

SCHRÖDINGERS KATZE UND DAS PENDEL DES TODES

EINE QUANTENMECHANISCHE
AUFRÄUMAKTION

Thomas
Krüger

Schrödingers Katze und das Pendel des Todes

Eine quantenmechanische Aufräumaktion

Thomas Krüger¹

im Jahre 2022

¹Univ.-Doz. Dr. rer. nat. Dipl.-Chem., Anschrift: Bartels Feld B 7, D-33332 Gütersloh, E-mail: boss@quantum-krueger.com

**Bibliografische Information der Deutschen
Nationalbibliothek:**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische
Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISBN 978-3-7562-8629-4

©2022 Dr. Thomas Krüger

Herstellung und Verlag: BoD - [Books on Demand](http://www.bod.de), Norderstedt



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Schrödingers Katze	11
2.1	Grundbetrachtungen	11
2.2	Ausblick	17
3	Die Unschärferelation	21
3.1	Herleitung	21
3.2	Unschärfe	25
3.3	Ein kurzer Blick in die Literatur	28
3.4	Der Mößbauer-Effekt	31
4	QM/kLM, Pendel/Oszillator	35
4.1	Der klassische Fall, einfach	35
4.2	Der elegantere Weg	42
4.3	Pendel, quantenmechanisch	43
4.4	Vergleich	46

4.4.1	Versuch 1	46
4.4.2	Versuch 2	49
4.4.3	Versuch 3	54
4.5	Fazit	60
4.6	Ghirardi, Rimini und Weber	62
4.7	Ort und Zeit	68
5	Zustände und Dualismus	71
5.1	Der statistische Operator	71
5.2	Wellen und Teilchen	75
5.3	Das de Broglie-Paradoxon	77
5.4	λ und der von Neumannsche Beweis	80
6	Messungen	87
6.1	Ehrenfests Theorem	87
6.2	Der Meßprozeß	90
6.3	Sein und Zeit	95
6.4	EPR und Bell	102
7	RES und $\chi\rho\nu\nu\omicron\varsigma$	111
8	Zusammenfassung	115
8.1	Ebendiese	115
8.2	Schlußbemerkung	123

Die Abbildungen vor Beginn und am Ende des Buches zeigen Vorder- bzw. Rückseite eines silbernen Denars des Kaisers Didius Julianus aus dem Jahr 193 nach Christi Geburt. So unterschiedlich beide Seiten auch sein mögen - sie repräsentieren doch *ein* Ganzes. Genauso sind Welle und Teilchen nur die zwei untrennbar miteinander verbundenen Facetten *eines* Dinges, des *warticles*. warticle = wave (Welle) plus particle (Teilchen).

Und, by the way, bitte ich die geneigte Leserschaft um Verständnis für meine bisweilen eigensinnigen und eigenwilligen Trennungsregeln. Aber wer soll da heute sowieso noch durchblicken?

Kapitel 1

Einleitung

Die Quantenmechanik (QM) ist eine überaus fruchtbare und nützliche Theorie; nützlich, weil sie erlaubt, das Ergebnis von Experimenten präzise vorherzusagen, neue Experimente zu konzipieren und vor allem die zahllosen Phänomene des Mikrokosmos zu handhaben. Fruchtbar ist sie insbesondere deshalb, weil sie uns geradezu zwingt, Neues zu denken und alte, ausgetretene Pfade zu verlassen. Entstanden ist sie, weil die klassische Mechanik (kM) vom Vordringen in den Mikrokosmos weitgehend überfordert war. Aber bis heute herrscht in der wissenschaftlichen Gemeinde weder Einigkeit über das Verhältnis zwischen kM und QM noch darüber, was uns die Quantenmechanik eigentlich „sagen“ will.

