

ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN.

Band 219.

Nr. 5251.

19.

Über den *Michelson*-versuch mit Fixsternlicht. Von *R. Tomaschek*.

Herr *Lenard* hat in Nr. 5107 dieser Zeitschrift und später eingehend in einer Abhandlung »Über Äther und Uräther«¹⁾ den Vorschlag gemacht, den *Michelson*schen Interferenzversuch mit Fixsternlicht auszuführen. Im folgenden soll über die experimentelle Durchführung und die Ergebnisse dieser Versuche berichtet werden²⁾.

Da Vorversuche ergeben hatten, daß eine drehbare Anordnung der gesamten Apparatur, nach Art der ursprünglichen *Michelson*schen, für vorliegende Zwecke, hauptsächlich aus Lichtmangel, nicht vorteilhaft sei, wurde eine einfachere Anordnung gewählt, welche sich bloß auf Differenzmessungen gegenüber irdischem Lichte gründet. Es wird also der negative Ausfall des Versuches mit irdischem Lichte vorausgesetzt³⁾, und der Versuch zeigt nur den Unterschied im Verhalten des irdischen und außerirdischen Lichtes an. Die Anordnung besteht aus drei festen Pfeilern, dem Mittelpfeiler, welcher die teilenden Glasplatten trägt und den beiden Spiegelpfeilern. Die beiden Arme liegen genau Ost-West, bezw. Süd-Nord. Die Drehung des Apparates wird dann durch die Rotation der Erde ersetzt, indem die Beobachtungen zu verschiedenen Tageszeiten anzustellen sind. Die Armlänge betrug 8.6 m. Die ganze Anordnung war im Keller des Ostinstitutes der Königstuhlsternwarte aufgebaut, dessen Wände etwa 1 m dick aus Sandstein gebildet sind und dessen Sohle etwa 1.5 m unter dem äußeren Erdboden liegt. Die runden versilberten Glaspiegel hatten einen Durchmesser von 45 mm; die Teilungs- und Kompensationsplatten hatten eine Größe von $10 \times 5 \times 1.5$ cm und waren bei den Versuchen beide unversilbert. Die Einstellungen auf die Interferenzstreifen erfolgten mittels eines Fernrohres mit Fadenmikrometer, wobei eine ganze Trommelumdrehung ungefähr einer Streifenbreite entsprach. Das Sternlicht konnte durch ein kleines Fenster in den Beobachtungsraum treten. Als Vergleichslicht diente ein Glühlämpchen, dessen Strahlen von einer im Strahlengang des Sternlichtes befindlichen Glasplatte in die Anordnung geworfen wurden. Das Licht des Vergleichslämpchens wurde stets durch Filter und Einschalten von Widerstand in Farbe und Stärke dem zu untersuchenden Lichte gleich gemacht. Die Interferenzstreifen wurden von oben nach unten laufend eingestellt, sodaß zu beiden Seiten des zentralen Streifens etwa 4 bis 5 Streifen zu sehen waren. Die anfangs sehr störende Luftunruhe konnte durch Einhüllen des Lichtweges in lange Eisenrohre weitgehend vermindert werden. Außer den unregelmäßigen Schwankungen infolge der Luftströmungen zeigten die Interferenzstreifen noch

ein konstantes Wandern von etwa $\frac{1}{20}$ Streifenbreite in der Minute, das durch innere Bewegungen des Erdbodens hervorgerufen war⁴⁾.

Zum Auffangen des Versuchslichtes dienten Heliostaten. Ein kleiner Silbermannscher Heliostat⁵⁾ diente zur Untersuchung des Sonnen- und Mondlichtes, war aber für Fixsterne im Allgemeinen zu lichtschwach. Eine zur Untersuchung für Fixsternlicht brauchbare Anordnung aufzustellen wurde durch das Entgegenkommen der Firma C. P. Goerz ermöglicht, welche einen großen Heliostaten, einen großen Hilfsspiegel und ein Beobachtungsfernrohr zur Verfügung stellte. Die Auffanganordnung wurde in einer Grube außerhalb des Gebäudes unmittelbar vor dem Beobachtungskeller aufgestellt. Da dieser Heliostat nur um eine Achse, welche der Erdachse parallel ist, drehbar ist⁶⁾, mußte, um das Licht verschiedener Sterne in die konstante Beobachtungsrichtung werfen zu können, ein zweiter Spiegel zu Hilfe genommen werden. Dieser ist um eine genau vertikale Achse drehbar und auf Schienen, die genau in der Verlängerung des Nord-Süd-Armes des Interferometers liegen, verschiebbar. Die beiden Spiegel haben einen Durchmesser von je 35 cm. Das zunächst auf den Heliostaten und von dort auf den Hilfsspiegel fallende, nach Norden laufende Licht, geht weiterhin durch ein Fernrohr von 17 cm Objektiv- und 3.5 cm Okular Durchmesser. Das parallel eintretende Licht verläßt das Fernrohr wieder parallel und tritt dann durch ein kleines Fenster in den Beobachtungskeller und das Interferometer ein. Der Lichtweg zwischen Heliostaten und Beobachtungsfernrohr betrug etwa 25 m.

