

Philosophischer Sprechsaal.

Krisis der Axiome der modernen Physik.

Erwiderung.

Die Hauptaxiome der modernen Physik sind die drei Bewegungsgesetze Newtons, dann das Prinzip der Konstanz der Energie und das Entropiegesetz; erstere werden allgemein als Grundlage der Physik betrachtet, letztere als deren Diadem gefeiert. So unnatürlich und abstrakt sind aber die Bewegungsgesetze Newtons, dass ich Fachmänner an den Mittelschulen gefunden habe, welche mit Ueberraschung sich selbst ertappt haben, dass sie bisher bei der Erörterung der Newtonschen Bewegungsgesetze nicht im Sinne Newtons gesprochen haben, sondern ihrer natürlichen Vernunft und der Erfahrung gefolgt sind. Newton war vor allem ein Mathematiker und hat die allgemeinste Formel der Mathematik, die Gleichung, auf alle Naturerscheinungen aufprägen wollen (drittes Gesetz: jede Wirkung findet eine gleiche und entgegengesetzte Rückwirkung), auch auf die Bewegungserscheinungen. So manche Physiklehrer haben bisher gelehrt: die Rückwirkung ist der Wirkung gleich, aber nur im Falle des Gleichgewichtes. Ebenso ist die Idee einer Bewegung an und für sich unbegrenzt, kann also aus sich nicht in Ruhe übergehen; in der Natur ist aber jeder Körper, aber auch jede Körpererscheinung wesentlich und von Natur aus (weil geschaffen) begrenzt und endlich (so jede Kraft und ihr Effekt: die Bewegung), braucht also gar keine äussere Ursache zu ihrer Bewegung. Newtons erstes Gesetz von der endlosen Bewegung widerspricht zwar den Tatsachen; die Physiker konnten kein einziges Beispiel einer endlosen Bewegung (einer Bewegung nämlich, welche unausgesetzt dauerte, ohne aus einer Kraftquelle fortwährend genährt zu werden) aufweisen; man schrieb aber bisher das Aufhören der Bewegung ganz auf das Konto der Bewegungshindernisse, welche in Wirklichkeit das Aufhören nur beschleunigen.

Dagegen stimmen die drei neuen Bewegungsgesetze, die ich in meinem Werke (*Krisis der Axiome der modernen Physik, Reform der Naturwissenschaft*. I. Buch: Newtons System und das neue physische System. II. Buch: Das neue Sonnensystem. Leipzig, K. F. Köhler) aufstellte, mit der natürlichen Vernunft und mit allen Tatsachen überein. Weil ein jedes System sich selbst konsequent bleiben will, so bildete sich die Newtonistische Physik natürlich eine Anzahl physikalischer Grundbegriffe über Bewegung, Beschleunigung, Kraft, Arbeit, Bewegungsquantität usw., welche natürlich nach den Newtonschen Bewegungsgesetzen zugeschnitten sind. Diese Grundbegriffe durchweben die ganze moderne Naturwissenschaft. Daher erklärt sich, dass das neue physische System gleich vom ersten Auftreten sich im Gegensatze mit der bisherigen physikalischen Auffassung der Naturerscheinungen findet; jedoch die auftauchenden Schwierigkeiten entspringen nicht aus der Natur der Erscheinungen selbst, sondern eben aus der bisherigen Auffassung der Dinge.

Die Diskussion dreht sich also eigentlich um die Grundbegriffe selbst, und ihre Entscheidung hängt schliesslich von den Experimenten (Erfahrung) ab, welche in der Naturwissenschaft stets das letzte Wort sprechen.

Deshalb habe ich im § XIII den alten physikalischen Grundbegriffen neue entgegengestellt, und im § XIV auf der Atwoodschen Fallmaschine, welche bisher zur Illustrierung der Newtonschen Bewegungsgesetze benutzt wurde, diese falschen Gesetze experimentell widerlegt und die neuen Gesetze (deren Kern die strenge Proportion der Wegelänge zur bewegenden Kraft ist) experimentell bewiesen.

