

ZUM INDIVIDUATIONSPROBLEM DER KLASSISCHEN MECHANIK

Oliver Schliemann

*XII. Deutscher Kongress für Philosophie
München, September 2011*

Vorbemerkung

Der Titel meines Vortrags „Zum Individuationsproblem der klassischen Mechanik“ suggeriert, es gäbe ein Individuationsproblem der klassischen Mechanik (KM). Das gibt es allerdings allenfalls in einem eingeschränkten Sinne, den ich im Laufe dieses Vortrags erläutern werde. Vielmehr gibt es stattdessen ein allgemein ontologisches Problem, nämlich die Unvereinbarkeit von relationaler Raumauffassung und dem *principium identitatis indiscernibilium* (PII). Ich beginne mit einer kurzen Darstellung des PII (1) und entwickle sodann im 2. Teil das „Individuationsproblem“ aus den für den Vortrag relevanten Grundzügen der KM. Im 3. Teil erörtere ich die philosophische Bedeutung des Problems und präsentiere im 4. Teil eine mögliche klassische Lösung.

1. PII und Blacks Gegenbeispiel

Das Prinzip der Identität des Ununterscheidbaren (*principium identitatis indiscernibilium*) behauptet, dass sich zwei Dinge niemals in allen ihren Eigenschaften gleichen. In seiner starken Variante, der gemäß man die in Rede stehenden Eigenschaften lediglich als innere oder intrinsische Eigenschaften der Gegenstände zu verstehen hat, ist dieser Satz als ein metaphysischer, auf Allgemeingültigkeit Anspruch erhebender Satz intuitiv zunächst nicht besonders überzeugend. Denn es besteht offenkundig zumindest kein logischer Widerspruch in der Annahme, dass es zwei Dinge mit exakt denselben inneren, aber verschiedenen äußeren Eigenschaften geben könnte. Man könnte sich etwa an verschiedenen Stellen des Raumes durchaus zwei Kugeln von exakt gleicher Größe und Beschaffenheit denken.¹

Dagegen scheint das PII an Plausibilität zu gewinnen, wenn man unter den in Rede stehenden Eigenschaften nicht bloß die inneren/intrinsischen, sondern auch die äußeren bzw. relationalen Eigenschaften der Dinge versteht. Denn da erfahrungsgemäß jedes Ding

¹ Nicht einmal Leibniz, der grundsätzlich das PII in seiner starken Form vertritt, scheint dieses für ein analytisches Prinzip zu halten, da er dieses Prinzip ausdrücklich auf seine Monadenlehre gründet und es sogar als Paradoxon bezeichnet (vgl. *Metaphysische Abhandlung*, § 9, PS, Bd. I, S. 77).

zumindest in je einzigartigen raumzeitlichen Beziehungen zu allen übrigen zu stehen scheint, liegt es tatsächlich nahe, das nach *allen* Eigenschaften Ununterscheidbare als identisch aufzufassen. Allerdings ist auch diese schwächere Variante des PII angegriffen worden, am wirkmächtigsten in Max Blacks „The Identity of Indiscernibles“ von 1952 (*Mind*, 61: 153-64). Nach Black wären zwei nach ihren intrinsischen Eigenschaften ununterscheidbare Kugeln auch unter Berücksichtigung ihrer äußeren Eigenschaften nicht voneinander unterscheidbar, wenn sie sich in einem Universum befänden, in dem sie die einzigen Gegenstände sind. Denn hinsichtlich ihrer raumzeitlichen äußeren Eigenschaften ließen sich beide dann gleichermaßen lediglich dahingehend bestimmen, dass sie in je derselben Entfernung zu der anderen Kugel stehen. Sie wären dann aber als eigenschaftsgleiche Kugeln ununterscheidbar und daher gemäß dem PII und entgegen der Voraussetzung miteinander identisch.

