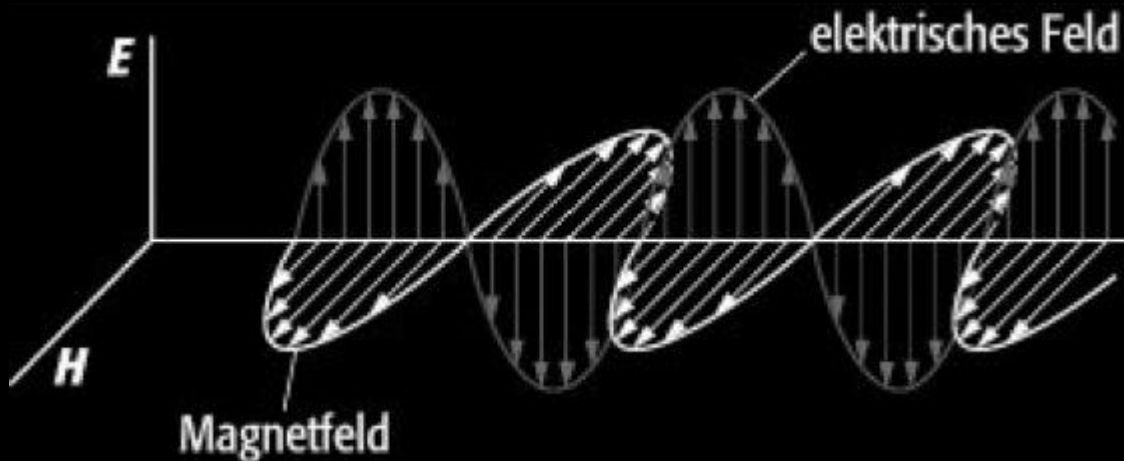


Spezielle Relativitätstheorie – die Minkowski-Raum-Zeit

Anfang des 20. Jahrhunderts bestand ein wesentliches Forschungsprogramm im Nachweis des „Trägermediums“ der von James Clerk Maxwell theoretisch vorhergesagten und von Heinrich Hertz 1886 experimentell nachgewiesenen elektromagnetischen Wellen.

→ elektromagnetische Wellen: Transversalwellen (Stichwort: Polarisation)



Äthertheorie

Die Frage nach einem universellen „Trägermedium“ für zuerst optische Erscheinungen (Young, Fresnel), für die Gravitation (Problem Fernwirkung) und später für alle elektromagnetischen Erscheinungen (Maxwell) führte zur Einführung des sogenannten „Äthers“, der den gesamten Kosmos gleichmäßig ausfüllen sollte.

- Man konnte sich in Analogie zu Wasserwellen (Transversalwellen) und zu Schallwellen (Longitudinalwellen) die Lichtausbreitung und die damit verbundenen Beugungs- und Interferenzerscheinungen nur im Zusammenhang eines „Trägermediums“ denken.
- Dieses „Trägermedium“ wurde als denknötwendig postuliert und dessen Existenz bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts nicht explizit hinterfragt
- Man versuchte aber im Rahmen der Mechanik die Eigenschaften dieses „Mediums“ zu bestimmen (in Analogie zur Wellenausbreitung in Festkörpern), die es haben muss, wenn sich darin elektromagnetische Wellen ausbreiten sollen

Physikalische Eigenschaften des „Universellen Äthers“

Er füllt den gesamten kosmischen Raum gleichmäßig aus und bildet darin ein absolut ruhendes Bezugssystem

Problem:

Dann müsste sich eine Relativbewegung zu diesem „Äther“ irgendwie messen lassen

Die von James Bradley 1725 entdeckte Aberration des Lichtes kann nur unter der Annahme eines ruhenden Äthers erklärt werden. Da sich aber die Erde um die Sonne bewegt, muss es aber eine relative Geschwindigkeit zwischen Erde und Äther geben (Stichwort: Ätherwind“).

