the general science journal

Joosscher Ätherwind-Versuch – eine Neubewertung

Dr.-Ing. Arvi Kruusing

Veröffentlicht am 9. Juni 2015

Die Ergebnisse des Ätherwindversuchs, durchgeführt von Georg Joos am 1930, weisen dieselbe Regelmäßigkeiten wie andere Ätherwindversuchen auf. Stärke und Richtung des Ätherwinds entsprecht ungefähr der Bewegung der Erde in Richtung $\alpha = 65°$, $\delta = 17°$ mit Geschwindigkeit 23,5 km/s. Die größte Abweichung der Lichtgeschwindigkeit vom Mittelwert in der Ebene des Interferometers betrug etwa 3 km/s.

The results of interferometric ether wind experiment by Georg Joos in 1930 show the same regularities as other ether wind experiments. The speed and direction of ether wind correspond approximately to movement of Earth to direction $\alpha = 65°$, $\delta = 17°$ with speed 23.5 km/s. Maximum deviation of light speed from average in interferometer plane was estimated to be about 3 km/s.

1. Einleitung

Am 10.–11. Mai 1930 führte Georg Joos in Jena einen interferometrischen Versuch durch [1], um den neulich von D. Miller entdeckten Ätherwind-Effekt [2, 3] zu überprüfen.

Es wurde ein horizontal liegendes Michelson-Interferometer mit Längen der optischen Wege von 20,99 m genutzt; das Gerät wurde mittels eines Elektromotors um die Vertikalachse gedreht. Die Lage der Interferenzstreifen wurde durch einen 0,2 mm breiten Spalt durchs Scannen auf Fotoplatten aufgezeichnet und nach der Entwicklung der Platten mit Hilfe eines Mikrophotometers gemessen. Das optische System des Apparats war durch ein aus Aluminiumlegierung gefertigtes Gehäuse ummantelt. Das Vakuumieren des Gehäuses wurde erwägt, doch blieb das Gerät mit Luft gefüllt. Der Versuch wurde in einem Kellerraum des Zeisswerks in Jena durchgeführt.

Die registrierten Streifenverschiebungen sind in Abb. 1 dargestellt. Jede Kurve ist ein Mittelwert von während 4 Halbdrehungen des Interferometers registrierten Verschiebungen. Weil diese Kurven völlig zufällig aussehen, verzichtete Joos auf eine weitere Analyse der Daten; er konstatierte nur, dass wenn der Ätherwind vorhanden wäre, müsste seine Geschwindigkeit kleiner als 1,5 km/s sein. Diese Stellungnahme – Nullergebnis des Versuches – bestand viele Jahrzehnte in wissenschaftlichen Kreisen. Erst am Beginn des neuen Jahrhunderts wurde ein Skeptizismus über das Nullergebnis des Joosschen Versuches erkennbar.

So erwähnt R. Cahill in einer Publikation von 2004 [4], dass Joossche Kurve Nr. 11 (10.05.1930, 23:58) in einer guten Übereinstimmung mit dem Millerschen Modell der Anisotropie der Lichtausbreitung steht, wenn eine relativistische Längenkontraktion des Apparates stattfindet.

In demselben Jahr legen M. Consoli und E. Costanzo eine ähnliche Analyse vor [5], welche von einer modifizierten Relativitätstheorie ausgeht. Schwankungen der Streifenverschiebungen stellen nach dieser Theorie einen reellen, durch die Bewegung der Erde verursachten Effekt dar.

In einem Literaturüberblick aus dem Jahre 2007 [6] diskutiert P. Fuerxer über kleine Amplituden der Streifenverschiebungen in Joosschen Registrierungen im Vergleich zu Millerschen Ergebnissen, und listet eine Reihe von Ursachen auf, die für diese verantwortlich sein können.

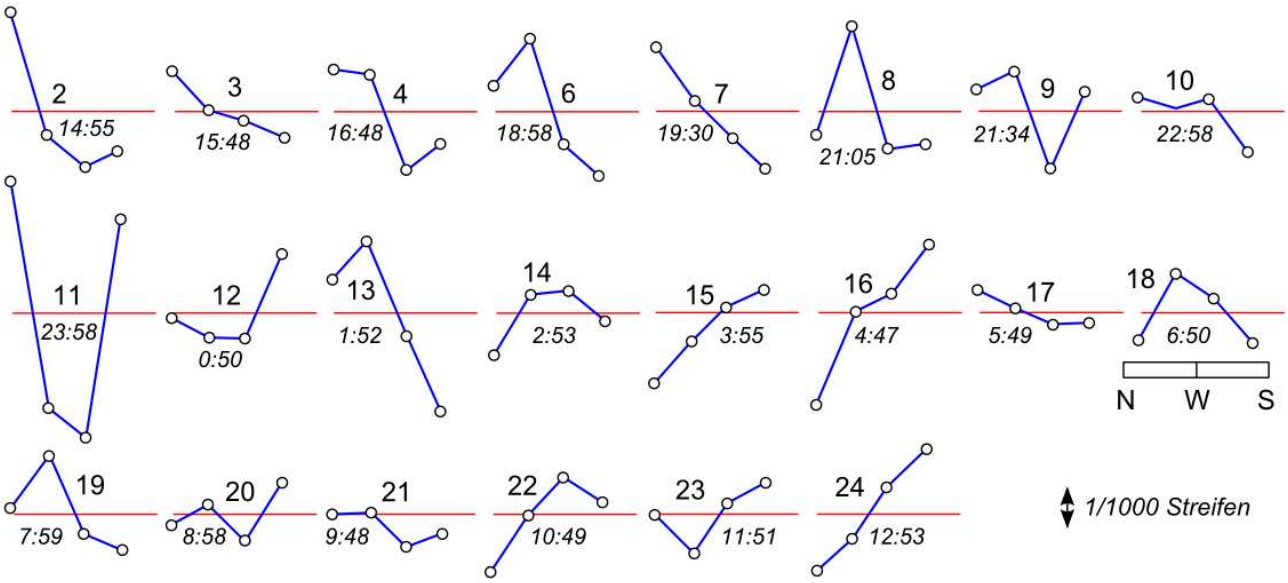


Abb. 1. *Ergebnisse des Joosschen Ätherwind-Versuches nach der Publikation [1]. Jede Kurve entspricht dem Mittelwert von Streifenverschiebungen während zwei nacheinander folgender Umdrehungen des Interferometers; eine Umdrehung dauerte 10 min. Die Registrierungen wurden ein Mal in der Stunde durchführt, vom Mittag 10. Mai bis zum Mittag 11. Mai 1930. Die Kurven Nr. 1 und 5 fehlen, weil entsprechende Registrierungen schnelle Schwankungen enthielten. Die große Amplitude der Kurve 11 hielt Joos für ein Artefakt ([1], S. 405).*

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war zu untersuchen, ob die durch Joos registrierten Streifenverschiebungen irgendwelche Auskunft über die Richtung und Geschwindigkeit des Ätherwindes enthalten – gibt es irgendwelche Regularität im täglichen Verlauf der Richtung und Geschwindigkeit?

Diese Untersuchung ist die Folge unserer vorherigen Arbeit [7], in welcher der Michelson-Morley-Versuch [8] von demselben Ausgangspunkt ausgehend untersucht wurde.

Die Verschiebung der Interferenzstreifen in einem Interferometer des Michelson-Typs mit gleichen Armenlängen ergibt sich nach der Äthertheorie aus:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{2L}{\lambda}\frac{v^2}{c^2}\cos 2\omega . \qquad (1)$$

$\Delta\lambda/\lambda$ relative Verschiebung der Interferenzstreifen;
L Laufweg des Lichts in Interferometer;
λ Wellenlänge des Lichts;
v Bewegungsgeschwindigkeit des Interferometers relativ zum Äther;
c Lichtgeschwindigkeit relativ zum Äther;
ω Drehwinkel des Interferometers.

2. Regelmäßigkeiten in Joosscher Daten nach einer formellen Datenverarbeitung

Wenn man Joossche Registrierungen nacheinander schaltet, bekommt man die folgende Kurve:

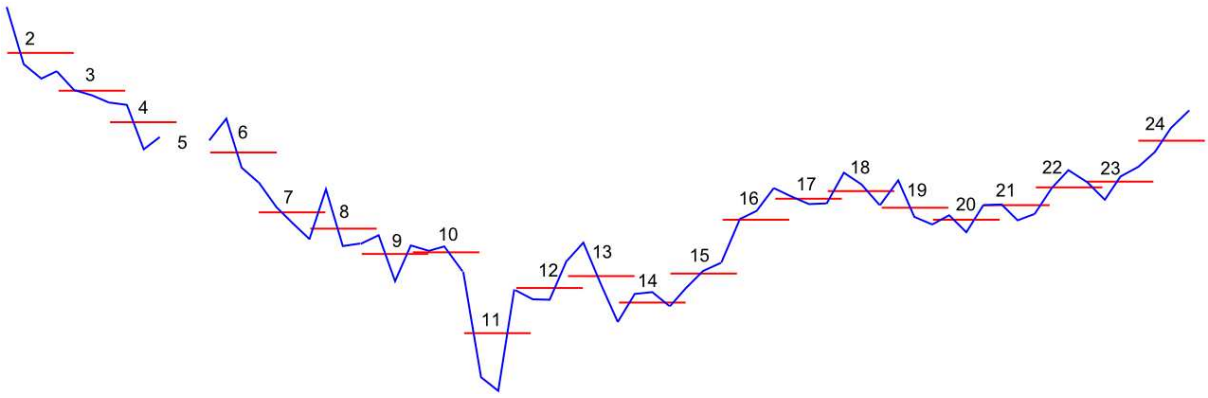


Abb. 2. *Verkettete Joossche Registrierungen.*

Offensichtlich wird die allgemeine Form der Ergebnisse von täglichen Temperaturentwicklungen bestimmt, weil das Minimum bald nach Mitternacht liegt. Es kann auch – mindestens teilweise – ein Scheindrift sein (Abb. 6). Weil es unmöglich ist beide zu berücksichtigen, ist es am natürlichsten, mit der Beseitigung aller Driften fortzusetzen; angenommen wird, dass die Drift linear ist. Offensichtlich beeinflusst die Beseitigung von Driften die Ergebnisse unserer Analyse nicht kardinal, siehe Abb. 6 und 7.

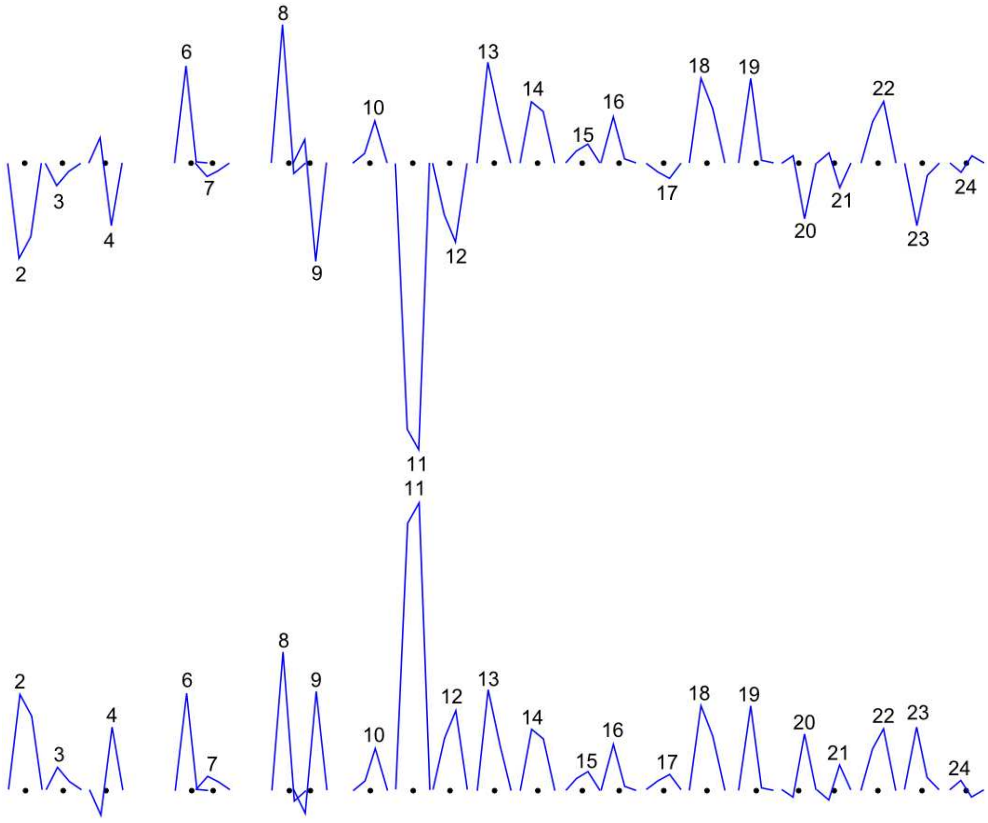


Abb. 3. *Registrierungen ohne Drift; unten für einen besseren Vergleich sind alle Spitzen aufwärts. Die Amplituden wurden für einen besseren Vergleich vergrößert. Die Mittelpunkte (schwarze Punkte) sind nach gegebenen Uhrzeiten der Registrierungen angeordnet; es wurde angenommen, dass diese den Mittenzeiten der Registrierungen entsprechen.*

Die Amplituden bleiben während des ganzen Versuchs etwa auf demselben Niveau; doch sind sie am Nachmittag etwas höher. Es gibt keine Bereiche, in denen das Signal dauernd niedrig liegt. Es ist doch natürlich anzunehmen, dass alle Registrierungen mit starken Störungen überdeckt waren.

