

III. *Der Verfall der »kinetischen Atomistik« im siebzehnten Jahrhundert; von Dr. Kurd Lafswitz in Breslau.*

Als Clausius seine fundamentalen Ideen zur modernen „kinetischen“ Theorie der Gase veröffentlichte¹⁾, war es ihm, wie aus einer späteren Anmerkung²⁾ hervorgeht, keineswegs bekannt, daß die Hypothesen, welche er über den Zustand der Materie machte, schon lange vor ihm in hervorragender Weise ausgebildet waren. Im Anschlusse an Demokrit und Epikur hatte Gassendi³⁾ im siebzehnten Jahrhundert eine Atomistik erneuert und vervollkommen, welche von der Annahme ausging, daß alle Erscheinungen der Körperwelt durch die unzerstörbare Bewegung der Atome hervorgebracht werden und die wir daher als „kinetische“ bezeichnen. Diese Atome Gassendi's sind absolut voll, hart, qualitätlos, der Substanz nach identisch, nur der Größe und Form nach verschieden und bewegen sich nach allen Richtungen durch den leeren Raum. Auf dieser Grundlage erklärt Gassendi eine Anzahl physikalischer Vorgänge, insbesondere die Aggregatzustände der Körper und ihre Uebergänge in einander, in einer Weise, welche von der heutigen Erklärung der kinetischen Gastheorie nur wenig abweicht und für den damaligen Zustand der Physik völlig befriedigen mußte. In der That fand die Gassendi'sche Atomistik großen Anklang bei den Physikern seiner Zeit; selbst die großen Philosophen Descartes und Hobbes, welche aus metaphysischen Gründen Gegner eines leeren Raumes und einer nicht bis ins Unendliche theilbaren Materie, also auch der Atomistik, seyn mußten, sahen sich genöthigt, im Practischen wesent-

1) Pogg. Ann. Bd. C, März, 1857.

2) Pogg. Ann. Bd. CXV, Januar, 1862.

3) *Syntagma philosophiae etc. T. I und II* der Gesamtausgabe, Lugduni, 1658, Fol.

lich *atomistische* Principien zur Naturerklärung anzuwenden. Unter ihrem Einflusse finden wir in der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts fast ganz allgemein die Meinung verbreitet, daß alle Phänomene der Körperwelt allein *auf den gegenseitigen Stofs und die Bewegung* sehr kleiner und kleinster Partikel zurückzuführen seyen. Die Gebiete der Physik, welche damals hauptsächlich Veranlassung gaben, in besonderer Weise zu Hypothesen über die Natur der Atome zu greifen, waren die Verdünnung und Verdichtung der Luft, die Aggregatzustände und die Cohäsionserscheinungen der festen und flüssigen Körper, unter denen die heut mit dem Namen der capillaren Erscheinungen zusammengefaßten Phänomene die Hauptrolle spielen; eine große Anzahl der bedeutendsten Physiker, von denen wir nur Otto v. Guericke, Dechales, Borelli und Boyle anführen, arbeiteten hierüber. Die beiden Letzteren sind die charakteristischen Vertreter dieser Ansicht über die Constitution der Materie, welche sich bei diesen Untersuchungen herausbildete und den Namen *Corpuscularphilosophie* erhielt. Atomistische und cartesische Ideen vermischte darin der Einzelne nach Bedürfnis. Leider aber gingen, während die Erkenntnis der physikalischen Thatsachen kräftig gefördert wurde, mehr und mehr die strengen und begrifflich klaren Grundlagen verloren, welche Gassendi der Atomistik gegeben hatte. Durch zwei Jahrhunderte vergaß man völlig (bis auf zwei Ausnahmen, Huyghens und Lesage) jene naturgemäßen Voraussetzungen, bis sie durch die moderne Gastheorie neues Leben erhielten. Die Frage liegt nahe, wie es denn kam, daß mit dem stetigen Fortschritt der Physik und der mathematischen Methoden nicht auch die kinetische Atomistik continuirlich weitergebildet wurde, wie es kam, daß man zu völlig anderen Erklärungsweisen und Anschauungen der materiellen Vorgänge griff und erst in der Jetztzeit vergessene Theorien mit dem großartigsten Erfolge zu erneuern weiß?