Da die Astromechanik sich bisher gleichfalls nach dem Newtonschen Bewegungsgesetze entwickelt hat, schlug sie ebenso wie die Physik manche Irrwege ein. Das zeigt besonders der vollständige Bankerott (L. Dressel bestätigt im Februar-Hefte der „Stimmen“ offen diese Tatsache) der kosmogonischen Theorie (von Kant und Laplace begründet, von Faye und Braun vervollkommen), welche als die Blüte der modernen Astromechanik betrachtet wurde. Auf Grund der neuen Bewegungsgesetze wird dagegen eine neue Astromechanik aufgebaut, welche (wie im § VII des zweiten Buches der „Krisis“ gezeigt wird) alle und jede astromechanischen Erscheinungen, welche bisher als „Ausnahmen“ und „Störungen“ von der Astronomie bezeichnet wurden, als mechanische Naturnotwendigkeiten erklärt.

Die Einwürfe und Schwierigkeiten, welche im ersten Jahre des Kampfes gegen das neue System aufgebracht wurden, habe ich in den Paragraphen IX—XII des ersten Buches gesammelt. Diese zeigen, dass bisher niemand weder für die angegriffenen Axiome des alten Systems einen einzigen triftigen Beweis, noch ein einziges durchschlagendes Argument gegen die 25 Thesen des neuen Systems vorbringen konnte. Und ich finde, dass im zweiten Jahre des Kampfes die Einwürfe keine Schwierigkeit bringen, welche im Werke nicht bereits gelöst wären. So sind die Einwürfe des Herrn Dr. Ed. Hartmann auch, bis auf einen, beschaffen. Nehmen wir sie nach der Reihe, wie sie im I. Hefte des „Philos. Jahrbuches“ 1909 S. 95—100 folgen.

I. Die zweite Hälfte des ersten Newtonschen Gesetzes, welche den Körpern ein Beharrungsvermögen in der einmal erhaltenen Bewegung zuschreibt und somit aus jedem endlichen Anstosse eine endlose Bewegung herleitet, bildet das Zentrum der ganzen Newtonschen Physik und der modernen Energetik. Dagegen habe ich bewiesen (und das ist der Kern des neuen Systems), dass die Bewegung als solche (also nicht nur der Anfang einer Bewegung oder die Beschleunigung) fortwährend Energie verbraucht, und zwar jene Bewegungsenergie, welche ihr durch den Impuls (Anstoss) mitgeteilt wurde.

Das erste Gesetz Newtons aber sucht E. Hartmann (S. 96) folgendermassen zu retten. „Es ist gar nicht die Sache des Anstosses, die Bewegung selbst hervorzubringen. Der Anstoss erzeugt die Geschwindigkeit. Diese aber ist ein beharrlicher Zustand, aus dem in jeder Sekunde die gleiche Ortsveränderung resultiert. Ohne Zweifel besitzt die Bewegung Energie. Diese ist aber bestimmt durch die Geschwindigkeit. So lange also die Geschwindigkeit konstant bleibt, wird keine Energie verbraucht, mag auch der zurückgelegte Weg immer grösser werden.“

Nach Hartmann ist also die unmittelbare Ursache der Bewegung nicht der Anstoss oder die durch den Anstoss mitgeteilte Bewegungsenergie, sondern die Geschwindigkeit. Die Geschwindigkeit ist ebenfalls der unmittelbare Grund der Erhaltung einer Bewegung. Nun ist aber die Geschwindigkeit keine physische Realität, sondern nur eine Verhältniszahl (v (*velocitas*) = $\frac{l(\text{via})}{t(\text{tempus})}$),

welche uns den Grad der Intensität einer Bewegung zeigt (Gradmesser), niemals aber eine Bewegung erzeugt oder sie unterhält. Der Satz also: „Die Geschwindigkeit verursacht oder erhält die Bewegung“ hat physikalisch genommen gar keinen Sinn, ebenso wie man nicht sagen kann: der Wärmegrad erzeugt oder erhält die Wärme. Die Physik kennt nur eine Ursache der Bewegung, und die heisst: Kraft (neuestens Energie).

2. Mit der endlosen Bewegung, als Effekt eines kurz andauernden Impulses, hängt die endlose Beschleunigung der Bewegung im Falle einer fortwährend wirkenden Kraft zusammen. Ist die Beschleunigung einer Bewegung, welche durch eine konstant wirkende Kraft erzeugt wird, nicht endlos, dann ist das erste Newtonsche Gesetz evident falsch. Nun dauert aber die Beschleunigung einer solchen Bewegung in allen uns bekannten Fällen nur im Anfange, bald geht die Beschleunigung in gleichförmige Bewegung über: das ist der Fall nicht nur bei irdischen Bewegungen (z. B. bei der Eisenbahn), sondern auch bei kosmischen Fällen, wo nur der Widerstand der Luft ein Hindernis bietet. Um diese Tatsachen mit dem ersten Newtonschen Gesetz in Einklang zu bringen, mussten die Physiker behaupten: der Widerstand des Mediums wachse mit dem Quadrate der Geschwindigkeit, und darum gehe die Beschleunigung in gleichförmige Bewegung über. E. Hartmann beruft sich ebenfalls (S. 96) auf dieses „Gesetz“ des Widerstandes.

