

# Boyle's Raumannschauung.

Von Dr. Sander.

## *Einleitung.*

So sehr die Leistungen Boyles für die Grundlegung der modernen Chemie anerkannt sind und ebenso seine Bedeutung für die Physik durch die Einführung des wissenschaftlichen Experimentes, so wenig scheint eine angemessene Wertung seiner Naturphilosophie im allgemeinen bisher möglich zu sein. Eine Ausnahme bildet nur die mit jenen anderen Leistungen zusammenhängende Neubegründung des Naturbegriffs, von dem wir wissen, daß er trotz anhaftender Mängel eine fundierte Basis für weiteren Fortschritt gewesen ist.<sup>1)</sup>

Und ganz dringend bedarf ein Punkt der Erledigung, nämlich die Raumannschauung Boyles, von der m. E. bisher kein einwandfreies Bild gegeben worden ist. Man muß dazu bedenken, daß Boyle aufs engste in jene Wendezeit der Philosophie verflochten ist, in der das Raumproblem zu den Punkten gehörte, an denen sich die Geister schieden und das Besondere ihrer Weltanschauung deutlich machten und zur Prüfung stellten, an denen sich das Ringen der Zeit um eine Neugestaltung der geistigen Gesamthaltung besonders bemerkbar macht und als Gradmessung für den erreichten Fortschritt herangezogen werden kann.

Die allgemeine Lage kann kurz so gekennzeichnet werden: Der Streit ging um die Anerkennung oder Verwerfung eines selbständigen Raumes, d. h. eines Raumes, der unabhängig ist von den materiellen Dingen und absolut existiert und existieren würde auch ohne die materielle Erfüllung durch die Körper. Von Joh. Meier und S. Mosessohn wird Boyle zu denen gerechnet, die diesen Raum anerkennen. Bei Mosessohn heißt es (S. 24): „Das Resultat seiner Beschäftigung mit den Raumproblemen ist die gegen Hobbes streng verteidigte und gegen Cartesius in vollem Widerspruch stehende Lehre von der Existenz eines Vacuums“, wozu vorausgeschickt

<sup>1)</sup> Vgl. hierzu etwa Baku und Cassirer, a. a. O. Beide übrigens gehen mit keinem Wort auf die Raumannschauung Boyles ein.

wird, daß nach Boyle bei der Betrachtung der Atome, sobald mehrere vorkommen, neben ihren Haupteigenschaften auch auf ihre Lage im Raume und ihre Reihenfolge Rücksicht zu nehmen sei. Ganz ähnlich spricht sich Meier aus (S. 17): „Eine Bewegung der Atome könne jedoch nicht vor sich gehen, wenn nicht ein leerer Raum vorhanden wäre. Diese Ansicht hatte Gassendi aus der Antike geschöpft und zu Beginn der Neuzeit mit allem Nachdruck seinen Zeitgenossen verkündigt. Und die Annahme eines leeren Raumes hängt zu enge mit der atomistischen Naturauffassung zusammen, als daß sich Boyle nicht auch in diesem Punkte Gassendi angeschlossen haben sollte. Durch eingehende Experimente an der Luftpumpe und am Barometer suchte er die Existenz desselben nachzuweisen. Inbetreff des leeren Raumes geriet er sogar mit Hobbes, einem Gegner desselben, in eine ziemlich heftige Polemik (dieser Satz findet sich fast wörtlich auch bei Lange, I, 345), wovon Boyles Schriften *Animadversiones in D. Hobbii problemata de vacuo und Examen dialogi physici domini Hobbes de natura aëris* Zeugnis ablegen. „Beide Autoren haben anscheinend nur auf Grund dieser Schriften gegen Hobbes geurteilt, und so ist es ihnen wohl auch entgangen, daß schon F. A. Lange sehr vorsichtig gesagt hat (ebd.), Boyle glaubte <sup>1)</sup> an den leeren Raum. Außerdem sei hier darauf hingewiesen, daß K. Laßwitz sehr deutlich darauf aufmerksam gemacht hat (II, 291), daß Boyle ausdrücklich weder zu den Vakuisten, d. h. den Vertretern der Ansicht der möglichen Existenz eines immateriellen Vakuums, noch zu den Plenisten, d. h. den Anhängern der Lehre von der unbedingten und notwendigen Kontinuität der Materie, sich gezählt wissen wollte. Es scheint danach in Frage gestellt, ob wirklich die Schriften Boyles gegen Hobbes so sehr dem Bekenntnis zum leeren Raum dienen und der Verteidigung des realen Vakuums und nicht vielleicht vielmehr die Abweisung der dialektischen Methoden Hobbes' bezwecken, die, weil außerdem auf cartesianischen Fundamenten ruhend, gegen ein primär naturwissenschaftliches Weltbild sich auswirken.

## 2. Die Verwahrungen Boyles hinsichtlich seiner Vakuumexperimente.

Auffällig bleibt freilich, einen wie breiten Raum in den Schriften Boyles die Vakuumexperimente einnehmen. Hinsichtlich der reichen Variierung der Experimente selbst, der Mannigfaltigkeit der gestellten Fragen und Anforderungen, der äußersten Vorsicht in bezug auf die

<sup>1)</sup> Die Sperrung stammt von mir.

Schluffolgerungen, die nur dann als gültig angesehen werden, wenn sie den Grad mathematischer Gewißheit zu haben scheinen, kurz hinsichtlich der wissenschaftlichen Gründlichkeit überhaupt können diese Untersuchungen auch heute noch als vorbildlich angesehen werden. Die ersten Vakuumexperimente aber, die gemacht worden sind und mit denen sich die Namen Torricelli, Pascal und Guericke verbinden, sollten dazu dienen, der Lehre vom horror vacui die andere vom Luftdruck entgegenzustellen und damit weiterhin die von der Existenz eines selbständigen Raumes. Sieht man nun außerdem noch, daß bei Boyle kaum etwas häufiger vorkommt als die Verwerfung der Lehre vom horror vacui, dann kann man gewiß leicht annehmen, daß auch Boyle Raum und Vakuum anerkennt und sich um ihren Nachweis gegenüber den Zweiflern bemüht, in Fortsetzung gleichsam der Arbeit Gassendis (vgl. Meier!), der den Raum kurzweg als unbedingt notwendiges Postulat statuiert hatte, intuitiv die Bemühungen gewisser einflußreicher und vorwärtstreibender Kreise seiner Zeit zusammenfassend.

