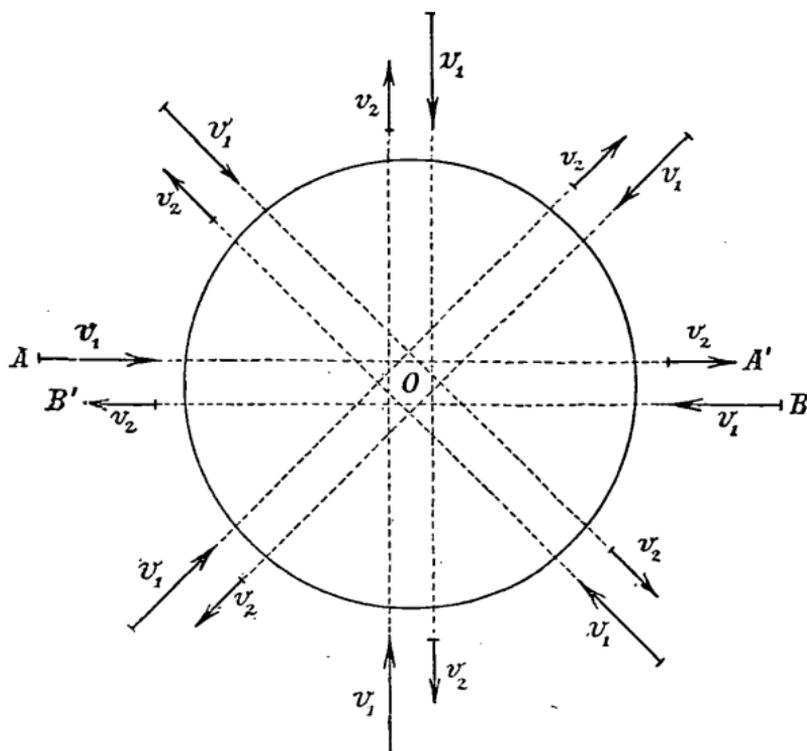


Fig. 2.

so werden infolge der Wechselwirkung seiner Massenteilchen und der Ätherteilchen die Bewegungen der Ätherteilchen beeinflusst. Im Innern der Himmelskörper wird Bewegung der Ätherteilchen in Wärme umgewandelt. Daher müssen, wie dies in der Fig. 2 dargestellt

ist, die aus dem Himmelskörper, welcher kugelförmig angenommen ist, in radialer Richtung austretenden Ätherteilchen eine kleinere Geschwindigkeit v_2 haben als die in radialer Richtung eintretenden Ätherteilchen, deren Geschwindigkeit mit v_1 bezeichnet ist. Dies gilt für jede beliebige radiale Richtung. Andererseits können an der Oberfläche des Himmelskörpers infolge der Vibrationen der Körperteilchen den an die Oberfläche anprallenden, sowie den aus dem Körper austretenden Ätherteilchen

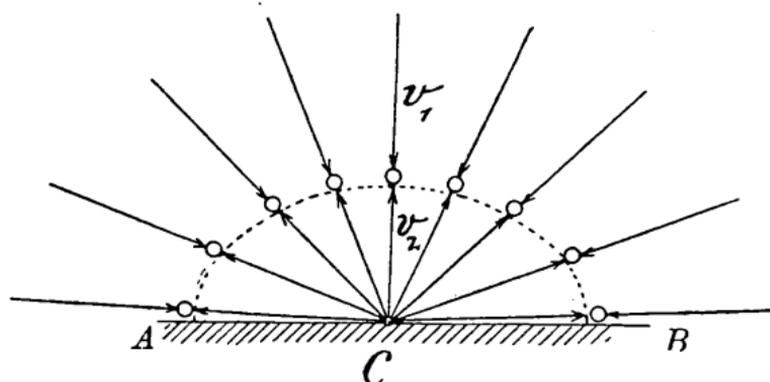


Fig. 3.

