

Ångströmscher Ätherwindversuch mit positives Ergebnis vom Jahr 1862

Arvi Kruusing

Veröffentlicht am 30. April 2017

Es ist gezeigt worden, dass die Ergebnisse des Ångströmsches Versuches in Zusammenklang mit Ergebnisse späteren Ätherwindversuchen sind.

1. Einleitung

Abweichend von allgemeinen Wissen wurden bereits im 18. und 19. Jahrhundert, längst vor Michelson und Morley, eine Reihe von Ätherwindversuchen durchgeführt – insgesamt über 20 Verschiedene; von ca 10 Spitzenphysiker; mit sowohl negativen und positiven Ergebnissen [1]. Überzeugend Ausgangs-Hypothesen bekräftigende waren Fizeauscher Versuch mit polarisiertes Licht von 1859 [2] und Ångströmscher Diffraktionsversuch von 1862 [3].

Ångströmscher Versuch ist besonders interessant, weil die Ergebnisse gut mit diesen von späteren, am 20. Jahrhundert durchgeführten interferometrischen Ätherwindversuchen übereinstimmen. Auch ist Ångströmscher Versuch theoretisch einfacher beschreibbar als andere Ångströms zeitgenössige Versuche, weil hier das Licht nicht lange Strecken in optisch dichte Medien (Flüssigkeit, Glas) durchläuft. Ångströmscher Versuch war auch das Erste, wo bei Planierung und Datenverarbeitung voraussetzt wurde, dass der Ätherwind nicht nur von Erdens Orbitalbewegung, aber auch von Bewegung des Sonnensystems als Ganze bestimmt ist. Vor und auch nach Ångström bis 1920er Jahren (Miller) suchte man Ätherwind nur in Richtung der Orbitalgeschwindigkeit der Erde.

Am 6. Oktober 1860 vorstellte schwedischer Physiker Anders Jonas Ångström den Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften eine Idee, wie man die Bewegung des Sonnensystems mithilfe Beobachtungen der Interferenzstreifen eines Glasgitters zu bestimmen kann. Die Idee wurde genehmigt und entsprechender Versuch fand im Herbst 1862 statt. Doch bevor die Ergebnisse publiziert worden, erfuhr er, dass Jacques Babinet hatte dieselbe Idee unabhängig vorgeschlagen und entsprechende Theorie entwickelt [4].

Babinet's Artikel ist bemerkenswert auch deshalb, dass hier offensichtlich erstens vermutet ist, dass der Ätherwind auch von Bewegung des Sonnensystems abhängt:

** Il y a un quatrième mode de propagation des ondes lumineuses dont j'ai donné la théorie d'après les admirables expériences de Fraunhofer. C'est le cas des ondes qui se forment derrière les fils équidistants d'un réseau.*

** Il reste à faire l'expérience et il sera temps alors de donner la figure et le calcul très-simple de la position de l'onde influencée par le mouvement de la Terre. Le calcul rigoureux indique que cette onde est très-peu déplacée par le mouvement du réseau, tandis que le micromètre l'est beaucoup.*

** Mon but, comme on le pense bien, n'a pas été de rendre sensible le mouvement orbital de la Terre, mais bien de déterminer, s'il est possible, sa vitesse de translation vers un point situé par $34^{\circ}1/2$ de déclinaison boréale et par 260° d'ascension droite, dans la constellation d'Hercule. Cette vitesse de translation est estimée à $1/4$ de la vitesse de la Terre dans son orbite, et avec un appareil dont les dimensions ne seraient pas énormes, on reconnaîtrait la quantité comme la direction de ce mouvement. En admettant ce résultat, le mouvement progressif de la Terre fournirait une base immense qui croît trait indéfiniment de siècle en siècle et qui nous permettrait d'obtenir la parallaxe des étoiles fixes.*

(Auszug aus einer den französischen Akademie der Wissenschaften gehaltenen Vortrag am 6. Oktober 1862 [4])

Zusätzlich zu Babinet und Ångström haben Diffraction am beweglichen Gitter noch Volkert Simon Maarten van der Willigen [5] und Eleuthère Mascart [6] theoretisch untersucht. Gemäß Mascart hängt der Diffraktionswinkel nicht von Bewegung des Gitters ab.

Entsprechende Versuche hat neben Ångström nur Mascart durchgeführt.

Im Folgenden wird Ångströmscher Ätherwindversuch mit Gitter etwas anders als in der Originalarbeit analysiert – Rechnungen werden mithilfe heutigen physikalischen Konstanten durchgeführt; und die Ergebnisse werden mit diesen der späteren Ätherwindversuchen verglichen.

2. Theorie

Die optische Anordnung des Ångströmschen Versuches ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Sonnenlicht von Heliostat wurde senkrecht auf ein Diffraktionsgitter geführt; Der Winkel zwischen vierten Diffraktionsmaxima der Fraunhoferschen D-Linien wurde mithilfe eines Goniometers bestimmt. Die Messungen wurden während einer Woche an verschiedenen Tagen und Uhrzeiten durchgeführt.

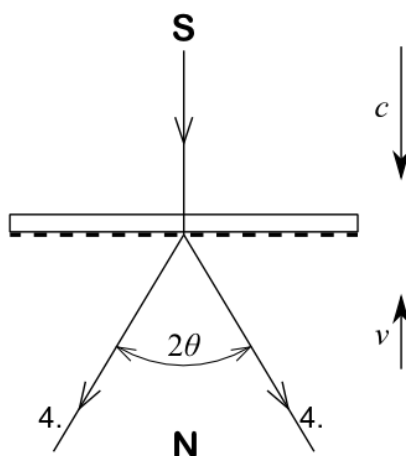


Abb. 1. Schema des Ångströmschen Versuches von 1862.

c und v kennzeichnen entsprechend die Geschwindigkeit des Lichts und der Apparatur bezüglich des Äthers.

Wenn man die Rotation der Erde vernachlässigt (die Tangentialgeschwindigkeit der Erdoberfläche in Uppsala ist 74-mal kleiner als die Orbitalgeschwindigkeit der Erde), kann man annehmen, dass die Konfiguration und die Entfernungen zwischen Komponenten im System "Lichtquelle – optische Elemente – Beobachter" nicht ändern, und der Frequenz des Lichts ist in allen Punkte des Systems der gleiche. Auch können wir das Gitter als stehend und die Lichtgeschwindigkeit als variabel annehmen. Es bewege der Gitter in die Richtung seiner Normale. Kraft diesen Voraussetzungen und der Isotropie des Äthers kann man den Diffraktionswinkel leicht von geometrischen Verhältnisse gemäß Abb. 2 bestimmen.