Man wird außerdem daran denken, daß um die Erfindung der Luftpumpe ein Prioritätsstreit auszubrechen drohte zwischen Boyle und Guericke. Die einzelnen Daten und die Tatsache, daß dieser Streit durch Boyle selbst zu Gunsten Guericques entschieden worden ist, interessiert hier nicht. Die ganz spezielle Gleichschaltung der beiden Forscher in ihrer Zielsetzung erscheint als das Bedeutende. Bei einem Vergleich der beiderseitigen Methodik indessen findet man einen fundamentalen Unterschied, der auf eine geradezu grundsätzliche Verschiedenheit der Weltanschauungen führt.

Guericke <sup>1)</sup> bedarf nur weniger Experimente gleicher Art, um auf ihnen, nachdem sie ihrem ideellen Gehalte nach rational fixiert sind, weitere Schlüsse aufzubauen; er findet bereits in dem Wenigen das Prinzip, welches der beobachteten Möglichkeit der Verdünnung die Endlichkeit des Prozesses nimmt, und so wird es ihm weiterhin möglich, die praktischen Schwierigkeiten und Grenzen und die Relativität des Empirischen zu überwinden; der Erfolg ist die Bestätigung der vorgefaßten These von der Existenz des leeren Raumes. Es sei dabei angemerkt, daß auf diese Weise das historische Werden vollendet zum Ausdruck gebracht wird, nämlich das Zusammenspiel von intuitiver Anschauung und dem Bestreben der detaillierten Begründung mit dem Ziele, die subjektiven Momente auf Grund der Erkenntnis von Notwendigkeiten auszuschneiden. Was original von

<sup>1)</sup> Vgl. Sander, *Die Entwicklung* u.s.w. S. 316 335.

Guericke hinzugefügt wird, ist die Klarstellung der Forderung nach geschlossener Systematik. Aber das empirische Forschen bleibt überlagert von einem bedeutsamen, Anfang und Ende umschließenden rationalistischen und idealistischen Ansatz.

Das Systematische in den Untersuchungen Guericques hat ein inneres Schema teils zur Voraussetzung, teils zur Folge; es zeigt sich, daß es nicht rein von empiristischen Gesichtspunkten erfüllt sein kann. Bei Boyle aber steht dem gegenüber gerade im vorliegenden Falle ein extremer Empirismus; es muß daher das Schema fehlen und damit auch die — theoretische — Möglichkeit einer formulierten Zielsetzung überhaupt. Man findet sie auch tatsächlich bei Boyle nirgends und selbst die leitenden Grundgedanken kann man nur aus der praktisch geleisteten Arbeit heraus zu entwickeln versuchen. Einer der wichtigsten Grundgedanken ist der, daß Boyle keinen Grund findet, nur auf Grund des Prinzips die Relativität des Empirischen aufzugeben, wenn nicht das Empirische selbst dazu unbedingt zwingen sollte. Das Letzte erscheint aber als eine sehr fragliche Angelegenheit. Boyle weiß sehr wohl, daß er damit im Gegensatz steht zu der Auffassung, mit der man in seinen Kreisen an das Problem herangeht, im Gegensatz auch vor allem zu der Auffassung, die andere von seinen Versuchen hatten. Gegenüber dem Gebrauch des Terminus *Vacuum Boylianum*, der zusammen mit den beiden anderen: *Machina Boyliana* und *Experimenta Boyliana* und im Zusammenhang mit ihnen (vgl. z. B. III, 372) sehr verbreitet gewesen sein muß, betont Boyle an verschiedenen Stellen, daß dieser Ausdruck nicht im Sinne einer Anerkennung eines absoluten Vakuums zu deuten sei. Leerer kann ein Raum nur werden im Verhältnis zu seiner bisherigen Erfüllung durch körperliche Dinge, und diese Relativität ist gleichsam ein integrierender Bestandteil in dem Sinne des Experimentes überhaupt, unabhängig an sich von dem Grade der Erfüllung. Das *Vacuum Boylianum* darf also immer nur als ein relativer Begriff aufgefaßt werden, und dies formuliert Boyle in einer eindeutigen, schwerwiegenden Erklärung über seine Auffassung des Vakuums, wie er sie in seinen Experimenten zugrunde legt: *by which I here declare once for all, that I understand not a space, wherein there is no body at all, but such as is either altogether, or almost totally devoid of air* (I, 10). Es zeigt sich, daß Boyle bei dieser Ansicht immer geblieben ist, abgesehen davon, daß als Erfüllungsstoff nicht nur die Luft in Frage kommt.

Er ist darin allerdings von seiner Zeit, deren Maßstab mit den Termini „Vakuisten“ und „Plenisten“ erschöpft ist, nicht verstanden

worden, um so weniger, als seine Versuche selbst diesen Maßstab zu rechtfertigen schienen. Boyle ist nicht ganz schuldlos daran, daß er nicht so auf seine Zeit einwirken konnte, wie er es wohl wollte. Lange (I, 282) wirft ihm vor, daß er scheinbar „nicht das volle Bewußtsein von der Wichtigkeit scharf formulierter Gesetze“ gehabt habe. Dies muß einen Grund haben, und deshalb kann man vielleicht jenen Satz dahin modifizieren, daß Boyle nicht das volle Bewußtsein der Besonderheit seiner Methode hatte. Er verwechselt offenbar die natürlichen Grenzen seines konsequent empiristischen Vorgehens mit der Unvollkommenheit in der Ausbildung der bisherigen Experimente und der dazu gehörigen Hilfsmittel. Denn wenn er sagt, *the Vacuists have as well as the Plenists store of experiments on their side, that seem to favour their hypothesis* (I, 193), oder, *having always, as you know, forbore to declare myself either way in this controversy, I shall not tie myself strictly to the principles and motions of the vacuists, nor, though but for a while, oppose myself to those of the Plenists* (IV, 106), dann kommt in diesen Worten ein Standpunkt zum Ausdruck, dessen Prinzip die Ablehnung jeglicher Aussagen über Angelegenheiten ist, die naturgemäß oder eben vielleicht auch nur bisher — *veniet tempus quo posteri nos tam aperta nescisse mirentur* (Tract. p. 111)<sup>1)</sup> — der experimentellen Forschung nicht zugänglich gewesen sind und also, zum mindesten bisher, als rein metaphysische Spekulationen bezeichnet werden müssen. Boyle hat diesen Standpunkt nicht nur hier in der Angelegenheit des Vakuums, sondern ganz allgemein vertreten: *I have forbore to imploy arguments, that are either grounded on, or suppose indivisible corpuscles called Atoms* (1. Aufl.: atoms), *or any innate motion belonging to them; or that the essence of bodies consists in extension, or that a vacuum is impossible; or that there are such globuli coelestes, or such a materia subtilis, as the Cartesians imploy to explicate most of the phaenomena of nature* (III, 7). Ähnliche Äußerungen finden sich immer wieder. Die scheinbare Unsicherheit in allen Fragen, die die Zeit bewegten, ist der Ausdruck des Ringens mit der Methode. Sie kann noch nicht recht zur Klarheit und damit auch nicht zu festen und sicheren Hypothesen kommen, da sie an den Einzelproblemen allererst gemessen und nicht durch sich selbst und in sich selbst beurteilt wird. Ihr Grundgedanke erscheint so verschleiert. Man muß dazu freilich eben bedenken, daß der eigenartige wissenschaftlich durchgebildete Empirismus Boyles ein gewisses Novum war. Buckle (I, 318) hat

<sup>1)</sup> Op. var., Vol. III, Tractatus de ipsa natura.

