

Diskussion mit Martin Bojowald

- Vom Autor für Martin Bojowald verfasstes Papier mit
„Hintergrundinfo zur Textpassage über Schleifen-Quantengravitation“1
- Textausschnitt aus Band III der Studienreihe zur Schleifen-Quantengravitation3
- Martin Bojowalds Reaktion auf die beiden Texte7
- Antwort des Autors auf Martin Bojowalds Reaktion8
- Martin Bojowalds Reaktion auf die Antwort des Autors11

Hintergrundinfo zur Textpassage über Schleifen-Quantengravitation

Thema meiner Studienreihe ist das Verhältnis von Subjekt und Objekt im Erkenntnisprozess. Das tradierte Realitätsverständnis der Naturwissenschaften setzt beobachtungsunabhängig vorhandene Eigenschaften der Gegenstände voraus und ist daher nicht vereinbar mit den Entdeckungen der modernen Physik, welche die Annahme einer wesentlich engeren Verzahnung von Subjekt und Objekt im Erfahrungsvorgang nahe legen. Ausgangsthese der Studienreihe ist die Behauptung, dass es bisher weder der Physik noch der Erkenntnistheorie gelang, diesen Widerspruch aufzulösen, dass man also **trotz** aller gegenteiligen Beteuerungen im Grunde immer noch an einem objektivistischen (ich nenne es auch ‚ontologischen‘) Weltbild festhält, in welchem letztlich kein Platz bleibt für das Subjekt. Die Studienreihe versucht besagte Ausgangsthese zu belegen und auf Basis dieser Kritik eine Sicht des Erkenntnisprozesses zu entwickeln, welche dem Subjekt den ihm zukommenden Stellenwert zugesteht.

Um besagte Sicht auf den Erkenntnisprozess im philosophischen Diskurs zu verorten, bezeichne ich sie als einen **transzendentalen Pragmatismus**. Letzterer kann (für den vorliegenden Zweck) durch folgende fünf Thesen stichwortartig umrissen werden:

1. Die Tätigkeit des Erkennens ist keine sich selbst genügende Praxis, sondern von ihrem Stellenwert für die Orientierung des Handelns her zu verstehen. Denn der **Sinn** jeder naturwissenschaftlichen Aussage über ein Objekt besteht nur in den aus ihr ableitbaren Handlungsmöglichkeiten (bezüglich des betreffenden Objekts), und ihr **Wahrheitsgehalt** bemisst sich bloß an der Erfolgchance der an ihr orientierten Handlungen.
2. Den obersten methodischen Grundsatz eines derart verstandenen Erkennens bezeichne ich als das **erkenntnistheoretische Äquivalenzprinzip**. Dieses ist eine Verallgemeinerung der von Einstein virtuos gehandhabten Methodik und besagt, dass Erkennen nie etwas anderes war, ist oder sein wird als die **Rückführung des Unbekannten auf das Bekannte**, wobei jede derartige Rückführung zu der Einsicht führt, dass etwas bislang Unbekanntes als äquivalent mit einer bereits bekannten Erscheinung anzusehen ist, **weil** es sich so wie diese **verhält** und man sich ihm gegenüber daher selbst vermutlich so verhalten kann, wie gegenüber dem bekannten Phänomen.
3. Eine der wichtigsten Konsequenzen aus der kontinuierlichen Anwendung dieses Äquivalenzprinzips ist die folgende: Weil elementarste Schichten dessen, was uns immer schon bekannt ist, praxisbewährte Gewissheiten enthalten, die unsere zwischenmenschlichen Kontakte zum Gegenstand haben, unterstellen wir auch sämtlichen Strukturen des Objektbereiches eine jenen sozialen Beziehungsmustern ähnelnde Form. Konkret bedeutet dies, dass wir (unbeschadet aller anderslautenden Glaubenssätze!) in unserer tatsächlichen Alltags- und Wissenschaftspraxis
 - jedes Objekt nach dem Muster eines Interaktionspartners als **virtuelles Subjekt** behandeln,
 - sämtliche Wirkungen bzw. Wechselwirkungen zwischen den Objekten nach dem Vorbild von sozialen Handlungen bzw. Interaktionen denken (weshalb alle Arten von Kausalität Abbilder verschiedener Typen von sozialen Wechselwirkungen sind)
 - und schließlich mit dem durch die Gesetzesform ausgedrückten Zwangscharakter der auf die Objekte projizierten Wirkungsmuster die Steuerungsmacht unserer Handlungsregeln nachbilden.

In ihrem Zusammenspiel ergeben die Äquivalenzbeziehungen zwischen den von uns im Objektbereich wahrgenommenen Ordnungsmustern und der Form unserer eigenen Interaktionen ein geschlossenes Gefüge, das als ein aller Objekterkenntnis zugrunde liegendes ‚**Kommunikationsschema**‘ bezeichnet werden kann.

