

Karl Benedicks

Lichttheorie und Relativitätstheorie

Die Grundlage der Relativitätstheorie, sofern sie mit Einstein's Namen verknüpft ist, bildet eine Abhandlung Einstein's, die den Titel: "Zur Elektrodynamik bewegter Körper" trägt. Bekanntlich rechnen wir seit Maxwell die Optik zur Elektrodynamik und in der Tat sind es Erscheinungen auf dem Gebiet der Optik, welche den Anstoss zur Aufstellung der Relativitätstheorie gaben. Bei dem innigen Zusammenhang dieser Theorien ist ein kurzer Rückblick auf die Entwicklung unserer Anschauungen vom Wesen des Lichtes unvermeidlich.

Am Ende des siebzehnten Jahrhunderts standen sich die Undulationstheorie von Huygens und die Emissionstheorie von Newton einander gegenüber.

Huygens sah das Wesen des Lichtes in Wellenbewegungen innerhalb eines die ganze Welt durchdringenden Äthers an. Newton bekämpfte diese Undulationstheorie und stellte ihr seine Emissions- (Emanations) Theorie entgegen. Danach bestünde das Licht aus einem feinen Stoff, der von dem leuchtenden Körper abgeschleudert würde. Bis etwa 1825 herrschte die Newton'sche Theorie; dann verhalfen die Untersuchungen von Young, Fresnel, Malus und Brewster der Undulationstheorie zum Siege, wobei jedoch ein Experiment von Foucault entscheidend war.

Es handelte sich nämlich um die Frage, ob die Lichtgeschwindigkeit im dichteren Medium kleiner oder grösser ist als im dünneren. Da Newton eine Art Anziehung zwischen seinem "Lichtstoff" und der Materie annahm, so kam er zu der Folgerung, dass die Lichtgeschwindigkeit im dichteren Medium grösser sein müsse als im dünneren. Im Jahre 1850 erbrachte nun aber Foucault den Nachweis, dass die Lichtgeschwindigkeit im Wasser gegenüber der Geschwindigkeit in der Luft kleiner gefunden wird. Da vor allem auch die Phänomene der Lichtbrechung und Lichtbeugung auf Grund der Undulationstheorie sich besonders gut erklären liessen, schien der Sieg der Undulationstheorie für alle Zeiten entschieden zu sein. Vor allem auch die von Maxwell ausgeführte, auf den Vorstellungen Faraday's beruhende elektromagnetische Lichttheorie - vielleicht die glänzendste Leistung,

welche die mathematische Physik vollbracht hat - beruht auf der Annahme des Weltäthers.

Aber auch für die Wellentheorie des Lichtes ergaben sich Schwierigkeiten; vor allem das Phänomen der Aberration, das auf dem Standpunkte der Emissionstheorie verhältnismässig einfach zu erklären ist, bereitete der Undulationstheorie solche Schwierigkeiten. Es handelt sich bei der Aberration bekanntlich um die Abweichung zwischen der Richtung des Fernrohres und der Richtung nach einem beobachteten Stern, wobei diese Abweichung darauf beruht, dass die Lichtgeschwindigkeit nicht unendlich gross ist gegenüber der Geschwindigkeit der Erdbewegung.

Würde der Äther bei der Erdbewegung von der Erde mitgeführt werden, so könnte die Aberration nicht eintreten. Wenn es also einen Äther gibt, so muss auf Grund des Aberrationsphänomens angenommen werden, dass er nicht mitgeführt wird, sondern dass er das absolut ruhende unbewegliche Medium ist, durch welches die Erde und die Himmelskörper überhaupt sich hindurchbewegen, wie etwa Wasser durch ein Sieb. Bewegungen relativ zu dem so aufgefassten Äther können dann aber nicht in dem Sinne als Relativbewegungen aufgefasst werden, wie dies durch das Relativitätsprinzip der Mechanik gefordert wäre.

DIE UNVEREINBARKEIT DER ÄTHERWELLENTHEORIE MIT DEM RELATIVITÄTSPRINZIP.

Die Erfahrung lehrt, dass ein Körper vermöge seiner Trägheit, wenn nicht andere Körper auf ihn einwirken, sich in gerader Linie bewegt. Dabei muss nun allerdings diese Bahn auf ein Koordinatensystem bezogen werden. Aber die Bahn kann auf jedes beliebige "träge Koordinatensystem" bezogen werden.

