

2. Das M&M-Experiment und der Feinstaub

Inhalt

2.1. Ein fester Punkt der Orientierung	1
2.2. Ein Interferenzexperiment.....	1
2.3. Ein Gedankenexperiment.	2
2.4. Es wurde kein Ätherwind nachgewiesen.	5

2.1. Ein fester Punkt der Orientierung

Jeder hat schon einmal die Erfahrung gemacht, in einem stehenden Zug zu sitzen und neben einem zweiten Zug zu stehen. Wenn einer der beiden dann sanft abfährt, ist nicht sofort klar, ob es der eigene oder der andere Zug ist, und es dauert eine Weile, bis man einen festen Orientierungspunkt, etwa den Bahnhof oder den Bahnsteig selbst, gefunden hat.

Wenn man weiter darüber nachdenkt, scheint es alles andere als einfach zu sein, einen solchen festen Orientierungspunkt zu finden, wenn man den Blick auf die unendlichen Räume richtet. Die Erde dreht sich um ihre Achse, aber auch um die Sonne, die ihrerseits Teil einer rotierenden Galaxie ist. Und diese wiederum gehört zu einem expandierenden Universum. All dies führte zu der bohrenden Frage, ob sich irgendwo im Raum ein fester Bezugspunkt finden lässt.

Wellen im Meer haben Wasser als Medium. Schall breitet sich über Wellen aus, die von der Luft getragen werden. Und wie bewegt sich das Licht? Vielleicht ist auch hier eine mittlere Substanz erforderlich. Und so begrüßte die Physik ein hypothetisches und stationäres Medium, eine extrem feine und unsichtbare Zwischensubstanz, den so genannten „Äther“, der den ganzen Raum gleichmäßig ausfüllt. Und die Bewegung von Erde, Sonne und Sternen sei relativ zu diesem Äther. Damit hätte man dann einen festen Bezugspunkt, einen absoluten Maßstab für Zeit- und Raummessungen. Aber wie kann man die tatsächliche Existenz dieses Äthers beweisen?

2.2. Ein Interferenzexperiment

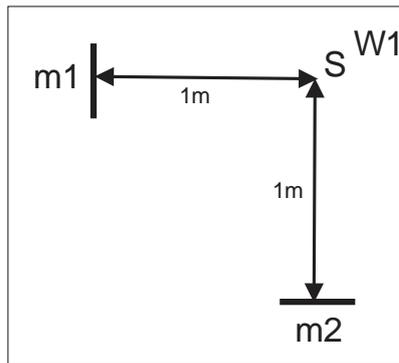
Im Jahr 1887 untersuchten Michelson und Morley, ob sich dieser vermeintliche Äther tatsächlich wissenschaftlich nachweisen lässt. Zu diesem Zweck entwarfen sie ein berühmtes Experiment, das auf der Interferenz von Licht beruhte. Wir werden auf diese Interferenz noch genauer zurückkommen.

Michelson und Morley verglichen die Lichtgeschwindigkeit parallel zur Erdumlaufbahn mit der Lichtgeschwindigkeit senkrecht zur gleichen Umlaufbahn. Das Ergebnis dieses Experiments zeigte immer das gleiche Interferenzmuster, was bedeutete, dass sich kein Geschwindigkeitsunterschied zeigte. Michelson und Morley dachten zunächst, ihr Experiment sei gescheitert. Wenn Sie in einen fahrenden Zug in Richtung der Lokomotive einsteigen, ist Ihre Geschwindigkeit etwas größer als die des Zuges. Tritt man rückwärts, ist sie wieder etwas kleiner. Schickt man aber ein Lichtsignal von einem besonders schnellen Raumschiff in seine Bewegungsrichtung oder gegen seine Bewegungsrichtung, haben die beiden Lichtstrahlen immer die gleiche Geschwindigkeit. Und das ist eine sehr überraschende und scheinbar widersprüchliche Schlussfolgerung, die den Newtonschen Gesetzen widerspricht. Die theoretische Erklärung dafür lieferte Einstein 1905 in seiner speziellen Relativitätstheorie: Der Lauf der Zeit im Universum ist nicht absolut, sondern ändert sich mit der Geschwindigkeit. Eine sich schnell ausdehnende Galaxie hat einen anderen Zeitverlauf als eine, die sich nicht mit der gleichen Geschwindigkeit bewegt.