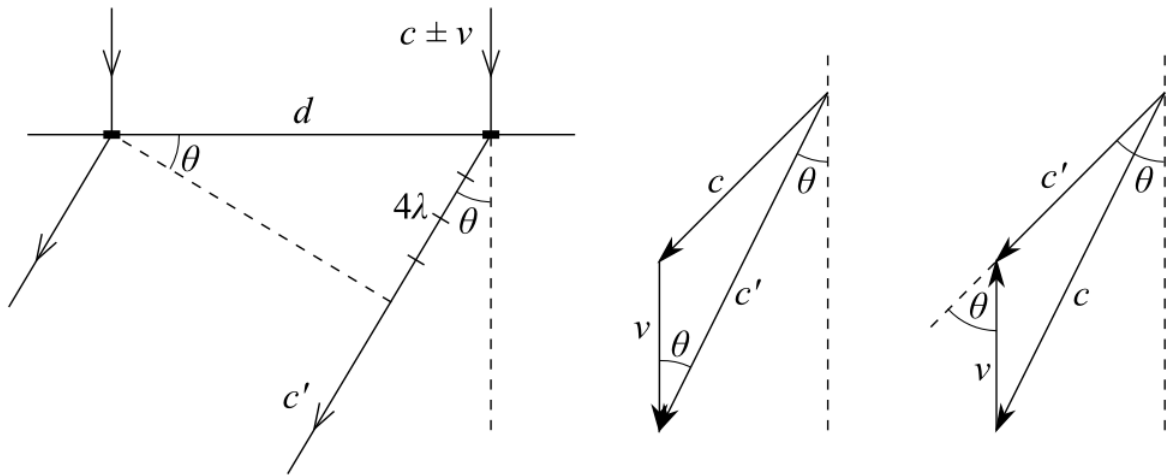


Abb. 2. Diffraction an einem beweglichen Gitter.

Von Schema auf linken Seite der Abb. 1: $\sin \theta = \frac{4\lambda}{d} = \frac{4c'}{fd}$, wovon $c' = \frac{fd}{4} \sin \theta$, (1)

wo λ ist die Wellenlänge des Lichts.

Für Dreieck v, c, c' folgert aus Kosinussatz (in Allgemein $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$):

$$c^2 = c'^2 + v^2 - 2c'v \cos \theta. \quad (2)$$

Weil $\cos(180^\circ - \theta) = -\cos \theta$, ist (2) für beide Richtungen des Vektors \mathbf{v} gültig.

Substituiert man nun c' in der Gleichung (2) mit Formel (1), bekommt man eine den Winkel θ bestimmende Gleichung:

$$\frac{1}{16} f^2 d^2 \sin^2 \theta - \frac{1}{2} f d v \sin \theta \cos \theta + v^2 - c^2 = 0. \quad (3)$$

Falls die Geschwindigkeit \mathbf{v} nicht normal zur Gitterebene liegt, kann man doch vermuten, dass die Querkomponente des \mathbf{v} einen Diffraktionswinkel gleichermaßen vergrößert als den anderen verringert.

3. Versuch

Ångström verwandte in seinem Versuch ein Glasgitter mit 4501 Strichen und Gitterkonstante 0,000166854 pariser Zoll (4,516 729 μm). Es wurde der Winkel zwischen Diffraktionsmaxima von vierten Ordnung der Fraunhoferschen D-Doppellinien gemessen. Die Apparatur stand fest; das einfallende Licht hatte immer die Richtung von Süden nach Norden.

Nach Ångström sollte der Winkel zwischen Diffraktionsmaxima für ein unbewegtes Gitter $2\theta_0 = 62^\circ 55' 41,2''$ betragen, und die Änderung des Winkels 2θ für ein bewegend mit Orbitalgeschwindigkeit der Erde Gitter $2\Delta\theta = 24,9''$.

Die Meßergebnisse sind in der Tabelle 1 gegeben. In Spalten "V = 0" bis "V = V₀" sind korrigierte für verschiedene Geschwindigkeiten des Sonnensystems Differenzen des 2θ. Die Bewegungsrichtung des Sonnensystems wurde als α = 259,8°; δ = 34,5° (äquatoriale Koordinaten) angenommen, was entspricht der Bewegung in Richtung Sternbild Herkules. (Wie auch Babinet vermutete; siehe Zitat oben.)

Tabelle 1. Die Ergebnisse Ångströmsches Ätherwindversuches von 1862. V – Geschwindigkeit des Sonnensystems in Richtung Sternbild Herkules; V₀ – Orbitalgeschwindigkeit der Erde; V_{ISG} – Differenzen der diese Spalte sind gerechnet mit Annahme, dass der Ätherwind von Bewegung des Sonnensystems im Bezug des interstellaren Gas bestimmt ist (V = 22,5 km/s, α = 65°, δ = 17°). Die Daten sind aus den Artikel [3] gezogen, mit Ausnahme der letzten Zeile und der letzten Spalte.

Datum	Uhrzeit	Zahl der Messwerte	2θ, Mittelwert	2(θ ₀ - θ), Experimentelle Differenzen	2[(θ ₀ - (θ + Δθ)], Differenzen der theoretischen Werte von korrigierten Versuchsergebnissen (mit Berücksichtigung kosmischer Bewegung der Erde)				
					V = 0	V/V ₀ = 1/3	V/V ₀ = 1/2	V = V ₀	V _{ISG}
05.10	11:00	3	62°55'38"	+3"	+3"	+4"	+4"	+7"	6,9
05.10	15:30	3	62°55'53"	-11"	+9"	+5"	+3"	-2"	7,3
05.10	17:00	6	62°56'07"	-26"	-3"	-6"	-7"	-13"	-5,6
09.10, 10.10	15:42	6	62°56'00"	-19"	+2"	-1"	-3"	-9"	-0,5 -0,5
11.10	9:30	2	62°55'51"	-10"	-17"	-14"	-12"	-8"	-11,5
11.10	13:00	2	62°55'58"	-18"	-7"	-10"	-10"	-12"	-5,9
11.10	15:45	2	62°56'07"	-26"	-5"	-10"	-10"	-16"	-7,4
Summe der Quadranten der Differenzen:				2267"	462"	419"	427"	719"	367"
Mittlere quadratische Abweichung:				16,8"	7,6"	7,2"	7,3"	9,5"	6,77"