Nun ist aber dieses Gesetz aprioristisch aufgestellt worden. Die Experimente und die a posteriori angestellten Versuche, wie z. B. die Versuche der Firma Siemens & Halske und die Experimente auf der Atwood'schen Fallmaschine zeigen: dass der Widerstand des Mediums in geradem Verhältnisse mit der Geschwindigkeit wächst, wie das im § XIV der „Krisis der Axiome der modernen Physik“ ausführlich gezeigt wird. Somit ist also das erste Newtonsche Gesetz rettungslos verloren.

3. Das dritte Bewegungsgesetz Newtons sucht Dr. E. Hartmann folgendermassen zu retten: „Ist es dem Verfasser unbekannt, dass zwei gleich grosse Kräfte von entgegengesetzter Richtung sich nur dann das Gleichgewicht halten, wenn sie an demselben Körper (in demselben Punkte) angreifen? Keinem Physiker ist es jemals eingefallen, die total unsinnige Behauptung aufzustellen: »Sobald auf einen Körper eine Kraft K_1 wirkt, tritt ihr eine auf denselben Körper wirkende Kraft K_2 entgegen«. Es ist also ein reines Phantom, das Pécsi hier bekämpft.“

Dr. Hartmann sucht erstens einen wesentlichen Unterschied zwischen den zwei Fällen: ob zwei Kräfte (die in zwei Körpern ihren Sitz haben; ohne einen Körper ist die Kraft nicht denkbar) unmittelbar aufeinander einwirken, oder vermittelt eines dritten Körpers, auf den sie gemeinschaftlich (aber in entgegengesetzter Richtung) wirken. Mechanisch genommen ist aber zwischen diesen beiden Fällen gar kein wesentlicher Unterschied. Zwei auf einander unmittelbar und mit derselben Kraft wirkende Körper erzeugen ebenfalls nur Gleichgewicht. Zwei mit einander ringende Athleten halten einander das Gleichgewicht (wenn sie mit gleicher Kraft angreifen), zwei unelastische mit gleicher Kraft anprallende Kugeln bleiben stehen, ein auf der Erde liegender Körper verbleibt im Ruhestand — ebenso wie ein Körper, auf den aus entgegengesetzter Richtung zwei gleiche Kräfte bewegend wirken. Die Falschheit des dritten Gesetzes lässt sich in beiden Fällen handgreiflich zeigen.

Zweitens sucht Hartmann zu zeigen, dass der richtige Sinn des dritten Newtonschen Gesetzes nicht der sei, nach welchem, „sobald auf einen Körper eine Kraft K_1 wirkt, ihr eine auf denselben Körper wirkende Kraft K_2 entgegen-

tritt“. Ich glaube einen authentischen Erklärer des dritten Gesetzes (genannt „das Prinzip der Wechselwirkung“) vorzuführen, wenn ich die Worte L. Dressels (Lehrbuch der Physik I n. 31) zitiere: „In gleicher Weise treten ganz allgemein bei jeder Kraftwirkung immer zwei verschiedene Kräfte tätig ein. Dieses behauptet das dritte Bewegungsgesetz Newtons ... Ferner: Das Prinzip der Wechselwirkung spricht von zwei Kräften, von denen die eine notwendig die andere zur Begleiterin hat, und die auf zwei verschiedene Körper einwirken.“ Jede Kraft müsste also nach Newton in der Natur eine gleiche und entgegengesetzte Kraft finden, wie auch Newton in der ersten Fassung dieses Gesetzes sagt: *omni actioni reactio semper aequalis et contraria est*. Dass eine jede Aktion in der Natur irgend eine Reaktion findet, das trifft im allgemeinen ziemlich zu, dass aber die Reaktion auch im Falle der Bewegung der Aktion gleich sei, dieses wird in der „Krisis“ bezweifelt. Herr Hartmann hat sich also auch dabei ertappt, dass er das Prinzip der Wechselwirkung in der originellen Deutung seines Schöpfers selbst nicht begreifen kann. Ich bin in derselben Lage und mit mir bereits zahlreiche Fachmänner.