Zur Vornahme der Messungen wurde zunächst das Außenlicht durch einen Schieber abgesperrt und die Lage des ersten linken dunklen zentralen Interferenzstreifens durch Einstellen der Mikrometerschraube und Ablesung an der Trommel gemessen, dann die Lage des ersten rechten zentralen dunklen Interferenzstreifens. Hierauf wurde der Schieber geöffnet, das Vergleichslicht abgeschaltet und nun wieder die Lage des ersten linken und dann des ersten rechten dunklen zentralen Interferenzstreifens gemessen. Dann wurde das Versuchslicht wieder durch den Schieber abgesperrt, das Vergleichslicht eingeschaltet, und wieder der erste linke und erste rechte Interferenzstreifen gemessen. Durch diese Art der Ablesung erfolgte die Ausschaltung des Einflusses des konstanten Wanderns der Streifen. Etwa 20 solcher Beobachtungen wurden stets zu einer Beobachtungsreihe vereinigt und der Mittelwert genommen. Eine Abweichung infolge Verlängerung des Lichtweges in der Richtung des Ost-West-Armes wird im folgenden

¹⁾ Jahrbuch für Radioaktivität 1920; auch einzeln bei Hirzel, Leipzig, 2. Auflage 1922.

²⁾ Die Versuche wurden während der Jahre 1922 u. 23 im Radiologischen Institut der Universität Heidelberg und später, dank des freundlichen Entgegenkommens von Herrn Prof. *M. Wolf*, auf der noch viel günstiger gelegenen Königstuhlsternwarte ausgeführt.

³⁾ Siehe aber dazu z. B. *Phys. Rev.* 19.407, 1922, über vielleicht teilweise positiven Ausfall des Versuches mit irdischem Licht auf

⁴⁾ Eine ausführliche Beschreibung der Versuchsanordnung erscheint in den »Annalen der Physik«.

[hohen Bergen.]

⁵⁾ Siehe z. B. *Ambronn*, Handbuch der Astronom. Instrumentenkunde II, 648.

⁶⁾ Es ist dies derselbe Heliostat der Firma Goerz, der auch bei der deutschen Sonnenfinsternisexpedition in Norwegen 1914 verwendet wurde, siehe *A. Mithé*, »Die tot. Sonnenfinst. vom 21. Aug. 1914«, Vieweg, Braunschweig, 1916.

stets als positiv gezählt. Daß auch abweichende Farbe und Lichtstärke des Vergleichslichtes, die übrigens stets dem Versuchslight möglichst gleich gemacht wurden, keine Verschiebung vortäuschen, zeigten eigene Kontrollversuche. Die Genauigkeit der Einstellung der Fäden des Mikrometers auf die Streifen betrug etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Trommelskalenteile = etwa 0.02 Streifenbreiten. Eine Verschiebung von etwa der doppelten Größe war sofort erkennbar; dies wurde namentlich bei Fixsternbeobachtungen oft benutzt, indem die Interferenzstreifen des Fixsternlichtes durch die Fäden fixiert und dann rasch das Vergleichslicht eingeschaltet und das Fixsternlicht abgeschnitten wurde. Diese Methode war zur unmittelbaren Beobachtung eines Effektes sehr vorteilhaft, da der Vergleich nur etwa 1-2 Sek. benötigte, man also sehr weitgehend von Luftströmungen usw. unabhängig war. Eine Verschiebung von etwa 0.04 Streifenbreiten wäre auf diese Weise mit Sicherheit zu entdecken gewesen.

Die Ergebnisse sind folgende:

Sonnenlicht. Zur Beobachtung wurde der kleine Heliostat, der nur eine Reflexion benötigt, benutzt. Als Spiegel diente eine rückseitig geschwärzte Glasplatte. Hinter dem Fenster des Beobachtungsraumes war zur Schwächung ein Filter angebracht, bestehend aus einer Glasplatte, auf welcher eine Aufschwemmung von kleinen Rußteilchen aufgetrocknet war.

