

Michelson-Versuche ohne Lorentz-Kontraktion

Horst P. H. Melcher, Potsdam

Zusammenfassung

Der Michelson-Versuch (MV) und seine zahlreichen Wiederholungen sowie Varianten und Modifikationen liefern mit ihren Nullresultaten reelle empirische Daten. Diese Nullresultate, häufig als „negativ“ bezeichnet, widersprechen der damaligen theoretischen Erwartung. Es wird gezeigt, daß diese Diskrepanz auf Grund der inadäquaten Ausgangsgleichung zustande kommt. Das relativistische Geschwindigkeits-Additionstheorem liefert die adäquate Ausgangsgleichung, wodurch die hypothetische Lorentz-Kontraktion der Ätherphysik überflüssig und verzichtbar ist. Diese durch den Äther bedingte Kontraktion hat begrifflich mit der relativistischen nichts zu tun – und beide sind zur Interpretation des MV nicht notwendig. Mit Hilfe des relativistischen Additionstheorems ergeben sich in einfachster und natürlicher Weise alle Nullresultate der Ätherdriftversuche und überhaupt ausnahmslos sämtliche Resultate der Bewegungs- und Navigationsaufgaben für alle Geschwindigkeiten $0 \leq u \leq c$. Die klassische Ausgangsgleichung ist sowohl für Licht als auch für große Geschwindigkeiten inkorrekt.

Bewegungen bei Rücken-, Gegen- und Seitenwind

Zwei Radfahrer legen bei gleicher Geschwindigkeit u eine gleichlange Strecke l bei gleicher Windgeschwindigkeit v zurück, wobei der eine die Hin- und Rücktour bei Rücken- und Gegenwind und der andere hin und zurück bei rechtwinklig wirkendem Seitenwind zurücklegt. Der aus dem Westen wehende Wind (x -Achse) unterstützt bei der Hinfahrt und hemmt bei der Rückfahrt die Eigengeschwindigkeit des Radfahrers, also gilt $u + v$ und $u - v$. Seine Gesamtfahrzeit beträgt demzufolge

$$t_x = \frac{l}{u + v} + \frac{l}{u - v}.$$

Für den rechtwinklig zur Windrichtung bewegten Fahrer ergibt sich für die Hin- und Rückfahrt (y -Achse) gemäß dem Satz des Pythagoras als Gesamtfahrzeit

$$t_y = \frac{l}{\sqrt{u^2 - v^2}} + \frac{l}{\sqrt{u^2 - v^2}}.$$

Der in y -Richtung gestartete Radfahrer ist rascher am gemeinsamen Startpunkt zurück als der in x -Richtung bewegte. Die Differenz beider Fahrzeiten beträgt

$$\Delta t = t_x - t_y = \frac{l}{u + v} + \frac{l}{u - v} - \left(\frac{l}{\sqrt{u^2 - v^2}} + \frac{l}{\sqrt{u^2 - v^2}} \right) > 0. \quad (1)$$

Diese Gleichung gilt nur für $u \ll c$, d. h. sie ist für $u = c$ falsch, was überall dort nicht beachtet wird, wo die Gl. (1) mit der VLG (Vakuum-Lichtgeschwindigkeit) abgedruckt ist.

Durch ein einfaches Zahlenbeispiel überzeugt man sich davon, daß $\Delta t > 0$ ist: Die Eigengeschwindigkeit der Radfahrer auf der Strecke $l = 50$ km sei $u = 25$ km/h; die Windgeschwindigkeit sei 10 km/h. Dann beträgt die Gesamtfahrzeit bei Rücken- und Gegenwind $t_x = 4,76$ h. Die Gesamtfahrzeit bei rechtwinkligem Seitenwind ergibt sich zu $t_y = 4,36$ h. Der Zeitunterschied ist also $\Delta t = 0,4$ h = 24 min.