Boyle einen unmittelbaren Nachfolger Bacons genannt. Das ist nur ganz ungefähr richtig, denn Boyle wollte etwas ganz anderes als Bacon! Er wollte allerdings auch etwas ganz anderes als der übermächtige Rationalismus seiner Zeit (vgl. dazu auch wiederum Guericke!), und so geriet er in eine Stellung, die nicht nur die Zeit nicht recht verstand, sondern die ihm auch selbst nicht in ihrer ganzen Bedeutung klar wurde. Er hätte sie sonst sicher wohl mit der nötigen Energie vertreten. So aber blieb er nur immer dabei, die Bedeutung und das alleinige Recht von Tatsachen, unbestreitbaren Tatsachen, zu betonen, und nunmehr folgerichtig von solchen, die nur zufällig entdeckt waren, bedingt durch Apparatur und Geschicklichkeit des Experimentators. Seine Niederschriften vermitteln in den meisten Fällen diesen Eindruck durchaus; tatsächlich ist der Grundgedanke, nach dem er gearbeitet hat, ein ganz anderer. Aber es scheint die Vertiefung zu fehlen. Vielleicht freilich muß man hierbei seine allzu vielseitigen Interessen berücksichtigen, und dann wäre es zu bedauern, daß er nicht einseitiger gewesen ist.

Man kann in diesem Zusammenhange nicht an der folgenden Stelle vorübergehen: For neither has the society declared either for or against a vacuum, nor have I: nay, I have not only forbore to profess myself a Vacuist, or a Plenist, but I have in a fit place of my epistle expressly said, that I reserved the declaring of my own opinion touching that point to another discourse (which as yet is not published) (I, 191).<sup>1)</sup> Die Heranziehung der Meinung der Royal Society als ganzer berührt hier zum mindesten etwas merkwürdig; man kann den Verdacht haben, daß sich Boyle restlos der Unentschiedenheit quantitativ bedeutsamer Kreise seiner Zeit einfügte und etwa vorhandene Gedanken bez. einer Entscheidung zurückhielt, sie als ganz persönliche Vermutungen fassend und nun so darauf wartend, ob und in welcher Richtung durch die allgemeine Entwicklung ein Anstoß zu weiterer Durchbildung erfolgen werde. Es paßt dazu auffallend, daß die Entscheidung, die dann noch nicht einmal frei ist von skeptischen Vorbehalten, nicht durch Erörterung des eigentlichen Problems erreicht worden ist, sondern als sekundärer Schluß

---

<sup>1)</sup> Es findet sich noch eine ähnliche, merkwürdige Stelle V, 227: Though many, and, among them, some of my best friends, pressed me to a declaration of my sense about that famous controversy, an detur vacuum, because they were pleased to suppose I had made more trials than others had done about it; yet I have refused to declare myself, either pro or contra, in that dispute: since the decision of the question seems to depend upon the stating of the true notion of e body.

einer relativ andersartigen Angelegenheit. Es soll dies Ganze hier aber nur eine Zwischenbemerkung sein.

Nun ist es richtig, daß Boyle in seinen Schriften gegen Hobbes scheinbar für die Vakuisten Partei ergreift. Das geschieht auch sonst noch öfter, und es wird darüber noch zu reden sein. Er hat trotzdem das Vakuum nicht verteidigt. In seinen Argumentationen gegen Hobbes kommt er zu dem Schluß: *As for the assertion non dari vacuum, though, as I said, I need not in this place declare myself either for or against it, yet I confess I do not find, that Mr. Hobbes, though all along this discourse he argues from this principle against those he thinks Vacuists, has demonstrated it* (I, 191). Ganz abgesehen davon, daß auch hier Boyle die Entscheidung für oder gegen das Vakuum ablehnt, besagt dieser Satz nichts weiter als eine Zusammenfassung dessen, was er vorher im einzelnen begründet hat: Gegen alle Argumente der Plenisten können die Vakuisten leicht Gegenargumente ins Feld führen und sogar solche mit stärkerem Gewicht. Es liegt also nichts anderes vor als die Abwehr der angeblichen Beweise der Plenisten und der Nachweis der Unvollkommenheit ihres Verfahrens und nicht ein Pünktchen mehr. Das würde auch der sonstigen Haltung Boyles widersprechen und dieser gegenüber geradezu eine Entgleisung bedeuten. Hätte Hobbes' Abhandlung die Verteidigung des Vakuums und seiner realen Existenz aus einer etwa gleichen oder ähnlichen Methode heraus zum Inhalt gehabt, dann hätte Boyle dieselbe ablehnende Stellung eingenommen.

### *3. Boyles Orientierungen zwischen den beiden gegnerischen Richtungen.*

Es hat sich damit gezeigt, daß der Blickpunkt, unter den die Vakuumexperimente bei Boyle gestellt sind und durchgeführt werden, ein ganz anderer ist als der, welcher die Untersuchungen Guericques charakterisiert. Diese Feststellung ist gleichbedeutend mit einer anderen: So sehr Guericke sich vollständig in den bis dahin vorliegenden Ablauf der Entwicklung, dem das Raumproblem auf „naturwissenschaftlicher“ Seite unterworfen war, eingegliedert hat und in dem gleichen Sinne arbeitet, so wenig kann man dieses von Boyle sagen. Man muß sogar fragen, ob die Untersuchungen Boyles überhaupt noch dieses Vakuum betreffen, welches auf beiden Seiten, der der Vakuisten und der der Plenisten, Gegenstand der Diskussionen und Kontroversen war. Es besagt wenig, daß die Zeitgenossen gar nicht auf diese Frage gekommen sind — soweit es sich heute noch

