

# Die Lorentz-Kontraktion ist irreal

## Warum noch immer Lorentz-Kontraktion?

Horst P. H. Melcher

### Zusammenfassung:

Es wird gezeigt, wie man an Stelle der irrealen Lorentz-Kontraktion mit Hilfe des Geschwindigkeitstheorems der Speziellen Relativitätstheorie (SRT) zu einer allgemeingültigen Gleichung gelangt, in der das Null-Resultat  $\Delta t = 0$  das Michelson-Versuches (MV) neben positiven Ergebnissen  $\Delta t > 0$  anderer Versuche als Spezialfall enthalten ist. Es bedarf also keiner zusätzlichen Hypothesen; denn eine korrekte Addition erübrigt die Lorentz-Kontraktion (LK)

### Unnatürliche Längenverkürzung statt natürliches Relativitätsprinzip

Zur Deutung bzw. Interpretation des Nullresultates des Michelsonschen Ätherdrift-Experimentes (A. A. Michelson 1881 und gemeinsam mit E. W. Morley 1887) wurde von G. F. FitzGerald (1889) und unabhängig von H. A. Lorentz (1892) eine Kontraktion von Körpern in deren Bewegungsrichtung erfunden. Die Länge eines Körpers sollte also in

Bewegungsrichtung bei der jeweiligen Geschwindigkeit  $v$  auf den Wert  $l \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

schrumpfen. Diese Hypothese konnte durch in Betracht gezogenen physikalischen Prozesse nicht überzeugend begründet werden. Unverständlich bleibt dabei der Umstand, daß diese Stauchung ohne Bauchung und stoffunabhängig erfolgen sollte. Eine Messung würde grundsätzlich ausscheiden, da ja Maßstäbe in gleicher Weise mitschrumpfen würden.

Obwohl der Michelson-Versuch zeigte, daß ein Äther nicht existiert bzw. überflüssig ist, hielt man an der Existenz eines märchenhaften Ätherwindes, der der Erde mit  $v \approx 30$  km/s auf ihrer Bahn um die Sonne entgegenblase, fest. Der MV ergab in vielen Wiederholungen nur innerhalb der Meßfehler einige km/s, was aber als Null-Resultat bezeichnet wird. Häufig wird auch von einem negativen Resultat gesprochen, da es den Erwartungen der Ätherphysiker zuwiderlief.

Für Albert Einstein war das Resultat des MV naturgemäß von vornherein zu erwarten bzw. vorhersagbar: Auf Grund des Relativitätsprinzips (RP) ist es klar, daß sich die Geschwindigkeit  $v=0$  sofort verstehen läßt, daß man die erwartete Geschwindigkeit der Erde durch dieses Meßverfahren nicht feststellen kann. Die Ätherphysiker, in übergroßer Mehrzahl, glaubten jedoch weiterhin an einen Ätherwind und zeigten durch künstliche Abwandlung der zugrunde gelegten Ausgangsgleichung, daß der experimentelle Wert mit dem theoretisch erwarteten durch die LK in Übereinstimmung gebracht werden könnte. Dieser Ätherwind würde nicht nur die Michelson-Apparatur in Bewegungsrichtung der Erde verkürzen, sondern alle tote und lebendige Materie sei bei jeweiligen Geschwindigkeiten einer solchen Schrumpfung aussetzen.

Die Langlebigkeit der Ätherphysik ist u. a. ersichtlich, daß 1924 in Pasadena eine Konferenz zum MV stattgefunden hat unter Teilnahme von Michelson und Lorentz. Einstein, der seinerzeit bereits die Allgemeine Relativitätstheorie geschaffen hatte, war nicht anwesend. Eine analoge Konferenz zur SRT hat es wohl nicht gegeben. Der dritte Band des bekannten Grimsehschen Lehrbuches trug 1939 noch den Titel „Materie und Äther“.