Um diese inneren Gründe aufzufinden, haben wir zu-

nächst das Wesen der Corpusculartheorie in ihren beiden wichtigsten Vertretern, dem Italiäner Borelli und dem Engländer Boyle uns anzusehen.

Nach Borelli ¹⁾ besteht die Luft aus Theilchen, welche kleine biegsame Maschinen vorstellen, die elastisch sind und nach Aufhebung des Druckes ihre frühere Form wiedererlangen. Am besten erklären sich die Eigenschaften der Luft, wenn man annimmt, die Atome derselben seyen von Gestalt röhrenförmig oder Hohlcyylinder, aus dünnen Platten (*laminae*) oder leichten, verästeten oder spiralförmigen Fäden zusammengesetzt (Prop. 125). Die Eigenthümlichkeit der tropfbar-flüssigen Körper besteht darin, daß alle Theilchen gleich schwer sind und jedes für sich bewegt werden kann, ohne daß die andern mitbewegt werden (prop. 133). Die Theile der Flüssigkeit bilden daher nicht ein Continuum, sondern sind untereinander getrennt (pr. 138, 139), aber nicht selbst flüssig (pr. 140) und ihrerseits wieder in so kleine Partikel getheilt, daß sie leicht übereinander fortgleiten können. Man dürfe nicht etwa glauben, daß derartige Theilchen in ihrem Verhalten einen festen Körper ausmachten (pr. 143), denn das Wesen eines festen Körpers bestehe keineswegs, wie Cartesius meine, nur in der Ruhe der Theile. Gegen Cartesius wendet sich Borelli wiederholt und spricht sich für eine entschiedene Atomistik aus. Er widerlegt die Einwände des Aristoteles gegen den leeren Raum (pr. 248) und weist die Nothwendigkeit eines Vacuums nach (*cap. XII*, p. 501, ff.). Als eine Eigenthümlichkeit erwähnen wir die Gestaltung, welche er den Wassertheilchen beilegt, um die Erscheinungen der Viscosität und Capillarität, das Aufsteigen in feinen Röhren und die Tropfenbildung zu erklären. Die Wasseratome wurden demnach angesehen als umgeben von einem Flaum von biegsamen, elastischen kleinen Werkzeugen (*machinulis* pr. 146), welche wie Hebel wirken und durch ihr Anklammern an die Unebenheiten der Gefäßs-

1) *Joh. Alph. Borelli, in acad. Pisana matheseos professoris, De motibus a gravitate pendentibus liber. Regio Julio 1670. (Propositio 123.)*

wände sich theilweise stützen, so daß die unter ihnen befindlichen von ihrem Drucke entlastet werden (pr. 185), wodurch die Erhebung des Wassers sich ermöglicht. Die röhrenförmigen Lufttheilchen, welche sich immer im Wasser befinden, enthalten in ihren Höhlungen eine Menge der kleineren Wassertheilchen; beim Gefrieren treten diese heraus und es erklärt sich dadurch das größere Volumen des Eises (pr. 295).

Borelli unterscheidet stets zwischen willkürlichen Hypothesen und nothwendigen Voraussetzungen, ohne welche die Erklärung der Naturerscheinungen ihm nicht möglich erscheint; so sagt er über die Gestalt, welche er den Lufttheilchen zuschreibt, daß man sich zwar andere Vorstellungen bilden *könne*, diese aber die beste Erklärung gäbe, während er seine Annahme über die Atome der Flüssigkeiten für nothwendig hält.