Beim Barometer können wohl auch die durch Herrn Hartmann erwähnten zwei „*actiones*“ und zwei „*reactiones*“ separat betrachtet werden: der erste Fall (die gegenseitige Anziehung) repräsentiert jedoch keine eigentliche Reaktion, wie auch Chwolson lehrt, im zweiten Falle haben wir aber den Zustand des Gleichgewichtes, also wieder keine Bewegung.

E. Hartmanns Einwürfe gegen den II. Teil meines Werkes (Das neue Sonnensystem) sind folgende:

1. Vor allem meint er einen Widerspruch in der neuen astromechanischen Theorie entdeckt zu haben, da auf S. 293 steht: „Die Himmelskörper sind in ihrer translatorischen Bewegung zwei Hauptkräften unterworfen, nämlich der Zentripetal- und der Zentrifugalkraft.“ Auf S. 303 steht dagegen, dass die Zentrifugalkraft überhaupt keinen Einfluss auf die Kreisbewegung ausübe usw.

Es handelt sich hier bloss um einen Druckfehler resp. um einen Fehler, den der Uebersetzer begangen, der auf S. 293 anstatt Tangentialkraft (wie es im lateinischen Originaltexte steht) Zentrifugalkraft setzte. Eine Kreisbewegung entsteht also entweder durch eine fortwährend wirkende Tangentialkraft allein, indem die Zentripetalkraft und die Zentrifugalkraft sich gegenseitig das Gleichgewicht halten (und somit, wie Chwolson richtig bemerkt, auf den Körper nicht bewegend wirken), wie es bei einer Pendelbewegung der Fall ist, oder aber durch die Komposition einer Zentripetal- und einer Tangentialkraft, wie es bei der Planetenbewegung der Fall ist.

2. Gegen die Tangentialkraft macht Herr Hartmann folgende Bemerkung geltend: „Für die Newtonisten bereitet die Tangentialkraft keine Schwierigkeiten, da diese eine mit der Zentripetalkraft zusammenwirkende Tangentialkraft gar nicht kennen. Nach dem zweiten Newtonschen Gesetze hat man ja nur für die Beschleunigung die Einwirkung einer Kraft nötig.“

Dagegen muss ich folgenden Sachverhalt feststellen: Bereits Newton erwähnt die Tangentialkraft, und alle Newtonisten rechnen bei der Planetenbewegung mit einer Tangentialkraft. Die Zentripetalkraft allein würde ja sämtliche Planeten schnurgerad in die Sonne hineintreiben. Im Vorworte (294) zitiere ich sogar ein physikalisches Lehrbuch (Fehérs *Physica*), welches wortwörtlich sagt: „Die Planetenbewegung entsteht aus zwei Komponenten: aus der Zentripetalkraft und aus der Tangentialkraft. Die Zentripetalkraft liefert die Anziehung der Sonne. Woher aber die Planeten ihre Tangentialkraft haben, wissen wir nicht.“ Der Unterschied zwischen der Newto-

nistischen und der neuen Astromechanik ist bloss der, dass das neue System auch diese zweite Komponente aus einer fortwährend wirkenden Kraftquelle (Anziehung) herleitet, während die Newtonisten sich höchstens auf einen im Uranfange erhaltenen Impuls berufen.

Da wenige der Leser die Werke Newtons zur Hand haben werden, verweise ich sie auf S. 417—418 (Bd. I) der Schanzschen Apologetik, wo geschrieben steht, was Newton über die Tangentialkraft lehrte.

Gegen die Erklärung der Entstehung der Spiralbahnen aller Planeten, wobei der Widerstand des Aethers als Postulat fungiert, macht E. Hartmann folgende Einwürfe:

3. „Wie kommt es denn, dass wir von dem gewaltigen Aetherdruck, der auf die eine Hälfte der Erde ausgeübt wird, nicht das allergeringste merken?“

Das ist die einzige Schwierigkeit, welche mir neu ist und im Werke noch nicht berücksichtigt ist. Antwort: Das kommt von der grossen Elastizität der Atmosphäre her. Kann man doch bei Fahrwerken durch elastische Federn, Emballagen usw. die Erschütterungen von Seiten der Hindernisse fast ganz verschwinden lassen. Insofern der Widerstand des Aethers auch bei der Rotation der Planeten eine Rolle spielt, fühlen wir diesen Widerstand ausserdem noch deshalb nicht, weil die Erde ihm durch die Rotation Gewähr leistet. Einen Widerstand fühlt man nur dann, wenn man nicht nachgibt. Es ist bekannt, dass der mit $g = 9.8 \text{ m}$ fallende Körper auf die haltende Hand keinen Druck mehr ausübt.