Wenn man voraussetzt, dass die Interferenzstreifen sich nach der Formel (1) – Sinus-ähnlich – verschieben, ist verständlich, dass die Amplituden und Azimuten der Registrierungen (Abb. 1) nicht den Maxima des Ätherwindes und seinen Azimuten entsprechen, auch wenn keine Störungen vorhanden wären, weil die Bestimmung der Streifenverschiebungen nur im 8 Himmelsrichtungen durchgeführt wurde, siehe Abb. 4–7. Weil die Abtastung mit großen Intervallen ein starkes Signalrauschen verursacht, wurden die Amplituden der Registrierungen rechnerisch korrigiert und den korrigierten Amplituden entsprechende Himmelsrichtungen gerechnet.

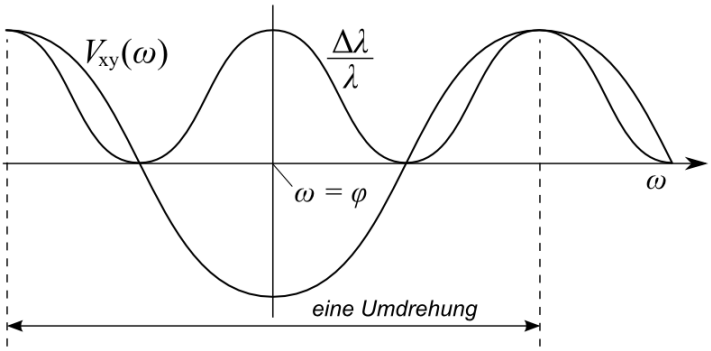


Abb. 4. *Theoretische Winkelabhängigkeiten der Streifenverschiebung $\Delta\lambda/\lambda$ und Skalarprodukt V_{xy} des Ätherwindvektors* **V** *mit dem Richtungsvektor des hervorgehobenen Armes des Interferometers (schematisch). φ ist Winkel zwischen der Projektion von* **V** *auf der Interferometerebene und der Ostrichtung; ω ist Drehwinkel des Interferometers.*

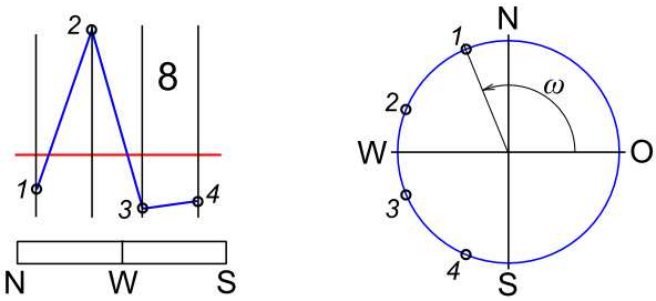


Abb. 5. *Lage der Datenpunkte auf Joosscher Registrierkurven. In dieser Analyse wurde vorausgesetzt, dass der Unterschied zwischen Himmelsrichtungen der benachbarten Datenpunkte 45° war.*
Weil Joosschen Kurven Mittelwerte über zwei Halbdrehungen sind, kann man alle Winkel ±180° verschieben.

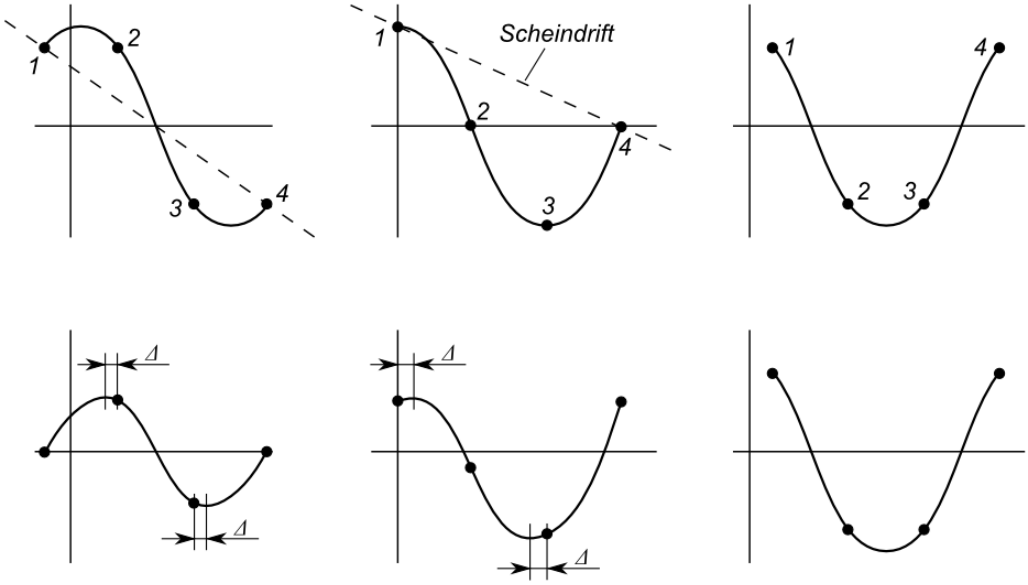


Abb. 6. *Mögliche Lage der Datenpunkte auf dem theoretischen Ätherwindsignal $\Delta\lambda(\omega)/\lambda$. Die Verschiebung der Registrierkurven so, dass der erste und der letzte Punkt auf demselben Pegel bleiben, verursacht keinen Phasenfehler, doch vermindert die Signalamplitude.*

In Abb. 7 links wird die korrespektive Lage einer Sinuskurve und einer durch die Abtastung entstehenden Kurve dargestellt. Für die Einschätzung der Amplitude und Phase der Sinuskurve nach Datenpunkten wurde hier der Schwerpunkt des von Datenpunkten bestimmten Polygons genutzt. Es gibt eine eindeutige funktionale Beziehung zwischen der Abszisse des Schwerpunktes und der Maximumstelle des Sinus, siehe Abb. 7 rechts.

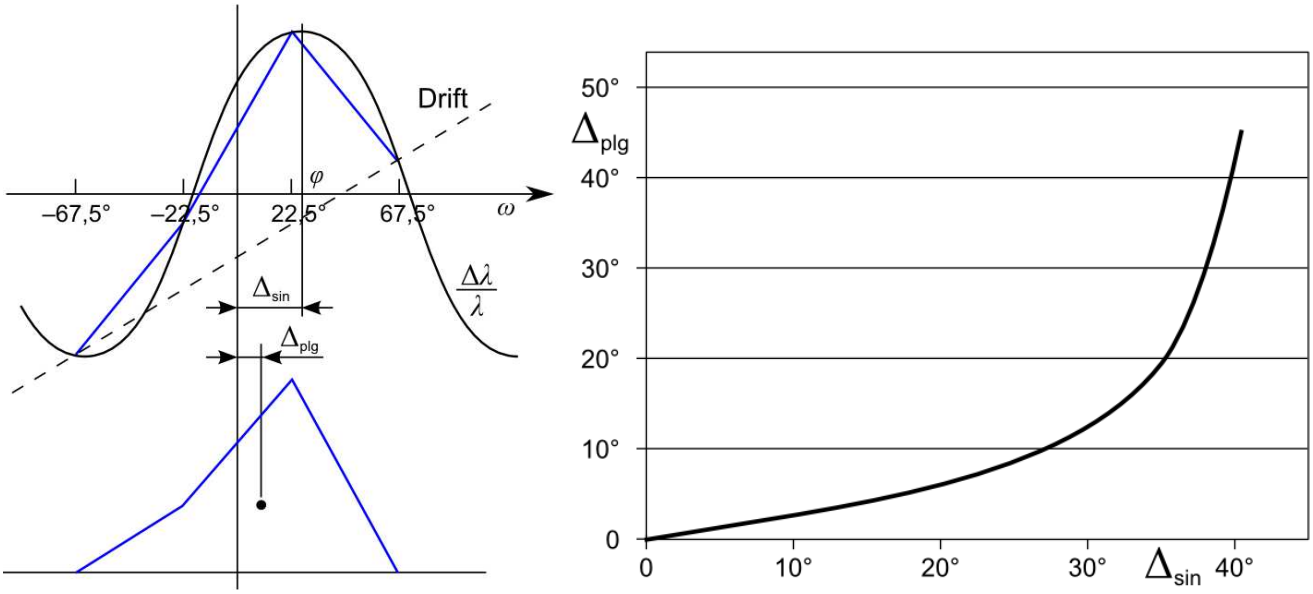


Abb. 7. *Die Einschätzung der Ätherwind-Richtung. Links: Zusammenhang zwischen Joosschen Registrierungen und dem entsprechenden Sinus – eine theoretische Änderung des Ablesung des Interferometers. Rechts: die gerechnete Beziehung zwischen der Maximumstelle eines Sinus und des Schwerpunktes eines mit Abtastpunkten des Sinus bestimmten Polygons.*

Tabelle 1. *Joossche Daten und von diesen berechneten Schätzungen für die Richtung φ und Geschwindigkeit K des Ätherwindes. „Korr. Ampl." (korrigierte Amplitude) ist die Amplitude des Hüllsinus nach Abb. 7; „Geglät. Ampl." (geglättete Amplitude) ist ein gleitender Mittelwert über 5 benachbarte Zahlen. 1/1000 Streifen entspricht 4,85 Tabelleneinheiten.*

Nr.	**Uhr-zeit**	**Koordinaten der Eckpunkte**				**Ohne Drift**		**Schwer-punkt** Δ_{plg}	$\varphi = \Delta_{sin}$ (–90°)	**Korr. Ampl.** *K*	**Geglät. Ampl.**
		–67,5°	**–22,5°**	**22,5°**	**67,5°**	**–22,5°**	**22,5°**				
2	14:55	12,354	–2,886	–6,619	–4,511	–9,618	–7,730	–2,35°	–99,04°	9,74	5,78
3	15:48	4,751	0,189	–1,124	–3,094	–1,947	–0,645	–10,85°	–118,22°	2,21	6,69
4	16:48	5,097	4,578	–6,826	–3,578	2,373	–6,140	48,79°	–49,31°	8,10	6,64
6	18:58	3,23	9,036	–4,027	–7,759	9,469	0,069	–21,28°	–35,65°	11,65	8,20
7	19:30	7,723	1,433	–2,714	–7,068	–1,360	–0,576	–8,74°	–115,26°	1,50	10,23
8	21:05	–2,852	10,937	–4,338	–3,578	14,031	–1,002	–24,91°	–36,92°	17,55	9,64
9	21:34	2,608	4,786	–7,172	2,297	2,282	–9,573	35,10°	–50,78°	12,36	13,01
10	22:58	1,641	0,258	1,606	–4,96	0,817	4,366	14,78°	32,01°	5,15	14,31
11	23:58	16,328	–11,63	–15,224	11,663	–26,403	–28,442	0,80°	–86,82°	28,49	13,07
12	0:50	–0,606	–3,197	–3,197	7,066	–5,148	–7,706	4,30°	–74,58°	7,99	11,87
13	1:52	4,267	9,002	–2,575	–12,148	10,207	4,101	–9,21°	–25,98°	11,35	11,17
14	2:53	–4,994	2,643	2,781	–0,882	6,266	5,034	–2,36°	–9,06°	6,35	6,73
15	3:55	–8,347	–3,681	0,777	2,954	0,899	1,590	5,99°	19,90°	1,69	5,42
16	4:47	–11,111	0,639	2,539	8,414	5,242	0,633	–16,94°	–33,50°	6,29	4,83
17	5:49	2,919	0,811	–1,089	–1,089	–0,772	–1,336	5,78°	–70,62°	1,42	5,58
18	6:50	–3,439	4,613	1,71	–3,508	8,075	5,195	–4,69°	–16,54°	8,42	6,61
19	7:59	0,673	7,274	–2,264	–4,269	8,248	0,358	–19,80°	–35,01°	10,07	5,93
20	8:58	–1,435	1,157	–3,128	4,129	0,737	–5,402	28,42°	–52,10°	6,85	6,85
21	9:48	0	0,258	–3,578	–2,126	0,967	–2,161	56,55°	–48,62°	2,88	6,59
22	10:49	–6,722	0	4,751	1,779	3,888	5,806	4,27°	15,34°	6,02	4,92
23	11:51	0,362	–4,476	1,537	4,094	–6,082	–1,313	–13,92°	–121,33°	7,12	5,50
24	12:53	–6,861	–3,197	3,576	8,069	–1,313	0,484	–46,78°	–130,63°	1,73	5,36

Abb. 8 präsentiert die berechneten Ätherwindrichtungen graphisch. Obwohl die Datenpunkte stark streuen, ist es doch sichtbar, dass die Punkte deutlich ausgeprägte schräge Gürtel bilden, die vertikal etwa um eine Halbdrehung, 180° verschoben sind.

