Anfangs nicht alle richtig finden. Dies kann seinen Grund indessen auch darin haben, daß es erst nach einiger Uebung gelingt, die Höhe der Flüsterstimme richtig abzuschätzen und die Töne der flüsternden mit denen der lauten Stimme oder irgend eines musikalischen Instruments zu vergleichen.

XIV. *Notizen zur Geschichte des Principes der Erhaltung der Kraft; von Dr. G. Berthold in Ronsdorf.*

(Aus d. Monatsbericht. d. Akad. 1875, Oct., vom Hrn. Verf. übersandt.)

„Es ist ganz natürlich“, sagt Thomas Buckle¹⁾, „daß die physikalische Lehre von der *Unzerstörbarkeit* und ihre Anwendung sowohl auf die *Kraft* als die *Materie* wesentlich eine Schöpfung des jetzigen Jahrhunderts ist, trotz einiger Anspielungen, die frühere Denker darauf gemacht, denn sie tappten Alle auf's Unbestimmte und ohne einen allgemeinen Zweck umher. Kein *früheres Jahrhundert* war kühn genug, eine so herrliche Ansicht als ein *Ganzes* zu fassen; auch hatte früher kein Gelehrter Naturkenntniß genug, um einen solchen Gedanken zu vertheiligen, wenn er ihn auch gehegt haben möchte.“ Buckle gab in diesen Worten nur einer Ansicht Ausdruck, welche noch jetzt fast allgemein verbreitet ist, der aber entschieden widersprochen werden muß²⁾. Wenn auch die rich-

1) Geschichte der Civilisation in England. Deutsch von Arnold Ruge. Leipzig 1865. 8. 2. Ausg. 2. Bd., S. 477.

2) Es ist das Verdienst Hrn. E. du Bois-Reymond's, zuerst wieder darauf aufmerksam gemacht zu haben, daß das Princip der Erhaltung der Kraft einem Descartes, Leibniz, Voltaire, Haller bereits vollkommen bekannt war. E. du Bois-Reymond, in den Berichten der Berliner Akademie, 1868 S. 43, 1870 S. 837; — Voltaire in seiner Beziehung zur Naturwissenschaft, Rede usw. Berlin 1868, S. p. 17; — Leibnizische Gedanken in der neueren Naturwissenschaft, Rede etc. Berlin 1874, S. S. 48 f.

tige Formulirung des Gesetzes erst unserem Jahrhundert vorbehalten blieb, so findet sich der allgemeine Gedanke bereits bei Epikur deutlich ausgesprochen, und die Welt der Atome Epikur's, welche in ewiger Fallbewegung sind, und welche die Bewegung an sich haben, wird eben sowohl von diesem Princip beherrscht, wie die Weltmaschine eines Descartes und eines Leibniz. Epikur läßt freilich die Quantität der Bewegung im Universum constant bleiben, erläutert aber das Princip in einer Weise, welche an Leibniz erinnert. Die Constanz der Materie und die Constanz der Kraft wird nämlich von Epikur damit begründet¹⁾, daß es keinen Ort außerhalb des Universums gebe, wohin ein Theilchen der Materie zu entfliehen und von wo eine neue Kraft in das Universum einzudringen vermöge, ein Satz, welchem Leibniz folgende Fassung giebt²⁾: „Die Körper des Universums können mit anderen Körpern, welche in dem Universum nicht enthalten sind, nicht communiciren. Das Universum ist also ein System von Körpern, welche mit anderen nicht communiciren, und daher erhält sich in ihm immer dieselbe Kraft“. Der große Gedanke, welcher dem Systeme

- 1) T. Lucreti Cari: *De rerum natura libri sex. Recogn. J. Bernaysius. Lipsiae 1871. 8. lib. II, v. 294—307, p. 38 s.*

*Nec stipata magis fuit umquam materiai
copia nec porro maioribus intervallis:
nam neque adaugescit quicquam neque deperit inde,
quapropter quo nunc in motu principiorum
corpora sunt, in eodem ante acta aetate fuere
et post haec semper simili ratione ferentur,
et quae consuerint gigni gignentur eadem
conditione et erunt et crescent vique valebunt,
quantum cuique datum est per foedera naturai,
nec rerum summam commutare ulla potest vis:
nam neque quo possit genus ullum materiai
effugere ex omni quicquam est usquam, neque in omne
unde coorta queat nova vis inrumpere et omnem
naturam rerum mutare et vertere motus.*

