

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

K. B. Akademie der Wissenschaften

zu **München.**

Band XXXIV. Jahrgang 1904.



München.

Verlag der K. Akademie.

1905.

In Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Über absolute und relative Bewegung.

Von A. Föppl.

(Eingelaufen 5. November.)

Die treffendsten Ausführungen über die physikalische Bedeutung des Trägheitsgesetzes und den damit zusammenhängenden Begriff der absoluten Bewegung rühren von Mach her. Nach ihm ist auch in der Mechanik, wie schon in der Geometrie ohnehin, die Annahme eines absoluten Raumes und hiermit einer absoluten Bewegung im eigentlichen Sinne unzulässig. Jede Bewegung ist nur als eine relative verständlich und was man gewöhnlich absolute Bewegung nennt, ist lediglich die Bewegung relativ zu einem Bezugssysteme, einem sogenannten Inertialsysteme, das von dem Trägheitsgesetze gefordert wird und das auf irgend eine gesetzmässige Weise durch die Massen des Weltsystems seine Orientierung erhält.

Mit dieser Anschauung stimmen heute die meisten Autoren im wesentlichen überein, so aus der neuesten Zeit besonders Voss¹⁾ und Poincaré.²⁾ Auf einem anderen Standpunkte steht Boltzmann,³⁾ der einen absoluten Raum und hiermit eine absolute Bewegung nicht schlechthin verneinen zu können glaubt. Hier werde ich aber von der Mach'schen Ansicht ausgehen und versuchen, einige weitere Ausführungen daran zu knüpfen.

¹⁾ A. Voss, Die Prinzipien der rationellen Mechanik. Enzyklop. d. math. Wissensch., Band IV, 1, S. 39, 1901.

²⁾ H. Poincaré, Wissenschaft und Hypothese. Deutsch von F. und L. Lindemann, Leipzig 1904.

³⁾ L. Boltzmann, Prinzipien der Mechanik, II, S. 330, Leipzig 1904.

Mach fasst seine Betrachtungen in dem Satze¹⁾ zusammen: „Der natürliche Standpunkt für den Naturforscher bleibt der, das Trägheitsgesetz zunächst als eine hinreichende Annäherung zu betrachten, dasselbe räumlich auf den Fixsternhimmel, zeitlich auf die Drehung der Erde zu beziehen und die Korrektur beziehungsweise Verschärfung unserer Kenntnis von einer erweiterten Erfahrung zu erwarten.“ Nun scheint es mir nicht ganz unmöglich zu sein, dass eine solche erweiterte Erfahrung jetzt vorliegen könnte. In einer kürzlich erschienenen Abhandlung von K. R. Koch²⁾ über die zeitliche Änderung der Grösse der Schwerkraft heisst es: „Danach scheint mir die Annahme einer wirklichen Änderung der Schwerkraft oder genauer ihres Unterschiedes zwischen Stuttgart und Karlsruhe geboten zu sein.“ Man wird natürlich abzuwarten haben, ob sich diese Angabe bei weiterer Prüfung bestätigt; zum mindesten aber wird man heute mit der sehr nahe liegenden Möglichkeit rechnen müssen, dass sie richtig ist.

Eine Erklärung einer solchen Erscheinung, falls sie richtig ist, auf Grund bekannter Ursachen dürfte sehr schwierig sein. Dieser Umstand ermutigt mich, jetzt mit einer Betrachtung hervorzutreten, die ich schon früher angestellt hatte und die mich schon längst zu der Annahme geführt hatte, dass geringe periodische Änderungen der Schwerkraft von messbarem Betrage als möglich in Aussicht zu nehmen seien.

Die Erfahrung lehrt zunächst, dass das von dem Trägheitsgesetze geforderte Inertialsystem räumlich mit praktisch ausreichender Genauigkeit gegen den Fixsternhimmel festgelegt werden kann. Es steht zwar auch frei, ein in anderer Weise, z. B. ein gegen die Erde festgelegtes Bezugssystem zur Beschreibung der Bewegungserscheinungen zu benützen. Dann sind aber die Coriolis'schen Ergänzungskräfte der Relativbewegung an jedem materiellen Punkte anzubringen, um die Bewegungen richtig voraussagen zu können. Man kann daher

¹⁾ E. Mach, *Mechanik*, 4. Aufl., S. 252, Leipzig 1901.