→ teilweise „Mitführung“ des Äthers mit der Materie, um zumindest lokal eine verschwindende Relativbewegung zwischen Materie und Äther postulieren zu können

Die Theorie des ruhenden bzw. mitgeführten Äthers führt zu unauflösbaren Widersprüchen

Mechanische Äthertheorie

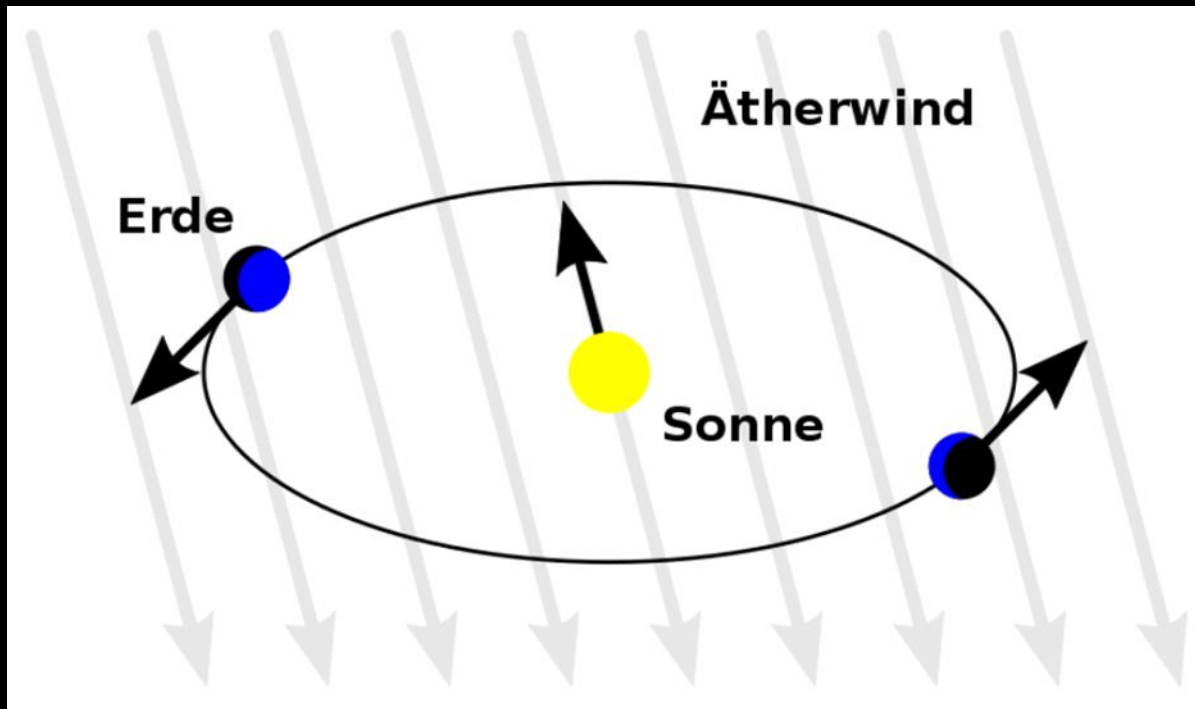
Ein „Medium“ sollte immer einen mechanischen Widerstand („Druck“) aufbauen. Da sich aber die Planeten quasi „reibungsfrei“ um die Sonne bewegen, muss der Äther 150 Milliarden mal weniger dicht sein als die atmosphärische Luft

Der „Äther“ ist die Ursubstanz der Welt und die „Materie“ nur spezielle „Anregungen“ davon, quasi „Ätherwirbel“: „Äther“ als Flüssigkeit, „Materie“ als „Wirbel“, die sich darin bewegen (Lord Thomson (Kelvin))

Der „Äther“ ist ein Festkörper, welcher sich lokal „verflüssigt“, wobei die entstehende „Flüssigkeit“ die „Materie“ darstellt. Die Stellen der „Verflüssigung“ („Materiekumpen“) bewegen sich derartig weiter, dass sich der „Äther“ hinter ihnen wieder verfestigt, d. h. erstarrt (Paul Langevin) .