Auf den ersten Blick scheint das widersprüchlich. Aber wenn man einen Moment darüber nachdenkt, merkt man schnell, dass es nicht anders sein kann. Dies soll im Folgenden verdeutlicht werden.

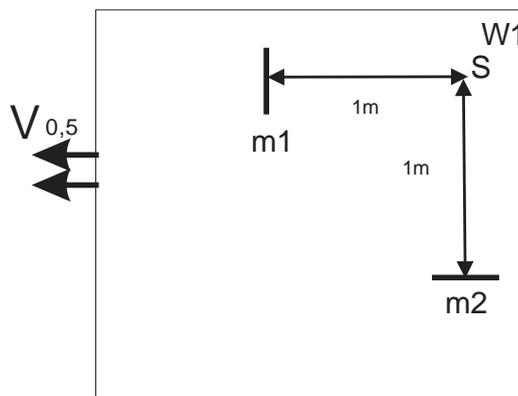
2.3. Ein Gedankenexperiment.

Situation 1 : In einem Zug (das große Quadrat) befindet sich in der Mitte des Ganges ein Spiegel m_1 („m“ von Spiegel). Nur 1 Meter weiter hinten befindet sich ein Kind W_1 (Beobachter 1), das zwei Tennisbälle in der Hand hält und diese in 1 Meter Höhe hält. Auf dem Boden befindet sich auch ein Spiegel m_2 . Der Zug steht still. Das Kind wirft beide Bälle gleichzeitig und mit der gleichen Kraft, einen auf m_1 vor ihm, den zweiten auf m_2 am Boden. Hier wird von der Schwerkraft abstrahiert. Nach dem Abprall kommen beide Bälle gleichzeitig zum Kind zurück. Jede Kugel hat in der gleichen Zeit die gleiche Strecke s (der Kleinbuchstabe) zurückgelegt, d.h. 1 Meter zum Spiegel m_1 oder m_2 , und nach der Reflexion ebenfalls einen Meter, zusammen 2 Meter. Diese Tatsache wird vom Beobachter W_1 , dem Kind im Zug, bestätigt, aber auch vom Beobachter W_2 , seinem Freund außerhalb des Zuges, der das Geschehen durch das Fenster sieht.



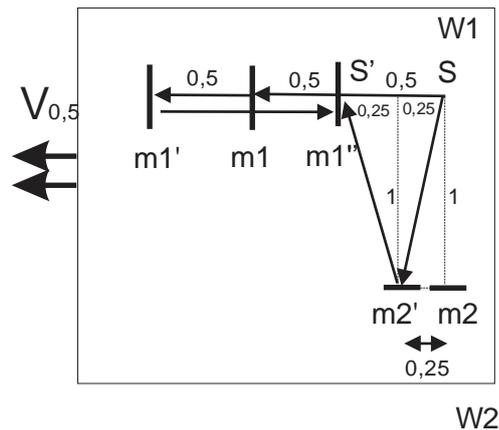
W2

Situation 2 : Der Zug fährt mit einer recht hohen Geschwindigkeit V (von Vitesse) und hat 0,5 m zurückgelegt, wenn die Kugel 1 Mal hin und her gelaufen ist, d.h. von S nach m1 und zurück nach S. Das Kind im Zug (W1) wirft wieder beide Kugeln gleichzeitig auf die Spiegel m1 und m2. Nach der Reflexion sieht das Kind (W1) im Zug, dass beide Bälle gleichzeitig in S ankommen und jeweils eine Strecke von 1 Meter hin (S-m1) und zurück (m1-S), also zusammen 2 Meter, zurückgelegt haben.