²⁾ K. R. Koch, *Drudes Annalen der Physik*, Band 15, S. 146, 1904.

sagen, dass das Inertialsystem vor jedem anderen Bezugssysteme dadurch ausgezeichnet ist, dass man bei ihm ohne die Hinzunahme jener Ergänzungskräfte auskommt. Hierbei darf eine geradlinige, gleichförmige Translation des gewählten Bezugssystems als unwesentlich ausser Betracht gelassen werden.

Offenbar kann aber die Festlegung des Inertialsystems gegen den Fixsternhimmel nicht als zufällig angesehen werden. Man wird sie vielmehr dem irgendwie zur Geltung kommenden Einflüsse der Massen, aus denen sich der Fixsternhimmel zusammensetzt, zuschreiben müssen. Es kann daher die Frage aufgeworfen werden, nach welchem Gesetze sich die Orientierung des Inertialsystems regelt, wenn die augenblickliche Gestalt und relative Bewegung des ganzen Massensystems, also die Grössen der einzelnen Massen, ihre Abstände voneinander und deren Differentialquotienten nach der Zeit als gegeben angesehen werden.

Das logische Bedürfnis nach einer solchen Fragestellung, wenn man die Annahme eines absoluten Raumes vermeiden will, hat auch Boltzmann empfunden, indem er nebenher auf die Möglichkeit hinweist,¹⁾ dass die drei Hauptträgheitsachsen des ganzen Weltsystems die verlangte Orientierung liefern könnten. Mit dieser nahe liegenden Vermutung würden freilich die begrifflichen Schwierigkeiten überwunden werden, wenn sie sich aufrecht erhalten liesse. Ich glaube aber nicht, dass sie zulässig ist. Man denke sich nämlich ein Weltsystem, das sonst ebenso eingerichtet ist, wie das unsrige, mit dem einzigen Unterschiede, dass zwischen den einzelnen Weltkörpern gar keine Kräfte auftreten. Dann würden in Bezug auf das für dieses Weltsystem gültige Inertialsystem alle Weltkörper geradlinige Bahnen beschreiben. Eine leicht anzustellende Rechnung lehrt aber, dass unter dieser Voraussetzung die Hauptträgheitsachsen des ganzen Systems im allgemeinen Drehungen gegen das Inertialsystem ausführen würden. Man muss sich daher nach einer anderen Bedingung umsehen, durch die sich die Festlegung des Inertialsystems verständlich machen lässt.

¹⁾ A. a. O. S. 333.

Wenn zunächst alle Weltkörper gegeneinander ruhten, bis auf einen einzigen materiellen Punkt, den ich mir zur Prüfung des Trägheitsgesetzes verwendet denke und den ich als den „Aufpunkt“ bezeichnen will, so könnte nach den bereits vorliegenden Erfahrungen kein Zweifel darüber erhoben werden, dass der Aufpunkt, wenn keine Kräfte an ihm wirkten, eine geradlinige Bahn gegen ein mit den Massen fest verbundenes Bezugssystem beschreiben würde. Das Inertialsystem wäre also in diesem Falle sofort räumlich festgelegt.

Man denke sich ferner den Fall, dass die Weltkörper aus zwei Gruppen bestünden, aus einer „übermächtigen“ Gruppe und einer kleineren Gruppe, derart, dass die zu jeder Gruppe gehörigen Massen ihre gegenseitigen Entfernungen nicht änderten, während aber die kleinere Gruppe, als Ganzes betrachtet, zur gegebenen Zeit irgend eine Bewegung, etwa eine Drehung gegen die grössere Gruppe ausführte. Wäre nur eine der beiden Gruppen für sich vorhanden, so würde das Inertialsystem gegen sie festzulegen sein. Da beide zusammenwirken und die eine Gruppe als weit „mächtiger“ als die andere vorausgesetzt war, wird zwar das Inertialsystem jetzt immer noch nahezu gegen die erste Gruppe ruhen, aber doch eine kleine Bewegung dagegen ausführen, die eben von dem Einflusse der zweiten kleineren Gruppe herrührt.

