

THEORIA PHILOSOPHIAE NATURALIS:
ANWENDUNG AUF DIE MECHANIK (PARS II) UND
DIE PHYSIK (PARS III)

1. Einführung

Die Theorie der Naturphilosophie ist gewiss das wichtigste Werk von Boscovich.¹ Sie ist auch ein bedeutender Beitrag zur europäischen und internationalen Philosophie der Natur. In diesem Werk ist Boscovichs originelle Theorie der Kurve der Kräfte und der Materiestruktur² erläutert, die Generationen von Wissenschaftlern und Philosophen beeinflusst hat und auch in der heutigen Wissenschaft ihre Aktualität besitzt.³ Die Grundidee der ganzen

¹ „Philosophiae naturalis theoria redacta ad unicum legem virium in natura existentium. Auctore P. Rogerio Josepho Boscovich Societatis Jesu publico Matheseos professore in Collegio Romano. Anno M.DCC.LVIII“. Prostat Vienna Austriae. In officina libraria Kaliwodiana. Die zweite Werkausgabe ist unter etwas geändertem Titel publiziert worden, „Theoria philosophiae naturalis redacta ad unicum legem virium in natura existentium auctore P. Rogerio Josepho Boscovich Societatis Jesu, nunc ab ipso perpolitata, et aucta, at a plurimis praecedentium editionum mendis expurgata. Editio Veneta prima ipso auctore praesente, et corrigente. Venetiis, MDCCLXIII. Ex **Typographia Remondiniana**“. Die englische Übersetzung ist unter folgendem Titel herausgegeben worden, „A Theory of Natural Philosophy. Put forward and explained by **Roger Joseph Boscovich, S.J.** Latin – English edition. From the text of the first Venetian edition published under the personal superintendence of the author in 1763. With a short life of Boscovich“ (Chicago and London.1922) (Dieselbe Übersetzung wurde veröffentlicht vom Institut of Technology, Cambridge, Massachusetts, 1966). Die lateinisch-kroatische Ausgabe ist unter folgendem Titel veröffentlicht worden, „Teorija prirodne filozofije svadena na jedan jedini zakon sila koje postoje u prirodi kojih je autor o. Ruđer Josip Bošković Družbe Isusove. On ju je sam sada dotjerao i proširio i očistio od brojnih pogrešaka. Prvo Mletačko izdanje tiskano u njegovu prisustvu i ispravljeno od njega samog. U Veneciji MDCCLXIII. Tiskara Remondini“.

² Vgl. **Željko MARKOVIĆ**, Boscovich's Theoria. In: Roger Joseph Boscovich. S.J., F.R.S., 1711–1787. Studies on his Life and Work on the 250th Anniversary of his Birth, edited by Lancelot Law White (London1961) 127–152; Ivo ŠLAUS, Forces in Modern Physics and in Bošković's 'Theoria'. In: The Philosophy of Science of Ruđer Bošković. Proceedings of the Symposium of the Institute of Philosophy and Theology, S. J., (Zagreb 1987) 101–144; Dubravko TADIĆ, Bošković's Theories on the Structure of Ma. In: The Philosophy of Science of Ruđer Bošković. Proceedings of the Symposium of the Institute of Philosophy and Theology, S. J (Zagreb 1987) 115–130; Hans ULLMAIER, Puncta, particulae et phaenomena. **Der dalmatinische Gelehrte Roger Joseph Boscovich** zund seine Naturphilosophie (Hannover-Laatzten 2005) 47–103.

³ Vgl. **William L. PEIRCE**, Boscovich and the British Chemists. In: Roger Joseph Boscovich. S.J., F.R.S., 1711–1787. Studies on his Life and Work on the 250th Anniversary of his Birth. Edited by Lancelot Law White (London 1961) 153–167; Robert E. SCHOFIELD, Boscovich and Priestley's Theory of Ma. In: Ebd. 168–172; **Alma SODNIK-ZUPANEC**, Die Entwicklung von Boškovićs Naturphilosophie in einigen philosophischen Texten der 18. Jahrhu. In: Actes du Symposium international R. J. Bošković (Beograd, Zagreb, Ljubljana 1961) 283–289; J. ZEMPLÉN, Roger Boscovich's Influence upon Physics in Hun. In: Ebd. 291–297; **Peter M. HARMAN**, Boscovich and British Natural Philosophy. In: Piers BURSILL-HALL (Hrsg.), R. J. Boscovich. Vita e attività scientifica – His Life and Scientific Work. (= Atti del Convegno Roma, 23–27 maggio 1988, Istituto della Enciclopedia Italiana) (Roma 1993) 561–575; Frank A. J. L. JAMES, Reality or Rhetoric? Boscovichianism in Britain, the Cases of Davy, Herchel and Far. In: Ebd. 577–585; L. Pearce WILLIAMS, Boscovich, Mako, Davy and Far. In: Ebd. 587–599; David B. WILSON, Boscovich and Ke. In: Ebd. 601–613; Stipe KUTLEŠA, Reception of Boscovich's Natural Philosophy in Britain. In: Interpreting Tradition and Modernity. Institut za filozofiju, (Zagreb 2004) 147–191; Hans ULLMAIER, Puncta, particulae et phaenomena. (Ann. 2) 117–137.

Boscovichschen Theorie ist in seiner bekannten Kurve der Kräfte (*curva Boscovichiana*) enthalten. Seine Theorie hat er auf die Mechanik angewandt (zweiter Teil des Werks „Theoria“) sowie auf die Physik (dritter Teil der „Theoria“). Vorausgehend sollte man in Kürze die Prinzipien anführen, in denen seine Theorie ihren Ursprung hat und die Elemente der Kräfte der Kurve erläutern.

2. Ausgangspunkte für Boscovichs Theorie der Naturphilosophie

Ausgangspunkte der Boscovichschen Theorie der Naturphilosophie sind die Prinzipien der Einfachheit und Ähnlichkeit/Analogie (*simplicitas et analogia naturae*),⁴ sowie auch das Prinzip der Kontinuität (*lex continuitatis*).⁵ Das macht die deduktive Seite der Theorie von Boscovich aus. Der empirische Ansatzpunkt für die Theorie ist die Analyse eines Problems gewesen, das zu jener Zeit im Mittelpunkt des Wissenschaftsinteresses stand: Der Zusammenstoß von Körpern, ein Problem, das eine Art Test für das Kontinuitätsprinzip⁶ darstellte. Ohne tiefer in die Analyse dieses Problems einzudringen, muss man dennoch sagen, dass der Zusammenstoß der Körper das Kontinuitätsgesetz⁷ in Frage stellen würde, da es beim unmittelbaren Kontakt der zusammenstoßenden Körper zu unumgänglicher Störung/Bruch dieses Gesetzes kommt. Boscovich setzte sich für die Bewahrung des Kontinuitätsprinzips ein, aus dem die Boscovichsche Theorie und die Kurve der Kräfte hervorgegangen sind, was den Weg in die „neue Welt“ Boscovichs freigemacht hat.