4. Aus der Auffassung des Gegenstands als ein virtuelles Subjekt folgt ein weiterer elementarer Methodengrundsatz aller naturwissenschaftlichen Erkenntnis, den ich als das **Stellvertreterprinzip** bezeichne. Es besagt, dass wir den als virtuelle Subjekte aufgefassten Gegenständen auch virtuelle Erfahrungen zuschreiben, welche sie im Zuge ihrer Interaktion mit anderen Gegenständen von letzteren (bzw. von deren Verhalten) machen. Dies führt dazu, dass wir lernen, die Welt mit den ‚Augen‘ unserer Gegenstände zu sehen, bzw. (umgekehrt ausgedrückt), dass diese Gegenstände stellvertretend für uns Erfahrungen und Realität konstituieren können. Nur aus diesem Grund sind Ereignisse wie der ‚Urknall‘ bzw. nie betretbare Sphären des Universums, wie etwa ‚Schwarze Löcher‘ für uns genau so real wie etwa Länder, die wir selbst zwar noch nie bereisten, von denen aber unsere Mitmenschen berichten.
5. Das letzte der von mir ausgemachten Grundprinzipien allen naturwissenschaftlichen Erkennens bezeichne ich als **allgemeines Komplementaritätsprinzip**. Es ist genau wie das oben erwähnte Äquivalenzprinzip die philosophische Generalisierung eines methodischen Grundsatzes der modernen Physik und muss hier erwähnt werden, weil es bei der Konstitution (=bei der das Handeln bzw. Verhalten begleitenden Erzeugung) unserer Erfahrung von Raum und Zeit eine entscheidende Rolle spielt. Es ist schwieriger als die zuvor genannten Grundsätze in wenigen Worten zu erläutern, und ich möchte hier bloß zwei zugegebenermaßen etwas vage Hinweise geben:
 - a. Seine kontinuierliche Anwendung läuft darauf hinaus, dass wir aufgrund der praktischen Notwendigkeit unser Handeln zu steuern, bei unserem Wahrnehmen bzw. Beobachten jedes Erleben eines **äußeren Sinneseindrucks** mit der **Selbsterfahrung** jenes Handelns verknüpfen, welches dem betreffenden Sinneserlebnis zugrunde liegt. So registrieren wir etwa zugleich mit jedem äußeren Sinneseindruck, ob wir uns im Zuge seines Erlebens selbst bewegten, oder ob wir dabei ruhten, ob sein Erleben in einem Zustand eigener körperlicher Aktivität oder Passivität erfolgte, usw.
 - b. Diese für erfolgreiche Selbststeuerung des Handelns notwendige kontinuierliche Verknüpfung von äußerer Wahrnehmung und komplementärer Selbstwahrnehmung wird erst ermöglicht durch eine entsprechend komplementäre Struktur sämtlicher Grundbegriffe der Physik (bzw. der unser Alltagshandeln steuernden Alltagsphysik). Ich analysiere im Zuge meiner Studienreihe jenen dem Komplementaritätsprinzip geschuldeten Aufbau des physikalischen Begriffsapparats und kann dabei etwa zeigen, dass wir nur deshalb zwischen einem Nebeneinander und einem Nacheinander verschiedener Ereignisse unterscheiden, weil wir zugleich mit dem Erleben der betreffenden Sinneseindrücke registrieren müssen, ob wir uns im Zuge dieses Erlebens selbst bewegten oder ruhten.

Ich glaube, dass man erst durch eine solche Klärung der Frage **wieso** (=aus welchen praktischen Gründen) wir überhaupt zwischen einem Nebeneinander und einem Nacheinander verschiedener Ereignisse unterscheiden, und **wie** wir bei dieser Unterscheidung vorgehen, zum tiefsten Kern der Bedeutung von Raum und Zeit vorstößt und kann Ihnen, sofern Sie es wünschen, gern die Details meiner diesbezüglichen Analyse übermitteln.

Textausschnitt aus Band III der Studienreihe zur Schleifen-Quantengravitation¹

...

Und so wie die Struktur des physikalischen Raumes von den konkreten Lagerungseigenschaften der Objekte abhängt, derer wir uns bei seiner Vermessung bedienen², hat auch seine Unterteilbarkeit ihre ‚natürlich‘ vorgegebene Grenze in den genannten Eigenschaften der betreffenden Gegenstände. Das bedeutet, daß physikalische Räume stets so etwas wie eine kleinste Einheit aufweisen, also quantisiert sind. Jede weitere Unterteilung einer solchen Einheit führt dazu, daß man zugleich zur Verwendung anderer raumvermessender Objekte übergehen muß, welche dann dem Raum ihre noch kleinteiligeren Strukturen aufprägen.

Die eben skizzierte Überlegung zur Frage der Teilbarkeit des Raumes ist zu unterscheiden von aktuellen Bestrebungen zur Weiterentwicklung der Gravitationstheorie, welche unter dem Titel ‚Schleifen-Quantengravitation‘ laufen und ebenfalls dazu führen, daß man dem physikalischen Raum einen quantisierten Aufbau zuschreibt. Um die Differenz zwischen beiden (in keinerlei Widerspruch zu einander stehenden) Argumentationen verstehbar zu machen, gilt es zunächst den Gedankengang der Gravitationstheoretiker zu umreißen.³

Seine Ausgangsbasis ist die allgemeine Relativitätstheorie, die beschreibt, wie sich die Struktur der Raum-Zeit im Nahebereich großer Massen derart ändert, daß räumliche oder zeitliche Abstände in Abhängigkeit vom Ausmaß der Energiedichte der jeweiligen Materie kleiner werden. Ziel der an diese Einsicht anknüpfenden Überlegungen ist die Lösung des sogenannten ‚Singularitätsproblems‘ der allgemeinen Relativitätstheorie, welches darin besteht, daß deren Gleichungen bei kontinuierlicher Annäherung an den als Urknall bezeichneten Zeitpunkt größtmöglicher Energiedichte der Materie versagen. Sie zeigen nämlich, daß die räumlichen oder zeitlichen Ausdehnungen in diesem Moment beliebig klein werden, was zu der inakzeptablen Schlußfolgerung führt, daß sich in jenem kritischen Augenblick „die Form der Raum-Zeit bei beliebig kleinen Ortsänderungen (oder Zeitänderungen) unendlich stark ändern würde“⁴.

