Informationsbedingte Superposition

Autor: M. Eng. Simon Mayr

Kontakt: smayr2500@gmail.com

Datum: 13.01.2023

Inhalt

1 Einleitung 2
2 Wissenschaftliche Erkenntnisse bekräftigen die Theorie 2
2.1 Das Messproblem und die Superposition in der Quantenmechanik 2
2.2 Schrödingers Katze 3
2.3 Wigner's Freund 4
2.4 Zustände der klassischen Physik vs. Zustände in der Quantenphysik 5
2.5 Die Quantenmechanik kann widerspruchsfrei als Bayssche Wahrscheinlichkeit beschrieben werden 5
2.6 Die Dekohärenz widerlegt diese Interpretation nicht 6
2.7 Bellsche Ungleichung 7
3 Massive Auswirkung auf die Realitätsvorstellung 7
4 Zusammenfassung 8
5 Literaturverzeichnis 9

1 Einleitung

Was ich nicht weiß, ist unbekannt. Soweit kann jeder zustimmen. Fehlt einem die Information über ein System, so existieren mindestens zwei Möglichkeiten. Fehlt mir beispielsweise die Information, ob eine Münze nach einem Münzwurf Kopf oder Zahl zeigt, ist beides möglich. Man geht jedoch davon aus, dass das Ergebnis unabhängig davon, ob der Beobachter die Information hat oder nicht, eindeutig existiert, sobald die Münze zur Ruhe gekommen ist.

Es wäre jedoch auch denkbar, dass das Ergebnis nicht nur unbekannt, sondern auch undefiniert ist, bis zu dem Zeitpunkt an dem die Münze gesichtet wird. Ob die Münze Kopf oder Zahl zeigt wäre also, obwohl die Münze zur Ruhe gekommen ist, bis zur Beobachtung nicht nur unbekannt und auch undefiniert.

Den Zustand bei dem ein System nicht nur unbekannt, sondern bis zum Zeitpunkt der Messung auch undefiniert ist, wird auf der Ebene Quantenmechanik bereits von den meisten Physikern geteilt. Man nennt diesen Zustand Superposition.

Die Superposition beschreibt in der Quantenmechanik also einen Zustand, in dem das Ergebnis für den Beobachter nicht nur unbekannt ist, sondern bis zum Zeitpunkt der Messung auch undefiniert ist.

In den folgenden Kapiteln werden wissenschaftliche Hinweise dargelegt, die mich zu folgender Schlussfolgerung bringen:

Der Informationsmangel eines Beobachters führt zu superponierten Zuständen

oder anders ausgedrückt:

Unwissen = Undefiniertheit

"Existiert der Mond auch dann, wenn keiner hinsieht?" fragte Einstein, um seine Zweifel deutlich zu machen, dass Elektronenbahnen erst, wie durch Werner Heisenberg beschrieben, durch die Beobachtung entstehen.

Gemäß dieser Interpretation können nur dem, was aktuell wahrnehmbar ist, definierte Eigenschaften zugeordnet werden.

2 Wissenschaftliche Erkenntnisse bekräftigen die Theorie

Im Folgenden werden diverse wissenschaftliche Erkenntnisse aufgezeigt, die dafürsprechen, dass vor der Beobachtung das Ergebnis eines Systems nicht nur unbekannt, sondern auch undefiniert ist. Bei den kursiven Texten handelt es sich dabei um Inhalte, die von den angegebenen Informationsquellen entnommen wurden.