Die Boscovich-Kurve der Kräfte stellt visuell eine ziemlich komplexe Kurve dar, weshalb man ihr schwierig eine genaue analytische Form⁸ oder Formel zuweisen kann. Er selbst war sich dessen bewusst, war aber dennoch der Ansicht, dass seine Kurve der Kräfte die einfachste Form hat. Im Unterschied zu der gesamten Tradition innerhalb der man schon zu Platos Zeit die Gerade als die einfachste Kurve betrachtete, ändert Boscovich dieses traditionell festgesetzte und allgemein akzeptierte Kriterium der Einfachheit. Sein Kriterium der Einfachheit stellte gerade seine Kurve der Kräfte dar, d.h. ihre Form (Abb. 1).

⁴ Vgl. **Abhandlung von BOSCOVICH**, De viribus vivis dissertatio auctore P. Rogero Josepho Boscovich. S. J. Matheseos Professor in Collegio Romano (Romae, MDCCXLV) Sumptibus Venantii Monaldini Bibliopolae in Via Cursus. Typis Komarek. (nachfolgend = VV) Nr. 5, 9, 24, 37, 47; „Theoria Philosophiae Naturalis“ (nachfolgend = ThPhN) Nr. 28, 31, 38.

⁵ Vgl. **Abhandlungen von BOSCOVICH**, De continuitatis lege et eius consecrariis pertinentibus ad prima materiae elementa eorumque vires Dissertatio auctore P. Rogero Josepho Boscovich Societatis Jesu publico Matheseos professore in Collegio Romano (Romae MDCCLIV). Ex Typographia Generosi Salomoni. Apud Venantium Monaldini bibliopolam in via Cursus (nachfolgend = CL); Lateinisch-deutsche Ausgabe, Rogerius Josephus BOSCOVICH, De continuitatis lege – Über das Gesetz der Kontinuität (Heidelberg 2002); DERS., De lege virium in natura existentium Dissertatio habita in Collegio Romano a Patribus Soc. Jesu IV. Septembris anni MDCCLV. (Romae 1755) Typis Joannis Generosi Salomoni (nachfolgend = LV) Nr. 1, 3; VV, Nr. 45; ThPhN, Nr. 32, 39, 52, 55, 57, 62, 143–152.

⁶ ThPhN (Anm. 4) Nr. 16–18, 22, 31–38, 142–152; Zum Begriff Kontinuität im Denken von Boscovich siehe J. HOLSTMARK, Die Wandlung des Kontinuitätsbegriffs in der Physik im Laufe der Z. In: Actes du Symposium international R. J. Bošković (Beograd, Zagreb, Ljubljana 1961) 97–102; S. SAMBURSKI, Stoic Continuum Theory and Boscovich's Concept of. In: Ebd. 103–105; Ernest STIPANIĆ, Continuité de la ligne chez Bošković et Ded. In: Ebd. 115–124; Gordon G. BRITAN, The Role of the Law of Continuity in Boscovich's Theory of Matter, in: Piers BURSILL-HALL (Hrsg.) (Anm. 3). 215–227.

⁷ Usp. ThPhN, br. 39–44, 48–63, 69, 104–106.

⁸ Ebd. Nr. 11, 116.

3. Elemente der Boscovichschen Kurve der Kräfte

Die Boscovichsche Kurve der Kräfte beschreibt die zwischen zwei mikroskopischen Teilchen (Boscovichsche *puncta*, die den Elementarteilchen der heutigen Physik entsprechen) herrschende Kraft. Unter der Annahme, dass ein Teilchen sich in der Position A (Ausgangspunkt des Koordinatensystems) befindet (Abb. 1), während ein anderes Teilchen irgendwo (am beliebigen Ort) auf der Abszissenachse x liegt, dann wirkt zwischen diesen zwei Teilchen die Boscovichsche anziehend-abstossende Kraft, die durch die *curva Boscovichiana* dargestellt wird.

Es gibt drei Grundelemente der Kurve der Kräfte: (a) Bögen⁹ (asymptotische und mittlere; beide Arten können sowohl abstoßende wie anziehende Bögen sein), (b) Punkte in denen die Kurve die Abszissenachse (x -Achse) schneidet: die „Grenzen“ der Kohäsion bzw. Nonkohäsion,¹⁰ (c) Flächen zwischen der Abszissenachse und der Kurve (können endlich oder unendlich sein).¹¹

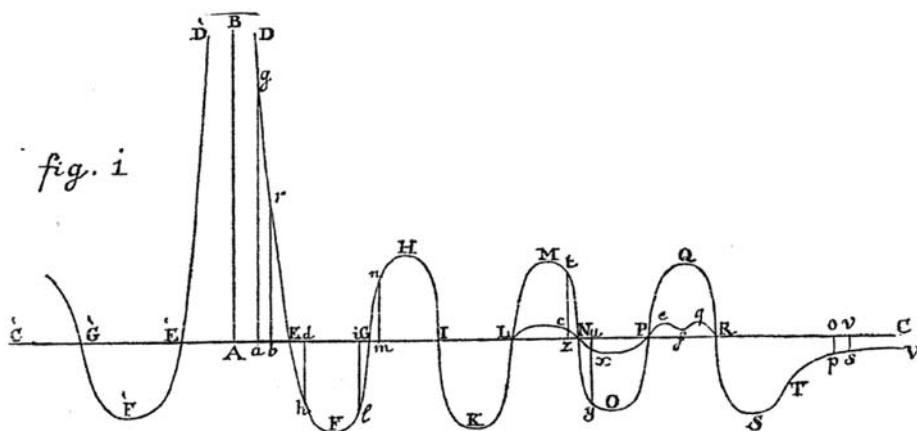


Abb. 1

Der abstoßende asymptotische Bogen ist eine originelle Annahme von Boscovich.¹² Er ist eine unmittelbare Folge von Boscovichs Bestrebungen, das Kontinuitätsgesetz aufrechtzuerhalten. Damit dies erreicht werden kann, darf es beim Zusammenstoß der Kugeln nicht zu einer direkten Berührung oder zu einer Kontinuitätsstörung kommen.¹³ Die Kraft, die den Kontakt verhindert, ist die abstoßende Kraft. Die These, dass kein Kontakt vorhanden

⁹ ThPhN, Nr. 167–178.