Wie würde man sich nun einem solchen Falle gegenüber am zweckmässigsten verhalten? Ich glaube, man kann nicht zweifelhaft sein. Man würde das Bezugssystem ausschliesslich gegen die erste, übermächtige Gruppe festlegen und so rechnen, als wenn dieses das Inertialsystem wäre, dabei aber dem Einflusse der zweiten Gruppe dadurch Rechnung tragen, dass man die in diesem Falle nur sehr unbedeutenden Ergänzungskräfte der Relativbewegung, die das gewählte Bezugssystem gegen das wahre Inertialsystem ausführt, an jedem Aufpunkte anbringt. Entschliesst man sich dazu, dann erscheinen diese Corioliskräfte nun nicht mehr als blosse Rechnungsgrössen, die von einer Koordinatentransformation herrühren, sondern als physikalisch existierende Kräfte, die von den Massen der kleineren Gruppe

auf jeden Aufpunkt ausgeübt werden und die davon herrühren, dass diese Massen eine Bewegung relativ zu dem gewählten Bezugssysteme beschreiben.

Um diesen Gedanken weiter zu verfolgen, könnte man zunächst den Fall untersuchen, dass die zweite kleinere Gruppe, von der ich soeben sprach, nur durch einen einzigen Weltkörper vertreten sei. Man steht dann vor der Aufgabe, die von den Geschwindigkeiten dieses Weltkörpers und des Aufpunktes relativ zu dem gegen die übrigen Weltkörper festgelegten Bezugssysteme und von der Entfernung zwischen beiden abhängige Kraft nach Grösse und Richtung anzugeben. Denkt man sich diese Aufgabe für einen Weltkörper gelöst, so würde sich daraus auf Grund des Superpositionsgesetzes auch der Einfluss einer ganzen Gruppe bewegter Körper ergeben.

Was bis jetzt an sicher festgestellten Beobachtungsergebnissen vorliegt, genügt wohl nicht, um diese fundamentale Aufgabe zu lösen; aber man braucht darum noch nicht daran zu zweifeln, dass man auf Grund weiterer Beobachtungen zur Lösung gelangen könnte.

Nach diesen Vorbetrachtungen gehe ich zu dem Falle über, wie er der Wirklichkeit entspricht. Unter Benutzung des Umstandes, dass sich die Konstellation des Fixsternhimmels im Laufe einiger Jahre oder Jahrhunderte nicht viel ändert, kann man sich vorläufig ein nahezu mit dem Inertialsystem zusammenfallendes Bezugssystem gegen drei passend ausgesuchte Sterne festgelegt denken. Um aber den dann noch bestehenden geringen Abweichungen Rechnung zu tragen, muss man sich an jedem Aufpunkte Corioliskräfte angebracht denken, die so, wie es vorher beschrieben war, als von den Geschwindigkeiten der einzelnen Weltkörper und des Aufpunktes abhängige Kräfte zu deuten sind.

Hiermit sind wir nun auch, worauf ich besonderen Wert lege, in den Stand gesetzt, eine unser Kausalitätsbedürfnis befriedigende Bedingung anzugeben, der das von dem Trägheitsgesetz geforderte wahre Inertialsystem genügen muss. Es ist nämlich jenes Bezugssystem, für das sich alle von den Geschwin-

digkeiten abhängigen Kräfte, die von den einzelnen Weltkörpern ausgehen, an dem Aufpunkte im Gleichgewicht halten. Wenn auch mit dieser Aussage praktisch zunächst offenbar nicht viel gewonnen ist, so scheint mir doch für die Bildung eines klaren Begriffes über das, was man in der Mechanik absolute Bewegung nennt, damit eine sehr geeignete Unterlage gegeben zu sein. Es ist zum mindesten die Aussicht auf einen Weg eröffnet, der nach Auffindung des Wirkungsgesetzes der von den Geschwindigkeiten abhängigen Kräfte zur Bestimmung des Inertialsystems führen würde. Mit anderen Worten: der absolute Raum, von dem das Trägheitsgesetz spricht, wird konstruierbar, ohne dass man dabei die Vorstellung zu opfern braucht, dass im letzten Grunde alle Bewegungen nur relative sind.