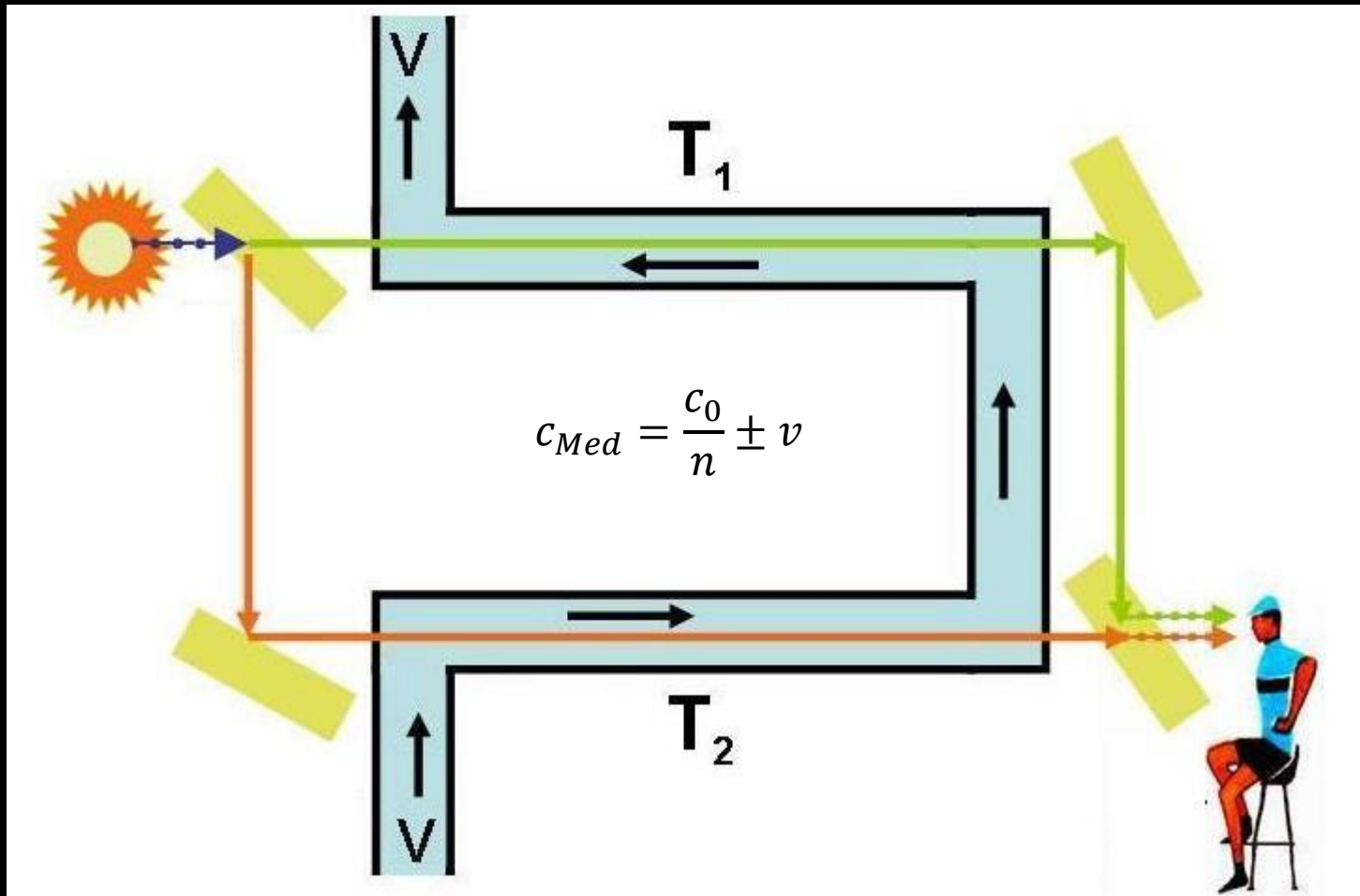
→ damit der Äther in Analogie zu Festkörperwellen die dazu extrem kurzen Lichtwellen übertragen kann, muss er extrem starr sein

Michelson-Morley-Experiment (1881 bzw. 1887)



Die Erde sollte bei ihrem Umlauf um die Sonne eine Art „Ätherwind“ spüren. Dessen experimenteller Nachweis würde die Ätherhypothese bestätigen.