Die erwähnten Gravitationstheoretiker versuchen dieses Problem zu lösen, indem sie die zentralen Konzepte der allgemeinen Relativitätstheorie und der Quantentheorie kombinieren, mit anderen Worten also davon ausgehen, daß sich die von der Energiedichte der Materie verursachte Modifikation der Maßstäbe der Raum-Zeit nicht kontinuierlich sondern diskret vollzieht. Als Folge davon verändert das Universum nach dem Urknall (und natürlich auch jetzt noch) „seine Größe nicht kontinuierlich, sondern in kleinsten Sprüngen - es wächst Stein um Stein. Nur weil die Bausteine sehr klein sind, ... findet das Wachstum scheinbar kontinuierlich statt.“⁵

Damit ist klar, daß die Quantifizierungshypothese der modernen Gravitationstheorie sich dem Raum aus einem anderen Blickwinkel nähert als das zuvor dargestellte Quantisierungs-Argument: Letzteres legt den Finger auf den Umstand, daß der physikalische Raum immer ein **von uns gemessener** Raum ist, weshalb sich in seiner uns erscheinenden Struktur notwendigerweise der diskrete Aufbau der als Maßstäbe verwendeten Materialien spiegelt. Die

¹ *Achtung bei Zitierungen aus dem vorliegenden Text: Weder die Seitenangaben noch die Nummern der Fußnoten stimmen mit den entsprechenden Angaben in der Buchpublikation überein.*

² Zum Zusammenhang zwischen den Lagerungseigenschaften der zur Vermessung des Raumes verwendeten Objekte und den Strukturen des Raumes vgl. Einstein, A. (1921)

³ Vgl. die ausführliche Darstellung dieses Gedankengangs in Bojowald, M. (2009)

⁴ A.a.O. Seite 48

⁵ A.a.O. Seite 106

angesprochenen Gravitationstheoretiker dagegen vermuten (ohne es derzeit schon experimentell beweisen zu können) eine „quantentheoretische Natur der Raum-Zeit-Bühne“ selbst und sind somit der Ansicht, daß der physikalische Raum als solcher völlig unabhängig von seiner Vermessung diskret strukturiert ist.⁶

Da sich der vorliegende Text der Aufgabe verschrieben hat, ontologische Illusionen des herkömmlichen physikalischen Weltbildes aufzulösen, darf dieses Kapitel nicht enden ohne einen abschließenden Hinweis auf den ins Extreme gesteigerten **Objektivismus** jener in der Theorie der Schleifen-Quantengravitation zum Ausdruck kommenden neuen Sicht des Gravitationsproblems:

Er äußert sich in der Annahme, die Raum-Zeit sei ein (auf bestimmte Weise strukturiertes) Objekt, das genauso dinglichen Charakter besitzt wie die uns in Teilchengestalt oder als mechanischer Körper erscheinende Materie. Demgegenüber weist die hier präsentierte Studie (wie schon zuvor erwähnt) nach, daß der Raum nichts anderes ist als ein Orientierungsrahmen der Subjekte (sprich: Beobachter), der sich dadurch konstituiert, daß diese alle Objekterfahrungen auf ihren eigenen, im Zuge des Erfahrens bzw. Beobachtens erlebten Bewegungszustand beziehen, wobei man jene Konstitutionsleistung durch Projektion (Stichwort: Stellvertreterprinzip) auf die als virtuelle Subjekte bzw. virtuelle Beobachter fungierenden Objekte überträgt, so daß letztere ebenfalls in die Lage versetzt werden, durch ihre Bewegungen Raum zu konstituieren.⁷

Die physikalische Kosmologie ist, ohne das selbst zu begreifen, der beste Zeuge für die Richtigkeit dieser These von der Konstitution des Raumes durch menschliche bzw. virtuelle Subjekte. Denn warum hat für sie das Universum und mit ihm der Raum eine Grenze, die sich ausgehend vom Punkt des Urknalls immer mehr nach außen verschiebt? doch nur deshalb, weil die Bewegungen aller Körper, Teilchen und Strahlungen von der mittleren Dichte des Energiegehalts der in ihrer jeweiligen Umgebung vorhandenen Materie abhängen. Denn letztere bestimmt zu jedem Zeitpunkt die maximale Reichweite der Bewegung von Körpern, Teilchen und Strahlen, welche dann ihrerseits erst den Raum und dessen Ausdehnung konstituiert.

Am einfachsten läßt sich die Differenz zwischen beiden Betrachtungsweisen anhand der in (zeitlicher) Nähe des Urknalls bzw. im (räumlichen) Nahebereich von Schwarzen Löchern gegebenen Situation demonstrieren. Die objektivistische Sicht der Dinge beschreibt die in beiden Fällen gegebene Situation so: „Hier werden die Gravitationskräfte so groß, daß räumliche ... Abstände immer kleiner werden und am Ende ganz verschwinden.“⁸ Aus transzendentaler Perspektive bedeutet dies dagegen ein so starkes Anwachsen der Kräfte, daß Bewegung immer schwieriger und am Ende ganz unmöglich wird, weshalb die räumliche Orientierung der virtuellen Subjekte sich auf immer kleinere Maßstäben beziehen muß, um am Ende völlig überflüssig, d.h. **sinnlos** zu werden - denn jede Orientierung bezieht ihren Sinn nur von dem zu orientierenden Verhalten her. Wenn somit Bewegung (als das zu orientierende Verhalten) unmöglich wird, verliert auch jede räumliche Bestimmung (als Orientie-

⁶ Bei ihnen ersetzt „das Bild von einem sprunghaften Universum, dessen Struktur auf kleinsten Skalen eher durch ein diskretes Gewebe als durch eine glatte Raum-Zeit gegeben ist, das Bild der Raum-Zeit als Gummituch, wie es in der allgemeinen Relativitätstheorie bemüht wird.“ A.a.O., Seite 113

⁷ Diese nichtobjektivistische Sicht auf Raum und Zeit leugnet in keiner Weise die Einsicht der allgemeinen Relativitätstheorie, daß zwischen der Metrik des raumzeitlichen Orientierungsrahmens und der Materie ein dynamischer Wechselbezug besteht. Jenes quantitative Abhängigkeitsverhältnis führt aber zu keiner Aufhebung der eben skizzierten qualitativen Differenz zwischen Raum bzw. Zeit einerseits und Materie andererseits.