¹⁰ Ebd. Nr. 179–188.

¹¹ Ebd. Nr. 172–178.

¹² ThPhN, Nr. 74–80; vgl. T. P. ANGELITCH, Über das Kraftgesetz von Boscovich. In: Actes du Symposium international R. J. Bošković (Ann. 3) 151–156; Manche waren der Meinung, dass Gowin Knight als Erster die Idee von der anziehenden und abstoßenden Kraft im folgendem Werk ausgearbeitet hat, An Attempt to demonstrate, that all the Phaenomena in Nature may be explained by two simple active Principles Attraction and Repulsion, (London 1748). Boscovich hat drei Jahre davor in seiner Abhandlung „De viribus vivis“ (Von der lebendigen Kräften) 1745 die Theorie der anziehenden-abstoßenden Kräften begründet De viribus vivis (O živim silama, Von der lebendigen Kräften) (1745) Vgl. Stipe KUTLEŠA, Reception of Boscovich's Natural Philosophy in Br. (Ann. 3) 149.

¹³ ThPhN, Nr. 30, 71–73.

ist, ist eine weitere eigenartige und originelle Behauptung Boscovichs, die notwendig aus seinem Grundgesetz über die Kurve der Kräfte hervorgeht. Den zweiten asymptotischen Bogen, welcher der Gravitationsanziehung entspricht, übernimmt Boscovich von Newton, ist jedoch der Überzeugung, dass er auf sehr großen Entfernungen nicht wie $1/x^2$ abnimmt, sondern er behauptet, dass die Kurve der Kräfte die Abszissenachse sogar mehrere Male durchschneiden kann, womit er von Newtons Gravitationsgesetz abweicht.¹⁴ Wenn dem nicht so wäre, könnte es aufgrund der zwischen den Fixsternen bestehenden Anziehungskräfte zum Einsturz des Weltalls kommen. Anhand von mittleren (sich anziehenden und/oder abstoßenden) Bögen wird eine Vielzahl von Naturerscheinungen erklärt. Boscovichs Korrektur des Newtonschen Gravitationsgesetzes stellt seine Theorie nicht in Frage, vielmehr bekräftigt sie diese, indem sie eine größere Anzahl der Phänomene umfasst als das Gravitationsgesetz.

Punkte, in denen die Kurve die Abszissenachse (die die Entfernung zwischen den Teilchen darstellt) durchschneidet, nennt man Nullpunkte oder Nullstellen. Es gibt zwei Arten von Nullstellen. In diesen ist die Kraft $F = 0$, während in andern Punkten (abgesehen von Berührungen) $F \neq 0$, d.h. $F > 0$ oder $F < 0$ ist. In den Positionen E, I, N, R (im allgemeinen nennen wir diese Positionen G_K) benehmen sich die Elementarteilchen anders als in den Positionen G, L, P (allgemein G_N).

Wenn die Außenkraft das Teilchen aus der G_K Lage/Position (E, I, N, R, s. Abb. 1) in die Richtung nach A in Bewegung setzt (wo der andere Materiepunkt sich befindet), wird das Teilchen eine Position aus G_K im Bereich der abstoßenden Kraft einnehmen, und versuchen, in G_K zurückzugelangen. Bewegt die Außenkraft das Teilchen aus G_K in die andere Richtung fort, d.h. indem sie es vom Ausgangspunkt entfernt, kommt dieses in den Bereich der anziehenden Kraft und versucht wiederum die G_K Position einzunehmen. Das gleiche gilt für alle G_K Positionen. Durch eine Außenkraft in Bewegung gebrachtes Teilchen versucht in jedem Fall zurück nach G_K zu gelangen. Die G_K Punkte nennt Boscovich die Kohäsionsgrenzen (*limes cohaesiones*). Anders bei den G_N Punkten/Positionen: Ein aus G_N eine in beliebige Richtung verschobenes Teilchen wird versuchen, sich aus G_N zu entfernen. Solche Punkte nennt Boscovich die Grenzen der Nonkohäsion (*limes noncohaesiones*). Die Kurve der Kräfte innerhalb der Grenzen der Kohäsion und Nonkohäsion hängen nicht von der Dichte dieser Grenzen ab, sondern von der Neigung der Kurve zur Abszisse in der Nähe dieser Punkte.

Bei den Punkten auf der Abszisse, in denen $F = 0$ ist, sind neben den genannten Grenzen auch Berührungspunkte¹⁵ vorhanden. Diese sind ebenfalls zweiartig. Die einen widerstehen dem Zusammenziehen, die anderen dem Ausdehnen.

Die Boscovich-Kurve kann in Null-Punkten drei Tangentenarten haben: Abszissen-, Ordinaten- und eine beliebige Richtung.¹⁶ Die beiden ersten sind nach Boscovichs Ansicht selten oder gar nicht vorhanden.

Da die Kurve der Kräfte eine kontinuierliche Funktion darstellt-aus dem abstoßenden Bogen in den anziehenden und umgekehrt-aus dem anziehenden in den abstoßenden, geschieht dies durch die Grenzen, in denen die Kraft schwindet (Grenzen der Kohäsion und Nonkohäsion).¹⁷ Es gibt auch andere Grenzen oder Übergänge, wo die Kräfte nicht gleich Null sind, sondern der Übergang geschieht durch die Unendlichkeit, d.h. über die asymptotischen Zweige.¹⁸ Es sind vier solcher Fälle möglich, zwei davon sind sinnlos, d.h. die-

¹⁴ ThPhN (Anm. 4) Nr. 121–126, 399–405; Vgl. Maurice A. FINOCCHIARO, Gravity and Intelligibility in Boscovich's Natural Philosophy. In: Piers BURSILL-HALL (Hrsg.) (Anm. 3) 149–167.

¹⁵ ThPhN, Nr. 181.

¹⁶ Ebd. Nr. 184.

¹⁷ Ebd. Nr. 184.

