

# Zur Krise der Lichtäther-Hypothese

Rede

gehalten beim Antritt des Lehramts  
an der Reichs-Universität zu Leiden

von

Prof. Dr. P. Ehrenfest



Berlin  
Verlag von Julius Springer  
1913

**Alle Rechte, insbesondere das der  
Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.**

ISBN-13: 978-3-642-98707-6      e-ISBN-13: 978-3-642-99522-4

DOI: 10.1007/978-3-642-99522-4

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1913

## Hochverehrte Anwesende!

Gestatten Sie mir über eine Krise zu sprechen, die gegenwärtig eine fundamentale Hypothese der Physik — die Ätherhypothese — schwer bedroht. Diese Krise gibt, wie mir scheint, ein lebendiges Bild von der eigentümlich revolutionären Stimmung, die augenblicklich die theoretische Physik beherrscht.

Um anschaulich sprechen zu können, will ich von einem fiktiven Experiment ausgehen, das ich weiterhin immer kurz „Kugelexperiment“ nennen werde. Dieses fiktive Experiment ist so gewählt, daß die Züge, auf die es uns ankommt, möglichst grell hervortreten.

Entschuldigen Sie bitte, wenn eben deshalb unsere Konstruktion etwas phantastisch ausfällt.

Nehmen wir also an, wir hätten eine riesige Hohlkugel vor uns. Viel größer als die Erde, viel größer als die Erdbahn. So groß, daß ein Lichtstrahl zirka zwei Stunden brauchen würde, um sie quer zu durchlaufen. Genau im Mittelpunkt der Hohlkugel sitze ein Experimentator. Die Kugel soll ruhig vor uns liegen. Der Experimentator möge folgendes Experiment machen: er läßt eine sehr helle Lampe einen Augenblick lang aufleuchten und wartet, was er nun weiter sieht. Zu-

nächst sieht er einen Augenblick lang die Lampe. Dann ist es finster — zwei Stunden lang. Denn eine Stunde läuft das Licht vom Zentrum nach der Innenwand der Hohlkugel hinaus und von ihr reflektiert braucht es wieder eine Stunde, um zum Experimentator zurückzukommen. Und jetzt erst sieht der Experimentator die ganze Innenwand der Kugel gleichzeitig einen Moment lang aufleuchten. Dann ist es wieder dunkel. — Nun sei uns noch eine zweite, genau ebensolche Hohlkugel gegeben. Und wieder sitze genau im Mittelpunkt der Kugel ein Experimentator. Diese zweite Kugel soll aber nun nicht mehr vor uns ruhen, sondern soll mit einer enormen Geschwindigkeit vor uns laufen, z. B. mit dem zehnten Teil der Lichtgeschwindigkeit. Den Experimentator möge sie mit sich führen. Dieser zweite Experimentator soll nun genau ebenso wie der erste auch eine helle Lampe einen Augenblick lang aufleuchten lassen und ebenfalls beobachten, was er weiterhin sieht. Wir fragen: Sieht der Experimentator in der laufenden Kugel auch die ganze Kugelfläche in ein und demselben Augenblick aufleuchten oder sieht er etwas anderes? Auf diese Frage würden die Physiker zu verschiedenen Zeiten verschieden geantwortet haben.

Newton würde auf Grund seiner Emissionstheorie des Lichtes sagen: Der Experimentator in der laufenden Kugel muß genau dasselbe sehen, wie der Experimentator in der ruhenden Kugel. Denn die Aussendung des Lichtes aus der Lampe und die Reflexion an der

Innenwand der Hohlkugel ist ein rein mechanischer Vorgang, nach Art eines Ballspieles: Die Lampe wirft Lichtkörperchen durch den leeren Raum zur Wand und von der Wand springen sie elastisch wieder zur Lampe zurück. Der Verlauf eines solchen Ballspieles bleibt aber natürlich derselbe, gleichgültig, ob es in einem vor uns ruhenden oder in einem vor uns gleichförmig laufenden Zimmer stattfindet.

Fresnel — einer der Begründer der modernen Lichttheorie — würde sagen: Nein, der Experimentator in der laufenden Kugel sieht etwas ganz anderes als der in der ruhenden Kugel! Er sieht folgendes: Zunächst sieht er die Lampe, dann ist es zirka zwei Stunden lang finster, dann aber sieht er zunächst den Äquator der Kugel aufleuchten (so heiße derjenige größte Kreis der Kugel, der auf der Bewegungsrichtung der Kugel senkrecht steht), nachher leuchten zwei Breitenkreise auf, die symmetrisch zum Äquator liegen. Diese Breitenkreise rücken symmetrisch gegen die Pole. Zuletzt leuchten noch gleichzeitig die beiden Pole der Kugel auf, und dann ist es wieder finster.