übersehen läßt —, und wenn es der Fall gewesen wäre, daß sie sie dann sicher in bejahendem Sinne beantwortet hätten. In dieser vollständigen Befangenheit, die in dem stürmischen Aufwallen der gesamten Geistesbewegung ihre Erklärung und Entschuldigung findet, achtete man nicht darauf, daß es doch eigentlich eine besondere Bedeutung haben muß, wenn Boyle fast bei jedem Experiment und immer wieder jede Parteinahme für eine der fraglichen Anschauungen und damit die Erörterung des Problems der Realität des Vakuums überhaupt ablehnte. Diese unablässigen Verwahrungen sind so auffällig, daß man über die Nichtbeachtung dieses Bemühens bis zum heutigen Tage und über das Fehlen jedes Interpretationsversuches erstaunt sein muß. Der oben schon erwähnte Hinweis bei Laßwitz streift den Sachverhalt nur ganz oberflächlich und ungenügend, da in ihm die besondere, bestimmte, eindeutige Absicht Boyles nicht zum Ausdruck kommt, und eine solche muß ja doch wohl unzweifelhaft vorliegen.

Man wird freilich sofort einen Einwand erheben: Wenn eine solche besondere Absicht Boyles vorlag, dann ist es sehr verwunderlich, daß er sie nicht auf eine noch eindringlichere Art und Weise kundgegeben hat. Er konnte ja doch sicher wohl nicht verkennen, daß er damit einen Angriff auf den Verlauf der historischen Entwicklung und alle in ihr niedergelegten Arbeiten unternahm, er mußte Ferner empfinden, daß man trotz aller seiner Bemühungen nicht darauf reagierte und seine Verwahrungen im besten Falle als Vorsichtsmaßnahmen eines äußerst gewissenhaften Experimentators sah. Das hätte ihn auf den Plan rufen müssen. Aber in seinen Schriften fehlt jede Bemerkung zu dieser Sachlage, und es ist auch kaum anzunehmen, daß er im persönlichen Verkehr mit den Mitgliedern der Royal Society und sonstigen an seinen Arbeiten Interessierten und mit ihm in Gedankenaustausch Stehenden mit dem nötigen Nachdruck aufgetreten wäre, da sich hiervon irgendwie Spuren müßten aufzeigen lassen. Es genügt auch wohl kaum, etwa an die Feststellungen Langes anzuknüpfen, die z. T. oben schon wiedergegeben worden sind und vollständig so lauten: „Boyle hatte offenbar eine große Abneigung gegen vorschnelle Generalisationen und, wie es scheint, auch nicht das volle Bewußtsein von der Wichtigkeit scharf formulierter Gesetze“. Denn es handelt sich gar nicht um eine Generalisation und eine Schlußformulierung, sondern allererst um die Klarlegung des Untersuchungsgegenstandes, also um die Grundbedingung für die Möglichkeit erfolgreichen Arbeitens überhaupt. Außerdem ist dieser Gegenstand hier, wenigstens mit den Augen der Zeit gesehen, eine ebenso wichtige



Angelegenheit wie es die Klärung des Naturbegriffes und die Kritik metaphysischer Grundsätze waren.

Diese Einwendungen auf der einen Seite zusammen mit der Tatsache auf der anderen Seite, daß die Vakuumexperimente Boyles mit dem Vakuum in der gewöhnlichen Auffassung nichts zu tun haben mögen, ergeben zusammen eine Sachlage, die soweit als möglich kritisch untersucht werden muß. Es besteht dabei außerdem noch die Aussicht, daß auch das relative Moment in der Methode Boyles eine tiefere Begründung erfährt. Denn die beiden Tatsachen können ja gewiß wohl nicht so einander gegenüber stehen, wie es den Anschein hat; man käme auf unlösbare Schwierigkeiten. Soweit sie vorliegen, muß sich eine Aenderung des Blickpunktes ermöglichen lassen, so daß sie behoben werden. Es gelingt dies am ehesten mit Hilfe des Versuches, durch eine kritische Betrachtung ein Bild von dem Sinn der wissenschaftlichen Forschertätigkeit Boyles zu gewinnen, in ihrem Werden selbstverständlich begründet durch die Zeitverhältnisse und in ihrer besonderen Stellung auch wieder bedingt durch dieselben Zeitverhältnisse. Es ist durchaus nicht nötig, daß Boyle selbst sich der letzten Fundamente seiner Arbeitsweise bewußt gewesen ist. Die Zeit, noch immer zur sogen. Renaissance der Philosophie gehörig, noch immer der Uebergang zwischen alter und neuer Zeit, brachte es mit sich, daß mit dem betonten Hinblick auf die mögliche Erringung neuer „absoluter“ Erkenntnisse neue Methoden eigentlich nur nach ihren proklamierten Zielsetzungen beurteilt, nicht nach ihrem Sinngehalt an sich geprüft und gewertet wurden. Die nicht genügende Beachtung des relativen Momentes seiner empiristischen Methode hat bereits gezeigt, daß Boyle in dieser Hinsicht ein Kind seiner Zeit war. Man muß sich infolgedessen auch an seine Schriften über die Einzelprobleme halten, die er bearbeitete, und hier nach den eigentlichen Absichten suchen, die, von universaler Bedeutung, über die Einzelprobleme sich erheben. Und dabei allerdings stößt man auf eine große Tiefe der Gedanken: Boyle hatte intuitiv das wahre Problem der Zeit erkannt, daß es sich nämlich allererst um eine Prüfung der neuen Methoden auf ihren Gehalt hin und überhaupt um ein Suchen nach Methoden handeln mußte, die nicht nur der scholastischen Kritik standhalten konnten, sondern auch gerade in dieser Kritik die Begründung ihres Wertes und ihrer Notwendigkeit erwiesen. Es handelte sich um den systematischen Nachweis der Notwendigkeit der neuen Geistesrichtung.

Man kann natürlich nicht erwarten, daß Boyle diesen Nachweis erbracht hätte; hier ist er nur ein Glied der Gemeinschaft der vielen,

die sich um diesen Nachweis bemühen. Daß aber die Erledigung dieser Aufgabe dringend zu fordern war, ergibt sich aus der Lage, in die man bei der Erörterung des Raumproblems geraten war. Man hatte die einzelnen Richtungen der Anschauungen, in sich betrachtet, bis nahe zu ihrem möglichen Ende entwickelt, und es war nicht abzusehen, wie man zur Ueberwindung der starken und doch an sich widersinnigen Gegensätze kommen sollte. Jene Bemerkung, *the Vacuists have as well as the Plenists store of experiments on their side, that seems to favour their hypothesis*, ist sehr charakteristisch. Mit der Selbstverständlichkeit, mit der sie hier vorgetragen wird, entspringt sie einer zwar stillen, aber allgemeinen Auffassung, aus der die relativ zahlreichen Versuche entspringen, die zwischen alter und neuer Denkweise einen Ausgleich finden möchten, um ein Weiterforschen zu ermöglichen.