¹⁸ Nr. 185–188.

jenigen, in denen es zum Übergang aus der anziehenden in die anziehende bzw. aus der abstoßenden in die abstoßende kommen würde (Abb. 2). Fälle 1 und 3 sind sinnlos, da sie den Berührungen in der Unendlichkeit entsprechen (die Kraft verschwindet in die Unendlichkeit und ändert ihre Richtung nicht; die anziehende bleibt anziehend, die abstoßende abstoßend). Ähnlich verhält es sich bei den klassischen Berührungen, bei denen die Kraft ebenfalls verschwindet ($F = 0$). In den Fällen 1 und 3 gibt es keine Grenzen, in den Fällen 2 und 4 sind diese vorhanden. Der Fall 2 stellt eine Kohäsion dar, während der Fall 4 für eine Nonkohäsion steht. In der Natur kommen Fälle 1, 2, 3 und 4 nicht vor, nur wenn die Kraft zu $1/x^n$ proportional ist und $n < 1$ (in diesem Fall strebt F die Unendlichkeit an). In der Natur ist der Fall 4 möglich, aber nur wenn die Kraft proportional mit $1/x^n$ ist, und $n > 1$. In den Berührungsfällen kann man nicht von Grenzen reden.

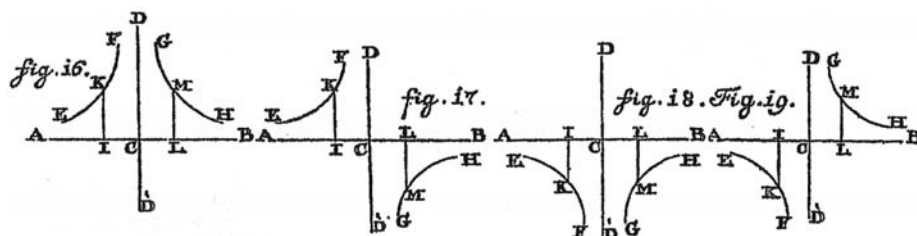


Abb. 2

4. Eigenschaften der Materie

Aus der Charakteristik der Kurve der Kraft folgen Eigenschaften von Grundelementen der Materie wie auch die allgemeinen und besonderen Körpereigenschaften und -unterschiede zwischen ihnen.¹⁹

Unter die allgemeinen Eigenschaften der Körper zählt Boscovich folgende hinzu: Undurchdringlichkeit, Ausdehnung, Gestalt, Volumen, Masse, Dichte, Trägheit, Beweglichkeit, Bewegungskontinuität, Aktion und Reaktion, Teilbarkeit, Vereinbarkeit, Unveränderbarkeit der ersten Materieelemente, Gravitation, Kohäsion, Austausch (Wechsel), Transformation.

Besondere Eigenschaften der Körper umfassen: Verschiedenheit der Teilchen und der Masse, Unbiegsamkeit (Starrheit) und Fluidität der Körper, Elastizität und Weichheit, chemische Reaktionen (Schmelzen, Ablagern, Adhäsion, Verschmelzen, Fermentieren, Ausdünsten), Feuer, Lichtausströmung, Duft, Geschmack, Klang (Ton), Elektrizität, Magnetismus u.a.

4. 1. Allgemeine Eigenschaften

4.1.1. Die Einfachheit der Grundelemente der Materie

Die Einfachheit geht aus den asymptotischen abstoßenden Kräften hervor, die auf sehr kleinen Entfernungen nicht zulassen, dass ein Teil der Materie an einen anderen angeschmiegt (zusammengefügt) wird, d.h. die Grundelemente der Materie sind nicht komplex, sondern einfach.²⁰ Aus Einfachheit geht nicht notwendigerweise die Unteilbarkeit hervor. Die Grundelemente könnten kompliziert, aber trotzdem unteilbar sein. Komplexe Teilchen

¹⁹ ThPhN, Nr. 358–9; Vgl. ULLMAIER, *Puncta, particulae et phaenomena.*(Anm. 2) 70–103.

²⁰ ThPhN (Anm. 4) Nr. 81–82.

(Partikel) als Ganzheit wirkten anhand von abstoßenden Kräften und ließen keinen Kontakt zu, während zwischen den Teilen eines zusammengesetzten (komplexen) Teilchens nur anziehende Kräfte bestünden. Boscovich lehnt diese Möglichkeit wegen der Homogenität, der möglichen Störung der Kontinuität (des Fortbestehens) sowie des möglichen Bestehens von zwei Kohäsionen in der Natur ab. Ein Teil des zusammengesetzten und unteilbaren Teilchens würde gegenüber anderen seiner Teile auf gleichen Entfernungen sowohl anziehende als auch abstoßende Kräfte zeigen, was der Homogenität widerspricht. In den zusammengesetzten und unteilbaren Teilchen gibt es keine Naturkraft, welche die Teile auseinander bringen würde, aber die Göttliche Kraft könnte das freilich zustande bringen. In diesem Falle würden sich Teilchen, den Naturkräften überlassen, gegenseitig anziehen und es käme zur Störung der Kontinuität. In der Natur bestünden zwei Kohäsionsarten, von denen eine von den zusammengesetzten Teilchen stammen würde und die andere von den Teilen des komplexen Teilchens.

4.1.2. Ausdehnungslosigkeit

Desgleichen erfolgt Ausdehnungslosigkeit nicht aus der Einfachheit. Einfache und unteilbare Elemente könnten ausgedehnt sein (virtuelle Dehnbarkeit). Gott ist einfach und allgegenwärtig. Boscovich beweist, dass es bei der Materie keine virtuelle Ausdehnung gibt. Ausdehnungslosigkeit wird aufgrund der Unmöglichkeit des Sprunges beim Übergang aus der Vakuumdichte in echte Dichte bewiesen. Sie würde Sprunghaftigkeit aufweisen, wenn die Teilchen zusammengesetzt oder virtuell dehnbar wären. Ein anderer Grund ist die Möglichkeit der unendlichen Dichte, was bei ausdehnungslosen Materiepunkten möglich wäre.²¹ Worin besteht die Problemerkennung des ausdehnungslosen Materiepunktes? Die Idee davon können wir nicht unter Zuhilfenahme unserer Sinne bekommen, da wir mit Sinnen die Idee von der Materie, Ausdehnung u.ä. bekommen. Die Idee des ausdehnungslosen Punktes erhalten wir anhand Reflexion und zwar in zweifacher Weise: negativ-durch die Negation der Idee von Ausdehnung und positiv-aus der Geometrie. Aber, was ist mit dem Materiepunkt? Boscovich unterscheidet zwischen mathematischen Punkten und physischen Materiepunkten. Letztere sind mit Kräften der Trägheit und aktiven Kräften behaftet und rufen in unseren Sinnen wahrnehmbare Bewegung hervor. Boscovichs Gegner berufen sich auf die Induktion um zu beweisen, dass es keine ausdehnungslosen und einfachen Materieelemente gibt. Er nennt ein Gegenargument: es gibt keine Beweise, dass die ganz winzigen Teilchen dehnbar sind.

