

## Interpretationen der Quantenmechanik und Lorentz-Interpretation

J. Brandes

03.05.16 last update: 03.05.16

Vorweg mein Standpunkt zur Natur der Wellenfunktion in der Quantenmechanik. Ich halte die Wellenfunktion für real und nicht-lokal und betrachte die Kopenhagen-Interpretation als richtig, da sie die Messergebnisse richtig vorhersagt und da ihre Annahme, dass die Wellenfunktion nicht real ist, korrekt ist, wenn man die klassische Relativitätstheorie zu Grunde legt. Aber wenn man der Lorentz-Interpretation der Relativitätstheorie den Vorzug gibt, gilt das nicht, dann ist die Wellenfunktion real.

Diese Überzeugung, die nicht so endgültig ist, dass sie sich durch Gegenargumente nicht wieder ändern könnte, verdanke ich wesentlich den Beiträgen auf <http://scienceblogs.de/hier-wohnen-drachen/> von Martin Bäker [2], der hohes fachliches Niveau mit der Fähigkeit verbindet, Fachleuten und Nichtfachleuten schwierige Theorie verständlich zu machen. Zunächst einige Argumente, Zitate und Abbildungen aus seinem Beitrag:

### Quantenmechanik und Realität [1]

Er schreibt: „Halte ich die Wellenfunktion für ein reales Objekt, dann kann sich diese Wellenfunktion nichtlokal ändern, so dass man (entgegen dem Geist der speziellen Relativitätstheorie) einen bevorzugten Beobachter annehmen muss. Außerdem gibt es Beobachter, für die sich der Kollaps der Wellenfunktion “rückwärts in der Zeit” ausbreitet.“

Seine Argumente dafür folgen aus einem einfachen Gedankenexperiment, Abb.1, ein Photon wird an einem halbdurchlässigen Spiegel entweder reflektiert oder durchgelassen. Es werde im Zähler A nachgewiesen. Dann ist die Frage: „*Wann kollabiert die Wellenfunktion?*“, ...

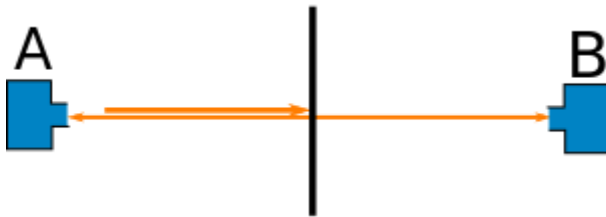


Abb. 1 Die dicke Linie zeigt das ankommende Photon, das dann nach A und/oder B läuft, und entweder bei A oder bei B nachgewiesen wird. Aus [1].

„Bei der Messung kollabiert seine Wellenfunktion. Nehmen wir an, wir messen das Photon bei A. Das Ereignis illustriert die Abb.2. Wir bauen unsere Apparate so, dass die Messung an beiden Orten genau gleichzeitig stattfindet (im Ruhesystem der Messapparate, die relativ zu einander stillstehen)“. D. h. der Nachweis des Photons bei B geschähe zu demselben Zeitpunkt wie der Nachweis bei A.