Geschwindigkeiten in den zur Oberfläche parallelen Richtungen erteilt werden. Dadurch ergeben sich die in der Fig. 3 dargestellten Verhältnisse. Die Oberfläche des Himmelskörpers ist mit AB , ein beliebiger Punkt derselben mit C bezeichnet. Gegen jeden solchen Punkt bewegen sich aus allen Richtungen des Weltenraumes kommende Ätherteilchen, welche, wenn sie noch unbeeinflusst sind, eine gleiche Geschwindigkeit haben. Dies ist in der Fig. 3 in der Weise dargestellt, daß Vek-

toren von gleicher Länge v_1 gegen den Punkt C konvergierend gezeichnet sind. An der Stelle C treten aber umgekehrt wieder Ätherteilchen aus dem Himmelskörper heraus; diese haben nicht in allen Richtungen gleiche Geschwindigkeiten, sondern in radialer Richtung eine kleinere Geschwindigkeit v_2 , während in den Richtungen, welche sich mehr der Oberfläche nähern, die Geschwindigkeit größer sein kann als v_1 . In der Figur sind daher die von C weggerichteten Vektoren, welche die Geschwindigkeiten der austretenden Ätherteilchen darstellen, ungleich lang gezeichnet. Die Endpunkte liegen auf einem Ellipsoid. Wenn der Körper sich in einem stationären Wärmezustande befindet, ist die Energie, welche den austretenden Ätherteilchen entspricht, gleich der Energie der eintretenden Ätherteilchen; wenn der Körper erkaltet, ist die Energie der austretenden Ätherteilchen kleiner. In radialer Richtung sind die Geschwindigkeitskomponenten der austretenden Ätherteilchen stets kleiner als die der eintretenden.

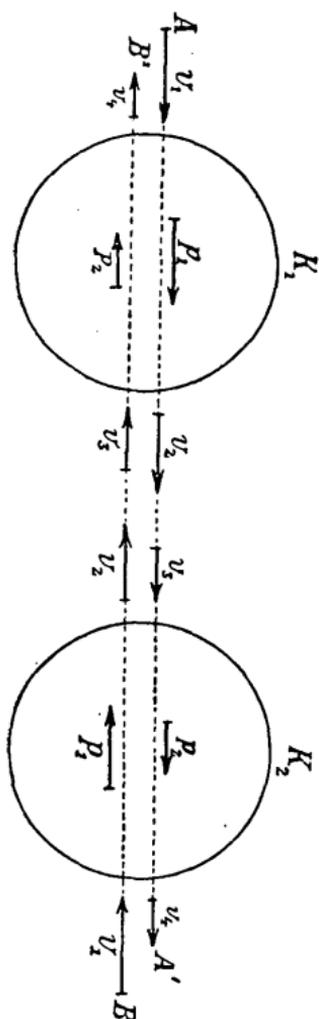
Die Störung der Bewegungen der Ätherteilchen bleibt nicht auf die unmittelbar an der Oberfläche des Himmelskörpers befindliche Schichte der Ätherteilchen beschränkt, denn diese tauschen beim Zusammenstoße mit den von außen kommenden Ätherteilchen die Geschwindigkeiten aus. Wenn in der Fig. 3 sich in der durch C gehenden radialen Richtung zwei Ätherteilchen treffen, so nimmt das sich wegbewegende die Geschwindigkeit v_2 , das sich zu dem Körper hinbewegende die Geschwindigkeit v_1 an. Dasselbe gilt für jede andere