4.1.3. Unteilbarkeit, Unveränderbarkeit, Undurchdringlichkeit und Homogenität

Aus Einfachheit, Unteilbarkeit und Ausdehnungslosigkeit geht Unteilbarkeit hervor. Während der Raum bis ins Unendliche teilbar ist, ist es die Materie dagegen nicht. Die Masse kann nicht in mehrere Punkte aufgeteilt werden als diese sie enthält.

Aus Einfachheit, Unteilbarkeit und Ausdehnungslosigkeit geht hervor, dass Grundelemente der Materie unveränderbar sind.²² Aus dem asymptotischen abstoßenden Bogen folgt, dass es zur Berührung der Teilchen nicht kommen kann, insbesondere nicht zur „Kompenetration“ (Durchdringung), da dies diejenige Kraft nicht zulässt, die ins Endlose wächst.²³ Nur Göttliche Kraft könnte eine Kompenetration herbeiführen.²⁴ Ohne abstoßende asymptotische Kräfte bestünde keine Undurchdringlichkeit, vielmehr könnten

²¹ ThPhN (Anm. 4) Nr. 88, 91, 132–141.

²² Ebd. Nr. 88, 91, 132–141.

²³ Ebd. Nr. 360–371.

²⁴ Ebd. Nr. 366–374

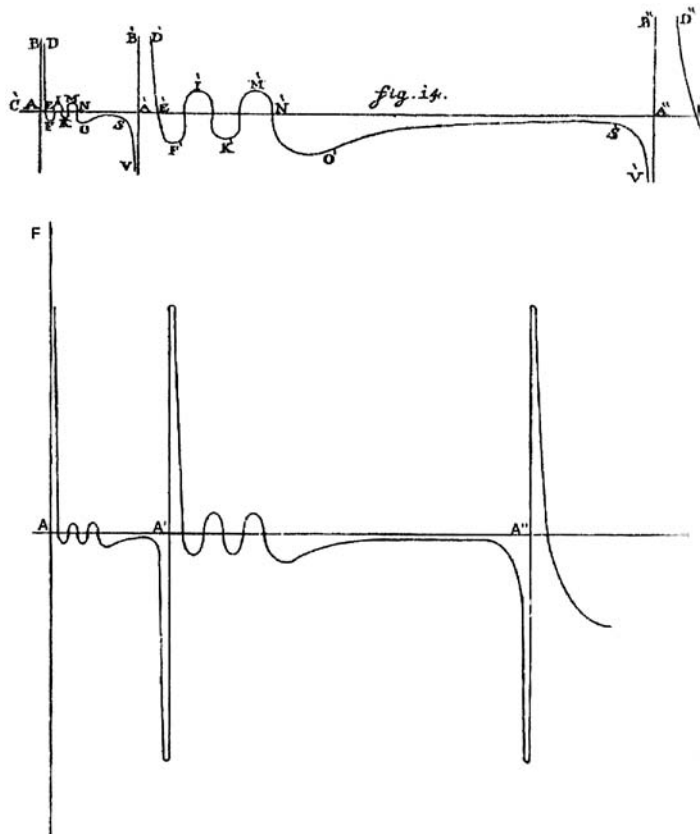


Abb. 3

Teilchen und Massen ineinander eindringen. Massen könnten sich gegenseitig hindurch verschieben ohne eine Störung ihrer Innenstruktur (Strukturveränderung) zu bewirken. Das alles ist bei sehr kleinen Geschwindigkeiten möglich. Boscovich führt das Beispiel an, dass man durch geschlossene Türen oder Wände hindurch gehen könnte, wenn man sehr hohe Geschwindigkeit erreichen könnte.²⁵ Wenn wir uns an hohe Geschwindigkeit gewöhnten, hätten wir keine Idee von Undurchdringlichkeit. Undurchdringlichkeit ist also eine Folge unserer Erfahrung, die wir bei kleinen Geschwindigkeiten machen. Bei hohen Geschwindigkeiten kommt es zur Veränderung unserer Erfahrung. Daraus ergibt sich die wichtige Schlussfolgerung, dass eine Änderung der Position (d.h. Bewegung) eine Änderung von Raum- und Zeiteigenschaften bewirkt, was später die Relativitätstheorie aufgezeigt hat, die besagt, dass sich allgemein anerkannte Eigenschaften von Körpern (Massen), Raum und Zeit (Kontraktion und Dilatation) bei sehr hoher Geschwindigkeit ändern. Bei Boscovich ist es möglich, dass dies grundsätzlich auch bei niedrigeren Geschwindigkeiten geschieht.²⁶

Die Folge des Vorhandenseins von abstoßenden Kräften ist die Undurchdringlichkeit von Elementarteilchen der Materie oder Materiepunkten. Wenn asymptotische abstoßende Bögen vorhanden sind (oder sehr hohe aber endliche abstoßende Bögen), dann könnten die sich auf einer Entfernung, die geringer ist als der Abstand zwischen vertikalen Asympto-

²⁵ ThPhN (Anm. 4) Nr. 370.

²⁶ Vgl. Stipe KUTLEŠA, Boškovićs Theorie von Raum- und Zeitverhältnissen. In: *Synthesis Philosophica*, vol. 8. fasc. 2, No. 16 (Zagreb, 1993) 271–292.

ten, befindlichen Punkte/Teilchen keine erhöhte Entfernung erzielen, während Punkte, die eine größere Entfernung hätten, wegen dieser asymptotischen Kräfte keine geringere Entfernung erzielen könnten (Abb. 3). Ähnlicherweise würde ein sich zwischen Asymptoten befindlicher Körper zum undurchdringlichen Festkörper werden. Solche Massen könnten die ganze Welt ausmachen. Sie wären undurchdringlich. Boscovich spricht von der Idee der Existenz von mehreren parallelen Welten. Diese Idee ähnelt der zeitgenössischen Idee der Quark-Gefangenschaft (quark's confinement) in der modernen Wissenschaft.²⁷ Es sind drei Ursachen für Undurchdringbarkeit möglich: Körpernatur, Gesetz Gottes, etwas Drittes.