Es ist ja nicht so, daß die Raumvorstellung in ihrem Prinzip eine Domäne der Naturwissenschaftler gewesen wäre, als Fazit naturwissenschaftlicher Arbeitshypothesen. Sie ist an sich älter als der Kampf der Naturwissenschaften für sie. Allerdings erhält sie durch den letzteren eine besondere Note, die sich vielleicht mit der parlamentarischen Gepflogenheit der Stellung der Vertrauensfrage vergleichen läßt. Auf der anderen Seite wuchs mit dieser Betonung der Widerstand, auf den sie traf, aber im letzten Grunde richtete er sich weniger gegen sie selbst als gegen die Tatsache, daß sie nicht in das vorliegende alte, durch die Jahrhunderte relativ wertbegründete Gebäude scholastischer Systematik eingefügt werden konnte und so eine von Grund auf neue Weltanschauung zu fordern schien; zu dieser aber vermochte man einfach nicht zu gelangen, weil man sie gar nicht verstehen konnte, z. T. selbst auf Seiten der Naturwissenschaftler nicht. Die Heterogenität war zu groß. Daran waren schon die Bemühungen einiger echter Scholastiker um die Raumvorstellung gescheitert — sie fallen bereits in das vorhergehende Jahrhundert, noch ehe also der eigentliche Kampf mit den Naturwissenschaften begann! — daher rührt auch, gesehen mit den Augen der Zeit trotz aller unleugbar vorhandenen Sympathien, die Unvollkommenheit des cartesianischen Interpretationsversuches.<sup>1)</sup> Das Ver-

<sup>1)</sup> Es ist tatsächlich eine gewisse Unsicherheit bei Descartes vorhanden: die Identität von Raum und Materie hat er niemals direkt und eindeutig ausgesprochen, obwohl sie als ein Kennzeichen des Cartesianismus angesehen und in dieser Weise verbreitet wurde. Es sieht fast so aus, als ob Descartes das Ueberwiegen des rational-spekulativen Momentes in seinem Versuche, die „neue“ Vorstellung mit dem „alten“ System zu verbinden, und dieser liegt bei genauem Zusehen tatsächlich vor, doch wohl gefühlt hat und sich infolgedessen

dienst der Naturwissenschaften besteht also vor allem darin, der Erörterung des Problems einen starken Impuls gegeben zu haben. Daß er sich in der Richtung der Annahme eines selbständigen, realen Raumes auswirkte, erscheint aus der ganzen Sachlage heraus natürlich, und hier liegt auch der eigentliche Grund dafür, daß Gassendi so kurze Zeit nach dem Bekanntwerden des Torricellischen Experimentes, das den äußeren Anstoß gab, dogmatisch und doch mit weitgreifender Wirkung statuieren konnte: Unde et efficitur, ut ens generalissime acceptum non adaequate dividatur in substantiam et accidens, sed adiaci locus et tempus ut duo quaedam membra divisionis debeant, veluti si quis dicat, omne ens aut esse substantiam, aut accidens, aut locum in quo omnes substantiae omniaque accidentia sint; aut tempus, quo omnes substantiae, omniaque accidentia durent (Gass., opera omnia, 1658, I, 182). In dieser Setzung zeigt sich die ganze, lebendigste Aktivität der neuen Forschungstätigkeit. Trotzdem war damit relativ wenig gewonnen, denn wenn zwar auch auf der einen Seite alle Brücken zu unzulänglichen spekulativen Unternehmen abgebrochen waren, so ergab sich doch auf der anderen Seite erst recht eine Aufgabe, die allererst noch erledigt werden mußte, die Forderung des experimentellen Nachweises, daß die Naturwissenschaften ihre Behauptung auf Grund der Erkenntnis einer Notwendigkeit aufgestellt hatten. Praktisch wurde dies als die Forderung des Nachweises des Vorhandenseins eines leeren Raumes aufgefaßt, es wurde also das Raumproblem zum Problem des Vakuums. Und man bemühte sich lebhaft darum und war sich der Anteilnahme aller Gebildeten bewußt, und Pascal und Guericke hatten schöne Erfolge. Dennoch mußte es den neutral-kritischen Beobachtern, d. h. denen, die auf eine Entscheidung in irgend einer Richtung warteten und sie

---

der Endgültigkeit dieses Versuches, besonders im Hinblick auf die „neue“ Vorstellung, so irgendwie nicht recht sicher gewesen wäre. Aus demselben Grunde waren übrigens Denker wie Clauberg, Rohault, Regis u. a. nicht bloße Kommentatoren Descartes', sondern versuchten mit mehr oder weniger Selbständigkeit dem großen Meister des Jahrhunderts nachzuschaffen, um so weit als möglich den Unsicherheitsfaktor auszuschneiden (vgl. die Kritik meiner Arbeit: *Die Entwicklung der Raumtheorien* usw. durch E. v. Aster, Arch. f. Gesch. der Phil., XLI, S. 586). Boyle hat übrigens, wie sich im Text weiterhin noch zeigen wird, Cartesianer und Scholastiker hinsichtlich ihrer letzten Tendenzen auf die gleiche Stufe gestellt und beide als Metaphysiker in gleicher Weise abgelehnt, wenn er es auch den Cartesianern gegenüber nicht so schroff tut wie gegenüber den Scholastikern: es gab gewisse Punkte besonders im Hinblick auf die Physik, in denen die Cartesianer „modern“ dachten.

wünschten — und mit aller Wahrscheinlichkeit war auch Boyle zunächst hierhin zu rechnen —, auffallen, daß trotz allem die gewünschte Gewißheit von den Naturwissenschaftlern nicht mit der notwendigen wissenschaftlichen Sicherheit erreicht würde, daß nach wie vor noch immer Cartesianer und Scholastiker als Gegner auftreten konnten, daß man endlich — und vor allem — so sehr man auch geneigt war, nicht glauben konnte, daß grundsätzlich unter Beibehaltung der bisherigen Methoden mehr als bis jetzt zu erreichen war, um die Einwände der Gegner endgültig zu entkräften.

