

Diskussion mit Rüdiger Schack

- Schreiben (1) des Autors an Rüdiger Schack.....1
 - Antwort (1) von Rüdiger Schack auf das Schreiben (1) des Autors.....1
- Schreiben (2) des Autors an Rüdiger Schack.....2
 - Beilage zum Schreiben (2) des Autors an Rüdiger Schack3
 - Antwort (2) von Rüdiger Schack auf das Schreiben (2) des Autors.....9
 - Beilage zur Antwort (2) von Rüdiger Schack auf das Schreiben (2) des Autors9

Schreiben (1) des Autors an Rüdiger Schack

Sehr geehrter Herr Professor Schack,

Ich wende mich an Sie mit einem Anliegen, vor dessen Nennung ich mich zunächst kurz vorstellen möchte:

Ich habe im Jahr 2010 im Verlag Karl Alber ein Buch mit dem Titel "Quantenphysik als Herausforderung der Erkenntnistheorie" publiziert. Während die meisten mir bekannten Deutungen der Quantenmechanik von ontologischen oder empiristischen Positionen ausgehen, folge ich dem auf Kant zurück gehenden Ansatz der Transzendentalphilosophie, wobei ich diesen in einigen entscheidenden Punkten weiter entwickle. Als ich an dem genannten Buch arbeitete, war mir der "Quanten-Bayesianismus" nicht bekannt. Nun las ich darüber und denke, dass es sich dabei um einen mathematisch-physikalischen Ansatz handelt, der meinen philosophischen Überlegungen sehr entgegenkommt. Neben der Ähnlichkeit der Gedanken, sehe ich allerdings auch einige Differenzen.

Nun zu meinem Anliegen: Ich würde gerne in einen kurzen Gedankenaustausch über diese Ähnlichkeiten und Differenzen mit Ihnen eintreten und dabei auch einige Verständnisfragen an Sie stellen. ... Wenn Sie sich über meine Person im Internet informieren wollen, lade ich Sie zum Besuch meiner Webseite ein: <http://www.erkennnistheorie.at> . Hier finden Sie auch eine Leseprobe aus dem genannten Buch samt dessen Inhaltsverzeichnis ...

Am Schluss der Hinweis auf zwei Probleme, die dem möglichen Gedankenaustausch einen relativ engen Rahmen stecken: Zum einen bin ich Philosoph und Soziologe, habe also weder Mathematik noch Physik studiert, und kann daher nur umgangssprachlich und nicht in der formalisierten Sprache der mathematisierten Physik argumentieren. Zum anderen ist mein Englisch sehr schlecht. Ich benötige daher selbst für die Lektüre kurze Artikel relativ lange Zeit.

Ich hoffe, dass ich Sie trotz dieser Einschränkungen für meine Position interessieren konnte und verbleibe

Mit freundlichen Grüßen

Karl Czasny

Antwort (1) von Rüdiger Schack auf das Schreiben (1) des Autors

Sehr geehrter Herr Czasny,

ich habe nun die einleitenden Kapitel Ihres Buches über Quantenmechanik mit Interesse gelesen. Der Ansatz des transzendentalen Pragmatismus hat tatsächlich einiges mit der philosophischen Untermauerung des QBismus gemeinsam. Ich bin wie Sie der Überzeugung, dass Praxis und Kommunikation von zentraler Bedeutung für das Wissenschaftsverständnis sind. Auch die Rolle des Doppelspaltversuchs für die Interpretation der Quantenmechanik sehen wir ähnlich -- zu dem Thema würde ich Ihnen die Einleitung von arXiv:1301.3274 (Reviews of Modern Physics, im Druck) empfehlen.

Aber wie Sie sagen, gibt es auch wesentliche Unterschiede. Wie mein jüngster Artikel mit Chris Fuchs und David Mermin erklärt, gibt es gemäß unserer Sichtweise auch in der Quan-

tenmechanik keine Wirkungen, die sich schneller als mit Lichtgeschwindigkeit von einem Ort zu einem anderen ausbreiten. Ein noch fundamentalerer Unterschied wird in Ihrem Punkt 3 auf Seite 10 der Leseprobe deutlich, wo Sie schreiben, dass sich in der Quantenmechanik die Ansicht ändert, auf welche Weise Objekte den Regeln folgen. QBismus geht erheblich weiter. Die Regeln der Quantenmechanik sind nicht Gesetze, nach denen sich Objekte verhalten, sondern es sind Werkzeuge, die dem handelnden Subjekt erlauben, erfolgreich mit Objekten in Wechselwirkung zu treten. Die Quantenmechanik entwickelt also wesentliche Annahmen der klassischen Physik nicht weiter, sondern negiert sie. Dieser Aspekt des QBismus stimmt in vielen wesentlichen Punkten mit der Philosophie von Schrödinger überein, wie dieser sie in seinen Büchern "Nature and the Greek" und "Mind and Matter" (beide auf deutsch übersetzt) beschrieben hat.