Im dritten Band von Clemens Schaefer „Einführung in die Theoretische Physik „ (1950) heißt es mit Bezug auf die LK sogar, „daß der Michelsonsche Versuch ein experimenteller Beweis für die Realität dieser Kontraktion sei“. Und in dem sechsbändigen Lehrbuch der Theoretischen Physik liest man im Band „Wellen“ (1962) auf S. 334 über den

MV: „Der negative Ausgang dieses Experimentes ist nur durch die Lorentzsche Kontraktionshypothese zu verstehen“. Es entsteht der Eindruck, daß die Bedeutung des MV hier und dort überhöht ist, daß er in Darstellungen einen Kultstatus oder gar einen Mythos erhält. In einem ansonst sachlichen amerikanischen Lehrbuch von Ray Skinner „Relativity for Scientists and Engineers“ (Dover, New York 1982) hebt Skinner auf S. 26 in Kursivschrift hervor: „The Michelson-Morley experiment extends our range of experience and shows, that our usual concepts of space and time are not valid in that extended range“.

Selbst in heutigen Lehrbüchern von Hochschullehrern und bei Wikipedia findet man keine Klarheit über den Michelson-Versuch; es bleibt bei überkommenen Rudimenten der Ätherphysik. Am Ende des Kapitels „Der bewegte Stab ist verkürzt – Das Michelson-Experiment“ liest man „Die Erklärung des Michelson-Experimentes wird danach heute als FitzGerald-Lorentz-Kontraktion oder kurz Lorentz-Kontraktion bezeichnet“ (H. Günther: Starthilfe Relativitätstheorie. Ein neuer Zugang in Einsteins Welt. 2. Aufl. Teubner, Wiesbaden 2004). Dabei wurden zuvor z. B. Gleichungen aufgestellt, die unreal sind, da darin die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit  $c$  mit anderen Geschwindigkeiten klassisch addiert wird. Das führt natürlich zu inadäquaten Gleichungen, die mit experimentellen Ergebnissen nicht übereinstimmen können – und damit zur unrealen LK. Es müßte gesagt werden, daß diese Lorentz-Kontraktion mit der formal übereinstimmenden relativistischen Längenverkürzung nichts zu tun hat.

Etwa die gleiche zu kritisierende Darstellung und Deutung des MV findet man auch auf der Michelson-Seite von Wikipedia im Internet sowie in dem Buch von H. und M. Ruder „Die Spezielle Relativitätstheorie“ (Vieweg, Braunschweig 1993), wo man sich eine Deutung des MV aussuchen kann. Es ist unverständlich, warum man immer wieder – und das beim MV – die LK herbeizieht, wo eine natürliche Erklärung durch das RP naheliegt. Die zu vernachlässigende Bedeutung des MV bei der Begründung der SRT rechtfertigt nicht den Umfang der Darstellung dieses Versuches in einem Buch zur SRT.

Nicht nur auf Grund dieser Literaturhinweise sieht sich der Verfasser veranlaßt, das Meß-Resultat des MV sowie seiner zahlreichen Modifikationen ohne die mysteriöse Lorentz-Kontraktion zu erklären und zwar allein mit Bezug auf die bereits von Michelson zugrundegelegte Ausgangsgleichung. Dabei geht es nicht um hypothetische Änderungen der Meßstrecke  $l$ , sondern um korrekte Geschwindigkeitszusammensetzungen, wie sie seit der SRT (1905) bekannt sind bzw. sein könnten.

### **Korrekte Addition statt Lorentz-Kontraktion**

Mit Blick auf Alltags- und Lebenserfahrung fragt man Studenten:

1. Man sendet mit einem Laserpointer Lichtblitze auf Spiegel, die die Signale zur Quelle reflektieren und jeweils die Strecke  $2l$  zurücklegen. Der eine Spiegel befindet sich in Fahrtrichtung einer Kabine und der andere senkrecht dazu. Welche Lichtsignale benötigen die längere Zeit? Kommen die zur Seitenwand gerichteten Lichtwellen eher zurück als die in Fahrtrichtung gesendeten?
2. Man betrachte Funk- oder Radarsignale, die stets dieselbe Strecke zurücklegen. Ist deren Laufdauer abhängig von der Stellung der Erde auf ihrer Bahn, also unterschiedlich zur Tages- oder Jahreszeit?
3. Könnte es sein, daß sich die Strecke  $2l$  in Fahrtrichtung in dem Maße - von der Geschwindigkeit abhängig - verkürzt, damit die Laufzeit dieselbe wird, die man in anderen Richtungen mißt?
4. Trifft das Licht, das von außerirdischen Objekten emittiert wird, auf der Erde mit derselben Geschwindigkeit ein, unabhängig von der Geschwindigkeit der Emissionsquellen?