1923	Zeit	Verschiebung Streifenbreiten
April 25	9 ^h 25 ^m a	-0.000 ± 0.007
24	10 35 a	+0.023 ± 0.006
24	11 15 a	-0.010 ± 0.007
5	11 35 a	-0.009 ± 0.010
24	12 0	-0.007 ± 0.007
4	12 10 p	+0.012 ± 0.006
3	3 5 p	+0.014 ± 0.010
3	4 0 p	-0.000 ± 0.010
12	4 10 p	-0.000 ± 0.003
3	4 35 p	-0.003 ± 0.010

Mondlicht. Die Anordnung war dieselbe wie mit Sonnenlicht, aber mit Silberspiegel am Heliostaten und ohne Filter.

1923	Zeit	Verschiebung Streifenbreiten
März 26	8 ^h 0 ^m p	+0.001 ± 0.019*
April 26	8 35 p	+0.007 ± 0.006
März 26	9 0 p	+0.054 ± 0.014*
April 26	9 40 p	+0.018 ± 0.011
24	10 5 p	+0.011 ± 0.011
März 26	11 0 p	+0.021 ± 0.013*
April 24	11 40 p	-0.007 ± 0.013
März 26	12 0	-0.002 ± 0.014*
April 4	3 0 a	+0.006 ± 0.009
4	3 45 a	-0.002 ± 0.009
4	5 0 a	+0.015 ± 0.008

Bei den mit * versehenen Versuchen war die Luftunruhe noch nicht ganz befriedigend ausgeschaltet.

Jupiter. Es wurde der große Heliostat in der oben beschriebenen Anordnung mit Hilfsspiegel und Fernrohr verwendet. Zahlreiche unmittelbare Vergleiche in mehreren Nächten des April zu verschiedenen Nachtzeiten ergaben sämtlich ein negatives Resultat. Außerdem wurde nach der anderen Methode gemessen:

1923	Zeit	Verschiebung Streifenbreiten
Mai 2	12 ^h 25 ^m a	+0.012 ± 0.015

Sirius. Mit Sirius wurden, da er zur Zeit des günstigen Wetters nicht mehr im Gesichtsfeld des großen Heliostaten lag, nur Übereinstimmungsversuche vorgenommen, und zwar mit einmaliger Reflexion am Spiegel des kleinen Heliostaten. Beobachtungen am 21. März um 9^h 30^m zeigten keine wahrnehmbare Verschiebung, ebensowenig etwa 50 Vergleichsbeobachtungen am 4. April von etwa 8^h 30^m bis 9^h. Es war also keine Verschiebung, die größer als 0.04 Streifenbreiten gewesen wäre, vorhanden.

Arktur. Verwendet wurde der große Heliostat mit Hilfsspiegel und Fernrohr. Es wurden in den Monaten April und Mai zu den verschiedenen Nachtstunden unmittelbare Vergleichen vorgenommen, ohne daß jemals eine merkliche Verschiebung feststellbar gewesen wäre. Die ausführlichen Messungen ergaben:

1923	Zeit	Verschiebung Streifenbreiten
Mai 15	12 ^h 25 ^m a	-0.025 ± 0.012
15	2 20 a	-0.007 ± 0.009

Die Größe des zu erwartenden Effektes wollen wir auf Grund derjenigen Vorstellungen berechnen, die zur Durchführung dieses Versuches geführt haben. Danach besteht gegebenenfalls die Möglichkeit, daß die Lichtquanten der außerirdischen Lichtquellen relativ zum Uräther Lichtgeschwindigkeit besitzen und in diesem laufen. Der Apparat aber besitzt infolge der Erdbewegung eine Relativgeschwindigkeit zum Uräther, sodaß dann ein Effekt, ganz der ursprünglichen *Michelsonschen* Überlegung entsprechend, zu erwarten wäre. Liegt der eine Arm genau in der Richtung der Bewegung, der andere Arm senkrecht dazu, so ist der Effekt am größten und die Verschiebung gegeben durch $N = l/\lambda \cdot v^2/c^2$, wobei l die Armlänge, λ die mittlere Wellenlänge, v die Relativgeschwindigkeit zum Uräther und c die Lichtgeschwindigkeit bedeutet.

Die Verschiebung infolge der Drehung der Erde um ihre Achse, die dauernd konstant in positiver Richtung sein müßte, ist zu klein, um mit unserer Anordnung untersucht werden zu können.