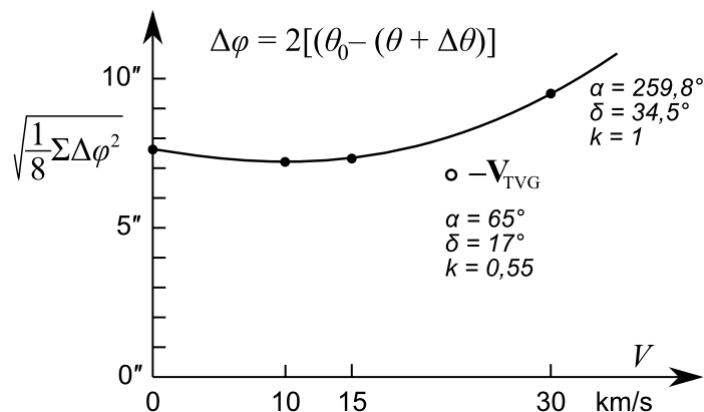


Abb. 3. Mittlere quadratische Abweichung der theoretischen Werte der Diffraktionswinkel-Veränderung in Abhängigkeit von Geschwindigkeit des Sonnensystems nach Sternbild Herkules.

In späteren Ätherwindversuchen (Miller, Joos, Múnera u.a.) hat man doch nicht eine gute Übereinstimmung mit solchem Modell gefunden, wo Sonne nach Sternbild Herkules bewegt. Probieren wir deshalb, ob die Datenpunkte von Ångström besser zum einen anderem kosmischen Ätherwindvektor entsprechen.

Nach Erfahrung aus der vorherigen Analyse [7] könnte eine von diesen acht Kombinationen von α und δ adäquater sein:

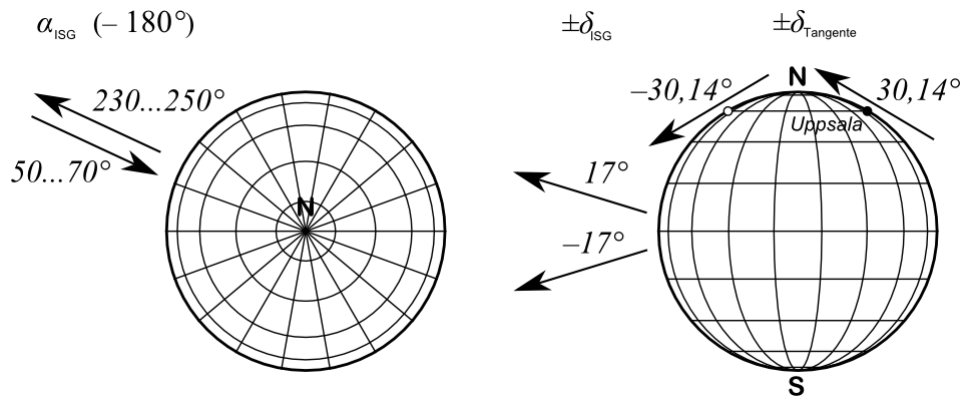


Abb. 4. Mögliche Richtungen des kosmischen Ätherwindvektors in Uppsala. Nach [7].

In Abb. 5 sind die Ausgangsdaten des Ångströmsches Versuches nach Uhrzeiten angeordnet und mit zwei nach Millersches Modell* gerechnete Kurven vergleicht – links gemäß Babinet’s Hypothese, und rechts mit einem kosmischen Vektor, welcher die experimentelle Daten am besten nähert.

Bei der Rechnungen wurden heutige offizielle physikalische Konstanten verwendet: $\lambda_{D1} = 589,594$ nm; $\lambda_{D2} = 588,997$ nm; $c = 299792,458$ km/s. Nach Gleichung (3) bekommt man $\theta_0 = 31^\circ 27' 30''$ und für $v = 29,78$ km/s (mittlere Orbitalgeschwindigkeit der Erde) $2\Delta\theta = 21,39''$. Als Uhrzeit wurde lokale Sonnenzeit angenommen, weil eine staatliche *normaltid* in Schweden erst im Jahr 1879 eingeführt wurde. Der Effekt der Rotation der Erde (Doppler-Effekt) in $\Delta\theta$ beträgt nur einen Bruchteil des Winkelsekundes.

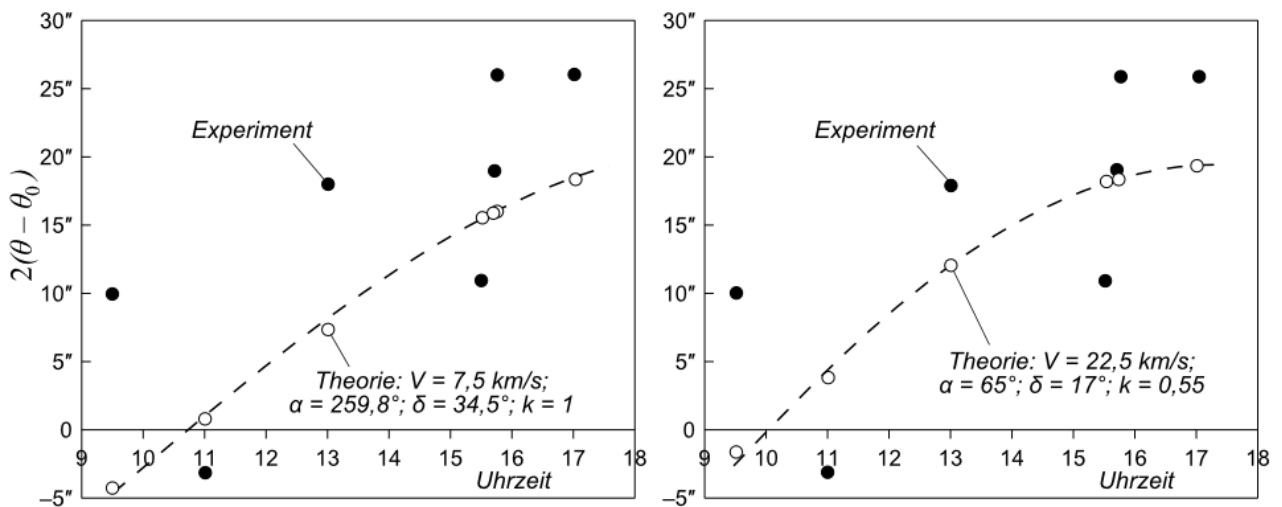


Abb. 5. Vergleich Ångströmscher Ergebnisse (von Tabelle 1) mit gerechnetem nach Millersches Modell Gang von $2\Delta\theta$. Links – mit Annahme, dass Ätherwind der Bewegung des Sonnensystems nach Sternbild Herkules entspricht; rechts – mit Annahme, dass Ätherwind von Bewegung des Sonnensystems bezüglich Interstellares Gas bestimmt ist. Koeffizient k hat hier dieselbe Bedeutung als bei Miller – ein empirischer Zahl für Anpassung der gerechneten Werten mit Experiment. In interferometrischen Versuchen war $k \approx 0,05$.