Mit freundlichen Grüßen,

Ruediger Schack

Schreiben (2) des Autors an Rüdiger Schack

Sehr geehrter Herr Professor Schack,

Vielen Dank für die Lektüre der Leseprobe meines Textes und für Ihre Reaktion auf mein Schreiben. Nach Befassung mit dieser Reaktion und den darin angesprochenen Artikeln hat sich mein Eindruck verfestigt, dass unsere Interpretationen der Wellenfunktion in einem zentralen, von den meisten anderen Interpretationen falsch gesehenen Punkt übereinstimmen. Abgesehen von besagtem Kernthema gibt es aber wohl wesentlich tiefer gehende Differenzen zwischen unseren Positionen als ich ursprünglich annahm. Ich habe mich bemüht, besagte Differenzen möglichst deutlich zu formulieren und hoffe, dass ich Sie durch meine klare Abgrenzung nicht vor den Kopf stoße. Ich denke nämlich, dass nur ein sehr offenes Ansprechen von vermuteten Meinungsverschiedenheiten beiden Diskussionspartnern bei der Präzisierung und Weiterentwicklung ihrer jeweiligen Position hilft.

Meine ausführliche Antwort liegt dieser Mail als doc-File bei. Hier möchte ich nur auf ein mögliches Missverständnis verweisen: Sie schreiben, dass Sie "die einleitenden Kapitel" meines Buches gelesen haben und dabei zu dem Schluss kommen, dass ich die Rolle des Doppelspaltversuchs für die Interpretation der Quantenmechanik ähnlich wie Sie sehe. Nun ist aber meine Interpretation des Doppelspaltversuchs nicht Teil der Leseprobe mit den einleitenden Kapiteln des Buchs (sie beginnt erst unmittelbar danach). Sollten Sie sich auch nach der Lektüre meiner beiliegenden ausführlichen Antwort noch für diese Interpretation des Doppelspaltversuchs interessieren, dann erneuere mein Angebot zur Übermittlung des gesamten Buchs auf elektronischem Weg.

Mit herzlichen Grüßen und meinen besten Wünschen für den Jahreswechsel

Karl Czasny

Beilage zum Schreiben (2) des Autors an Rüdiger Schack

GLIEDERUNG MEINER DETAILLIERTEN ANTWORT

Das nachstehende Papier umfasst die folgenden fünf Abschnitte:

- A) Vorläufige Gesamteinschätzung der Position des QBismus
- B) Begründung für die unter Punkt A) gegebene Einschätzung
- C) Kritik an der Sicht der Nichtlokalität durch den QBismus
- D) Aufklärung eines Missverständnisses
- E) Abschließende Verständnisfrage zum Wahrscheinlichkeitsbegriff

A) Vorläufige Gesamteinschätzung der Position des QBismus

Als Zwischenergebnis unseres Gedankenaustausches ergibt sich für mich folgende vorläufige Einschätzung des QBismus:

Die üblichen Interpretationen der Wellenfunktionen müssen scheitern, weil sie kein Subjekt finden, das den Kollaps bewirkt. Sie können es nicht finden, weil es im Universum der objektivistischen Physik nur Objekte gibt und es prinzipiell unmöglich ist, das Subjekt vom Objekt her zu begreifen¹.

Der QBismus **liefert der Quantentheorie das fehlende Subjekt**, indem er durch seine vom Handelnden ausgehende Interpretation der Wahrscheinlichkeit und damit auch der Wellenfunktion im Gegensatz zur objektivistischen Physik nicht beim Objekt, sondern beim Subjekt ansetzt und sich von hier aus dem Objekt zuwendet.

ABER der QBismus **verspielt** dieses neu gewonnene Subjekt gleich wieder - unter anderem deshalb, weil er es auf subjektivistische Weise missversteht.

B) Begründung für die unter Punkt A) gegebene Einschätzung

Ich möchte meine vorläufige Einschätzung nun anhand Ihres Artikels ("An Introduction to QBism with an Application to the Locality of Quantum Mechanics") erläutern bzw. belegen:

"Unlike Copenhagen, QBism explicitly takes the "subjective" or "judgmental" or "personalist" view of probability, which, though common among contemporary statisticians and economists, is still rare among physicists: probabilities are assigned to an event by an agent and are particular to that agent. The agent's probability assignments express her own personal degrees of belief about the event. The personal character of probability includes cases in which the agent is certain about the event: even probabilities 0 and 1 are measures of an agent's (very strongly held) belief."

Dazu:

dieser Bezug von Wahrscheinlichkeit auf die Perspektive des Handelnden ist richtig und ein **entscheidender Fortschritt gegenüber dem üblichen Objektivismus der Physiker**. Die Partikularisierung bzw. Personalisierung (... *her own personal degrees of belief* ..., ... *personal character of probability* ...) ist aber problematisch: Dem rationalen Anspruch von Wissenschaft gemäß, müsste die jeweilige Bewertung der Erwartungssicherheit (der degree of belief) von jedem, der sich an der Stelle des betreffenden Akteurs befindet und über dessen Info-Stand verfügt, nachvollzogen werden.