Der Korrelationskoeffizient zwischen Phasen und Uhrzeiten über Punkte im Hauptgürtel 12…21, 23, 24 ist 0,86 und die Gleichung der Regressionsgerade

$$\varphi = 264{,}43 - 10{,}1285\, t, \qquad (2)$$

wo t in Stunden Sonnenzeit ist.
Die Neigung der Regressionsgerade ist 10,13 °/h. Der Schnittpunkt $\varphi = 0$ liegt am 2:27, das der kosmischen Richtung $\alpha = 253°$ (α ist Rektaszension) entspricht. Weil die Streifenverschiebung proportional mit dem Quadrat der Ätherwindgeschwindigkeit ist, ist auch die Richtung 73° möglich.

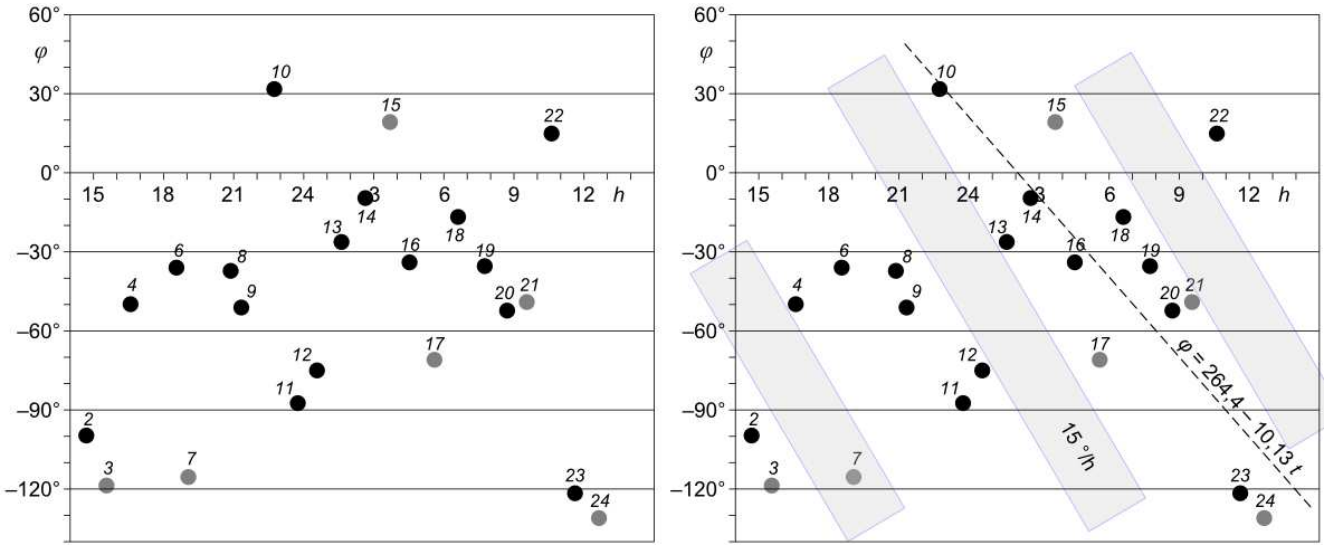


Abb. 8. *Gerechnete Einschätzungen der Ätherwindrichtung nach Joosschen Daten. Graue Punkte entsprechen schwachen Signalen. Die Strichlinie ist eine Regressionsgerade über Punkte 12…21, 23 und 24.*
Es gibt verschiedene Phasen mit der gleichen Dichte – kein systematischer Fehler ist bemerkbar. Die Uhrzeit ist die Sonnenzeit.

Die Amplituden der Registrierungen wurden folgendermaßen korrigiert: $|a_i| = K_i \cos(|\varphi_i| - 45°)$, (3)
wo a_i der Größte von zwei Absolutwerten in Spalten „Ohne Drift“ der Tabelle 1 ist, und K_i die korrigierte Amplitude ist. Die geglätteten korrigierten Amplituden haben einen Maximum um etwa 21 Uhr (Abb. 9), was aber durch lokale Faktoren im Versuchsraum bedingt sein konnte.

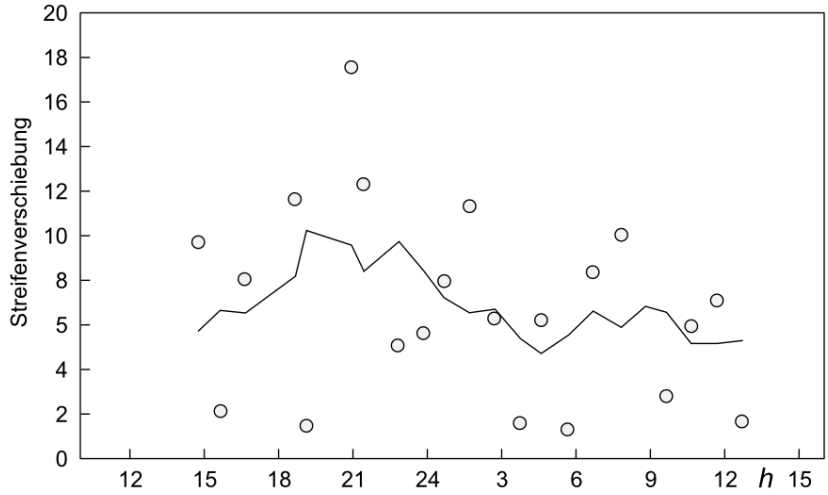


Abb. 9. *Korrigierte Amplituden der Joosschen Registrierungen. Die gebrochene Linie ist der gleitende Mittelwert über 5 benachbarte Werte. Die Streifeverschiebung ist in Einheiten der Tabelle 1.*

Wenn man die Registrierungen nach der Regressionsgerade verschiebt und danach summiert (Abb. 10), bekommt man eine sinusähnliche Kurve, derer Extremum an $\omega = \varphi$ liegt, Abb. 11. Die Summierung derselben Kurven ohne Verschiebung gibt dagegen vom Sinus wesentlich abweichende Ergebnisse.

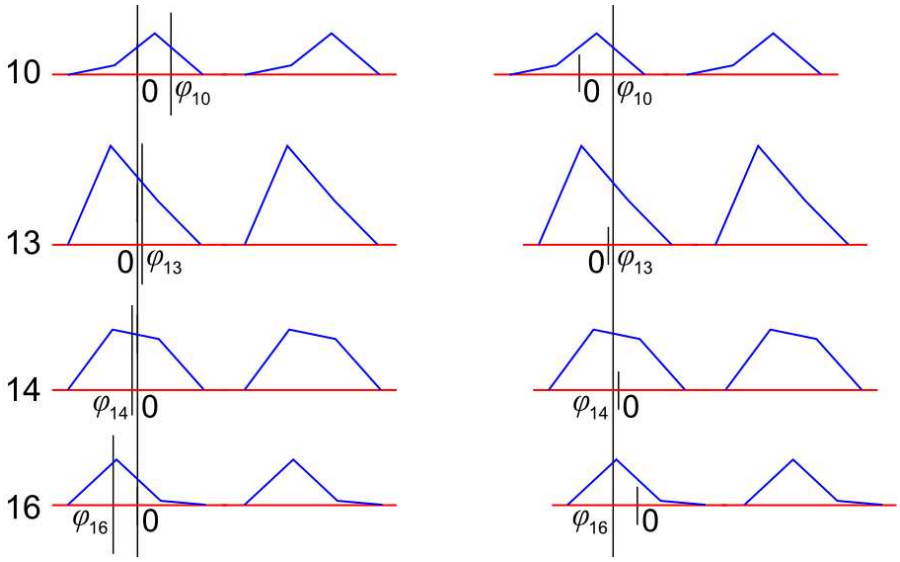


Abb. 10. *Das Summieren von Registrierungen in Rücksicht auf die Änderung der Ätherwindrichtung. Die Phasen φ_i entsprechen in diesem Beispiel der Regressionsgerade in Abb. 8 (φ = 34,09° / 4,72° / –5,51° / –24,76°). Eine Übereinanderreihung von Anhöhungen in eine Reihe ist klar erkennbar.*

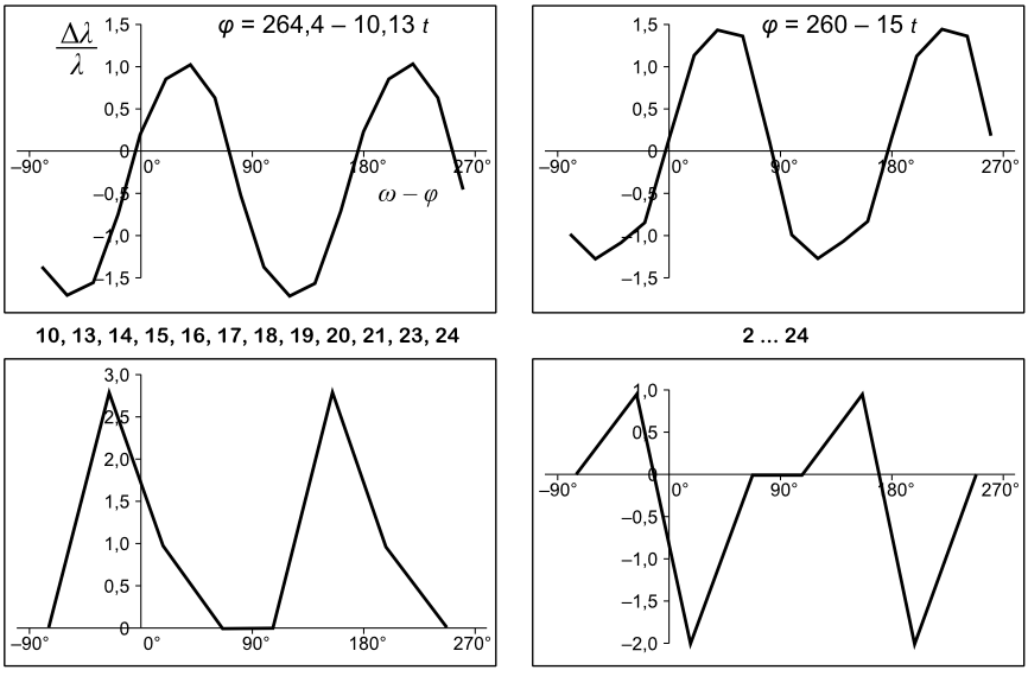


Abb. 11. *Oben links: Der Mittelwert von Registrierkurven mit Verschiebungen nach der Regressionsgerade φ = 264,4 – 10,13 t. Oben rechts: Der Mittelwert in der Sternzeit. Die Summierung wurde in 20° Intervallen durchgeführt. Die Zeit ist in Stunden, $\Delta\lambda/\lambda$ in Einheiten der Tabelle 1. Die Amplitude der Ergebnisse entsprecht dem Ätherwind ~1 km/s auf der Interferometerebene. Unten: Dieselben Registrierungen summiert ohne Verschiebung. Zwischen den Reihen sind die Nummern der summierten Registrierungen.*

Falls die Streifenverschiebungen durch lokale Faktoren verursacht wäre (z. B. lokales Temperatur- oder Magnetfeld), müssten die Verhältnisse eben umgekehrt sein – die direkt summierten Registrierungen müssten eine symmetrische/sinusähnliche Resultante geben und die nach einer glatten $\varphi(t)$-Kurve verschobenen Registrierungen müssten eine unsymmetrische/zufällige Resultante geben.

Fazit der formellen Datenverarbeitung

Es ist sehr unwahrscheinlich, dass sich alle diese Merkmale zufällig ausbilden:

1) Die Richtungen der Streifenverschiebungsmaxima im Richtung/Zeit-Diagramm sind in parallele Gürtel angeordnet, wobei die Neigung der Gürtel nah der Rotationsgeschwindigkeit der Erde und die Verschiebung nah der Halbdrehung der Erde ist.

2) Die Summe der Registrierkurven ist eine sinusähnliche Kurve in der Sternzeit, aber nicht in der Sonnenzeit.

3) Die Geschwindigkeit des Ätherwindes ~1 km/s ist im Einklang mit durch andere Forscher bestimmten Werten [3, 6, 9], unter Rücksicht der Tatsache, dass das Joossche Gerät in einem Kellerraum lag und mit einem Metallgehäuse versehen war.

4) Geschätzte nach Regressionsgerade Richtung des Ätherwinds α = 253° (73°) ist nah den durch andere Forscher bestimmten Werten, siehe Abb. 19 und 21.

So registrierte Joos mit großer Wahrscheinlichkeit eine objektive, durch außerirdische Faktoren bestimmte Anisotropie der Lichtausbreitung.