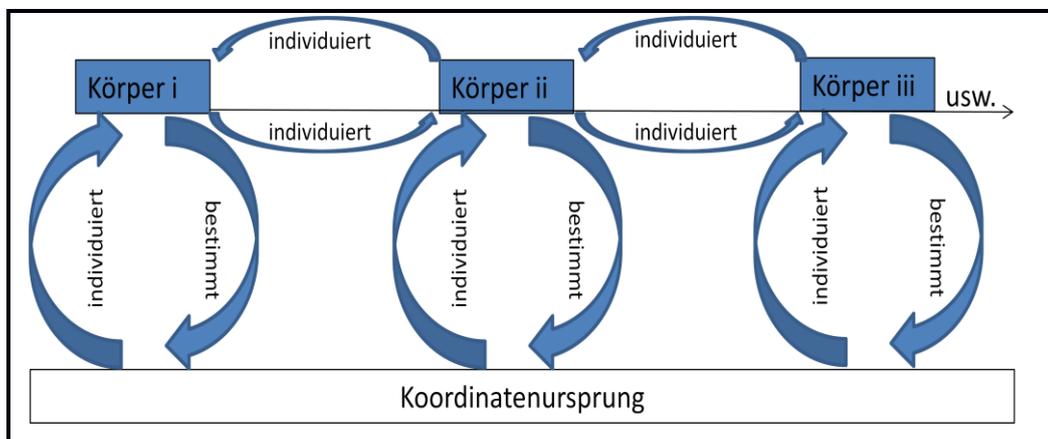
2. Unverträglichkeit von PII und relationaler Raumauffassung in KM

Man kann sagen, dass in der klassischen Mechanik (KM) Gegenstände (d.h. in ihrer einfachsten Form: die Massepunkte) anhand ihrer raumzeitlichen Eigenschaften individuiert werden. Ihre raumzeitliche Lokalisation ist das Kriterium ihrer Identität und Distinktheit und insofern gilt in der KM das PII, und zwar in seiner schwachen Variante.² Nun beginnt man in der KM die Beschreibung der Bewegungen damit, dass man im Raum einen festen Bezugspunkt für die sich bewegenden Körper als den Ursprung des Koordinatensystems setzt. Es genügt, dass dieser Ursprung relativ zu den sich in diesem System bewegenden Körpern unbewegt ist, und insofern kann man außerdem sagen, dass der KM eine relationale Raumauffassung zugrunde liegt.

Die KM verbindet somit die Geltung des PII mit einer relationalen Raumauffassung. Daraus ergibt sich aber allem Anschein nach eine gewisse Schwierigkeit, nämlich ein Zirkel- oder Regressproblem: Im Gebrauch der KM bestimmen wir *im Sinne der relationalen*

² Vgl. Castellani/Mittelstaedt (1997): „Das Principium Identitatis Indiscernibilium in der Physik“. *Dialogisches Handeln. Eine Festschrift für Kuno Lorenz*. Astroh, Gerhardus, Heinzmann (Hrsg.). Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag. 19-31. S. 20 und 23. – Die Geltung des PII in der Quantenmechanik ist noch umstrittener Gegenstand der Diskussion, vgl. ebd. sowie French (2006): „Identity and Individuality in Quantum Theory“. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, ed. Edward N. Zalta, abgerufen am 29.10.2010, <<http://plato.stanford.edu/entries/qt-idind/>>.

Raumauffassung den Ursprung unseres Koordinatensystems dadurch, dass dieser im Verhältnis zu den eigentlich zu untersuchenden Körpern unbewegt ist, das heißt, wir setzen diese offensichtlich bereits als distinkte, von einander unterschiedene Gegenstände voraus. Umgekehrt beruht aber *zufolge der Geltung des schwachen PII* die Verschiedenheit und Identität der Gegenstände auf ihrer raumzeitlichen Lokalisation und ist insofern abhängig von ihrer Beziehung auf den Koordinatenursprung oder zumindest auf andere Körper. Die Individuation der Körper erfordert also *entweder* die vorgängige Individuation anderer Körper *oder* die vorgängige Bestimmung des Koordinatenursprungs. Im zweiten Fall bewegen wir uns in einem Zirkel, da ja die Bestimmung des Koordinatenursprungs nur in Bezug auf bereits bestehende Körper möglich ist. Die vorgängige Individuation von anderen Körpern zur Lokalisation einer ersten Körpergruppe führt dagegen entweder ebenfalls in einen Zirkel oder aber in einen infiniten Regress, denn auch diese Körper lassen sich ja nur in Bezug auf den Koordinatenursprung oder in Bezug auf andere Körper individuieren. Ersteres führt in den Zirkel, letzteres in den Regress (oder ebenfalls in einen Zirkel, wenn man nur eine endliche Zahl von sich gegenseitig voraussetzenden Körperkonstellationen annimmt).



