

Ueber den
Verlauf der Bewegungen im Universum.

Von

Dr. **J. J. Müller.**

Vorbemerkung: Die hier mitgetheilte Abhandlung, die Ausführung einer in der Sitzung vom 12. Jan. 1874 angedeuteten Betrachtung, war von dem Verstorbenen zur Veröffentlichung an diesem Orte zugesichert; sie wird hier gegeben wie sie im Nachlasse vorgefunden ward, würde aber sicher von ihm vor dem Drucke noch einer neuen sorgfältigen Durchsicht und redactionellen Aenderungen unterworfen worden sein, zu denen ich mich nicht berechtigt halten konnte.

W. Fiedler.

Wenn man die Gesammtheit der Bewegungen im Sonnensystem vom Standpunkt des ersten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie betrachtet, so findet man, dass zwar in jedem Augenblicke die Energie der Massenbewegung um so viel abnimmt als die Energie der Molecularbewegung wächst; dass aber die Verwandlung der einen in die andere nicht gleichhäufig in beiden Richtungen geschieht, sondern in Folge der Reibung beständig mehr Energie der Massenbewegung sich in Energie der Molecularbewegung umsetzt als umgekehrt. Die Folge davon ist, dass die Planeten allmählig kleinere und kleinere Bahnen annehmen bis sie schliesslich mit der Sonne eine grosse Masse bilden, die eine Zeit lang noch rotirt, schliesslich aber auch diese Bewegung verliert. Auf diese seine Stabilität aufhebende Tendenz in den Bewegungen

des Sonnensystems hat zuerst Sir W. Thomson¹⁾ aufmerksam gemacht.

Untersucht man nun dieselbe Gesammtheit der Bewegungen im Sonnensystem vom Standpunkt des zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie, so gelangt man zu einer neuen, die Gesammtheit der Bewegungen bezeichnenden Tendenz, die theilweise von Clausius und Zöllner angedeutet worden ist, die hier aber in ihren Consequenzen verfolgt und namentlich mit der ersten zusammen betrachtet werden soll.

Unter Voraussetzung der dem ersten Satze coordinirten Ableitung des zweiten, welche ich neulich mitgetheilt habe, wird nämlich bei jeder Umänderung der Molecularbewegung die nach den Coordinaten gebildete Aenderung der potentiellen Action zwar ebenfalls um soviel abnehmen, als die entsprechende Aenderung der kinetischen Action wächst; allein auch diese Umänderung geht nicht gleichhäufig in der einen wie in der andern Richtung vor sich. Alle Gase, die unter einem hohen Drucke in einem kleinen Volumen eingeschlossen sind, vergrößern bei Nachlass des erstern dieses Volum; und wenn hiebei verschiedene Gase durch eine poröse Scheidewand getrennt sind, so diffundiren sie in einander über. Alle Flüssigkeiten gehen bei jeder Temperatur eine Verdampfung ein, im geschlossenen Raume so lange bis derselbe mit Dampf gesättigt, im freien bis zum Verschwinden der ganzen tropfbaren Masse; und die Verdampfung von Eis, das Sieden der festen Kohlensäure an gewöhnlicher Atmosphäre, der Geruch der Metalle, etc. machen es höchst wahrscheinlich, dass auch alle festen Körper bei jeder Temperatur eine Verdampfung einzugehen im Stande sind. Dass nun alle diese Veränderungen der Molecularbewegungen in der Natur be-

¹⁾ Phil. Mag. 4^e serie, vol. IV, p. 304.

ständig vorkommen, während die umgekehrten nur unter besonderen Verhältnissen eintreten, hat eine neue Tendenz in der Gesamtheit der Bewegungen im Sonnensysteme zur Folge, die hier entwickelt und mit der ersten combinirt werden soll.

1.

Denkt man sich einen Weltkörper in den Weltraum gesetzt, so gehen in Folge der angedeuteten einseitigen Umänderung der Molecularbewegung gewisse Folgerungen für die Stabilität derselben hervor, die von Zöllner¹⁾ entwickelt worden sind.

Durch die sofort eintretende Verdampfung wird sich nämlich eine Atmosphäre um den Körper herum bilden, so lange bis der durch die Attraction hervorgerufene Druck an der Basis derselben gleich der Spannkraft des gesättigten Dampfes der Substanz bei der betreffenden Temperatur wird. Eine solche Atmosphäre verbraucht eine gewisse Masse des Weltkörpers, und führt damit zugleich zu einer Abnahme der Attraction, die ihrerseits wieder eine grössere Atmosphäre erfordert. Es giebt daher für jeden Weltkörper eine untere Grenze seiner Masse, für welche jener Druck an der Basis der Atmosphäre gerade noch erreicht wird, der nöthig ist, um der Verdampfung ein Ziel zu setzen. Ist der Körper kleiner als diese Masse, so muss er sich durch rasches Verdampfen völlig auflösen. Im andern Falle, wo er mit einer Atmosphäre umhüllt wird, entspringt die Frage: Kann er in einem solchen Zustande bleibend verharren?