Hier muss ich noch bemerken, dass die Existenz einer kosmischen Atmosphäre (welche den fallenden Himmelskörpern unbedingt Widerstand leisten muss) nunmehr allgemein zugegeben wird.

4. Die unter Nr. 2 gebrachte Schwierigkeit wird bereits in der „Krisis“ auf S. 322 behandelt und gelöst.

5. „Wie kommt denn die allen Gesetzen der Mechanik Hohn sprechende Zerlegung der Vertikalkraft zustande?“

Die Entstehung der Spiralbahn durch Zerlegung der Vertikalkraft ist allsosehr „der Mechanik hohnsprechend“, dass sie experimentell illustriert werden kann! Man denke sich (oder verfertige) eine spiralförmige offene Rinne, in der eine Kugel herunterrollt. Die Kugel ist genau denselben drei Wirkungen ausgesetzt wie ein Planet. a. Es wirkt auf die Kugel die vertikale Schwerkraft, b. in entgegengesetzter Richtung der Widerstand des Bodens der Rinne, welcher in bekannter Weise die vertikale Kraft in zwei Komponenten zerlegt. c. Schliesslich wirkt auf die Kugel die äussere Wand der Rinne, als eine konstante Zentripetalkraft (für die Kugel ist es ganz gleich, ob eine Kraft von innen zieht oder eine Kraft von aussen stösst, das Resultat ist dasselbe, die Kugel muss sich nämlich in derselben Entfernung von der Axe der Spirale bewegen). Aus dieser konstanten Zentripetalkraft und aus der schiefen Komponente der konstant wirkenden Vertikalkraft entsteht endlich die vollkommen spiralförmige Bewegung der Kugel.

6. „Wie kann die Vertikalkraft alles das vollbringen, was ihr hier zugemutet wird?“ Die Antwort hierauf ist im § VII des II. Teiles gegeben, wo sämtliche Erscheinungen der Planetenbewegung aus der neuen Astromechanik als mechanische Notwendigkeiten hergeleitet werden. Nach Köhlers Ausspruch aber „ist der Prüfstein jeder kosmogonischen Theorie: ob durch sie der Ursprung der Revolution und Rotation der Planeten und Monde nach den Prinzipien der exakten Mechanik erklärt wird oder nicht?“

7. Die Erklärung der Rotation der Planeten nach der Analogie eines herabfallenden Ahornsamens aus dem Widerstand des Mittels nennt Hartmann

ein Kuriosum, denn „die Planeten sind keine geflügelten durch die Luft fallenden Ahornsamen“.

Einem deutschen Astronomen, der das Werk gelesen hat, fiel dieses „Kuriosum“ als das sinnreichste im ganzen zweiten Teil auf. Der fallende Apfel ist sicher auch kein Planet, und die Erde ist nicht die Sonne; und doch ist die Anziehung der Erde auf den Apfel ganz analog zur Anziehung der Sonne auf unsere Erde, und in beiden Fällen ist dieselbe Kraft wirksam. So steht auch nichts im Wege, dass die Rotation der Planeten mit der Rotation des Ahornsamens eine ganz analoge, physisch gesprochen dieselbe Erscheinung bilde.

Aus dem Gebiete der Tatsachen und physischen oder astronomischen Erscheinungen konnte also bisher niemand gegen das neue System wirkliche Schwierigkeiten erheben. Alle Einwürfe stammen lediglich aus der bisherigen Newtonistischen Auffassung der Dinge. Diese Einwürfe dienen aber indirekt nur zur Bekräftigung des neuen Systems.

Gran.

Dr. Gustav Pécsi.

Gegenerwiderung.