Das obige Schaubild soll das beschriebene Zirkel-/Regressproblem veranschaulichen. Die verschiedenen Pfeile gelten nicht alle zugleich, sondern veranschaulichen verschiedene Möglichkeiten von Begründungsverhältnissen. So wird das Regressproblem lediglich durch die oberste Pfeilreihe dargestellt, der gemäß ein beliebiger Körper i durch sein räumliches Verhältnis zu einem Körper ii individuiert wird, dieser wiederum durch einen Körper iii usw. ad infinitum. Das Zirkelproblem ist dagegen in zwei Grundvarianten denkbar, entweder indem sich beliebige Körper gegenseitig individuierten (die beiden obersten Pfeilreihen), oder aber durch ihr Verhältnis auf den Koordinatenursprung individuiert werden, der seinerseits allerdings nur im Verhältnis zu einem Körper (bzw. zu einer Gruppe von Körpern) bestimmt werden kann (vertikal verzeichnete Pfeile).

Es sieht daher so aus, als könne man die Individuation von Gegenständen nicht befriedigend erklären, wenn man sich sowohl für die Geltung des PII als auch für einen relationalen Raum ausspricht. Es sieht so aus, als seien relationale Raumauffassung und PII nicht miteinander verträglich.

3. Inwiefern ist das Zirkel-/Regressproblem ein Problem?

Nun lässt sich an dieser Stelle fragen, ob dieses Zirkelproblem tatsächlich ein Problem der KM ist, und die Antwort lautet, mit einer gewissen Einschränkung: Nein, eigentlich nicht. Ich erläutere zunächst, weshalb die Antwort negativ ausfällt, und sodann die gewisse Einschränkung:

Die KM findet einen einfachen Ausweg aus dem beschriebenen Zirkelproblem. Sofern es sich bei ihr um ein Begriffssystem zur Beschreibung der Bewegung von Körpern handelt, ist die Individuation dieser Körper nämlich schon geschehen; die Körper sind schon da, bevor die KM überhaupt ins Spiel kommt. Die KM *erschafft* ja nicht die materielle Welt, sondern symbolisiert lediglich vorhandene (oder denkbare) Körper durch Massepunkte, um ihre Bewegungen zu beschreiben. Insofern sattet die KM bei der Individuation ihrer Gegenstände, den Massepunkten, quasi auf eine Individuation der Körper auf, die ganz unabhängig von ihr bereits in der materiellen Welt besteht. Im Verhältnis zu den Massepunkten bestimmt sie dann einen (relativ) unbewegten Fixpunkt als den Ursprung des Koordinatensystems. Als ein System der bloßen Bewegungsbeschreibung hat die KM selbst also nicht das beschriebene Zirkel-/Regressproblem. Diese soeben gegebene Lesart der KM möchte ich die „*formale*“ Lesart nennen.

Das Zirkel-/Regressproblem bestünde in der KM allerdings durchaus, wenn man sie als ein *ontologisches* System verstehen wollte. Als ein solches wären ihre Prinzipien des relationalen Raums und der Ununterscheidbarkeit des Identischen nicht nur Prinzipien der *Beschreibung* materieller Körper und ihrer Bewegung, sondern müssten als Prinzipien des *Daseins*, das heißt als „*Seinsgründe*“ der materiellen Welt verstanden werden. Es ist schwer vorstellbar oder wäre zumindest erläuterungsbedürftig, wie diesen ersten „*Seinsgründen*“ noch andere Prinzipien vorausgehen könnten, die einen ähnlichen Ausweg aus dem Zirkel-/Regress eröffneten, wie er für die formale Lesart der KM besteht. In ihrer ontologischen Lesart bestünde das Zirkel-/Regressproblem für die KM damit sehr wohl. Allerdings

nötigt in meinen Augen nichts zu dieser Lesart, weshalb ich als vorläufiges Ergebnis dieser Untersuchung zunächst lieber etwas unspezifischer festhalten möchte, dass in einem ontologischen System zumindest *prima facie* die Behauptung eines relationalen Raums nicht mit der Behauptung des PII vereinbar ist.