Im übrigen geht meine Absicht bei allen diesen Betrachtungen hauptsächlich darauf hinaus, zum mindesten wahrscheinlich zu machen, dass man, um zu einer befriedigenden Lösung der mit dem Trägheitsgesetz zusammenhängenden Fragen zu gelangen, Kräfte zwischen den Weltkörpern annehmen muss, die von ihren Geschwindigkeiten gegen das Inertialsystem abhängen. Und wenn man dies zugibt, so folgt daraus weiter die Aufgabe, nach möglichen Erfahrungen Umschau zu halten, die mit dem erwarteten allgemeinen Naturgesetze in solchem Zusammenhange stehen könnten, dass sich daraus das Wirkungsgesetz der von den Geschwindigkeiten abhängigen Kräfte erschliessen liesse. Diese Kräfte, die ich der Kürze halber weiterhin einfach „Geschwindigkeitskräfte“ nennen will, haben nichts mit den Gravitationskräften zu tun, die neben ihnen auftreten, und sie können namentlich und werden auch vermutlich ein ganz anderes Gesetz in Bezug auf die gegenseitige Entfernung befolgen, als diese.

Hier möchte ich eine Bemerkung einschalten, die diese Abhandlung in zwei ganz getrennte Abschnitte zu teilen bestimmt ist. Was ich bisher ausführte, glaube ich mit aller Bestimmtheit und Zuversicht vertreten zu können. Was aber weiterhin folgt, betrachte ich nur als einen Versuch, der sehr

leicht fehlschlagen kann; aber immerhin als einen Versuch, der wenigstens einige Aussicht auf Gelingen hat und der daher einmal gemacht werden muss.

Der aussichtsreichste Weg, die postulierten Geschwindigkeitskräfte nachzuweisen und ihr Wirkungsgesetz aufzudecken, scheint mir in der möglichst genauen Beobachtung von irdischen Bewegungserscheinungen zu bestehen, die mit grosser Geschwindigkeit erfolgen. Gerade so wie die Entdeckung der Gravitation mit der Beobachtung der Fallbewegung ihren Anfang nahm, könnte auch hier der erste Schritt zur Lösung des Rätsels durch Erfahrungen über irdische Bewegungen und ihre richtige Deutung getan werden. Die unmittelbare Nachbarschaft der Erdmasse eröffnet einige Aussicht, genauer als es bei den feinsten astronomischen Beobachtungen möglich wäre, das Vorhandensein der an sich ja, wie die Erfahrung lehrt, unter gewöhnlichen Umständen sicher nur sehr geringfügigen Geschwindigkeitskräfte nachzuweisen.

Diese Betrachtung hat mich seinerzeit dazu geführt, die Kreiselsversuche anzustellen, über die ich der Akademie vor jetzt bald einem Jahre berichtet habe.¹⁾ Ich erwartete damals, wie ich es ja auch ausdrücklich aussprach, ein mit der gewöhnlichen Theorie nicht übereinstimmendes Verhalten des Kreisels feststellen zu können, in der Hoffnung, die beobachtete Abweichung auf die gesuchten Geschwindigkeitskräfte schieben und diese dadurch einer experimentellen Erforschung zugänglich machen zu können. Nun waren ja gewisse Anzeichen einer Abweichung immerhin erkennbar; als vorsichtiger und gewissenhafter Experimentator durfte ich aber darauf kein Gewicht legen und ich musste, wie ich es auch tat, das Ergebnis des Versuches nach jener Richtung hin, die damit in erster Linie verfolgt werden sollte, als ein negatives erklären. Ich habe inzwischen noch einige weitere Versuche mit derselben Vorrichtung vorgenommen, allerdings nur wenige, da sie sehr mühsam und zeitraubend sind. Das Ergebnis hat mich aber

¹⁾ Sitzungsberichte 1904, S. 5.

nur in der Ansicht bestärken können, dass die mit dieser Versuchseinrichtung erreichbare Genauigkeit nicht genügt, um die Geschwindigkeitskräfte, falls sie überhaupt bestehen, damit nachweisen zu können.