Wohl ist dies aber bei der Verschiebung der Fall, die infolge der Bewegung der Erde um die Sonne eintreten müßte. Die maximale Verschiebung müßte um Mittag oder Mitternacht eintreten und etwa +0.15 Streifenbreiten betragen. Die Änderung dieser Abweichung mit der Tageszeit wird gegeben durch den Ausdruck

$$N_1 = l/\lambda \cdot v^2/c^2 \cdot [1 - \sin^2 t (1 + \sin^2 \varphi)]$$

wobei t den Stundenwinkel (für 12^h = 0) und φ die geographische Breite bedeuten. Der Effekt würde demnach für unsere Anordnung = 0 sein um 3^h 40^m und 8^h 20^m nach Mittag bzw. nach Mitternacht. Das Maximum der negativen Abweichung um 6^h abends bzw. früh beträgt nur 0.58 der +Verschiebung um 12^h.

Auch die Bewegung des ganzen Sonnensystems ist in Rechnung zu ziehen. Nehmen wir als Apex der Bewegung RA. = 270°, Dekl. = +30° und die Geschwindigkeit = 20 km/sec, so ist die maximale Verschiebung in +Richtung um 5 bzw. 19 Stunden nach Kulmination des Apex zu erwarten im Betrage von +0.045 Streifenbreiten, die maximale

negative Verschiebung um 12 Stunden nach Kulmination des Apex mit -0.062 Streifenbreiten. Zur Zeit der Kulmination des Apex beträgt die Verschiebung nur -0.007 Streifenbreiten. Die Änderung der Verschiebung innerhalb eines Sterntages ist gegeben durch

$$N_2 = l/\lambda \cdot v^2/c^2 \cdot [1 - \sin^2 \varphi' (1 + \sin^2 \varphi) \cos^2 \delta + \sin \varphi' \cdot \frac{1}{2} \sin 2\varphi \cdot \sin 2\delta - (\cos^2 \varphi + 1) \sin^2 \delta]$$

wobei δ die Deklination des Apex bezeichnet und φ' für die Kulmination des Apex $= \frac{1}{2}\pi$ zu setzen ist.

Verbindet man den Einfluß der Bewegung der Erde um die Sonne und deren Bewegung im Fixsternsystem, so ergibt sich die resultierende Streifenverschiebung durch Superposition der beiden Ausdrücke, wobei zu beachten ist, daß in N_2 für φ' der Wert $t + \lambda$ einzusetzen ist, wobei λ den Winkel der Jahresbewegung der Erde angibt ($= 0$ für 21. März). Die resultierende Kurve zeigt, daß die Abweichungen um 12^h zwischen $+0.19$ und $+0.08$ Streifenbreiten schwanken und die günstigste Beobachtungszeit etwa März ist.

Über die Bewegung des Milchstraßensystems gegenüber anderen derartigen Systemen ist nichts Sicheres bekannt. Nimmt man etwa die Angaben von *Wirtz*¹⁾, so wären Streifenverschiebungen in der Größenordnung von etwa 10 Streifenbreiten zu erwarten.

Es sind demnach, wenn wir von letzterer Bewegung, deren Größe zu unsicher ist, absehen, nach den oben angegebenen Vorstellungen Verschiebungen von 0.1 bis 0.2 Streifenbreiten zu günstig gelegenen Tageszeiten zu erwarten. Die Versuche zeigen, daß eine Verschiebung in der zu erwartenden Größenordnung nicht aufgetreten ist, sondern daß die Abweichungen bestenfalls etwa $\frac{1}{8}$ der zu erwartenden betragen, welche Abweichung wohl bereits als innerhalb der Fehlergrenzen der Beobachtungen anzunehmen ist.

Das Ausbleiben des Effektes führt also in Verfolgung der Anschauungen Herrn *Lenards*²⁾ zu der Erkenntnis der bemerkenswerten Eigenschaft der Lichtquanten, eine in der Richtung des Fortschreitens gelegene Geschwindigkeitskomponente beim Eintritt in Äther von anderem Bewegungszustand einzubüßen und Lichtgeschwindigkeit relativ zu diesem anzunehmen,

Radiolog. Institut Heidelberg, 1923 Juni 6.

¹⁾ AN 203.197. Vergl. auch *L. Courvoisier*, AN 213.281, 214.33.

²⁾ »Über Äther und Uräther«. 2. Auflage, S. 27 u. 31.

³⁾ Weiteres hierüber siehe in der ausführlichen Veröffentlichung in den Ann. d. Phys., woselbst auch noch weitere Beobachtungsergebnisse mitgeteilt werden.

Über die Ablenkung der Lichtstrahlen durch die Sonne. Von *A. v. Mörl*.