Diese Schrift zielt nicht darauf ab, die Debatte um die Quantenmechanik umfassend darzustellen. Dazu wäre ein Werk ge-

radezu lexikalischen Ausmasses notwendig. Vielmehr geht es darum, anhand der wesentlichen Experimente und Problem-bereiche eine Interpretation ohne Schnörkel, ohne philosophische Verrenkungen zu versuchen. Wenn das gelingt, wird sich vieles klarer erweisen. Wenn nicht, ist die Entwicklung der QM fundamental nicht abgeschlossen.

Schrödingers Katze, also die Frage nach der Realität und der (sinnvollen) Anwendbarkeit der QM, die Unschärferelation, der Welle-Teilchen-Dualismus und die Welt der verschränkten Zustände sind die Themen, die angegangen werden müssen.

Physikalische und mathematische Grundkenntnisse sowie die elementaren Konzepte der Quantenmechanik werden vorausgesetzt. Man sollte also zumindest eine Ahnung davon haben, was eine Wellenfunktion und was ein Operator sein kann. Überdies sollte der Leser einen grundsätzlichen Hang zur Philosophie im allgemeinen und eine gewisse Neugier auf die Philosophie Martin Heideggers im speziellen mitbringen. Aktives Lesen ist angesagt. Ich wollte das Buch schließlich kurz halten.

Kapitel 2

Schrödingers Katze

2.1 Grundbetrachtungen

Die tieferen Gründe, die Erwin Schrödinger sintemalen zur Erfindung dieses Gedankenexperiments geführt haben, spielen hier keine Rolle. Wahrscheinlich war er ein Katzenfeind, denn sonst hätte er wohl eher mit einem Hund denn einem angeblich *putzigen* Stubentiger gearbeitet. Jedenfalls geht es um folgendes. Wie in jedem guten Kochrezept seit Henriette Davidis startet der Versuch mit *man nehme* - in diesem Fall eine Katze. Selbige kommt in einen von der Umwelt abgeschlossenen Kasten, in dem sich außerdem noch befinden: ein radioaktives Präparat, das mit einer Halbwertszeit τ von genau einer Stunde zerfällt; ein Geigerzähler, der diesen Zerfall registriert; und eine Höllen-

maschine, die auf das Signal des Zählers so reagiert, daß eine tödliche Dosis HCN - sprich: Blausäure - freigesetzt wird und die Katze eliminiert. Im Vorgriff auf Künftiges: Eliminieren meint ursprünglich, etwas aus seinen Grenzen, aus der Begrenztheit seines Da-Seins hinausbefördern. Dazu später mehr.

Wie beschreiben wir das Ganze quantenmechanisch? Offensichtlich kann die Katze nur in einem von zwei verschiedenen Zuständen vorkommen, nämlich *lebendig* = L oder *tot* = T . Der zeitabhängige Zustand der Katze wird beschrieben durch

$$\psi(t) = c_L(t)\psi_L + c_T(t)\psi_T. \quad (2.1)$$

Was der Begriff *Wellenfunktion* ψ einer Katze eigentlich bedeuten soll, lassen wir noch offen. Wichtig ist nur, daß die Wellenfunktion normiert ist, d. h.:

$$\langle \psi | \psi \rangle = \langle c_L \psi_L + c_T \psi_T | c_L \psi_L + c_T \psi_T \rangle \quad (2.2)$$

$$:= 1 \quad (2.3)$$

Über welche Variable wäre nun zu integrieren? Nennen wir sie einfach σ , die Seins-Variable.

Es ist sicher vernünftig, ψ_L und ψ_T als Basis eines zweidimensionalen Hilbertraumes zu betrachten. Ob uns das zu weitergehenden Erkenntnissen bringt, wird sich zeigen. Jedenfalls sollten dann diese Funktionen normiert sein, was die Handhabung einfacher macht und ihren allgemeinen Einsatz sicher nicht einschränkt.

$$(2.2) \Rightarrow \langle \psi | \psi \rangle = c_L^* c_L + c_L^* c_T \langle \psi_L | \psi_T \rangle + c_T^* c_L \langle \psi_T | \psi_L \rangle + c_T^* c_T \quad (2.4)$$