Mehr Erfolg könnte man sich wohl von einer weiteren Fortsetzung der Fallversuche versprechen, deren bisherige Ergebnisse immerhin schon als recht ermutigend bezeichnet werden dürfen. Die gewöhnliche Theorie, die auf Geschwindigkeitskräfte keine Rücksicht nimmt, lässt auf der nördlichen Halbkugel neben einer östlichen Abweichung der Fallbewegung von der Lotlinie eine südliche von nur so ausserordentlich kleinem Betrage erwarten, dass ihr experimenteller Nachweis ganz ausgeschlossen wäre. Trotzdem haben aber die Beobachter immer wieder südliche Ablenkungen von messbarer Grösse gefunden, die von ganz anderer Grössenordnung sind (einige hundert Male und noch mehr grösser) als die von der Theorie erwarteten. Die neuesten Beobachtungen auf diesem Gebiete, die von dem als Entdecker des „Hall'schen Phänomens“ und als Experimentator rühmlichst bekannten amerikanischen Physiker E. H. Hall herrühren,¹⁾ haben diese Erfahrung von neuem bestätigt. Freilich betrachtet Hall weitere Versuche im grösseren Massstabe (für grössere Fallhöhen) als erforderlich und er hat solche in Aussicht gestellt. Man wird sich davon sehr wertvolle Aufschlüsse versprechen dürfen. Vielleicht dient es auch dazu, die weitere Ausführung solcher Versuche zu fördern, wenn durch theoretische Ausführungen, wie ich sie hier vorgebracht habe, die Hoffnung auf ein positives Ergebnis gestärkt wird. Denn es gehört fürwahr kein geringer Mut dazu, mühselige und langwierige Versuche zu unternehmen, wenn die einstimmige Meinung aller Theoretiker dahin geht, dass sie unmöglich zu dem erwarteten Ergebnisse führen könnten. Diese Überlegung hat mich auch hauptsächlich dazu veranlasst, mit meinen Ansichten hervorzutreten, obschon

¹⁾ Edwin H. Hall, *Physical Review*, XVII, S. 179 und S. 245, 1903; ferner *Proceedings of the American Acad.* XXXIX, Nr. 15, S. 339, 1904.

ich mir sagen muss, dass sie bisher noch viel zu sehr einer ausreichenden experimentellen Unterlage entbehren, als dass sie Aussicht hätten, viel Beifall zu finden.

Nun komme ich zu der, wie ich zugeben muss, zweifelhaftesten Vermutung, die ich mir im Zusammenhange mit dem vorhergehenden gebildet habe und die eben mit der im Anfange erwähnten Beobachtung von Koch zusammenhängt. Man versteht ja ohne weiteres, dass ich auch Geschwindigkeitskräfte erwarten muss, die von der Bewegung der Erde zur Sonne herrühren. Die Sonne ist ein Fixstern wie andere und sie trägt auch zu ihrem Teile an der Festlegung des Inertialsystems bei oder mit anderen Worten, sie übt Geschwindigkeitskräfte aus, wenn wir die Bewegungen relativ zu einem Bezugssysteme nehmen, das ohne Rücksicht auf sie festgestellt ist. Dabei dürfen wir, wenn auch über die Abhängigkeit dieser Kräfte von der Entfernung noch nichts bekannt ist, doch immerhin als wahrscheinlich betrachten, dass der Einfluss eines benachbarten Körpers grösser ist, als der eines viel weiter entfernten. Nichts ist daher natürlicher, als die Annahme von Geschwindigkeitskräften dieser Art, die eine geringe periodische Änderung der Schwerkraft und zwar sowohl eine tägliche als eine jährliche Periode veranlassen könnten.

Eine Schwierigkeit und zwar eine sehr ernste und vielleicht unüberwindliche entsteht erst, wenn man annimmt, dass diese Geschwindigkeitskräfte von solcher Grösse sein könnten, dass sie auf der Erdoberfläche messbar wären und dass die Beobachtung von Koch in diesem Sinne verwertet werden könnte. Man stösst dann mit Notwendigkeit auf den Widerspruch der Astronomen, die trotz der grossen Genauigkeit, mit der sie die Bewegungserscheinungen im Sonnensysteme vorauszusagen vermögen, von dem Auftreten solcher Kräfte nichts bemerkt haben.