⁸ A.a.O. Seite 44 f.

rungsmarke) ihren Sinn, was das transzendente Pendant zur objektivistischen Vorstellung vom Verschwinden des als Ding gedachten Raumes ist.

Wird an diesem Bezug der räumlichen Strukturen auf die Gestalt der sie konstituierenden Bewegung festgehalten, dann ist das eingangs entfaltete Argument zur Begründung des diskreten Charakters des physikalischen Raumes dahingehend zu ergänzen, daß man neben der Quantenstruktur der bei der **Vermessung** des Raumes verwendeten Objekte auch eine potentiell vorhandene diskrete Struktur der für die **Konstitution** des physikalischen Raumes verantwortlichen Bewegungen zu berücksichtigen hat. Während der erste der beiden Aspekte dazu führt, daß alle Raumvermessungen notwendig diskreten Charakter aufweisen, ist der zweite dafür verantwortlich, daß wir dem physikalischen Raum als solchem (und in weiterer Folge der Raum-Zeit) möglicherweise auch unabhängig von jeder Vermessung diskrete Strukturen zuzuweisen haben.

Wird die Theorie der Schleifen-Quantengravitation unter diesem nicht-objektivistischen Gesichtspunkt betrachtet, dann erhebt sich sofort die Frage, welche Bewegung es ist, deren diskreter Charakter nichtkontinuierliche Raum-Zeit erzeugt. Um diese Frage beantworten zu können, gilt es zunächst einen kurzen Blick auf das Verhältnis zwischen dem realen Erfahrungsraum der Physik und dem idealen Raum der mathematischen Modelle der Gegenstände des Physikers zu werfen:

In der herkömmlichen physikalischen Theorie sieht dieses Verhältnis aus transzendentaler Perspektive folgendermaßen aus: Ausgangspunkt aller Überlegungen zur Struktur des Raumes ist hier stets der reale physikalische Gegenstand (Körper oder Teilchen), welcher in seiner Funktion als virtuelles Subjekt durch seine vom Menschen beobachtete Bewegung die Strukturen des physikalischen Raums konstituiert. Die Funktionsgleichung des Physikers dagegen ist bloß eine ideale Nachkonstruktion jenes physikalischen Gegenstands, die durch ihre Veränderungen in Abhängigkeit von der Zeit die Bewegungen des realen physikalischen Objekts modelliert und damit zugleich die Strukturen des mathematischen Raumes als eines idealisierten Modells des physikalischen Erfahrungsraumes erzeugt.

In der Theorie der Schleifen-Quantengravitation findet nun eine **Umkehrung** des eben beschriebenen Verhältnisses zwischen der Konstitution des realen Erfahrungsraumes und jener seines mathematischen Modells statt. Denn diese Theorie geht bei ihrer Suche nach einem neuen mathematischen Modell des physikalischen Raumes, das eine Lösung des Problems der Singularität ermöglicht, nicht von ‚neuen‘ (im Sinne von bisher noch nicht beobachteten) raumkonstitutiven Bewegungen realer physikalischer Objekte aus, um diese mathematisch zu modellieren, sondern sucht unmittelbar im mathematischen Modellraum selbst nach ‚neuen‘ (im Sinne von bisher noch nicht konstruierten) Funktionsgleichungen, deren zeitabhängige Veränderung (sprich: Bewegung) eine diskrete Struktur jenes mathematischen Modellraumes ergibt⁹. Diese wird dann ihrerseits zum Ausgangspunkt für eine erst im nächsten Schritt formulierte empirische Hypothese über eine entsprechend diskrete Struktur des physikalischen Realraumes.

⁹ Die von den Vertretern der Schleifen-Quantengravitationstheorie im mathematischen Modellraum konstruierte Bewegung setzt sich aus elementaren Bewegungseinheiten zusammen. Letztere haben die Form der für die Theorie namensgebenden Schleifen, wobei Ausmaß und Art der im Zuge einer solchen Schleifenbewegung vollzogenen Richtungsänderungen (also die konkrete Gestalt der jeweiligen Schleife) in Anlehnung an die allgemeine Relativitätstheorie von der Energiedichte der im jeweiligen Nahebereich vorhandenen Materie abhängen. Der diskrete Charakter der Struktur des auf diese Weise konstituierten Raumes resultiert daraus, daß jede der elementaren Schleifenbewegungen bloß ein winziges Stück der Fläche des Raumes konstituiert und erst die Aufeinanderfolge von immer neuen Schleifenbewegungen größere Raumbereiche erzeugt. Die raumkonstitutive Gesamtbewegung besteht somit aus einem kontinuierlichen Moment (den elementaren Schleifen) und einem diskreten Moment (dem Fortschreiten von einer Schleife zur nächsten).

Damit bleibt zwar das universelle transzendente Prinzip der Konstitution von Raum durch Bewegung auch in der Schleifen-Quantengravitationstheorie gewahrt, die fragliche Bewegung ist hier aber nicht mehr das (direkt oder indirekt) beobachtete Verhalten eines realen physikalischen Objekts, sondern die konstruierte Bewegung einer mathematischen Funktion, der kein reales Objektverhalten als Vorbild dient, und die auch ihrerseits (noch?) nicht die Basis einer empirischen Hypothese über das Bewegungsverhalten realer physikalischer Objekte bildet.