¹ Vgl. dazu ein von mir entwickeltes Gedankenexperiment in der Leseprobe zu Band I meiner Studienreihe, im Abschnitt 1.3 mit dem Titel "Die Schwierigkeiten der Ontologie mit dem Subjekt"
http://www.erkennnistheorie.at/downloads/leseprobe_erste_publication.pdf

Fußnote 1: "Agent" in the sense of one who acts (and not in the sense of one who represents another). ..."

Dazu:

Diese Gegensetzung von persönlichem Handeln und Repräsentieren der anderen Akteure ist unhaltbar. Indem der einzelne Akteur persönlich handelt, repräsentiert er immer auch andere, weil er sich im Handeln an **allgemeingültigen Regeln** orientiert, indem er z.B. bestimmte Mess- oder Beobachtungsregeln verfolgt und dann bestimmte Interpretationsregeln anwendet bei der Wahrnehmung und Registrierung des Beobachteten. Auch bei der Quantifizierung der Sicherheit seiner persönlichen Überzeugungen über den Ausgang künftiger Experimente (in Gestalt bestimmter Wahrscheinlichkeiten) folgt er allgemeinen Regeln.

"Acting as an agent, Alice can use the formalism of quantum mechanics to model any physical system external to herself. QBism directs her to treat all such external systems on the same footing, whether they be atoms, enormous molecules, macroscopic crystals, beam splitters, Stern-Gerlach magnets, or even agents other than Alice. In this respect, QBism differs importantly from the Copenhagen interpretation as expounded by Landau and Lifshitz. According to their quantum mechanics text 'It is in principle impossible to formulate the basic concepts of quantum mechanics without using classical mechanics,' and 'By measurement, in quantum mechanics, we understand any process of interaction between classical and quantum objects occurring apart from and independently of any observer.'"

Dazu:

Der andere Handelnde ist **als Handelnder** weder mittels klassischer Physik noch mittels Q-Mechanik modellierbar - Er würde in beiden Fällen auf ein physikalisches System reduziert. Der Sinn von "Erwartung" kann weder mit den Begriffen der klassischen Physik noch mit denen der Quantenmechanik erfasst werden, sondern nur in Umgangssprache und unter Rückgriff auf Begriffe wie Regel, Bewertung, Hoffnung, Angst usw.. Dieser Sinn von "Erwartung" ist aber die eigentliche Basis des Wahrscheinlichkeitsbegriffs, wie er vom QBism benutzt wird. Die Position von Landau und Lifshitz müsste daher dahingehend korrigiert werden, dass es unmöglich ist, die Grundkonzepte der Quantentheorie zu formulieren, ohne auf alltägliche Kommunikationserfahrungen, die nur mittels Umgangssprache beschreibbar sind, zu rekurren.

"In QBism the only phenomenon accessible to Alice which she does not model with quantum mechanics is her own direct internal awareness of her own private experience. This (and only this) plays the role of the "classical objects" of Landau and Lifshitz for Alice (and only for Alice)."

Dazu:

Auch die eigene, ganz persönliche Erfahrung spielt nicht die Rolle dessen, was in der Physik üblicherweise als 'klassisches Objekt' bezeichnet wird, denn derart klassische Objekte sind ja von vornherein (immer schon) **physikalisch modellierte** Objekte. So wie der andere Handelnde mittels klassischer oder QMechanik nur als physikalisches System, nicht aber als SUBJEKT (=als Handelnder) erfasst werden kann, kann auch das eigene Ich in seinem Subjektcharakter (=in seiner Eigenschaft, Ausgangspunkt von selbstbewusstem Handeln zu sein) durch keine Art von Physik erfasst werden.

The personal internal awareness of agents other than Alice of their own private experience is, by its very nature, inaccessible to Alice, and therefore not something she can apply quantum mechanics to. But verbal or written reports to Alice by other agents that attempt to represent their private experiences

are indeed part of Alice's external world, and therefore suitable for her applications of quantum mechanics.

... because Alice can treat Bob as an external physical system, according to QBism she can assign him a quantum state that encodes her probabilities for the possible answers to any question she puts to him. When Alice elicits an answer from Bob, she treats this as she treats any other quantum measurement. Bob's answer is created for Alice only when it enters her experience. A QBist does not treat Alice's interaction with Bob any differently from, say, her interaction with a Stern-Gerlach apparatus, or with an atom entering that apparatus.

This means that reality differs from one agent to another. This is not as strange as it may sound. What is real for an agent rests entirely on what that agent experiences, and different agents have different experiences. An agent-dependent reality is constrained by the fact that different agents can communicate their experience to each other, limited only by the extent that personal experience can be expressed in ordinary language. Bob's verbal representation of his own experience can enter Alice's, and vice-versa. In this way a common body of reality can be constructed, limited only by the inability of language to represent the full flavor — the "qualia" — of personal experience.