Ein Physiker von durchaus modernem Geiste ist Robert Boyle. Er ist Atomist, aber die Theorie und Speculation bleibt ihm Nebensache, das Wichtigste ist ihm das Experiment, die Erforschung der natürlichen Thatsachen. Daher drückt er sich auch über alle Hypothesen mit jener vorsichtigen Reservation aus, welche stets ein Merkzeichen des empirischen Forschers ist. Klar ist bei ihm das Bewußtseyn entwickelt, daß dieselben Erscheinungen sich häufig auf ganz verschiedene Weise und aus entgegengesetzten Hypothesen erklären lassen. In diesem Sinne spricht er nicht nur selbst seine Abneigung gegen jede theoretische Speculation aus ¹⁾, sondern er zeigt auch bei Gelegenheit seines Streites mit Linus über die Toricelli'sche Leere geradezu an Zahlenbeispielen, daß sowohl die Epikurische, als die Cartesische Theorie zur Erklärung der Elasticität der Luft ausreiche. Er nimmt jedoch bei ersterer biegsame Atome an und nähert somit beide Anschauungen einander. Ueberhaupt ist es ein Lieblingsgedanke von ihm, die Cartesianische Doctrin als der atomistischen sehr

1) *Opera varia. Defensio doctrinae de elatere et gravitate aëris etc. Genève. 1677. Autoris proloquium et declaratio.*

nahestehend aufzufassen und ihre Unterscheidungslehren als für die Physik unwesentlich zu erachten, so daß sie nahezu für dieselbe Philosophie angesehen werden könnten; die Leugnung des Vacuum bei Descartes, die Auffassung über den Ursprung der Bewegung und die unendliche Theilbarkeit der Materie hält er für Lehren geringerer Bedeutung, während die Erklärung der Natur aus verschiedenen gestalteten und bewegten Theilchen beiden Systemen gemeinsam sey ¹⁾. Diese Zuneigung seiner Atomistik zu Descartes zeigt sich an den verschiedensten Stellen seiner Werke und die Folge davon ist, daß seine Atome schließlich von entgegengesetzten Lehren einige Eigenschaften angenommen haben. So glaubt Boyle mit Gassendi, den er überhaupt sehr hoch schätzt, daß die flüssigen Körper aus Corpuskeln bestehen, welche sich nur in wenigen Punkten ihrer Oberflächen berühren und daher sehr viele leere Räume und Poren zwischen sich haben, so daß sie sich sehr leicht bewegen können, während sie zugleich thatsächlich, wie es Descartes verlangt, sich in beständiger Bewegung befinden ²⁾. Ja es ist sogar nicht einmal nöthig, daß diese Zwischenräume völlig leer sind, sondern es genügt, wenn nur nichts vorhanden ist, das die Bewegung der Körperchen hemme. Während diese Theilchen bei den tropfbaren Flüssigkeiten vermuthlich rund sind und so hart, daß sie von den über ihnen lastenden nicht zusammengedrückt werden können ³⁾, mögen sie bei den feineren Flüssigkeiten, wie Luft und Feuer, die verschiedensten Gestalten besitzen (*Hist. fluid. et firm. Sect. III, p. 24*). Bei den festen Körpern dagegen sind sie viel gröber, dicker, befinden sich in Ruhe und sind durch ihre Gestalt so miteinander verbunden und verflochten, daß sie nur durch Gewalt getrennt werden können. Aus der *Crasities*, worunter Boyle die Eigenschaft der Theilchen ver-

1) *Opera varia. Specimen etc., quantopere experimenta chymica philosophiae corpuscularis illustrationi inserviant. Praefatio.*

2) *Historia fluiditatis et firmitatis. Sect. II, p. 24 ff.*

3) *Paradoxa Hydrostatica, p. 57. Appendix I.*

steht, kaum (*via*) in kleinere durch die Agitation der Luft oder des Aethers zerstreut werden zu können, aus der ruhenden Berührung (*Contactus quietus*) und aus der Textur (*textura sive implicatio*) der Atome werden die Eigenschaften der Körper erklärt. Auch aus der Chemie zieht Boyle Gründe für die Atomistik herbei und erklärt die Zusammensetzung der Körper; aus den Atomen entstehen Moleküle, welche nicht leicht zu trennen sind ¹⁾).

