

Exkurs Michelson-Morley-Experiment

1 Ausgangspunkt

Ende des 19. Jahrhunderts waren die technischen Voraussetzungen gegeben, um erkenntnistheoretische Grundpositionen der klassischen Physik überprüfen zu können. Ein Ziel war der Nachweis eines ruhenden Äthers, in dem sich die Erde bewegt. Der Nachweis eines ruhenden Äthers wäre zugleich ein wichtiger Beleg für die Existenz eines absoluten Raumes gewesen.

Die Äthertheorie

Die newtonsche Mechanik war geprägt von der Vorstellung des absoluten Raumes, den man auch versuchte, in irgendeiner Form zu vergegenständlichen. Dazu wurde angenommen, dass dieser Raum lückenlos von einem Stoff außerordentlich geringer Dichte gefüllt sei, den die Naturwissenschaftler als Äther oder Lichtäther bezeichneten und der in diesem absoluten Raum ruhen sollte.

Vertreter dieser Äthertheorie waren vor allem CHRISTIAAN HUYGENS (1629–1695) und ROBERT HOOKE (1635–1703). Von ISAAC NEWTON (1643–1727) gibt es dazu widersprüchliche Äußerungen. Letztendlich setzte sich aber zunächst seine Korpuskulartheorie des Lichtes durch und war bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts die allein herrschende Vorstellung. Mit der Entwicklung der Wellentheorie des Lichtes durch THOMAS YOUNG (1773–1829) und AUGUSTIN JEAN FRESNEL (1788–1827) gingen Bemühungen zur Entwicklung einer Physik des Äthers einher, von der man erwartete, dass sie eine Erklärung der Erscheinungen bei Licht ermöglichte. Diese Äthertheorie wurde in den darauffolgenden Jahren ausgebaut und entwickelte sich zu der dominierenden Vorstellung, mit der man sowohl die Ausbreitung als auch die Eigenschaften von Licht und später von anderen elektromagnetischen Wellen erklären konnte.

Nach dieser Vorstellung würde sich auch die Erde in einem ruhenden Äther bewegen, und zwar mit einer Geschwindigkeit von etwa 30 km/s . Das ist die Umlaufgeschwindigkeit der Erde um die Sonne. Zusammenfassend ergibt sich:

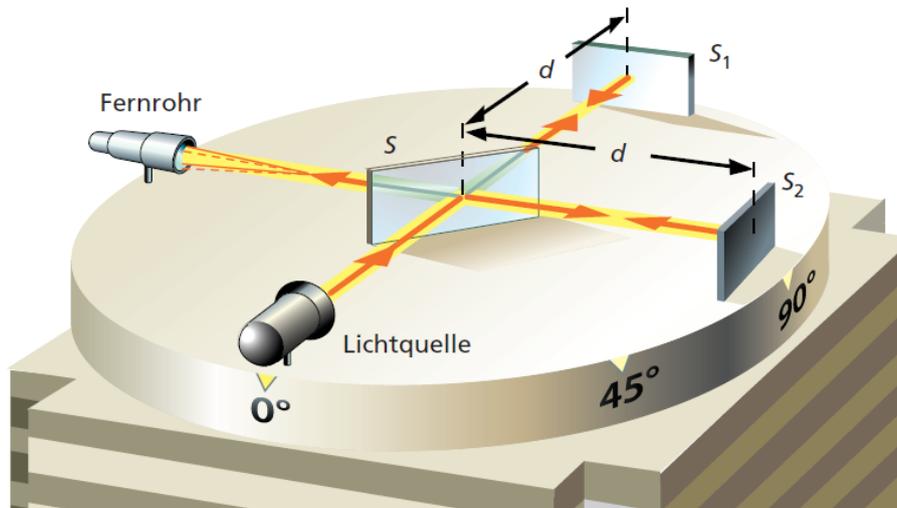
Der Äther ist ein Stoff geringster Dichte, der in dem uns umgebenden absoluten Raum ruht und in dem sich Körper reibungsfrei bewegen können. In ihm breiten sich Lichtwellen und andere elektromagnetische Wellen ähnlich wie Schallwellen in der Luft aus. Elektrische und magnetische Felder sind besondere Zustände dieses Äthers.