Wenn Undurchdringlichkeit existiert, würde dies zur Störung der Kontinuität führen (MacLaurin; Maupertius), und wenn die Kontinuität aufrechterhalten würde, müsste man die Eigenschaft der Undurchdringlichkeit aufgeben (Leibniz). Boscovich lehnt keine dieser Eigenschaften ab, behält sie vielmehr beide, indem er die These von der Unmöglichkeit der Berührung einführt.

Boscovich führt zwei Arten von Undurchdringlichkeit an: die eine, die aus abstoßenden Kräften hervorgeht (es existiert keine Berührung) und die andere, die aus der Ausdehnungslosigkeit der materiellen Punkten hervorgeht (Unwahrscheinlichkeit der Rückkehr des Materiepunktes in den räumlichen Punkt in dem er jemals irgendein materieller Punkt gewesen ist). Undurchdringlichkeit kann auch für zusammengesetzte Teilchen vorhanden sein.

Die Kurve der Kräfte hat gleiche Elemente für alle materiellen Punkte, woraus folgt, dass allen Materiepunkten Undurchdringlichkeit, Gravitation, aber auch durch mittlere Bögen beschriebene Kräfte gemeinsam sind. Alle Materiepunkte sind also homogen (gleichartig).²⁸ Obgleich homogen, bilden sie unterschiedliche zusammengesetzte Teilchen vorzugsweise durch verschiedene Anordnungen und Unterschiede der Kombinationen. Boscovich vergleicht dies mit der begrenzten Anzahl von Buchstaben mit denen die unüberblickbare Menge der Bücher voll geschrieben ist. Und Buchstaben sind von gleichartigen Punkten zusammengesetzt.

4.1.4. Ausdehnung der Materie

In der Tradition hat man angenommen, dass eine kontinuierliche Ausdehnung der Materie existiert.²⁹ Boscovich akzeptiert das nicht. Er hält das für eine pure Hypothese. Ausdehnung folgt nämlich aus der Undurchdringlichkeit, d.h. aus der Tatsache, dass einige Materieteile außerhalb anderer liegen. Es ist sogar unwahrscheinlich, dass auf einer Geraden mehr als zwei Punkte liegen und auf einer Ebene mehr als drei Punkte. Boscovich unterscheidet zwei Arten von Ausdehnung: physische und mathematische. Ausdehnung ist physisch kontinuierlich, mathematisch jedoch nicht. Sie besteht nämlich nicht nur aus materiellen Punkten, sondern auch aus Abstandsrelationen zwischen den Punkten. Mathematische ununterbrochene Ausdehnung bestünde dort, wo keine Unterbrechungen (*interruptiones*) zum Vorschein kämen. Im Falle der physischen Ausdehnung gibt es kleine reale Abstände, die mit Sinnen nicht wahrgenommen werden können.

Hinsichtlich der Frage, wie ohne aktuelles Kontinuum Geometrie existieren kann, antwortet Boscovich, dass Geometrie imaginär und ideell sei.

Woher kommen die Ideen der ununterbrochenen Ausdehnung und Berührungen? Sie stammen aus den Sinnen. Diese sind begrenzt und können kleine Abstände nicht registrieren, weshalb sie uns eine Vorstellungen/Anschein vermitteln, dass diese Abstände nicht existieren. Aus diesem Grunde sagen uns unsere Sinne, dass es sich um eine ununter-

²⁷ Vgl. Philip M. RINARD, Quarks and Boscovich. In: American Journal of Physics, 44 (7), 1976, 704–705.

²⁸ ThPhN (Anm. 4) Nr. 91–92.

²⁹ Ebd. Nr. 371–376.

brochene (kontinuierliche) Ausdehnung handelt. Doch, die Sinne täuschen uns, so Boscovich. Deshalb schlägt er vor, die Schlüsse aufgrund von Reflexionen und nicht basiert auf unsere Sinne zu ziehen.

Boscovich bricht mit der materialistisch-korpuskularen Theorie der Materie und begründet eine erste echte dynamistisch-atomistische Theorie (Boscovichsche Wende).

Boscovichs fundamentale einfache, unteilbare, undeformbare, undurchdringliche, homogene Materieteilchen schaffen den klassischen Substanzbegriff ab und es bestehe, so wurde Boscovich vorgeworfen, kein Unterschied zwischen seinen materiellen Teilchen und dem Geist.³⁰

Boscovich weist solche Einwände ab und erklärt, dass sich Geist und Materie darin unterscheiden, dass Materie bemerkbar und undurchdringlich ist und über keine Denkfähigkeit verfügt, was für den Geist wohl nicht gilt.

5. Zusammensetzung und Struktur der Materie

Mittels seiner Kurve der Kräfte analysiert Boscovich die einfachsten Fälle zusammengesetzter Systeme, zuerst die aus zwei materiellen Punkten bestehenden,³¹ dann auch die komplexeren mit drei³² und mehreren Punkten. Er spricht von den einfachen, undeformbaren Punkt-Teilchen, aus denen die Teilchen erster Ordnung aufgebaut werden, die ihrerseits Teilchen zweiter, dritter, ... Ordnung aufbauen. Das könnte man mit Quarks, elementaren Kernbausteinen (Protonen, Neutronen), Atomen, Molekülen, ... vergleichen.³³ Er erklärt die Ruhepositionen der Teilchen (in den *limites cohaesiones*) und die ihre Bewegung (außerhalb der Ruhelagen) sowie Oszillationen, die größer sind um die Grenzen der Nonkohäsion als um die Grenze der Kohäsion herum. Mit unterschiedlichen Bewegungen und Oszillationen erklärt er Phänomene der Gärung, Verbrennung, Lichtemission, Elastizität, Körperweichheit, Verbiegung, Zusammenziehen, Ausdehnen u.ä. In den letzten drei Fällen ändert sich die Länge der Stange, wenn wir aber diese Änderungen nicht wahrnehmen, denken wir, dass die Stange unbiegsam und hart ist. In der Natur kommen solche Stangen nicht vor, sagt Boscovich.