Wieso kommt Fresnel zu dieser merkwürdigen Behauptung?

Fresnel hat die folgende Hypothese über die Natur der Lichtfortpflanzung: Der ganze Weltraum ist von einem Äther erfüllt, der etwa relativ zu den Fixsternen ruht. Die Körper bewegen sich frei durch diesen Äther, ohne ihn mit sich zu reißen. Wenn eine Lampe Licht aussendet, so bedeutet das, daß sie jenem

Äther irgendwelche Zustandsstörungen mitteilt; diese Zustandsstörungen pflanzen sich dann im Äther nach allen Richtungen hin fort; etwa so, wie sich ein Stoß in einem elastischen Stab fortpflanzt.

Angenommen, die Hohlkugel steht mit ihrem Experimentator relativ zum Äther fest. Die Lichterregung bildet dann eine Kugelwelle, die symmetrisch um den Mittelpunkt der Hohlkugel auseinander läuft; in einem bestimmten Moment trifft sie auf die Innenwand der Hohlkugel und zieht sich dann wieder symmetrisch nach dem Mittelpunkt der Hohlkugel zusammen.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei der zweiten Kugel, die zusammen mit ihrem Experimentator so enorm rasch durch den feststehenden Äther läuft. Der Experimentator befindet sich hier in einer ähnlichen Situation, wie wenn er auf einer Brücke stünde, unter der ein mächtiger Strom gleichmäßig dahinfließt; gerade ebenso strömt ja durch sein rasch laufendes Kugel-Laboratorium der feststehende Äther. — Was geschieht aber, wenn man von der Brücke aus einen Stein in den Strom fallen läßt? Es breiten sich auf der Wasseroberfläche Kreiswellen aus, die der Strom mit sich schleppt. Ebenso breitet sich der Lichtblitz der Lampe im Äther als Kugelwelle aus und ebenso wird diese Kugelwelle von dem Ätherwind verweht, der durch das Kugel-Laboratorium bläst. Hier verläuft also die Ausbreitung und Reflexion der Lichtwelle nicht mehr so symmetrisch um das Zentrum der Hohlkugel. Aber eine ganz elementare Rechnung genügt, um auch

hier festzustellen, welche Teile der Lichtwelle früher zum Experimentator zurückkehren und welche später. Und man findet so das Ergebnis, das wir oben formuliert haben. Nämlich, daß der Experimentator in der laufenden Hohlkugel zuerst den Äquator aufleuchten sieht, dann die Breitenkreise und ganz zuletzt die beiden Pole. Das also ist die Prognose, die man auf Grund der Fresnel'schen Hypothese eines feststehenden Äthers machen würde.

Stokes nimmt an, daß die Körper den in ihnen befindlichen Lichtäther bei ihrer Bewegung mit sich schleppen. Wenn aber das laufende Kugel-Laboratorium seinen Äther mit sich führt, dann ist ohne weiteres klar, daß der Experimentator in der laufenden Kugel genau dasselbe beobachten muß, wie der Experimentator in der ruhenden Kugel.

Zusammenfassend sehen wir also:

Newtons Emissionstheorie und Stokes' Theorie vom mitbewegten Äther sagen übereinstimmend: Der Experimentator in der laufenden Kugel beobachtet exakt dasselbe wie der Experimentator in der ruhenden Kugel.

Fresnels Theorie vom feststehenden Äther behauptet hingegen: Nein, er sieht ein ganz bestimmtes anderes Bild.

Welcher Prognose sollen wir Glauben schenken? Wie steht es denn überhaupt mit der Glaubwürdigkeit dieser drei verschiedenen Lichttheorien?

Was zunächst die Newton'sche Emissionstheorie betrifft, so ist ja folgendes von ihr allgemein bekannt: Während des ganzen 18. Jahrhunderts herrschte sie unumschränkt. Im Beginn des 19. Jahrhunderts wird sie dann plötzlich durch die Äthertheorie vollständig verdrängt. Es waren bekanntlich sehr gewichtige Gründe, die die Physiker veranlaßt haben, so plötzlich und radikal die Emissionstheorie fallen zu lassen. Wir können diese Gründe an dieser Stelle nicht besprechen.