Auf diese Fragen gibt der Michelson-Versuch eine Antwort. Die Zielstellung und der Ablauf des Versuches waren natürlich in der damaligen Zeit durch die klassische Mechanik beeinflusst. Das spiegelt sich auch in der für den Versuch aufgestellten Gleichung (1) wieder. Es war bekannt, daß Objekte bei gleicher Strecke für den Hin- und Rückweg gegen Wind eine längere Zeit benötigen als Objekte, die sich quer dazu bewegen. Das gilt für Radfahrer, Schwimmer, Flugzeuge und auch für Schallwellen, die sich gegen bzw. quer zu einer Luftströmung ausbreiten. Wie für Schallwellen als Träger (z. B.) Luft bekannt war, suchte man für Licht in Analogie ebenfalls nach einem Trägermedium, das man (Licht-)Äther nannte. Der Erde müßte demzufolge auf ihrem Weg um die Sonne ein solcher hypothetischer Träger als Wind entgegenblasen. Diesen Ätherwind glaubte man mit dem Versuch von Michelson auffinden zu können.

Das Prinzip dieses Versuches bestand darin, die Laufzeit von Lichtsignalen einmal in Richtung und zum andern quer zur Richtung der Geschwindigkeit um die Sonne zu messen. Eine direkte Zeitmessung war seinerzeit nicht möglich, folglich war die Idee Michelsons, Unterschiede der Laufzeiten zu vergleichen und auf Grund der erwarteten Änderungen auf einen Äther bzw. Ätherwind zu schließen. (Um das Ergebnis vorwegzunehmen und die Frage 1 zu beantworten: Es ergaben sich keine Laufzeitunterschiede, also ein Nullresultat. Damit Punktum. Aber die Ätherphysiker wollten sich damit nicht abfinden, sondern ihren Glauben an den Äther(wind) aufrecht erhalten. So kam es, daß sie in der Ausgangsgleichung eine Längenkürzung vorgenommen haben, derart, daß das experimentelle Nullresultat bestehen blieb).

An Hand der ursprünglichen klassischen Gleichung, die von Michelson benutzt wurde, soll nun gezeigt werden, wie durch begründete physikalische Erweiterungen nicht nur das Resultat des MV, sondern auch andere Versuchsergebnisse einheitlich-geschlossen dargestellt werden können, ohne daß es dazu für Versuche besondere Hypothesen erfunden werden müßten. So entfällt die LK von selbst. Mit dem Verzicht auf den Ätherwind, den Äther ist auch natürlich der Verzicht auf die kausale („ätherische“) LK verbunden, die mit der relativistischen (kinematischen) außer der formalen Gleichheit nichts gemein hat.

Bei der aufzustellenden adäquaten Gleichung für das zu erwartende Versuchsergebnis wird dargelegt, daß auf Grund inkorrektur Gleichungen die LK schließlich – wie der Äther - nicht real ist, und daß sich das Versuchsergebnis als natürliches Resultat ergibt.

Unter der Annahme, daß ein Ätherwind der Geschwindigkeit der Erde auf ihrer Bahn um die Sonne entsprechen müßte, hat man seit Michelson analog zu Schall-Wind-Versuchen die Windgeschwindigkeit aus folgenden Vergleichs-Messungen ermittelt: Die Zeitsumme ist bei gleicher Meßstrecke  $l$  naturgemäß größer bei einer Hin- und Herbewegung des Schallsignals (oder eines Projektils) in und entgegengesetzt zur Strömung als senkrecht dazu; die Differenz ist also größer Null:  $\Delta t = t_x - t_y > 0$ .

