

Kapitel 7

„Koan“-Aufgaben

In verschiedenen buddhistischen Schulen gelten Koans als scheinbar sinnlose oder paradoxe Aussagen bzw. Probleme, bei denen der Schüler durch die Meditation über dieses Koan zu tieferen Einsichten im Sinne des Buddhismus gelangt. Das eigentliche Ziel ist weniger eine Antwort als der Weg zu dieser Antwort.

In ähnlicher Weise gibt es Fragen, Aufgaben oder Probleme in der Physik, die zunächst verblüffen. Wenn man diesen Fragen aber nachgeht und die Antworten findet, hat man auf dem Erkenntnisweg meist sehr viel gelernt. Daher ist es auch wichtig, dass man die Fragen selbstständig löst. Ein Nachschlagen oder „googeln“ der Antworten verfehlt diesen Zweck. Es ist nicht wichtig, schnell eine Lösung zu finden. Man kann auch mehrere Tage oder gar Wochen über diese Probleme nachdenken, aber man sollte sich bemühen, die Antworten selbst zu finden. Falls das dauerhaft nicht gelingt, fehlen wesentliche physikalische Grundlagen und dann sollte man diese nachholen bzw. auffrischen.

7.1 Die Relativität physikalischer Eigenschaften

Die Geschwindigkeit und der Impuls sind relative Konzepte, d.h., für Beobachter in verschiedenen Inertialsystemen (mit verschiedenen relativen Geschwindigkeiten) ist die Geschwindigkeit bzw. der Impuls eines beobachteten Objekts unterschiedlich. Damit sind Geschwindigkeit und Impuls keine Eigenschaften eines Objekts sondern Eigenschaften, die ein Objekt relativ zu einem Beobachter hat. Da dies für die Geschwindigkeit und den Impuls gilt, gilt es auch für die kinetische Energie: Impuls und kinetische Energie sind keine Eigenschaften eines Objekts, sondern nur relativ zu einem Beobachter definiert.

Einstein war ein Meister, die „Gleichartigkeit der Physik in verschiedenen Bezugssystemen“ auszunutzen. Es sollte keine Rolle spielen, wer ein physikalisches Phänomen beobachtet bzw. aus welchem Bezugssystem dieses Phänomen beobachtet wird - die Physik sollte immer dieselbe sein. Doch was bedeutet es dann, wenn unterschiedliche Beobachter demselben Objekte unterschiedliche Impulse oder kinetische Energien zuschreiben?

7.1.1 Die kinetisch Energie

Jeder Beobachter schreibt einem Objekt eine andere Geschwindigkeit zu. Damit ist aber auch die kinetische Energie eines Objekts beobachterabhängig. Bedeutet dies, dass die kinetische Energie keine physikalische Eigenschaft eines Objekts ist?

7.1.2 Die deBroglie-Wellenlänge

Die deBroglie-Wellenlänge eines Teilchens hängt von seinem Impuls ab. Da der Impuls aber wiederum vom Beobachter abhängt, ist auch die deBroglie-Wellenlänge beobachterabhängig. Damit ist aber auch die Wellenfunktion, die man einem Teilchen zuordnet, abhängig vom Bewegungszustand des Beobachters. Was bedeutet dies für die Realität der Wellenfunktion? Und weshalb beobachten wir ein scharfes Interferenzmuster, wenn wir Elektronen oder andere Teilchen an einem Doppelspalt oder Gitter streuen? Wenn die deBroglie-Wellenlänge beobachterabhängig ist, ist dann auch das beobachtete Interferenzmuster von Teilchen am Doppelspalt beobachterabhängig?

7.2 Aufgaben zur Optik

7.2.1 Weshalb sehen wir überhaupt Licht?

Die meisten (z.B. thermischen) Lichtquellen (Glühlampe) haben eine riesige Anzahl an Emissionszentren für die abgegebene Strahlung (die Größenordnung liegt ungefähr im Bereich von 10^{18} bis 10^{20} solcher Zentren). Jedes dieser Zentren sendet für kurze Augenblicke (eine grobe Größenordnung ist 10^{-8} Sekunden) eine Strahlung aus. Im Mittel finden wir in dieser Strahlung für jede Richtung alle möglichen Phasen, sodass man meinen könnte, im Mittel heben sich alle elektromagnetischen Anregungen weg. Weshalb ist das nicht der Fall? Weshalb sehen wir Licht? (Die Energieerhaltung ist natürlich ein einfaches Argument, aber man kann es auch auf dem Niveau der elektromagnetischen Felder erklären.)

7.3 Aufgaben zur Relativitätstheorie

7.4 Aufgaben zur Quantentheorie

7.5 Aufgaben zur Thermodynamik und Statistischen Mechanik

7.5.1 Die ideale Gas-Gleichung I

Die Temperatur ist ein direktes Maß für die mittlere kinetische Energie der Teilchen in einem Gas. Der Druck ist ein Maß für die Kraft, die bei einem Stoß der Teilchen gegen eine der Gefäßwände auf diese Wand übertragen wird. Die ideale Gas-Gleichung besagt, dass bei konstantem Volumen und konstanter Teilchenzahl der Druck proportional zur Temperatur ist. Wenn sich die Temperatur verdoppelt, verdoppelt sich somit der Druck. Doch eine doppelte Temperatur bedeutet, dass die Geschwindigkeit um einen Faktor $\sqrt{2}$ zugenommen hat, und damit auch der Impulsübertrag auf eine Wand. Wieso hat sich der Druck verdoppelt?

7.5.2 Die ideale Gas-Gleichung II

In einem Behälter befinden sich zwei Gase, deren Moleküle eine Masse m_1 und m_2 haben. Die Gase befinden sich im thermischen Gleichgewicht. Die Anzahl der Gasatome von beiden Substanzen seien gleich. Wie verhalten sich die Partialdrücke der beiden Gase?

7.6 Astrophysik

Weshalb ist ein tropisches Jahr um 20 Minuten und 24 Sekunden kürzer als ein siderisches Jahr, aber ein tropischer Monat nur um 6,8 Sekunden kürzer als ein siderischer Monat?