Relativitätstheorie 2.0

Was ist Licht?

Ralf. R. Lenke, 22. Oktober 2025

.

---

Teil 1: Einleitung

---

.

Die Frage "Was ist Licht?"
ist eine der ältesten und tiefsten Fragen der Naturwissenschaft.
Schon im 4. Jh. v. Chr.
hat sich zum Beispiel Aristoteles damit beschäftigt;
später Isaac Newton, James Clerk Maxwell,
Max Planck, Albert Einstein...
um nur einige der bekanntesten zu nennen.
Aber wissen wir mittlerweile, was Licht ist?
Was haben wir mittlerweile verstanden?
Zum einen ist Licht eine elektromagnetische Welle,
hat also Welleneigenschaften,
zum anderen verhält es sich manchmal aber auch wie
ein Strom von Teilchen,

die dann Photonen genannt werden.
Der bekannteste Effekt im Zusammenhang mit Photonen
ist der Photoeffekt,
für dessen Interpretation Einstein den Nobelpreis bekam.
*(Bild: Briefmarke mit Photoeffekt [1])*
Aufgrund dieser beiden Eigenschaften,
einmal Welle und einmal Teilchen,
wird in fast allen Lehrbüchern im Zusammenhang mit Licht
immer das Modell des Welle-Teilchen-Dualismus eingeführt,
das letztendlich nicht nur für Licht,
sondern auch für alle anderen Grundbausteine der Natur gilt:
Also auch Elektronen gehorchen dem Welle-Teilchen-Dualismus,
genauso wie Atome und nachgewiesenermaßen

auch größere Moleküle.
Wo endet das?
Wahrscheinlich nirgends - alles hat Wellencharakter.
Ich werde darauf später genauer eingehen.
Es gibt aber auch Effekte,
die sich weder mit dem klassischen Wellenbild
und schon gar nicht mit dem Teilchenbild erklären lassen.
Der bekannteste Effekt ist die Verschränkung von Quanten.
Einstein nannte diesen Effekt "Spukhafte Fernwirkung".
Auf ihm basiert das Funktionsprinzip der Quantencomputer.
Auch darauf, also was Verschränkung ist,
und wie sie entsteht, werde ich in dieser Vortragsreihe eingehen.
.

Schon kurz nach der Entstehung der Quantenmechanik
in den 1920er-Jahren ging die Entwicklung rasant weiter.
Ursprünglich war sie nur gedacht,
um den Aufbau von Atomen und Molekülen zu erklären.
Doch schon bald wurde die Theorie erweitert –
auf Felder, auf Licht, und vor allem
auf das rätselhafte Zusammenspiel von Wellen und Teilchen.
Die Theorien dazu sind die
Quantenelektrodynamik und die Quantenfeldtheorie.
Allerdings sind das Theorien,
die auf einem mathematischen Formalismus aufbauen
und in physikalischer Hinsicht wenig anschaulich sind.
Eine intrinsische Erklärung dafür,

warum diese Theorien die Natur so gut beschreiben,
gibt es bislang nicht.
Und so schrieb Albert Einstein noch 1951(!),
also lange nachdem diese Theorien bekannt waren,
an einen guten Freund:
*(Bild: Folie mit Zitat)*
„Die ganzen 50 Jahre bewusster Grübelei
haben mich der Antwort der Frage
‚Was sind Lichtquanten‘ nicht näher gebracht.
Heute glaubt zwar jeder Lump,
er wisse es, aber er täuscht sich.“ [2]
.
Jetzt ist es natürlich nicht so,

dass Einstein die Quantenelektrodynamik
nicht verstanden hätte.
Er hat die Quantentheorie ja mitbegründet.
Aber er empfand sie als keine
wirklich befriedigende Beschreibung
der physikalischen Realität.
Vor allem hatte er ein Problem mit dem
Kollaps der Wellenfunktion,
also wie aus einer Welle ein Teilchen,
bzw. Lichtquant herausfallen soll.
Tatsächlich hat die Quantentheorie
mit diesem Punkt bis heute ein Problem.
Auch dazu später mehr.

.
Vielleicht aus diesem Grund bleibt
- zumindest meinem Empfinden nach -
in den meisten Physik-Lehrbüchern
die Beschreibung der Welt
beim Paradoxon des Welle-Teilchen-Dualismus stehen.
So werden z.B. im umfassendsten
und für sehr gut rezensierten Buch von Klaus Hentschel:
*(Bild vom Cover des Buchs)*
"Lichtquanten – Die Geschichte des komplexen Konzepts
und mentalen Modells von Photonen"
- aus dem Jahr 2023 wohlgemerkt(!) -
zwar die neuen Theorien erwähnt,

aber kaum versucht anschaulich zu erklären;
so dass letztendlich, was die Anschaulichkeit
und physikalische Realität anbelangt,
auch hier ein Konzept jenseits des Welle-Teilchen-Dualismus,
das Einsteins Ansprüchen genügenden könnte, fehlt.
.
In populärwissenschaftlichen Darstellungen
– etwa in Fernsehsendungen oder YouTube-Videos –
ist man bis heute definitiv
beim Welle-Teilchen-Dualismus stehen geblieben.
Hier als Beispiel eine
deutsch-französischen Coproduktion auf ARTE von 2021
"Quantenphysik: Aufbruch ins Ungewisse".