Man kann folgern, dass die Ergebnisse Ångströmsches Versuches gut mit diesen von Michelson, Morley und Joos übereinstimmen, siehe Tabelle A1.

Doch ist die größte gerechnete Geschwindigkeit des Ätherwindes in der Horizontalebene 27 km/s, was fast dreimal größer ist als von späteren interferometrischen Versuchen bestimmt (max. 11 km/s).

* Nach Miller abschwächt Ätherwind sich nahe zur Erdoberfläche, doch dabei seine kosmische Richtung erhaltend.

4. Mascartsche Versuche

Ångströmscher Versuch wurde von Eleuthère Mascart (École Normale Supérieure, Paris) in Jahren 1869–1871 wiederholt [6].

In den ersten Experimenten im August 1869 wurden Gitter mit 1801 und 3601 Strichen verwendet; es wurden Spektren von 5. Ordnung der D- und d-Linien in Sonnenlicht beobachtet. Die Beobachtungen wurden mittags durchgeführt. Die Versuchsanordnung wurde abwechselnd nach Osten und nach Westen orientiert. Nach Babinet'sche Theorie wartete man eine Änderung des Winkels zwischen Diffraktionsmaxima um $26,57''$ – mit Vermutung, dass der Ätherwind der Orbitalgeschwindigkeit der Erde entspricht. Die Auslösungsgrenze wurde geschätzt auf $5''$.

Am Anfang wurden zufällige Fluktuationen des Winkels bis $18''$ beobachtet; mit Mittelwert von $4''$; aber nach Vervollkommnung des Systems versanken diese unter Auslösungsschwelle des Experimentes. Keine konkrete Daten sind erhältlich.

Am Mittag den 25. April 1870 veranstaltete Mascart noch ein Experiment mit einem Gitter mit etwa 3000 Strichen (Länge 15 mm; 200 Strichen per Millimeter). Als Lichtquelle bediente eine Funkentladung zwischen zwei Natriumstücke; es wurden fünfte Diffraktionsmaxima der D-Doppellinien des Natriums beobachtet. Auslösung der Beobachtungen wurde auf $3''$ geschätzt. Doch wurde keine Änderung in die Lage der Diffraktionsmaxima gefunden wenn man die Apparatur abwechselnd nach Osten und nach Westen orientierte.

Mascart betrachtet nicht die Möglichkeit, dass der Ätherwind eine verschiedene von Orbitalgeschwindigkeit der Erde Richtung haben kann, obwohl Babinet das vermutete und Ångströmscher Versuch das unterstützte. Auch nicht, dass der Ätherwind nahe der Erdoberfläche schwächer als weit von der Erde sein kann; obwohl G. G. Stokes das schon im Jahr 1845 vorgeschlagen hatte, um Sternaberration zu erklären [9].*

Mascarts Schätzungen für Entdeckungsschwelle der Diffraktionswinkel-Veränderungen ($5''$, $4''$ und $3''$) sind nicht ganz überzeugend. So schreibt er in Zusammenhang der Versuchen des Jahres 1869:

En tout cas, it parait difficile qu'une différence de 26 secondes ait pu échapper, ... (S. 168)

Das erweckt den Eindruck, dass die Auslösung nicht sicher $4-5''$, aber eher zwischen $4''$ und $26''$ lag.

Und zum Experiment von 1870:

Si l'instrument peut séparer un angle de 20 secondes, il permet de constater une coïncidence avec une erreur moindre que 3 secondes. (S. 191)

- - -

Je crois donc qu'un déplacement de 3 secondes n'aurait pas échappé dans cette expérience, qui été faite avec le plus grand soin et répétée un grand nombre de fois. L'erreur expérimentale était ici bien inférieure à l'aberration et un déplacement auxquels on aurait pu s'attendre. (S. 191)

Eine direkte Bestimmung von Beobachtungsauslösung würde sicher möglich sein – mithilfe irgendwelche Änderungen im System. Zum Beispiel B. Strasser modifizierte am 1906 Lichtgeschwindigkeit im Luft mittels Ätherdampf [10].

* Auch Michelson und Morley betrachteten seine Versuche gescheitert auf Grund, dass die beobachteten Signale nicht einem Ätherwind von Stärke 30 km/s in Richtung der Orbitalbewegung der Erde entsprachen. Erst D. C. Miller kehrte in 1920-en Jahren zu Ideen von Stokes, Babinet und Ångström zurück.

Als man annimmt, dass der Ätherwind neben der Erdens Orbitalgeschwindigkeit auch von Bewegung des Sonnensystems abhängt, können die Ergebnisse der Mascartschen Versuchen mindestens qualitativ erklärt werden.

Mit dem kosmischen Ätherwindvektor, welcher sich den Ångströmschen Ergebnissen gut anpasst ($V = 22,5 \text{ km/s}$, $\alpha = 65^\circ$; $\delta = 17^\circ$) sehen die Verhältnisse während Mascartschen Versuchen wie auf Abb. 6 aus:

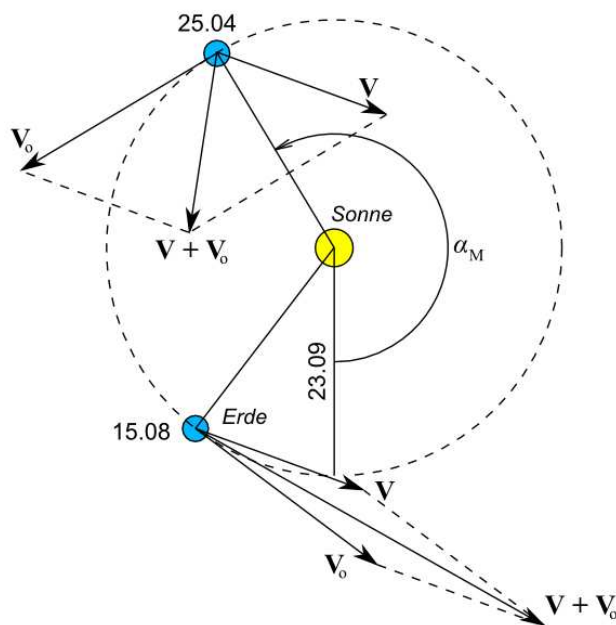


Abb. 6. Qualitative Erklärung, warum in Mascartschen Versuchen im August eine Änderung des Diffraktionswinkels beobachtet wurde, im April aber nicht. \mathbf{V} – Geschwindigkeit des Sonnensystems; \mathbf{V}_0 – Erdens Orbitalgeschwindigkeit.