Es ist demzufolge

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

Die Geschwindigkeitszusammensetzungen für  $u$  und  $v$  ergeben sich für verschiedene Richtungen (Winkel  $\varphi$ ) zwischen  $u$  und  $v$  aus dem (klassischen) Kosinussatz

$$w_{kl} = \sqrt{u^2 + v^2 + 2uv \cos \varphi}. \quad (2)$$

Im vorliegende Fall (Gl.1) ist also für  $\varphi$  zu substituieren:  $0^\circ$ ,  $180^\circ$  bzw.  $90^\circ$  und  $270^\circ$ . Die Gleichungen (1) und (2) sind in der klassischen Physik gültig, so lange  $u > v$  und

$\frac{uv}{c^2} \ll 1$  bleiben. Das bedeutet, daß in diesen klassischen Gleichungen  $u$  niemals durch die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit (VLG), die mit  $c$  bezeichnet wird, ersetzt werden darf. Das führt für  $c + v$  zu Überlichtgeschwindigkeiten, die unreal sind. Außerdem ist die klassische (lineare) Geschwindigkeitsaddition für große Geschwindigkeiten und für  $c$  unzulässig. Trotzdem diese Sachverhalte seit der SRT (1905) bekannt sind, findet man die Gl.1 mit  $u = c$  in der zusammengefaßten, also unzutreffenden, Form

$$\Delta t = \frac{2l}{c} \left( \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right) > 0. \quad (3)$$

Es ist unverständlich, warum diese inkorrekte Gleichung kommentar- und kritiklos noch in heutigen Physikbüchern erscheint, was schließlich zu der unrealen LK führt.

Im Gegensatz zu der theoretischen Erwartung  $\Delta t > 0$  gemäß Gl.3 ergaben die Messungen ein Nullresultat, nämlich (innerhalb der Fehlergrenzen)  $\Delta t = 0$ . Dieses Ergebnis wurde in zahlreichen nachfolgenden modifizierten und verbesserten Experimenten bestätigt. Ätherphysiker haben die Deutung des Versuchsergebnisses, wonach ein Ätherwind und damit ein Äther nicht existieren würde, nicht anerkannt, obwohl sich mit  $v = 0$  aus den Gleichungen eine Übereinstimmung von Versuch und Theorie ergeben würde. Erst daraus haben sich die langen und breiten Diskussionen um den MV ergeben, obwohl sie wegen der natürlichen bzw. selbstverständlichen Meßergebnisse nicht notwendig waren. Durchgesetzt hat sich die Einsteinsche Verallgemeinerung des klassischen Relativitätsprinzips auf die Optik und Elektrodynamik (wie auf alle Gebiete der Physik), demzufolge das Nullresultat des MV eine Selbstverständlichkeit ist – nicht aber die un- oder widernatürliche LK.

In der ab ovo inadäquaten Gleichung 3 aus der Zeit vor der SRT (1905) ist auf Grund der Ausgangsgleichung eine unzulässigen Überlichtgeschwindigkeit, nämlich  $c+v$  enthalten. Diese Gleichung wurde nun durch Trick oder Gewaltakt – als ad-hoc-Hypothese bezeichnet – dem experimentellen Nullresultat angepaßt. Zu dem Zweck muß die Differenz in der

Klammer verschwinden; das geschieht, indem man den ersten Bruch mit  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

multipliziert, wodurch dann die in x-Richtung liegende Länge  $l$  auf den Wert  $l \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

verkleinert wird, was seither als Lorentz-Kontraktion bezeichnet wird. Neben anderen lange schon ad acta gelegten „Erklärungsmöglichkeiten“ wird diese mirakelhafte Lorentz-Kontraktion noch heute (siehe Literatur oben) als einzige Interpretation des MV genannt. Dabei stammt die LK aus der Ätherphysik und hat mit der relativistischen Längenkontraktion nichts zu tun. Diese LK wurde eingeführt, um eine gar nicht festgestellte Geschwindigkeit eines Ätherwindes, woran Ätherphysiker aber glauben, zu kompensieren. Es ist klar, daß die inadäquate Gl. (3) mit der LK nicht aus der SRT hergeleitet werden kann.

