

## Einführung in das Konzept des Films *Schattenwelten*

Ein Film über eine nicht sichtbare Dimension ist eigentlich ein Widerspruch an sich. Der Hauptdarsteller – die quantenmechanische Wellenfunktion, die wir Omega genannt haben – ist nicht direkt beobachtbar und wird im ganzen Film nicht sichtbar. Wir können nur indirekt durch „Spurensuche“ Rückschlüsse auf den Hauptdarsteller ziehen. 25 Minuten verbringen die beiden Studierenden Alice und Bob damit „Professor Omega“ zu suchen. Nur finden sie etwas ganz anderes, als sie gesucht haben.

Ein Film über Quantenmechanik, bei dem man am Ende meint, alles verstanden zu haben, wird der Thematik nicht gerecht. Gemäß einer Äußerung von Nils Bohr – „Wer über die Quantentheorie nicht entsetzt ist, der hat sie nicht verstanden“ – soll unser Film zunächst Fragen aufwerfen und Neugier wecken. Erklärungen werden erst im DVD-ROM Teil *Subdimension* gegeben.

Die *Subdimension* ist als Netzwerk aus modularen Lernstationen wie ein U-Bahn-Netzwerk aufgebaut. Daher kann es eine Hilfe sein, den U-Bahn-Plan vor einer Filmvorführung auszu-teilen. So lassen sich leichter die unsichtbaren Verbindungen zwischen einzelnen Bildern, Metaphern und Experimenten im Film aufspüren.

Der Kunstgriff der Quantenmechanik, experimentelle Resultate durch die Einführung einer abstrakten *Quantendimension* mathematisch zu beschreiben, wird so thematisiert. Wir bezeichnen auf der DVD-ROM den Hilbertraum als *Quantendimension*. Unterhalb der Handlungsebene, also in der *Subdimension*, führt der Spielfilm in quantenmechanische Begrifflichkeiten ein, z. B. Alice und Bob als Detektoren, Omega als unbeobachtbare Schwingung des verschränkten Zwei-Photonen-Zustandes, Nichtlokalität, Zufall, Determinismus, Veränderung des Zustands durch Beobachtung ...

Auch die Musik spielt unsichtbar aber hörbar eine Rolle. Sie ist wie Omega eine Schwingung und mathematisch beschreibbar. Zahlreiche mathematische Operationen sind auf verschiedene musikalische Motive im Film angewendet worden.

Im Film wird ein zentrales Experiment mit verschränkten Photonen als Metapher gezeigt (vgl. DVD-Cover). Der Kern des Experimentes wurde von Albert Einstein erstmals vorgeschlagen, aber damals als „spukhafte Fernwirkung“ für unmöglich gehalten. Erst in den letzten Jahrzehnten konnte diese „Fernwirkung“ experimentell realisiert werden. Die Messung einer bestimmten Eigenschaft eines Teilchens an einem Ort verändert sofort und unmittelbar die Eigenschaft eines zweiten Teilchens an einem beliebig weit entfernten Ort.

Für das Experiment brauchen wir zwei räumlich entfernte Beobachter bzw. zwei Detektoren *A* und *B*. Diese Detektoren haben in der Physikk-literatur sehr schnell Namen bekommen: *A* wie *Alice*, und *B* wie *Bob*. *Alice* und *Bob* sind in der Lage einzelne Photonen nachzuweisen, eine erstaunliche Leistung, die zu Einsteins Zeit technisch noch nicht möglich war. Im Film werden aus den Detektoren zwei Figuren auf der Suche nach dem unsichtbaren Omega.

Alice und Bob sind normale Menschen und können einzelne Photonen mit ihren Augen nicht sehen. Aber wir können für die beiden folgendes Gedankenexperiment durchführen:

*Was würden Alice und Bob registrieren, wenn sie in der Lage wären, das Verhalten einzelner Photonen zu studieren?*

Antworten finden sich schließlich in den Stationen der U-Bahn-Linie 1. Jede Station beginnt deshalb mit einem Bildzitat aus dem Spielfilm. Dazu zwei Bild-Beispiele bezogen auf das Gedankenexperiment.

**U1-03: Reflexionswahrscheinlichkeit**

Wie verhält sich das *einzelne* Photon an der Glasscheibe?

**U1-04: Lichtinterferenz**

Wie verhält sich das *einzelne* Photon an der Seifenwand?

Es ist prinzipiell niemals möglich, *alles* zu beobachten. Beobachtung löscht zwangsläufig einen zur Beobachtung komplementären Bereich von Omega aus. Das einfachste Beispiel hierfür ist der Übergang von der Wellenfunktion Omega zur klassischen Wahrscheinlichkeit, bei dem die Phaseninformation ausgelöscht wird.

Im Film wird dieser Übergang durch ein Objekt, das zwei Schatten wirft, veranschaulicht. Ein Schatten ergibt sich durch die Projektion eines dreidimensionalen Objektes mit einer Lichtquelle auf eine zweidimensionale Wand. Wird das Objekt nicht allein von *einer*, sondern von *zwei* Lichtquellen beleuchtet, ergeben sich auf der Wand *zwei* „verschränkte Schatten“. Sie können beliebig weit voneinander entfernt sein und sind doch miteinander verbunden. Wer nur die Schatten auf der Wand beobachtet, wundert sich dann über die Synchronität, mit der sich die Schatten bewegen.

**U1-11: „Omegas Doppelschatten“**

Das Objekt Omega befindet sich in der *Quantendimension* (Hilbertraum). Durch die Messungen wird ein „Schatten“ von Omega zum Detektor Alice projiziert, ein zweiter „Schatten“ zu Bob, der beliebig weit von Alice entfernt sein kann.

**U1-09: Zwei Zufallsmuster – „Alices Messung“**

Die Messung einzelner Photonen des Detektors Alice wird durch ein Schwarz-Weiß Zufallsmuster symbolisiert. Schwarz: Photon wird reflektiert. Weiß: Photon wird transmittiert.