Im August mittags liegt die Summe $\mathbf{V} + \mathbf{V}_0$ fast in der Horizontalebene und hat Ost-West -Richtung; im April dagegen steht die Projektion von $\mathbf{V} + \mathbf{V}_0$ ganz senkrecht zur Horizontalebene. Das bekräftigt auch eine Rechnung:

Für Diffraction der 5. Ordnung hat die Gleichung (3) Form:

$$\frac{1}{25} f^2 d^2 \sin^2 \theta - \frac{2}{5} f d v \sin \theta \cos \theta + v^2 - c^2 = 0. \quad (4)$$

Für $\lambda_1 = 589,5924 \text{ nm}$ und $\lambda_2 = 588,9950 \text{ nm}$ (D-Linien des Natriums) bekommt man für Diffraktionswinkels Veränderung bei $\Delta c = V_0 = 29,78 \text{ km/s}$ $2\Delta\theta = 24,15''$. Mit kosmischen Ätherwindvektor $V = 22,5 \text{ km/s}$, $\alpha = 65^\circ$; $\delta = 17^\circ$ und $k = 0,55$ wird im April $2\Delta\theta = \pm 6,3''$ ($\Delta c = 8,8 \text{ km/s}$).

Doch ist Millersches Modell nicht perfekt; und die Ångströms Daten nicht fehlerfrei – so bekommt man z.B. mit $V = 37 \text{ km/s}$, $\alpha = 65^\circ$; $\delta = 17^\circ$; $k = 0,45$ (welches auch Ångströms Datenpunkte gut nähert) im Fall Mascart im April nur $2\Delta\theta = \pm 2,66''$. (Auslösung war $3''$.)

Es ist auch wahrscheinlich, dass mindestens im 1870 Mascart eine starke Voreingenommenheit hatte einen Nullresultat zu bekommen, weil er inzwischen ein theoretisches Modell entwickelt hatte, aus welchem folgte, dass die Bewegung der Erde keinen Einfluss auf die Diffraktionswinkel haben muss, und beschränkte sich deswegen am 25 August nur mit einer kurzen Beobachtung am 12 Uhr.

So schreibt Mascart in der Einleitung zu letzteren Experimenten:

VI. Nouvelles expériences.

Malgré cette démonstration, je n'ai pas cru inutile de faire encore quelques expériences pour vérifier, avec toute la précision possible : 1° que la lumière solaire et celle d'une source terrestre de même période éprouvent toujours la même diffraction ; 2° que le mouvement de la Terre n'a pas d'influence sur cette diffraction.

Literaturhinweise

1. R. Martins, O éter e a óptica dos corpos em movimento: a teoria de Fresnel e as tentativas de detecção do movimento da terra, antes dos experimentos de Michelson e Morley (1818-1880). Cad. Bras. Ens. Fís., 2012, v. 29, n. 1, p. 52-80.
2. H. Fizeau, Sur les hypothèses relatives à l'éther lumineux. Et sur une expérience qui paraît démontrer que le mouvement des corps change la vitesse avec laquelle la lumière se propage dans leur intérieur. – Essai de cette méthode. Annales de Chimie et de Physique, 3^e série, tome 58 (Février 1860), p. 129–163.
3. A. J. Ångström, Neue Bestimmung der Länge der Lichtwellen, nebst einer Methode, auf optischem Wege die fortschreitende Bewegung des Sonnensystems zu bestimmen. Annalen der Physik und Chemie, 1864, Bd. 123, S. 489-505.
4. J. Babinet, De l'influence du mouvement de la Terre dans les phénomènes optiques. Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences de Paris, 1862, tome 55, p. 561–564.
5. V. S. M. van der Willigen, Mémoire sur la détermination des longueurs d'onde du spectre solaire. Archives du Musée Teyler, vol. I, fascicule I. Musée Teyler, Harlem, 1875, p. 1–33.
6. E. Mascart, Sur les modifications qu'éprouve la lumière par suite du mouvement de la source lumineuse et du mouvement de l'observateur (première partie). Annales scientifiques de l'École Normale Supérieure, 1872, Sér. 2, tome 1, p. 157–214.
7. A. Kruusing, Joosscher Ätherwind-Versuch – eine Neubewertung. The general science journal, 2015.
8. E. Mascart, Sur les modifications qu'éprouve la lumière par suite du mouvement de la source lumineuse et du mouvement de l'observateur (deuxième partie). Annales scientifiques de l'École Normale Supérieure, Sér. 2. 1874, tome 3, S. 363–420.
9. G. G. Stokes, On the aberration of light. Philosophical Magazine, 1845, vol. 27, p. 9–15.
10. B. Strasser, Der Fizeausche Versuch über die Änderung des Polarisationsazimuts eines gebrochenen Strahles durch die Bewegung der Erde. Annalen der Physik, 1907, Bd. 329, Nr. 11, S. 137–144.

Anhang

Korrekturen zu vorherigen Artikel

In dem Algorithmus, mit welchem in vorigen Artikel [A1, A2] die Projektionen des kosmischen Ätherwindvektors auf Horizontalebene gerechnet wurden, wurde ein Fehler gefunden, welcher die Resultate bei gewissen Jahres- und Uhrzeiten beeinflusste. Die allgemeine Schlussfolgerungen bleiben doch in der Kraft.

Hier sind die wichtigsten Resultate korrigiert.

Michelson 1881

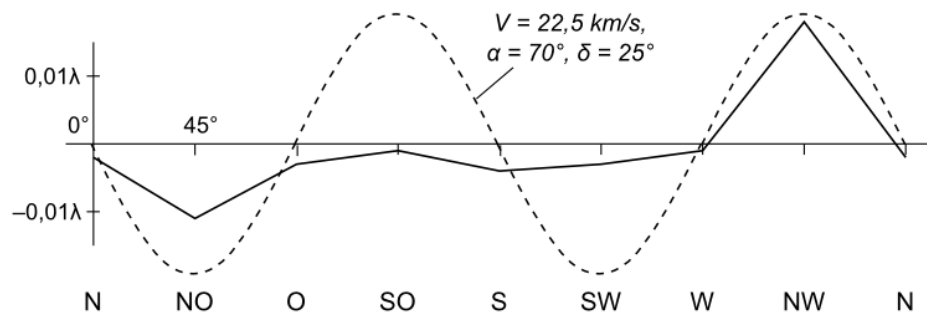


Abb. A1. Michelsons Resultat von 1881 steht in Einklang mit Joossches von 1930.