Fizeauscher Mitführungsversuch (1851)

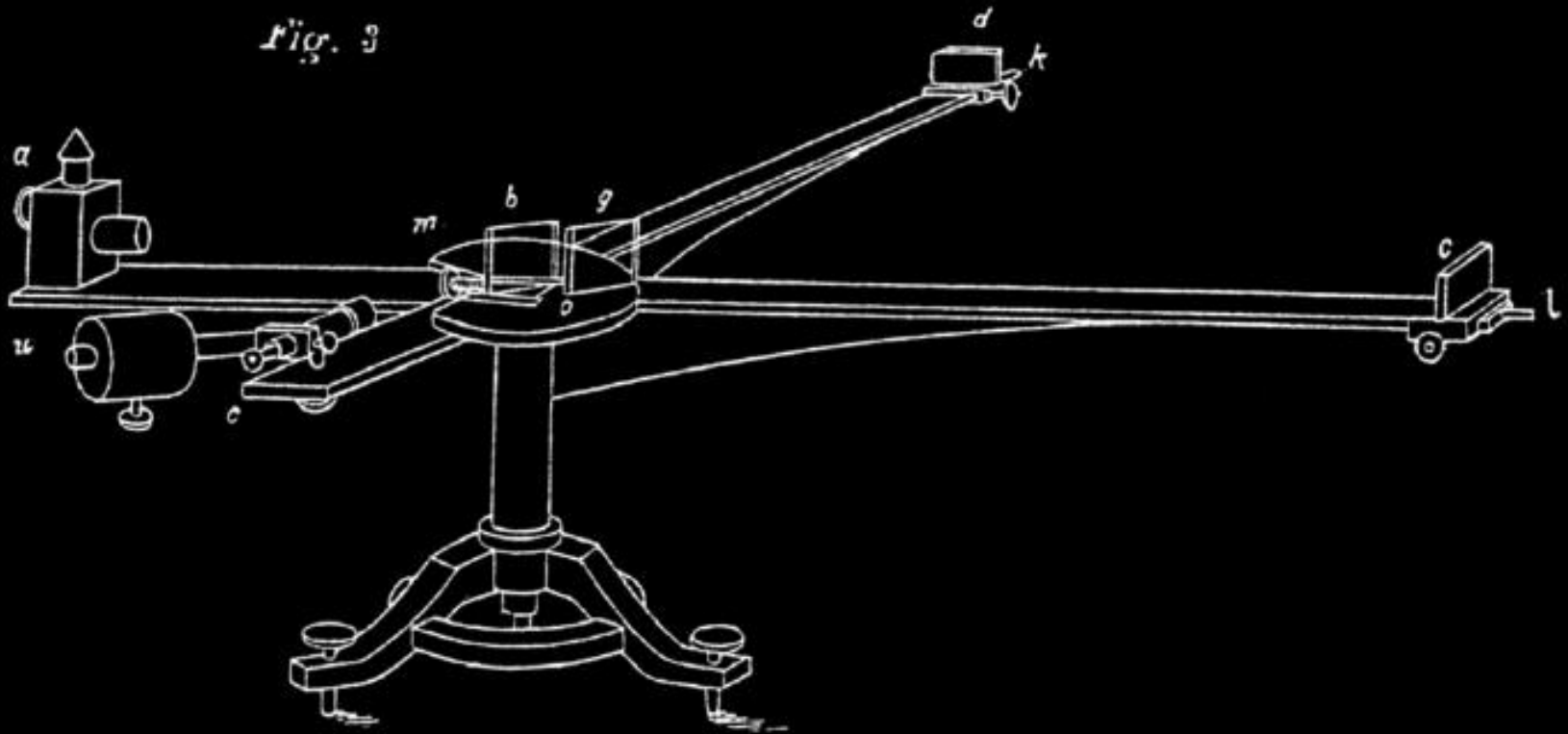


Experimentelles Ergebnis:

$$c_{Med} = \frac{c_0}{n} \pm v \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$$