Man kann sich ein solches System dadurch entstanden denken, dass etwa durch eine Explosion von einem Punkte aus eine Anzahl von Körpern ausgeschleudert werden. Diese Körper bewegen sich in geraden Bahnen, von welchen je drei ein träges Koordinatensystem bilden. Bewegt sich ein Körper geradlinig in Bezug auf ein solches Koordinatensystem, so bewegt er sich erfahrungsgemäss auch geradlinig im Verhältnis zu jedem anderen trägen Koordinatensystem. Die Mechanik sagt aus, dass die Geschwindigkeit einer abgeschossenen Gewehrkuugel stets dieselbe ist, gleichgültig, ob man sich in einem ruhenden Gebäude oder auf einem mit konstanter Geschwindigkeit geradlinig bewegten Schiffe befindet. Im letzteren Falles ist es auch gleichgültig, ob die Schussrichtung parallel mit derjenigen des Schiffes ist oder etwa einen rechten Winkel mit ihr bildet. Da also die Bewegung des Koordinatensystems (in unserem Beispiel: des Schiffes auf die Richtung und Genauigkeit des abgefeuerten Projektils) keinen Einfluss ausübt, so kann man auch aus dem Schuss, d. h. aus der Bewegung des Projektils keinen Schluss auf die Bewegung des Schiffes ziehen. Kann man also mit Hilfe irgend welcher Experimente optischer Art doch auf die Bewegung des Koordinatensystems, also z. B. auf die Translationsbewegung der Erde schliessen, so folgt daraus, dass die Bewegung der Erde im Äther keine Relativbewegung

ist, sondern dass der Äther eben jenes unbewegliche absolut ruhende System ist, als welches er in der Optik von Huygens bis Maxwell angesehen wurde. Das Relativitätsprinzip würde dann also für optische Vorgänge nicht gelten.

Als das "experimentum crucis" für die Entscheidung der Frage: lässt sich die Bewegung der Erde aus optischen Vorgängen auf ihrer Oberfläche erkennen - kann der Michelson-Versuch gelten. Aus einem positiven Ergebnis dieses Versuches hätten die Tatsache und die Grösse der Translationsbewegung der Erde erschlossen werden können; man hätte in diesem Fall an der alten Äthervorstellung festhalten können. Aber das Ergebnis des Versuches war negativ.

Daraus folgt, dass in der Optik, ebenso wie in der Mechanik alle Translationsbewegungen relativ sind, d. h.: das Relativitätsprinzip hat auch für die optischen Vorgänge Geltung.

Das ist nun aber unter der Voraussetzung der Undulationstheorie, nach der das Licht in Wellenbewegungen im sonst unbeweglichen Äther besteht, nicht vorstellbar. Die physikalischen Vorstellungen müssen daher so geändert werden, dass das Relativitätsprinzip auch für die Optik seine Gültigkeit behält.

Grundsätzlich sind hier zwei Wege möglich.

Man kann entweder die Äther-Vorstellung und die mit ihr verbundene Undulationstheorie des Lichtes aufgeben und an ihre Stelle eine (geläuterte) Emissionstheorie des Lichtes stellen - oder man kann die Maxwell-Lorentz'sche Lichttheorie samt der Ätherhypothese beibehalten und die physikalischen Grundbegriffe der Raumlänge, der Zeit, der Masse usw. so umändern, dass das Relativitätsprinzip seine Gültigkeit behält.

Man kann sich diese doppelte Möglichkeit durch einen Vergleich veranschaulichen. An einer neuen, genial konstruierten Lokomotive zeigte sich der Räderabstand zu gross für die Spurweite der Staatsbahn. Auch da gibt es zwei Möglichkeiten:

der Räderabstand der neuen Lokomotive wird so geändert, dass die letztere der Spurweite des vorhandenen Eisenbahnnetzes angepasst ist - oder: das Eisenbahnnetz wird nach der Spurweite der Lokomotive umgebaut.

Der erste Weg ist charakterisiert durch die Beibehaltung der altbewährten Grundbegriffe der klassischen Mechanik in Verbindung mit dem Ersatz der Maxwell-Lorentz'schen Lichttheorie durch eine Theorie, die die Ätherhypothese fallen lässt und mit dem Relativitätsprinzip vereinbar ist; der zweite Weg ist charakterisiert durch die Beibehaltung der Maxwell-Lorentz'schen Lichttheorie und die Umgestaltung der klassischen Grundbegriffe. Dieser zweite Weg ist der der Relativitätstheorie.

DIE GRUNDBEGRIFFE DER KLASSISCHEN MECHANIK.