Dieser Befund lässt zunächst vor allem in historischer Hinsicht aufhorchen, schließlich ist Leibniz ein prominenter Vertreter sowohl des PII als auch des relationalen Raums. Hätte man sich also angesichts dieses Zirkel-/Regressproblems die mühsame Leibnizlektüre einfach schenken können? Auch hier ist die Antwort „Nein“. Zwar behauptet Leibniz sowohl die Geltung des PII als auch die Relationalität des Raums, aber Leibniz vertritt das PII in seiner *starken* Variante. Nach Leibniz lassen sich nicht einmal zwei Dinge finden, die nach ihren intrinsischen Eigenschaften einander völlig gleich sind. Nichtidentität äußerer Eigenschaften ist für ihn nur eine Folge der Nichtidentität der intrinsischen Merkmale.³ Zwar hatte ich gleich eingangs Zweifel an der Plausibilität der starken Variante des PII angemeldet. Da ich aber diese Variante hier nicht behandelt habe, gelten für sie auch nicht die hier formulierten Ergebnisse. Das starke PII würde vielmehr eine eigene Prüfung erfordern, die im Falle von Leibniz auch in größerem Umfang seine Metaphysik berücksichtigen müsste, soweit sie ihn nämlich zur Annahme des starken PII bewegt. Es ist also wichtig zu betonen, dass die Unvereinbarkeit von relationaler Raumauffassung und PII lediglich für das schwache PII gilt.

Man könnte an dieser Stelle den Einwand erheben, es sei eine unzulässige Verallgemeinerung, von der Unvereinbarkeit einer relationalen Raumauffassung mit dem schwachen PII in der ontologischen Interpretation der KM auf die generelle Unvereinbarkeit dieser beiden Positionen in ontologischer Hinsicht überhaupt zu schließen. Die Individuationschwierigkeiten der KM in ihrer ontologischen Interpretation bestehen gemäß der angestellten Analyse insbesondere darin, dass der zur Bewegungsbeschreibung notwendige Koordinatenursprung nicht bestimmt werden kann, wenn die Gegenstände nicht bereits individuiert sind, deren Individuation umgekehrt jedoch wiederum in Bezug auf diesen Koordinatenursprung gedacht werden muss. Es ist aber fraglich, ob jede Ontologie, welche sowohl eine relationale Raumauffassung als auch die Geltung des schwachen PII vertritt,

³ „Keine äußere Bestimmung ist so schlechthin äußerlich, dass sie keine innere Bestimmung als ihren Grund hat.“ Leibniz an de Volder im April 1702, *GP* II 240 („Nam in loco esse non est nuda extrinseca denominatio: imo nulla datur denominatio adeo extrinseca ut non habeat intrinsecam pro fundamento.“).

ebenfalls die Festlegbarkeit eines Koordinatenursprungs behaupten muss.⁴ Dieser Einwand übersieht allerdings, dass die oben vorgelegte Argumentation gegen die Vereinbarkeit von relationaler Raumauffassung und schwachem PII nicht nur eine Zirkularität in der Bestimmung eines zu bestimmten Körpern relativen Koordinatenursprungs und den in ihrer Individuation von diesem Ursprung abhängigen Körpern ausmacht, sondern ebenfalls eine Zirkularität bzw. einen infiniten Regress in der Individuation von Körpern in Abhängigkeit von anderen Körpern. Sofern man einen relationalen Raum als einen solchen versteht, der durch das Verhältnis von wenigstens zwei Körpern zueinander bestimmt ist, scheint eine relationale Raumauffassung, die mit dem schwachen PII verbunden wird, zumindest auf diese lediglich im Verhältnis der Körper zueinander gegründeten Schwierigkeiten zu stoßen.

