

## Rudolf Steiner: Mensch und Welt - Das Wirken des Geistes in der Natur

Wir haben in Stuttgart ja einfach gezeigt, daß man, wenn man irgendeinen Stoff nimmt, ihn auflöst, ihn ganz stark verdünnt, mit diesem verdünnten Stoff eine Wirkung erzielt. Man gibt von einem Stoff eine ganz kleine Menge in ein Wasserglas: man verdünnt ihn also so, daß man einen Teil von dem Stoff in neun Teile Wasser gibt, er also zehnmal verdünnt ist.

Jetzt nimmt man von dem, was man da hat, was nur noch das Zehntel von der ursprünglichen Substanz enthält, wiederum einen Teil; den behandelt man wieder so, daß man ihn in ein Wasserglas gibt und ihn wiederum auf die Größe von 1:10 ausdehnen läßt. Jetzt hat man ihn schon 10 mal 10 verdünnt; das erste Mal 1:10, das zweite Mal, wenn man die Tropfenmenge verdünnt hat mit einer Verdünnung 10 mal 10, gibt das also zwei Nullen, 1:100. Wenn Sie jetzt weiter verdünnen, wenn sie also wiederum eine solche Menge nehmen und sie in neun Teile Wasser bringen, so müssen Sie wieder, so müssen Sie wiederum eine Null anhängen, dann haben Sie 1:1000. Jetzt hat man nur noch das Tausendstel der Substanz drinnen. So haben wir in Stuttgart die Verdünnung gebracht bis zu eins zu einer Trillion - das ist mit 18 Nullen; so weit und sogar noch weiter haben wir verdünnt.

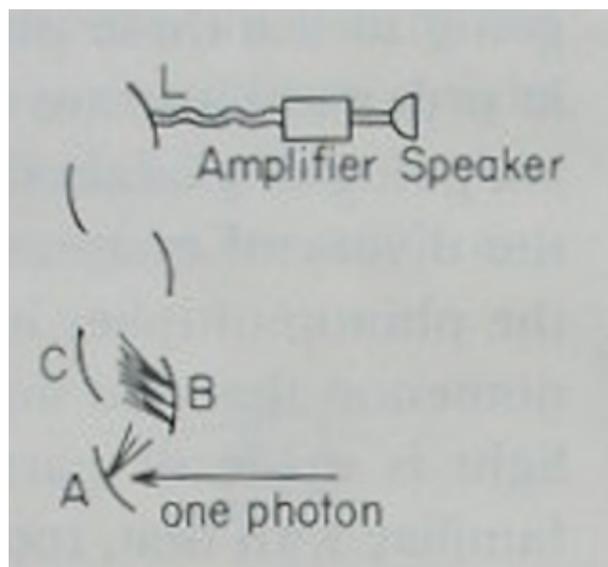
Also Sie können sich denken, daß da nur noch eine Spur drinnen ist von der ursprünglichen Substanz, und daß es eigentlich gar nicht mehr ankommt auf das, wieviel von der ursprünglichen Substanz drinnen ist, sondern wie diese Substanz als Verdünnungsmittel wirkt. Das Verdünnungsmittel wirkt ganz anders. Diese Verdünnungen also sind in Stuttgart gemacht worden. Dieses wird nicht so leicht jemand nachmachen. Höchstens die deutsche Valuta wird das nachmachen können, aber sonst nicht so leicht jemand. - Das ist mit den allerverschiedensten Stoffen gemacht worden. Wir haben es dann weiterhin so gemacht, daß wir eine kleine Art von Blumentöpfen genommen haben und da hinein dasjenige gegeben haben, was wir da bekommen haben. Also zunächst gewöhnliches Wasser, die gewöhnliche Lösung, dann dasjenige, wo das Zehntel drinnen war, dann das mit dem Hundertstel, dann das mit dem Tausendstel, dann das mit dem Zehntausendstel, mit dem Hunderttausendstel und so weiter bis zu einer Trillion. Also dies ist gemacht worden. Dann haben wir in die Blumentöpfchen Samen, Weizenkörner hineingesetzt. Das Weizenkorn wächst, und es wächst in der Verdünnung besser als in der Nichtverdünnung! Und so geht es fort. Sehen Sie, man bekam bei der weiteren Verdünnung also immer schnelleres Wachstum: eins, zwei, drei, vier, fünf und so weiter, bis man heraufkam zu der zwölften Verdünnung. Bei der zwölften Verdünnung ging es wiederum zurück, wurde wiederum kleiner. Dann stieg es wiederum hinauf und ging dann wiederum herunter.

Also auf diese Weise bekommt man die Wirkung von kleinsten Substanzen heraus. Die Wirkung von kleinsten Substanzen - das ist sehr merkwürdig, sehen Sie -, die ist rhythmisch! Verdünnt man, so bekommt man zuletzt bei einer gewissen Verdünnung das stärkste Wachstum, dann geht es wieder herunter, dann geht es wieder herauf; das geht rhythmisch.