Die hier in Betracht kommenden Begriffe sind die Länge, die Zeit und die Masse. Die beiden erstgenannten beruhen wieder (bzw. sind identisch) mit den vorwissenschaftlichen menschlichen Anschauungsformen des Raumes und der Zeit.

Der Begriff der Längeneinheit setzt die Vorstellung der Unveränderlichkeit voraus, eine Vorstellung, die wir durch die Anschauung fester Körper gewinnen. Ein Organismus, der beständig zwischen den Wassertropfen in einer Wolkenhülle lebte, käme nicht zur Vorstellung eines festen Körpers und damit auch nicht zur Vorstellung einer festen Längeneinheit; dem Menschen dagegen liegt sie nahe, weil ihn die Erfahrung unaufhörlich auf feste Körper hinweist. Ein Stück Marmor, Granit, Diamant realisieren die Vorstellung des festen Körpers in grosser Annäherung.

Man kann nun die Grundbegriffe der (euklidischen) Geometrie aus der Anschauung des festen Körpers etwa folgendermassen ableiten. Wir denken uns einen festen Körper so bearbeitet, wie es ein Präzisionsmechaniker macht, der eine vollkommen gleichmässige glatte Begrenzungsfläche herstellen will. A sei eine solche Begrenzungsfläche. Eine zweite Begrenzungsfläche wird nun so abgeschliffen, dass sie mit A sich vollkommen deckt. Dann wird ein drittes Stück, C, geformt, das ebenfalls mit A zusammenfällt. Wenn nun auch dieses dritte Stück mit dem zweiten (B) sich deckt, so muss diese für A, B, C gemeinsame Begrenzungsfläche eine ebene Fläche oder Ebene bilden. Legt man zwei so definierte Ebenen durch einen festen Körper, so dass sie sich schneiden, so ist ihre Schnittlinie eine gerade Linie; durch eine dritte Ebene, die diese Linie schneidet, ist ein Punkt definiert.

Durch zwei Punkte an einer geraden Linie wird eine Länge bestimmt; diese ergibt den Abstand der Punkte von einander. Daher ist der Abstand zweier Punkte von einander auf einem festen Körper, nach der zugrunde liegenden Annahme, unter allen Umständen unveränderlich. Unter Längeneinheit versteht man den Abstand zwischen zwei Punkten auf einem als Norm beliebig gewählten Körper.

Dabei muss die Unveränderlichkeit dieses festen Körpers vorausgesetzt werden. Beweisen lässt sich diese Unveränderlichkeit nicht; aber ohne diese Voraussetzung des festen Körpers gibt es keine Möglichkeit einer exakten Geometrie.

Zur Bestimmung der Lage eines Punktes sind drei Koordinatenachsen (-ebenen) erforderlich.

Was für die Geometrie des festen Körpers gilt, wird durch Abstraktion auf das, was Raum genannt wird, übertragen. Man lässt den festen Körper sozusagen sublimieren und behält nur seine Massbestimmungen bei. In diesem Sinne sagt man, der Raum sei dreidimensional.

Doch ist die Dreidimensionalität keine geometrische Denknöwendigkeit. Ein flacher Wurm, dessen Welt die äusserst dünne Schicht zwischen Rinde und Holz wäre, würde, wenn er geometrisch dächte, wohl mit nicht mehr, als mit zwei Dimensionen rechnen können; eine stabförmige Bakterie, die in einer Kapillare lebte, deren Querschnitt sie ausfüllte, würde vermutlich mit nicht mehr als mit einer Dimension rechnen können. Ebenso wie der Eindruck des Unveränderten, den wir aus der Betrachtung des festen Körpers gewinnen, unserer Festsetzung der Raumlänge zugrunde liegt, so ist die Erfahrung der beständigen Änderungen in der Natur, also die Vorgänge,

Abläufe, Prozesse die Grundlage unseres Zeitbegriffes. Dabei sind vor allem diejenigen Vorgänge von Wichtigkeit, welche trotz ihrer Veränderlichkeit in gewissem Masse einen Eindruck von Unveränderlichkeit machen. Solche Vorgänge sind z. B. Kreisbewegungen, die zur Zeitmessung geeignet sind. Kreisel von Riesendimensionen sind die Erde, die Sonne, der Mond und die unzählbare Menge der Himmelskörper. Die Rotation der Erde ist von jeher als Zeitnorm angewendet worden; auf ihr beruht ja die Festsetzung des "Sterntages".