- 2) *Dynamica etc. pars II prop. VIII. Leibnizens mathematische Schriften. Herausg. von Gerhardt. Halle 1860. 8. 2. Abth. 2. Bd. p. 434.*

Epikur's zu Grunde lag, blieb unbeachtet'), bis Gassendi bei dem Versuche das System Epikur's zu erneuern, auch dieses Princip wieder an's Licht zog. „Ich bemerke“, sagt Gassendi²⁾, „daß da die eingeborene Kraft der Atome weder verloren geht, wenn die concreten Körper zu ruhen anfangen, sondern nur gehemmt wird, noch erzeugt wird, wenn die Körper anfangen sich zu bewegen, sondern nur ihre Freiheit wieder erlangt, man sagen kann, gleich viel Trieb (*impetus*) bleibe beständig in den Körpern, wieviel von Anfang an dagewesen ist“. Die allgemeine Aufmerksamkeit wurde indessen auf dies Princip erst gelenkt, als Descartes ebenfalls den Satz aufstellte³⁾, daß die Quantität der Bewegung im Universum constant bleibe, indem er so, wie Voltaire sagt⁴⁾ „nur eine alte Chimäre Epikur's erneuerte“. Wir übergehen als bekannt den Streit über das wahre Kräftemaaß, welcher sich zwischen Descartes und Leibniz erhob⁵⁾, die Folgen dieses Streites, die Formulirung und Begründung des Principes der Erhaltung der Kraft durch Leibniz, die

- 1) Um weiteren Mißbrauch zu verhüten möge es hier gestattet seyn, zwei Citate zu corrigiren, welche Hr. H. Klein (Die Principien der Mechanik etc. Leipzig 1872. 8. p. 42f.) beibringt. Das erste Citat aus Cicero's *Tuscul. disput. I*, 23 („*solum igitur, quod se ipsum movet, quia numquam deseritur a se, numquam ne moveri quidem desinit*“) bezieht sich nur auf die Seele, und ist ein Gedanke, der wie Cicero selbst beifügt, aus Plato's Phädrus entlehnt ist. Das zweite Citat aus Placidus Heinrich (Die Phosphorescenz der Körper etc. Nürnberg 1812. 4. 2. Abth. S. 252) bszieht sich lediglich auf die Constanz der Materie.
- 2) *Animadversiones in X. libr. Diogenis Laërtii. Lugduni 1675. Fol. Ed. III, vol. I, p. 241.*
- 3) *Principia philosophiae. Amstelodami apud D. Elsevirium 1677. 4. P. II, § 36, p. 37; § 42, p. 41; P. III, § 46, p. 65.*
- 4) *Article Mouvement; Diction. philos. Oeuvres complètes de Mr Voltaire, Aux Deux-Ponts. 1792. 8. t. 61, p. 69.*
- 5) Vergleiche: Montucla, *histoire de mathématique etc. nouv. ed. Paris 1802. 4. t. III, p. 641. s.* — Whewell, *Geschichte der inductiven Wissenschaften. Deutsch von Littrow. Stuttgart 1840. 8. 2. Th., S. 92 ff.* — Schaller, *Geschichte der Naturphilosophie etc. Leipzig 1841. 8. 1. Th. p. 490 ff.*

allgemeine Verbreitung des Principes durch Leibniz¹⁾ und Chr. Wolff²⁾; wir setzen als bekannt die Anwendung voraus, welche Daniel Bernoulli in der Mechanik von dem Gesetz der lebendigen Kräfte machte, ein Gesetz, welches er auf Galilei's Pendelversuche und auf Huyghens's Theorie vom Schwingungs-Mittelpunkt zurückführt³⁾.