Diese Gestalt, welche die Atomistik in der Corpuscularphilosophie von Borelli und Boyle angenommen hat, läßt uns bald die Rückschritte erkennen, welche sie seit Gassendi gemacht hat. Indem Boyle das Hauptgewicht auf das Experiment legt, weist er der Atomistik jene untergeordnete Stelle der physikalischen Hypothese an, bei welcher es weniger auf *absolute Wahrheit* als auf *relative Brauchbarkeit* ankommt. Gern läßt er diese oder jene Ansicht über die Atome gelten ²⁾), wenn sie nur keinen Widerspruch gegen die Erscheinungen enthält, und traut sich selbst nicht das Vermögen zu, einen definitiven Urtheilsspruch zu thun. In der That hat auch Boyle noch keinen Punkt gefunden, welcher den Physiker oder Chemiker unmittelbar an den Kreuzweg stellt, wo er sich für oder gegen Atomismus entscheiden muß. *Probabler* sind überall die Atome, bewiesen als *unumgängliche* Grundlage des Calcüls sind sie noch nicht. Wenn Lange ³⁾ behauptet, schon Boyle habe „die Berechtigung und Anwendbarkeit der Atomistik an den Thatsachen nachgewiesen“, so ist es eben immer nur die Berechtigung, um die es sich handelt, nicht die Unvermeidlichkeit im Sinne der heutigen Wissenschaft, welche *quantitative Prüfung* fordert. Einer Vervollkommnung ist die Gassendi'sche Atomistik nicht theilhaft geworden, und der Einfluß von Descartes und Hobbes hat nur dazu gedient, den con-

1) *Chymista scepticus* p. 13, 14 u. A.

2) *Historia fluid. et firm.* p. 22. *Monita seq. iractatum sequentem.*

3) In seinem ausgezeichneten Werke „Geschichte des Materialismus“.

2 Aufl. Iserlohn 1873. Th. I, S. 278, Anm. 2.

sequenten Charakter der antiken Atomistik zu verwischen. In Boyle ist diese Verschmelzung am klarsten ausgesprochen; die Atome wie der leere Raum sind bereit, jede Veränderung anzunehmen, welche sie den Physikern genehm macht. Damit wird die Strenge und die eigentliche Berechtigung der kinetischen Atomistik als allgemeines Princip der Naturerklärung untergraben. Bei Gassendi bleiben die Atome unverändert, wie sie anfänglich geschaffen sind, und es läßt sich — was wir uns für eine andere Gelegenheit aufsparen müssen — zeigen, daß sich gegen die Gassendi'sche Auffassung des einzelnen Atoms ein triftiger Einwand nicht erheben läßt. Die Zurückführung der Erscheinungen auf unveränderliche Elementartheile ist in der That ein Ergebniss, welches den Erkenntnißdrang eines strengen und consequenten Denkers befriedigen kann. Dies gilt nicht mehr von der Corpuscularphilosophie der Nachfolger Gassendi's. Die Eigenschaften der Biegsamkeit usw. werden zum Theil wieder in die Atome selbst hineingetragen, die Unmöglichkeit weiterer Theilung wird aufgegeben und in vieler Beziehung die Erklärung der Erscheinungen damit — wie auch Newton bemerkt ¹⁾ — nur um einen Schritt zurückverlegt. Denn während sich die Solidität, die stetige Raumerfüllung und Untrennbarkeit als natürliche Eigenschaft der Atome begreifen läßt, und somit die Festigkeit der Körper dadurch erklärt wird, gilt das nicht von der Biegsamkeit; denn diese setzt ihrerseits wieder eine Verschiebbarkeit der Atomtheile voraus. Die complicirten, maschinenartigen Vorrichtungen und Gestalten, welche man den Atomen zuzuschreiben geneigt ist, entfernen diese, obwohl sie sich noch auf dem Gebiete der bloßen GröÙe und Formverschiedenheit halten, dennoch nimmermehr von der einfachen Qualitätslosigkeit — mindestens aber von deren Anschaulichkeit — und bahnen dadurch den Uebergang zu qualitativen Atomen. Mit jener verwickelten Gestaltung der Atome aber verschließt sich die Atomistik selbst