*(Ausschnitts des Videos zeigen [3])*
Dort wird künstlerisch sehr aufwendig der Welle-Teilchen-Dualismus von Photonen UND Elektronen dargestellt.
.
Aber wie soll man sich diesen Prozess vorstellen,
bei dem plötzlich aus der Welle ein Photon oder Elektron herausfällt?
Und was sollen das für ein Teilchen sein?



.
Fakt ist, aus der Welle wird nie ein Teilchen,
selbst dann nicht, wenn es auf den Detektorschirm fällt.
Was hier wirklich passiert ist folgendes:
Der Beobachtungsvorgang verändert die Phase der Welle,
so dass das Beugungsbild verschmiert,

und das Interferenzmuster damit verschwindet.
Folglich sieht man dann nur noch den Schattenwurf,
was man auch nach dem Teilchenbild erwarten würde.
Das Bild vom Welle-Teilchen-Dualismus
das hier dargestellt wird, ist veraltet.
.
Ziel dieses Vortrags ist,
fast ganz ohne Mathematik
- auf die verweise in der Beschreibung unter diesem Video -
dafür mit einfachen,
grundlegenden physikalischen Modellen und Prinzipien,
- physikalische Realität ist hier das Stichwort –
ein klein bisschen Licht

auf die Frage "Was ist Licht" zu werfen.
.
Und am Ende gehen wir noch ein bisschen weiter
und überlegen uns,
welche naturphilosophischen Erkenntnisse
für unsere Vorstellung vom Universum
daraus entspringen.
.
Ich hoffe, ihr bleibt dran –
Und wir sehen wieder uns im nächsten Teil,
wenn es um Wellen, Photonen, Phononen
und um magische Gummibärchen geht.
.

Ach ja, ein kleiner Hinweis:
Wer nicht so lange warten
und jetzt schon mehr erfahren möchte über:
- den Welle-Teilchen-Dualismus,
- die Heisenbergsche Unschärfe-Relation,
- den Kollaps der Wellenfunktion,
- quantenmechanische Felder,
- Feldmoden,
- Fockzustände
- Glauberzustand,
- Nicht-Lokalität des Universums
- Schrödingers Katze
- Verschränkung

- die Frage, ob Gott nun würfelt,
  oder ob er nicht würfelt
- und natürlich,
  was das alles mit der Relativitätstheorie zu tun hat.

.

Das Drehbuch zu meinen nächsten Folgen
findet ihr schon jetzt auf meiner Homepage [4].



.

Man sieht sich!

……

[1] dbp-1979-1019-albert-einstein-lichtelektrischer-effekt-fed920.jpg
Bild: Deutsche Bundespost, 1979 – „Photoelektrischer Effekt (Albert Einstein)“, Quelle: Picryl / Public Domain

[2] Einstein in einem Brief an seinen ehemaligen Kollegen im Berner Patentamt Michele Besso, 12. Dez. 1951, in: Speziali (Hg.) 1972, S. 453.
Ein Foto des Briefs ist zu finden unter:
https://onlineonly.christies.com/s/einstein-letters-friend-part-ii/what-are-light-quanta-57/50658?utm_source=chatgpt.com
[3] https://archive.org/details/quantenphysik-aufbruch-ins-ungewisse-impulse-arte
[4] https://die-neue-relativitaetstheorie.de/



... Literaturverweise .....

- Eine gute Einführung für den mathematischen Formalismus der Quantenoptik, mit vielen Hinwiesen auf weiterführender

Literatur, findet sich in: Mark Fox, Quantum Optics.
Oxford: Oxford University Press, 2006.

- Ein sehr gutes Buch mit interessanten Überlegungen zum Wellencharakter des Photons ist von: Harry Paul, Photonen – Eine Einführung in die Quantenoptik:
Teubner Studienbücher Physik, Stuttgart, 1999.
- Eine sehr ausführliche geschichtswissenschaftliche Arbeit zum Photon liefert: Klaus Hentschel, Lichtquanten – Die Geschichte des komplexen Konzepts und mentalen Modells von Photonen. Göttingen: Wallstein Verlag, 2023.
- Die "kohärenten Zustände" sind ausführlich beschrieben in: Wolfgang P. Schleich, Quantum Optics in Phase Space, Wiley-VCH, 2001 (S. 117)

- Eine sehr schöne und umfassende Arbeit zur "klassischen Optik" ist von: Michael Vollmer, Optik und ihre Phänomene: Springer 2024
- "Quantenphysik: Aufbruch ins Ungewisse", Mad Films, ARTE. Erstausstrahlung auf ARTE (2022) Link: https://archive.org/details/quantenphysik-aufbruch-ins-ungewisse-impulse-arte
- Und last but not least - Ein gute Übersicht zum aktuelle Stand der Wissenschaft bietet der YouTube-Kanal: Urknall, Weltall und das Leben
- meine Homepage: https://die-neue-relativitaetstheorie.de/