2.1 Das Messproblem und die Superposition in der Quantenmechanik

*Die von John von Neumann und P.A.M. Dirac erarbeiteten mathematischen Methoden bilden bis heute das formale Fundament der orthodoxen Interpretation. Charakteristische Merkmale der orthodoxen Interpretation sind die Annahme des so genannten „**Eigenwert-Eigenzustand-Link“ und das Kollaps-Postulat.***

Gemäß dem Eigenwert-Eigenzustand-Link hat eine Observable dann – und nur dann – einen definierten (d. h. prinzipiell vorhersagbaren) Wert, wenn sich das System in einem Eigenzustand der Observablen befindet. Wenn sich das System hingegen in einem Superpositionszustand verschiedener Eigenzustände befindet, kann der Messgröße in dieser Interpretation vor der Messung kein definierter Wert zugeordnet werden. Der Ausgang eines einzelnen Messvorgangs ist in diesem Fall zufällig, die

Entwicklung des Systems ist bei Durchführung einer Messung nicht deterministisch. (Wikipedia - Interpretationen der Quantenmechanik, 2022)

Am Messgerät ist, wie bei jeder Messung in der klassischen Physik auch, immer nur ein Wert abzulesen, aber es ist bis heute nicht befriedigend gelöst, auf welche Weise dieser aus den vielen möglich gewesenen Werten ausgewählt wird. Mit der Quantenmechanik und der Quantenfeldtheorie lässt sich für jeden der möglichen Messwerte nur die Wahrscheinlichkeit berechnen, dass er auftritt, und die Möglichkeit einer präzisen Vorhersage scheint außer bei gewissen Ausnahmen prinzipiell ausgeschlossen. ***Damit stellt der quantenmechanische Messprozess für die Interpretation dieser beiden ansonsten überaus erfolgreichen Theorien eins der größten ungelösten Probleme dar.*** (Wikipedia Quantenmechanische Messung, 2022)

Daraus lassen sich zwei Erkenntnisse ableiten:

1) In der Quantenmechanik vertreten viele Physiker die Annahme, dass Zustände nicht nur unbekannt, sondern auch nicht eindeutig definiert sind. Sie verwenden für die Beschreibung dieses Zustandes den Begriff der Superposition.
2) Was genau eine Messung ist, ist bis heute ungelöst

Nach aktuellem Stand der Wissenschaft lässt sich dieses Prinzip nur auf Quantenobjekte anwenden. Da jedoch jegliche Materie aus Atomen (also Quantenobjekte) besteht und zudem keine eindeutige Grenze zwischen klassischer Physik und Quantenphysik gezogen werden kann, sehe ich keinen Grund zur Annahme warum das Prinzip der Superposition nicht auch auf makroskopische Objekte übertragbar sein sollte.

Zudem konnten bisher keine wissenschaftlich belegbaren Gründe gefunden werden warum beispielsweise ein radioaktives Atom mit dem Zustand der Superposition beschrieben werden kann, eine Münze hingegen nicht.

Bei beiden Objekten kann es sich demnach es um einen Zustand handeln, dessen Ergebnis vor der Messung nicht nur unbekannt, sondern auch noch nicht festgelegt ist.

Warum Quantenteilchen bis zum Zeitpunkt der Messung nicht nur unbekannt, sondern auch undefiniert sind, wurde mit der Verletzung der Bellschen Ungleichung bewiesen. Im Umkehrschluss heißt das aber nicht, dass ein System vor der Messung definierte Eigenschaften besitzt, wenn die Ungleichung nicht verletzt wird.

Eine Messung wäre demnach nichts Anderes als die Beseitigung des Informationsmangels des Beobachters.

2.2 Schrödingers Katze

In dem Gedankenexperiment befinden sich in einem geschlossenen Kasten eine Katze und ein instabiler Atomkern, der innerhalb einer bestimmten Zeitspanne mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zerfällt. Der Zerfall löst mittels eines Geigerzählers die Freisetzung von Giftgas aus, welches die Katze tötet.