1) *Opera ed. Horsley. London 1782. Tom. IV. Optics. Qu. 31, p. 251.*

den Weg, mathematische Untersuchung auf deren Bewegung anzuwenden. Die Analysis erfordert ein einfaches Substrat ihrer Operationen und kann der Willkür der zusammengesetzten Atomfiguren nicht folgen. Es wird somit unmöglich, strenge Resultate auf dem Wege der Deduction aus den untergelegten Hypothesen herzuleiten, und in dem Augenblicke, in welchem die Atomistik die peripatetischen Anschauungen verdrängt hat, ist sie selbst nicht im Stande mehr zu leisten, als eine anschauliche Verdeutlichung gewisser physikalischer Vorgänge und mehr zu bieten als den Trost einer unbegrenzten Reihe von zulässigen Vermuthungen. Sie hat aber nicht nur ihre mathematische Verwerthbarkeit, sie hat auch ihre philosophische Strenge eingebüßt. Die Ausdehnbarkeit und Zusammendrückbarkeit der Luft ist nicht erklärt, wenn man sagt, ihre Atome sind der Ausdehnung und Zusammenrückung fähig. Man fragt mit demselben Rechte nach dem Grunde dieser Eigenschaften bei den Atomen und ist nie in der Lage, auf diesem Wege eine wirkliche Erklärung, eine Zurückführung auf allgemeine Principien zu geben.

Fragen wir nun nach Feststellung dieses Factums, woher es kam, daß zur damaligen Zeit die kinetische Atomistik einer weitem Ausbildung nicht fähig wurde, woher es kam, daß sie auf rückschreitendem Wege zur Annahme von Qualitäten führte und somit sich selbst discreditirte, so können wir den Grund hierzu nur darin finden, daß man die Atomistik nur ausbildete durch Untersuchung der *Eigenschaften* der Atome, statt durch Untersuchung ihrer *Bewegungen*.

Obwohl die Bewegung ein eifriges Studium der Zeit war und man durch Bewegung die Eigenschaften der Körper zu erklären suchte, so ging man doch nicht auf die Art der Bewegung der Atome speciell ein, sondern begnügte sich ihre Bewegung ganz allgemein constatirt zu haben. Dieselbe Entwicklung, welche die Forschung für die sichtbare Körperwelt durchgemacht hatte, wiederholte

sich in der unsichtbaren der Atome. Man wußte, daß sich die Körper bewegten, aber vor Gallilei dachte Niemand daran, diese Bewegung quantitativ zu untersuchen und festzustellen, sondern wo es Erscheinungen der Körperwelt zu erklären gab, suchte man diese Erklärung wieder in *Eigenschaften der Körper*. Auch jetzt fragte man nicht nach den Bahnen der Atome, nach ihrer Schnelligkeit, Richtung und lebendigen Kraft, sondern man warf sich darauf, ihre Gestalten zu bestimmen und sie mit Werkzeugen, Höhlungen, Haken und Hebeln zu versehen. So kam es, daß die „verborgenen Qualitäten“, welche mit so viel Mühe und Scharfsinn endlich aus der sinnlich faßbaren Natur verdrängt worden, unbemerkt in der Atomistik sich wieder einschlichen. Man konnte auf diesem Wege nicht vorwärts dringen ins Innere der Natur, und indem man neue Bahnen suchte, geschah es, daß durch zwei Jahrhunderte die Atomistik auf einen Abweg gerieth, welcher erst neuerdings wieder verlassen wird. Die Annahme fernwirkender Kräfte, welche in den Atomen ihren Sitz haben, wurde das Mittel, dessen man sich bediente, um die Atome zur Naturerklärung zu verwerthen; das Auftauchen dieses Gedankens wurde die zweite Ursache des Verfalls der *kinetischen* Atomistik. Hätte sich die Physik jener Zeit, wie es Descartes in gewissem Sinne anbahnte, aber erst in diesem Jahrhundert Clausius mit Erfolg durchführte, dazu bequemt, statt auf die Gestalt des Atoms auf seine Bewegung Rücksicht zu nehmen, so hätte sich vielleicht ein allmählicher Fortschritt bewerkstelligen und jener eigenthümliche Fehlgriff der Annahme einer unvermittelten Fernwirkung durch den leeren Raum vermeiden lassen. Denn die Hypothesen von Huyghens (und selbst Malebranche) über den bewegten Aether waren wohl geeignet, die kinetische Theorie weiter auszubauen und zu einer physikalischen Naturerklärung zu führen, aber sie konnten gegenüber der dargelegten Zeitströmung nicht zur Anerkennung gelangen. Wie es scheint, war es auch hier die Autorität Newton's, welche durch