---

## Richard P. Feynman: QED - The Strange Theory of Light and Matter

Ich gehe mal davon aus, daß Sie mit den Eigenschaften des Lichts in Situationen des täglichen Lebens vertraut sind - Dinge wie: Licht breitet sich geradlinig aus; es wird gebrochen, wenn es in Wasser eintritt; daß, wenn es von einer Oberfläche wie ein Spiegel reflektiert wird, der Winkel unter dem das Licht auf die Oberfläche auftritt, derselbe ist, unter dem es die Oberfläche wieder verläßt; daß Licht in Farben zerlegt werden kann - auf einer Pfütze kann man schöne Farben sehen, wenn eine Spur Öl darauf schwimmt; daß eine Linse Licht bündelt, usw. Also ich ziehe diese Phänomene mit denen Sie vertraut sind heran, um Ihnen das wirklich seltsame Verhalten von Licht zu demonstrieren. Ich werde diese bekannten Phänomene im Rahmen und den Begriffen der Theorie der Quantenelektrodynamik (Photon-Elektron Wechselwirkung auf Basis diskreter Energien) erklären. Ich machte Sie bereits mit dem Photonen-Vervielfacher (Licht-Zähler) bekannt, um eine wesentliche Eigenschaft darzustellen, die Ihnen wahrscheinlich nicht vertraut war - daß Licht aus Teilchen besteht - aber ich hoffe, daß Sie das jetzt akzeptiert haben.

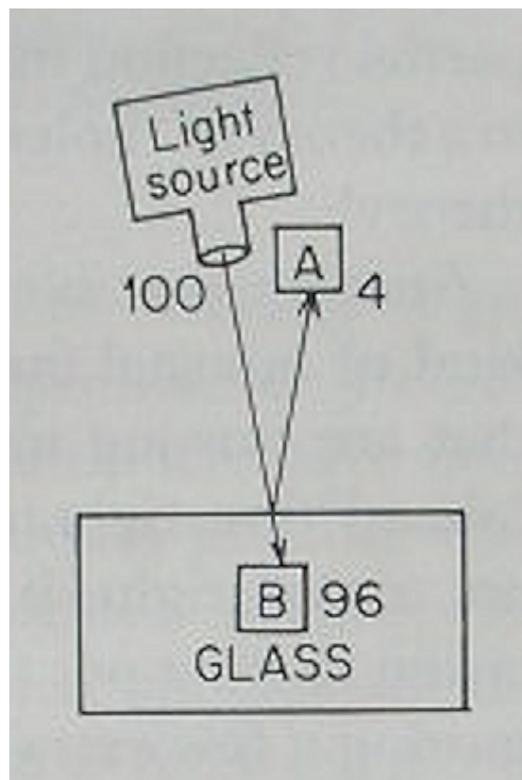


Für das Folgende gehe ich davon aus, daß Sie alle wissen, daß Licht von gewissen Oberflächen teilweise reflektiert wird, wie zum Beispiel Wasser. Groß ist die Anzahl romantischer Gemälde mit Mondlicht, das von einem See reflektiert wird (...). Wenn ihr auf Wasser hinabseht, könnt ihr sehen, was unter der Oberfläche vorhanden ist (besonders tagsüber), aber ihr könnt zusätzlich eine Reflexion an der Oberfläche wahrnehmen. Glas ist ein anderes Beispiel: wenn ihr im Zimmer eine Lampe eingeschaltet habt und bei Tageslicht durchs Fenster hinausseht, könnt ihr sowohl Dinge außerhalb durch das Glas sehen, als auch eine schwache Widerspiegelung der Lampe im Zimmer. Also Licht wird von der Oberfläche von Glas teilweise reflektiert.

Bevor ich fortfahre, möchte ich, daß Ihnen eine Vereinfachung bewußt ist, die ich machen werde - später werde ich sie korrigieren: Wenn ich von der teilweisen Reflexion von Licht durch Glas spreche, behaupte ich, daß das Licht lediglich durch die Oberfläche des Glases reflektiert wird. In Wirklichkeit ist ein Stück Glas ein schreckliches Monster an Komplexität - eine ungeheure Anzahl Elektronen tanzen herum. Wenn ein Photon einfällt, wechselwirkt es mit Elektronen im Glaskörper, nicht bloß mit denen auf der Oberfläche. Also das Photon und die Elektronen vollführen eine Art Tanz, dessen Netto-Effekt

derselbe ist, wie wenn das Photon nur die Oberfläche treffen würde. Also laßt mich diese Vereinfachung eine Zeitlang benutzen. Später werde ich euch zeigen, was tatsächlich im Inneren des Glases passiert; dann könnt ihr verstehen, warum das Ergebnis dasselbe ist.