Die Äthertheorie hingegen gewann allmählich eine geradezu beherrschende Stellung innerhalb der gesamten Physik. Insbesondere seit die Arbeiten von Maxwell und Hertz mit voller Evidenz gezeigt hatten, daß die optischen Erscheinungen nichts anderes sind als ein Spezialfall von elektromagnetischen Erscheinungen: daß die Lichtwellen nichts anderes sind als sehr kurze elektrische Wellen. Denn damit war der Lichtäther zugleich der Träger aller elektromagnetischen Erscheinungen überhaupt geworden.

Innerhalb der Äthertheorie bleiben aber noch fast bis zum Ende des 19. Jahrhunderts zwei konkurrierende Auffassungen nebeneinander bestehen. Steht der Äther fest oder schleppt jeder Körper den in ihm befindlichen Äther mit sich? Wir wollen von jetzt ab für diese beiden konkurrierenden Theorien abkürzend folgende Bezeichnungen gebrauchen: Theorie des feststehenden Äthers, Theorie des mitbewegten Äthers.

Den Kampf zwischen diesen beiden Theorien und den schließlichen Sieg der Theorie vom feststehenden Äther müssen wir wenigstens mit einigen Schlagworten schildern.

Die Hypothese vom mitbewegten Äther wurde im Gebiet der optischen Erscheinungen besonders durch Stokes vertreten. Speziell nahm also Stokes auch an, daß die Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne ihren Äther mit sich schleppt, geradeso wie sie ihre Luftatmosphäre mit sich führt. Hertz übertrug dann im Jahre 1890 die Hypothese des mitbewegten Äthers von der Optik auf die Theorie aller elektromagnetischen Erscheinungen überhaupt.

Die Hypothese vom feststehenden Äther wurde im Gebiete der optischen Erscheinungen besonders durch Fresnel vertreten. Nach ihm soll dann also die Erde bei ihrem Lauf um die Sonne durch den feststehenden Äther hindurchgleiten. Lorentz übertrug — ebenfalls in den neunziger Jahren — die Hypothese des feststehenden Äthers von den optischen Erscheinungen auf alle elektromagnetischen überhaupt.

Was waren die entscheidenden Momente für den Sieg, den der feststehende Äther der Fresnel-Lorentz'schen Theorie über den mitbeweglichen Äther der Stokes-Hertz'schen Theorie errang?

1. Lorentz bewies: Die von den Astronomen gemessene Aberration des Sternlichtes läßt sich nicht mit der Annahme von Stokes in Einklang bringen, daß die Erde ihre Ätherhülle mit sich führt. Hingegen läßt

sie sich quantitativ richtig erklären, wenn man mit Fresnel annimmt, daß die Erde durch den feststehenden Äther gleitet.

2. Fizeau hatte experimentell festgestellt, daß die Lichtgeschwindigkeit in strömendem Wasser größer ist als in ruhendem Wasser; und zwar um einen ganz bestimmten Bruchteil der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers. Es ist ein überaus bedeutsamer Erfolg der Lorentz'schen Theorie, daß sie dieses experimentelle Resultat in durchsichtiger Weise und quantitativ richtig erklären konnte. Die Hypothese vom mitbewegten Äther hingegen steht in unzweideutigem Widerspruch mit dem, was Fizeau fand; denn sie würde verlangen, daß die Lichtgeschwindigkeit im strömenden Wasser um den vollen Betrag der Strömungsgeschwindigkeit vergrößert ist.

3. Zu einem Zeitpunkt, wo übrigens der Sieg der Lorentz'schen Theorie schon durch ihre vielseitigen anderen Erfolge entschieden war, brachte ihr noch ein Experiment des russischen Physikers Eichenwald eine merkwürdig schöne Bestätigung. Läßt man einen elektrisierten Körper sehr rasch rotieren, so wirkt er auf eine Magnetnadel wie ein Magnet. Eichenwald wählte nun eine spezielle Anordnung, bei der die Lorentz'sche Theorie eine andere Größe für die magnetische Kraft erfordert als die Hertz'sche. Auch hier wieder entschied das Experiment scharf zugunsten des feststehenden und zu ungunsten des mitbewegten Äthers.