Schrödinger argumentiert nun, dass – wenn die Quantenphysik auch auf makroskopische Systeme anwendbar wäre – nicht nur der Atomkern, sondern auch die Katze in einen Zustand der Überlagerung geraten müsste. Diese Überlagerung würde erst beendet, wenn jemand den Kasten öffnet und den Zustand der Katze überprüft. Dies stellt eine Messung dar, die entweder das Ergebnis „tot" oder „lebendig" feststellt. Bis dahin wäre die Katze also lebendig und gleichzeitig tot. ***Diese Schlussfolgerung erscheint paradox, wobei die Paradoxie in gewisser Weise durch das Postulat der Überlagerungen mathematisch aufgelöst wird.*** (Wikipedia - Schrödingers Katze, 2023)

Dieses Gedankenexperiment kann also mathematisch gelöst werden, indem davon ausgegangen wird, dass sich die Katze ebenfalls in Superposition befindet. Wird davon ausgegangen das jeder Informationsmangel des Beobachters zu superponierten Zuständen führt, ist das Schicksal der Katze einfach zu erklären. Da dem Beobachter das Wissen über dem Zustand der Katze fehlt, ist dieser sowohl unbekannt als auch noch nicht definiert, bis zu dem Zeitpunkt an dem die Box geöffnet wird.

Ob man die Katze klassisch mit einem radioaktiven Atom in eine Box sperrt, oder einfach eine Woche lang ohne Nahrung in eine Box sperrt, wäre demnach egal. In beiden Fällen existiert eine Wahrscheinlichkeit von unter 100%, dass die Katze lebendig ist.

Dieses Beispiel lässt sich exakt auf den Münzwurf oder unzähligen weiteren Beispielen übertragen, an denen dem Beobachter Information über dem eindeutigen Zustand eines Systems fehlt.

2.3 Wigner's Freund

Sobald wir messen, „sehen" wir jedoch keinen unscharfen „überlagerten" Wert, sondern einen exakten diskreten Zustandswert. Dies zu erklären ist eine der wichtigsten Herausforderungen für Interpretationen der Quantenmechanik, das sogenannte quantenmechanische Messproblem. Verschiedene übliche Behandlungsweisen identifizieren nun den Zeitpunkt der Messung mit dem Zeitpunkt, zu welchem das System aus einem „verschränkten" Superpositionszustand in einen „reduzierten" eindeutigen Zustand übergeht.

Eine etwas andere Auffassung soll Wigners Gedankenexperiment veranschaulichen. Angenommen, nicht nur eine Katze, sondern auch ein Beobachter (Wigners Freund) befindet sich in einer Anlage, die per Quantenexperiment den Tod der Katze auslöst oder dies nicht tut.[5] *Spätestens, sobald ein externer Beobachter (Wigner) von ihm das Messergebnis erfährt, gibt es eine eindeutige Beschreibung des gemessenen Systemzustands – so viel scheint unstrittig. Unklar ist aber, ob die Reduktion schon zuvor eintrat – nämlich als Wigners Freund sie (bewusst) sah. Würde sich an Stelle von Wigners Freund nämlich ein materielles Gerät befinden, wäre dessen Zustand verschränkt mit jenem der Katze und des (quantenmechanischen) Auslösers vor deren Tod. Ein solches Gerät wäre also selbst in einem Superpositionszustand. Aus Sicht des zweiten Beobachters findet die Reduktion aber erst später statt. Da beide Beobachter gleichartig sind, ist dies paradox.* (Wikipedia Wigners Freund, 2022)

Wird davon ausgegangen, dass jeder Informationsmangel des Beobachters zu superponierten Zuständen führt, wäre ein Teil des Rätsels um Wigners Freund gelöst. Unabhängig davon ob die Erkenntnisse aus der Quantenmechanik nun auch auf makroskopische Systeme übertragen werden oder nicht bleibt die Konsequenz, dass es eine vom Beobachter unabhängige Realität nicht möglich ist.

Zu einer ähnlichen Auffassung kamen jedoch auch Forscher, die 2020 ihre Arbeit zu einem experimentellen Modell veröffentlichten:

Im Jahr 2020 veröffentlichten Forscher ein experimentelles Modell, welches „Schrödingers Katze" und „Wigners Freund" weiterentwickelt. Es zeigt, dass, falls die Quantentheorie auch auf makroskopischeren Ebenen von „Beobachtern" gültig ist, mindestens eine von drei Schlussfolgerungen zu machen ist, ***wobei diese allesamt mit dem modernen Verständnis der Realität nur sehr schwer zu vereinbaren sind****, und vertiefen damit das Fazit der Bellschen Ungleichung: entweder Absolutheit–Realismus „Absoluteness of Observed Events" (beobachtete Ereignisse geschehen „tatsächlich", unrelativ und einmalig), „Lokalität" (keine instantanen Effekte oder Eigenschaftskorrelationen räumlich getrennter Entitäten), oder Nicht-Superdeterminismus (nicht alles ist seit Anbeginn vorherbestimmt und keine Retrokausalität) sei demnach falsch.* (Wikipedia Wigners Freund, 2022)

Dieser Artikel ist zu finden unter:

https://www.nature.com/articles/s41567-020-0990-x

2.4 Zustände der klassischen Physik vs. Zustände in der Quantenphysik

In der klassischen Physik lässt sich der Zustand eines Gegenstandes unter anderem durch seine Bewegungsgleichungen beschreiben. Eine Münze, die geworfen wird, folgt dem Prinzip von Ursache und Wirkung. Wüsste man alle Eigenschaften von einem Münzwurf, so ließe sich das Ergebnis des Münzwurfes vorhersagen, ohne dass man dieses nachsehen müsste. Der Zustand der Münze wäre damit zu jedem Zeitpunkt eindeutig definiert und unabhängig von wahrscheinlichkeitsabhängigen Beschreibungen.

Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass die Werkzeuge, welche die Zustände der Quantenmechanik beschreiben, nicht in der klassischen Physik anwendbar sind.

Ich komme jedoch zu der Schlussfolgerung, dass es sich dabei um zwei völlig getrennte Werkzeuge handelt, die im Makrokosmos beide angewandt werden können, ohne dabei im Widerspruch zu stehen.

Beispiel Münzwurf

Ist jegliche benötigte Information des Münzwurfes wie z.B. Luftdichte, Ort, Impuls etc. vorhanden, so lässt sich mit den physikalischen Gleichungen exakt berechnen, ob Kopf oder Zahl fällt. Dadurch beträgt die Wahrscheinlichkeit für Kopf beispielsweise 100% und für Zahl 0%.

Selten besitzt eine Person aber alle Information um das Ergebnis eines Münzwurfes eindeutig vorherzusagen. Sobald mehr als eine Möglichkeit vorhanden ist, ist das Ergebnis unbekannt und evtl. auch noch undefiniert. Der Zustand lässt sich gemäß den Werkzeugen der Quantenmechanik als Superposition beschreiben.

Dr. F.H. Fröhner hat erfolgreich nachgewiesen, dass sich die Quantenmechanik widerspruchsfrei als Bayssche Wahrscheinlichkeiten beschreiben lässt. Mehr dazu in Kapitel 2.5.

Wirft man also eine Münze ohne das Ergebnis zu sichten, ist die Wahrscheinlichkeit für Kopf und Zahl jeweils bei 50%. Der Zustand des Münzwurfes kann daher ebenfalls als Superposition beschrieben werden.

2.5 Die Quantenmechanik kann widerspruchsfrei als Bayssche Wahrscheinlichkeit beschrieben werden

Ein entscheidender Unterschied zu einer „klassischen“ Zustandsbeschreibung wird manchmal übersehen: Sofern die Wellenfunktion nicht schon vor der Messung einen Eigenzustand beschreibt, enthält sie mehrere Eigenzustände und für jeden eine Wahrscheinlichkeit unter 100 %. Sie beschreibt dann gewissermaßen nicht wirklich das System, sondern ***das unvollständige Wissen über das System****. Fröhner[4] hat nachgewiesen, dass die quantenmechanischen Wahrscheinlichkeiten widerspruchsfrei als Bayessche Wahrscheinlichkeiten aufgefasst werden können.* ***Diese ändern sich, indem die Messung den Informationsstand des Beobachters ändert.*** *Dazu wird keine Zeit benötigt; was kollabiert („zusammenbricht“), ist nichts Physikalisches, sondern nur* ***der Informationsmangel des Beobachters****. Ganz entsprechend haben sich hierzu Heisenberg 1960 in einer brieflichen Diskussion (siehe Zitat bei Fröhner) und Styer[5] geäußert* (Wikipedia - Kollaps der Wellenfunktion).