Eine Bedeutung hat der Begriff Zeit nur für solche Systeme, in denen Veränderungen vorkommen, aber auch für alle derartigen Systeme, ohne Rücksicht darauf, ob man Gelegenheit hat, diesbezügliche physikalische Messungen auszuführen.

Der dritte Grundbegriff der klassischen Mechanik, der Begriff der Masse, kommt für die uns hier beschäftigenden Probleme weniger in Betracht. Es sei hier nur darauf hingewiesen, dass bei einer endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wirkung der Gravitation auch auf dem Standpunkt der klassischen Physik die Masse eines Körpers zugleich mit seiner Geschwindigkeit wachsen muss - eine Tatsache, deren Entdeckung also keineswegs ein "Vorrecht" der Relativitätstheorie ist.

Die klassischen Begriffe der Physik, insbesondere die Begriffe der räumlichen Länge und der Zeit, zeichnen sich durch wunderbare Klarheit und Einfachheit aus. Sie beruhen zwar auf Definitionen und Definitionen sind nie eigentlich beweisbar. Wohl aber können sie brauchbar, zweckmässig sein. Diese Brauchbarkeit kommt den Grundbegriffen der klassischen Physik zweifellos zu. Dafür ist die Entwicklung der Mechanik, ja der gesamten Physik seit Newton und Galilei der sicherste Beweis.

DIE PREISGABE DER KLASSISCHEN GRUNDBEGRIFFE IN DER RELATIVITÄTSTHEORIE.

Trotzdem hat nun die Relativitätstheorie die genannten Begriffe in zweifacher Hinsicht preisgegeben: einmal insofern die räumlichen und zeitlichen Grössen nicht mehr absolute, sondern vom Bewegungszustande der Bezugssysteme abhängige Grössen sein sollen; sodann durch die Anschauung der wechselseitigen Abhängigkeit der räumlichen und zeitlichen Grössen. Am schärfsten ist diese Abhängigkeit in dem bekannten Ausspruch von Minkowski ausgedrückt, dass Raum und Zeit für sich allein zu Schatten herabgesunken seien und nur noch eine Union von beiden Realität haben soll.

Erinnern wir uns an den Grund, der zu dieser Preisgabe der klassischen Grundbegriffe geführt hat.

Drei Faktoren sind hier im Spiel: das Relativitätsprinzip - die Maxwell-Lorentz'sche Lichttheorie - und eben die klassischen Begriffe der Länge und der Zeit. Von diesen drei Faktoren kann der erste, das Relativitätsprinzip, als feststehend gelten und zwar nicht nur für mechanische, sondern auch für optische Vorgänge; die Versuche, speziell der Michelson-Versuch haben das bewiesen. Diese Tatsache ist nun aber mit dem Zusammenbestehen der bei-

den anderen Faktoren unvereinbar. Die Relativitätstheorie hat die klassischen Grundbegriffe (in den Lorentz-Transformationen) so geändert, dass sie mit dem Relativitätsprinzip und der Licht (Äther)-Theorie wieder vereinbar wurden. Es bleibt nun aber die Möglichkeit offen, die Lichttheorie so zu gestalten, dass die Harmonie der drei Faktoren ohne Preisgabe der klassischen Grundbegriffe bestehen bleibt.

EINE NEUE EMISSIONSTHEORIE DES LICHTES.

Es ist klar, dass zu diesem Zwecke vor allem die Vorstellung des ruhenden Äthers fallen gelassen werden muss. Der Äther befindet sich ja allerdings auch nach der Undulationstheorie insofern nicht in absoluter Ruhe, als es ja Wellenbewegungen in ihm gibt, welche das Wesen des Lichtes ausmachen. Aber als Medium, das die ganze Welt erfüllt, stellt er ein absolut ruhendes Bezugssystem dar; eine Bewegung gegen diesen Äther kann nicht relativ im Sinne des Relativprinzips sein. Gibt man nun diese alte Äthervorstellung preis, so bleibt nur die Möglichkeit einer Emissionstheorie des Lichtes übrig.

Dabei kommt nun allerdings eine einfache Rückkehr zu der Theorie Newton's nicht in Frage, da nach ihr, wie schon früher erwähnt, die Lichtgeschwindigkeit im dichteren Medium grösser sein müsste als im dünneren, was durch Foucault experimentell widerlegt wurde.

Die Undulationstheorie ist vor der Emissionstheorie scheinbar dadurch im Vorteil, dass sie die Lichtbrechung in der bekanten einleuchtenden Weise erklärt. Diese Erklärung beruht auf dem Prinzip von Huygens, wonach jeder bestrahlte Punkt als Ausgangspunkt einer neuen Strahlung zu betrachten ist.