5.1. Das Boscovichsche „Atommodell“

Die wichtigste Anwendung der Theorie Boscovichs ist allenfalls das Modell, welches man bedingt das Boscovichsche „Atommodell“ nennen kann. Es handelt sich um ein 3-Punkte-System, in dem sich zwei Punkte in den beiden Brennpunkten (Fokusse) einer Ellipse befinden, während sich der dritte auf ihr bewegt³⁴ (Abb. 4). Eine einfache Analyse unter Anwendung der Boscovichschen Kurve auf diesen Fall

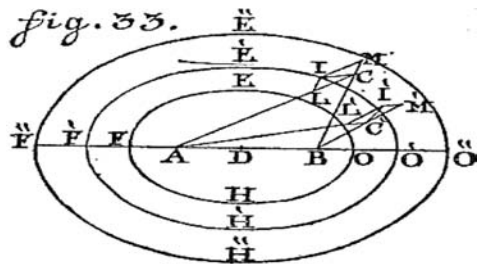


Abb. 4

resultiert in einer wichtigen und zu seiner Lebzeit eigenartigen und unerwarteten Behauptung: das Teilchen kann sich nicht auf allen möglichen Ellipsen, sondern nur auf einigen speziellen bewegen, was in die Natur eine Diskontinuität einführt, wie sie erst der Quantenmechanik Anfang des 20-ten Jahrhunderts zu eigen wurde.

³⁰ ThPhN (Anm. 4) Nr. 153–157.

³¹ Ebd. Nr. 189–204.

³² Ebd. Nr. 204–237.

³³ Vgl. ULLMAIER, *Puncta, particulae et phaenomena* (Anm. 2) 70–103.

³⁴ ThPhN (Anm. 4) Nr. 229–237.

5.2. Übergang auf die Makrokörper

In der Betrachtung der Weise, wie die Materie aus punktuellen „Atomen“ aufgebaut ist, gelangt Boscovich zu einigen wichtigen Schlussfolgerungen. Einfache, unausgedehnte Punkte (*puncta*) können komplexere Teilchen bilden (Teilchen der ersten Ordnung) aus denen noch komplexere Teilchen zusammensetzen sind (Teilchen zweiter und höherer Ordnung) und so weiter bis zu den makroskopischen Körpern. Dabei ist die Erkenntnis von Bedeutung, dass die Unterschiede zwischen den komplexen Teilchen bestimmt werden durch die inneren Anordnungen der Teilchen niedrigerer Ordnung, aus denen sie bestehen. Somit gelangt Boscovich zum Begriff der chemischen Struktur, was eine Entdeckung der späteren Ära darstellt. Anhand der Unterschiede zwischen den Teilchen und den zwischen ihnen wirkenden Kräften können chemische Prozess erklärt werden (wie z.B. Auflösen, Ablagern, Schmelzen, Mischen der Substanzen untereinander, Verdunsten, Teilchenemission, Verbrennen, Kristallisieren, Fermentieren), aber auch andere Körpereigenschaften (Festigkeit, Weichheit, Elastizität, Biegsamkeit, Festigkeit/Bruch, Fluidität der Körper, Viskosität, Feuchtigkeit, Resistenz von Fluiden u.ä.).³⁵ Boscovichs erläutert mit seiner Theorie aber auch noch komplexere Phänomene wie z.B. Geschmack, Duft, Geräusch, Tastsinn, Wärme, Elektrizität, Magnetismus u.a.³⁶

Auch in seinem Verständnis von anderen Grundeigenschaften der makroskopischen Körper unterscheidet sich Boscovich von seinen Zeitgenossen.³⁷ Für ihn ist der Formbegriff (*Gestalt-figurabilitas*) problematisch und unbestimmt, da Grenzen der Körper nicht mit der kontinuierlichen Oberfläche enden. Damit hängt auch die Unklarheit des Begriffs des Rauminhalts (Volumen) zusammen, aber auch der Begriff der Masse in Hinsicht darauf, dass Boscovich die Masse als die Anzahl der im Körper enthaltenen Punkte deutet. Deswegen können makroskopische Körper nicht endlos zerteilt werden, sondern nur bis zu einer bestimmten Grenze. Materie kann nicht in mehr Teile gegliedert werden als sie selbst Punkte enthält. Aber die Materie kann bis ins Unendliche aufgebaut werden, denn zwischen zwei beliebige Materiepunkte kann ein weiterer Punkt eingefügt werden, ohne dass es dabei zu einer Berührung kommt.

Bei der Anwendung seiner Theorie auf die Masse und auf Systeme von Massen greift Boscovich auch die Frage auf, ob ihre Gesetze von der von ihm aufgestellten Deutung ebenso gut beantwortet werden wie von anderen Theorien. Diese Gesetze betreffen: Gravitationszentrum (Schwerpunkt), Gleichheit von Aktion und Reaktion, Theorie des Zusammenstosses, Zusammensetzen und Trennen von Kräften, Lehrsätze über Kräfte, die auf Masse einwirken sowie die Anwendung dieser Lehren bei der Bestimmung des Gleichgewichtszentrums, des Hebelgesetzes, des Oszillationszentrums des Fluiddrucks, des Zusammendrückens sowie des Ausfließens von Flüssigkeit u.ä.³⁸ All diese erlangten Erkenntnisse Boscovichs bringen nichts Neues, außer dass sie zeigen, dass die Boscovichsche Theorie auf alle bekannten Errungenschaften der damaligen Mechanik und Physik ihre Anwendung finden kann. Es mag wohl seine Absicht gewesen zu sein, aufzuzeigen, dass seine Theorie zu keinen von den in der Wissenschaft bereits gemachten Einsichten abweichende Schlussfolgerungen darbietet. Boscovich war freilich dessen bewusst, dass seine Theorie zu Erkenntnissen gelangt, welche von der damalige Wissenschaft nicht wahrgenommen werden konnten. Die Trächtigkeit der Theorie von Boscovich bezeugt sich nämlich darin,

³⁵ ThPhN (Anm. 4) Nr. 426–450; Vgl. Alistair M. DUNCAN, Boscovich's Solution to the Problems of the Chemists, the Newtonian Tradition versus the Autonomy of Chemistry. In: Piers BURSILL-HALL (Hrsg.) (Anm. 3) 307–319.

³⁶ ThPhN (Anm. 4) Nr. 503–515; Vgl. ULLMAIER, *Puncta, particulae et phaenomena* (Anm. 2). 98–103.

³⁷ ThPhN (Anm. 4) Nr. 377–383, 516–524.

³⁸ ThPhN (Anm. 4) Nr. 240–358.

dass sie bis zu dieser Zeit unbekannte Folgen hat präsumieren lassen, die ihn als Wissenschaftler zum Vorboten neuer Ideen machen, die ihren Weg in die Umsetzung innerhalb der Wissenschaft erst viel später gefunden haben.