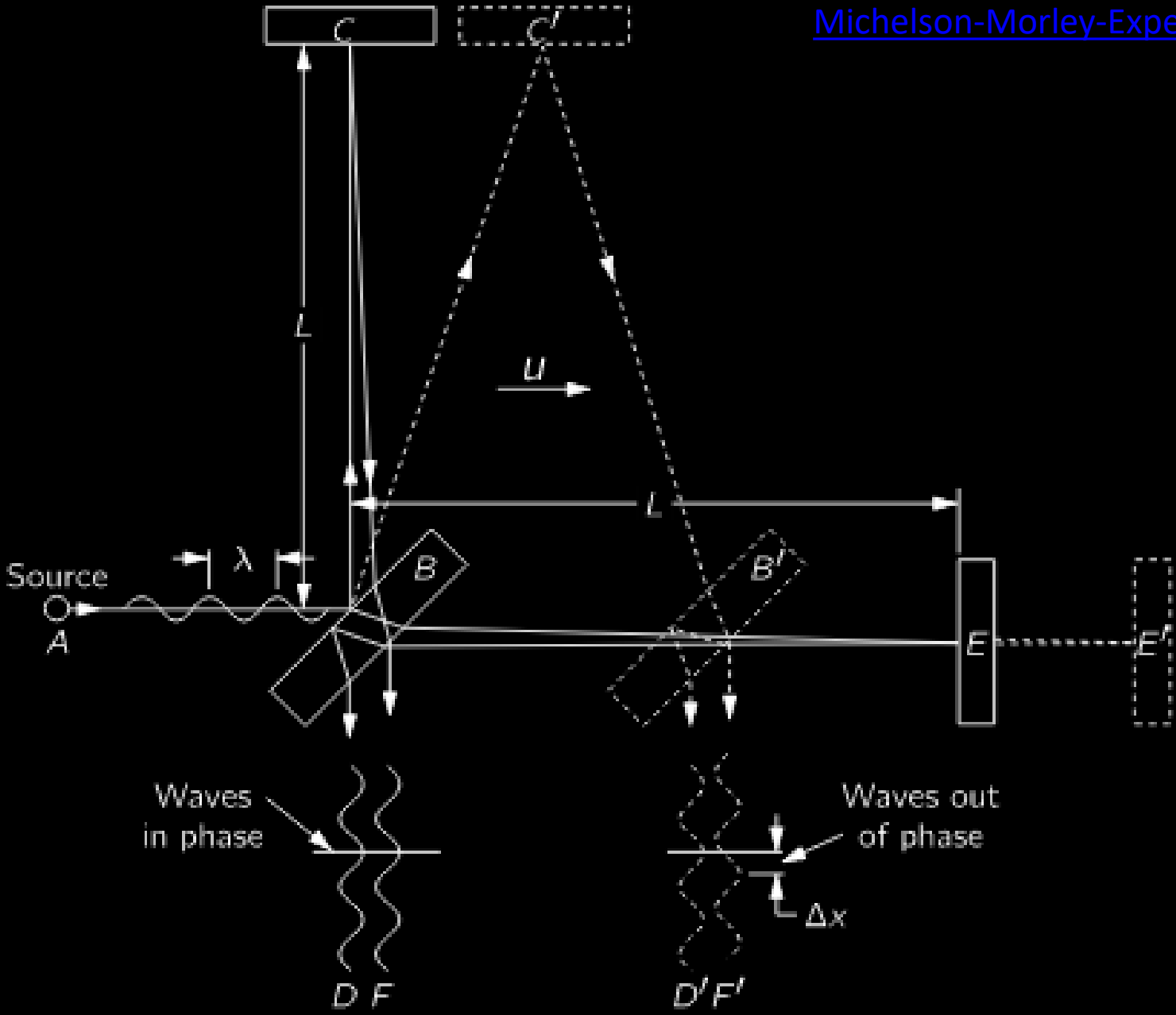
n = Brechungsindex

Das Michelson-Morley-Experiment



Zielsetzung: Nachweis der Bewegung der Erde in Bezug auf den ruhenden „Weltäther“

VIDEO:
[Michelson-Morley-Experiment](#)



Quintessenz:

Elektromagnetische Wellen („Licht“) benötigen kein Trägermedium. Es gibt keinen „Weltäther“

Die Maxwellsche Elektrodynamik führt zu der Beziehung

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} = \text{konstant}$$

In der klassischen Mechanik gilt das „Klassische Additionstheorem“ der Geschwindigkeiten in Form der sogenannten „Galilei-Transformationen“. Die Maxwellsche Elektrodynamik steht im Widerspruch zu den „Galilei-Transformationen“. Es gilt vielmehr:

„Die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit besitzt in Inertialsystemen unabhängig vom Bewegungszustand der Lichtquelle und des Beobachters immer denselben Wert. Sie ist eine Naturkonstante.“

→ PRINZIP DER KONSTANZ DER LICHTGESCHWINDIGKEIT

In der Klassischen Elektrodynamik gibt es offensichtlich Phänomene, die von der Wahl eines Inertialsystems abhängen. Naturgesetze sollten aber unabhängig von einem bestimmten Inertialsystem sein.

→ Aufbau eines Kalküls, welches das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Axiom enthält.

Die mechanischen und elektrodynamischen Gesetze müssen so formuliert werden, dass sie sich nicht ändern, wenn man von einem Inertialsystem zu einem anderen Inertialsystem wechselt unter der Prämisse, dass in beiden Inertialsystemen die Vakuumlichtgeschwindigkeit den gleichen konstanten Wert hat.