das Ansehen, das sie der Emissionstheorie des Lichtes verlieh, die Annahme der Undulationshypothese und damit die Ausbildung der kinetischen Atomistik ebenso erschwerte, wie sie andererseits durch das Gesetz der allgemeinen Gravitation, allerdings gegen Newton's Willen, die *dynamische Atomistik* veranlafste.

Huyghens nimmt einen ätherischen Stoff an, dessen Theilchen eine vollkommene Härte und Elasticität besitzen und um Vieles kleiner sind als die der Luft oder eines anderen Stoffes ¹⁾. Aber auch noch diese Theilchen können wieder als zusammengesetzt angesehen werden aus noch kleineren, deren reißend schnelle Bewegung ihre Elasticität bedingen mag (p. 25). Denn die Natur bedient sich zur Hervorbringung ihrer Wirkungen eines unendlichen Progresses in der Gröfse und Geschwindigkeit der Körperchen; die feinsten von allen müssen dann diejenigen seyn, welche die Schwere der Körper bewirken. Aus dem Stofse der Atome einer feinen Materie erklärt Huyghens sowohl den festen als den flüssigen Aggregatzustand; zugleich bedient er sich eines Weltäthers, um erklärlich zu machen, daß die Körperatome keineswegs sich gegenseitig berühren müßten, sondern sehr große leere Räume einschließen könnten, eine Ansicht, die schon oft angeregt, den Physikern so unbegreiflich erschien, daß sie Mersenne zur Leugnung des leeren Raumes, Borelli zu seinen Maschinen-Atomen führte. Nach Huyghens ist es eine feine Materie, deren rasche Bewegung durch fortwährende Stöße die Partikel gewisser Körper zusammendrängt und ihre Festigkeit bewirkt; eine feine Materie wirbelt durch ihre reißende Bewegung die Theilchen anderer Körper untereinander, so daß dieselben flüssig heißen; eine feine Materie stellt durch ihre Vibrationen das Licht dar; eine feine Materie bewirkt die Gravitation der Körper. Hätte nicht der Gedanke nahe gelegen, alle diese feinen Materien als ein- und dieselbe anzusehen, welcher alle jene Geschäfte

1) *Hugenii Tractatus de lumine*, in *Opera reliqua*, Amst. 1728, Tom. I, p. 11.

zufielen? Dann wäre der moderne Weltäther der kinetischen Atomistik construirt gewesen. Aber wie es der Optik, selbst noch zu Euler's Zeit, an Mitteln fehlte, die Undulationstheorie zu beweisen, so auch der Molecularphysik in ihrem Gebiete. Huyghens geistvolle Ideen blieben unerwiesen und unverstanden und wurden fast vergessen. Weder die kleinen Aetherwirbel des Malebranche noch die Hervorhebung des Begriffs der Solidität durch Locke — eine wesentliche Stütze der Gassendi'schen Atomistik — vermochten die Ausbildung einer dynamischen Atomistik aufzuhalten.