Auf vorstehende Abhandlung, die zum grössten Teil eine Kritik unserer Rezension darstellt, haben wir folgendes zu erwidern:

1. Wenn wir von einem inneren Geschwindigkeitszustande sprechen, so meinen wir damit weder die Intensität der Bewegung noch das Verhältnis $l : t$, sondern eine dem Körper mitgeteilte beharrliche Qualität, aus der die Bewegung mit ihrer bestimmten Intensität resultiert. Diese Auffassung, die von vielen Scholastikern geteilt wird, ist in der neuesten Zeit besonders von D. Nys (*Cosmologie* 2^e éd. p. 150 Nr. 100, *Nécessité d'une qualité motrice*) mit guten Gründen vertreten worden.

2. a. Nach Pécsi kennen wir keinen Fall, wo eine beständig wirkende Kraft eine beständige Beschleunigung erzeuge. Aber es unterliegt doch keinem Zweifel, dass die Planeten beständig eine nach der Sonne gerichtete Beschleunigung besitzen, die dem Quadrate ihrer Entfernung von der Sonne umgekehrt proportional ist. Natürlich sprechen wir hier von der vektoriellen Beschleunigung, nicht aber von der skalaren *Beschleunigung in der Bahn*.

b. Ob wir den Widerstand der Luft mit Newton der zweiten, oder mit Pécsi der ersten Potenz der Geschwindigkeit proportional setzen, kommt hier gar nicht in Betracht. Denn auch im zweiten Falle geht die beschleunigte Bewegung allmählich in gleichförmige über. Bezeichnen wir nämlich die Masse des Körpers mit m , seine Geschwindigkeit mit v , die bewegende Kraft mit K , und den Widerstand der Luft mit kv , so ergibt sich nach den Newtonschen Bewegungsgesetzen

$$v = \frac{K}{k} \left(1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right).$$

Ist m hinreichend klein, so erreicht der Ausdruck in der Klammer bald den Wert 1 und es ist dann $v = \frac{K}{k}$ d. h. die Geschwindigkeit ist der Grösse der wirkenden Kraft proportional, und ist deshalb bei konstantem K ebenfalls konstant. Es ist also verkehrt, zu behaupten, Newton habe das nach ihm benannte Widerstandsgesetz aufstellen müssen, um den Uebergang der beschleunigten Bewegung in gleichförmige zu erklären.

c. Durch zahlreiche Experimente ist festgestellt, dass das Newtonsche Widerstandsgesetz innerhalb gewisser Grenzen richtig ist (Cfr. Chwolson, Lehrbuch der Physik I 522 f., Dressel, Lehrbuch der Physik 126 f.). Dass

es nur innerhalb gewisser Grenzen gilt, ist leicht zu verstehen. Nach den Untersuchungen von Froude resultiert nämlich der Widerstand des Mediums aus verschiedenen Faktoren (Reibung, Wirbelbildung, Wellenbewegung), die alle in verschiedener Weise von der Geschwindigkeit abhängen.

d. Die Versuche von Siemens & Halske, die sich in sehr engen Grenzen bewegen (von $v = 30,6$ bis $v = 39$ m in der Sekunde), bilden durchaus keine geeignete Grundlage für die Aufstellung eines allgemeingültigen Gesetzes. Wollte man mit Pécsi annehmen, dass der Widerstand mit der Geschwindigkeit gleichmässig wachse, so würde man, da bei den genannten Versuchen einer Geschwindigkeitszunahme von 1 m in der Sekunde eine Widerstandszunahme von etwa 10 kg pro 1 m² entsprach, und der Geschwindigkeit 30,6 der Widerstand 90 zugeordnet war, zu dem absurden Resultate kommen, dass bei einer Geschwindigkeit von ungefähr 20 m in der Sekunde der Widerstand gleich Null und bei noch geringerer Geschwindigkeit sogar negativ wäre.

3. a. Wir erklären, kein Physiker habe das 3. Bewegungsgesetz in dem Sinne aufgefasst, dass jeder Kraft K_1 , die an einem Körper angreift, eine auf denselben Körper wirkende gleich grosse Kraft K_2 entgegentrete. K_1 und K_2 wirken vielmehr auf zwei verschiedene Körper. Pécsi glaubt uns zu widerlegen durch ein Zitat aus Dressel, den er als authentischen Erklärer des dritten Gesetzes betrachtet. Erklärt denn aber Dressel, dass *actio* und *reactio* auf denselben Körper wirken? Im Gegenteil! Er sagt mit klaren Worten: „Das Prinzip der Wechselwirkung spricht von zwei Kräften . . . , die auf zwei verschiedene Körper wirken.“ Es behauptet also Dressel ganz dasselbe, was auch wir behauptet haben.