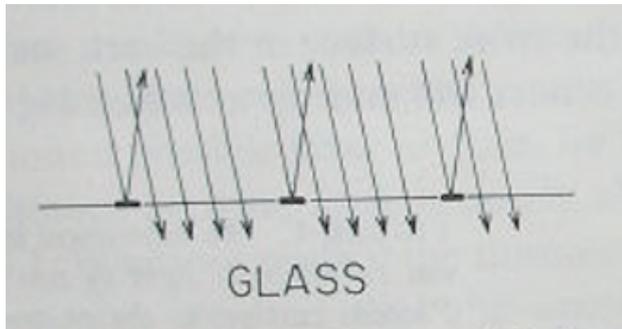
Jetzt möchte ich gern ein Experiment beschreiben, und euch dessen überraschendes Resultat bekanntmachen. In diesem Experiment werden einige Photonen derselben Farbe - zum Beispiel rotes Licht - von einer Lichtquelle auf einen Glasblock emittiert. Ein Photomultiplier wird bei A aufgestellt, über dem Glas, um irgendwelche Photonen einzusammeln, die von der Vorderseite reflektiert werden. Um zu messen, wieviele Photonen durch die Vorderseite hindurchgehen, wurde ein weiterer Photomultiplier im Punkt B, im Inneren des Glasblock plaziert. Stört euch nicht an den offensichtlichen Schwierigkeiten, einen Photomultiplier im Inneren unterzubringen - seht es als Gedankenexperiment. Welches sind nun die Ergebnisse dieses Versuchs?



Von jeweils 100 Photonen, die im rechten Winkel, also senkrecht, auf das Glas auftreffen, erreichen im Mittel 4 Punkt A und 96 kommen bei B an. Also "teilweise Reflexion" meint in diesem Fall, daß 4% der Photonen durch die Vorderseite des Glases zurückgeworfen werden, während die anderen 96% hindurchgehen. Unversehens sind wir in große Schwierigkeiten geraten: wie ist es möglich, daß Licht 'teilweise' reflektiert werden kann? Jedes Photon endet bei A oder B - wie 'entscheidet' das Photon, ob es nach Punkt A oder B gehen soll? (die Zuhörer lachen). Das hört sich vielleicht nach einem Scherz an, aber es ist nicht damit getan, daß wir darüber lachen; wir müssen das in den Begriffen einer Theorie erklären! Partielle Reflexion ist schon ein tiefes Geheimnis und Newton hat das Problem eine Menge Kopfzerbrechen bereitet.

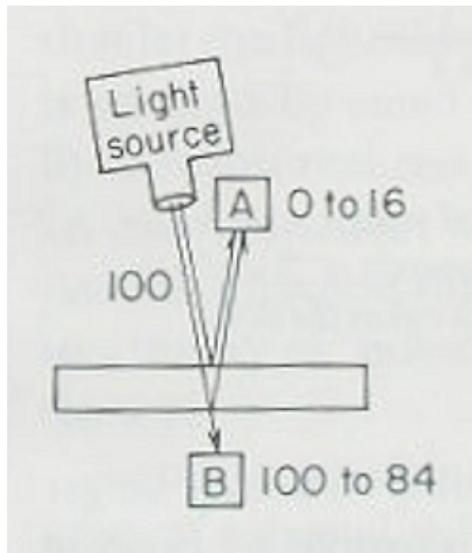
Es gibt verschiedene mögliche Theorien, die man aufstellen kann, um die partielle Reflexion des Lichts durch Glas zu erklären. Eine von ihnen ist, daß 96% der Glasoberfläche aus "Löchern" besteht, die das Licht durchlassen, während die anderen 4% der Oberfläche mit kleinen "Inseln" aus reflektierendem Material bedeckt sind. Newton kam zu dem Schluß, daß dies keine mögliche

Erklärung darstellt. In Kürze werden wir auf ein seltsames Verhalten der partiellen Licht-Reflexion stoßen, das euch irre werden läßt, falls ihr versucht, an einer Theorie von "Löchern und reflektierenden Flecken" festzuhalten - oder an irgendeiner anderen vernünftigen Theorie!