Bei Windstille, also $v = 0$, ist die Gesamtfahrzeit in beiden Fällen gleich groß, nämlich $t_x = t_y = \frac{100}{25}$ h = 4 h, mithin ist dann $\Delta t = 0$.

Der Zeitunterschied ist für den rechten Winkel zwischen Fahrt- und Wind- bzw. Strömungsrichtung am größten. Für beliebige Winkel φ zwischen u und v gilt der Kosinussatz, der den Satz des Pythagoras für $\varphi = 90^\circ$ bzw. $\varphi = 270^\circ$ als Spezialfall umfaßt: Die resultierende Geschwindigkeit ergibt sich (im klassischen Fall) zu

$$w = \sqrt{u^2 + v^2 + 2uv \cos \varphi}; \quad (2)$$

für $\varphi = 0^\circ$ und $\varphi = 180^\circ$ ergeben sich hieraus die Nenner der Gl. (1), nämlich $u+v$ und $u-v$. Den Kurs- und Navigationsberechnungen liegt im allgemeinen der Kosinussatz zugrunde.

Gibt es einen Ätherwind?

Bei Ätherphysikern, also in der vorrelativistischen Physik, herrschte die Vorstellung, daß es einen Stoff geben müßte, der, analog der Luft für Schallwellen, der Träger von Lichtwellen sein müßte. Dieser Stoff müßte generell raumerfüllend sein, also das gesamte Weltall ausfüllen, denn nur so konnte man sich den Lichttransport von Licht im Weltraum vorstellen. Die Erde müßte sich also auf dem Weg um die Sonne um den hypothetischen Äther hindurch bewegen. Da sich die Erde um die Sonne mit der Geschwindigkeit von etwa 30 km/s bewegt, hieße das, daß ihr ein Ätherwind dieser Geschwindigkeit „entgegenweht“. Dieser Suche nach einem Lichtäther (luminiferous ether) dienten die Ätherdrift-Experimente MICHELSONS (1881 in Potsdam und gemeinsam mit MORLEY 1887 in Cleveland). MICHELSONS für diesen Zweck erfundenes und konstruiertes Interferometer ist eine Meisterleistung hoher Genialität, ebenso die Idee zu dieser Versuchsdurchführung. Mit seiner Meßmethode hätten seinerzeit schon Zeitunterschiede von 10^{-16} s nachgewiesen werden können. Das MICHELSON-Interferometer hat auf verschiedenen Gebieten eine hohe Bedeutung erlangt und wird (im Prinzip) im 21. Jahrhundert auf der experimentellen Suche nach Gravitationswellen eingesetzt.

Um den MICHELSON-Versuch und seine zahlreichen Modifikationen und Varianten zu verstehen, genügt es, den bewegten Radfahrer bzw. anderer Objekte durch Lichtsignale bzw. elektromagnetische Wellenzüge zu ersetzen und deren Laufzeiten parallel und senkrecht zur Bewegungsrichtung zu vergleichen. Es wurde erwartet, daß ein in Richtung der Erdgeschwindigkeit emittiertes und reflektiertes Lichtsignal eine größere Laufzeit hat als ein rechtwinklig dazu gemessenes – selbstverständlich bei gleichen Laufstrecken l .

In der Ausgangsgleichung für den MV wurde und wird (unverständlicherweise) noch immer in Analogie zur Gl. (1) die Geschwindigkeit u durch die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit c (VLG) ersetzt und demgemäß ein endlicher Zeitunterschied $\Delta t > 0$ erwartet.

Das Ersetzen von $u = c$ in der Gl. (1) ist inkorrekt. Das führt selbstverständlich zu einem inkorrekten Ergebnis. Diesen Widerspruch von dem (unzutreffenden) theoretischen Ergebnis $\Delta t \neq 0$ und dem experimentellen Resultat $\Delta t = 0$ zeigt der MICHELSON-Versuch.