Höchst eigenthümlich ist die Stellung, welche Spinoza zu dem Principe einnimmt. Aehnlich wie Kant, welcher in seiner Jugend eine Abhandlung über die wahre Schätzung der lebendigen Kräfte verfaßte, und später das Princip nicht erwähnt, trotzdem er die Materie, welche er constant setzt, aus Attractions- und Repulsionskräften hervorgehen läßt, hat auch Spinoza in seinen früheren Schriften dem Principe Rechnung getragen, um dasselbe später vollständig zu ignoriren⁴⁾. In seiner Bearbeitung der Principien des Descartes (Spinoza bemerkt freilich ausdrücklich, daß nicht alles in der Schrift enthaltene seinen eigenen Ansichten entspreche), findet sich das Princip ganz in der Weise von Descartes aufgestellt: „Dieselbe Menge von Bewegung und Ruhe, welche Gott dem Stoffe einmal eingedrückt hat, erhält Gott auch durch seinen Beistand“⁵⁾. Eine etwas ausführlichere Erörterung wird dem Principe zu Theil in der erst in unseren Tagen wieder aufgefunde-

- 1) Leibnizens mathematische Schriften. Herausg. von Gerhardt. Halle 1860. 8. 2. Bd. S. 117 ff., S. 123 ff., S. 215 ff., S. 236 ff., S. 243 ff., S. 440 ff. — *G. G. Leibnitii opera philosophica omnia etc.* Ed. J. E. E. Erdmann. Berolini 1840. 4. p. 108, 113, 132, 138, 155, 191, 430, 438, 520, 604, 702, 716, 728, 747, 757, 775.
- 2) *Cosmologia generalis etc.* Ed. nova. Francoforti et Lipsiae 1736. 4. *Scetio II, cap. IV, § 480 ss., p. 372 ss.*
- 3) *Hydrodynamica etc.* Argentorati 1738. 4. *Sect. I, § 19, p. 11 ss.*
- 4) Vergl. E. du Bois-Reymond in den Berichten der Berliner Akademie, 1872, S. 696 — Ueber eine Akademie der deutschen Sprache. Ueber Geschichte der Wissenschaft. Zwei Festreden etc. Berlin 1874, S. 48, 49.
- 5) R. Descartes' Principien der Philosophie etc. begründet durch B. von Spinoza. Uebers. von Kirchmann. Berlin 1871, 8. S. 67.

nen Abhandlung: *Von Gott, dem Menschen und dessen Glück*¹⁾. Im ersten Theil im 9. Kapitel, welches die Aufschrift trägt: *Von der geschaffenen Natur*, heisst es also: „Was nun die allgemeine geschaffene Natur anbetrifft oder die Modi oder Geschöpfe, die unmittelbar von Gott abhängen oder geschaffen sind, so kennen wir von diesen nicht mehr als zwei, nämlich die Bewegung²⁾ im Stoff und den Verstand im denkenden Dinge. Von ihnen sagen wir, daß sie von aller Ewigkeit gewesen sind und in alle Ewigkeit unverändert bleiben werden. Wahrlich ein Werk so groß, wie es der Größe des Werkmeisters geziemte.

Was nun insbesondere die Bewegung anbetrifft, da diese eigentlich mehr in die Abhandlung von der Naturwissenschaft als hierher gehört, wie daß sie von aller Ewigkeit her dagewesen ist und in Ewigkeit unverändert bleiben wird, daß sie in ihrer Art unendlich ist, und daß sie durch sich selbst nicht bestehen oder begriffen werden kann, sondern allein mittelst der Ausdehnung — von dem Allem, sage ich, werden wir hier nicht handeln, sondern darüber nur dies sagen: daß sie ein Sohn, Geschöpf oder Product, unmittelbar von Gott geschaffen, ist.

Den Verstand in dem denkenden Dinge betreffend, so ist dieser, ebenso wie die erstere, auch ein Sohn, Geschöpf, oder unmittelbares Product Gottes, auch von aller Ewigkeit her von ihm geschaffen und in alle Ewigkeit unverändert bleibend³⁾. Dessen Attribut ist aber nur eins,

1) B. de Spinoza's kurzgefaßte Abhandlung von Gott, dem Menschen und dessen Glück. Uebers. von C. Schaarschmidt. Berlin 1874. 8. 2. Aufl., S. 38f.