Diese Veränderung des Verhältnisses von idealen Konstruktionen zu empirischen Hypothesen ist aus transzendentaler Sicht die wesentlichste Differenz zum Raumkonzept der Stringtheorie. Letztere geht nämlich so wie alle herkömmlichen physikalischen Theorien von der hypothetisch unterstellten realen Existenz eines bestimmten Typs physikalischer Objekte (in diesem Fall: der Strings) aus und versucht die den physikalischen Realraum konstituierenden Bewegungen jener Gegenstände mathematisch zu modellieren, wobei sie diese Modellierung zu der Vermutung führt, daß der physikalische Raum vieldimensional, jedoch (im Gegensatz zur vorhin erwähnten Hypothese der Theorie der Schleifen-Quantengravitation) nicht diskret strukturiert sei.

Martin Bojowalds Reaktion auf die beiden Texte

Lieber Herr Czasny,

Ich habe nun mit Interesse Ihren Auszug gelesen. Ihr Unternehmen, die erkenntnistheoretischen Grundlagen auch der Schleifen-Quantengravitation, insbesondere in Hinblick auf Raum und Zeit, zu durchleuchten, finde ich wichtig. Mit Ihrem Grundansatz stimme ich überein, sofern man das aus dem kurzen Ausschnitt sagen kann. Die Stellen, bei denen ich nicht ganz zustimme, stehen alle im relativistischen Kontext.

Die Auffassung der Raum-Zeit als physikalisches Objekt kommt von der dynamischen Natur, die sie in der Allgemeinen Relativitätstheorie erhält. Das ist zunächst sicher eine mathematische Beschreibung, die sich aber kaum noch von der der Materietheorien unterscheidet. Sicher kann man Raum und Zeit nicht so manipulieren, wie man es von der Materie gewohnt ist. Aber selbst für die Materie muss man auf direkte Manipulierbarkeit ja spätestens bei Einführung der Quantentheorie verzichten, wo man die Wellenfunktion nicht beliebig beeinflussen kann. Vielleicht wäre es dann besser, in beiden Fällen auf den Objektivismus zu verzichten, der Sprachgebrauch hat sich aber anders eingebürgert.

Außerdem ist in diesem Zusammenhang ein Unterscheiden des quantitativen und metrischen Aspektes von Raum wichtig. Wie "Masse" sich einfach auf ein Stück Materie, dann aber auch auf eine genormte Mengenangabe beziehen kann, gibt es auch beim Raum beide Aspekte. Man kann einfach einen abgegrenzten Raumbereich betrachten, oder aber auch den Raumbegriff schärfer im metrischen Sinne auffassen. Nur im ersten Fall kann man von objektiven Bausteinen sprechen, während man dies im letzteren kritisieren kann (wie Sie es tun). Auch bei der Materie kann man ja sagen, dass eine gewisse kugelförmige Masse aus Eisenatomen aufgebaut ist, nicht aber, dass ein Kilogramm aus einer gewissen Art von Atomen besteht. Ähnlich kann man sinnvoll behaupten, dass ein bestimmter Raumbereich (oder das ganze Universum) aus einer Art Raumatomen aufgebaut ist, nicht aber, dass ein Kubikmeter aus Raumatomen aufgebaut ist. Wenn diese Unterscheidung berücksichtigt wird, scheinen wir übereinzustimmen.

Eine andere Frage ist die von Bewegung. Es kann nicht korrekt sein, dass starke Gravitationskräfte an Singularitäten einfach Bewegung unmöglich machen und damit die Zeit zu ihrem Ende bringen. Beim Kollaps in ein Schwarzes Loch wird ein hineinfallendes Objekt ja immer stärker beschleunigt und bewegt sich somit immer mehr. Und dennoch kann die Raum-Zeit nicht beliebig ausgedehnt werden.

Ich hoffe, diese kurzen Ausführungen sind hilfreich.

Viele Grüße,

Martin Bojowald

Antwort des Autors auf Martin Bojowalds Reaktion

Lieber Herr Bojowald!

Wie in der kurzen Antwort auf Ihr letztes Mail angekündigt, möchte ich nun etwas ausführlicher auf Ihre Stellungnahme zu meiner Sicht von Raum und Zeit eingehen.

Zunächst gilt es ein Missverständnis auszuräumen: Selbstverständlich bezweifle ich in keiner Weise, dass der Raum (wie auch die Zeit) für uns Objekt im Sinne eines Gegenübers, zu dem wir uns auf bestimmte Weise verhalten, ist. Worauf ich hinweisen will, ist bloß der Umstand, dass der Raum NICHT IN DEMSELBEN SINNE Objekt ist, wie etwa ein klassisch mechanischer Körper, ein Teilchen, oder ein String.

Wenn ich nun präzisiere, was mit ‚nicht in demselben Sinne‘ gemeint ist, kann ich mit der Ausräumung eines weiteren Missverständnisses beginnen: So wie Ihnen ist auch mir völlig bewusst, dass sich die Art, wie uns der Raum (die Zeit) zum Objekt wird, im Lichte der allgemeinen Relativitätstheorie geändert hat. Wie Sie völlig richtig andeuten, setzt diese Theorie die Raumzeit in eine dynamische Wechselbeziehung zur Materie und macht sie dadurch ein Stück weit manipulierbar so wie die Materie selbst. Dadurch nähert sich, wie auch ich meine, die Art, wie uns Raum und Zeit zum Objekt werden, der Art des Objektseins von Materie an.

Manipulierbarkeit, bzw. Nichtmanipulierbarkeit sind ganz grundlegende Objekteigenschaften, weil sich das Objektsein eines Gegenübers nur im Kontext unseres HANDELNS konstituiert: Ein Gegenüber, das ich in meinem Handeln verändern (=manipulieren) kann, wird mir deshalb auf ganz andere Weise zum Objekt als ein Gegenüber, das nicht veränderbar ist. Im Gefolge der allgemeinen Relativitätstheorie wandelt sich daher eine der fundamentalen Objekteigenschaften des Raumes und der Zeit. Aus einem nicht manipulierbaren, also starren Rahmen unserer Erfahrung mit der durch uns manipulierbaren Materie wird ein in Wechselbeziehung zu dieser Materie stehender und dadurch indirekt selbst manipulierbarer Erfahrungsrahmen.