Dieses natürliche Ergebnis ist einfach damit zu verstehen, daß wegen $\Delta t = 0$ schließlich $v = 0$ sein muß; und das bedeutet, das ein Ätherwind nicht nachgewiesen wird. Somit kann wegen $v = 0$ die Geschwindigkeit der Erde auf der Umlaufbahn auch nicht bestimmt werden. Das aber ist die Aussage des Relativitätsprinzips: Die Eigengeschwindigkeit der Erde von ca. 30 km/s macht sich in keiner Weise auf irgendwelche Versuche in einem mit der Erde verbundenen, als abgeschlossen zu betrachtenden Labor bemerkbar. Das ist von Versuchen aus der Mechanik bekannt: In einem mit konstanter (geradliniger) Geschwindigkeit bewegten Abteil (Labor) verlaufen z. B. alle Wurfversuche in gleicher Weise wie bei einem gegenüber den Gleisen (Erde) verbundenen Labor. Die Zuggeschwindigkeit wird also nicht addiert bei Wurfspielen im Abteil. Wirft oder schießt man mit einer Federkanone rechtwinklig zur Fahrtrichtung, so besteht kein Unterschied beim Zielen, also auch kein Vorhaltewinkel gegenüber der Situation, wenn der Zug im Ruhezustand ist. Die Interpretation des Nullresultates des MV ist mit dem Relativitätsprinzip, das von EINSTEIN zunächst als Postulat erhoben, dann als naturgesetzliches Prinzip erkannt wurde, nicht auf die Mechanik beschränkt, sondern für alle physikalischen Sachverhalte gültig.

Da sich Ätherphysiker mit dem Verzicht auf den Äther nicht abfinden wollten oder konnten, haben sie die fälschlicherweise mit der VLG geschriebenen Gleichung (1), die dem Versuchsergebnis widerspricht, durch eine Hypothese gewaltsam zu Null gemacht, um eine Übereinstimmung zwischen dem experimentellen und dem theoretischen Ergebnis herbeizuführen. Das geschieht etwa auf folgende Weise, deren Fehlerhaftigkeit eigentlich seit 1905 bekannt ist und zu vermeiden wäre: Man setzte (leider noch heute) in der Ausgangsgleichung (1) inkorrekterweise $u = c$, was beim ersten Glied wegen $c + v$ zu einer Überlichtgeschwindigkeit führt. Das würde u. a. bedeuten, das Licht auch Licht überholen könnte. Das aber ist realiter ausgeschlossen. Bereits hier liegt die Fehlerhaftigkeit für die von Ätherphysikern postulierte LORENTZ-Kontraktion. Faßt man die Gl. (1) mit der unzulässigen Anwendung auf die VLG, also $u = c$, zusammen, so erhält man die in zahllosen Büchern zu findende inadäquate Gleichung

$$\Delta t = \frac{2l}{c} \left(\frac{1}{1 - v^2/c^2} - \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \right).$$

Damit nun dieser Ausdruck wunschgemäß in Übereinstimmung mit dem Experiment zu Null gemacht wird, muß der Klammerausdruck verschwinden. Das ist der Fall, wenn der erste Term im Zähler mit dem Wurzelausdruck multipliziert wird. Dann sagt man, daß in der x -Richtung bewegte Körper nicht die Länge l , sondern die verkürzte (kontrahierte) Länge $l \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2}$ besäße. So wurde der Äther „gerettet“ und eine Übereinstimmung mit dem empirisch einwandfreien Nullresultat herbeigeführt.

Der Glaube an den Äther und damit an die LORENTZ-Kontraktion¹ (LK) ist unbefriedigend und ein Ärgernis für die Vernunft.