2) In dem Manuscript findet sich hierbei folgende Anmerkung: „Was hier von der Bewegung im Stoff gesagt wird, ist nicht im eigentlichen Sinne gesagt, denn der Autor erwartet, davon noch die Ursache zu finden, wie er sie *a posteriori* einigermassen schon gefunden hat; doch mag es hier auch so stehen, weil Nichts darauf gegründet oder davon abhängig ist.“

3) Der Gedanke, das Princip der Erhaltung der Kraft auch auf das Bewußtsein zu übertragen, findet sich auch bei Maupertuis in der

nämlich Alles klar und deutlich zu allen Zeiten zu begreifen, woraus eine unendliche oder aller vollkommenste Zufriedenheit unveränderlich entspringt, welche, was sie thut, zu thun nicht unterlassen kann“.

In Spinoza's Ethik und in dessen Briefen finden wir dagegen keine Andeutung¹⁾ des hier so klar ausgesprochenen Principes. Das System Spinoza's wurde, in soweit es keine Rechenschaft von der Bewegung giebt, einer eingehenden Kritik von John Toland unterworfen. In zwei höchst beachtenswerthen Abhandlungen, welche den *Letters to Serena* angehängt sind, und welche zuerst die Einheit von Materie und Kraft betonen und als die Quellen betrachtet werden können, aus welchen der Monismus der Gegenwart seine hauptsächlichste Nahrung geschöpft hat²⁾, wird das Princip, daß die Actionsmenge im Universum stets constant sey, deutlich ausgesprochen, wenn auch Toland, trotz persönlicher Bekanntschaft mit Leibniz, an der Fassung von Descartes festhält. „Wie wir in der Materie“, sagt Toland³⁾, die Quantität der einzelnen

merkwürdigen Abhandlung, welche er unter dem Pseudonym eines Erlanger Doctor's Baumann 1751 unter dem Titel: *Dissertatio inauguralis metaphysica de universali naturae systemate* veröffentlicht hatte, und die als *Système de la nature* in seinen gesammelten Schriften wieder abgedruckt ist. Hier heist es: „*La perception étant une propriété essentielle des éléments, il ne paroît pas qu'elle puisse périr, diminuer, ni s'accroître. Elle peut bien recevoir différentes combinaisons des éléments; mais elle doit toujours, dans l'Univers, former une même somme, quoique nous ne puissions ni la suivre ni la reconnoître.*“ *Oeuvres de Mr. de Maupertuis. Nouv. éd. A. Lyon 1756. 8. t. II, p. 155. Système de la nature § 53.*

- 1) Hr. F. Cohn findet freilich, daß Spinoza der Entdecker des Principes der Erhaltung der Kraft sey. „Die Einheit und Ewigkeit der Substanz mit ihren beiden Attributen Stoff und Kraft und ihren unzählbaren Modificationen, welche die Körper des Weltalls bilden, war zuerst als philosophisches Axiom von dem großen Denker Spinoza ausgesprochen worden.“ Die Entwicklung der Naturwissenschaft in den letzten 25 Jahren. Breslau 1872. 8. 2. Aufl. S. 15 ff.
- 2) Vergleiche meine demnächst erscheinende Abhandlung: *John Toland und der Monismus der Gegenwart.* Heidelberg, C. Winter.
- 3) *Letters to Serena etc. London 1704. 8. p. 159.*

Körper und die Ausdehnung des Ganzen unterscheiden, von der diese Quantitäten nur die verschiedenen Determinationen oder Modi sind, welche durch ihre verschiedenen Ursachen entstehen und vergehen, so möchte ich, um besser verstanden zu werden, diese Bewegung des Ganzen Action genannt wissen, und alle Localbewegungen, mögen sie nun gerade oder kreisförmig, schnell oder langsam, einfach oder zusammengesetzt seyn, nur Bewegungen genannt wissen, da sie nur die verschiedenen wechselnden Determinationen der Action sind, welche stets im Ganzen und in jedem Theile dieselbe ist, und ohne welche sie keine Modificationen erhalten könnte“. „So wie diese besonderen oder begränzten Quantitäten“, heisst es an einer anderen Stelle¹⁾, „welche wir diese oder jene Körper nennen, nur die verschiedenen Modificationen der allgemeinen Ausdehnung der Materie sind, in welcher sie alle enthalten sind, und welche sie weder vermehren noch verringern: so sind, als eine adaequate Parallele, alle besonderen oder Localbewegungen der Materie nur die verschiedenen Determinationen ihrer allgemeinen Action, welche sie hierhin oder dorthin, durch diese oder jene Ursachen, auf diese oder jene Weise dirigiren, ohne sie irgendwie zu vermehren oder zu vermindern“.