Allmählich hatte sich die Idee einer allgemeinen Anziehung der Körper ausgebildet; ihre Spuren finden sich in der Reihe von Vermuthungen, welche man über die Ursache der Schwere aufgestellt hatte. Schon Gilbert scheint an eine Anziehung der Himmelskörper und zwar an eine magnetische gedacht zu haben ¹⁾, und Bacon hat dahin gehende Vermuthungen über die Schwere aufgestellt (*Novum Organum II*, 36). Keppler beschäftigte sich vielfach mit Grübeleien über die Ursache der Schwere; unter manchen andern uns hier fernliegenden Hypothesen hegte er auch die Ansicht, daß die Schwere in einem Streben der Körper nach vollkommener Vereinigung bestehe ²⁾. Es scheint daher, als ob der Gedanke einer Anziehung schon bei ihm sich, wenn auch unklar, vorfände. Deutlicher erklärt Fermat ³⁾ die Schwere als ein gegenseitiges Anziehen; der Erste jedoch, welcher mit vollem Bewußtseyn Anziehung als *allgemeine Eigenschaft der Materie* auffaßte und die Kraft, welche die Gestirne bewegt, als eine anziehende Kraft und der terrestrischen Schwere analog ansah, war Roberval zu Paris, welcher seine Meinungen in dem Buche „*Aristarchus Samius de mundi systemate*“, das

1) Whewell, Geschichte der inductiven Wissenschaften. Deutsch von Littrow. Stuttgart 1841. Th. II. S. 147.

2) *Astronomia instaurata libris VI. comprehensa, qui de revolutionibus coelestibus inscribuntur cap. IX.*

3) Fischer, Geschichte der Physik, Leipzig 1805, Bd. I, S. 271.

im Jahre 1644 zuerst erschien ¹⁾, niederlegte. Seite 2 heisst es: *Propterea toti illi materiae mundanae et omnibus atque singulis ejus partibus insit quaedam proprietas, sen quoddam accidens, vi cujus tota illa materia cogatur in unum etc.* Seite 3 und 4: *Toti autem illi Systemati Terrae et elementorum terrestrium atque singulis ejus partibus insit quaedam proprietas, sive quoddam accidens, quale toti Systemati mundano convenire supposuimus etc. ea est (proprietas), quam vulgo vocamus gravitatem* Vor Newton haben auch noch Borelli und Hooke die Schwere als Anziehungskraft aufgefaßt; hier ist es jedoch hauptsächlich von Wichtigkeit, daß die Gravitation oder anziehende Kraft nicht nur den Himmelskörpern, sondern *jedem einzelnen Theilchen der Materie* beigelegt werde. Diefß ist das Verdienst Roberval's und darum gewinnt seine Lehre eine besondere Bedeutung, daß jeder kleinste Theil eines Körpers den andern anziehe. Es fehlt nur, daß ein Atomist sich diese Anschauung aneignet, so ist jene dynamische Atomistik dem Princip nach fertig, welche noch heut die Physik beherrscht.

Vielleicht hätte sich dieser Atomist nicht so bald gefunden, wenn das Roberval'sche Büchlein allein Vertreter dieser Ansicht geblieben wäre, wenn nicht in dem Ehrfurcht erweckenden Geiste Newton's der geniale mathematische Gedanke entstanden wäre, welcher das Gesetz jener Anziehung der *Form nach* erkannt und als ein durch die Welt allgemein verbreitetes *nachwies*. Newton ist es, welcher das dynamische Atom geschaffen hat, indem er die Vorstellung von einer ohne Vermittelung in die Ferne wirkenden Kraft begünstigte. Zwar war Newton weit davon entfernt, sich eine *actio in distans* als möglich zu denken, gegen welche er ausdrücklich protestirte. Zwar

1) Brunel, *Manuel du libraire*, Paris 1860, p. 449. Die zweite Auflage 1647, in Mersenne's *Novarum observationum Physico-mathematicorum Tomus III*.