Versucht wie wir, eine vernünftige Theorie zu erfinden, die erklären kann, wie ein Photon "seine Wahl trifft", ob es durch das Glas geht oder zurückgeworfen wird; es bleibt ein Ding der Unmöglichkeit, vorherzusagen, welchen Weg ein gegebenes Photon einschlagen wird. Philosophen haben gesagt, falls die gleichen äußeren Umstände nicht immer die gleichen Ergebnisse hervorrufen, sind Vorhersagen unmöglich und die Wissenschaft kollabiert. Hier haben wir einen Sachverhalt - identische Photonen fallen immer in derselben Richtung auf dasselbe Stück Glas - der unterschiedliche Resultate erzeugt. Wir können nicht vorhersagen, ob ein gegebenes Photon bei A oder B ankommt. Alles, was wir vorhersagen können, ist, daß von 100 Photonen, die einfallen, im Mittel 4% von der Vorderseite reflektiert werden. Bedeutet das, daß Physik, eine Wissenschaft großer Genauigkeit, darauf reduziert worden ist, nur die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses zu berechnen und nicht genau vorhersagen kann, was geschehen wird? Ja. Das ist ein Rückzug, aber so ist das eben: die Natur erlaubt uns, nur Wahrscheinlichkeiten zu berechnen. Trotzdem war die Wissenschaft nicht zum Scheitern verurteilt.

Während partielle Reflexion durch eine einzelne Oberfläche ein tiefes Geheimnis und ein schwieriges Problem sind, stellt sich heraus, daß partielle Reflexion durch zwei oder mehr Flächen, den Verstand zum totalen Stillstand bringt. Laßt mich zeigen, warum das so ist. Wir führen ein zweites Experiment durch, in dem wir die partielle Reflexion des Lichts durch zwei Oberflächen messen werden. Also wir ersetzen den Glasblock durch eine sehr dünne Glasschicht - ihre zwei Oberflächen sollen genau parallel zueinander sein - und wir stellen den Photonen-Zähler unter die Glasscheibe, ausgerichtet auf die Lichtquelle. Jetzt können Photonen sowohl durch die Vorderseite als auch durch die Rückseite reflektiert werden, um im Punkt A anzukommen. Alle anderen werden in B ihr Ziel finden. Wir würden erwarten, daß die Vorderseite 4% des Lichts reflektiert und daß die Rückseite 4% der übrigen 96%, was insgesamt ungefähr 8% ergibt. Deshalb sollten wir finden, daß von je 100 Photonen, die die Lichtquelle verlassen, ungefähr 8 bei A ankommen.



Was tatsächlich unter diesen sorgfältig kontrollierten experimentellen Bedingungen geschieht, ist: die Anzahl Photonen, die in A ankommen, ist selten 8 von 100. Bei einigen Glasscheiben erhalten wir beständig 15 oder 16 Photonen - das Doppelte dessen, was wir erwartet hatten! Mit anderen Glasscheiben bekommen wir ständig nur 1 oder 2 Photonen. Wieder andere Gläser ergeben eine partielle Reflexion von 10%; einige eliminieren partielle Reflexion vollständig! Was kann die Ursache für diese verrückten Resultate sein? Als wir die verschiedenen Glasscheiben auf Qualität und Gleichförmigkeit hin untersuchen, entdecken wir, daß sie sich nur wenig in ihrer Dicke unterscheiden.

Um die Idee zu testen, daß der Betrag an Licht, der von zwei Oberflächen reflektiert wird, von der Dicke des Glases abhängt, wollen wir eine Reihe von Experimenten durchführen: Indem wir mit der dünnst-möglichen Glasschicht beginnen, wollen wir zählen, wieviele Photonen den Lichtteilchen-Zähler bei A treffen, jedesmal, wenn 100 Lichtteilchen aus der Quelle kommen. Dann wollen wir die Glasschicht durch eine ersetzen, die etwas dicker ist, und die Messung wiederholen. Welche Ergebnisse erhalten wir so, wenn wir diesen Vorgang einige Dutzendmal wiederholen?

Bei Verwendung der dünnstmöglichen Glasschicht, stellen wir fest, daß die Anzahl Photonen, die bei A eintreffen, fast immer Null ist - manchmal ist sie 1. Wenn wir dann die dünnste Schicht durch eine etwas dickere ersetzen, finden wir, daß die Menge reflektierten Lichts höher ist - näher bei den erwarteten 8%. Nach ein paar weiteren Ersetzungen durch dickere Schichten, steigt die Anzahl Photonen, die im Punkt A eintreffen, über die 8% Marke. Wenn wir jetzt damit fortfahren, durch immer "dickere" Schichten von Glas zu ersetzen - inzwischen sind wir ungefähr bei einer Dicke von 5 Millionstel inch (2,57 cm) angelangt - erreicht der Betrag des durch die beiden Oberflächen reflektierten Lichts ein Maximum von 16%, um danach wieder abzunehmen, unter 8%, bis hin zu Null - wenn die Glasschicht gerade die richtige Dicke aufweist, gibt es überhaupt keine Reflexion.

Steigern wir die Dicke der Glasschichten schrittweise weiter, wächst die partielle Reflexion wieder auf 16% um danach wieder auf Null abzunehmen - ein Zyklus, der sich immer wiederholt.

Percentage  
of  
reflection