Nun kann das Huygens'sche Prinzip aber auch auf die Emissionstheorie übertragen werden. Es gibt nämlich eine Analogie zu diesem Prinzip auf dem Gebiet der strömenden Materie. Gesetzt, Wasser ströme in dünner Schicht an einer schrägen Fläche nieder (etwa an einer Dammböschung), dann erfolgt die Fortbewegung längs paralleler gerader Linien. Wird eine mit einer Öffnung versehene vertikale Scheidewand in horizontaler Richtung angebracht, so bewirkt dieses Hindernis, dass die Öffnung dem unteren Teile der Ebene gegenüber zu einer Quelle wird, aus der divergierende Strömungslinien austreten - in Analogie mit dem Prinzip von Huygens.

Danach hätte also das Huygens'sche Prinzip nur beim Auftreten von Hindernissen physikalische Gültigkeit. Eine Anschauung von dessen Gültigkeit für emittiertes Licht kann man auf verschiedene Weise erhalten. Am einfachsten wäre vielleicht die Annahme, dass bei dem Hindernis, das man sich etwa als ein Gitter, d. h. einen Schirm mit regelmässig angeordneten parallelen Öffnungen denken könnte, das einfallende parallele Licht auch von den Rändern der Öffnungen reflektiert würde, derart, dass von jeder Öffnung ein divergierendes Bündel (von herabgesetzter Intensität) auf der entgegengesetzten Seite ausginge.

Auf diese Weise wäre also das Phänomen der Lichtbrechung auch auf dem Boden einer Emissionstheorie des Lichtes erklärbar.

Es soll noch versucht werden, ein Modell für die Lichtemission, wenigstens andeutungsweise, aufzustellen.

Ausgangspunkt ist die Grundannahme von Ritz: Von einer elektrischen Ladung gehen unausgesetzt fiktive Partikeln nach allen Richtungen aus und bewegen sich geradlinig mit (relativ zur Ladung) konstanter Lichtgeschwindigkeit.

Die nach der Grundannahme von jedem Elektron ausgehende Emission kann aufgefasst werden als eine unaufhörliche Reihe von in kurzen Zeitabständen stattfindenden Explosionen. Nach der Auffassung von Ritz wäre also ein Elektron seinem Wesen nach als das Zentrum einer sich immer wiederholenden Explosion zu bezeichnen.

Aus dieser Annahme folgt, dass ein Elektron im Ruhezustand keinen Anlass zu einer dem Lichte vergleichbaren Ausstrahlung geben kann; was zustandekommen kann, ist zunächst ein Kraftfeld.

Rotiert dagegen ein Elektron in einer geschlossenen, z. B. kreisförmigen Bahn, so wird in einem bestimmten Augenblick eine sphärische Explosionswelle um die jeweilige Lage des Elektrons als Zentrum geradlinig ausgesandt. Im nächsten Augenblick wird eine neue ebensolche Explosionswelle ausgestossen mit der neuen Lage des Elektrons als Zentrum usw. Nun stellen wir uns einen von dem rotierenden Elektron, dem Oszillator, entfernten Punkt auf der durch das Zentrum der Bahn senkrecht stehenden Achse vor. Von den ausgesandten Wellen denken wir uns ein schmales, paralleles Strahlenbündel herausgeschnitten, begrenzt von einer in dem betreffenden Punkt angenommenen, senkrecht zur Achse stehenden gleichartigen Elektronenbahn.

Die Konstitution eines in solcher Weise abgegrenzten elementaren Lichtstrahles lässt sich schematisch veranschaulichen. (Fig. 1): ABCD stellt die Bahn des rotierenden Elektrons dar. Die Gipfelpunkte der emittierten Wellen liegen auf einer von dieser Bahn bestimmten zylindrischen Spirallinie, die eine diskontinuierliche Raumspirale bildet. Die Steigung der Spirale entspricht der Wellenlänge des Lichtes.

Durch eine derartige Raumspirale muss ein frei bewegliches Elektron, das davon getroffen wird, in Mitschwingung versetzt werden können, d. h. ein Resonator werden. Dabei muss eine gewisse Phasenverschiebung, Verzögerung, zustande kommen und daher eine geringere Geschwindigkeit in einem dichteren, d. h. in einem an Resonatoren reicheren Medium sich ergeben.