Kehren wir nun wieder zu unserem „Kugelexperiment“ zurück und erinnern wir uns an die Prognosen, die die drei Lichttheorien aufgestellt hatten. Die Newtonsche Emissionstheorie und die Stokes-Hertzische Theorie vom mitbewegten Äther hatten übereinstimmend gesagt: Der Experimentator in der laufenden Kugel sieht genau dasselbe wie der Experimentator in der ruhenden Kugel. Können wir aber der Prognose dieser beiden Theorien noch Glauben schenken, nachdem sie beide von den Physikern aufgegeben worden sind? — Doch wohl nein. — Was sagt aber die siegreiche Hypothese vom feststehenden Äther? Sie verlangt, wie wir früher gesehen haben, daß der Experimentator in der laufenden Kugel — wegen des Ätherwindes, der seine Kugel durchströmt — etwas ganz anderes sieht, als der Experimentator in der ruhenden Kugel. Und das also ist es, was wir wohl erwarten müssten.

Unser Kugelexperiment ist offenbar nichts anderes als die groteske Übertreibung eines faktisch ausgeführten Experimentes: des berühmten Versuches von Michelson.

Michelson arbeitet mit einem Apparat von nur wenigen Metern Größe, und sein Apparat läuft nicht mit einem Zehntel, sondern nur mit einem Zehntausendstel der Geschwindigkeit des Lichtes durch den Äther; nämlich mit unserer Erde zusammen, die ja gerade mit dieser Geschwindigkeit um die Sonne läuft.

Wegen dieser weitaus ungünstigeren Verhältnisse

mußte Michelson natürlich auch unendlich viel empfindlichere Meßmittel benützen, als wir in unserem „Kugelexperiment“. Das Prinzip aber bleibt dasselbe.

Wir dürfen also wohl zur Bequemlichkeit so sprechen, als habe Michelson direkt unser „Kugelexperiment“ ausgeführt. Was fand er? Fand er wirklich, daß die Pole später aufleuchten als der Äquator, wie es die Hypothese des feststehenden Äthers verlangt? — Seine Anordnung war weitaus empfindlich genug, um die berechnete Verspätung zu konstatieren, falls sie existierte.

Sie wissen, daß Michelson keine Spur dieser erwarteten Verspätung fand. Und bekanntlich hat man später noch andere — teils elektrische, teils optische — Experimente angestellt, um den Ätherwind zu konstatieren, der in unseren Laboratorien herrschen muß, wenn sich wirklich unsere Erde durch einen feststehenden Äther hindurchbewegt. — Sie wissen, daß alle diese Ätherwind-Experimente immer wieder ein prägnant-negatives Resultat lieferten. Immer wieder konnte man keine Spur von jenem Ätherwind entdecken. Und doch soll er mit einer Geschwindigkeit, die rund tausendmal größer ist, als die eines D-Trains, durch unsere Laboratorien — und auch durch diesen Saal hindurchbrausen!

Wie reagierten die Physiker auf das gemeinsame negative Resultat aller Ätherwind-Experimente? Wie stellten sie sich nun zur Ätherhypothese?

Ich will versuchen, die wichtigsten Standpunkte

einander gegenüberzustellen. Verzeihen Sie, wenn ich dabei manches sehr Bekannte wiederholen muß.

Wir besprechen zunächst den Standpunkt von Lorentz in seiner Arbeit von 1904, ohne leider auf die stufenweise Entwicklung dieses Standpunktes eingehen zu können.

Die Hypothese vom feststehenden Äther sowie auch die andern Grund-Hypothesen der älteren Theorie von Lorentz werden in dieser 1904-Arbeit beibehalten. Deshalb geht auch keiner von den Erfolgen verloren, die jener älteren Lorentz'schen Theorie zu ihrem Sieg über die konkurrierenden Theorien verholfen hatten.

Neu ist in der 1904-Arbeit die systematische Verwertung zweier formell sehr einfacher Hypothesen. Nämlich darüber, wie sich infolge einer Bewegung durch den Äther

1. die Kräfte zwischen den Molekülen,
  2. die geometrische Gestalt der Elektronen
- ändern.

Merkwürdigerweise beseitigen diese beiden Hypothesen absolut restlos den Widerspruch, der zwischen der Hypothese vom feststehenden Äther und dem prägnant-negativen Resultat aller Ätherwind-Experimente bestanden hatte. Dieser Widerspruch verschwand nun vollkommen. Denn ausgehend von jenen Grundannahmen gewinnt die 1904-Arbeit rein deduktiv für eine sehr umfassende Klasse von Experimenten den folgenden Satz: Angenommen, ein Laboratorium laufe mit beliebig großer Geschwindigkeit durch den Äther

(nur nicht rascher als das Licht selbst). Wenn dann ein Experimentator in diesem Laboratorium ein Experiment auführt, so beobachtet er genau denselben Verlauf des Experimentes, als er beobachten würde, falls sein Laboratorium relativ zum Äther ruhig stünde. — Gestatten Sie, diesen Satz weiterhin kurz als „1904 Theorem“ zu bezeichnen.