4. Absoluter Raum vermeidet das Zirkel-/Regressproblem

Der soeben präzierte Befund, wonach in einer ontologischen Theorie die Behauptung eines relationalen Raums nicht mit der Geltung des schwachen PII vereinbar ist, wirft die Frage nach alternativen Theorien auf. Diese Alternativen liegen naturgemäß in der Modifikation von einem oder beiden der konfligierenden Prinzipien. Eine mögliche Alternative habe ich mit Leibniz' starker Variante des PII soeben bereits erwähnt. Eine aus historischen Gründen näherliegende Alternative besteht allerdings wohl darin, anstatt eines relationalen einen absoluten Raum zu postulieren und dagegen das schwache PII unangetastet zu lassen. Offenkundig ließe sich unter Annahme eines absoluten Raums das Zirkel-/Regressproblem der Individuation vermeiden. Denn die Individuation der Körper wäre in diesem Falle *nicht* an die vorgängige Individuation anderer Körper gebunden, sei diese nun unmittelbar erforderlich oder vermittelt durch die Bestimmung eines Koordinatenursprungs, der seinerseits nur in Bezug auf bereits vorausgesetzte Körper gesetzt werden kann. Das von allen Körpern unabhängige Individuationsprinzip der Körper wäre vielmehr der absolute Raum, in Bezug auf welchen allen Körpern eine eindeutige Position zukäme, durch die sie als identisch mit sich selbst und verschieden von anderen Körpern bestimmt wären.

Unter der Annahme eines *absoluten* Raums wäre außerdem auch Blacks Einwand gegen das PII hinfällig. Die Behauptung, die beiden Kugeln in Blacks Universum seien ununter-

⁴ Ich danke Richard Bernstein für diesen Einwand.

scheidbar, ist nämlich nur dann wahr, wenn man einen relationalen Raum zugrunde legt.⁵ Denn nur dann sind ihre jeweiligen Positionen ausschließlich durch die Entfernung zu der je anderen Kugel bestimmt. Nur dann ist die relevante relationale Eigenschaft dieser beiden Kugeln, ihre raumzeitliche Position, *dieselbe*, nämlich „steht in Entfernung x zu Y “.

Vor dem Hintergrund eines *absoluten* Raumes sind die beiden Kugeln dagegen keineswegs ununterscheidbar, da ihre raumzeitlichen Positionen ja gerade nicht relational, sondern absolut bestimmt wären. Einer Kugel kommt die Eigenschaft zu „befindet sich an Position xyz “, der anderen hingegen „befindet sich an Position uvw “. Die „äußeren“ Eigenschaften von Blacks Kugeln sind in diesem Falle verschieden, die beiden Kugeln sehr wohl unterscheidbar und der Umstand, dass es sich um zwei Kugeln handelt, auch unter Geltung des PII nicht verwunderlich.⁶ Blacks Szenario liefert also nur unter Voraussetzung eines relationalen Raums ein Beispiel für zwei ununterscheidbare, aber distinkte Gegenstände und damit ein Gegenbeispiel für das PII. Blacks Szenario indiziert daher gar kein grundsätzliches Problem des PII, sondern beruht auf der gezeigten Unverträglichkeit einer relationalen Raumauffassung mit dem PII.

5. Ergebnis

Es versteht sich, dass mit den vorgetragenen kurzen Überlegungen der traditionsreiche philosophische Disput darüber, ob der Raum relational oder absolut sei, nicht gelöst ist. Hier ist lediglich der Vorzug der absoluten Raumauffassung gegenüber der relationalen herausgestellt worden, mit dem schwachen PII vereinbar zu sein, und das allein sagt noch

⁵ Es ist nicht ganz klar, ob der Disput zwischen den beiden Dialogpartnern A und B auch schon in in Blacks Dialog auf unterschiedlichen Raumauffassungen beruht. B, als Gegner des PII, vertritt anscheinend eine relationale Raumauffassung, insofern für ihn die Bestimmtheit der Orte von den Gegenständen abhängt: „This sounds as if you thought the places had some independent existence, though I don't suppose you really think so. To say the spheres are in "different places" is just to say that there is a distance between the two [...].“ A's Antwort darauf scheint dagegen durchaus eine unabhängige Existenz des Ortes und damit einen absoluten Raum zu implizieren: „When I said they were at different places I didn't mean simply that they were at a distance from one another. That one sphere is in a certain place does not entail the existence of any other sphere.“ Black 1952, S.158.