Die Versuche einiger englischen Autoren, das Princip der Erhaltung der Kraft auf Newton zurück zu führen, müssen als verfehlt bezeichnet werden. In beschränktem Maasse macht er allerdings davon Gebrauch, wie weit er aber davon entfernt war, das Princip auf das Universum zu übertragen, davon giebt der bekannte Ausspruch von Leibniz²⁾ Zeugniß, daß die „göttliche Maschine“ Newton's nach Newton's eigener Annahme so unvollkommen sey, „daß sie von Zeit zu Zeit gereinigt und ausgebessert werden müsse“. Dagegen finden wir bei Newton's großem Rivalen, Robert Hooke, das Princip

1) L. c. S. 176; vergleiche auch S. 193 ff.

2) G. G. Leibniti opera philosophica omnita etc. Ed. J. E. Erdmann-Berottini 1840. 4. p. 747.

in eigenthümlicher Fassung. Als das Ganze der Realitäten, welche unsere Sinne afficiren, sagt Hooke¹⁾, betrachte er Materie und Bewegung. Unter Bewegung verstehe er nichts Anderes als eine Alteration, oder die Kraft der Alteration in den kleinsten Theilchen eines Ganzen im Verhältniß zu einander, eine Kraft, welche in irgend bestimmbarer Menge zu- oder abnehmen könne, „aber das natürliche Gleichgewicht des Universums ist reciprok der Masse oder der Ausdehnung, oder der Quantität der anderen Kraft, der Materie“. „Ich halte diese beiden für zwei einzelne Mächte (*powers*), welche zusammenwirken, die meisten der wahrnehmbaren und unwahrnehmbaren Wirkungen der Welt hervorzubringen“. Auf die Frage, was Materie und Bewegung sey, antwortet Hooke: „sie sind, was sie sind, Mächte, geschaffen von dem Allmächtigen, zu seyn, was sie sind und zu wirken, wie sie thun, welche *unveränderlich im Ganzen* sind, weder durch Vermehrung noch durch Verminderung“. Obschon nun aber Robert Hooke sehr bestimmt die Wärme als eine Bewegung definirt, so war weder ihm noch Leibniz oder Daniel Bernoulli beschieden, das Verhältniß zwischen Wärme und mechanischer Arbeit zu entdecken, wenngleich auch die letzteren nicht weit von dem Ziele entfernt waren, namentlich, worauf Hr. P. du Bois-Reymond aufmerksam gemacht hat²⁾, Daniel Bernoulli. Ihm und Leibniz war der Verlust an lebendiger Kraft nicht unbekannt, welcher bei dem Stoß unelastischer Körper scheinbar stattfindet. Leibniz vergleicht³⁾ die weichen Körper gelegentlich mit einem Sack voll elastischer Kugeln, welche bei einem mäßigen Stoß nicht wieder die frühere Form annehmen, weil die Theile nicht genug mit einander verbunden sind. „Hiervon kommt es, daß bei dem Stosse solcher Körper ein Theil der Kraft durch die

1) *The posthumous works of Robert Hooke etc. Published by Richard Waller etc. London 1705. Folio p. 171 f.*

2) Poggendorff's Annalen usw. 1859, Bd. 107, S. 490.

3) Mathematische Schriften etc. 2. Bd., S. 230 f.

kleinen Theile absorbirt wird, welche die Masse zusammensetzen, ohne daß diese Kraft dem Ganzen zurückgegeben wird. — — — Indessen ist dieser Abzug der Totalkraft durchaus kein Verstofs gegen das Gesetz der Erhaltung der Kraft in der Welt. Denn was durch die kleinen Theile absorbirt wird, ist keineswegs für das Universum verloren, obgleich es für die Totalkraft der stoßenden Körper verloren ist“. „Und nicht minder bezeichnend ist das Bild, mit welchem Leibniz den Uebergang von Massenbewegung in Molecularbewegung mit dem Wechseln eines großen Geldstückes in Scheidemünze vergleicht¹⁾. Daniel Bernoulli läßt den Theil an lebendiger Kraft, welcher bei dem Stosse unelastischer Körper scheinbar verloren geht, an eine „*materia subtilis*“ übergehen und derselben inhärent bleiben²⁾.