3. Vergleich mit anderen Ätherwindversuchen und Ätherwindmodelle

Unsere Analyse war bisher formal – die einzigen Voraussetzungen waren, dass die Joosschen Daten einen Signal beinhalten, welche eine sinusförmige Funktion des Drehwinkels ist und mit einer zufällige Störung überdeckt ist. Im Folgenden berücksichtigen wir verschiedene von anderen Forschern vorgelegte Hypothesen und entdeckte Regelmäßigkeiten und studieren, wie Joosscher Versuch ins allgemeine Bild passt.

Millersches Modell

In 1920–1930ger Jahren ging Dayton Miller bei Analyse der Anisotropie der Lichtausbreitung von folgendem mathematischen Modell aus [2, 3, 10]:

$$\Delta c = -k\left(\mathbf{V} + \mathbf{V}_o + \mathbf{V}_r\right)\cdot \mathbf{M}, \qquad (4)$$

$\Delta c = v$	die Abweichung der Lichtgeschwindigkeit vom Mittelwert in der Interferometerebene (Geschwindigkeit des Ätherwinds);
k	eine empirische skalare Konstante, $k > 0$;
$\mathbf{V}$	ein empirischer kosmischer Vektor, der als Geschwindigkeit des Sonnensystems in eine bestimmte Richtung relativ zu Fixsterne interpretiert werden kann; unten als *kosmischer Anisotropievektor* oder *kosmischer Ätherwindvektor* genannt;
$\mathbf{V}_o$	Orbitalgeschwindigkeit der Erde;
$\mathbf{V}_r$	Rotationsgeschwindigkeit des Erdbodens an der Stelle des Interferometers;
$\mathbf{M}$	ein Einheitsvektor in der Interferometerebene, welche die Richtung der Geschwindigkeitsmessung angibt.

Im Folgenden wird dieses Modell als *Millersches Modell* hingewiesen.

Doch wurde es bald klar, dass um eine Übereinstimmung mit Versuch zu erreichen, zwei wesentliche Korrektionen zum Modell nötig waren (nach Messungen am Mt Wilson im 1925–1926):
a) Anstelle des Vektors **M** musste man einen anderen Einheitsvektor in der Interferometerebene nutzen, welche relativ zum **S** um –55°…+10° gedreht war (der Winkel zwischen **M** und **S** variierte sich während Jahres, siehe Abb. 18);

b) Der Vektor **V** war nicht konstant während Jahres, aber kreiste sich um α = 73,5°, δ = –70,5° mit Radius 8,4°, und Norm des **V** variierte sich während Jahres in Grenzen 195,2…211,5 km/s; durchschnittlich 208 km/s. Die Konstante *k* betrug durchschnittlich 0,0514 [3].

Nach Miller hat niemand dermaßen detaillierte und umfangreiche Ätherwindmessungen durchgeführt; deswegen ist es nicht bekannt, wie allgemein das Millersches Modell mit Ergänzungen a) und b) ist. Zweitens weitreichende Messungen führten erst viel später (2003–2007) Héctor Múnera *et al.* in Bogotá, Kolumbien durch. Doch wurde nicht die Veränderung von Vektoren **V** und **S** während Jahres untersucht; es wurde nur ein durchschnittlicher Vektor **V** bestimmt: V = 365 km/s, α = 81°, δ = 79° [11].

In Abb. 12 ist die Lage der Erde während Joossches Versuchs schematisch dargestellt und in Abb. 13 werden die gerechnete Norm und Richtung der Projektion des Vektors **V** auf Interferometerebene während Joossches Versuches dargestellt. $\mathbf{V}_{\text{Miller}}$ und $\mathbf{V}_{\text{Múnera}}$ sind die kosmischen Anisotropievektoren nach Miller und Múnera *et al.* Mit $\mathbf{V}_{\text{Miller}}$ und $\mathbf{V}_{\text{Múnera}}$ erhielt man für den Joosschen Versuch ziemlich unterschiedliche Gänge des Ätherwinds – es gibt eine gewisse Ähnlichkeit bezüglich der Amplituden, doch unterscheiden sich die Phasengänge wesentlich. Joossche Daten stimmen nicht direkt mit Messungen von Miller und Múnera *et al*. überein.

Anderseits, falls die Resultate von Miller und Múnera *et al* dasselbe physikalische Phänomen repräsentieren, muss auch ein allgemeineres physikalisches Modell möglich sein, das sowohl Millersche und Múnerasche als auch Joossche Ergebnisse beschreibt. Um eine solche Verallgemeinerung zu kommen, versuchen wir in folgenden physikalische Erklärungen auszufinden, warum die Vektoren $\mathbf{V}_{\text{Miller}}$ und $\mathbf{V}_{\text{Múnera}}$ gegebene konkrete Parameter (V, α und δ) haben. Danach müsste es möglich sein, auch die Ergebnisse des Joosschen Versuches mit demselben Modell zu beschreiben.

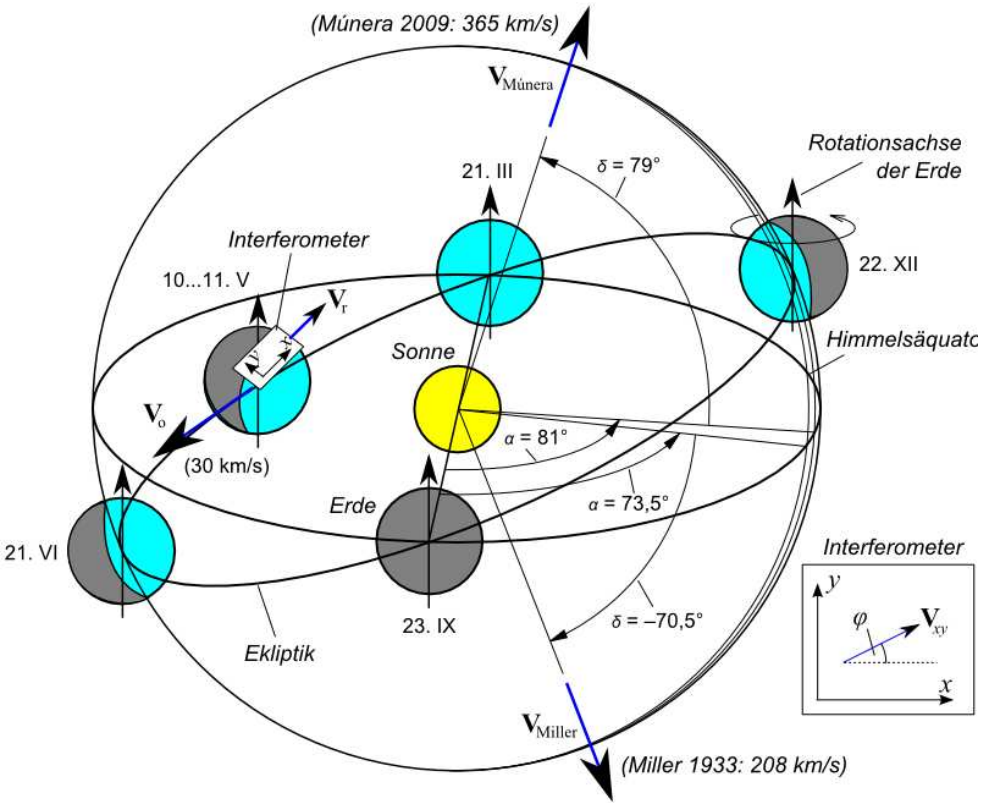


Abb. 12. *Das Sonnensystem während des Joosschen Versuches, 10.–11. V 1930. Die Vektoren* $\mathbf{V}_{\text{Múnera}}$ und $\mathbf{V}_{\text{Miller}}$ *sind mittlere kosmische Anisotropievektoren nach Miller [3] und Múnera et al. [11];* $\mathbf{V}_{xy}$ *ist die Projektion vom Vektor* **V** *auf der Ebene des Interferometers.*

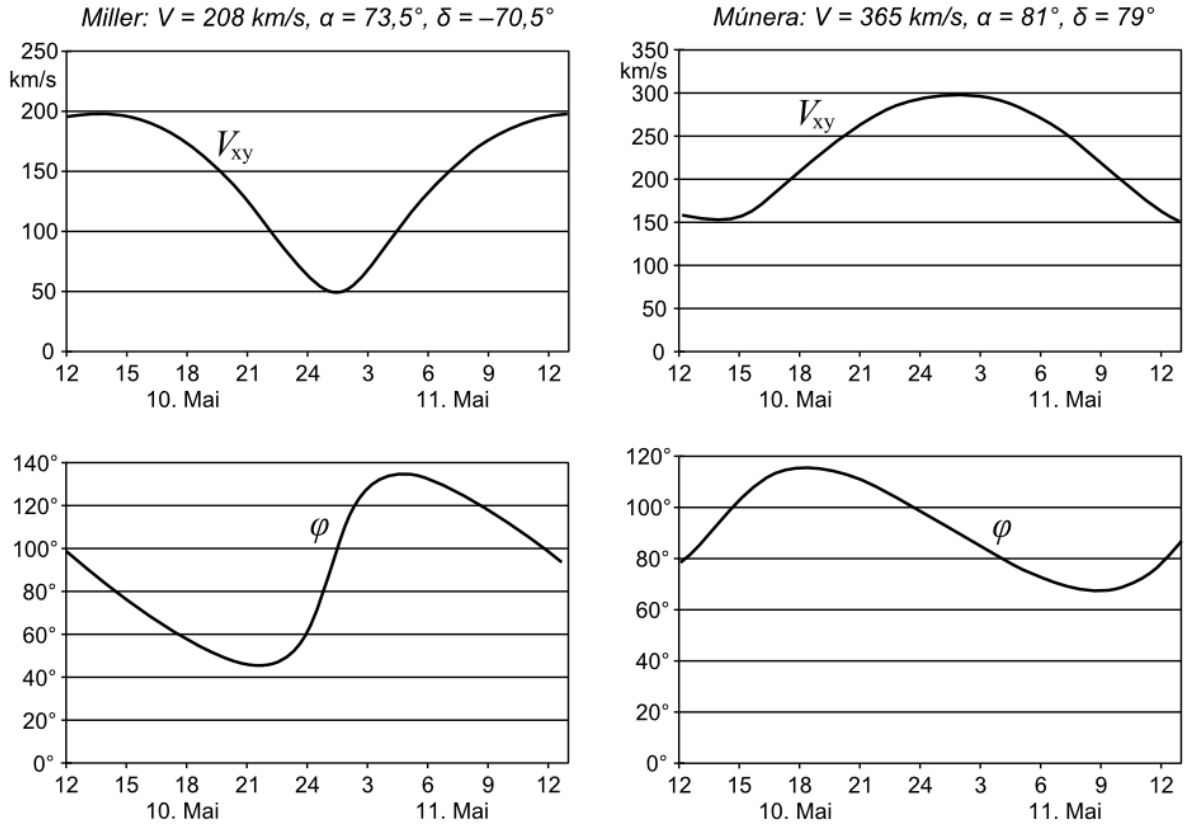


Abb. 13. *Gerechnete nach Millersches Modell Änderungen der Norm V_{xy} und Richtung φ der Projektion von* **V** + **V**o + $\mathbf{V}_r$ *auf der Horizontalebene am 10.–11. Mai in Jena (50°55'38" N, 11°35'11" O); links – mit* $\mathbf{V}_{Miller}$, *rechts – mit* $\mathbf{V}_{Múnera}$. *Es wurde vorausgesetzt, dass die Uhrzeiten im Artikel [1] den Mittelpunkten der Registrierungen entsprechen. NB! Die Ätherwindrichtung φ ist hier vom Osten gegen den Uhrzeigersinn angegeben; z.B. Miller gibt es als Azimut an (vom Norden im Uhrzeigersinn) – deswegen ist der Mittelwert von φ hier 90°, bei Miller in der Umgebung von 0°.*

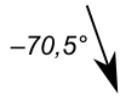
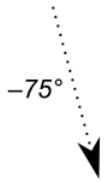
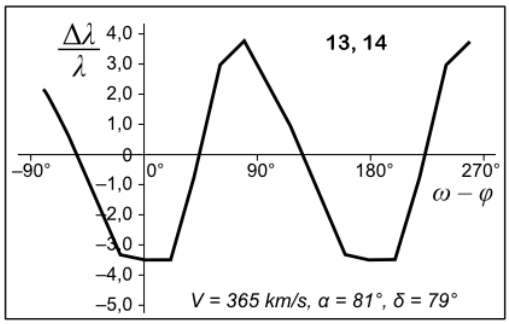
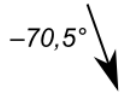
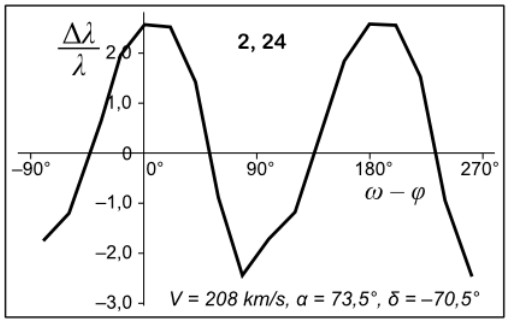
Dilemma von nordischen und südlichen Anisotropievektoren

Miller schreibt in seinem Übersichtartikel [3, S. 232 links mitten], dass anfangs waren sie der Ansicht, dass die Beobachtungsdaten mit solchem Ätherwindmodell zufriedenstellend im Einklang sind, nach dem das Sonnensystem sich mit Geschwindigkeit ~200 km/s in die Richtung α = 255°, δ = 68° (nordischer Anisotropievektor) bewegt. Später verarbeiteten sie die Daten und zogen einen Schluss, dass ein südlicher Anisotropievektor, V = 208 km/s, α = 73,5°, δ = –70,5°, besser den Beobachtungsdaten entspricht.