Manipulierbarkeit versus Nichtmanipulierbarkeit ist aber nicht das einzige Kriterium, das die Art, wie etwas für uns zum Objekt wird, bestimmt. Es gibt daneben auch so etwas wie einen QUALITATIVEN Unterschied zwischen verschiedenen Typen von Objekten (seien diese nun manipulierbar oder nicht manipulierbar). Ich sehe solch eine qualitative Differenz zwischen Materie einerseits und Raum(Zeit) andererseits und glaube, dass besagte Differenz in Ihrer Sicht der Dinge zu kurz kommt. Schon Ihr „Unterscheiden des quantitativen und metrischen Aspektes von Raum“ ist für mich ein Indiz für dieses Verfehlen der spezifischen Qualität von Raum (bzw. Zeit). Bitte bedenken Sie doch: Der metrische Aspekt des Raumes IST sein quantitativer Aspekt. Wenn Sie also von diesem metrischen Aspekt der Raumerfahrung einen weiteren Aspekt unterscheiden wollen (was ja eine sehr richtige Intention ist!), dann dürfen Sie nicht den quantitativen Aspekt der Raum(Zeit)erfahrung ins Spiel bringen, sondern müssen nach deren spezifischer QUALITÄT fragen.

Falls Sie also demonstrieren wollten, dass zwischen Raum(Zeit) einerseits und Materie andererseits keine wesentliche Differenz besteht, müssten Sie zeigen, dass das qualitative Substrat von Materie- bzw. Raum(Zeit)erfahrungen identisch ist, oder (um bei dem in Ihrem Mail angezogenen Beispiel zu bleiben) dass „Eisenatome“ für uns dieselbe Qualität repräsentieren wie „Raumatome“. Erst wenn Ihnen das gelänge, wäre meine Kritik an Ihrer Sicht des Raumzeit-Problems widerlegt.

Um diese Kritik zu präzisieren, möchte ich nun in Kürze (stark vereinfacht) sagen, worin ich die qualitative Differenz zwischen der Materieerfahrung einerseits und der Raum- bzw. Zeiterfahrung andererseits und damit die qualitative Differenz zwischen den beiden Objekten Materie und Raum (bzw. Zeit) sehe:

Vorweg eine kurze allgemeine Bemerkung zur Erscheinung unterschiedlicher Qualitäten (=Eigenschaften) von Gegenständen: Jede uns erscheinende Qualität eines Objekts konstituiert sich vor dem Hintergrund eines ganz bestimmten Handlungszieles: Nur weil wir Gegenstände anheben wollen, erscheint uns die Eigenschaft (=Qualität) ihrer Schwere, nur weil wir Gegenstände schneiden oder ritzen wollen, erscheint uns die Eigenschaft ihrer Härte, usw. Wenn wir uns also auf die Suche nach qualitativen Differenzen zwischen der Räumlichkeit (bzw. Zeitlichkeit) von Objekten einerseits und ihrer Materiehaltigkeit andererseits machen, müssen wir nach jeweils unterschiedlichen Zielen unseres Handelns suchen, vor deren Hintergrund sich die Erscheinungen dieser beiden Qualitäten der Objektwelt konstituieren. Es wird sich in der Folge zeigen, dass es in diesen beiden Fällen im Unterschied etwa zur Schwere oder Härte nicht um nach außen gerichtete Ziele des Handelns (Heben, Schneiden, Ritzen, ...) geht, sondern um jeweils unterschiedliche Ziele der SELBSTSTEUERUNG des Tuns.

Nun zunächst also zur Eigenschaft der Räumlichkeit (Zeitlichkeit) bzw. zum qualitativen Substrat von Raum und Zeit: Die Basis aller Raum-Zeit-Erfahrungen ist das Feststellen von Relationen des Neben- und Nacheinanders unterschiedlicher Sinneseindrücke. Schon in meinem Ihnen bereits übermittelten Thesen-Papier (hintergrund-cz.doc) habe ich darauf hingewiesen, dass wir nur deshalb zwischen einem Nebeneinander und einem Nacheinander verschiedener Ereignisse unterscheiden, weil wir zugleich mit dem Erleben der betreffenden Sinneseindrücke registrieren müssen, ob wir uns im Zuge dieses Erlebens selbst bewegten oder ruhten. Durch die Relation ‚Nebeneinander‘ werden Sinneseindrücke (Ereignisse) verknüpft, die der Handelnde im Zuge von Eigenbewegungen erlebt; durch die Relation ‚Nacheinander‘ werden unterschiedliche Sinneseindrücke (Ereignisse) verknüpft, die der Handelnde erlebt während er ruht. Nur weil der Akteur aus Gründen der Selbststeuerung seines Tuns kontinuierlich registrieren muss, ob er sich selbst bewegt, oder ob er ruht, unterscheidet er Nebeneinander- von Nacheinanderrelationen von Sinneseindrücken und in weiterer Folge dann Raum von Zeit.