Dieser Einwurf ist so einleuchtend, dass man fast die Hoffnung aufgeben möchte, ihn zum Schweigen bringen zu können. Man könnte sich nun zwar auf den Standpunkt zurückziehen, dass, solange nicht auf anderem Wege etwas über das Wirkungs-

gesetz der Geschwindigkeitskräfte ausgemacht ist, immerhin eine entfernte Möglichkeit bestehe, dass sich dieser Widerspruch später aufklären könnte. Und man könnte in dieser Hoffnung zunächst ruhig abwarten, welche Folgerungen sich unter vorläufiger Ausserachtlassung dieses Widerspruchs aus solchen Beobachtungsergebnissen, wie sie von Koch gefunden sind, ergeben werden. Man würde dann, wenn z. B. nicht nur die ursprüngliche Beobachtung von Koch bestätigt, sondern auch eine auf Grund der hier vorgetragenen Ansichten erwartete tägliche Periode der Schwerkraftsschwankung wirklich gefunden werden sollte, darin trotz aller Einwendungen eine gewisse Bestätigung der vorgeschlagenen Theorie erblicken können.

Aber ich sehe ein, dass sich eine solche Position nicht halten liesse. Wenn es nicht jetzt schon gelingt, einigermaßen glaubhaft zu machen, dass die von mir als möglich angesehene Deutung der Koch'schen Beobachtung nicht notwendig im Widerspruche mit den astronomischen Erfahrungen zu stehen braucht, wird meiner Deutung niemand Beachtung schenken, und es könnte dann die Gefahr entstehen, dass die Koch'sche Beobachtung dasselbe Schicksal hätte, wie bisher die südliche Ablenkung fallender Körper, d. h. dass man sich nicht ernstlich um sie kümmerte und von vornherein geneigt wäre, sie auf Beobachtungsfehler zurückzuführen, weil sie sich mit der anerkannten Theorie nicht verträgt.

Nur in dieser Absicht und keineswegs etwa, um die jetzt zu besprechenden einzelnen Möglichkeiten als irgendwie besonders wahrscheinlich hinzustellen, führe ich noch das Folgende an.

Man denke sich einen Planeten, der seinen Zentralkörper in Übereinstimmung mit den beiden ersten Kepler'schen Gesetzen umkreist. Das Gesetz der Geschwindigkeitskräfte sei von der Art, dass der Planet eine Anziehung von seiner Sonne erfährt, die proportional ist der zum Radiusvektor senkrechten Geschwindigkeits-Komponente und umgekehrt proportional der ersten Potenz der Entfernung. Man erkennt sofort, dass unter diesen Umständen gar keine Gravitationskraft neben der Geschwindigkeitskraft erforderlich wäre, um die durch die Beob-

achtung gegebene Planetenbewegung zu erklären. Die Astronomen eines Sonnensystems mit nur einem Planeten hätten in der Tat gar kein Mittel, um zu entscheiden, ob die Newton'sche Gravitationskraft oder die in der angegebenen Weise angenommene Geschwindigkeitskraft zu Recht bestehe, wenn sie sich nur auf die Bahnbeobachtung beschränken wollten. Dagegen würde der Unterschied sofort hervortreten, wenn sie die Beobachtungen auf ihrem Planeten heranzögen.

Auch nach dem Newton'schen Gravitationsgesetze tritt bekanntlich eine tägliche Periode der Schwerkraftsschwankung hervor, die zu dem von der Sonne herrührenden Anteile an der Ebbe- und Flutbewegung Veranlassung gibt, die aber zu gering ist, um durch Pendelbeobachtungen nachgewiesen werden zu können. Würden aber die Astronomen jenes Sonnensystems den Versuch machen, das Newton'sche Gravitationsgesetz durch das erwähnte Gesetz der Geschwindigkeitskräfte zu ersetzen, so müssten sie eine weit grössere tägliche Periode erwarten, die bei denselben Verhältnissen wie zwischen unserer Erde und der Sonne etwa das 180fache von der im anderen Falle zu erwartenden ausmachen würde.