erklärte er es für eine Absurdität¹⁾, eine derartige Fernwirkung anzunehmen und lehnte es ausdrücklich ab, Hypothesen über die Ursache der Schwere aufzustellen, indem er sich mit der Entdeckung des mathematischen Gesetzes von der Abnahme derselben nach dem umgekehrten Quadrate der Entfernung begnügte. Trotzdem regte er, ohne selbst die Idee vom Stosse der Atome aufzugeben, durch seine astronomische Entwicklungen die Idee der Centralkräfte an. Diese Anregung für seine Nachfolger liegt z. B. sehr klar in seiner Frage (*Optics. Qu. 31, p. 242*): „Haben nicht die kleinen Theile der Körper gewisse Fähigkeiten und Kräfte, durch den leeren Raum hindurch zu wirken, nicht nur auf die Strahlen des Lichtes, sondern auch auf einander, um so die meisten Erscheinungen der Natur hervorzubringen“? Noch deutlicher aber ist sie ausgesprochen in den Worten (*p. 251*): „Ich möchte aus der Cohäsion der Körper schliessen, daß sich die Theilchen derselben mit einer Kraft anziehen, welche in der Berührung selbst sehr groß ist, in geringer Entfernung verschiedene chemische Erscheinungen zur Folge hat, auf weitere Distanzen jedoch keine merkliche Wirkung ausübt“. Das ist das Boscowich'sche System im Keime. Freilich findet sich auch in dieser Frage die Bemerkung, daß das, was Newton „*attraction*“ nennt, vielleicht besser „Impuls“ oder sonst wie genannt werden möge, aber der *Schein* einer einheitlichen Naturauffassung und der Aufklärung über die innersten Vorgänge der Natur, welche das Newton'sche Gesetz so bestechend machen, ließen die spätern Physiker die eindringliche Warnung des Meisters überhören, ein mathematisches Gesetz nicht für ein physikalisches, eine einfache Beschreibung nicht für eine fundamentale Erklärung zu nehmen. Man gewöhnte sich allmählich daran, das menschliche Erkenntnißvermögen für befriedigt zu halten durch die Annahme eines Gesetzes, welches im Grunde nur ein Abkürzungsmittel des Ausdrucks war und verlor

1) *Letters to Dr. Bentley, Lett. III. Opera omnia ed. Horsley Lond. 1782. Tom. IV, p. 438.*

so das Bewußtseyn dieses Unterschiedes. Man schloß dadurch die Forschung nach der tiefer liegenden materialen Wahrheit aus, indem man subjectiv gebildete Formen für reelle Vorgänge der Natur hielt und fand sich also nicht mehr veranlaßt, den *Stofs der Atome* zu untersuchen, da man die *Anziehung* derselben für bequemer und fruchtbarer erfunden hatte.

So konnte es geschehen, daß der Naturwissenschaft ein ähnlicher Irrthum drohte, wie er die Logik im Realismus der Scholastik heimgesucht hatte. Aber soweit es sich nicht um die letzten Realgründe, sondern um die mathematische Erforschung der Natur handelt, bot freilich jene Annahme fernwirkender Kräfte ein Mittel von unschätzbbarer Fruchtbarkeit und alle durch dieselbe erlangten Resultate behalten ihre volle Geltung, wie auch die spätere Physik die Wirkung der materiellen Theilchen aufeinander erklären mag.

Wir sahen somit, daß zwei Ursachen zusammenwirkten, die an sich so werthvolle und neuerdings wieder in ihre Rechte eingesetzte kinetische Atomistik zu untergraben. Die falsche Richtung auf die Untersuchung der Eigenschaften der Atome statt ihrer Bewegung, welche in der großen Schwierigkeit der letzteren freilich begründet lag, hinderte zunächst die Atomistik auf ihrem Wege. Da bot der Roberval-Newton'sche Gedanke ein Mittel, das Hinderniß mit einleuchtendem Vortheil zu umgehen und die Atomistik schlug bereitwillig diesen Ausweg ein. Heut freilich vermögen wir einzusehen, daß jene Vortheile nur vorübergehende sind und man dem Grunde der Sache dadurch nicht näher auf die Spur kommt. Mit verfeinerten Methoden und ungeheurem Material kann die heutige Atomistik wieder dort anknüpfen, wo sie im siebzehnten Jahrhundert zur Nothbrücke fernwirkender Atome abbog.