Dasselbe Dilemma begegnete auch die Forschergruppe von Múnera – der nordischer und südlicher Anisotropievektor schienen ganz gleich die Beobachtungsergebnisse zu beschreiben ([11], S. 2 mitten). Diesmal überwog aber der nordischer Vektor, V = 365 km/s α = 81°, δ = 79° den südlichen.

Es ist wohl möglich, eine Untermenge von Joosschen Ergebnissen mit der Bewegung des Sonnensystems mit der Geschwindigkeit 200…500 km/s in die Richtung α = 70…80° (250…260°); δ = –70…80° oder δ = +70…80° zu beschreiben. Es gibt Uhrzeiten, in denen der nordische Vektor besser ist, und Uhrzeiten, in denen der südliche Vektor besser ist – siehe Beispiele in der Tabelle 2. Im Laufe unserer weiteren Analyse wurden doch auch besser passende kosmische Vektoren gefunden, vgl. Abb. 23.

Tabelle 2. *Alternative Modellen der täglichen/jährlichen Variation des Ätherwindes. Strichlinien markieren vernachlässigte Vektoren. Die Diagramme unten sind Mittelwerte der Joosschen Registrierungen. Die Summe der Registrierungen um Mittelnacht (13, 14) stimmt mit dem Múneraschen endgültigen Vektor überein; die Summe der Registrierungen am Mittag (2, 24) mit dem Millerschen endgültigen Vektor. Bemerke, dass die Extrema beider Summen am $\omega = \varphi$ liegen (vgl. Abb. 4) und dass die Kurven gegenphasig sind. $\Delta\lambda/\lambda$ ist in Einheiten der Tabelle 1.*

	Nordischer Anisotropievektor	**Südlicher Anisotropievektor**
Miller [3,10]	V ~200 km/s. α = 255°, δ = 68° 	$\mathbf{V}_{\text{Miller}}$: V = 208 km/s, α = 73,5°, δ = –70,5° 
Múnera *et al.* [11,12]	$\mathbf{V}_{\text{Múnera}}$: V = 365 km/s, α = 81°, δ = 79° 	V = 500 km/s, α = 250°, δ = –75° 
Joos [1]	  	 

Azjukowskisches Modell

Der Nachteil des Millerschen Modelles besteht darin, dass es keine vernünftige (physikalische) Erklärung gibt, warum der Ätherwind in der Nähe des Erdbodens seine Richtung beibehalten müsste, siehe Abb. 14 links. Senkrecht zum Erdboden ist das noch vorstellbar, aber nicht an schrägen Flächen. Es ist schwer eine Substanz vorzustellen, die sich auf dieser Weise verhält.

Viel realistischer ist die Vorstellung eines viskosen Äthers, der besonders Wladimir Azjukowski in seinen neulich erschienenen Monographien behandelt hat (z.B. [13, 14]). Deshalb wird dieses Modell hier *Azjukowskisches Modell* genannt.

Nach dem Konzept des viskosen Äthers fließt der Äther in der Nähe des Körpers ähnlich wie herkömmliche Flüssigkeiten und Gase, siehe Abb. 14 rechts. Die Richtung des Ätherwindes müsste dann eine Tangente des Erdbodens sein, Abb. 15. Es ist interessant zu bemerken, dass in der Mehrheit von Ätherwindversuchen die Deklinationen δ der Ätherwindvektoren stark mit dem Tangentenwinkel der Erde längs des Meridians an Versuchsorten korrelieren, siehe Abb. 16.

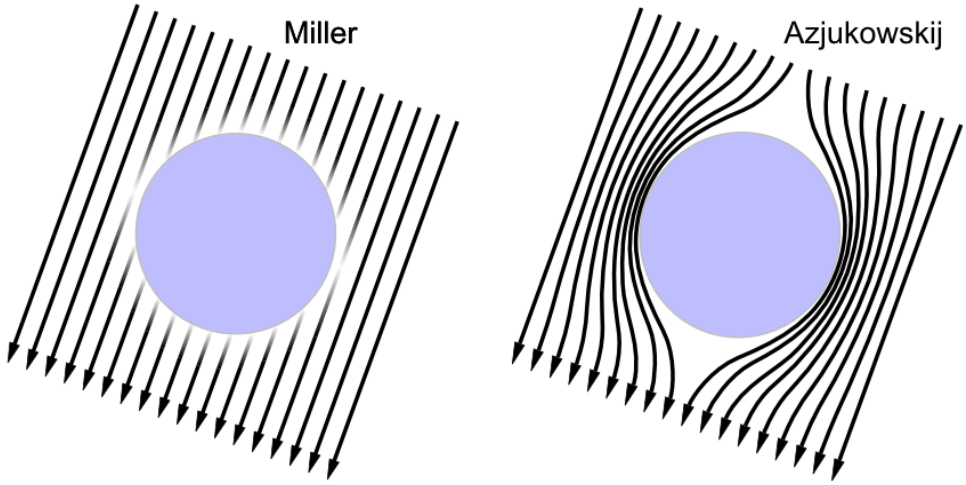


Abb. 14. *Die Bewegung des Äthers in der Nähe des Erdbodens nach Miller und Azjukowski. Nach Miller vermindert sich die relative Geschwindigkeit des Äthers in der Nähe der Erde ~20-fach, aber behält seine Richtung. Nach Azjukowski verhält der Äther sich herkömmlichen Fluiden ähnlich – in der Nähe des Erdbodens fließt es längs des Bodens; je näher dem Boden, desto schwächer ist der Ätherwind. ([13], S. 529; [14], S. 234).*

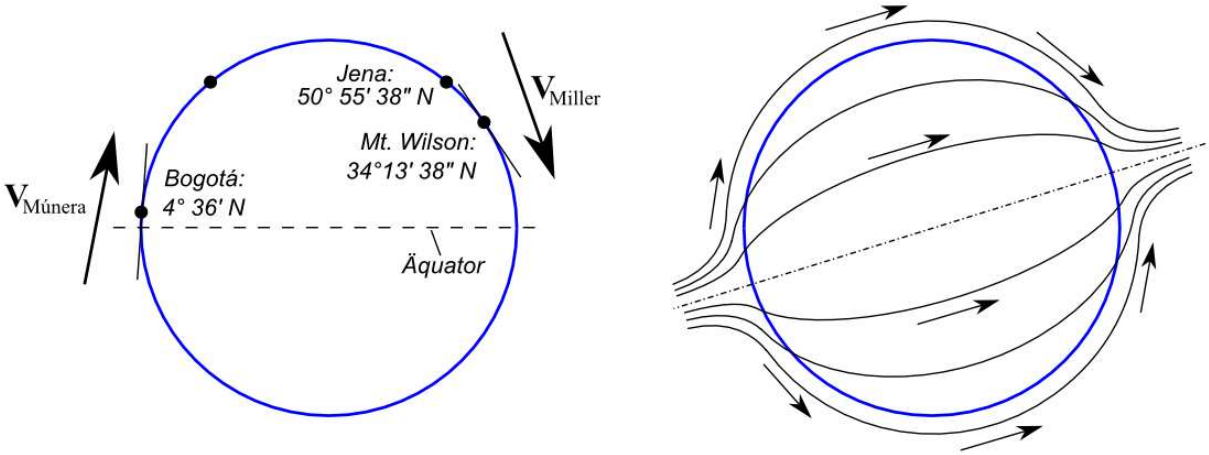


Abb. 15. *Sowohl Millersche als auch Múnerasche Anisotropievektoren sind nahe den Tangenten des Erdbodens an Versuchsorten. Auch der viskose Äther müsste längs des Erdbodens fließen.*

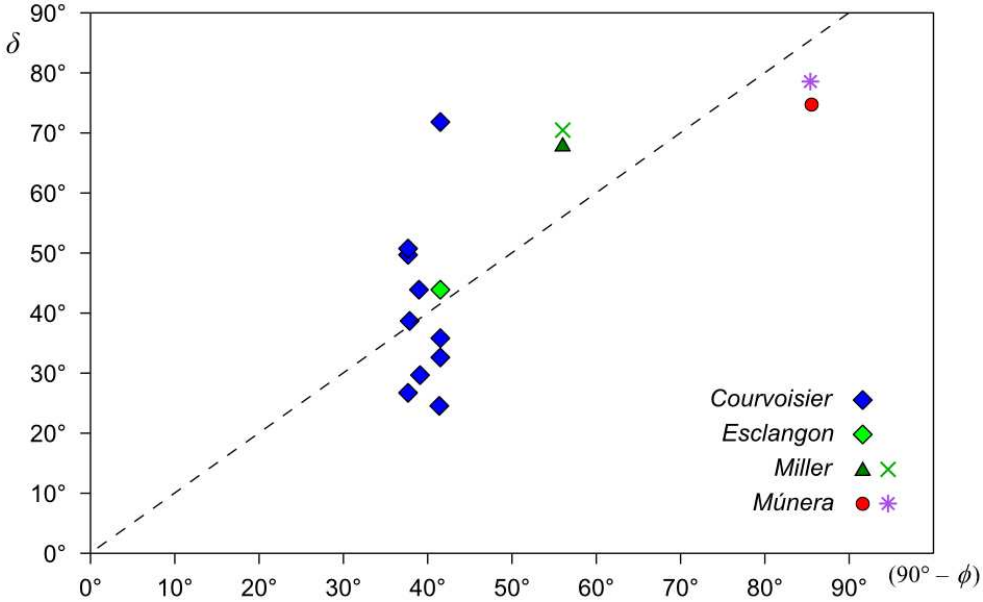


Abb. 16. *Die Wechselbeziehung der Deklination δ des kosmischen Ätherwindvektors mit der geographischen Breite des Versuchsortes. [3, 11, 15]. Strichlinie: δ = 90° – ϕ. Vielleicht müsste man auch das lokale Bodenrelief berücksichtigen?*

Wie kann man die Rektaszensionen der Ätherwindvektoren erklären?

Sowohl Miller als auch Múnera *et al.* verglichen die Richtungen der kosmischen Ätherwindvektoren mit der Bewegung des Sonnensystems relativ zu unterschiedlicher kosmischen Bezugssysteme ([3], S. 241; [11], S. 6). Es wird hier versucht, auch Joossche Ergebnisse mit kosmischen Bewegungen zu erklären.

Tabelle 3. *Die Bewegung des Sonnensystems relativ kosmischer Objekte. (Verschiedene Quellen)*

Bezugssystem der Sonnensystembewegung	**Geschwindigkeit**	***α***	***δ***
relativ zu benachbarten Fixsterne (lokales kinematisches Bezugssystem)	20 km/s	270°	30°
relativ zu allen mit bloßen Auge auflösbare Fixsterne	15 km/s	265°	21°
relativ zum interstellares Gas (ISG)	22…25 km/s	258°	–17°
rund um Zentrum des Milchstraßensystems	~200 km/s	318°	48°
relativ zum Baryzentrum lokaler Galaxiengruppe	~300 km/s	343°	52°
relativ zur kosmischer Hintergrundstrahlung 2,7 K	368 km/s	168°	–7°