Dazu:

(Das Folgende ist der zentrale Punkt meiner Kritik:) Hier wird davon ausgegangen, dass jeder Handelnde für sich allein und unabhängig von den anderen sinnvolle Erfahrungen haben kann. Jeder dieser völlig selbständig erfahrenden Handelnden erfährt dabei nicht nur die Dinge sondern auch die anderen Handelnden als Objekte.

Diese Ausgangsannahme fällt bei genauerer Überlegung in sich zusammen. Wittgenstein hat in seinen Philosophischen Untersuchungen gezeigt, dass es nur innerhalb einer Gruppe möglich ist, einer Regel zu folgen: Nur auf Basis einer immer schon vorhandenen Einbettung in die begleitende Kritik der anderen können eigene "innere" stabile Wahrnehmungskategorien entwickelt und angewendet werden.² **Der völlig selbständig Erfahrende, der als solcher anderen ebenso völlig selbständigen Erfahrenden gegenübertritt ist eine nicht aufrecht zu erhaltende Fiktion. Individuelle Erfahrung ist von vornherein und immer schon ein in Kommunikation eingebetteter Prozess.** Die sogenannte 'innere' Erfahrung darf immer nur als Teilmoment dieses Prozesses aufgefasst werden. Der andere Handelnde ist in diesem Prozess daher niemals bloßes Objekt (sprich: bloßer Erfahrungsgegenstand), sondern immer auch ein die **Erfahrung mitkonstituierender** Kommunikationspartner.

Es ist also nicht davon auszugehen, dass die einzelnen Handelnden **ZUERST** ihre inneren Erfahrungen machen, aus denen sie **DANN** durch Kommunikation und gemeinsame Konstruktionsbemühungen eine gemeinsame Realität erzeugen. Die Kommunikation und das gemeinsame Konstruieren sind vielmehr von vornherein bei jeder (nur scheinbar) bloß "inneren" bzw. (nur scheinbar) ganz "persönlichen" Erfahrung konstitutiv mit dabei.

So wie daher jeder **individuellen Erfahrung** von vornherein ein Moment der Regelhaftigkeit (sprich: ein Moment der Allgemeinheit) innewohnt, wohnt jeder **individuellen Erwartung** - und damit auch jeder individuellen Quantifizierung von Erwartungen mittels Wahrscheinlichkeiten - ein Moment der Regelhaftigkeit (sprich: ein Moment der Allgemeinheit) inne.

² "... der Regel zu folgen **glauben** ist nicht: der Regel folgen. Und darum kann man nicht der Regel 'privatim' folgen, weil sonst der Regel zu folgen glauben dasselbe wäre, wie der Regel folgen." Ludwig Wittgenstein, Philosophische Untersuchungen, § 202 (Hervorhebung durch L. Wittgenstein)

C) Kritik an der Sicht der Nichtlokalität durch den QBismus

Ich glaube, dass die Behandlung der Frage der Nichtlokalität im oben erwähnten Artikel erstens dem **empirischen Phänomen** der Nichtlokalität nicht gerecht wird und zweitens eine unhaltbare **erkenntnistheoretische Position** bezieht.

Zunächst zum ersten der beiden Aspekte: Wenn ich die von mir gelesenen Physikbücher richtig verstanden habe, ist Nichtlokalität eine sehr umfassende Eigenschaft von Energiefeldern, die keineswegs nur in dem im EPR-Artikel angezogenen und in Ihrer Argumentation aufgegriffenen Verschränkungsphänomen zu Tage tritt. So äußert sich Nichtlokalität etwa im sogenannten "**Akkumulationsproblem**", das man mit Ihrer Argumentation nicht eliminieren kann. Auch Einstein greift das Thema der Nichtlokalität schon vor dessen Behandlung im EPR-Artikel im Rahmen einer auf dieses Akkumulationsproblem bezogenen Argumentation auf.³

Zur Beschreibung des genannten Problems zitiere ich der Einfachheit halber die einschlägige Passage aus meiner Studie "Quantenphysik als Herausforderung der Erkenntnistheorie" (Seite 72 f):

"... Ein elektromagnetischer Impuls, der die Energie von genau einem Photon enthält, fällt auf einen halbdurchlässigen Spiegel (Strahlenteiler) und wird durch letzteren in zwei Teilstrahlen gespalten, die sich beliebig weit (!) von einander entfernen können. Fallen nun diese beiden Teilstrahlen auf jeweils einen Detektor, so wird wegen der beim Absorptionsvorgang zu Tage tretenden Teilchennatur des Lichts nur einer jener beiden Detektoren ansprechen (weil ja bloß Energie im Ausmaß eines einzigen Photons im Spiel ist). Er benötigt dazu aber die gesamte, auf beide Teilstrahlen verteilte Energie des Photons. Wäre jene Energie im Sinne der klassischen Theorie der Elektrodynamik kontinuierlich im Raum verteilt, dann bliebe dem Detektor „wegen der endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Energie nicht genügend Zeit, die benötigte restliche Energie aus dem anderen Teilstrahl ‚zurückzuholen‘, jedenfalls dann, wenn der entsprechende Weg sehr lang“ ist.⁴