Es empfiehlt sich, dieses Theorem in seiner Anwendung auf ganz spezielle Fälle durchzudenken. Man überblickt dann in einem zusammenhängenden Bild, wieso es dank jener Hypothesen wirklich gelingt, vor dem Experimentator den Ätherwind zu verbergen.

Gestatten Sie, in einigen grellen Strichen das Bild zu skizzieren, das sich so ergibt: Der Ätherwind stört den Ablauf der Prozesse, mit denen der Experimentator operiert; derselbe Ätherwind verdirbt aber auch — wenn wir uns so ausdrücken dürfen — die Meßinstrumente des Experimentators: er deformiert die Maßstäbe, verändert den Gang der Uhren und die Federkraft in den Federwagen usw. Für alles das sorgen jene Grundhypothesen, insbesondere auch die Hypothese, daß die Bewegung durch den Äther die Anziehungskräfte zwischen den Molekülen verändert. Und wenn nun der Experimentator die durch den Ätherwind gestörten Prozesse mit seinen Instrumenten beobachtet, die derselbe Ätherwind verdorben hat, dann sieht er exakt das, was der ruhende Beobachter an den ungestörten Prozessen mit den unverdorbenen Instrumenten beobachtet.

Es ist erstaunlich, daß sich dieses Resultat für eine sehr umfangreiche Klasse von Experimenten aus so wenigen Grundannahmen streng beweisen ließ. Es ist wunderbar, daß es überhaupt gelungen ist, eine derartige Schlußkette lückenlos durchzuführen. Es wäre unbescheiden, wenn ich die besondere Methode, durch die Herr Lorentz diese Aufgabe bewältigt hat, durch irgend ein Epitheton bewerten wollte.

Speziell für unser „Kugelexperiment“ kann man sich den Inhalt des 1904-Theorems leicht plausibel machen. Auf Grund der Hypothese vom feststehenden Äther hatten wir erwartet, daß der Experimentator in der laufenden Kugel die Pole der Kugel später aufleuchten sieht als den Äquator; denn der Ätherwind verweht die Lichtwelle, die die Lampe aussendet. Auf Grund der Hypothese aber, daß der Ätherwind die Molekularkräfte stört, berechnen wir, daß der Ätherwind die große Kugel deformiert hat, — wie wir sie auch drehen, immer ist sie in der Richtung der Bewegung abgeplattet: die Pole liegen also näher am Zentrum als der Äquator, und zwar genau um so viel, daß der Experimentator nun doch die Pole exakt gleichzeitig mit dem Äquator aufleuchten sieht. Gerade so, wie das für den Experimentator in der ruhenden Kugel der Fall war.

Die Grundhypothesen der 1904-Arbeit sorgen dafür, daß auch bei allen anderen Ätherwindexperimenten immer wieder die Wirkung des Ätherwindes vor dem Experimentator verborgen bleibt.

Sie sehen: die 1904-Arbeit von Lorentz zeigt

einen möglichen Ausweg aus der Krise, in die die Ätherhypothese geraten war.

Aber nicht alle Physiker glaubten sich mit dieser Lösung der Krise zufrieden geben zu können.

Wir kommen damit an die beiden Standpunkte heran, die Einstein im Jahre 1905 und Ritz im Jahre 1908 publizierten. Leider müssen wir uns versagen im Rahmen dieser Rede, eine Besprechung dieser Standpunkte zu versuchen. Wir begnügen uns, jene Züge in ihnen hervorzuheben, die ihre Stellung innerhalb der Ätherkrise markieren.

Das negative Ergebnis aller Ätherwind-Experimente führt beide Autoren zur Überzeugung, daß es überhaupt keinen Äther gibt. Der Raum zwischen den Körpern sei leer. Die Elektronen der Körper werfen einander durch diesen leeren Raum hindurch die elektromagnetischen Impulse und das Licht zu. Kurz, beide Autoren betonen, daß im Gegensatz zur Äthertheorie von Lorentz ihre Theorien wieder an die Emissionstheorie von Newton anknüpfen.