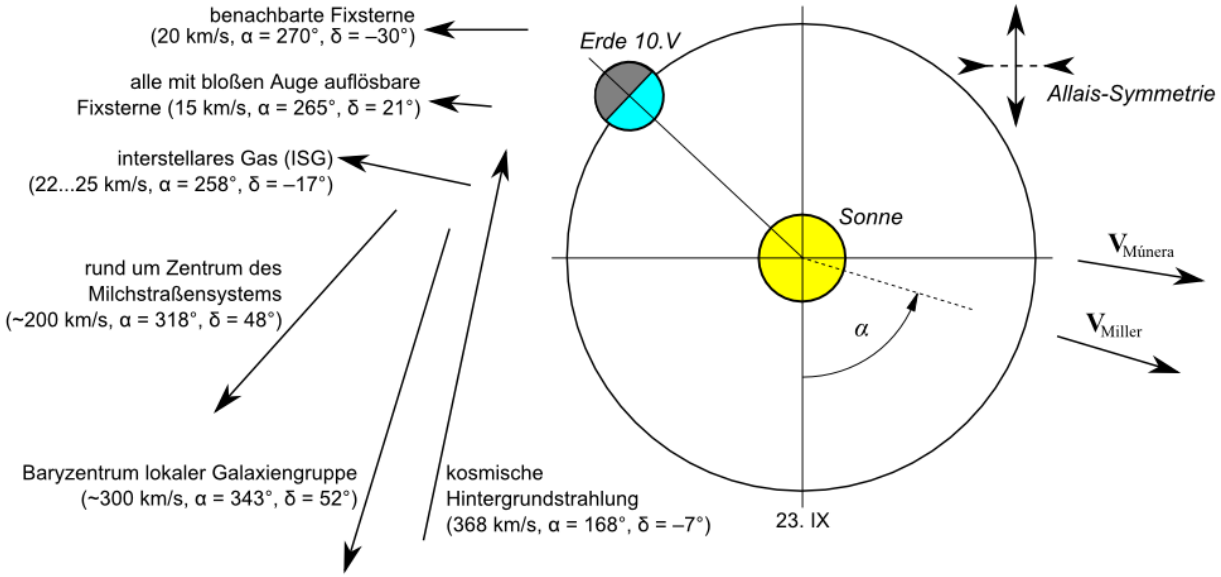


Abb. 17. *Die Bewegung des Sonnensystems relativ zu verschiedener kosmischen Bezugssysteme und die Lage der Erde während des Joosschen Versuchs. Allais-Symmetrie: entdeckt von Maurice Allais Symmetrie/ Periodizität gewisser optischer und mechanischer Erscheinungen – in Millerschen Ätherwindversuchen äußerte diese sich in der regelmäßigen Veränderung des mittleren Azimuts der Ätherwindsrichtung im Laufe eines Jahres – zwei Perioden pro Jahr. ([16], S. 470). Denselben Rhythmus entdeckte später P. Fuerxer auch in durch Kennedy und Thorndike bestimmten Ätherwindgeschwindigkeiten [6, 17]; siehe auch Abb. 18. Die in dieser Abbildung dargestellten Achsen der Allais-Symmetrie (α = n×90°) sind Mittelwerte von vielen verschiedenen Experimenten.*

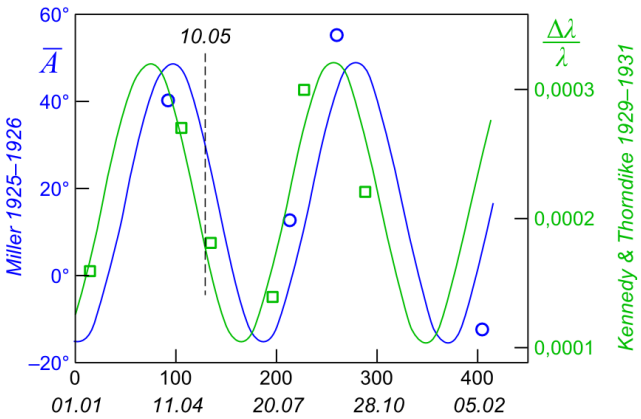


Abb. 18. *Die Allais-Symmetrie in Ätherwindversuchen ([6, 17]; [16], S. 458). Im Falle vom Kennedy-Thorndikes Versuchs sind nur Monate bekannt – dieses Diagramm wurde mit der Annahme erstellt, dass die Messungen an 15. Tagen der Monate stattfanden.* $\overline{A}$ *ist der tägige mittlere Azimut des Ätherwindes. 10.05 ist Datum des Joosschen Versuchs.*

Die Rektaszensionen oder Inversionen von diesen der sowohl von Miller als auch von Múnera *et al.* bestimmten Ätherwindvektoren liegen nahe der Rektaszensionen der Bewegungsrichtungen unseres Sonnensystems relativ zu nächster kosmischen Objekten – benachbarte Sterne, aber besonders auf das interstellare Gas (ISG). Es scheint besonders natürlich, dass eben die leichteste Komponente des Universums – das interstellare Gas – mit Äther im Gleichgewicht steht.

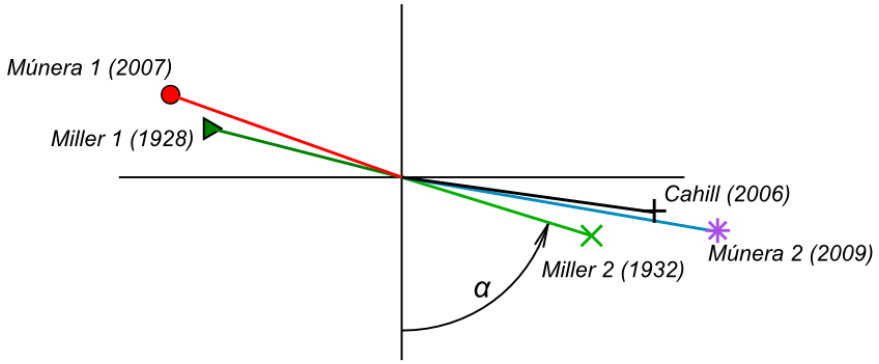


Abb. 19. *Durch verschiedene Forschern bestimmte Rektaszensionen des Ätherwindes. Nach [11] mit Korrektionen. Die Zahlen in Klammern sind Jahre der Publikationen. Cahill-Versuch wurde mit Koaxialkabeln durchgeführt. Quellen: Miller 1 und Miller 2: [10, 3]; Múnera 1: [12]; Múnera 2: [11]; Cahill: [18].*

Die Bewegungsrichtung des Sonnensystems relativ dem interstellaren Gas hat sich bekanntlich im Laufe der Zeit verändert [19]. Es ist bemerkenswert, dass die Rektaszensionen der Anisotropie-vektoren sowohl von Miller als auch von Múnera *et al.* nicht nur nah zu (invertierten) Rektaszensionen der Geschwindigkeit von ISG liegen, aber auch die Veränderung der Richtung von ISG während der Jahrzehnte folgen, Abb. 20.

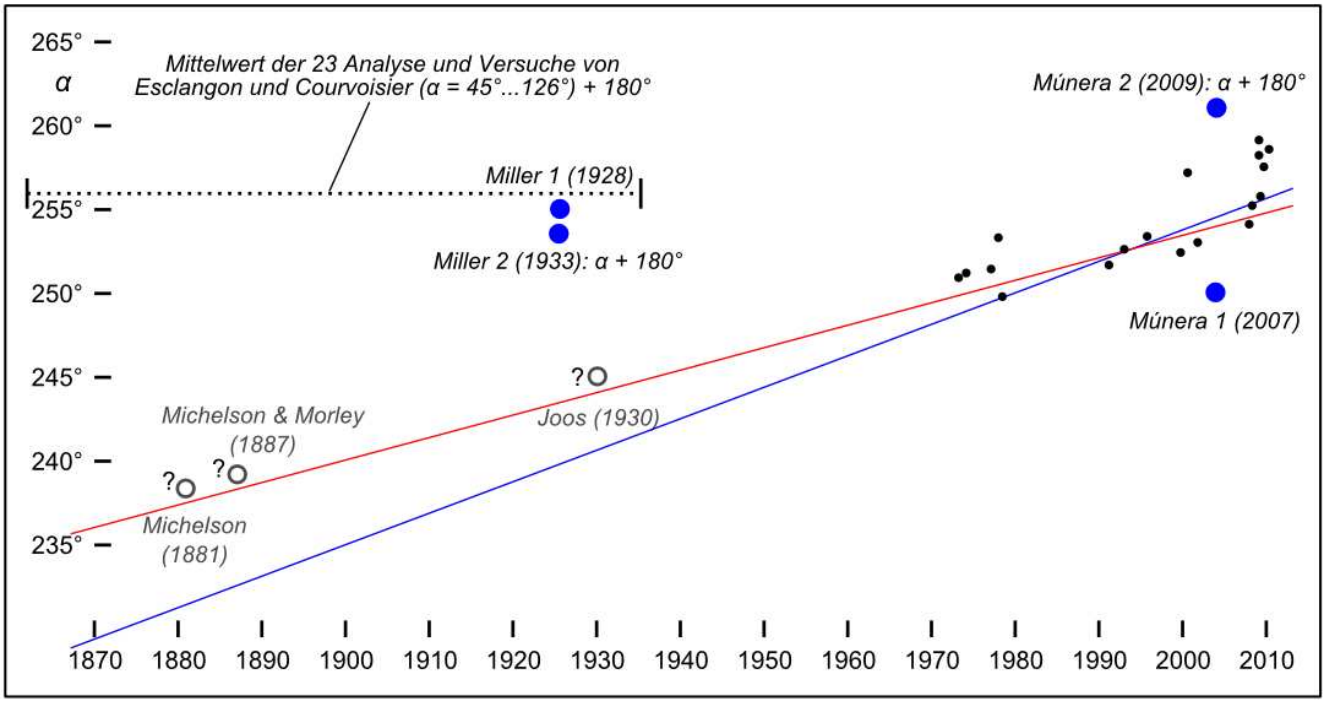


Abb. 20. *Der Vergleich von Rektaszensionen der Ätherwindgeschwindigkeit mit der Bewegungsrichtung des Sonnensystems relativ zum interstellaren Gas (ISG). Die durchgezogene Linien sind verschiedene Schätzungen des Trends der Änderung von ISG in Jahren 1970–2010; die kleinen schwarzen Punkte sind Werte von ISG. Die großen blauen Punkte entsprechen den Daten in Abb. 19. Quelle der Versuchsergebnisse von Esclangon und Courvoisier ist Artikel [15], der Bewegung relativ zum ISG Artikel [19].*

Es wird hier versucht, Joossche Daten im Rahmen des Millersches Modell mit kosmischen Anisotropievektoren gleich oder invers dem Geschwindigkeitsvektor des ISG (V = 23,5 km/s, α = 245°, δ = –17°) zu approximieren. Bezüglich des Winkels α wurde beobachtet, dass α in der Nähe der roten Linie in Abb. 20 den besten Zusammenhang mit Joosscher Daten gewährleisteten.
Die entsprechenden der Abb. 21 Mittelwerte der Registrierungen werden in Abb. 22 dargestellt.

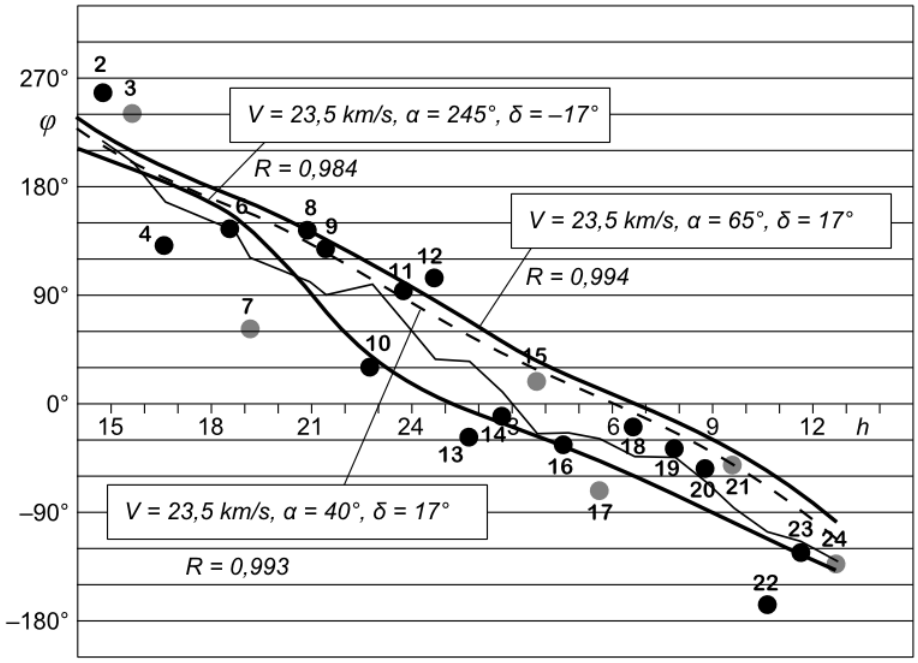
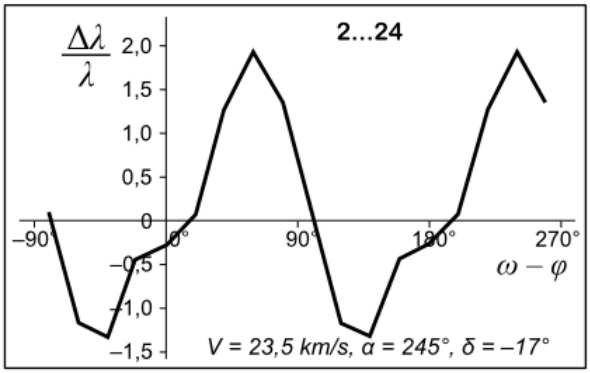
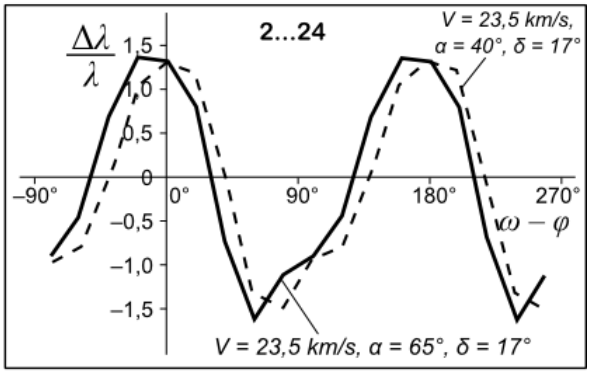