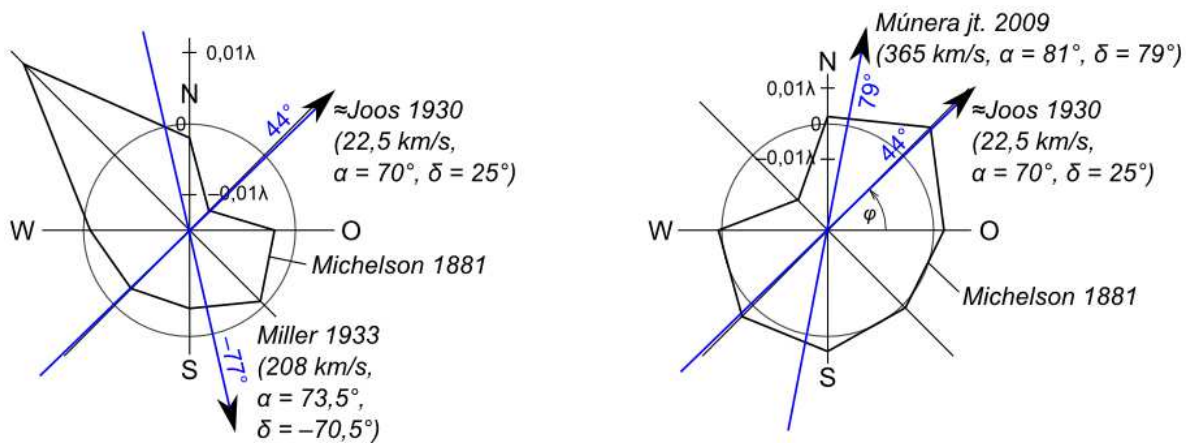


Abb. A2. Vergleich der Anisotropie der Lichtausbreitung nach Michelson-Versuch von 1881 mit Ergebnisse anderer Forscher.

Michelson und Morley 1887

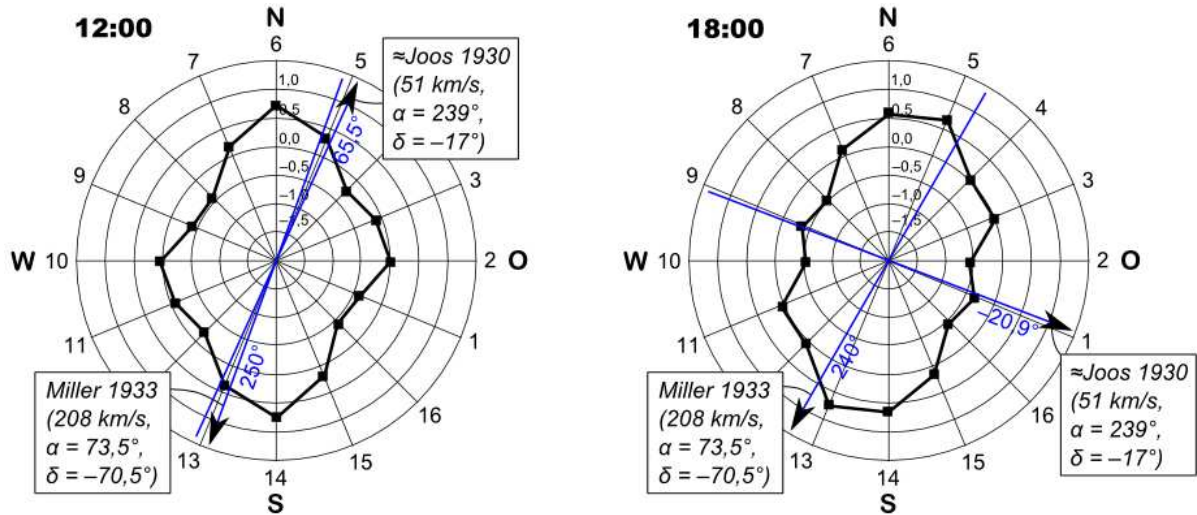


Abb. A3. Vergleich der Anisotropie der Lichtausbreitung nach Michelsoni und Morley 1887 mit Joosscher Ergebnissen. Versuchsdaten nicht invertiert.

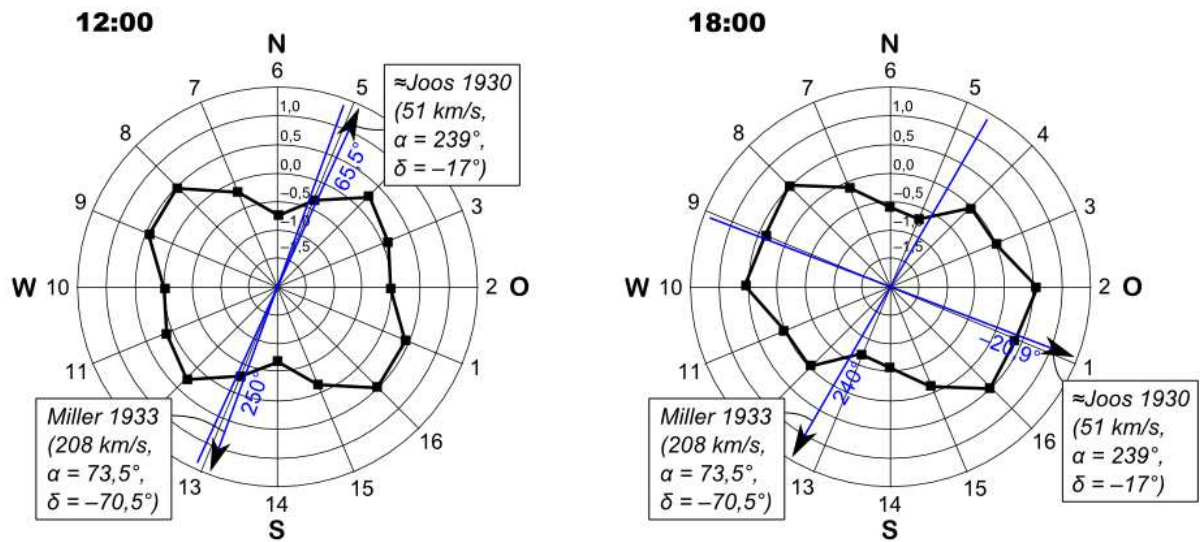


Abb. A4. Vergleich der Anisotropie der Lichtausbreitung nach Michelsoni und Morley 1887 mit Joosscher Ergebnissen. Versuchsdaten invertiert.