W2

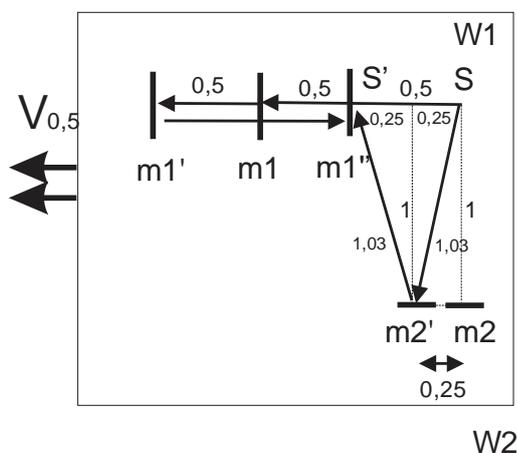
Aber das Kind W2, das sich außerhalb des Zuges befindet, ist überhaupt nicht einverstanden. Es sieht zwar beide Tennisbälle abfahren, einen horizontal zu m1 und den zweiten zu m2. Da der Zug aber eine beträchtliche Geschwindigkeit hat, fällt der Ball aus der Sicht von W2 nicht auf m2, sondern etwas schräg links auf m2', m2 hat sich tatsächlich nach m2' bewegt.



Nach dem Abprall auf m_2' steigt der Ball ebenfalls schräg nach links auf und wird von dem Kind W1 im Zug aufgefangen, das sich in der Zwischenzeit ebenfalls 0,5 m nach links bewegt hat. Der Weg s ist nun keine vertikale Auf- und Abwärtsbewegung mehr, sondern hat die Form eines großen Buchstabens V. Die Abwärtsbewegung (S - m_2') dieses Buchstabens ist wie die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen vertikale rechtwinklige Seite gleich 1 ist und dessen horizontale Seite gleich 0,25 ist.

Die Aufwärtsbewegung dieses Buchstabens (m_2' - S') ist ebenfalls wie die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen vertikale rechtwinklige Seite gleich 1 und dessen horizontale Seite gleich 0,25 ist.

Mit Hilfe des Satzes von Pythagoras wissen wir, dass die Hypotenuse hier gleich der Quadratwurzel aus $1^2 + 0,25^2$ ist, eine Zahl, die auf 1,03 gerundet wird. Für das Kind außerhalb des Zuges beträgt die zurückgelegte Strecke also $1,03 * 2$ oder 2,06 m.



Betrachten Sie nun den horizontalen Wurf auf derselben Zeichnung. Das Kind W2, das sich außerhalb des Zuges befindet, sieht, wie die Kugel nach m1 fliegt, aber dieser Spiegel hat sich inzwischen von seiner ursprünglichen Position im fahrenden Zug entfernt. Angenommen, der Zug hat sich in der Zwischenzeit einen halben Meter weiterbewegt, dann ist der Weg zu m1 nicht 1, sondern 1,5 Meter lang geworden. Und nach der Reflexion hat sich das Kind W1, das bereits einen halben Meter nach links bewegt wurde, noch einmal einen halben Meter nach links bewegt. Die reflektierte Kugel muss dann nur noch 0,5 Meter bis zum Kind zurücklegen. Für das Kind außerhalb des Zuges hat der Ball also $1,5 + 0,5$ oder 2 Meter zurückgelegt.