Die adäquate Gleichung - ohne *Lorentz*-Kontraktion

Seit der Begründung der SRT im Jahre 1905 ist bekannt, daß die übliche (klassische oder lineare) Addition von Geschwindigkeiten nur für solche Geschwindigkeiten gilt, die klein gegenüber der VLG sind, so daß die VLG nicht überschritten werden kann. Es gibt keine Überlichtgeschwindigkeit, also kann man durch Addition vieler kleiner Geschwindigkeiten auch die VLG nicht überschreiten. Das aber ist der Fall, wenn in der Gl. (1) für $u + v$ einfach $c + v$ gesetzt wird. Damit erhält man dann auch ein Ergebnis, daß der Erfahrung widerspricht, das durch die formale Längenverkürzung aber angepaßt wird. Diese „Ad-hoc-Hypothese“ der *äther*belasteten LK entfällt bei der adäquaten, also korrekten Ausgangsgleichung.

Man hat einfach an Stelle der klassischen Addition die gemäß der SRT korrekte Addition der Geschwindigkeiten vorzunehmen. Das bedeutet, daß man in den Nennern der Gl. (1) die resultierenden Geschwindigkeiten durch die relativistischen Ausdrücke zu ersetzen hat. Diese Beziehungen findet man aus der bereits in EINSTEINS Gründungsarbeit der SRT angegebenen Gleichung für die Zusammensetzung zweier Geschwindigkeiten u und v , die beliebige Winkel φ einschließen. Als resultierende Geschwindigkeit w erhält man

$$w = \frac{\sqrt{u^2 + v^2 + 2uv \cos \varphi - \left(\frac{uv \sin \varphi}{c}\right)^2}}{1 + \frac{uv \cos \varphi}{c^2}}. \quad (3)$$

Man erkennt, daß hierin der klassische Kosinussatz (2) als Näherung für kleine Geschwindigkeiten $\frac{uv}{c^2} \ll 1$ enthalten ist. In dieses Additionstheorem kann man $u = c$ setzen, was im klassischen Fall unzulässig („verboten“) ist. Mit Bezug auf den Interferometer-Versuch erhält man anstatt (1) nunmehr die allgemein gültige adäquate Gleichung

$$\Delta t = \frac{l}{\frac{u+v}{1+\frac{uv}{c^2}}} + \frac{l}{\frac{u-v}{1-\frac{uv}{c^2}}} - \left(\frac{l}{\sqrt{u^2 + v^2 - \left(\frac{uv}{c}\right)^2}} + \frac{l}{\sqrt{u^2 + v^2 - \left(\frac{uv}{c}\right)^2}} \right).$$

Man erkennt unmittelbar, daß für $v = 0$ (Windstille im obigen Radfahrerbeispiel, kein Ätherwind und für $u = c$ beim MV) das empirisch triviale Ergebnis $\Delta t = 0$ folgt.

Für $v \neq 0$ und $u = c$ durchgeführte Versuche vom Typ MICHELSON erbrachten ebenfalls Nullresultate, die vorhersagbar gewesen wären. Es handelt sich dabei um Versuche mit Sonnen- und Sternenlicht, die 1924/25 von D. C. MILLER und unabhängig von R. TOMASCHEK durchgeführt worden sind.

¹Es ist nicht die relativistische Kontraktion gemeint. Die LK hat zwar formale Ähnlichkeit mit der relativistischen und wird deshalb mitunter für eine frühe Vorstufe der Speziellen Relativitätstheorie (SRT) gehalten. Das aber ist unzutreffend. Aus der SRT kann diese Gleichung für die LK selbstverständlich nicht hergeleitet werden, da diese auf einer unzulässigen klassischen Voraussetzung beruht.

Das Nullergebnis ist nur für die VLG und mit sämtlichen Relativgeschwindigkeiten $0 \leq v \leq c$ sowie für alle Winkel $0^\circ \leq \varphi \leq 360^\circ$ zu erwarten, nicht jedoch für $u < c$.

Es ist gezeigt, daß zur Interpretation der Nullresultate die LORENTZ-Kontraktion überflüssig und nicht notwendig ist, zumal es sich dabei um eine künstliche und damit unphysikalische Konstruktion bzw. um eine Fiktion handelt.

Prof. Dr. Dr. Horst Melcher
D-14471 Potsdam
Auf dem Kiewitt 23
Germany

Homepage: www.horst-melcher.de