Nun zur Eigenschaft der Materiehaltigkeit bzw. zum qualitativen Substrat von Materie. So wie die Raumerfahrung aufgrund der eben dargestellten Überlegung untrennbar mit der Zeiterfahrung verknüpft ist, ist die Materieerfahrung untrennbar mit der Erfahrung von Kraft verknüpft. Und so wie die Unterscheidung zwischen Neben- und Nacheinander beruht auch die Unterscheidung zwischen Kraft- und Materieerfahrungen auf einem der Handlungssteuerung dienenden, kontinuierlichen Herstellen von Bezügen zwischen den jeweiligen Sinneseindrücken und dem selbstreflexiven Registrieren des zu ihrer Erfahrung führenden eigenen Handelns: Ein und derselbe Sinnesbefund wird entweder als Kraft- oder als Materieerfahrung interpretiert, je nachdem, ob der Akteur zugleich mit seiner Erfahrung eigene KÖRPERLICHE PASSIVITÄT oder KÖRPERLICHE AKTIVITÄT erlebt. Denken Sie bitte an das Beispiel einer Druckerfahrung an Ihrer Handfläche: Wenn Sie zugleich mit diesem Erlebnis registrieren, dass Sie mit Ihrem Arm aktiv sind, werden Sie dieses Druckerlebnis als Ausdruck eines Ihrer eigenen Armaktivität entgegnetretenden Widerstands und damit als Erfahrung der Materie eines von Ihnen berührten Objekts interpretieren, Wenn Sie dagegen zugleich mit diesem Erlebnis registrieren, dass Ihr Arm nicht aktiv ist, sondern bloß passiv Druck empfängt, dann werden Sie die Druckerfahrung als Ausdruck der von einem Objekt auf Sie ausgeübten Kraft interpretieren.

Zusammengefasst kann man somit zwei wesentliche qualitative Differenzen zwischen Raum- und Zeiterfahrungen einerseits sowie Kraft- und Materieerfahrungen des Handelnden andererseits festhalten:

1. Während sich die Kraft- und Materieerfahrungen des Handelnden vor dem Hintergrund seiner Selbsterfahrung als körperlich aktiv bzw. passiv konstituieren, entstehen seine Raum- und Zeiterfahrungen vor dem Hintergrund seiner Selbsterfahrung als bewegt bzw. ruhend.
2. Während der Handelnde seine Kraft- und Materieerfahrungen unmittelbar auf bestimmte Objekte bezieht (auf ihren Widerstand gegen seine Kraftausübung bzw. auf die durch sie auf ihn ausgeübte Kraft), bezieht er seine Raum- bzw. Zeiterfahrungen auf die ZWISCHEN unterschiedlichen Objekten bzw. Objektzuständen bestehenden Relationen.

Diese qualitativen Differenzen zwischen Materieerfahrungen einerseits und Raum(Zeit)erfahrungen andererseits sind unaufhebbar, werden also auch durch die allgemeine Relativitätstheorie nicht tangiert. Relativistische Wechselbezüge bestehen nur zwischen der Materieerfahrung und dem QUANTITATIVEN (=metrischen) Aspekt der Raum(Zeit)erfahrung.

Dieses jeweils unterschiedliche qualitative Substrat von Materieerfahrungen einerseits und Raum(Zeit)erfahrungen andererseits, das zu entsprechenden qualitativen Differenzen im SINNGEHALT der Begriffe von Kraft- bzw. Materie einerseits und Raum- bzw. Zeit andererseits führt, ist, wie eben dargelegt, an die Selbsterfahrung des sein Tun und Erfahren kontrollierenden Handelnden gebunden. Erst durch die Anwendung des ebenfalls bereits im genannten Thesenpapier (hintergrund-cz.doc) erwähnten STELLVERTRETERPRINZIPS findet eine Übertragung jener zunächst nur auf das menschliche Erleben bezogenen Ordnungsmuster auf den Objektbereich statt, sodass aus subjektiven Ordnungsmustern objektive Ordnungsbestimmungen einer zwar subjektiv erlebbaren, aber auch unabhängig und vor jeder menschlichen Erfahrung bestehenden Objektwelt werden. (Kurz zur Erinnerung: Das Stellvertreterprinzip besagt, dass wir die Objekte als virtuelle Akteure auffassen, die im Zuge ihrer Wechselwirkungen von einander ‚Erfahrungen‘ machen – also einander auf ähnliche Weise ‚erfahren‘ wie ein menschlicher Handelnder sein Gegenüber erfährt.)

Abschließend möchte ich noch kurz auf die am Ende Ihres Mails aufgegriffene Frage der Bewegung eingehen: Ausgangspunkt Ihrer Bemerkung ist meine Feststellung, dass an Singularitäten die Gravitationskräfte so stark werden, dass Bewegung immer schwieriger und am Ende ganz unmöglich wird, weshalb die räumliche Orientierung der virtuellen Subjekte sich auf immer kleinere Maßstäben beziehen muss, um am Ende völlig überflüssig, d.h. SINNLOS zu werden. Sie halten dem entgegen, dass sich das in ein schwarzes Loch hineinfallende Objekt immer stärker beschleunigt und sich somit immer mehr bewegt. Ich möchte darauf erwidern, dass diese Beschleunigung ja auf einen bestimmten, immer näher rückenden Punkt hinzielt, dass sich also die Zunahme an Beschleunigung auf immer kleinere, letztlich gegen Null gehende Strecken bezieht. Man kann daher nicht so ohne weiteres von „immer mehr Bewegung“ sprechen. Da Bewegung immer Ortsveränderung ist, diese Bewegung aber schließlich im betreffenden Punkt endet, ist es wohl eher gerechtfertigt von ‚immer weniger Bewegung‘ zu sprechen.