Richtung. Wenn in irgendeiner Richtung kein Zusammenstoß von Ätherteilchen stattfindet, so bewegen sich in dieser Richtung die beeinflussten Ätherteilchen unmittelbar weiter. Die Beeinflussung der Bewegung der Ätherteilchen muß sich daher bis in unendliche Entfernung fortpflanzen; der Grad der Beeinflussung muß jedoch mit dem Quadrate der Entfernung abnehmen, weil die Zahl der Ätherteilchen, auf welche sich die Beeinflussung überträgt, in quadratischem Verhältnisse mit der Entfernung zunimmt. An einer von dem betrachteten Himmelskörper beliebig weit entfernten Stelle bewegen sich die Ätherteilchen mit größerer Geschwindigkeit in radialer Richtung zu dem Himmelskörper als in der entgegengesetzten Richtung, während andererseits die zur Oberfläche des Himmelskörpers parallelen Geschwindigkeitskomponenten verstärkt sind. Die erste Art der Beeinflussung der Bewegung der Ätherteilchen hat die Gravitationswirkung zur Folge, denn jeder andere Körper wird durch die Ätherteilchen in Richtung zu dem betrachteten Himmelskörper stärker gedrückt als in der entgegengesetzten Richtung. Auch der Himmelskörper selbst wird durch den Äther aus gleicher Ursache zusammengehalten, denn an jeder Stelle im Innern des Körpers ist ebenfalls der Druck der Ätherteilchen in Richtung zu dem Mittelpunkte des Körpers größer als in entgegengesetzter Richtung. Die Vergrößerung der zur Oberfläche des Himmelskörpers parallelen Geschwindigkeitskomponenten der äußeren Ätherteilchen

hat, wie ich ebenfalls erklärt habe, die Erscheinungen der strahlenden Energie zur Folge, auf welche aber hier nicht eingegangen werden soll.

Die bisher angestellten Betrachtungen sind noch insofern zu ergänzen, als ja nicht bloß der betrachtete Himmelskörper, sondern auch der zweite angezogene Körper die Bewegung der Ätherteilchen beeinflusst. In Fig. 4 sind zwei gleiche Himmelskörper K_1 K_2 angenommen; bezüglich der Bewegung der Ätherteilchen ist jedoch analog wie in Fig. 2 der Einfachheit halber nur dargestellt, wie in axialer Richtung die Geschwindigkeitskomponenten der Ätherteilchen beeinflusst werden, während die Geschwindigkeitsvergrößerung in den zur Oberfläche der Körper parallelen Richtungen nicht gezeichnet ist. In axialer Richtung AA' gelangen von links Ätherteilchen mit einer Geschwindigkeit v_1 gegen den Körper K_1 ; auf der rechten Seite von K_1 haben jedoch die austretenden Ätherteilchen eine kleinere

Fig. 4.



axiale Geschwindigkeitskomponente v_2 . Gegen K_2 gelangen die Ätherteilchen von links mit einer axialen Geschwindigkeitskomponente v_3 während die auf der rechten Seite von K_2 austretenden Ätherteilchen wieder nur eine Geschwindigkeitskomponente v_4 haben, welche kleiner ist als v_3 . In entgegengesetzter Richtung BB' ändern sich in axialer Richtung in gleicher Weise die Geschwindigkeitskomponenten der Ätherteilchen von v_1 bis v_4 . Auf den Körper K_1 wirkt infolge der Geschwindigkeitsabnahme von v_1 auf v_2 eine Kraft p_1 in Richtung gegen K_2 , ferner infolge der Geschwindigkeitsabnahme von v_3 auf v_4 eine Kraft p_2 in entgegengesetzter Richtung. Da jedoch die Geschwindigkeiten $v_1 v_2$ größer sind als $v_3 v_4$, so ist auch p_1 größer als p_2 und daher ergibt sich eine resultierende Kraft in der Richtung gegen K_2 . In gleicher Weise ergibt sich eine solche resultierende Kraft, welche auf K_2 in der Richtung gegen K_1 wirkt.

Wenn man annimmt, daß der Energieverlust, welcher der Schwächung der Geschwindigkeitskomponenten in den radialen Richtungen eines Himmelskörpers entspricht, der Größe desselben proportional und von der Beschaffenheit desselben abhängig sei, so ergibt sich, wie ich in meinem Buche mathematisch nachgewiesen habe, genau das Gravitationsgesetz. Ich hoffe daher, daß es mir gelungen ist, das Rätsel der Gravitation und der Wärme der Himmelskörper in rein mechanischer Weise aufzuklären.

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: 1909

Band/Volume: [49](#)

Autor(en)/Author(s): Sahulka Johann

Artikel/Article: [Über die bisherigen Versuche, die Gravitation aus dem Stoße der Ätherteilchen zu erklären. 331-363](#)