Wird ein Resonator-Elektron von noch einem gleichen, aber in entgegengesetztem Sinne gedrehten Strahle von gleicher Intensität getroffen, so muss dasselbe so beeinflusst werden, wie wenn es von einem linear polarisierten Strahle getroffen wäre, d. h. der Resonator muss lineare Strahlen ausführen. Solche linear polarisierten Strahlen müssen direkt erhalten werden für die Punkte, die in der Ebene des Oszillators liegen. Zwei solche polarisierte Strahlen von gleicher Intensität und mit einer Phasenverschiebung von einer

halben Schwingungsperiode müssen sich gegenseitig aufheben, d. h. Anlass zur Interferenz geben. Man erkennt, dass die Phänomene der Lichtbrechung und der Interferenz, welche auf dem Standpunkte der Ätherwellen-Theorie besonders einleuchtend erklärt werden können und daher eine starke Stütze dieser letzteren Theorie bilden, auch auf dem Standpunkte der Emissionstheorie gut erklärbar sind. Hingegen ist nun bei Annahme der Ätherwellen-Theorie kein Grund zum Auftreten einer Diskontinuität der Lichtausstrahlung erkennbar. Wohl aber ist eine Diskontinuität in der Lichtaussendung auf dem Boden der Emissionstheorie, wenigstens in radialer Richtung, eine Notwendigkeit. Dadurch befindet sich die Emissionstheorie in Übereinstimmung mit der Lichtquanten -(Photonen)-Theorie, die mit der Ätherwellen-Theorie nur schwer in Einklang zu bringen ist.

Die vorangehenden Ausführungen dürften wohl gezeigt haben, dass die Preisgabe der klassischen Grundbegriffe der Physik, speziell der Mechanik, wie sie in der Relativitätstheorie (in den Lorentz-Transformationen) vorliegt, nicht unbedingt erforderlich ist; das Relativitätsprinzip kann bei Zugrundelegung einer "geläuterten" Emissionstheorie des Lichtes auch für optische Vorgänge aufrechterhalten bleiben. Das bedeutet nun aber keineswegs eine Preisgabe der Relativitätstheorie überhaupt! Der grossen Schöpfung Einstein's kann ein heuristischer Wert nicht abgesprochen werden. Es ist schon ein grosses Verdienst Einstein's, dass er die Arbeit der Astronomen auf eine so wichtige Frage, wie die Beugung des Lichtes bei dem Vorübergang an der Sonne gelenkt hat (der Soldnereffekt).

Wir sind heute nicht mehr der Meinung, dass für die Erklärung einer bestimmten Gruppe von Naturerscheinungen eine Theorie die allein richtige und alles von ihr Abweichende falsch sein müsste. Den endgültigen Massstab für den Wert einer Theorie wird immer die Fruchtbarkeit bilden.

ZUSAMMENFASSUNG

Wenn in einem Gebiete der Physik sich eine wesentliche Änderung als notwendig erweist, so gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten, wie eine solche Änderung durchgeführt werden kann: entweder die Änderung zieht eine Umbildung bewährter Grundbegriffe nach sich - oder sie wird so vollzogen, dass sie sich gewissermassen jenen Grundbegriffen anpasst, so dass diese also unverändert bestehen bleiben.

Die in der Relativitätstheorie in Betracht kommende Änderung ist vor allem die Ausdehnung des Relativitätsbegriffes auf alle Naturvorgänge, insbesondere auch auf die optischen (elektromagnetischen). Hält man nun an

der Vorstellung fest, dass das Licht auf Wellenbewegungen beruht, die in dem den Weltenraum füllenden Äther verlaufen, so lässt sich die Relativität auf die Optik nicht ausdehnen, ohne dass man die altbewährten Grundbegriffe der Mechanik (Raum, Zeit, Masse) umbildete. Wohl aber kann man die Relativität aller, auch der optischen Naturvorgänge durchführen, wenn man die Äthertheorie und mit ihr die Huygens'sche Undulationstheorie des Lichtes fallen lässt und an ihre Stelle die Emissionstheorie setzt - freilich nicht in der veralteten Form von Newton, sondern in der neuen, durch Ritz begründeten Form.

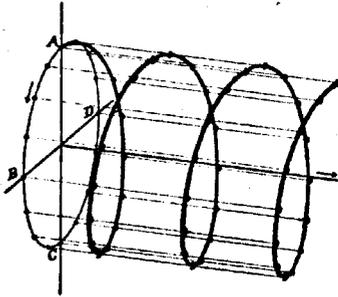


Fig. 1