Der vollständige Artikel von F.H. Fröhner ist zu finden unter:

https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/zna-1998-0801/pdf

Im Umkehrschluss bestätigt dies die Annahme aus Kapitel 1:

Der Informationsmangel eines Beobachters führt zu superponierten Zuständen

2.6 Die Dekohärenz widerlegt diese Interpretation nicht

Dekohärenz *ist ein Phänomen der Quantenphysik, das zur unvollständigen oder vollständigen Unterdrückung der Kohärenzeigenschaften quantenmechanischer Zustände führt. Dekohärenzeffekte ergeben sich, wenn ein bislang abgeschlossenes System mit seiner Umgebung in Wechselwirkung tritt. Dadurch werden sowohl der Zustand der Umgebung als auch der Zustand des Systems irreversibel verändert. Das Dekohärenzkonzept wurde ca. 1970 vom deutschen Physiker Dieter Zeh eingeführt* (Wikipedia - Dekohärenz, 2023).

Gemäß dieser Theorie kollabiert die Superposition, sobald eine Wechselwirkung mit der Umgebung stattfindet.

In der Literatur findet sich häufig die Aussage, Dekohärenz und Superselektion stellten eine Lösung für das Messproblem dar, eine der grundlegenden ungeklärten Fragen der Quantenmechanik. ***Diese Aussage ist jedoch sehr umstritten****.*[1]

Wenn davon die Rede ist, dass die Dekohärenz „klassische" Eigenschaften hervorruft, dann bedeutet dies, dass das Quantensystem annähernd (for all practical purposes)[5] *keine Interferenz und keine Überlagerungszustände mehr zeigt. Messungen an dekohärenten Systemen zeigen eine klassische statistische Verteilung der Messwerte.*

Die Dekohärenztheorie kann jedoch keine einzelnen Messungen erklären, sondern macht nur statistische Aussagen über Ensembles aus mehreren Messvorgängen. Um zu erklären, warum bei einer Einzelmessung nur ein einzelnes, bestimmtes Ergebnis wahrgenommen wird, ist nach wie vor eine weitergehende Interpretation nötig, wie sie zum Beispiel beim Kollaps der Wellenfunktion der Kopenhagener Deutung der Quantentheorie oder im Rahmen der Viele-Welten-Interpretation versucht wird. Auch die Dynamischer-Kollaps-Theorien sind gut mit der Dekohärenztheorie vereinbar (Wikipedia - Dekohärenz, 2023)

Gemäß dieser Theorie dürfte sich auch beim Doppelspaltversuch kein Interferenzmuster bilden können, da die Elektronen bereits Wechselwirkung mit der Umgebung haben. Bei einem freien Elektron wird unter Normaldruck eine Dekohärenz Zeit von 10e-12s angegeben. Wie lässt sich dann also noch das Interferenzmuster erklären?

Ein weiteres Gegenargument ist der sogenannte Quantenradierer:

Denn schon die Erzeugung einer solchen „Welcher-Weg"-Markierung, auch wenn sie gar nicht abgelesen wird, zerstört das Interferenzmuster. Dies ist für Licht, also auch für die einzelnen Photonen, schon lange bekannt. Neuartig am Quantenradierer ist die Beobachtung, dass man das Interferenzmuster wieder herstellen kann, indem man die schon angebrachte Markierung wieder auslöscht („wegradiert"). Dabei kann sogar mit einem späten Ein- oder Ausschalten des Quantenradierers scheinbar nachträglich entschieden werden, ob das Quantenobjekt vorher als Welle durch beide Spalte oder als Teilchen nur durch einen Spalt gegangen ist („Delayed-Choice-Experiment") (Wikipedia - Quantenradierer, 2023).

Das Interferenzmuster kann also trotz der Wechselwirkung mit der Umgebung wieder hergestellt werden.