Dieses sogenannte ‚Akkumulationsproblem‘ zeigt, daß offenbar zwischen den verschiedenen Punkten des sich ausbreitenden elektromagnetischen Energiefeldes nichtlokale (also vom räumlichen Abstand dieser Punkte unabhängige) Korrelationen bestehen, die auf Feldstrukturen verweisen, welche durch die klassische elektrodynamische Theorie nicht erfaßt werden. ..."

Nun zum zweiten (erkenntnistheoretischen) Aspekt Ihrer Argumentation zur Nichtlokalität:

Ihre in Abschnitt II des angeführten Artikels formulierte Ausgangsthese lautet:

"Quantum mechanics, in the QBist interpretation, cannot assign correlations, spooky or otherwise, to space-like separated events, since they cannot be experienced by any single agent."

Das Grundprinzip des QBismus, auf das sich die vorangehende Behauptung stützt, lautet:

"A measurement outcome does not preexist the measurement. An outcome is created for the agent who takes the measurement action only when it enters the experience of that agent. The outcome of the measurement is that experience. Experiences do not exist prior to being experienced."

Dazu:

Ich möchte zunächst die Aussage "*Experiences do not exist prior to being experienced*" näher betrachten und beginne mit einer allgemeinen Bemerkung zur Bedeutung von Existenzurteilen: Unser Urteil, dass etwas existiert (oder nicht existiert) bezieht sich nicht auf unsere Erfahrung als solche, sondern auf die durch sie erfahrenen Objekte (also die Erfahrungsgegenstände): Aufgrund bestimmter Erfahrungen kommen wir zur Einsicht, dass diese Objekte

³ Vgl. Baumann, K., Sexpl, R. (1987), Die Deutungen der Quantentheorie, Braunschweig, Vieweg, Seite 25

⁴ Paul, H., (1995), Photonen. Eine Einführung in die Quantenoptik, Stuttgart, Teubner, Seite 125

(bzw. ihre Eigenschaften und Verhaltensweisen) existieren oder eben nicht existieren. Nur in dem eher seltenen Spezialfall, in dem ich erfahrende Menschen beobachte, wird deren Erfahrung selbst für mich zum Objekt meiner Erfahrung und ich kann dann sinnvollerweise von der Existenz (bzw. Nichtexistenz) bestimmter Erfahrungen sprechen.

Bei der Erfahrung (sprich: Beobachtung) von Quantenobjekten ist folgende Besonderheit zu beachten: Hier greift der Erfahrungsprozess so "brutal" auf das jeweilige Objekt zu, dass dieses durch das Erfahren in seiner Existenz beeinflusst wird. Die Existenz bestimmter Eigenschaften bzw. Verhaltensweisen des Objekts wird also durch den beobachtenden Zugriff erst aktualisiert ("*A measurement outcome does not preexist the measurement*"). Selbst bei Berücksichtigung dieser Besonderheit ist aber festzuhalten, dass es auch bei den von der Quantenmechanik gefällten Existenzurteilen immer um die Existenz/Nichtexistenz des Objekts (bzw. seiner Eigenschaften u. Verhaltensweisen) geht und nicht um die Existenz von Erfahrungen. Auch im Kontext der Frage der Nichtlokalität geht es um eine Eigenschaft von Objekten der quantenphysikalischen Erfahrung (nämlich von Energiefeldern) und nicht um eine Eigenschaft der quantenphysikalischen Erfahrung selbst (als des Objekts eines die erfahrenden Quantenphysiker beobachtenden Beobachters).

Nach dieser Reflexion über die Bedeutung von Existenzurteilen eine Bemerkung zum Verhältnis zwischen Existenz und Erfahrung:

Wenn die Aussage "*Experiences do not exist prior to being experienced*" meint, dass individuelle Erfahrung (als Bewusstseinszustand, der das Ergebnis eines zwischen einem individuellen Subjekt und seinem Objekt stattfindenden Prozesses ist) nicht existiert, bevor der betreffende individuelle Erfahrungsprozess stattgefunden hat, ist sie trivial. Wenn sie meint, dass für das individuelle Subjekt nur das existiert, was es selbst individuell erfahren hat, ist sie falsch. Für jedes individuelle Subjekt existiert bei weitem nicht nur das, was es selbst individuell erfährt. Jedes individuelle Subjekt versteht sich (**notwendigerweise** - siehe meine obige Argumentation gegen den Subjektivismus) immer schon als Moment einer Gemeinschaft von erfahrenden Subjekten. Daher existiert für den einzelnen auch das, was von den übrigen Mitgliedern dieser Gemeinschaft gemäß gemeinsam entwickelter und kontrollierter Erfahrungsmethoden erfahren wird.