b. Nach Pécsi (Krisis der Axiome S. 258 f.) darf man nur dann von Wirkung und Gegenwirkung reden, wenn die beiden Kräfte mit einander streiten, sich gegenseitig bekämpfen. Nicht er, so erklärt er, habe diese Bedingung aufgestellt, sondern Newton selbst. Das gehe daraus hervor, „dass nach Newton und den modernen Physikern Wirkung und Gegenwirkung immer Gleichgewicht erzeugen.“ — Nun, die Newtonisten haben die Konsequenzen des dritten Prinzips sehr genau untersucht. Es resultieren daraus in Verbindung mit den beiden ersten, zwei wichtige Gesetze der Mechanik, das Gesetz von der Bewegung des Schwerpunktes und der Flächensatz. Dass aber *actio* und *reactio* mit einander kämpfen und darum Gleichgewicht erzeugen müssen, ist vor Pécsi noch niemanden in den Sinn gekommen.

c. Aber die Beispiele beweisen, dass „zwei auf einander unmittelbar mit derselben Kraft wirkende Körper Gleichgewicht erzeugen“. Es genüge, von den drei Beispielen, die Pécsi anführt, das letzte zu betrachten. Eine Kugel liegt auf dem Boden. Weshalb bleibt sie in Ruhe? Etwa deshalb, weil der Druck der Kugel auf den Boden gleich dem Druck des Bodens auf die Kugel ist? Durchaus nicht! Der Druck der Kugel auf den Boden ist ja eine Kraft, die auf den Boden wirkt. Sie geht zwar von der Kugel aus, wirkt aber nicht auf die Kugel, sondern auf ihre Unterlage. Weil sie gar nicht auf die Kugel wirkt, kann sie auch nicht dem Drucke, den die Kugel vom Boden erfährt, das Gleichgewicht halten. Die Kugel bleibt also nicht deshalb in Ruhe, weil *actio* (Druck der Kugel auf den Boden) und *reactio* (Druck des Bodens auf die Kugel) gleich sind, sondern weil die beiden an der Kugel selbst angreifenden Kräfte sich aufheben. Diese Kräfte sind aber die auf die Kugel wirkende Anziehungskraft der Erde und der Druck, den die Kugel vom Boden erleidet. Nehmen wir an, die Schwerkraft sei grösser als der Widerstand des Bodens, so sinkt die Kugel in den Boden ein, ohne dass dadurch das Prinzip der Wechselwirkung irgendwie verletzt wird, denn auch in diesem Falle bleibt

der Druck der Kugel auf den Boden stets gleich dem Druck des Bodens auf die Kugel.

Was den zweiten Teil des Pécsischen Werkes angeht, so bemerken wir kurz folgendes:

1. Dass Pécsi mit dem Begriff der Zentrifugalkraft nicht vertraut ist, geht hinreichend klar aus seiner Behauptung hervor: Bei der Kreisbewegung halten Zentripetalkraft und Zentrifugalkraft einander das Gleichgewicht. Wir brauchen also nicht auf jene Stelle zu rekurrieren, welche nach der Erklärung des Vf.s durch einen Druckfehler entstellt ist. Die beiden Kräfte halten sich nicht das Gleichgewicht, da sie als *actio* und *reactio* an verschiedenen Körpern angreifen. Die Berufung auf Chwolson (a. a. O. I 96) ist verfehlt. Chwolson sagt ja nicht, dass sich die Kräfte an dem kreisförmig bewegten Körper das Gleichgewicht halten, er erklärt vielmehr, dass die Zentrifugalkraft gar nicht auf den Körper wirkt, sondern auf den Faden, an dem er befestigt ist.

2. a. Dass die Newtonisten für die Erklärung der Planetenbewegung ausser der Anziehungskraft der Sonne keiner weiteren Kraft bedürfen, hätte Pécsi bei Dressel, der doch wohl auch hierin als *authentischer Erklärer* der Newtonschen Anschauung betrachtet werden muss, erfahren können. Dressel sagt (102): „Wir sahen oben, wie die Zentralbewegung sich auf zwei Ursachen zurückführen lasse, auf eine tangentiale Geschwindigkeit und eine zentripetale Beschleunigung. Nur die letztere verlangt das fortwährende Eingreifen einer wirkenden Kraft. Wenn man auch das Bestreben des Umlaufkörpers, vermöge seines Bewegungszustandes tangential weiter zu steuern, ... eine Tangentialkraft nennt, so wird hier das Wort Kraft in einem ungenauen Sinne gebraucht.“