So gesehen wäre jetzt die günstigste und gegebendste Gelegenheit für das Auftreten eines Kant gewesen. Nichts war in dieser Zeit im Interesse der Philosophie überhaupt angebrachter als eine wirklich von Grund auf kritische Beurteilung dessen, was auf den verschiedenen Seiten geleistet worden war. In dieser umfassenden Weise allerdings ist dies bei der Einstellung der Zeit eine glatte Unmöglichkeit, und erst nach Ablauf eines weiteren vollen Jahrhunderts waren die notwendigen Vorbedingungen geschaffen. Um so höher muß man es bewerten, daß Boyle wenigstens ursprunghaft und angenähert von echten kritischen Gedanken erfüllt gewesen ist und sich dafür eingesetzt hat. Konkret richtete sich sein Augenmerk auf die neue experimentelle Methode, an die man die großen Erwartungen geknüpft hatte und noch knüpfte, und da sind es auch wieder die handgreiflichen Ergebnisse, die einer Prüfung unterzogen werden. Es ist nicht zu verkennen, daß dies schon für die Zeit ein sehr wichtiges Unternehmen war und daß das Verdienst Boyles unbedingt Anerkennung verlangt, so unvollkommen an sich die Durchführung der Gedanken im einzelnen auch noch sein mag; es ist freilich zu bedauern, daß es nicht zu einer umfassenderen Untersuchung gekommen ist.

Damit ist die Erklärung für die aufgezeigten Schwierigkeiten gefunden, deren Behebung oben gefordert worden war. Boyle war sich gewiß sehr wohl bewußt, daß er mit dem, was er mit seinen Vakuumexperimenten erreichen wollte, nicht in das Schema Vakuisten — Plenisten eingliedert werden konnte und seine Absichten im letzten Grunde auf eine Methodenverglei chung hinausliefen. Aber da nun wie von selbst sein besonderes Kampfziel die Herausstellung der Inhaltslosigkeit der scholastischen metaphysischen Begriffsetzungen und ihre Ablösung durch das Formulieren mechanischer Gesetze geworden war, so hatten seine Arbeiten schließlich Ergebnisse, die empiristisch ganz allgemein als reale Tatsachen eines dinglichen Seins angesehen wurden in derselben Art und Weise wie

die Wahrnehmung der Existenz eines Körpers und die Erfahrung der Räumlichkeit der Dinge, also durchaus nicht als methodische Arbeitshilfen. So nahe manchmal Boyle dieser Ansicht gestanden zu haben scheint, man darf eben nicht vergessen, daß das Verlangen nach dem Auffinden des „Absoluten“ doch noch alle anderen Blickpunkte ausschaltete und so auch den bei Boyle vorliegenden Anfang einer echten kritischen Betrachtung schließlich in sich selbst zusammenfallen lassen mußte. Was Boyle denn auch an mechanischer Gesetzmäßigkeit auffindet und formulieren kann, sind einzelne und im einzelnen auf recht eng begrenzte physikalische Fragestellungen bezogene Sätze, von denen allein das Boyle-Mariottesche Gesetz eine größere Bedeutung hat.<sup>1)</sup> Man kann es auch noch anders formulieren: Das philosophische Moment kommt am Ende im rein Physikalischen zur Auflösung. Es ist in diesem Zusammenhange vielleicht auch zu beachten, daß die Neubegründung des Naturbegriffes durch Boyle nicht in diesen Forschungskreis eingegliedert werden kann, er ist ein Ausfluß der allgemeinen Einstellung zur neuen Geistesrichtung überhaupt.

Daß aber gerade die Vakuumexperimente bei Boyle diese Rolle spielen und ganz besonders für seine Tendenz in Frage kommen, ist wenig verwunderlich; es handelt sich hier um einen Punkt, an dem die metaphysische Tendenz der Scholastik am offenkundigsten zu Tage trat und die neue Methodik als solche am klarsten ausgedrückt war. Daß freilich diese neue Methodik auch wieder gerade

---

<sup>1)</sup> Auch für dieses kommt Boyle nicht einmal das eigentliche Urheberrecht zu; aus seinen eigenen Versuchen heraus hatte er zunächst nicht das Vorhandensein einer bestimmten Gesetzmäßigkeit erkannt, es ist dies das Verdienst R. Townley's, der eigene Versuche anstellte, ohne Schüler Boyles zu sein. Boyle selbst nennt es das Townleysche Gesetz, hat es allerdings später genauer formuliert: Die Elastizität der Luft verhält sich umgekehrt wie das Volumen. Vgl. E. Hoppe, a. a. O., S. 109, auch schon Laßwitz, a. a. O., II, 290. Ueberhaupt ist man nach dem Buche Hoppes geneigt zu schließen, daß die physikalischen Leistungen Boyles vornehmlich nur auf eine Verfeinerung des Technischen hinausliefen, wobei freilich seine Sorgfalt ihn einiges Neue finden ließ, z. B. die Beobachtung der bunten Ringe. Oeffer scheint er auch Entdeckungen anderer für sich in Anspruch genommen zu haben, ein Verhalten, das hier natürlich nicht geprüft werden kann. Und andererseits vgl. Kopp, *Gesch. der Chemie*, über die Verdienste Boyles um die Affinitätslehre usw.

Für Berkeley ist übrigens Boyle der Hauptvertreter der Lehre von der permanenten Elastizität der Luft (gegen die er sich selbst wendet): The specific quality of air is taken to be permanent elasticity. Mr. Boyle is expressly of this opinion. Vgl. a. a. O., S. 196. Eine andere Bemerkung Berkeleys über einen Boyleschen Versuch ist hier unwichtig, ebd. S. 236.

hier noch der eigentlichen wissenschaftlichen Begründung entbehrte, mag vielleicht Boyle ganz besonders empfunden haben.