Trotz dieser Gemeinsamkeit bleibt ein tiefer Gegensatz zwischen dem Standpunkt von Einstein und dem von Ritz. Wir erkennen ihn am besten an Hand der folgenden Fragestellung:

Es möge eine Lichtquelle A vor uns ruhen, eine zweite Lichtquelle B möge mit großer Geschwindigkeit auf uns zulaufen. Wir lassen die Lichtstrahlen beider Lichtquellen durch ein leeres Rohr gehen, das vor uns ruht und messen, ob beide Lichtstrahlen gleich rasch

das Rohr durchlaufen oder nicht. Was soll sich ergeben? Die Äthertheorie von Lorentz verlangt: „Gleich rasch“ mit der Begründung: Weil das Licht beider Lichtquellen sich in ein und demselben Äther fortpflanzt.

Die ätherlose Emissionstheorie von Ritz verlangt: Die auf uns zulaufende Lichtquelle wirft ihr Licht mit größerer Geschwindigkeit durchs Rohr als die vor uns ruhende Lichtquelle. Begründung: Die Lichtquellen werfen ihr Licht so in den Raum hinaus wie eine zerplatzende Bombe ihre Splitter auswirft. Eine auf uns zulaufende Bombe wirft aber natürlich ihre Splitter mit größerer Geschwindigkeit durchs Rohr als eine Bombe, die — ruhig vor uns liegend — zerplatzt.

Die ätherlose Emissionstheorie von Einstein schließlich verlangt: „Gleich rasch“. Begründung? Wird keine versucht. Einstein stellt diese Aussage vielmehr als Postulat an die Spitze seiner Theorie. Nämlich als das „Postulat von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit“.

Wir sehen also, daß hier die ätherlose Theorie von Einstein genau dasselbe verlangt, wie die Äthertheorie von Lorentz. Auf diesem Umstand beruht dann auch, daß nach der Einsteinschen Theorie ein Beobachter an irgend welchen vor ihm laufenden Maßstäben, Uhren usw. exakt dieselben Kontraktionen, Gangänderungen usw. beobachten muß, wie nach der Lorentzschen Theorie. Und hier sei gleich allgemein bemerkt: Ganz prinzipiell gibt es kein *experimentum crucis* zwischen diesen beiden Theorien.

Die Ritzsche Theorie hingegen ist frei von jenen Kontraktionen der starren Körper, Gangänderungen der Uhren usw., eben weil sie die (aus der Äthertheorie stammende) Behauptung von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit verwirft und durch diejenige Behauptung ersetzt, die der Newtonschen Emissionstheorie entspricht. Auch lassen sich dann experimenta crucis angeben, die zwischen dem Standpunkt von Ritz einerseits und dem von Lorentz und Einstein andererseits entscheiden würden. Ein solches experimentum crucis würde vor allem das früher erwähnte Experiment mit den beiden Lichtquellen sein.

Dieses Experiment ist nicht ausgeführt, weil es eine Meßgenauigkeit erfordert, die wir mit unseren gegenwärtigen Hilfsmitteln noch nicht erreichen können.

Stellen wir uns aber einen Augenblick vor, es gelänge heute oder morgen, dieses momentan noch utopische Experiment zu bewältigen.\*) Und zwar möge sich — horrible dictu — das von Ritz geforderte Ergebnis einstellen: Das wäre ein böser Schlag für die Ätherhypothese. In diesem Moment würden wir dann gerne zugeben, daß das Licht durch den leeren Raum geworfen wird. Wir wären damit eben überhaupt auf den Standpunkt der Ritzschen Theorie gelangt.

Aber beachten Sie bitte, daß man etwas ganz anderes von uns verlangt, wenn man uns auffordert,

---

\*) [Nachträgl. Bemerk.] Vgl. übrigens die im Anhang an letzter Stelle zitierten Arbeiten von De Sitter und Freundlich.

auf die Einsteinsche Weise den Äther zu leugnen! Denn dann verlangt man von uns, daß wir die folgenden drei Formeln unterschreiben:

1. Die Lichtquellen werfen uns die Lichtsignale als selbständige Gebilde durch den leeren Raum zu.

2. An den Lichtstrahlen einer Quelle, die auf uns zuläuft und einer anderen Quelle, die vor uns ruht, würden wir bei tatsächlicher Messung dieselbe Geschwindigkeit beobachten.

3. Wir erklären, daß uns die Kombination dieser beiden Aussagen befriedigt!!

### Hochverehrte Zuhörer!

Absichtlich vermeide ich es, durch irgendwelche zusammenfassenden Thesen eine Vermutung über den zukünftigen Ausgang der Ätherkrise aufzustellen. Es kam mir nur darauf an, diese Krise zu exponieren und dabei die Überzeugung durchklingen zu lassen, daß wir eine völlig befriedigende Lösung dieser Krise noch nicht besitzen.