Bis zum Boden legte der Ball 2,06 Meter zurück; die horizontale Entfernung betrug nur 2 Meter. Aber, und das ist jetzt das Überraschende und scheinbar Paradoxe, das Kind W2 außerhalb des Zuges sah, dass beide Bälle gleichzeitig ihren jeweiligen Spiegel erreichten und auch gleichzeitig von seinem Freund W1 im Zug aufgefangen wurden. Eine Bewegung mit dem Zug ergibt für das Kind außerhalb des Zuges eine andere Zeit als eine Bewegung senkrecht zum Zug

Das Kind W1 im Zug glaubt der Erklärung seines Freundes W2 nicht und sagt, dass sich die Situation seines Freundes nicht verändert hat, sondern dass es sein Freund W2 außerhalb des Zuges war, der sich mit großer Geschwindigkeit von ihm entfernt hat. Hätte dieser (W2) einen Tennisball außerhalb des Zuges senkrecht auf den Boden fallen lassen und ihn wieder aufgefangen, dann würde sein Freund W1 im Zug behaupten, der Ball habe ebenfalls eine V-Bewegung gemacht, aber diesmal nicht nach links, sondern nach rechts. Man kann diese Tatsache auch mathematisch etwas analog berechnen.

Ersetzen wir nun die Tennisbälle durch zwei kohärente Lichtstrahlen, d. h. Lichtstrahlen, die von derselben Lichtquelle L ausgesendet werden, so haben wir eine Situation, die dem M&M-Experiment entspricht. Michelson und Morley gingen davon aus, dass sie auch bei den beiden Teilstrahlen eine Zeitdifferenz - und damit ein verzerrtes Interferenzbild - beobachten würden. Das taten sie aber nicht, und zwar nie. Und das überraschte sie. „Das Experiment ist gescheitert“, dachten sie. Einstein hatte jedoch eine höchst ungewöhnliche Lösung parat: Die Zeitmessung ist nicht absolut. Eine Sekunde dauert in Systemen, die sich mit großer Geschwindigkeit voneinander wegbewegen, nicht die gleiche Zeit. Würde jeder Beobachter in seinem eigenen System, mit seiner eigenen Erfahrung von Zeit und zurückgelegter Strecke, die Lichtgeschwindigkeit berechnen, kämen beide immer auf die gleiche Konstante: 300 000 km pro Sekunde.

2.4. Es wurde kein Ätherwind nachgewiesen.

Dieses Ergebnis, das immer wieder beobachtete unveränderte Interferenzbild - wir werden später auf diese Interferenz zurückkommen - führte Einstein zu dem Schluss, dass es nicht möglich ist, eine gleichförmige Bewegung relativ zum Äther festzustellen. Und wenn dessen Existenz an sich auch nicht bewiesen werden kann, erscheint es auch sinnlos zu behaupten, die Erde und die Himmelskörper würden sich durch einen „einheitlichen Äther“ bewegen. Seither

ist der Glaube an die Existenz einer feinen Substanz als Ausbreitungsmedium für das Licht wieder aufgegeben worden.

Letzteres führt in manchen wissenschaftlichen Kreisen recht leicht zu der Schlussfolgerung, dass jede Form von „feiner“ Materie ihre Existenz verleugnen sollte. Einige werden jedoch argumentieren, dass dies eine unbewiesene Verallgemeinerung ist. Vielleicht gibt es noch andere Arten von Feinstaub, die das M&M-Experiment nicht aufdecken konnte? Oder gibt es vielleicht noch andere als nur einheitliche Arten von Feinstaub?

Doch der Gedanke daran wurde stillschweigend diskreditiert. Und wenn man es heute wagt, das Thema in astronomischen Kreisen wieder anzusprechen, schaut man manchmal mit einem zweifelnden Blick in die Richtung: „Du bist doch nicht dabei! Die Wissenschaft hat dieses Thema doch schon längst und endgültig hinter sich gelassen. Das ist doch keine echte Wissenschaft“. Noch 1967 lesen wir von Van Heel in seinem recht gut dokumentierten Buch: 'Was ist Licht' folgendes: „Selbst wenn man die Existenz des Äthers beweisen kann, bleibt es eine zweifelhafte Angelegenheit, die Physik sollte sich mit greifbareren Dingen beschäftigen¹“.

¹ A.C.S. Van Heel en C.H.F. Velzel, Wat is licht? Wereldacademie, De Haan/ Meulenhoff, 1967, p. 177.