→ Revision des Begriffs der Gleichzeitigkeit mit der Erkenntnis, dass Längen und Zeitintervalle relativ sind, d. h. vom Bewegungszustand eines Beobachters abhängen



SPEZIELLE RELATIVITÄTSTHEORIE

3. *Zur Elektrodynamik bewegter Körper;* *von A. Einstein.*

Daß die Elektrodynamik Maxwells — wie dieselbe gegenwärtig aufgefaßt zu werden pflegt — in ihrer Anwendung auf bewegte Körper zu Asymmetrien führt, welche den Phänomenen nicht anzuhafte scheinen, ist bekannt. Man denke z. B. an die elektrodynamische Wechselwirkung zwischen einem Magneten und einem Leiter. Das beobachtbare Phänomen hängt hier nur ab von der Relativbewegung von Leiter und Magnet, während nach der üblichen Auffassung die beiden Fälle, daß der eine oder der andere dieser Körper der bewegte sei, streng voneinander zu trennen sind. Bewegt sich nämlich der Magnet und ruht der Leiter, so entsteht in der Umgebung des Magneten ein elektrisches Feld von gewissem Energiewerte, welches an den Orten, wo sich Teile des Leiters befinden, einen Strom erzeugt. Ruht aber der Magnet und bewegt sich der Leiter, so entsteht in der Umgebung des Magneten kein elektrisches Feld, dagegen im Leiter eine elektromotorische Kraft, welcher an sich keine Energie entspricht, die aber — Gleichheit der Relativbewegung bei den beiden ins Auge gefaßten Fällen vorausgesetzt — zu elektrischen Strömen von derselben Größe und demselben Verlaufe Veranlassung gibt, wie im ersten Falle die elektrischen Kräfte.