Erst bei Diderot finden wir eine Ahnung von der Einheit der Naturkräfte. Die merkwürdige Stelle in den *Pensées sur l'interprétation de la nature* lautet so³⁾: „*De même qu'en mathématique, en examinant toutes les propriétés d'une courbe, on trouve que ce n'est que la même propriété présentée sous des faces différentes, dans la nature ou reconnoitra, lorsque la physique expérimentale sera plus avancée, que tous les phénomènes, ou de la pesanteur, ou de l'élasticité, ou de l'attraction, ou du magnétisme, ou de l'électricité, ne sont que des faces différentes de la même affection.*“ Daß Diderot die Wärme nicht mit aufführt, erklärt sich hinlänglich aus der damals herrschenden Lehre von der Materialität der Wärme. Durch Rumford geschah der große Schritt, thatsächlich nachzuweisen, daß die Erzeugung der Wärme durch Reibung in einem bestimmten Aequivalent-Verhältniß zu der aufgewandten mechanischen Arbeit stehe, und Rumford steht nicht an, als nothwendige Folge seiner Wärmetheorie den Satz aus-

1) *Opera philosophica etc.* p. 775,

2) *Hydrodynamica etc.* Argentorati 1738. 4. Sect. I, § 20, p. 13.

3) *Pensées sur l'interprétation de la nature*, à Londres 1754. 8. § 45, p. 61.

zusprechen, „daß die Summe der lebendigen Kräfte im Universum immer dieselbe bleiben müsse“¹⁾. An Rumford schließt sich unmittelbar Humphry Davy, welcher das Princip der Erhaltung der Kraft in folgenden Worten ausspricht²⁾: „*No more sublime idea can be formed of the motions of matter, than to conceive that the different species are continually changing into each other. The gravitative, the mechanical, and the repulsive motion (mit repulsive motion bezeichnet Davy die Wärme) appear to be continually mutually producing each other, and from these changes all the phaenomena of the mutation of matter probably arise*“. Diese Worte wurden noch im letzten Jahre des vergangenen Jahrhunderts geschrieben, und somit mag unsere Behauptung als geschichtlich wohlbegründet erscheinen, daß unser Jahrhundert weder den Anspruch erheben darf, das Princip der Erhaltung der Kraft erfunden, noch selbst ihm eine wesentlich neue Begründung gegeben zu haben. Hierdurch wird aber nicht im geringsten das Verdienst jener Männer geschmälert, welche das Princip von neuem entdeckt haben, ein Princip, welches seitdem von dem weittragendsten Einflusse nicht bloß auf die gesammten Naturwissenschaften, sondern auch auf unsere ganze Weltanschauung geworden ist.

- 1) *Mémoires sur la chaleur. A Paris. An XIII. 8. p. 137.* Vergleiche Rumford und die mechanische Wärmetheorie etc. von G. Berthold, Heidelberg 1875. 8. S. 83. — Die Amerikaner bemühen sich, Rumford die Entdeckung des Gesetzes der Erhaltung der Kraft zu vindiciren, so namentlich Youmans und Ellis, letzterer in dem *Memoir of Sir Benjamin Thompson, Count Rumford etc.* Philadelphia s. n. 8. p. 475 ff.
- 2) *The collected works of Sir Humphry Davy etc. London 1839. 8. vol. II, p. 29.* Es ist sehr bezeichnend, daß obiger Satz, welcher sich in dem Originalentwurf der Erstlingsarbeit von H. Davy (*An essay on heat, light and the combinations of light*, 1799) findet, von ihm selbst beim Druck gestrichen wurde wegen der „*vagueness of generalization*“, wie der Herausgeber der gesammelten Werke, John Davy, sagt (l. c.).