Joos 1930

a) Hodograph und dessen Annäherung nach Millersches Modell*.

Kein solcher kosmischer Ätherwindvektor wurde gefunden, welches ein elliptisches Hodograph mit dieselben Längen von Halbachsen als im Experiment beobachtet gibt – die kleinere Halbachse bleibt auf jeden Fall kleiner.

Auf Abb. A4 sind die Varianten mit kleinsten V und k dargestellt.

* Nach Miller abschwächt Ätherwind sich nahe zur Erdoberfläche, doch dabei seine kosmische Richtung erhaltend.

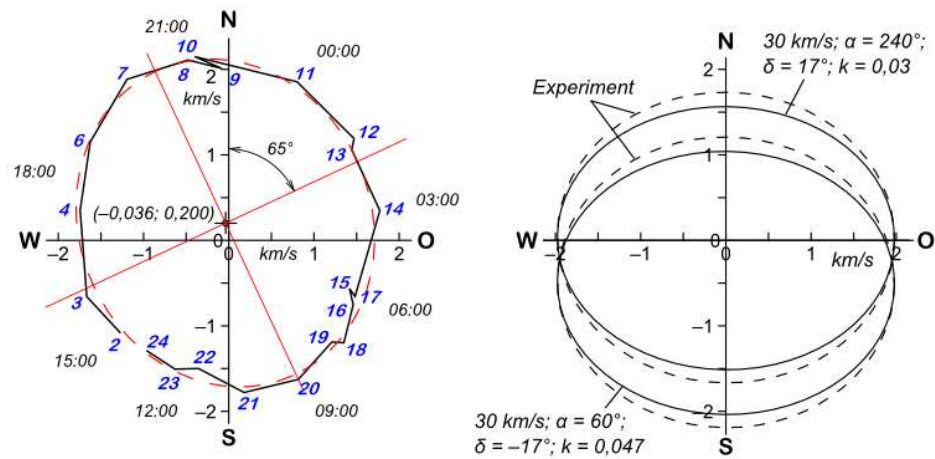


Abb. A5. Hodograph des Ätherwinds gemäß Joosscher Versuch und Vergleich diesen mit gerechneten nach Millersches Modell Hodographen. Halbachsen der Näherungsellipse des experimentellen Hodographs: 1,95 km/s und 1,71 km/s. Warum experimentelle Hodographen im Bezug auf theoretischen gedreht sind (hier und bei Miller), ist nicht klar.

b) Falls man die Geschwindigkeit des Ätherwinds möglichst gut annähert, Abb. A6, wird die Richtung (Azimut) des Ätherwinds verschoben, Abb. A6. Diese Annäherung ist analogisch den Millerschen von 1933; doch passt das Maß der Verschiebung des Azimuts auf Joosscher Fall nicht ins jährlicher Gang der Azimute nach Miller.

c) Falls man die Änderung der Richtungen (Azimuten) des Ätherwinds möglichst gut annähert, wird der Geschwindigkeit-Charakteristik invertiert, Abb. 7.

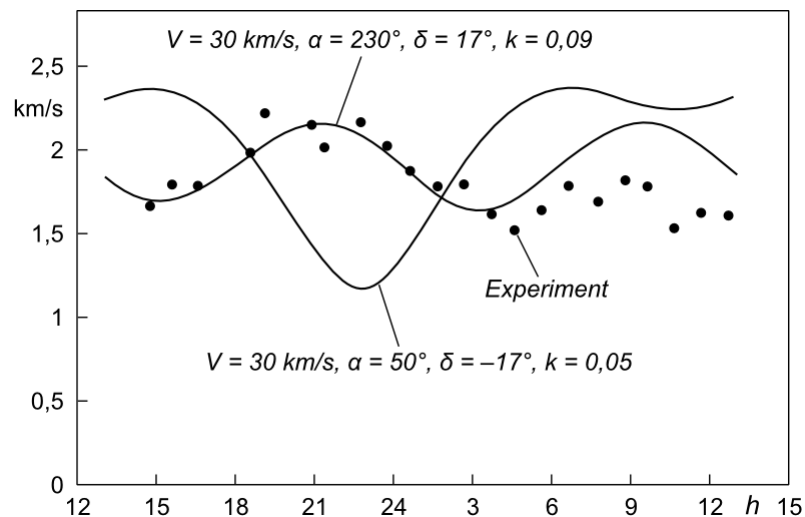


Abb. A6. Vergleich von Geschwindigkeitsgang der Joosschen Ergebnisse mit einige gerechnete nach Millersches Modell Geschwindigkeitsgänge.

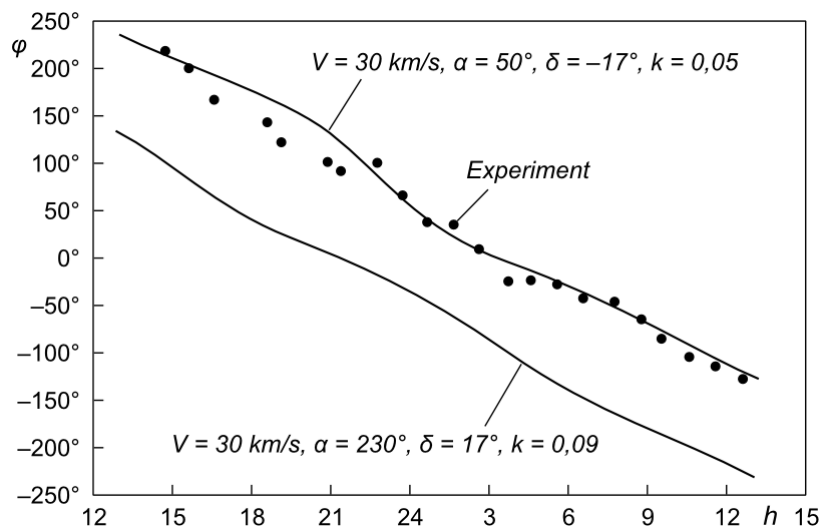


Abb. A7. Vergleich von Richtungsgang der Joosschen Ergebnisse mit einige gerechnete nach Millersches Modell Richtungsgänge. Die obere Kurve folgt den Gang der Datenpunkte zwischen 23–16 Uhr, die untere (verschobene) Kurve ist ähnlich mit dem Verlauf der Datenpunkte zwischen 16–24 Uhr,

Zusammenklang zwischen verschiedenen Ätherwindversuchen

Wie die Tabelle A1 zeigt, sind die Ergebnisse verschiedener Ätherwindversuche mit eine beschränkte Anzahl von kosmischen Ätherwindvektoren innerhalb Millersches Modells weitgehend befriedigend beschreibbar. Obwohl Millersches Modell manche wesentliche Merkmale der Beobachtungen nicht erklärt, lasst es folgern, dass alle positive Ätherwindversuche von dasselbes kosmisches Phänomen wenigstens beeinflusst sind.