Ein Fragenkomplex, der für das weitere Schicksal der Ätherhypothese vielleicht geradezu die entscheidende Rolle übernehmen wird — wir meinen das wirre Knäuel von Problemen, das man jetzt gewöhnlich durch das Schlagwort „Lichtquanten“ markiert — dieser Fragenkomplex konnte hier nicht berührt werden, denn er ist noch nicht genügend geklärt. Wir mußten uns auf jene Gesichtspunkte beschränken, die durch

das negative Ergebnis aller Ätherwindexperimente geliefert wurden. Da aber war es für eine genügend vielseitige Beleuchtung der Situation notwendig, den voll ausgegliederten Bauten der Theorien von Lorentz und Einstein auch die skizzenhaften Ansätze von Ritz an die Seite zu stellen. Der Tod hat Ritz verhindert, seine Gedanken weiter auszugestalten, und wir wissen nicht, wie er selbst die Schwierigkeiten bewältigt hätte, auf die wir stoßen, sobald wir die Lücken seiner Arbeit auszufüllen versuchen.

Jedenfalls verdient derjenige Gesichtspunkt unsere Beachtung, von dem Ritz sich hauptsächlich leiten ließ: Er bahnte eine Theorie an, die alle die Kontraktionen und anderen Funktionsstörungen bewegter Meßinstrumente vermeidet, welche für die Theorien von Lorentz und Einstein so charakteristisch sind.

---

## Bemerkungen.

Nur zögernd folgte ich der Einladung der Verlagsbuchhandlung, diese Rede dem Buchhandel zu übergeben. Eine entsprechende Umarbeitung der Rede war mir gegenwärtig nicht möglich. So erscheint sie in unveränderter Form. Doch möchte ich einige Literaturnachweise geben; sie machen durchaus keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

### Die grundlegenden Arbeiten für das diskutierte Problem.

- H. A. Lorentz.** De l'influence du mouvement de la terre sur les phénomènes lumineux. Arch. néerland. **21** (1887) 103.
- H. A. Lorentz.** Die relative Bewegung der Erde und des Äthers. Amst. Akad. **1** (1892) 74.
- H. A. Lorentz.** Stokes' Aberrationstheorie. Amst. Ak. **1** (1892) 97. (Diese drei Arbeiten wieder abgedruckt in H. A. Lorentz, Abhandl. üb. theor. Phys. I. — Leipzig, Teubner.)
- H. A. Lorentz.** Versuch einer Theorie der elektr. u. optischen Erscheinungen in bewegten Körpern. Leiden 1895 (Teubner 1906).
- H. A. Lorentz.** Electromagn. phenomena in a system moving with any velocity smaller than that of light. Proceed. Amst. Acad. 1904 p. 809. (Wieder abgedruckt in: 1. Abraham-Langevin, Les quantités élément. d'électric. Paris 1905; 2. in bald bei Teubner erscheinendem Sammelband von Arbeiten über Relativitätstheorie.)
- A. Einstein.** Zur Elektrodynamik bewegter Körper. Ann. d. Phys. **17** (1905) 891. (Wiederabdr. im oben erwähnten Teubnerschen Sammelband.)

- A. Einstein.** Entwickl. unserer Anschauungen über das Wesen und die Konstitution der Strahlung. Vortrag auf Naturf.-Versamml. Salzburg 1909; Phys. Zeitschr. **10** (1909) 817; auch Verh. d. deutsch. phys. Gesellsch. **11** (1909) 482.
- W. Ritz.** Rech. crit. sur l'électrodynam. générale. Ann. de chim. et phys. **13** (1908) 145 (— Gesamm. Werke. Paris 1911, p. 317.)
- W. Ritz.** Rech. crit. sur les théories électrodyn. de Cl. Maxwell et de H. A. Lorentz. Arch. des Sciences phys. et natur. **26** (1908) 209. (— Ges. Werke p. 427.)
- W. Ritz.** Du rôle de l'éther en Physique. Rivista di Scienza: Scientia **3** (1908). (— Ges. Werke p. 462.)
- W. Ritz.** Das Prinzip d. Relativität in der Optik. Ges. Werke p. 509.