Eine zutreffende relativistische Gleichung sieht anders aus als Gl.3. Sie bezieht sich nicht auf eine kausal bedingte Längenänderung, sondern allein auf die korrekte Addition der Geschwindigkeiten mit Hilfe des relativistischen Additionstheorems. Diesem Additionstheorem liegen die Lorentz-Transformationen zugrunde, wodurch sowohl die Längen- als auch die Zeit-Transformation berücksichtigt ist. Dieses allgemeine Theorem ist nicht auf die klassische Addition beschränkt, sondern gültig für  $0 \leq u \leq c$

Ersetzt man die resultierenden klassischen Geschwindigkeitswerte durch die relativistischen, also  $w_{kl} = u \pm v$  durch

$$w_{rel} = \frac{u \pm v}{1 \pm \frac{uv}{c^2}} \quad (4)$$

und die beiden dazu orthogonalen durch

$$w_{rel} = \sqrt{u^2 + v^2 - \left(\frac{uv}{c}\right)^2}, \quad (5)$$

so erhält man in allen Fällen  $w_{rel} = c$  und damit wie selbstverständlich nicht nur für die ausgewählten orthogonalen Richtungen Übereinstimmung zwischen dem experimentellen und theoretischen Nullresultat. Das ist für  $u = c$  in allen Richtungen der Fall:  $0 \leq \varphi \leq 360^\circ$ . Man hat einfach an Stelle der klassischen Beziehungen für die Geschwindigkeitszusammensetzung (1) und (2) das relativistische Additionstheorem für Geschwindigkeiten zu berücksichtigen, den sog. relativistischen Kosinussatz, der die Resultante zweier Geschwindigkeiten für die jeweiligen Winkel liefert. Im klassischen Fall wäre die Resultante die Diagonale eines Geschwindigkeitsparallelogrammes. Ein Parallelogramm ist nur sinnvoll für  $u \ll c$ . Resultanten  $w$  von Parallelogrammen können nämlich den Wert der VLG nicht überschreiten.

Aus der klassischen Ausgangsgleichung (1) könnte man cum grano salis bereits mit dem Michelsonschen Versuchsergebnis  $v = 0$  und  $u = c$  auf das theoretische Ergebnis  $\Delta t = 0$  schließen. Es ist unzutreffend bzw. Legende, aus dem Michelson-Versuch auf die Notwendigkeit der LK zu schließen. Schließlich ist gar keine Geschwindigkeit  $v$  vorhanden, die sich mit  $c$  überlagern könnte.

Das zweite Prinzip seiner SRT, wonach die VLG unabhängig von der Geschwindigkeit von Quelle oder/und Empfänger ist, ist nach Einstein „natürlich in der Maxwell'schen Theorie enthalten“, kann man ebenfalls cum grano salis bereits auf Gl.(1) anwenden, was dann wegen  $c \pm v$  auch zur Übereinstimmung mit dem Nullresultat führt.

Das von extraterrestrischen Lichtquellen auf die Erde gelangende Licht hat in Übereinstimmung mit Messungen unabhängig von der Geschwindigkeit der Strahlungsquellen gegenüber der Erde stets den Wert der VLG. Damit ist eingangs gestellte Frage 4 beantwortet. Die „Michelson-Versuche“ von R. Tomaschek (auch jene von Miller) mit Mond-, Sonnen- Planeten- und Fixsternlicht erbrachten ebenfalls Nullresultate. Das ersieht man leicht aus den Gln. 4 und 5, indem man in diesen relativistischen Gleichungen  $u = c$  setzt. Die Versuchstechnik bestand darin, daß man die Interferenzmuster des Sternen- oder Mondlichtes mit jenen einer Laborquelle verglichen hat, wobei sich keine Unterschiede gezeigt hatten.

Physikalisch inakzeptabel ist es, wenn in einem homogenen und isotropen Raum eine Richtung ausgezeichnet sein sollte und absurd ist es gar, wenn Körper in der Bewegungsrichtung eine Schrumpfung (Kontraktion) erfahren sollen. Man entnimmt dem Geschwindigkeitstheorem der SRT, daß keine Richtung ausgezeichnet ist; mit anderen Worten: Für alle Winkel  $\varphi$  zwischen  $u$  und  $v$  erhält man aus deren Summe (Resultante) stets den Wert  $c$ . Dieses Additionstheorem für Geschwindigkeiten ist bereits explizit in der die SRT begründenden Arbeit Einsteins (1905) angegeben:

$$w_{rel} = \frac{\sqrt{u^2 + v^2 + 2uv \cos \varphi - \left(\frac{uv \sin \varphi}{c}\right)^2}}{1 + \frac{uv \cos \varphi}{c^2}}. \quad (6)$$

Aus dieser allgemeinen Beziehung folgen für die jeweiligen Winkel die Gleichungen (4) und (5). Ersetzt man in der Ausgangsgleichung (1) die Nenner durch (6), so erhält man eine allgemeingültige Gleichung für  $\Delta t$ , die je nach vorliegenden Bedingungen positive oder Nullwerte liefert. Es sind für keine Experimente irgendwelche Zusatzhypothesen erforderlich,

insbesondere nicht jene einer Längenkontraktion.