#### 4. *Horror vacui.*

Aus der allgemeinen Geisteshaltung heraus wendet sich Boyle zur konkreten Prüfung des fraglichen Problems, d. h. er fragt zunächst nach den Gründen für das Mißlingen bzw. das Unbefriedigende der bisherigen Bemühungen. Deren Inhalt wird gekennzeichnet durch den Kampf der neuen Denkweise gegen die Lehre vom *horror vacui*, welcher in der Weise geführt wird, daß man den Nachweis der durchaus möglichen und nachweisbaren Existenz eines Vakuums zu erbringen sucht. Das eigentliche Problem ist freilich damit noch nicht in erster Linie der Raum, sondern zunächst nur die kausale Begründung der Kontinuität der Materie. Das Erklärungsprinzip der Scholastik hatte bisher wohl einigermaßen genügt, nun aber erfolgt ein Anstoß gegen seine Grundlagen auf Grund eines tiefer greifenden Erkenntnisverlangens; man stellt fest, daß sich aus der Natur der Materie heraus keine Begründung für den *horror vacui* einsehen lasse. Dieser *horror* ist kein innerer Grund für die Kontinuität, denn, das lehrte die moderne Physik, erstens läßt sich ein Vakuum durchaus wenigstens denken und für die Erklärung der Naturerscheinungen nicht nur benutzen, sondern mit einzigartigem Erfolge anwenden, der alles bisher Erreichte weit übertrifft, und zweitens muß eine Strukturgesetzlichkeit des Ganzen erklärbar sein durch Eigenschaften der Teile, d. h. durch solche, die im ursprünglich Materiellen fundiert sind und durch den Begriff dieses Materiellen schon offenkundig werden, nicht aber einen Zusatz zum System bedeuten. Die Notwendigkeit eines besonderen Prinzips und außerdem sein immateriell-metaphysischer Charakter unterliegen also schwerwiegenden Bedenken, so daß die ganze Lehre als ein bis dahin wohl denkbarer Notbehelf, niemals aber als den Tatsachen entsprechend anerkannt werden kann. Der metaphysische Charakter ist der auffälligste und umfassendste und vor allem hat sich gezeigt, daß alle Bemühungen um seine Vertiefung nur wieder zu neuen metaphysischen Setzungen führen und damit zu neuen Schwierigkeiten. Boyle bemerkt dazu (I, 37/38): And indeed to me it yet seems, that as to those spaces which the Vacuists would have to empty, because they are manifestly devoid of air and all grosser bodies, the Plenists (if I may so call them) do not prove that such spaces are replenished with such a subtle matter as they speak of, by any sensible effects, or operations of it (of which divers new trials purposely

made, have not yet shewn any) but only conclude that there must be such a body, because there cannot be a void. And the reason why there cannot be a void being by them thaken, not from any experiments, or phaenomena of nature, that clearly and particularly prove their hypothesis, but from their notion of a body, whose nature, according to them, consisting only in extension (wich indeed seems the properting most essential to be, because inseparable from a body) to say a space devoid of body, is, to speak in the schoolmen's phrase, a contradiction in adjecto. This reason, I say, being thus desumed, seems to make the controversy about a vacuum rather a metaphysical, than a physiological question; which therefore we shall here no longer debate, finding it very difficult either to satisfy Naturalists with this Cartesian notion of a body, or to manifest wherein it is erroneous, and substitute a better in its stead. Nun kann freilich eine solche allgemeine Bemerkung über die Verschiebung eines Problems auf metaphysisches Gebiet nicht allein genügen, um sie wirksam zu bekämpfen, es müssen noch die Erfahrungen im Experiment hinzukommen. Das Experiment aber ergibt die Stellung zweier ganz konkreter Fragen. Die erste verlangt die Angabe eines Grundes dafür, daß im Torricellischen Rohre Wasser sehr viel höher steigt als Quecksilber, die zweite dafür, daß Quecksilber in diesem Rohre nicht bis zu beliebiger Höhe gehoben werden kann. If the succeeding of a liquor be necessary to present a vacuum, how chance that nature does not elevate the quicksilver as well as the water (III, 202)? They could not by pumping raise water to what height they please, as the common opinion of philosophers about nature's fuga vacui made them expect they might (III, 205). Hier und an anderen Stellen hat sich Boyle ausführlich mit den entsprechenden Versuchen beschäftigt, und er stellt fest, daß die alte Erklärungsweise offenkundig versagt, daß die Lehre vom horror vacui ein Widerspruch in sich selbst ist und daher die Vorstellung eines realen Vakuums logisch durchaus diskutabel erscheint. Er drückt dies folgendermaßen aus (IV, 131): The followers of Aristotle, and many learned men, that in other things dissent from him, ascribe the ascension of liquors upon suction to nature's abhorrence of a vacuum. — But many of the modern philosophers, and generally all the Corpuscularians, look upon this Fuga Vacui as but an imaginary cause of suction, though they do it upon very differing grounds. For, the atomists, that willingly admit of vacuities, properly so called, both within and without our world, cannot think, that nature hates or fears a vacuum, and declines her usual course to prevent it: And

Cartesians, though they do as well as the Peripateticks, deny, that there is a vacuum, yet since they affirm not only, that there is none in rerum natura, but that there can be none, because what others call an empty space having three dimensions, hath all, that they think belonging to the essence of body, they will not grant nature to be so indiscreet, as to strain herself to prevent the making of a thing, that is impossible to be made. Begriff und Vorstellung des Vakuums können an sich also gar nicht etwas so sehr Widersinniges sein, wie man es hinzustellen sich bemüht, und die Vakuisten haben hier bestimmt mehr Wahrscheinlichkeit auf ihrer Seite; und wenn man sieht, daß beim Experiment über der stehenden Quecksilbersäule ein freier Raum bleibt, dann liegt es sehr nahe zu schließen: consequently nature cannot reasonably be supposed to have so great and unlimited an abhorrency, as the Peripateticks and their adherents presume (IV, 132). Es kommt nicht auf die Einzelerklärungen und genaue Betrachtungen dieses Vakuums an, I will not determine, whether there be any more than many little vacuities, or spaces devoid of air, in the cavity, so called of the pipe unfilled by the mercury, so that the whole cavity is not entire empty spaces; (ebd.), der Zweck der Ueberlegung ist ganz allein die Feststellung der Schwäche der Lehre vom horror vacui und die der Notwendigkeit, sie durch eine sowohl logisch als auch experimentell besser fundierte zu ersetzen, und die Betrachtung, wie sie bisher durchgeführt ist, „warrants us to seek for some other cause than the fuga vacui (ebd.).“ Boyle spricht anschließend von Erklärungsversuchen Descartes' und besonders der Schüler Gassendis, die sich auf die Kontinuität des Luftkörpers stützen, aber er kann sich nicht damit beruhigen, sie sind „in many cases not necessary, in others not sufficient“ (IV, 133). Die Anlehnung an die alte metaphysische Lehre ist ihm noch zu groß, und er ist davon überzeugt, daß wir nicht die „assistance of nature's imaginary abhorrence of a vacuum“ (IV, 134) brauchen und diese Annahme leeres Geschwätz ist, wenn sich die Möglichkeit der Einsicht vom Vorhandensein einer „mechanical necessity“ (ebd.) ergibt, die z. B. im vorliegenden Falle sich auf „a pressure of the incumbent atmosphere“ gründet. Die neue Denkweise will metaphysische Spekulationen ausscheiden, und das ist der Hauptpunkt, der anzuerkennen ist, gleichgültig, wie weit im einzelnen nun auf der anderen Seite einwandfreie Erfolge haben erzielt werden können. Die mechanistische Betrachtungsweise allein bringt schon genügend Vorteile (vgl. etwa III, 202). Jedenfalls aber kommt es nicht darauf an, über die Natur dieses Vakuums etwas



Bestimmtes auszumachen, obwohl die Naturwissenschaftler dieses betonen. Das Gelingen des Kampfes gegen die Scholastik hängt davon nicht so sehr ab, wie man gewöhnlich angenommen hat und was man bisher in der Entwicklung des Raumproblems völlig übersehen hat. Und deshalb ist es auch ganz natürlich, wenn nun Boyle immer wieder betont, sich weder für die Vakuisten noch die Plenisten entscheiden zu wollen; die Charakterisierung der Methode hat nichts zu tun mit der kritischen Erörterung der Ergebnisse als solcher.