Die nähere, schon von Poisson²⁾ gegebene Untersuchung

¹⁾ Berl. Ber. 1871. 174. „Natur der Cometen“ 77 ff., 299 ff.

²⁾ Mém. sur les températures de la partie solide du globe, et de l'Atmosphère etc., pag. 21. 60.

dieser Frage ergab nun, dass ohne weitere Bedingung ein solcher Complex von einem Kern und einer Atmosphäre im Weltraume nicht unverändert bestehen kann. Die Expansivkraft der Gase führt zu einer allmäligen Zerstreuung der Atmosphäre, und die dadurch bedingte Druckabnahme führt zu einer weiteren Verdampfung, so dass im Laufe der Zeit die Auflösung der Körper gleichwohl erfolgen müsste. Um diese nun auszuschliessen, ist von Poisson die Annahme einer äusseren flüssigen Schicht für die Erdatmosphäre, und von Zöllner die Annahme der Existenz von fein vertheilter ponderabler Materie im Weltraume gemacht worden.

Die erste steht mit den einfachsten physikalischen Anschauungen im Widerspruch; und entwickelt man, wie es H. Z. selbst gethan, die zweite, so gelangt man in jedem Falle zu Widersprüchen mit den elementarsten Grundlagen des Denkens. Auch die Annahme eines zwar unbegrenzten aber endlichen Raumes, welche dort als letzte Ausflucht angeführt ist, muss hieher gerechnet werden, da der Raum nichts Objectives ist, also auch keine Annahme über den Raum zur Erklärung objectiver That-sachen dienen kann. Da nun die Stabilität der Weltkörper weit entfernt bewiesen zu sein, vielmehr gerade untersucht wird, so wird man hieraus schliessen, dass auch die zweite Annahme fällt, und so lange man keine neue finden kann, wird man die Stabilität überhaupt fallen lassen.

2.

Dieser Schluss, dass keine Stabilität für die Weltkörper möglich ist, wird durch einige andere Umstände erhärtet, die auch dann, wenn man in der angeführten Supposition eines endlichen Raumes keinen Widerspruch erblickte, in demselben Sinne völlig entscheidend wären.

Bisher wurde nur von einem Weltkörper gesprochen. Nimmt man nun an, dass durch eine bestimmte Vertheilung der Materie im Raume seine Stabilität gesichert wäre, so ist damit für alle übrigen noch nicht gesorgt. Jeder dieser übrigen würde aber eine Vertheilung nach seiner Weise erfordern, um stabil zu sein; jede solche Vertheilung würde aber alle übrigen wieder aufheben und darum die Stabilität aller übrigen unmöglich machen.

Nimmt man also an, dass im Weltraume jene Massen existiren, so können sie jedenfalls nicht der Stabilität aller Weltkörper Genüge leisten; sie werden vielmehr mit einer nahe constanten Dichte vertheilt sein, die etwa in der Nähe der Minimalgrenzwerte gelegen sein mag, welche die letztere erfordern. Diese minimale Dichte ist somit auch noch vorhanden, wenn man in die Nähe eines Weltkörpers rückt, wo die Dichte nach dem Gesetz der Stabilität eine viel grössere sein sollte. Daraus folgt, dass von den Planeten aus ein Gasstrom in dem Weltraum vorhanden sein muss. Dieser wird allerdings sehr gering ausfallen, da die schliessliche Dichte in der Atmosphäre der Planeten selber eine äusserst geringe ist, allein vorhanden muss er sein, ebenso gut wie die Reibung des Planeten an den Substanzen im Weltraum.

Dieser Gasstrom muss noch in dem Maasse als die Atmosphäre höher ist durch die Rotation der Weltkörper befördert werden. Denn durch die Rotation vermindert sich die Anziehung des Weltkörpers während die Expansivkraft der Gase dieselbe bleibt. Reichte die Atmosphäre bis an den Punkt, wo die Anziehung durch die Centrifugalkraft aufgehoben ist, so wäre die Expansivkraft allein vorhanden; diese könnte nur mit der absoluten Temperatur verschwinden, was wieder nur bei allen Körpern gleich-

zeitig eintreten könnte. Ein solches Einwirken der absoluten Nulltemperatur ist aber unmöglich, so dass in jener Höhe die Theilchen der Atmosphäre sich nach und nach in den Weltraum verlieren müssen, sobald dieser nicht mit Gas von der Dichte jener äussersten Schicht angefüllt ist. Das letztere kann aber nicht der Fall sein; denn es müsste in verschiedener Weise der Fall sein; folglich besteht ein Dichtenunterschied und die Gase müssen in diesem Falle so in den Weltraum hineinströmen als wären sie gar nicht mehr angezogen, d. h. in immer weiter werdenden Spiralen.