2 Versuchsanordnung

Die Idee zu diesem Experiment geht auf J. C. MAXWELL (1831–1879) zurück. Realisiert wurde es mehrfach von A. A. MICHELSON und E. W. MORLEY mit einem speziell dafür entwickelten MICHELSON-Interferometer.

Das von einer Lichtquelle ausgehende Licht wird durch einen halbdurchlässigen Spiegel S in zwei Anteile aufgespalten. Ein Anteil läuft zum Spiegel S_1 , wird dort reflektiert und gelangt über den halbdurchlässigen Spiegel zum Fernrohr. Der andere Anteil wird zum Spiegel S_2 reflektiert und gelangt dann zum Fernrohr. Dort kommt es zur Überlagerung der Anteile und damit aufgrund der vermuteten unterschiedlich langen Laufzeiten des Lichtes quer bzw. parallel

zur Bewegung der Erde im Äther zu einer bestimmten Anordnung der Interferenzstreifen. Bei Drehung der gesamten Anordnung um 90° müsste sich die Lage der Interferenzstreifen ändern, da sich damit auch die Lichtwege relativ zum Äther ändern würden.



3 Das erwartete Ergebnis

Die Tabelle zeigt die erwartete Addition der Geschwindigkeiten des Licht parallel und senkrecht zum Äther.

parallel zur Erdbewegung	senkrecht zur Erdbewegung
$v_{\text{par}, 1} = c - v$ $v_{\text{par}, 2} = c + v$	$v_{\text{senkr}} = \sqrt{c^2 - v^2}$

Nimmt man an, dass die Strecke $d = \overline{SS_1}$ in Richtung der Erdbewegung liegt und sich die Erde mit der Geschwindigkeit v bewegt, dann ergeben sich für den Weg d folgende Laufzeiten für das Licht:

$$S \rightarrow S_1 : t_{p,1} = \frac{d}{c - v}$$

$$S_1 \rightarrow S : t_{p,2} = \frac{d}{c + v}$$

Für Hin- und Rückweg *parallel* zur Bewegungsrichtung der Erde ergibt sich dann:

$$t_p = t_{p,1} + t_{p,2} = \frac{d}{c - v} + \frac{d}{c + v} = \frac{2d}{c} \cdot \frac{1}{1 - v^2/c^2}$$

Die Strecke $d = \overline{SS_2}$ liegt dann *senkrecht* zur Richtung der Erdbewegung. Die Laufzeiten für das Licht sind bei Hin- und Rückweg gleich groß und betragen:

$$t_{s,1} = t_{s,2} = \frac{d}{\sqrt{c^2 - v^2}}$$

Und damit für Hin- und Rückweg:

$$t_s = \frac{2d}{c} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Damit ergibt sich eine Laufzeitdifferenz, da $t_s < t_p$ ist. Bei Drehung der Anordnung um 90° vertauschen sich die Wege und die Laufzeiten. Das müsste eine Verschiebung der Interferenzstreifen bewirken.

4 Das experimentelle Ergebnis

Zur Überraschung vieler Physiker zeigte es: Es trat bei keinem der Versuche irgendeine Verschiebung der Interferenzstreifen auf. D. h. es wurde kein Unterschied in der Laufzeit parallel t_p und senkrecht t_s gemessen. Ein Einfluss eines Äthers auf die Lichtgeschwindigkeit wurde somit nicht gefunden ($t_p = t_s$). Das negative Ergebnis war letztlich eine Bestätigung für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. Mit dieser Annahme ist das experimentelle Ergebnis widerspruchsfrei erklärbar.

In unterschiedlich bewegten Systemen wird stets der gleiche Wert für die Lichtgeschwindigkeit c gemessen. Es gibt keinen bevorzugten absoluten Raum.

Damit ergab sich ein fundamentaler Widerspruch zwischen Grundannahmen der klassischen Physik – Existenz eines absoluten Raumes mit Äther – und einem experimentellen Ergebnis.