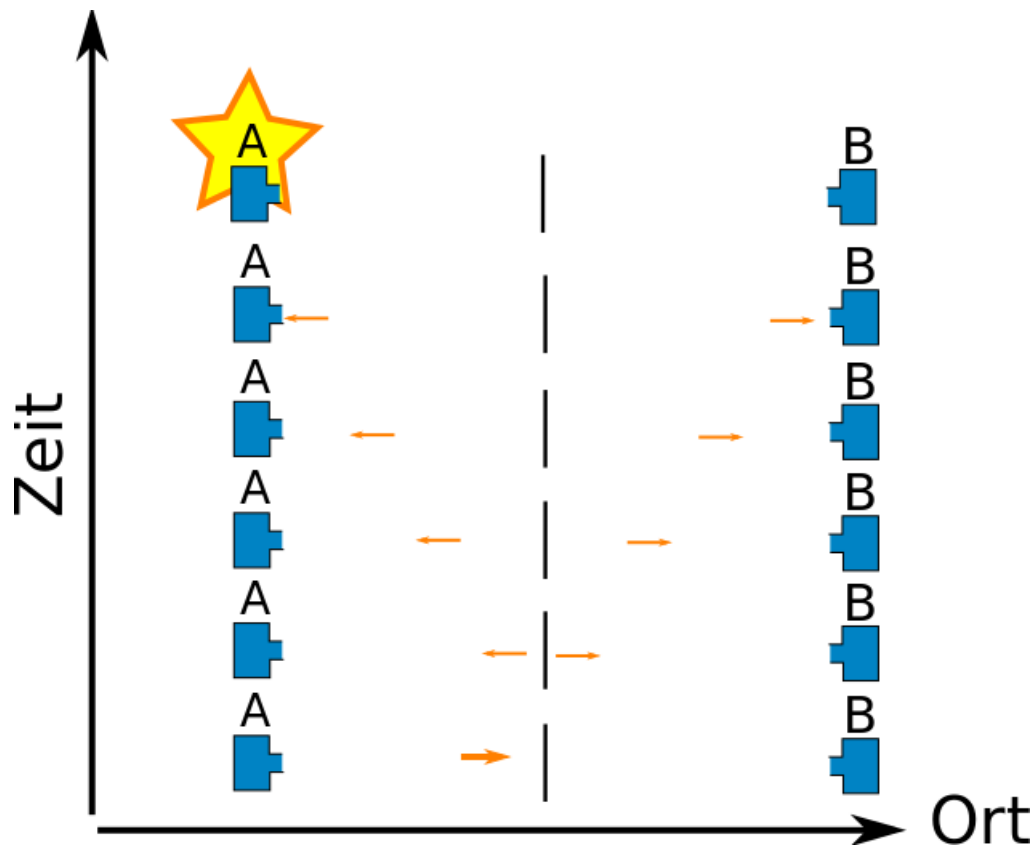


Abb. 2 Ausbreitung der Wellenfunktion und Kollaps bei A. Aus [1].

„Wenn ich mich auf den Standpunkt stelle, dass die Wellenfunktion ein reales physikalisches Objekt ist, dann ist sie am Ort B kurz vor der Messung noch nicht kollabiert – das Photon hat noch eine Wahrscheinlichkeit, hier gemessen zu werden. Die Wellenfunktion ist hier also nicht Null – das wird sie erst, wenn ich bei A gemessen habe. Einen winzigen Moment vor dem Messereignis ist die Wellenfunktion also am Ort B noch nicht Null.“

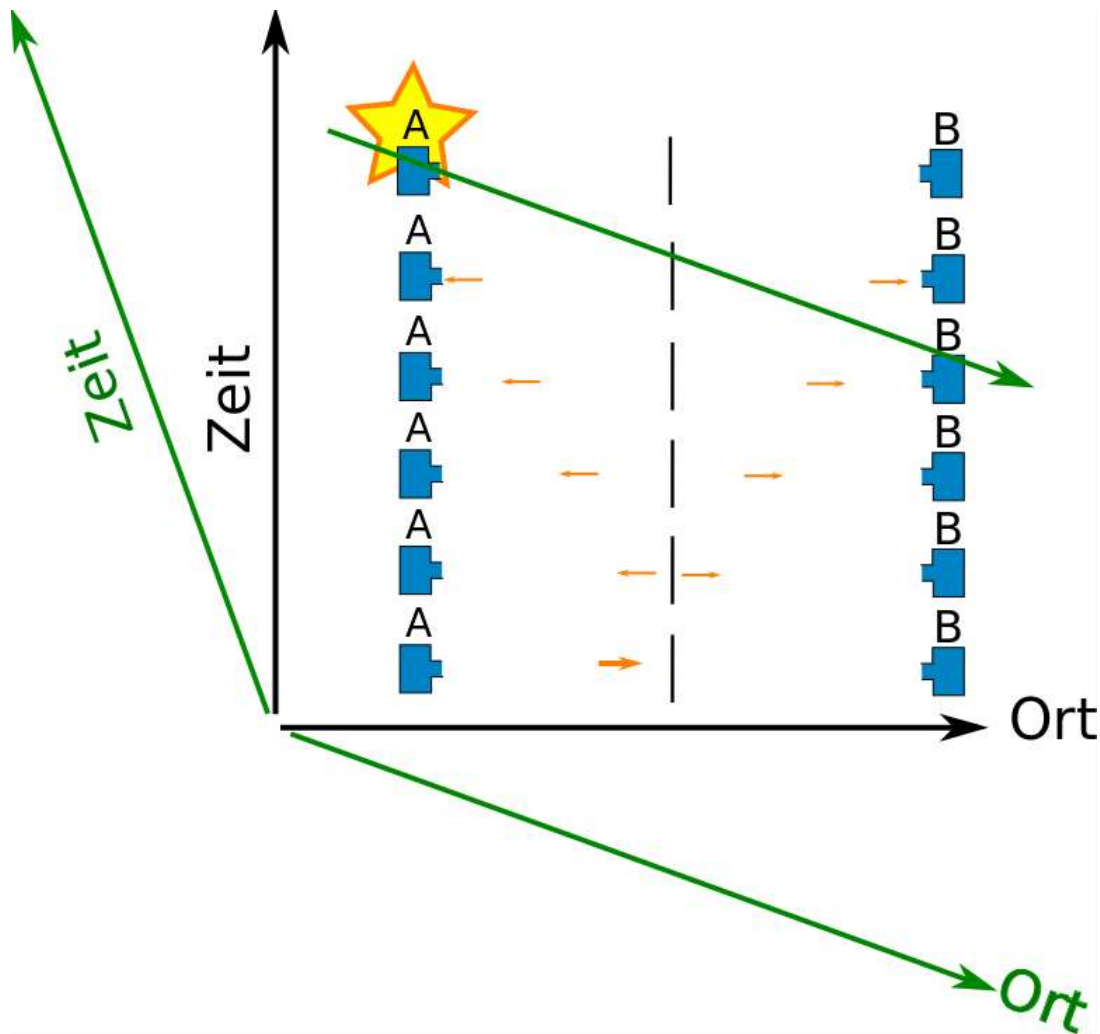


Abb. 3 Der Kollaps bei A ist relativ zu einem bewegten Inertialsystem gleichzeitig zu einem früheren Zustand bei B. Aus [1].