Würde man den Existenzbegriff auf radikale Weise mit der unmittelbaren individuellen Erfahrung kurz schließen, so könnte man letztlich keine sinnvollen Konzepte von "Gleichzeitigkeit" und "Nebeneinander" (sprich: Raum!!!) entwickeln. Individuelle Erfahrung ist immer fokussiert und kann sich prinzipiell nie auch auf das beziehen, was gleichzeitig daneben abläuft. Von dem, was gleichzeitig daneben abläuft, kann ich prinzipiell immer erst im Nachhinein durch andere erfahren. Da aber sowohl Nebeneinander (sprich: Raum) als auch Gleichzeitigkeit unzweifelhafte Grundtatbestände der uns erscheinenden Welt sind (also für uns existieren), muss deren Konstitutionsbasis viel mehr umfassen als die jeweils aktuelle individuelle Erfahrung.

Wenn aber das, was für uns existiert, immer schon viel mehr ist als das, was durch die jeweils aktuelle individuelle Erfahrung konstituiert wird, dann muss jede Theorie, also auch die Quantentheorie in ihrem Erklärungsanspruch über den Bereich der individuellen Erfahrung eines einzelnen Beobachters hinausgehen und **auch das erklären wollen, was mehrere Beobachter gleichzeitig an verschiedenen Orten erfahren**. Im Lichte dieser Einsicht ist die folgende Interpretation der Quantenmechanik durch den QBismus zurückzuweisen:

"Quantum mechanics, in the QBist interpretation, cannot assign correlations, spooky or otherwise, to space-like separated events, since they cannot be experienced by any single agent."

D) Aufklärung eines Missverständnisses

Nun zu einem der beiden in Ihrer Mail angesprochenen Unterschiede zwischen unseren Positionen. Sie schreiben:

"Ein noch fundamentalerer Unterschied wird in Ihrem Punkt 3 auf Seite 10 der Leseprobe deutlich, wo Sie schreiben, dass sich in der Quantenmechanik die Ansicht ändert, auf welche Weise Objekte den Regeln folgen. QBismus geht erheblich weiter. Die Regeln der Quantenmechanik sind nicht Gesetze, nach denen sich Objekte verhalten, sondern es sind Werkzeuge, die dem handelnden Subjekt erlauben, erfolgreich mit Objekten in Wechselwirkung zu treten. Die Quantenmechanik entwickelt also wesentliche Annahmen der klassischen Physik nicht weiter, sondern negiert sie."

Hier liegt ein Missverständnis meiner Position vor, denn als Kantianer bin auch ich genau wie Sie der Meinung, dass wir über die Dinge an sich (und deren Verhalten) nichts wissen können, und dass es wir Menschen selbst sind, die Regeln auf das Verhalten der Objekte projizieren, um mittels dieses gedanklichen Werkzeugs erfolgreich mit ihnen interagieren zu können. Wir tun so, **als ob** die Objekte Regeln folgten. Im Alltagsbewusstsein (in jenem der Naturwissenschaftler, und auch in Ihrem und meinem Alltagsbewusstsein) wird allerdings auf dieses "ALS OB" vergessen, da wir in diesem Alltagsbewusstsein nicht zwischen den Dingen an sich und ihrer Erscheinung für uns unterscheiden. Das "Als ob" kann daher erst durch reflexive erkenntnistheoretische Anstrengung ins Bewusstsein gehoben werden. Wenn ich nun schreibe, dass sich beim Übergang von der klassischen zur Quantenphysik die Ansicht ändert, auf welche Weise Objekte ihren Regeln folgen, dann meine ich bloß dieses Alltagsbewusstsein, für welches die Objekte **tatsächlich** bestimmten Regeln folgen (Vgl. Seite 8 der Leseprobe). Für das Alltagsbewusstsein des klassischen Mechanikers determinieren die Gesetze das Verhalten jedes einzelnen Objekts, während für das Alltagsbewusstsein des Quantenmechanikers die Gesetze (der Quantenphysik) nur das Verhalten eines ganzen Ensembles von Teilchen determinieren, nicht aber das Verhalten von dessen einzelnen Repräsentanten.