b. Wenn Pécsi sich auf Newton beruft, so verwechselt er zwei Dinge, die streng auseinander gehalten werden müssen: Die Frage nach der Entstehung des Planetensystems und die Frage nach den im bereits bestehenden System wirkenden Kräften. Für das erste Zustandekommen des Systems glaubt Newton eine von der Attraktion verschiedene Kraft nötig zu haben. Dass für das bereits bestehende System die Anziehung der Sonne genügt, hat er natürlich niemals bezweifelt. Daran kann auch Fehérs *Physica* nichts ändern.

3. Wenn die Erde dem Aetherdruck vollkommen „nachgibt“, so wird nicht nur kein Widerstand wahrgenommen, sondern es ist auch kein Widerstand vorhanden. Dann ist auch die Berufung Pécsis auf diesen Widerstand unberechtigt. Wenn aber die Erde nicht vollkommen nachgibt, wie kommt es denn, dass durch den Aethersturm, der fortwährend über die Erde dahinströmt, nicht wenigstens der Luftmantel der Erde hinweggeblasen wird? Die Elastizität der Atmosphäre würde das nicht verhindern. Dass die Annahme eines solchen Aetherwiderstandes mit dem, was wir sonst vom Aether wissen oder zu wissen glauben, unvereinbar ist, wollen wir nur nebenbei bemerken.

4. Pécsi hat diese Schwierigkeit wohl besprochen, aber in keiner Weise gelöst.

5. Haben zwei in demselben Punkte angreifende Kräfte entgegengesetzte Richtung, so resultiert daraus eine Kraft, deren Grösse gleich der Differenz der beiden Kräfte und deren Richtung die Richtung der grösseren Kraft ist. Diesen fundamentalen Satz verletzt Pécsi, wenn er aus der Vertikalkraft und dem direkt entgegengesetzten Widerstande des Mediums eine *Tangentialkraft* hervorgehen lässt. Denselben Fehler macht er auch in seiner „experimentellen Illustration“. Auch hier lässt er aus der nach unten gerichteten Schwerkraft und dem „entgegengesetzt gerichteten“ Widerstand eine *Tangentialkraft* ent-

stehen. Ist das nicht in Wahrheit eine Behandlung der Kräfte, „die aller Mechanik Hohn spricht“?

6. Es bedarf wohl keines Beweises, dass die Vertikalkraft, die alle Planeten in gleichem Tempo mit der Sonne gegen den „Leitstern“ fallen lässt, bei der Erklärung der relativen Bewegung der Planeten um die Sonne nicht in Betracht kommen kann.

7. Der Gedanke Newtons war nicht nur geistreich, sondern sogar genial. Er erkannte trotz der Verschiedenheit der Wirkungen (Fall des Apfels, Bewegung des Mondes um die Erde) die Gleichheit der Ursache (Attraktion der Erde). Der Gedanke Pécsis ist weder genial noch geistreich. Denn Pécsi übersieht wegen einer oberflächlichen Aehnlichkeit der Wirkungen (Rotation des Ahornsamens, Rotation des Planeten) die totale Verschiedenheit der Ursachen. Dass nämlich für die Rotation des Ahornsamens die Flügel von wesentlicher Bedeutung sind, die Planeten aber keine Flügel haben, wird wohl von niemanden bestritten werden.

Es sind gegen die Newtonschen Gesetze schon viele Einwände erhoben worden. Das erste Gesetz setzt, wie es scheint, absolute Bewegung voraus und wird darum von vielen, wenigstens in der Newtonschen Form, abgelehnt. Das zweite hat mit den Schwierigkeiten zu kämpfen, die dem Massenbegriffe anhaften. Das dritte scheint mit gewissen elektromagnetischen Vorgängen unvereinbar zu sein. Es gibt eine grosse, beständig wachsende Literatur, die sich mit der Kritik dieser Gesetze beschäftigt. Wohl noch niemals aber sind die Newtonschen Gesetze (dasselbe gilt auch vom Prinzip der Erhaltung der Energie und der Vermehrung der Entropie) mit so unzulänglichen Mitteln bekämpft worden, wie dies von Pécsi geschieht.

Fulda.

Dr. E. Hartmann.