6. Das Licht

Wie es für alle Körper gilt, besteht auch Licht aus Teilchen. Boscovich ist in seinem Verständnis von Licht ein echter Anhänger Newtons (Newtonianer), da er die korpuskulare Lichttheorie befürwortet. Er entscheidet sich sogar ausdrücklich gegen Huygens Wellentheorie des Lichtes. Aus Boscovichs Theorie heraus lassen sich leicht alle bekannten optische Phänomene erklären.³⁹ Doch zwei seiner Schlussfolgerungen gehen den späteren Ergebnissen der Wissenschaft voraus. Boscovich hat behauptet, dass Lichtteilchen in den Körpern Zusammenstöße in den Körperteilchen hervorrufen und Wärme produzieren, welche in der Lage ist, den Körper zum Brennen zu bringen (anzuzünden). Auf diesen Gedanken Boscovichs hinweisend sah Lord Kelvin in ihm den Vorläufer der Thermodynamik und der kinetischen Gastheorie.⁴⁰ Lichtteilchen rufen auch das Phänomen der Luminiszenz hervor.⁴¹ Deswegen betrachtet man ihn als den Vorreiter/Vorkünder dieser Theorie. Manche Auffassungen Boscovichs von Licht sind allerdings durchaus archaisch. Entsprechend der damals vorherrschenden Auffassung sieht er in Licht ein Fluid (Lichtfluid), spricht von Licht als einer Art Fermentation, missdeutet Lichtdichte, verweilt weiter unter dem Einfluss der peripatetischen Ideen u.ä. Dessen ungeachtet war Boscovich selbst ziemlich zuversichtlich, dass seine Theorie *außerordentlich vorteilhaft bzw. leistungsfähig ist und fördernd in allen wie auch anspruchsvollen Diskussionen und speziellen Problemen der Physik*.⁴²

7. Zeitgenössische Bedeutung der Theorie von Boscovich

Schlussfolgernd kann man zusammenfassen, dass Boscovichs Theorie und ihre Anwendung auf Mechanik und Physik davon zeugen, dass sie in vielen Folgerungen ihrer Zeit vorausgingen und einige davon sogar heute noch zeitgemäß und aktuell sind: 1. Boscovichs Kurve der Kräfte ähnelt Kurven, die Kräfte zwischen Atomen darstellen sowie zwischen Molekülen in Festkörpern und Nukleonen im Atomkern, 2. Boscovichs Materiepunkte gleichen den Quarks und Leptonen in der Physik des 20sten Jahrhunderts, 3. Boscovichs Idee bzw. Vorstellung von der Existenz isolierter Welten kommt der Quark-Gefangenschaft (Confinement) gleich, 4. Boscovichs einziges Kräftegesetz ist immer noch unrealisiertes Ideal der zeitgenössischen Wissenschaft, die eine Unifikation/Vereinheitlichung aller bekannten in der Natur vorkommenden Kräfte anstrebt, 5. Boscovichs Atommodell ist ein direkter Vorläufer der Bohrschen Idee von der Quantisierung der Elektronenbahnen im Atom, 6. Mit seiner Auffassung von Raum und Zeit ist Boscovich Vorläufer einiger Behauptungen/Lehrsätzen der Relativitätstheorie, 7. Seine Idee von der Möglichkeit einer kausalen Beschreibung der Realität geht dem bekannten deterministischen Prinzip von P. S. Laplace voraus, 8. Noch vor J. W. R. Dedekind hat Boscovich ausdrücklich das Kontinuum der Realzahlen formuliert, 9. Er hat die Vorstellung von Fraktalen gehabt, 10. In der Geodäsie ist er der Urheber der Theorie der Isostasie gewesen.

³⁹ Ebd. Nr. 299–306, 471–502.

⁴⁰ William Thomson (Lord Kelvin) spricht ausdrücklich von Boscovichs kinetischer Theorie von Kristallen, Flüssigkeiten und Gasen. In: William THOMSON, *Molecular Constitution of Matter*. (= Edinb. Roy. Soc. Proc., XVI, 1890) 701–707.

⁴¹ Vgl. S. R. FILONOVIČ, *Luči, volni, kvanti*, Nauka, (Moskva 1978) 179.

⁴² ThPhN (Anm. 4) Nr. 515.

Das alles zeigt, dass Boscovichs Lehre nicht nur eine Theorie der Vergangenheit ist, deren Untersuchung man auf eine bloß historische Perspektive beschränken könnte.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden die Grundvoraussetzungen der Boscovichschen Philosophie der Natur kurz beschrieben und danach wird etwas ausführlicher auf die Anwendungen seiner Theorie auf die Erklärung der Probleme der Mechanik und Physik eingegangen. Die Elemente der Boscovichschen Kurve der Kräfte und ihre physikalische Bedeutung werden erklärt und die daraus folgenden Schlüsse diskutiert. Boscovich versucht, die Fragen zu beantworten, was Materie ist, welche Kräfte darin wirken, was für eine Struktur sie hat und woher das alles stammt. Er betont häufig, dass seine Theorie alle damals bekannten Naturerscheinungen gleich gut oder besser als die anderen Theorien erklärt, dass aber seine Theorie einfacher sei. Er erörtert die allgemeinen Eigenschaften der Körper (Undurchdringlichkeit, Ausdehnung, Gestalt (*figurabilitas*), Masse, Dichte, Trägheit, Gravitation usw.) als auch besondere Eigenschaften, wie die Verschiedenheit der Teilchen und der Massen, die Arten der Körper, chemische Reaktionen usw.

Boscovich analysiert die Bewegungszustände der Systeme von zwei oder mehr Materialpunkten und Massen, zwischen denen die Boscovichschen Kräfte wirken, wobei der Fall der drei Punkte auf einer Ellipse der interessanteste ist. Man könnte ihn als Boscovichsches Atommodell auffassen, das die Idee der Diskontinuität in die Natur einführt, was das Hauptkennzeichen der Quantenmechanik ist. Die Theorie von Boscovich erklärt auch alle klassischen Probleme der Mechanik und Physik: Schwerpunkt, Zusammenstoß, Bewegung auf der schiefen Ebene, Pendel, Parallelogramm der Kräfte, Fernwirkung, Erklärung der Lichterscheinungen, des Kluges, der Wärme, der elektrischen und magnetischen Erscheinungen.

Manche Schlussfolgerungen Boscovichs waren sehr fortschrittlich und ihrer Zeit weit voraus, aber es gibt auch Folgerungen, die Reflexe von archaischen Auffassungen waren, die der heutigen Wissenschaft völlig fremd sind.