Abb. 21. *Vergleich Joosscher Daten mit gerechneten nach Millerschen Modell Gängen der Ätherwindrichtung während Versuches am 10–11. Mai 1930. Die Punkte entsprechen den Punkten in Abb. 8, doch wurden alle Punkte mit ±180°-Verschiebungen in denselben Gürtel verschoben. Die dünne gebrochene Linie ist der gleitende Mittelwert über 5 benachbarte Werte. Stunden sind in der Sonnenzeit. R ist Korrelationskoeffizient: gleitender Mittelwert / Theorie.*





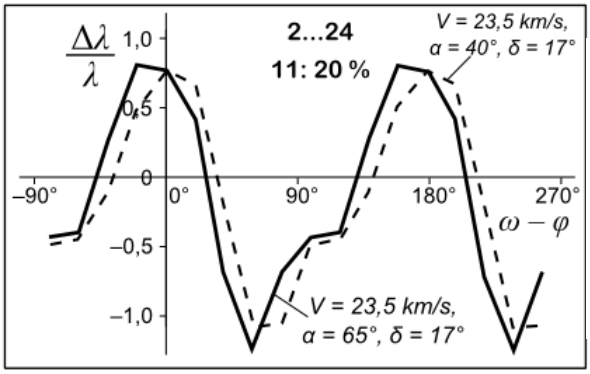


Abb. 22. *Durchgezogene Linien: Mittelwerte der Joosschen Registrierungen, summiert mit theoretischen Phasenverschiebungen in Abb. 21. Strichlinien: Variationen, welche mehr symmetrische bezüglich Ordinatenachse Kurven geben.*
Links unten: Mittelwerte mit verminderte auf 20 % Amplitude der Registrierung Nr. 11; vgl. Abb. 25.
$\Delta\lambda/\lambda$ sind in Einheiten der Tabelle 1.

Alternativität nordischer und südlicher Anisotropievektoren in Joosscher Versuch

Wenn man analogisch zu Miller und Múnera *et al*. (siehe Tabelle 2) einen die Joosschen Daten beschreibenden Anisotropievektors unter der Voraussetzung sucht, dass dieses Norm einige Hunderte km/s ist und δ = ±39° (Tangente des Erdbodens in Jena), auch dann bekommen wir ziemlich befriedigende Ergebnisse:

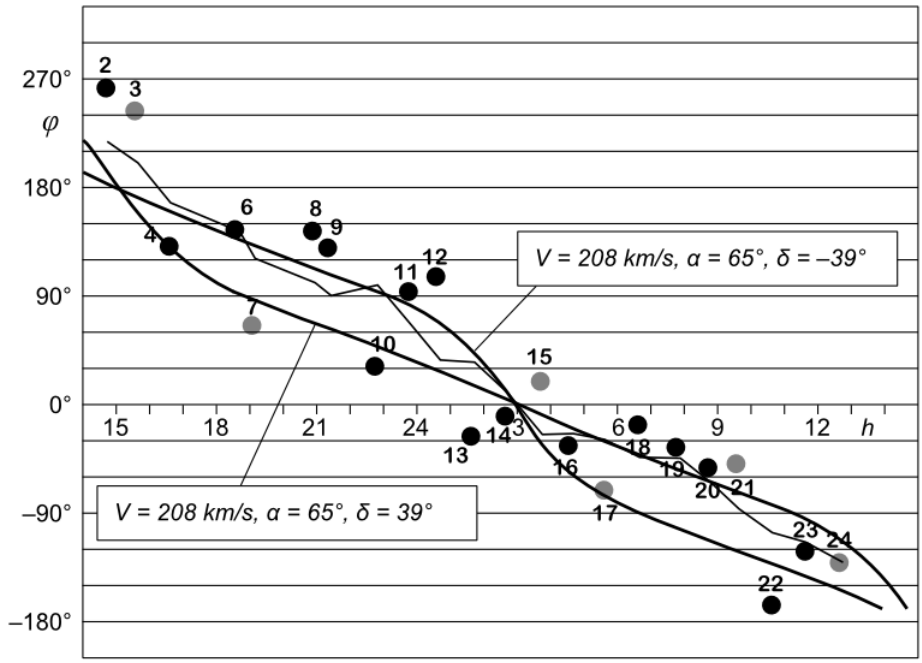


Abb. 23. *Die Approximation von Joosschen Daten mit Millersches Modell mit kosmischen Anisotropievektoren, welche tangential zum Erdboden gerichtet sind. Die dünne gebrochene Linie ist der gleitende Mittelwert über 5 benachbarte Werte. Stunden sind in der Sonnenzeit. Am Nachmittag passt besser der δ = –39° -Vektor und am Vormittag der δ = +39° -Vektor. Somit widerspiegelt auch hier das Dilemma der nordischen und südlichen Anisotropievektoren, vgl. Tabelle 2.*

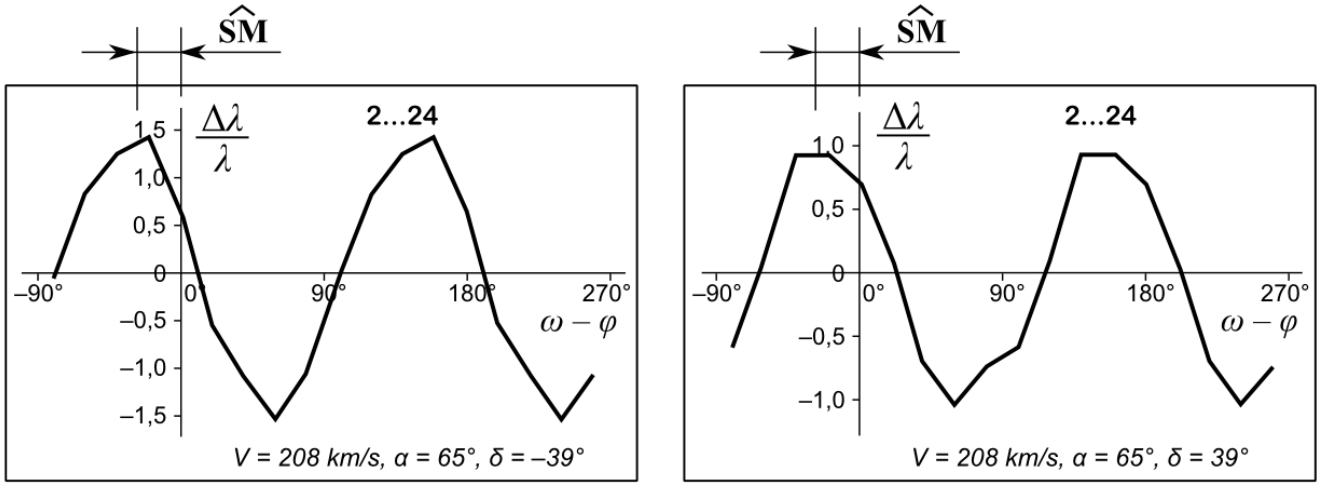


Abb. 24. *Mittelwerte der Joosschen Registrierungen mit Verschiebungen nach Anisotropievektoren in Abb. 23. Bemerke, dass der Winkel* $\widehat{SM}$ *(siehe Gleichung (4)) recht genau der durch Miller beobachteten Azimutverschiebung entspricht, vgl. Abb. 18. $\Delta\lambda/\lambda$ sind in Einheiten der Tabelle 1.*

Amplituden

In Abb. 25 wird ein Vergleich von korrigierten Joosschen Amplituden (Tabelle 1) mit dem nach Millerschen Modell gerechneten theoretischen Kurven dargestellt. Kosmischer Vektor V = 23,5 km/s, α = 65°, δ = 17° gewährleistet einen ähnlichen zu experimentellen Daten Amplitudengang der Streifenverschiebungen, doch gibt ein vergrößerter Winkel α = 110° eine bessere Anpassung zum Experiment. Interessanterweise approximiert die Versuchsdaten am besten eine Inversion von V_{xy}^2 mit V = 23,5 km/s, α = 245°, δ = –8° (Korrelationskoeffizient 0,923).

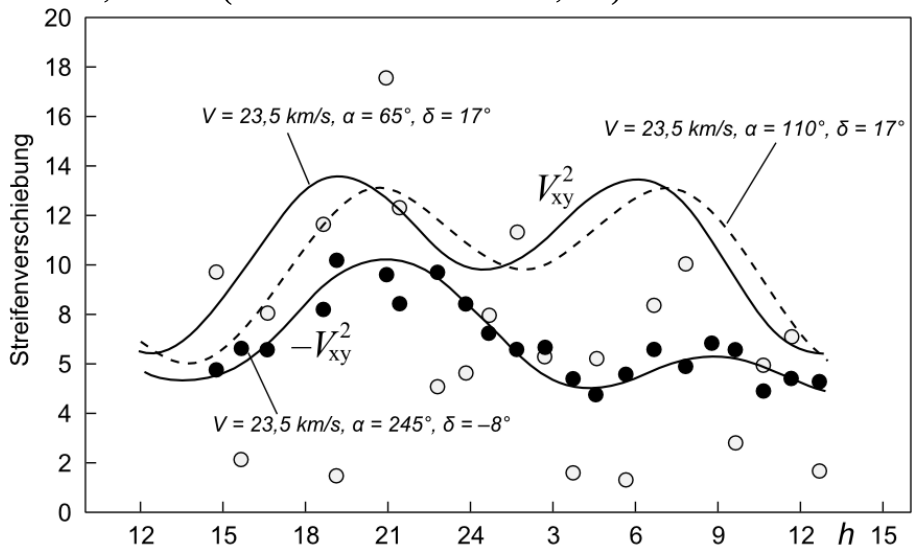


Abb. 25. *Korrigierte Amplituden der Joosscher Registrierungen vergleicht mit einigem theoretischen Vorhersagunen. Graue Punkte – korrigierte Amplituden; schwarze Punkte – der gleitender Mittelwert über 5 benachbarte Werte. Eine Verminderung der Amplitude des elften Registrierung auf 20 % gewährleistet einen glatten Amplitudengang, vgl. mit Abb. 26. Die Streifenverschiebungen sind in Einheiten der Tabelle 1.*

Hodograph

Abb. 26 präsentiert der Hodograph des Ätherwindvektors in Interferometerebene, erstellt nach korrigierten und geglätteten Joosschen Daten. Verschieden von Hodographen der kosmischen Anisotropievektoren, welche immer symmetrisch zur Ordinatenachse sind, ist experimenteller Hodograph um etwa 65° nach Uhrzeigersinn gedreht – analogisch zu Millerschen Beobachtungen, siehe [16], S. 402–403. Doch sagen die Millersche Daten eine kleinere Drehung im Mai, ~30° vorher, vergleiche mit Abb. 18.

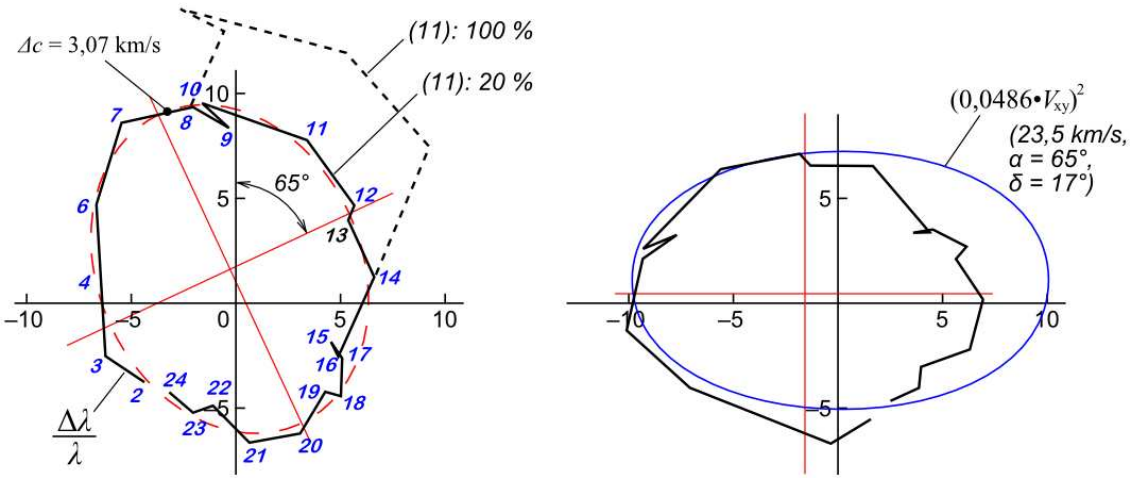


Abb. 26. *Links: Erstellt nach korrigierten und geglätteten Joosschen Daten Ätherwind-Hodograph (schwarze gebrochene Linien). Hodograph wird symmetrischer, wenn man die Amplitude der 11. Registrierung auf 20 % reduziert. Die Rote Strichlinie ist eine Ellipse für Vergleich. Rechts: Gedrehte um 65° experimenteller Hodograph vergleicht mit ein nach Millerschen Modell gerechnetem Hodograph. Die Skalen sind in Einheiten der Tabelle 1.*

Der Hodograph zeigt, dass die Amplitude und die Richtung des Ätherwinds im Joosschen Versuchs während Tag und Nacht in Zusammenklang zueinander veränderten. Es ist bemerkenswert, wieweit experimenteller Hodograph symmetrisch ist und sich dem theoretischen ähnelt. Es gibt noch keine Erklärung für beobachtete Neigungen der Ätherwindhodographen; doch weisen diese auf, dass Millersches Modell des Ätherwinds nicht adäquat ist. Auch vorgelegter in diesem Arbeit bester kosmischer Anisotropievektor V = 23,5 km/s, α = 65°, δ = 17° ist nur ein Kompromiss zwischen Amplituden- und Phasengänge des Ätherwinds, vgl. Abb. 22 und 25.