2.7 Bellsche Ungleichung

*Die **bellsche Ungleichung** (auch **Bell'sche Ungleichung**) betrifft Messreihen an Teilchenpaaren. Sie wurde 1964 von John Stewart Bell veröffentlicht,[1] um den „lokalen Realismus", ein Konzept Einsteins, zu analysieren. Dabei bedeutet Lokalität, dass keine Signale existieren, die sich schneller als Licht ausbreiten und Realismus bedeutet, dass Teilchen auch dann einen definierten Zustand besitzen, wenn nicht gemessen wird.*

Mit der bellschen Ungleichung hatte John S. Bell bewusst einen experimentell überprüfbaren Widerspruch zwischen den Konsequenzen des einsteinschen Konzepts und den Vorhersagen der Quantenmechanik formuliert. Zahlreiche Experimente haben seither die Verletzung der Ungleichung für verschränkte Teilchenpaare nachgewiesen und damit die Vorhersagen der Quantenmechanik bestätigt.

1935 hatten Albert Einstein, Boris Podolsky und Nathan Rosen,[2] kurz EPR, dazu argumentiert, dass der lokal-realistische Standpunkt der klassischen Physik dazu zwingt, den Teilchen individuelle Eigenschaften zuzuschreiben, die ihr eigenes Verhalten bei Messungen steuern und damit den quantenmechanischen Zufall vortäuschen. Die drei Autoren schlossen daraus, dass die Quantentheorie unvollständig sein müsse.

Bell zeigte nun, dass, wenn für Teilchen die Annahmen des lokalen Realismus gelten, bei bestimmten Experimenten an Teilchenpaaren die Messergebnisse seine dazu aufgestellte Ungleichung stets erfüllen müssten. Die Quantentheorie sagt aber in bestimmten Fällen für verschränkte Teilchen die Verletzung der Ungleichung voraus. Was 1964 Bell als Gedankenexperiment vollzog, wurde ab 1972 durch echte Experimente, zuerst[3] von Stuart Freedman und John Clauser, bestätigt.[4]

Aufgrund der durchgeführten Experimente gilt Einsteins Konzept der individuellen Teilcheneigenschaften bei Informationsausbreitung mit höchstens Lichtgeschwindigkeit im strengen Sinne eines lokalen Realismus heute als widerlegt. Mindestens eines der beiden Prinzipien von Lokalität und Realismus muss also bei der Betrachtung quantenphysikalischer Systeme aufgegeben werden.

*Bei verschränkten Photonenpaaren ist die Verletzung der bellschen Ungleichung gemessen worden. Ihre beobachteten Polarisationseigenschaften stimmen mit der Quantenmechanik überein und sind nicht mit der Annahme von Realität und Lokalität verträglich. **Dies bedeutet, dass nicht alle Messwerte vor der Messung feststehen** oder dass die Werte aus verschiedenen Messungen nichtlokal korreliert sein können, d. h. in Situationen, die etwa auf Grund der Entfernung den Einfluss einer auf die andere Messung ausschließen.*

3 Massive Auswirkung auf die Realitätsvorstellung

Die Information über ein System ist von dem jeweiligen Beobachter abhängig. Nehmen wir zwei Personen Namens Alice und Bob. Alice öffnet die Box und weiß damit, dass die Katze beispielsweise tot ist.

Bob hat diese Information nicht, daher ist die Katze für ihn weiterhin in einem Überlagerungszustand von tot und lebendig.

Daraus ergibt sich folgendes Problem: Die einzig zulässige Antwort von Bob an Alice ist, dass die Katze tot ist. Damit könnte die Katze aber für Bob nicht mehr weiterhin in einem Überlagerungszustand sein. Falls doch und Bob im Anschluss selbst in die Box blickt, dann könnte diese jedoch auch lebendig sein, obwohl sie für Alice bereits für tot erklärt wurde.

Eine plausible Erklärung für dieses Problem gibt es nicht. Jeder denkbare Lösungsvorschlag hätte jedoch nach bisherigen Erkenntnissen massive Auswirkungen auf unsere Realitätsvorstellung.