Tabelle A1. Vergleich besten Annäherungen verschiedener Ätherwindversuche nach Millersches Modell. ISG – interstellares Gas.

Variante	Wahl des Vektors \mathbf{V}	Forscher	Angström	Michelson	M&M	Miller	Joos	Múnera et al.
		Jahr(e)	1862	1881	1887	1925–26	1930	2003–05
		Ort	Uppsala	Potsdam	Cleveland	Mt Wilson	Jena	Bogotá
		Geogr. Breite	58°51,5'	52°24'	41°29'	34°14'	51°	4°36'
		Tangente d. Erde φ	31°8,5'	37°36'	48°31'	55°46'	39°	85°24°
		Achse der ISG *)	65°/245°	58°/238°	59°/239°	65°/245°	65°/245°	77°/257°
I	$V = 1...2 \times V_{\text{ISG}}$ $\alpha \approx \alpha_{\text{ISG}} - 180^\circ$ $\delta = \pm \delta_{\text{TVG}}$	V , km/s	22,5	22,5	51	–	30	–
		α	65°	70°	239°	–	50°	–
		δ	17°	25°	–17°	–	–17°	–
II	$V = 1...2 \times V_{\text{ISG}}$ $\alpha \approx \alpha_{\text{ISG}}$ $\delta = \pm \delta_{\text{ISG}}$	V , km/s					30	
		α					230°	
		δ					17°	
III	$V > 200 \text{ km/s}$ $\alpha \approx \alpha_{\text{ISG}} (+180^\circ)$ $\delta \approx -\varphi$	V , km/s	–	–	–	208		500
		α	–	–	–	73,5°		250°
		δ	–	–	–	–70,5°		–75°
IV	$V > 200 \text{ km/s}$ $\alpha \approx \alpha_{\text{ISG}} (+180^\circ)$ $\delta \approx +\varphi$	V , km/s	–	–	–	~200		365
		α	–	–	–	262,5°		81°
		δ	–	–	–	65...68°		79°

*) Mit Berücksichtigung wahrscheinlicher Änderung der Bewegungsrichtung des Sonnensystems im Bezug auf interstellares Gas, siehe [A2], Abb. 20.

Die Varianten III und IV gehören zu Versuchen, welche näher zum Erdäquator durchgeführt wurden; weil die I und II weiter im Norden stattfanden. So ist es möglich, dass bei allen Fällen nur die Tangente der Erdoberfläche entscheidend ist.

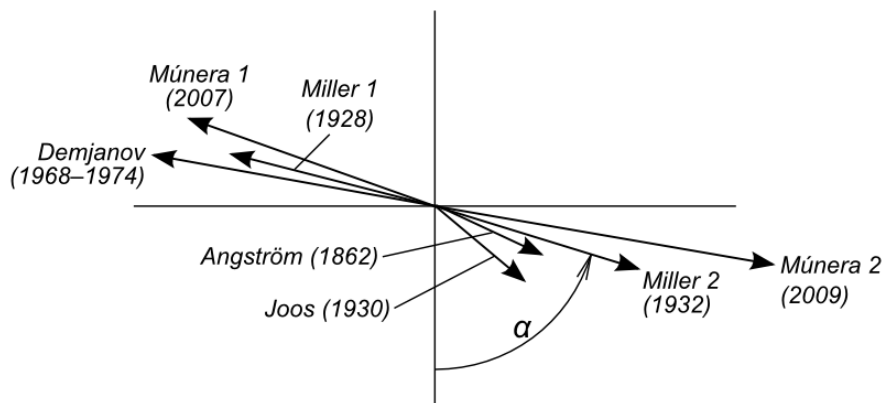


Abb. A8. Vergleich Ångströmsches Versuchs mit interferometrischen Ätherwindversuchen (Rektaszensionen des Ätherwindes). Nach [A3].

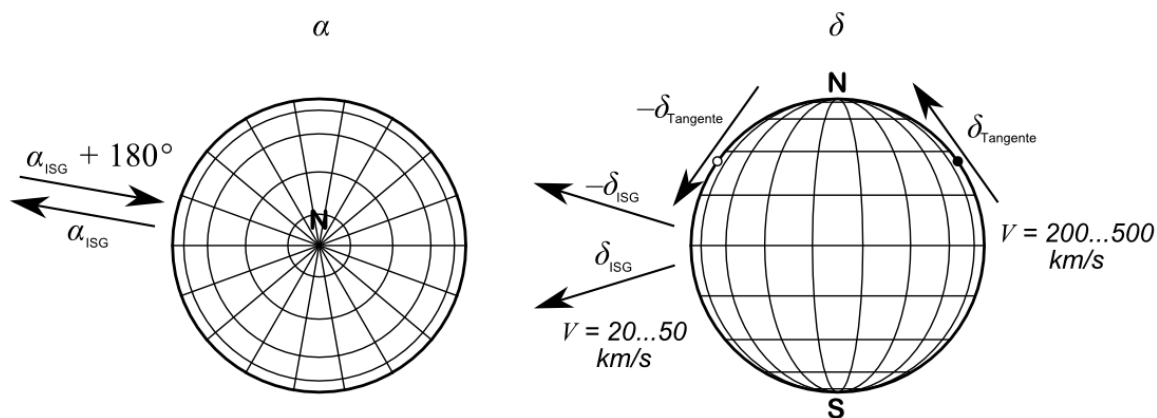


Abb. A9. Varianten für Annäherung der Ergebnisse von Ätherwindversuchen mittels Millersches Modell.

Literaturhinweise

- [A1] A. Kruusing, Die Richtungsabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit gemäß des Michelson-Morley-Versuchs. The general science journal, 2014.
- [A2] A. Kruusing, Joosscher Ätherwind-Versuch – eine Neubewertung. The general science journal, 2015.
- [A3] 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.