Frühere Ätherwindversuche

Auch die Ergebnisse der Ätherwindversuche von Michelson im Jahre 1881 [20] und Michelson-Morley im Jahre 1887 [8] lassen sich ziemlich erfolgreich mittels der kosmischen Anisotropievektoren beschreiben, die (a) entweder der Geschwindigkeit der Erde relativ zum interstellaren Gas entsprechen, oder (b) mittels solche Anisotropievektoren, derer Rektaszensionen der Geschwindigkeit der Erde relativ zum interstellaren Gas entsprechen, aber die Deklinationen Tangenten der Erdenoberfläche sind, Abb. 27 und 28. Im Fall (a) muss man eine relativ kleine Norm V, im Fall (b) eine relativ große Norm V anwenden.

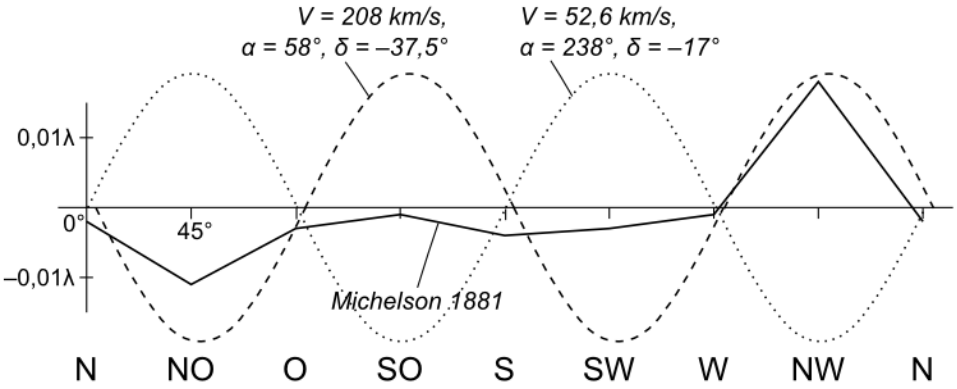


Abb. 26. *Mögliche Interpretationen des Michelsons Potsdam-Versuchs im Jahre 1881 unter der Annahme eines viskosen Äthers, der relativ zum interstellaren Gas ruhend ist. Die Sinuskurven wurden unter der Voraussetzung gerechnet, dass der Versuch am 03.04.1881 um 12 Uhr stattfand. α = 58° ja α = 238° wurden von Abb. 20 ausgehend von denselben Erwägungen wie beim Joosschen Versuch gewählt.*

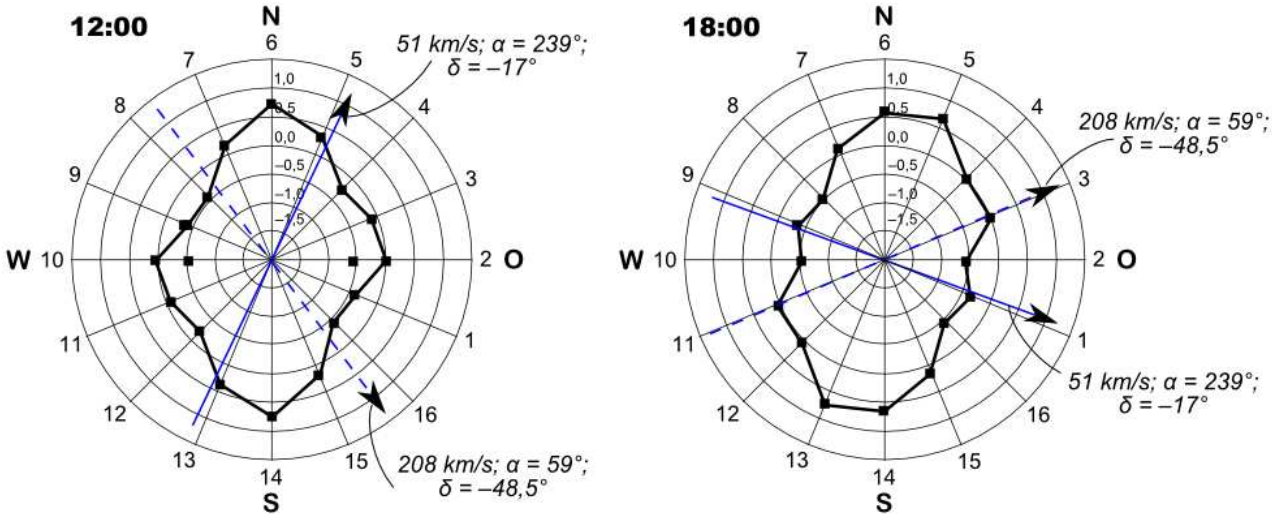


Abb. 27. *Mögliche Interpretationen des Michelson-Morley-Versuchs in Cleveland im Jahre 1887. Die Projektion eines zum* $\mathbf{V}_{ISG}$ *nahen Anisotropievektors liegt dem Maximum oder Minimum der Streifenverschiebungen nah; die Projektion eines zum Erdboden tangentialen Anisotropievektors ist ~45° von Maxima/Minima gedreht. Die Situation ist ähnlich wie beim Joosschen Versuch, vgl. Abb. 22 und 24.*

Zusammenfassung

Der Joossche Versuch bestätigt noch ein Mal, dass die Ergebnisse der Ätherwindversuche nicht zufällig oder durch lokale Temperaturschwankungen verursacht sind, aber weisen auf objektive physikalische Phänomene, die durch der Position der Erde auf der Umlaufbahn und der geographischen Breite des Versuchsorts bestimmt sind.

Tabelle 1 zeigt zusammenfassend die Ergebnisse durchgeführter Analysen. Alle fünf Versuche / Versuchsserien können in Rahmen des Millerschen Modelles unter Anwendung von mindestens eines von folgenden Ätherwindvektoren / kosmischen Anisotropievektoren beschreiben werden:

I – kosmischer Anisotropievektor liegt in der Nähe des Geschwindigkeitsvektors des interstellaren Gases (ISG) oder ist diesen invers;
II – kosmischer Anisotropievektor ist die Tangente des Erdbodens in der Richtung nach Norden und hat eine Norm von Hunderten km/s;
III – kosmischer Anisotropievektor ist die Tangente des Erdbodens in der Richtung nach Süden und hat eine Norm von Hunderten km/s.

Tabelle 4. *Formales Schema für die Beschreibung der Ätherwindversuche.*

Variante	Vektor **V**	Forscher(s)	**Michelson**	**M&M**	**Miller**	**Joos**	**Múnera *et al.***
		Jahr(e)	1881	1887	1925–26	1930	2003–05
		Ort	Potsdam	Cleveland	Mt Wilson	Jena	Bogotá
		Geogr. Br.	52°24′	41°29′	34°14′	51°	4°36′
		Tangente	37°36′	48°31′	55°46′	39°	85°24°
		Achse des ISG *)	58°/238°	59°/239°	65°/245°	65°/245°	77°/257°
I	$V = 1\ldots2 \times V_{ISG}$	V, km/s	52,6	51	–	23,5	–
	$\alpha \approx \alpha_{ISG}$ (+180°)	α	238°	239°	–	65°	–
	$\delta = 0{,}5\ldots1 \times \delta_{ISG}$	δ	–17°	–17°	–	17°	–
II	$V > 8 \times V_{ISG}$	V, km/s	208	–	208	208	500
	$\alpha \approx \alpha_{ISG}$ (+180°)	α	58°	–	73,5°	65°	250°
	$\delta \approx$ – Tangente	δ	–37,5°	–	–70,5°	–39°	–75°
III	$V > 8 \times V_{ISG}$	V, km/s	–	–	~200	208	365
	$\alpha \approx \alpha_{ISG}$ (+180°)	α	–	–	262,5°	65°	81°
	$\delta \approx$ + Tangente	δ	–	–	65…68°	39°	79°

**) Entsprechend Abb. 20. ISG – das interstellares Gas. „Tangente“ – Tangente der Erde im Versuchsort.*

Referenzen

1. Joos, G., Die Jenaer Wiederholung des Michelsonversuchs. Annalen der Physik, Bd. 399, (1930) H. 4, S. 385–407.
2. D. C. Miller, Ether-drift experiments at Mount Wilson. Proc. Nat. Acad. Wash. v. 11, no. 6, p. 306–314, 1925.
3. D. C. Miller, The Ether-drift experiment and the determination of the absolute motion of the Earth. Reviews of Modern Physics, vol. 5, July 1933, p. 203–242.
4. R. T. Cahill, Absolute motion and gravitational effects. Apeiron, vol. 11, no. 1, January 2004, p. 53–111.
5. M. Consoli, E. Costanzo, Old and new ether-drift experiments: a sharp test for a preferred frame. arXiv:gr-qc/0406065v1 16. Juni 2004, 25 p.

6. P. Fuerxer, Les expériences optiques et la relativité. Une illustration de la force des idées préconçues. L' Alliance Internationale pour la Reconnaissance des Apports de Maurice Allais en Physique et en Economie, l'AIRAMA, 2007. 29 p.

7. A. Kruusing, Die Richtungsabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit gemäß des Michelson-Morley-Versuchs. The General Science Journal, 2014.

8. A. A. Michelson, E.W. Morley, On the relative motion of the Earth and the Luminiferous Ether. American Journal of Science. vol. 34, no. 203, November 1887, p. 333-345.

9. Ю. М. Галаев, Результаты повторения эксперимента Д. К. Миллера в диапазонах радио- и оптических волн. In: Эфирный ветер. Сб. статей. 2-е издание. // Под ред. В. А. Ацюковского. М.: Энергоатомиздат, 2011. 419 с. ISBN 978-5-283-03319-8. Lk. 331–357.

10. D. C. Miller, untitled lecture in "Conference on the Michelson-Morley Experiment", Astrophysics Journal, vol. 68, no. 5, Dec. 1928, p. 341–402.

11. H. A. Múnera et al., Observation of a non-conventional influence of earth's motion on the velocity of photons, and calculation of the velocity of our galaxy. Progress in Electromagnetics Research Symposium PIERS-2009, Peking, 23–27 March 2009.

12. H. A. Múnera, D. Hernández-Deckers, G. Arenas, E. Alfonso, Observation of a significant influence of earth's motion on the velocity of photons in our terrestrial laboratory. In: The Nature of Light: What are photons?, 2007, San Diego, California. Proceedings of SPIE, 2007. v. 6664. p. 1–8.

13. В.А. Ацюковский, Общая эфиродинамика. М.: Энергоатомиздат, 2003, 584 с.

14. В.А. Ацюковский. Начала эфиродинамического естествознания. Книга 3. Эфиродинамические основы космологии и космогонии. М.: «Петит», 2009. – 292 с.

15. R. Martins, Searching for the Ether: Leopold Courvoiser's attempts to measure the absolute velocity of the Solar System. DIO, The International Journal of Scientific History, 17, Dec. 2011, p. 3–33.

16. M. Allais, L'Anisotropie de l'espace : la nécessaire révision de certains postulats des théories contemporaines, Paris, Clément Juglar éditions juridiques et économiques, 1997 (ISBN 9782908735093).

17. R. J. Kennedy, E. M. Thorndike, Experimental establishment of the relativity of time. Physical Review, vol. 42, 1932, p. 400–418.

18. R. T. Cahill, A new light speed anisotropy experiment: Absolute motion and gravitational waves detected arXiv:physics/0610076v1 [physics.gen-ph], 29, Oct. 11, 2006; Progress in Physics, 4, 73-92, 2006.

19. P. C. Frisch, M. Bzowski, G. Livadiotis, D. J. McComas, E. Moebius, H.-R. Mueller, W. R. Pryor, N. A. Schwadron, J. M. Sokół, J. V. Vallerga, and J. M. Ajello, Decades-long changes of the interstellar wind through our solar system. Science, 6. September 2013: 1080-1082.

20. A. A. Michelson, The relative motion of the Earth and the Luminiferous Ether. American Journal of Science. 22, 1881, p. 120-129.