**Zur Einführung in die Lorentz-Einsteinsche Theorie.**

- E. Cohn.** Physikalisches über Raum und Zeit. Teubner 1911.
- O. Berg.** Das Relativitätsprinzip der Elektrodynamik. Göttingen 1910.

**Zusammenfassende Darstellungen dieser Theorie.**

- A. Einstein.** Referat üb. Relativitätstheorie im Jahrbuch. d. Radioaktiv. **4** (1907) 411.
- M. Laue.** Das Relativitätsprinzip. Braunschweig 1913.

**Zum Gegensatz zwischen der Einsteinschen und der Ritzschen Auffassung.**

- R. C. Tolman.** The second postulate of relativity. Phys. Rev. **30** (1910) 291; **31** (1910) 26.
- D. F. Comstock.** A neglected type of relativity. Phys. Rev. **30** (1910) 267.
- O. M. Stewart.** The second postulate of relativity. Phys. Rev. **32** (1911) 418.
- P. Ehrenfest.** Zur Frage nach der Entbehrlichkeit des Lichtäthers. Phys. Zeitschr. **13** (1912) 317.
- R. C. Tolman.** Some emission theories of light. Phys. Rev. **35** (1912) 316.

**M. La Rosa.** Ein Experiment zum Vergleich der Relativität. Theorie mit d. Emissionstheorien d. Lichtausbreit. Phys. Zeitschr. **13** (1912) 1129.

**Kritik und Verteidigung der Ätherhypothese.**

- H. Witte.** Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach einer mechanischen Erklärung der elektrischen Erscheinungen. Berlin 1906. (Siehe auch die Arbeiten desselben Autors in den nächstfolg. Jahrgängen der Phys. Zeitschr. u. d. Ann. d. Physik.)
- N. Campbell.** Der Äther. Jahrbuch der Radioaktiv. **7** (1910) 15. — Phil. mag. **19** (1910) 181.
- E. Wiechert.** Relativitätsprinzip u. Äther. Phys. Zeitschr. **12** (1911) 689; 737.
- H. Block.** Die erkenntnistheor. Rolle des Äthers in der Entwickl. d. Elektromagnetism. Bonner Dissert. 1912.

**Verwertung der Beobachtungen an Doppelsternen zur Entscheidung zwischen Lorentz-Einstein und Ritz.**

- D. F. Comstock.** A neglected type of relativity. Phys. Rev. **30** (1910) 267.
- W. de Sitter.** Ein astronomischer Beweis für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. Physik. Zeitschr. **14** (1913) 429. (Ergebnis: die von Ritz angenommene Abhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Bewegung der Quelle sei unzulässig.)
- Freundlich.** In einem Vortrag in Berlin (Juli 1913), über dessen Inhalt mir bisher nur skizzenhafte Andeutungen vorliegen: Die Beobachtungen an Doppelsternen machen es wahrscheinlich, daß die Lichtgeschwindigkeit von der Bewegung der Lichtquelle beeinflußt wird.
-

Verlag von Julius Springer in Berlin

---

---

## **Die radioaktive Strahlung als Gegenstand wahr- scheinlichkeits-theoretischer Untersuchungen**

Von **L. v. Bortkiewicz**

a. o. Professor an der Universität Berlin

Mit 5 Textfiguren. — Preis ca. M. 3.—. Erscheint im Oktober 1913

---

## **Mathematische Theorie des Lichts**

Vorlesungen, gehalten von

**H. Poincaré**

Professor und Mitglied der Akademie

Redigiert von **J. Blondin**, Privatdozent an der Universität zu Paris  
Autorisierte deutsche Ausgabe von **Dr. E. Gumlich**  
und **Dr. W. Jaeger**.

Mit 35 Textfiguren. 1894. Preis M. 10.—

---

## **Elektrizität und Optik**

Vorlesungen, gehalten von

**H. Poincaré**

Professor und Mitglied der Akademie

Redigiert von **J. Blondin** und **Bernard Brunhes**, Privatdozenten an  
der Universität zu Paris. Autorisierte deutsche Ausgabe von  
**Dr. W. Jaeger** und **Dr. E. Gumlich**

Erster Band

Zweiter Band

Mit 39 in den Text gedruckten  
Figuren. 1891. Preis M. 8.—

Mit 15 in den Satz gedruckten  
Figuren. 1892. Preis M. 7.—

---

## **Die Entwicklung der Spektrochemie**

Vortrag, gehalten vor der Royal-Insti-  
tution zu London am 26. Mai 1905

Von **Julius Wilhelm Brühl**.

1905. Preis M. 1.—

---

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.