3.

Der Schluss, dass eine Stabilität der Weltkörper zunächst also ihrer Atmosphäre nicht möglich ist, scheint auch anderseits durch die direkte Beobachtung der verschiedenen Planeten des Sonnensystems bestätigt zu werden.

Die erste Atmosphäre eines Planeten hat sich jedenfalls zu einer Zeit gebildet, wo die Temperatur eine relativ hohe war, und wird daher ebenfalls eine mannigfach zusammengesetzte gewesen sein müssen. Wenn nun im Laufe der Zeiten die Abkühlung zwar erfolgt war, allein bei völlig stabiler Atmosphäre, so wäre dieselbe Zusammensetzung immer noch zu erwarten. Wenn dagegen in derselben Zeit die Gase sich im Weltraum zerstreut haben, so wird die Atmosphäre derart geringer und weniger mannigfach zusammengesetzt sein müssen, wie es die Verhältnisse der niederen Temperatur erfordern, und dieser Unterschied wird um so frappanter sein müssen, je kleiner der Weltkörper sein wird. Damit in Uebereinstimmung müsste auch die Wahrscheinlichkeit einer nachweisbaren Atmosphäre um so geringer werden, je kleiner der Weltkörper. Es fragt

sich aber, ist in dieser Weise ein Unterschied in den Atmosphären wahrzunehmen.

In dieser Beziehung ist die reich aus Dämpfen der verschiedensten Art zusammengesetzte Atmosphäre der Sonne ein evidenten Gegensatz zu der einfach gebildeten Atmosphäre der Erde, während wohl nicht zu zweifeln, dass die letztere zur Zeit des glühend flüssigen Zustandes in ähnlicher Weise wie jene gebildet worden ist. Bei der Abkühlung werden sich nun allerdings die Dämpfe durch Condensation niedergeschlagen haben, allein soll aller Wasserstoff z. B. sich durch Vereinigung mit Sauerstoff entfernt haben? — Ein ähnliches Beispiel ist die Abwesenheit der Atmosphäre auf den in der Abkühlung jedenfalls ebenso fortgeschrittenen als kleinen Monde. Ebenso hat mit grosser Wahrscheinlichkeit auch der Mercur, dessen Oberfläche mit der des Mondes völlig übereinstimmt, keine Atmosphäre.

4.

Gibt man also die Ustabilität der Atmosphären der Weltkörper zu, so muss in dem Maasse, als sich die Gase derselben im Weltraume zerstreuen, eine Neuverdampfung der Kerne eintreten, so dass die jedesmalige Atmosphäre der jedesmaligen Temperatur entspricht. Daraus folgt dann weiter, dass eine vollständige Auflösung derselben mit der Zeit eintreten muss.

Dieser Schluss scheint auf den ersten Blick dem Satze der Erhaltung der Kraft zu widersprechen. Denn zu der Trennung der Molecule muss genau dieselbe mechanische Arbeit aufgewendet werden, welche seinerzeit bei der Bildung der Weltkörper durch die Condensation der genannten Massen gethan worden ist. Nun ist aber diese letztere Arbeit als Wärme des Weltkörpers erschienen und diese

hat sich im Laufe der Zeit bei der allmählig erfolgten Abkühlung zum grossen Theile in dem Weltraum zerstreut. Wie kann aber diese nämliche Arbeit wieder zur Trennung der Theilchen verbraucht werden? Es scheint zwar, als könnte die Verdampfung nur so weit erfolgen, bis die Temperatur des Körpers gleich derjenigen der Umgebung geworden, um sodann aufzuhören.