Es sei gestattet, schon hier eine Zwischenbemerkung zu machen. Der glatten Ablehnung verfällt nicht nur die Scholastik, sondern auch der Cartesianismus; in dem hier in Rede stehenden Hauptpunkte wird er sogar völlig mit der Scholastik identifiziert, weil er eben auch nur eine metaphysische Erklärung versucht. Das war mit dieser Deutlichkeit um diese Zeit noch von keinem Forscher ausgesprochen worden und konnte es auch nicht werden, da immer der allgemeine Ausgangspunkt der Kritik fehlte. Man sah die cartesianische Lehre immer nur und allein unter dem Gesichtspunkt eines ungeheueren Fortschrittes, der für die weiteren Erörterungen als Basis dienen konnte und gedient hat. Auch bei den sonst schärfsten Gegnern Descartes' liegt doch regelmäßig noch eine gewisse Orientierung nach dem Cartesianismus hin vor, sodaß man, wie ich es an anderer Stelle getan habe, geradezu von einer rein cartesianischen Epoche sprechen kann. Boyle gehört offenbar nicht zu dieser Gefolgschaft. Vielleicht kann man damit wenigstens zum Teil die übergroße Vorsicht der Boyleschen Endformulierungen und seines Forschens überhaupt erklären, was noch nichts mit persönlicher Unentschlossenheit zu tun zu haben braucht: die Macht des Zeitgeistes ist nicht nur despotisch, sondern auch an Gewicht schwerer als ein Weltall. Es mußte daher vor allem darauf ankommen, zunächst die Methode genau durchzubilden und sicher zu stellen, und damit hatte Boyle dann gerade genug zu tun. Die Art freilich, wie Boyle die Cartesianer bzw. den Cartesianismus zu der „alten“ Geistesströmung rechnet, zu der immer noch existierenden Gruppe von Metaphysikern, denen der Kampf der neuen Denkweise gelten muß (vgl. z. B. V, 227 ff.), eine Art, die offenkundig keinen Widerspruch des Lesers erwartet und gar nicht etwa etwas revolutionierend Neues zu sagen sich bewußt wäre, läßt die Vermutung aufkommen, daß schon gegen Ende des 17. Jahrhunderts, also noch während der Entwicklung des Cartesianismus, in weiten Kreisen der Durchschnittsbildeten und besonders in England in der Umgebung Boyles die Ueberzeugung sich durchsetzte, daß der lebensvolle Gehalt der

cartesianischen Lehre in Reaktion zur Scholastik in übertriebener Weise gesehen worden war. Eine klarere Ueberlegung nimmt ihr jetzt viel von ihrem Glanze, vor allem insofern sie fast wieder wie Wissenschaft überhaupt zur Zeit der Scholastik Angelegenheit der spekulierenden Gelehrtenstube, Angelegenheit sich befehdender Gelehrtenkreise zu werden im Begriff ist. Selbst die real-empirische Richtung des Cartesianismus kann daran nichts ändern, sie ist allzusehr in den Gesamtkomplex verflochten. Das bedeutet aber das nahe Ende der cartesianischen Lehre, weil ihr der Lebensboden entzogen ist, sie wird zu einer rein akademischen Angelegenheit.

Es ist nicht nötig, darauf hinzuweisen, daß sich hier die Stellungnahme Boyles von der Gassendis ganz wesentlich unterscheidet.

(Schluß folgt.)

### *Literaturverzeichnis.*

Von den Originalschriften ist hier benutzt worden:

Boyle: Works, 5 Bände, London 1744.

Works, 6 Bände, London 1772; nach dieser zweiten Auflage ist zitiert, da offensichtliche Druckfehler der ersten Auflage in ihr beseitigt sind, sie aber sonst in den benutzten und zitierten Stellen mit der ersten Auflage völlig übereinstimmt; die Interpunktion ist etwas geändert, aber auch da wurde im Folgenden die zweite Auflage als maßgebend angesehen.

Opera varia, Genf 1688.

Zur Bibliographie vgl. etwa

Ueberweg, *Gesch. d. Phil.*, III, S. 370, Berlin 1924 und

E. Cassirer, *Das Erkenntnisproblem usw.*, Berlin 1922, II, S. 432.

Benutzte Sekundärliteratur:

G. Baku, *Der Streit über den Naturbegriff am Ende des 17. Jahrhunderts*  
Zeitschr. f. Phil. u. phil. Kritik, Halle 1891, 28. Bd., 2. Heft, S. 162—190.

G. Berkeley, *Works*, ed. Fraser, Oxford 1901, Bd. III.

H. Th. Buckle, *Geschichte der englischen Zivilisation in England*, übers.  
v. A. Ruge. Leipzig 1901, I, S. 314 ff.

E. Cassirer, *Das Erkenntnisproblem usw.*, Berlin 1922, II, 430—434.

K. Fischer, R. B., *Ein christlicher Natur- und Schriftforscher*, Progr.  
Dillenburg 1891.

Edm. Hoppe, *Geschichte der Physik*, Braunschweig 1926.

K. Laßwitz, *Geschichte der Atomistik*, 2. Aufl. Berlin 1926, II, S. 261—293.

F. A. Lange, *Geschichte des Materialismus*, Ausg. Reclam.

Fl. Masson, R. B., Edingburgh, 1914. (Nur Biographie).

Joh. Meier, R. B.'s *Naturphilosophie*, Münch. Diss., Fulda 1907.

S. Mosessohn, *R. B. als Philosoph und seine Beziehungen zur zeitge-  
nössischen englischen Philosophie*, Diss. Würzburg, 1902.

F. Sander, *Die Entwicklung der Raumtheorien in der 2. Hälfte des 17.  
Jahrhunderts*, Diss. Halle, S. 335—340.