Hierzu ist noch zu bemerken, dass das beliebig herausgegriffene Geschwindigkeitsgesetz nur eines von geradezu unendlich vielen ist, die alle dasselbe leisten würden, nämlich die Bewegung eines einzelnen Planeten um seine Sonne in Übereinstimmung mit den beiden ersten Kepler'schen Gesetzen zu erklären, ohne dass daneben eine Newton'sche Gravitationskraft mitzuwirken brauchte. Man brauchte nur die in die Richtung des Radiusvektors fallende Geschwindigkeits-Komponente, von der vorher vorausgesetzt war, dass sie einflusslos sei, nach irgend einem beliebigen Gesetze mitwirken zu lassen und könnte dann das Gesetz, nachdem die senkrecht dazu stehende Geschwindigkeits-Komponente auf die Anziehungskraft wirkt, so bestimmen, dass die verlangte Bewegung herauskommt. Man brauchte sich ferner auch nicht auf die erste Potenz der Geschwindigkeit zu beschränken, sondern könnte die zweite oder andere Potenzen heranziehen.

Wenn ein Sonnensystem mehr als einen Planeten hat, wird es freilich viel schwieriger, alle Planetenbahnen nur mit Hilfe von Geschwindigkeitskräften zu erklären, weil nun auch noch das dritte Kepler'sche Gesetz erfüllt sein muss. Man würde dann wohl schon, wenigstens soweit ich dies zu übersehen vermag, zu recht künstlichen Annahmen greifen müssen. Und auch selbst, wenn dies doch noch einfacher gelingen sollte, als mir jetzt scheint, würde immerhin fraglich bleiben, ob sich nachher auch die Störungen der Planetenbahnen, die Bewegungen der Monde u. s. f. damit erklären liessen.

Aber man vergesse nicht den Zweck dieser Betrachtung. Ich habe jetzt keineswegs die Absicht, das Newton'sche Gesetz durch ein Gesetz von Geschwindigkeitskräften zu ersetzen. Ich will nur wahrscheinlich machen, dass die Geschwindigkeitskräfte unter Umständen für sich genommen ganz ähnliche Wirkungen hervorbringen könnten, wie die Gravitationskräfte. Wenn man dies aber als möglich zugibt, folgt sofort, dass es, wenn dieser Fall eintritt, sehr schwer sein müsste, aus den astronomischen Beobachtungen den Anteil auszusondern, der einerseits auf die Gravitationskräfte, andererseits auf die Geschwindigkeitskräfte entfiel.

Auf Grund dieser Erwägung halte ich es für das Beste, sich durch die an sich freilich sehr gewichtigen Einwendungen der Astronomen nicht davon abhalten zu lassen, nach Erscheinungen zu suchen, die mit den Geschwindigkeitskräften in Zusammenhang gebracht werden könnten. Gelingt es, auf diesem ganz selbständigen Forschungswege ein Wirkungsgesetz für die Geschwindigkeitskräfte abzuleiten, dann bleibt nachher immer noch als bester Prüfstein für die Zulässigkeit des Ergebnisses ein genauer Vergleich mit den astronomischen Beobachtungen unter Berücksichtigung der dabei in Betracht zu ziehenden Fehlergrenzen übrig.

Ich würde ein solches Vorgehen natürlich nicht empfehlen, wenn ich nicht mit grosser Zuversicht darauf rechnete, dass Geschwindigkeitskräfte überhaupt bestehen, wenn ich auch dahingestellt sein lassen muss, ob sie von solcher Grösse sind.

dass sie sich bei den unserer Wahrnehmung zugänglichen Bewegungserscheinungen jemals feststellen lassen. Wenn man einen absoluten Raum zugeben will, fällt ja allerdings jeder Grund für die Annahme von Geschwindigkeitskräften fort. Aber in diesem Punkte wenigstens, dass ich einen absoluten Raum nicht anerkenne, befinde ich mich in Übereinstimmung mit der Mehrzahl der Naturforscher und darum hoffe ich auch, wenigstens für die im ersten Teile dieser Abhandlung gezogenen Schlüsse Beachtung bei ihnen zu finden.