Hier ist nun zunächst zu erwidern, dass wir keinen Grund haben für die Annahme, dass alle Weltkörper gleichzeitig dieselbe Phase dieses ganzen grossen Processes durchlaufen; sie sind vielmehr nachweisbar gegenwärtig von sehr verschiedener Temperatur. Angenommen nun, die Abkühlung wäre schon in ein solches Stadium vorgeschritten, so wird das nur heissen, der Weltkörper nimmt jetzt von der Umgebung gerade so viel Wärme auf, als er an dieselbe abgibt. Sollte daher durch irgend eine Ursache nun gleichwohl noch ein Wärmeverbrauch auf demselben stattfinden, welcher seine Temperatur noch mehr erniedrigt, dann müsste umgekehrt die Wärmeaufnahme die grössere werden. Diese Wärme wird nach dem Gesagten hauptsächlich von den übrigen Weltkörpern stammen, allein auch die Möglichkeit, dass der zum Theil mit ponderabler Materie gefüllte Weltraum solche Wärme liefere, ist nicht ausgeschlossen. Jedenfalls ist damit die Möglichkeit einer Wärmeaufnahme gegeben und es handelt sich nur noch darum, diese so lange fortzusetzen, bis der Weltkörper alle die Energie von Aussen wieder aufgenommen hat, welche er früher abgegeben hatte. Es ist aber kein principieller Einwand für eine vollständige Auflösung vorhanden, wenn auch zugegeben werden muss, dass die Zeit derselben eine ganz andere als die der ursprünglichen Verdichtung sein muss.

5.

Die Auflösung der Planeten wird in dem Masse fortschreiten, als die Annäherung derselben an die Sonne vor sich geht. Denn Beide sind offenbar Grössen gleicher Ordnung und nichts hindert, denselben einen ähnlichen Verlauf zuzuschreiben. In der Zeit aber, wo aus der einen Ursache eine völlige Zusammenlegung eintrat, ist nach der andern die völlige Zerstreung erfolgt.

Daraus ergibt sich nun zunächst, dass die ganze Theorie der Dissipation der Energie¹⁾ eine einseitige ist. Wohl findet durch die Strahlung und Leitung, durch die Verwandlung von Wärme in Arbeit und den daherigen Wärmefluss von einer höhern Temperatur in eine niedrigere eine fortwährende Ausgleichung der Temperatur-Differenzen statt und damit eine beständige Verminderung der noch in Arbeit umwandelbaren Energie des Systems. Allein durch den genannten zweiten Prozess der Zerstreung der Massen wird potentielle Energie wieder angehäuft, die später jeden Augenblick wieder, sei es in Wärme von beliebig hoher Temperatur, sei es direkt in mechanische Arbeit verwandelt werden kann.

Alle an die Dissipation der Energie geknüpften Folgerungen fallen damit ebenfalls. Das Sonnensystem wird keineswegs schliesslich eine zusammenhängende Masse bilden, die in Folge derselben nur noch fähig ist, den Rest der übrig gebliebenen Wärme in den Weltraum hinauszustrahlen. Es wird vielmehr, von den übrigen Welten wieder aufnehmend, was es an dieselben abgegeben hat, dieselbe grösste mögliche Anhäufung potentieller Energie eintreten, die nach der gewöhnlichen Theorie der Bildung ihren Ausgangspunkt gebildet hat.

¹⁾ Thomson, „Philos. Magaz“. (4.) IV 304. V. 102.

6.

Hieran knüpft sich eine letzte Betrachtung. Wenn nämlich der Anfangszustand des Sonnensystems wieder hergestellt wird, so ist klar, dass, was immer für Ursachen seine erste Bildung herbeigeführt haben, die ähnlichen Ursachen eine ähnliche neue Reihe von Entwicklungen einleiten können. Damit ist die Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit einer Periodizität in dem Verlaufe der Weltprozesse gegeben.

Diese Consequenz, die, rein philosophisch genommen, von überraschender Befriedigung wird, ist nicht neu. Eine der überaus klaren, durch und durch mathematischen Grundlagen der Philosophie Demokrits enthält dieselbe geradezu als einen Theil: »Die Atome sind unendlich an Zahl und von unendlicher Verschiedenheit der Form. In ewiger Fallbewegung durch den unendlichen Raum prallen die grösseren, welche schneller fallen, auf die kleineren; die dadurch entstehenden Seitenbewegungen und Wirbel sind der Anfang der Weltbildung. Unzählige Welten bilden sich und vergehen wieder nebeneinander wie nacheinander¹⁾. Dieselbe Anschauung ist auch von Lucrez näher entwickelt worden. Der ganze Raum ist angefüllt mit Welten von unendlicher Zahl, die alle den Gesetzen des Werdens und Vergehens unterworfen sind, indem sie in der ersten Periode neue und neue Theile aus dem Raum anziehen, in der zweiten dagegen diese Theile wieder an denselben abgeben²⁾.

¹⁾ Lange, Geschichte des Materialismus (2) 16. 111.

²⁾ De rerum natura. Uebersetzt von Knebel. 2 Bde. 1821. 1831. Ende des II. Buches.