Man erkennt unmittelbar, daß der „Allgemeine Kosinussatz“ (6) den klassischen (2) umfaßt. Die Resultierende kann jedoch im Unterschied zu (2) keine Werte annehmen, die größer als die VLG sind. Damit ist auch das Parallelogramm der Geschwindigkeiten auf gegenüber der VLG kleine Werte beschränkt.

Dieses relativistische Additionstheorem bringt die unterschiedlichsten Fälle auf einen Nenner. Es seien folgende Spezialfälle aufgeführt:

1. Die klassischen Fälle für  $\frac{uv}{c^2} \ll 1$ , also Bewegungs- und Navigationsaufgaben für Land-,

See- und Luftfahrzeuge sowie von Raketen heutiger Typen. Bei der Überlagerung der Schallgeschwindigkeit  $u$  mit einer Windgeschwindigkeit  $v$  kann man mit einer analogen Meßanordnung zum Michelson-Versuch die Windgeschwindigkeit ermitteln. Die Differenz der beiden Brüche berechnet man aus einer Reihenentwicklung und erhält schließlich

$$\Delta t \approx \frac{2l}{u} \cdot \frac{v^2}{u^2}. \quad (7)$$

Für  $l = 30$  m,  $v = 30$  m/s und  $u \approx 300$  m/s erhält man etwa  $10^{-5}$ s, was bequem meßbar ist.

2. Der Michelson-Versuch mit den dafür aufgestellten Gleichungen. Generell sind die dafür aufgestellten (klassischen) Gleichungen (1) inadäquat, da man mit  $u = c$  relativistisch zu rechnen hat. Es ist also die daraus zusammengefaßte Gleichung nicht korrekt, da sie ja wegen der klassischen Addition  $c + v$  eine Überlichtgeschwindigkeit enthält. Damit ist die die zu (7) analoge Abschätzungsformel wegen  $u = c$  physikalisch nicht real. Dennoch wird

auch diese nicht adäquate Beziehung  $\Delta t \approx \frac{2l}{c} \cdot \frac{v^2}{c^2}$  in heutiger Literatur kommentar- und

kritiklos gebraucht, um daraus die erforderliche Präzision der Kurzzeitmessung abzuschätzen. Michelson war in der Lage, Zeitunterschiede von  $10^{-16}$  Sekunden zu messen. Gemäß der physikalisch korrekten Gleichung ist aber wegen der Gleichheit Geschwindigkeiten für alle Winkel (gemäß der Gl.6) und damit wegen der Gleichheit der jeweiligen Zeiten das

Nullresultat gegeben:  $\Delta t = \frac{2l}{c} - \frac{2l}{c} = 0$ .

Da der MV das Ergebnis erbrachte, daß ein Ätherwind nicht existiert, also  $v = 0$  ist, kann man die Übereinstimmung des Meßwertes mit der theoretischen Ergebnis unmittelbar ablesen bzw. vorhersagen. Demzufolge wäre es unnötig, eine Kontraktion der Länge  $l$  zu erfinden, damit der wegen eines angeblichen Ätherwindes erwartete positive Meßwert doch noch mit dem Nullwert in Übereinstimmung gebracht werden kann. (Und noch heute wird dieser Wind für existent gehalten, damit eine Kontraktion zustande kommt, die man aber nicht messen kann. Und mit dieser kausalen Kontraktion wird noch gegenwärtig das Nullergebnis des MV erklärt).