⁶ Katherine Hawley (2009) unterscheidet drei Arten, auf Gegenbeispiele gegen das PII zu reagieren, die „identity“- die „discerning“- und die „summing defence“ (S.106). Insofern die hier vorgelegte Behandlung des Blackschen Einwands gegen das PII auf die Unterscheidbarkeit der beiden Kugeln im Rahmen einer absoluten Raumauffassung hinweist, hat sie eine gewisse Ähnlichkeit mit der sogenannten „discerning defence“. Allerdings unterscheidet sich diese Verteidigung davon insofern, als sie auf einer Kritik der Ausgangsbedingungen von Blacks Beispiel beruht und dieses nicht als ein allgemeingültiges Gegenbeispiel gegen das PII versteht.

nicht besonders viel aus. Denn dafür, dass man das schwache PII – sei es in seiner schwachen Variante, sei es überhaupt – vertreten sollte, habe ich nicht eigens argumentiert.

Überhaupt kann die Verträglichkeit eines metaphysischen Prinzips mit einem anderen metaphysischen Prinzip für sich genommen keinen zureichenden Grund für die Annahme dieser Prinzipien abgeben, wie gerade die traditionelle Debatte darüber, ob der Raum absolut sei oder relational, zeigt. Für Leibniz war ein wichtiges Argument für den relationalen und gegen den absoluten Raum, dass sich seines Erachtens nur die Körper und ihre relativen Bewegungen empirisch beobachten lassen – im Gegensatz zu einem absoluten Raum. Und bekanntlich zielt Newtons Eimerversuch genau darauf ab, einen solchen empirischen Beleg für den absoluten Raum zu liefern, so dass auch Newton die Empirie als eine beschränkende Bedingung metaphysischer Sätze anzuerkennen scheint. Meines Wissens ist die gegenwärtige Physik uneins in der Frage, ob man den Raum nun als absolut oder relational begreifen sollte⁷, so dass auch von Seiten der „Empirie“ zumindest vorerst keine Entscheidungshilfe zu bekommen und die Frage als offen zu betrachten ist.

Dennoch bleibt die Untersuchung nicht ergebnislos. Auch wenn kein Urteil in der Frage gefällt werden kann, ob der Raum relational oder absolut ist, so lässt sich weiteren Untersuchungen doch insofern ein Rahmen setzen, als man sich zumindest nicht ohne weiteres sowohl für einen relationalen Raum als auch für die Geltung des schwachen PII aussprechen kann. Denn wie in diesem Vortrag gezeigt wurde, ist die Behauptung eines relationalen Raums mit dem schwachen PII im Rahmen einer ontologischen Theorie unverträglich.

Literatur

Bartels, Andreas: „Der ontologische Status der Raumzeit in der Allgemeinen Relativitätstheorie“. Im Erscheinen.

Black, Max (1952): „The Identity of Indiscernibles“, *Mind*, 61: 153-64.

Castellani, Elena/Mittelstaedt, Peter (1997): „Das Principium Identitatis Indiscernibilium in der Physik“. *Dialogisches Handeln. Eine Festschrift für Kuno Lorenz*. Astroh, Gerhardus, Heinzmann (Hrsg.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. 19-31.

French, Steven (2006): „Identity and Individuality in Quantum Theory“. *The Stanford Encyc-*

⁷ Vgl. Bartels, Andreas: „Der ontologische Status der Raumzeit in der Allgemeinen Relativitätstheorie“. Im Erscheinen.

lopedia of Philosophy, ed. Edward N. Zalta, abgerufen am 29.10.2010, <<http://plato.stanford.edu/entries/qt-idind/>>.

Hawley, Katherine (2009): "Identity and Indiscernability". *Mind*, 118: 101-119.

Leibniz, Gottfried Wilhelm: *Die philosophischen Schriften von Gottfried Wilhelm Leibniz*. Hrsg. von C. I. Gerhardt, 7 Bde., Berlin: 1875–1890 (= *GP*).

Ders.: *Philosophische Schriften*. Hrsg. und übers. von Wolf von Engelhard und Hans Heinz Holz. 2. Auflage (¹1966), Frankfurt: Suhrkamp 2000.