Die von *Anderson* in AN 5143 aufgestellte Theorie und die dort gegebene Erklärung des Einsteineffektes scheint mir auf ziemlich willkürlichen, nicht nachzuprüfenden Annahmen aufgebaut zu sein. Ich glaube, daß die Ablenkung der Lichtstrahlen durch die Sonne auf eine viel einfachere Weise erklärt werden kann, allerdings nur dann, wenn wir mit der bisherigen Anschauung vom Wesen des Lichtes brechen.

Die Wellentheorie des Lichtes, die von *Huyghens* an die Stelle der *Newtonschen* Korpuskulartheorie gesetzt wurde, macht im Äther eine Annahme, deren Zulässigkeit heute sehr bestritten ist. Die neuere Forschung hat dargetan, daß das Licht kein stetiger Bewegungsvorgang ist, sondern in sogenannten

während die Aberration zeigt, daß die seitliche Komponente unter denselben Umständen erhalten bleibt.

In A. N. 5203 hat Herr *Vogtherr* verschiedene Möglichkeiten dieses Versuches besprochen. Seine Annahme b (S. 392), einer transversalen und longitudinalen Masse der Lichtquanten, deckt sich mit den den obigen Berechnungen zugrunde gelegten Anschauungen Herrn *Lenards*. Für Herrn *Vogtherr*s Annahme a (nur transversale Masse) kommen hauptsächlich nur die Versuche in Frage, die mit nur einmal reflektiertem Licht ausgeführt sind, also im Vorliegenden die Beobachtungen mit Sonnen- und Mondlicht und von diesen vor allem diejenigen, welche um Mittag bzw. um Mitternacht mit Vollmond ausgeführt sind. Die Versuche mit Sirius, die ebenfalls mit einfacher Reflexion ausgeführt sind, geben wohl keinen weiteren Aufschluß, da Sirius zur Zeit der Beobachtungen schon sehr tief am Horizont stand. Die übrigen Fixsternversuche sind mit doppelter Reflexion (Heliostat und Hilfsspiegel) angestellt und bieten für diese Anschauung daher keine einfachen Verhältnisse. Es ist jedoch unwahrscheinlich, daß Fixsternlicht bei einfacher Reflexion einen anderen Effekt als Sonnenlicht zeigen würde. Nach der letzteren Annahme einer nur transversalen Masse, nach Herrn *Vogtherr*s Ausdrucksweise, ist um 12^h eine Verschiebung zu erwarten, wie sie der Verschiebung N_1 unserer Berechnung entspricht, jedoch mit dem entgegengesetzten Vorzeichen, da das Licht die größere Zeit im Nord-Südarm brauchen würde. Die Versuche zeigen, daß auch die nach dieser Annahme auftretenden Verschiebungen von etwa -0.15 Streifenbreiten nicht in größerem Betrage als etwa $\frac{1}{10}$ aufgetreten sind. Dieser Ausfall des Versuches ist jedoch, wie eine nähere Betrachtung³⁾ zeigt, in zwangloser Weise aus den Anschauungen Herrn *Lenards* ableitbar.

Es sei mir hier gestattet, allen jenen, die mich bei diesen Versuchen unterstützt haben, meinen herzlichsten Dank auszudrücken, insbesondere Herrn Geh. Rat *P. Lenard* für sein stetes Interesse, Herrn Geh. Rat *M. Wolf* für die mannigfache Unterstützung auf der Sternwarte, ferner Herrn *R. Stadler* für seine unermüdliche Mithilfe, der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft für die Gewährung von Mitteln und der Firma *C. P. Goerz* für die Überlassung ihrer wertvollen Instrumente.

R. Tomaschek.

Planckschen Elementarquanten vor sich geht. So werden z. B. aus einem im Vakuum mit kurzwelligem Licht bestrahlten Metallstück Elektronen mit großer Gewalt herausgeschleudert, und zwar ganz unabhängig von der Entfernung der Strahlungsquelle.

Dieser Versuch ist auf keine Weise mit der Wellentheorie des Lichtes in Einklang zu bringen.

Ich habe daher folgende Theorie aufgestellt¹⁾. Jeder im Vakuum strahlende Körper sendet mit der bekannten Lichtgeschwindigkeit Serien von winzigen Teilchen (die sogenannten Elektronen der Atome) aus, welche das Vakuum geradlinig durchfliegen. Die auf ein Atomgefüge auftreffenden Lichtteilchen bringen dieses zum Schwingen. In einem Atomgefüge

¹⁾ Dr. *A. v. Mörl* »Das Wesen der Strahlung«. Innsbruck 1921. Verlag der Wagnerschen Universitätsbuchdruckerei.