E) Abschließende Verständnisfrage zum Wahrscheinlichkeitsbegriff

Ich bin einer der in Ihrem Artikel angesprochenen Sozialwissenschaftler, für die "*probabilities are assigned to an event by an agent.*" Für mich bestand allerdings nie ein Widerspruch zwischen dieser Sicht und jener "frequentistischen" Definition, die die Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Ereignisses (zB. eines bestimmten Ausgangs eines Experiments) durch dessen relative Häufigkeit bei einer Vielzahl von Beobachtungen (d.h. bei oftmaliger Durchführung des betreffenden Experiments) bestimmt sieht. Denn beides hängt ja unmittelbar zusammen: **WEIL** ein bestimmtes Ereignis in der Vergangenheit mit einer bestimmten relativen Häufigkeit aufgetreten ist, **ERWARTE** ich als Handelnder auch bei meinen künftigen Experimenten eine entsprechende Häufigkeit. Deshalb hat man ja auch so etwas wie den **mathematischen Erwartungswert** definiert. Und deshalb war für mich immer schon die Wahrscheinlichkeit eine Quantifizierung der Erwartungssicherheit, weshalb ich auch die Wellenfunktion der Quantenmechanik stets als eine Quantifizierung der Erwartungssicherheit des Experimentators (bezüglich bestimmter möglicher Ausgänge seiner künftigen Beobachtungen) verstanden habe.

Daher meine Frage: Wie kann man den Begriff der Wahrscheinlichkeit definieren OHNE Bezug auf Erwartungssicherheiten? Oder anders gefragt: Gibt es wirklich so etwas wie einen ohne diesen Bezug auskommenden "rein frequentistischen" Wahrscheinlichkeitsbegriff?

Antwort (2) von Rüdiger Schack auf das Schreiben (2) des Autors

Sehr geehrter Herr Czasny,

... Ich habe in Ihrem Dokument viele sehr interessante Gedanken gefunden, und ich stimme Ihnen in vielen wichtigen Punkten zu.

Ich glaube allerdings, dass Sie in Ihrer Widerlegung des QBismus etwas voreilig sind. Die Probleme, die der QBismus löst, sind echte Probleme. Und die neue Sichtweise der Rolle der Wissenschaft, der Rolle von Erklärung, und der Rolle des Subjektes können nicht konstruktiv kritisiert werden, wenn die traditionelle Sichtweise einfach vorausgesetzt wird. Um dem QBismus gerecht zu werden, muss man sich auf ihn einlassen. Dasselbe gilt übrigens für die subjektivistische Interpretation der Wahrscheinlichkeit, die im Gegensatz zum QBismus eine fest etablierte Disziplin ist.

Ich habe detailliertere Antworten auf Ihre Kritikpunkte in dem beigefügten Dokument zusammengestellt. ...

Mit herzlichen Grüßen,

Ruediger Schack

Beilage zur Antwort (2) von Rüdiger Schack auf das Schreiben (2) des Autors

Zum "zentralen Punkt" Ihrer Kritik (B):

Ich habe den Eindruck, dass hier kein echter Gegensatz zwischen dem QBismus und Ihrer Sichtweise besteht, also dass der QBismus in wesentlichen Punkten mit Ihren Ausführungen übereinstimmt. Der QBismus sieht jede Erfahrung als einen aktiven Vorgang, in dem sich Akteur und Welt begegnen und in dem etwas Neues entsteht. Der Akteur bringt hier die Summe seiner Erfahrung ein, aus der tatsächlich Kommunikation nicht wegzudenken ist. Wie Sie schreiben, wohnt jeder individuellen Erfahrung ein "Moment der Allgemeinheit" inne. Dem stimme ich völlig zu. Das schließt aber für mich nicht aus, dass jede Erfahrung, in dem Moment in dem sie gemacht wird, ganz privat ist. Sowohl meine früheren Erfahrungen einschließlich aller früheren Kommunikation, die gesamte in Kommunikation mit anderen erfahrene gemeinsame Realität, und natürlich auch meine Erwartungen zukünftiger Kommunikation sind zutiefst relevant für das Wesen und die Details meiner Erfahrung, aber meine Erfahrung selbst bleibt privat, existiert für mich und nur für mich.

Zum "ALS OB" (D):

Eine Hauptaussage des QBismus ist gerade, dass es in der Quantenmechanik unzulässig ist, so zu denken, als ob sich Quantenzustände anstatt auf Erfahrungserwartungen auf eine tiefere Realität bezögen. Der QBismus zieht damit eine konsequente Lehre aus dem Doppelspaltversuch, wo es falsch ist, die Wahrscheinlichkeiten so zu berechnen als ob die Teilchen entweder durch den einen oder den anderen Spalt gingen.

Zur Nichtlokalität (C):

Sie schreiben, dass bei der Beobachtung von Quantenobjekten "der Erfahrungsprozess so "brutal" auf das jeweilige Objekt [zugreift], dass dieses durch das Erfahren in seiner Existenz beeinflusst wird." Ich würde hier nicht das Wort "brutal" verwenden, denn der QBismus macht in dieser Hinsicht keinen Unterschied zwischen klassischen Objekten und Quantenobjekten. Jedes Objekt wird durch den Erfahrungsprozess in seiner Existenz beeinflusst. Zur Existenz eines Baums gehört, dass Vögel in ihm nisten, dass Kinder ihn bestiegen haben, dass Biologen ihn klassifiziert haben, dass jemand gerade von ihm träumt, dass ein Künstler ihn gemalt hat, usw. All das macht ihn erst zum Baum. Der QBismus sagt, dass es nicht die Rolle der Wissenschaft ist, die objektive reale Essenz des Baumes (z.B. die Atome, aus denen er zusammengesetzt ist) zu beschreiben, sondern dass die Wissenschaft sich direkt auf die Erfahrungen eines individuellen Akteurs bezieht. Wissenschaftliche Erklärung ist damit nicht das Finden eines Mechanismus, sondern eher in der Art eines Satzes der Wahrscheinlichkeitstheorie: Wenn ich gewisse subjektiven Erwartungen über die Bestandteile meines Systems habe, was folgt dann gemäß den quantenmechanischen Regeln z.B. für Erwartungen bezüglich des Verhaltens des ganzen Systems?