Diese Problemstellung ergibt sich jedoch unabhängig davon, ob man die Erkenntnisse aus der Quantenmechanik auch auf makroskopische Systeme überträgt oder nicht (Siehe Wigners Freund in Kapitel 2.3).

4 Zusammenfassung

Wie in den vorherigen Kapiteln gezeigt wurde, teilen hochrangige Physiker wie Werner Heisenberg und John von Neumann die Auffassung, dass eine Realität unabhängig von der eigenen Beobachtung unwahrscheinlich ist. Werner Heisenberg äußerte sich dazu mit dem Zitat:

“ Die Beobachtung selbst ändert die Wahrscheinlichkeitsfunktion unstetig. Sie wählt von allen möglichen Vorgängen den aus, der tatsächlich stattgefunden hat.“

Nobelpreisträger Eugene Paul Wigner erweiterte das Gedankenexperiment von „Schrödingers Katze“ so, dass mögliche Auswirkungen auf die Realitätsvorstellung deutlich werden. Dies konnte 2020 experimentell bereits nachgewiesen werden.

Mit der Annahme, dass „Unwissen“ gleichzusetzen ist mit „Undefiniertheit“ ließen sich jedoch Antworten auf offene Problemstellungen der Quantenmechanik geben.

Eine quantenphysikalische Messung ist demnach nichts anderes als die Beseitigung des Informationsmangels des Beobachters. Hat der Beobachter über den Zustand eines Systems die vollständige Information, ist das Ergebnis eindeutig (Kollaps der Wellenfunktion).

Das Schicksal von Schrödingers Katze ist solange undefiniert, bis man sich die Information z.B. durch das Öffnen der Box einholt. Ob es eine Katze in einer Box ist, oder eine Kugel auf dem Roulette Tisch ist dabei egal. Solange der Beobachter die Information nicht hat, ist das Ergebnis unbekannt und undefiniert.

In dieser Arbeit wurden viele wissenschaftlich belegbare Gründe genannt, die für diese Interpretation sprechen. Abgesehen von den massiven Auswirkungen und offenen Fragen bzgl. der Realitätsvorstellung konnten bislang keine Argumente gefunden werden, die dagegensprechen.

Im Vergleich zur vielen Welten Interpretation berücksichtig diese Interpretation auch die Wahrscheinlichkeit, dass ein bestimmtes Ereignis eintritt.

5 Literaturverzeichnis

Fröhner, D. F. (28. 1 1998). *Missing Link Between Probability Theory and Quantum Mechanics.* Von https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/zna-1998-0801/pdf abgerufen

Philippe Allard Guerin, V. B. (kein Datum). *A strong no-go theorem on the Wigner's friend paradox.* Von https://www.nature.com/articles/s41567-020-0990-x abgerufen

Wikipedia - Dekohärenz. (04. 01 2023). Von https://de.wikipedia.org/wiki/Dekoh%C3%A4renz abgerufen

Wikipedia - Interpretationen der Quantenmechanik. (12. 14 2022). Von https://de.wikipedia.org/wiki/Interpretationen_der_Quantenmechanik abgerufen

Wikipedia - Kollaps der Wellenfunktion. (kein Datum). Von https://de.wikipedia.org/wiki/Kollaps_der_Wellenfunktion abgerufen

Wikipedia - Quantenradierer. (04. 01 2023). Von https://de.wikipedia.org/wiki/Quantenradierer abgerufen

Wikipedia - Schrödingers Katze. (04. 01 2023). Von https://de.wikipedia.org/wiki/Schr%C3%B6dingers_Katze abgerufen

Wikipedia Quantenmechanische Messung. (2022).

Wikipedia Wigners Freund. (2022). Von https://de.wikipedia.org/wiki/Wigners_Freund abgerufen

Wikipedia wissenschaftlicher Realismus. (2022). Von https://de.wikipedia.org/wiki/Wissenschaftlicher_Realismus abgerufen