„In Grün: In diesem Bezugssystem erfolgt die Messung A und der Nachweis des Photons *vor* der Durchführung der Messung bei B, [die kein Ergebnis liefert] – es ist eindeutig die Messung bei A, die die Wellenfunktion kollabieren lässt, die Messung bei B bestätigt nur das, was wir schon wissen. Die Wahrscheinlichkeit, ein Photon bei B nachzuweisen, ist längst null.“

Umgekehrt lässt sich auch ein Bezugssystem finden (dazu muss ich nur in die andere Richtung fliegen), in dem die Messung bei B vor der Messung bei A stattfindet – in diesem Bezugssystem ist es also die Messung bei B, [auch wenn sie kein Teilchen registriert], die den Kollaps verursacht, nicht die bei A. Die Wahrscheinlichkeit, ein Photon bei A nachzuweisen, ist bereits 1, bevor das Teilchen bei A eintrifft.

Wenn die Wellenfunktion real ist, ist das widersprüchlich, denn der Kollaps findet an verschiedenen Orten statt, die Wahrscheinlichkeiten ändern sich ganz nach meinem Belieben, da ich das Inertialsystem frei wählen kann.

Martin Bäker nennt auch die Lösung: „Tatsächlich gibt es Interpretationen der Quantenmechanik, die von einer physikalisch realistischen Wellenfunktion ausgehen. Das Problem kann umgangen werden, indem man davon ausgeht, dass es einen „bevorzugten Beobachter“ gibt (vornehm ausgedrückt, eine „preferred foliation“), so dass immer eindeutig ist, wie die Wellenfunktion kollabiert. (Es wird also beispielsweise die grüne Linie als die Kollaps-Linie festgelegt.) Das ist prinzipiell nicht im Widerspruch zu unseren Beobachtungen, wohl aber zur Idee der speziellen Relativitätstheorie, nach der es ja keine ausgezeichneten Beobachter geben sollte.“

Der Zusammenhang, einen bevorzugten Beobachter anzunehmen, mit der Lorentz-Interpretation der Relativitätstheorie (LI) ist offensichtlich, denn hier hat man ein ausgezeichnetes Inertialsystem und jeder in ihm ruhender Beobachter ist ein bevorzugter Beobachter. Natürlich darf man der Idee der Relativitätstheorie

widersprechen, denn die LI macht in der Regel genau dieselben experimentellen Vorhersagen wie die klassische Theorie, ihr Unterschied liegt (neben einigen noch nicht überprüfbaren experimentellen Vorhersagen) in der Raumzeitphilosophie.

Zur Erläuterung der unterschiedlichen Raumzeitphilosophie ein einfaches Beispiel – weitere in [3]. Man nehme einen Maßstab beliebiger Länge. Was man, ohne Physiker zu sein, dazu sagen kann, ist: Jeder Maßstab hat Ausdehnung, er hat eine Länge, er erstreckt sich im Raum in eine Richtung. Daraus ergibt sich die Frage an den Physiker: welche Länge hat der Stab? Dessen Antwort: unendlich viele, denn in jedem Inertialsystem ist es eine andere. Für die LI gibt es eine abweichende und klare Antwort: es die Länge, die man im ausgezeichneten Inertialsystem misst. Eine unnötige Annahme, wie Physiker mit großer Mehrheit antworten, aber man denke nach: experimentell bewiesen ist das nicht und deshalb sollte ein Physiker so etwas nur unter Vorbehalt sagen.

#### Literaturhinweise

[1] Martin Bäker [Quantenmechanik und Realität](#)

[2] Martin Bäker <http://scienceblogs.de/hier-wohnen-drachen/>

[3] J. Brandes, J. Czerniawski: *Spezielle und Allgemeine Relativitätstheorie für Physiker und Philosophen - Einstein- und Lorentz-Interpretation, Paradoxien, Raum und Zeit, Experimente*, 2010 Karlsbad: VRI, 4. erweiterte Auflage, 404 Seiten, 100 Abbildungen, ISBN 978-3-930879-08-3 Näheres: [www.buchhandel.de/](http://www.buchhandel.de/) oder [www.amazon.de/](http://www.amazon.de/)

J. Brandes, Homepage: <http://www.grt-li.de/>