Der QBismus leugnet nicht die Existenz von Dingen. Er sagt nur, dass von der Existenz eines Objektes die Erfahrung von Subjekten nicht wegzudenken ist. Und natürlich ist die Aussage, dass eine Erfahrung nicht existiert bevor sie gemacht ist, trivial. Diese Aussage illustriert nur den folgenden Punkt: wenn Messergebnisse Erfahrungen sind, dann ist die Folgerung, dass diese vor der Messung nicht existieren, trivial.

Ich stimme zu, dass Einstein das Problem der Nichtlokalität in der Quantenmechanik auf den Punkt gebracht hat. Möglicherweise lässt sich die Quantenmechanik allerdings tatsächlich nicht mit Einsteins Vorstellung von der Raumzeit in Einklang bringen. Einsteins "spukhafte Fernwirkungen" sind aber nicht eine Eigenschaft der Natur oder des Quantenformalismus. Sie sind eine Eigenschaft von bestimmten (nicht allen) Interpretationen der Quantenmechanik. Dass es im QBismus keine spukhaften Fernwirkungen gibt, ist ein starkes Argument für den QBismus.

Was Ereignisse in der Raumzeit angeht, ist der QBismus radikal. Auch von der Existenz eines Ereignisses in der Raumzeit lässt sich die Erfahrung von Subjekten nicht wegdenken. Und die Quantenmechanik beschreibt nicht, was "mehrere Beobachter gleichzeitig an verschiedenen Orten erfahren", sondern ist immer nur ein Werkzeug, mit dem ein einzelner Beobachter seine eigene Erfahrung ordnet.

Antwort auf die Erörterungen zum Wahrscheinlichkeitsbegriff in B und E:

Sie schreiben:

"Dem rationalen Anspruch von Wissenschaft gemäß, müsste die jeweilige Bewertung der Erwartungssicherheit (der degree of belief) von jedem, der sich an der Stelle des betreffenden Akteurs befindet und über dessen Info-Stand verfügt, nachvollzogen werden."

Diesem Einwand liegt eine zu enge Definition des rationalen Anspruchs der Wissenschaft zugrunde. Rationalität kann sich durchaus auf die Regeln beziehen, mit Hilfe derer ein Wissenschaftler seine persönlichen Wahrscheinlichkeitszuweisungen verknüpft und ordnet.

Was Sie beschreiben, ist der "objektive Bayesianismus", demgemäß eine bedingte Wahrscheinlichkeitszuweisung $P(x|I)$ als objektiv angesehen werden kann und sich nur der Infor-

mationsstand I von Akteur zu Akteur unterscheidet. Der personalistische oder subjektive Bayesianismus, der auf de Finetti, Ramsey, Savage, Jeffrey und andere zurückgeht, zeigt dagegen, dass auch $P(x|I)$ immer von einer a-priori Wahrscheinlichkeit abhängt, die nicht auf einen Informationsstand I reduziert werden kann. Z.B. ist der Schluß von der Symmetrie einer Münze auf gleiche Wahrscheinlichkeiten für Kopf und Zahl letztendlich zirkulär, da die Symmetrie nur dann relevant ist, wenn sie die Wahrscheinlichkeiten für Kopf und Zahl invariant läßt. Eine Grundaussage des QBismus ist, dass dies auch für die Quantenmechanik gilt, d.h., dass auch in der Quantenmechanik jede Wahrscheinlichkeitsaussage implizit auf a-priori Wahrscheinlichkeiten beruht.

Zu Ihren Bemerkungen zum Wahrscheinlichkeitsbegriff in Abschnitt E:

Der Bayesianismus betrachtet relative Häufigkeiten als Daten. Relative Häufigkeiten sind oft besonders nützliche Daten, aber es gibt keinen prinzipiellen Unterschied zu anderen Daten. Der (historisch gescheiterte) Versuch, Wahrscheinlichkeiten als relative Häufigkeiten zu definieren, beruht auf einer Vermischung von zwei verschiedenen Kategorien, nämlich der Wahrscheinlichkeitsfunktion auf der einen Seite und ihrer Argumente auf der anderen. Ich vermute, dass am Ende jede konsistente Interpretation von Wahrscheinlichkeiten auf dem Konzept der Erwartungssicherheiten beruht.