3. Versuche mit extraterrestischen Lichtquellen (Tomaschek 1923/24, Miller 1924). In diesem Fall ist  $v \neq 0$ , im Unterschied zum MV. Für  $c \pm v$  erhält man aus Gl.(6) bei allen Winkeln  $0 \leq \varphi \leq 360^\circ$  den resultierenden Wert  $c$  und somit Übereinstimmung mit dem Meßwert  $\Delta t = 0$ . Eine künstlich zu konstruierende „Lorentz-Kontraktion“ ist nicht erforderlich, obwohl hier im Gegensatz zum MV eine von Null verschiedene Relativgeschwindigkeit vorhanden ist.

4. Der Fizeau-Versuch (1851), der die Superposition von strömendem Wasser  $c_w$  (Geschwindigkeit  $v$ ) mit der Lichtgeschwindigkeit im Wasser  $c/n$  ( $n$  Brechungsindex für Wasser  $4/3$ ) beschreibt. Das Ergebnis ist nicht die klassische Summation  $c_w = \frac{c}{n} + v$ , sondern

$c_w = \frac{c}{n} + v \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$ . Diese Gleichung, ursprünglich Ergebnis aus Betrachtungen zu einem

„teilweise mitgeführten Äther“, ergab sich zwanglos aus dem relativistischen

Additionstheorem (6), das man in der Form der Gl.(4) für  $u = \frac{c}{n}$  und  $v \ll \frac{c}{n}$  berechnet.

Hier wird deutlich, daß man selbst für kleine Geschwindigkeiten, in diesem Fall  $v$  etwa 7m/s, relativistisch rechnen muß, sobald die Lichtgeschwindigkeit eine Rolle spielt.

Es ist nun gezeigt, daß die Lorentz-Konstruktion überflüssig ist, daß es sich dabei um eine künstliche und damit fragwürdige oder kuriose Konstruktion handelt. Ein aus der SRT hergeleiteter Ausdruck für die Längenverkürzung stimmt zwar formal mit der LK überein, er ist aber kinematischer und nicht kausaler Art; deshalb sind beide begrifflich zu unterscheiden. Leider aber wird diese relativistische Längenverkürzung auch oft als Lorentz-Kontraktion bezeichnet. Jene aus der Ätherphysik stammende und nicht etwa die relativistische vorwegnehmend, wie gern suggeriert wird, ist unreal. Hingegen ist die relativistische in dem Sinn real, als daß sie bei Messungen, die Transformationen unterworfen sind, tatsächlich wirklich ist. Das zwischen Messen und Beobachten zu unterscheiden ist, wurde in den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts klargestellt. Man beobachtet rasch bewegte Körper nicht verkürzt, sondern gedreht.

### **Abschließende Bemerkung**

Auch an dem Beispiel der zu verabschiedenden („ätherischen“) Lorentz-Kontraktion wird wieder das Einsteinsche Wort deutlich: „Die Physik ist nicht anschaulich, sie ist begrifflich“. Der Einsteinsche Weg zur SRT kann mit seiner Arbeit „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“ in Anfangssemestern als Einstieg in die Relativitätsphysik nicht vermittelt werden: Einstein hatte beim Niederschreiben seiner Arbeit nach Abschluß seines Studiums und weiteren Studien schließlich einen tiefgehenden Überblick über die unterschiedlichsten Gebiete der Physik, was man bei einem zu vermittelnden Start in die SRT nicht voraussetzen kann.

Hier hat man die Gelegenheit, die bis dato oft vernachlässigte Möglichkeit des deduktiven Kenntniserwerbes und das bis dahin fast ausschließlich geübte induktive Denken durch deduktive Methoden zu ergänzen. Das bedeutet, daß man von einem Versuch ausgehend das Gebäude der SRT nicht erschließen kann.

Aus Gründen der Zeitökonomie und der Konzentration auf „Physikalisch denken lernen“, das physikalische Begreifen auszubilden und zu fördern, sollte man auf Darlegungen der historisch überholten Ätherphysik mit ihren Irr- und Umwegen verzichten. Der Weg in die SRT über den MV – noch dazu mit häufig übertriebenen Darlegungen des Interferometers – kann auch mit Blick auf die überaus reichhaltige Literatur dazu nicht für empfehlenswert gehalten werden, zumal dieser Versuch eine zu vernachlässigende Rolle gespielt hat.

### **(Resümee:**

Statt Lorentz-Kontraktion:

Korrekte Addition.

Mit dem Einstein-Theorem

ergibt sich vieles sehr bequem.)