Ich hoffe, mit meinen Ausführungen zur Klärung meiner Position beigetragen zu haben und verbleibe mit freundlichen Grüßen

Karl Czasny

Martin Bojowalds Reaktion auf die Antwort des Autors

Lieber Herr Czasny,

Sie behandeln die Frage nach der Bedeutung von Raum und Zeit (und deren möglicherweise atomarer Struktur) mit einem Objektbegriff, der für viele Aspekte der Hochenergie-Physik zu eng gefasst scheint. Direkte Manipulierbarkeit eines Objektes kann nicht mehr im Vordergrund stehen, stattdessen beruhen viele moderne physikalische Einsichten, gerade die auf den kleinsten mikroskopischen Skalen, auf indirekten Betrachtungsweisen. Sie mögen solchen Eindrücken mit gutem Recht den Status eines Objektes im herkömmlichen Sinn absprechen, aber dann beziehen Sie sich nicht mehr auf die Objekte physikalischer Forschung. Ein zu enger, physikalische Entwicklungen ignorierender Objektbegriff kann zum Beispiel auf die atomare Struktur von Raum und Zeit keine Anwendung mehr finden, denn dabei handelt es sich um physikalische Objekte.

Einige Ihrer Argumente scheinen von dem geleitet zu sein, was man als Vorurteil der Machbarkeit bezeichnen könnte: Wir können Materie aktiv manipulieren, nicht jedoch Raum und Zeit. Aber warum sollte man auf dieser Beobachtung eine prinzipielle Unterscheidung dieser elementaren Strukturen gründen? Vielleicht ist es einfach nur schwieriger, Raum und Zeit aktiv zu manipulieren. Denkbar ist es dennoch, zum Beispiel falls es gelänge, Schwarze Löcher aktiv durch starke Komprimierung zu erzeugen. Entscheidbar ist der physikalische Inhalt solcher Fragen nur innerhalb eines geeigneten theoretischen Formalismus. (Der theoretische Formalismus mag natürlich falsch sein, wenn theoretische Vorhersagen nicht mit Beobachtungen übereinstimmen. Das ändert aber nichts daran, dass man in dem theoretischen Formalismus den Sinn seiner Konzepte prüfen kann.)

Was Raum und Zeit angeht, haben wir in gewisser Weise den Status eines Kleinkindes. Ein Kleinkind hat kaum die Möglichkeit zu aktiver Manipulation wie Heben oder Schneiden. Doch durch Beobachtung der Handlungen von Erwachsenen entwickelt sich schnell ein intuitiver Objektbegriff. Dies ist eine Erfahrung von Wechselwirkungen zwischen materiellen Objekten anstatt direkter Intervention eines Subjektes, und somit sehr ähnlich zu Ihrer Charakterisierung von Raum und Zeit in Punkt 2.

Oder nehmen Sie den Mond. Es war lange Zeit unmöglich, den Mond aktiv zu manipulieren, und es ist immer noch sehr schwierig. Hätte man deshalb vor Beginn der Raumfahrt am Objektstatus des Mondes zweifeln sollen? Wissenschaftliches Objekt ist der Mond schon seit Jahrhunderten, weil er Beobachtungen zugänglich ist. Der Mond streut Licht, das wir wahrnehmen. Weder der Mond kann sich uns gegenüber eigenständig mitteilen, noch können wir ihn üblicherweise direkt manipulieren. Alle beteiligten verhalten sich passiv, und dennoch haben wir vom wissenschaftlichen Standpunkt klar die Situation von ein Objekt untersuchenden Subjekten.

Wie der Mond streut auch die Raum-Zeit Licht, wie durch die Beobachtung von Lichtablenkung gezeigt. Mit diesem wesentlichen Effekt der Raum-Zeit, der durch die Allgemeine Relativitätstheorie ins Spiel kommt, sind Raum und Zeit also nicht nur durch Selbsterfahrung wahrgenommen, wie sie in Punkt 1. behaupten. Dies ist genau die entscheidende Qualität, die eine allgemein relativistische Denkweise erfordert. Auch für mögliche atomare Strukturen spielt Lichtstreuung eine Rolle, denn ein kontinuierliches Medium streut Licht anders als ein

diskretes. In deren jeweiligen theoretischen Rahmen trifft dies gleichermaßen auf materielle Atome wie Raum-Zeit-Atome zu.

Abschließend noch ein Ergänzung zur Singularität Schwarzer Löcher: Dabei handelt es sich nicht um einen Punkt im Raum, um den herum der Raum immer weiter komprimiert würde. Die Singularität ist räumlich ausgedehnt, jedoch ein Punkt in der Zeit. Für Bewegung gibt es selbst in der Nähe der Singularität beliebig viel Raum, und für ein Abbremsen gibt es keinen Grund. Die Bewegung, und alles andere, enden stattdessen plötzlich, wenn die Singularität erreicht wird, ohne jedoch Geschwindigkeiten einzuschränken.

Viele Grüße,

Martin Bojowald

Und ebenso unvermittelt endet auch dieser kurze Gedankenaustausch. Leser, die an einer Vertiefung der von beiden Diskutanten angerissenen Auseinandersetzung interessiert sind, werden eingeladen, auf der Basis kritischer Lektüre des dritten Bandes der Studienreihe zu entscheiden,

- *ob sie sich Martin Bojowalds Vorbehalten betreffend ein „Vorurteil der Machbarkeit“ sowie einen am Problem der „indirekten Betrachtungsweisen“ scheiternden und damit „physikalische Entwicklungen ignorierenden Objektbegriff“ anschließen wollen,*
- *oder ob sie eher der Ansicht zuneigen, dass es sich dabei um bloße Missverständnisse der vom Autor entfalteteten neuen Sicht auf das Objekt handelt.*

Wer diese Überprüfung vornehmen will, sei vor allem auf die Abschnitte 2.1 und 2.4 des genannten Buches verwiesen, welche sich mit den für die Frage der ‚Machbarkeit‘ relevanten Positionen des transzendentalen Pragmatismus befassen und ein auf die erkenntnistheoretischen Probleme der indirekten Beobachtungen bezogenes ‚Stellvertreterprinzip‘ in die Diskussion einführen.