

Werk

Titel: Die Einsteinsche Gravitationstheorie und die Sonnenfinsternis im Mai 1919

Autor: Birck, O.

Ort: Berlin

Jahr: 1917

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0005|log553

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Fünfter Jahrgang.

16. November 1917.

Heft 46.

Die Einsteinsche Gravitationstheorie und die Sonnenfinsternis im Mai 1919.

Von Dr. O. Birck,

Wiss. Hilfsarb. des Kgl. Astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam.

Inhaltsangabe: a) Die Deutsche Expedition 1914. Die Finsternis von 1919 als günstiger Prüfstein für Einsteins Voraussagen. Literatur. b) Zustandekommen und Vorausberechnung der Finsternis. c) Das Sichtbarkeitsgebiet der Finsternis. Die Landkarten. d) Die Dauer der totalen Verfinsternung. Verfinsterte Inseln. e) Die auf Einsteinsche Verschiebung zu prüfenden Sterne. f) Gesichtspunkte für die Auswahl des Reiseziels der Expeditionen: Tageszeit, Bewölkung, Luftunruhe, Transportverhältnisse, Schlafkrankheit. g) Die englischen Reiseziele. h) Besorgnisse wegen der Luftunruhe. Land- oder Seestation? Vorteil Brasiliens.

a) Die deutsche Expedition von 1914. Die Wichtigkeit der am 29. Mai 1919 bevorstehenden Sonnenfinsternis für die experimentelle Prüfung der Einsteinschen Theorie.

Nach Einsteins Gravitationstheorie erleidet ein Lichtstrahl eine Krümmung, wenn er ein Gravitationsfeld durchsetzt. Zur experimentellen Prüfung dieser wichtigen Folgerung der Relativitätstheorie bieten sich in erster Linie die totalen Sonnenfinsternisse dar, da wir während dieser in unmittelbarer Nähe des Sonnenrandes Fixsterne beobachten können. Die stärkste Versetzung erleiden Sterne dicht am Sonnenrande, sie beträgt 1,75 Bogensekunden; Sterne im Abstände r vom Sonnenzentrum werden um $1,75 (r_0 : r)$ Bogensekunden versetzt, wenn r_0 den Radius der Sonne bezeichnet. Ortsveränderungen der Sterne von der Größenordnung einer Bogensekunde festzustellen, erfordert sehr vollkommene Hilfsmittel und liegt dann gerade noch an der Grenze des Erreichbaren.

Die ersten Astronomen, die den Entschluß faßten und verwirklichten, eine Expedition eigens zum eben erwähnten Zweck auszurüsten, waren E. Freundlich und W. Zurhellen von der Berliner Sternwarte. Mit einem eigens für diesen Zweck gebauten, aus vier photographischen Fernrohren bestehenden Instrument unternahmen sie Ende Juli 1914 die Reise nach der Krim, um dort, in Feodosia, während der totalen Sonnenfinsternis am 21. August 1914, Aufnahmen des Sternenhimmels in der Umgebung der verfinsterten Sonne zu machen, auf denen sie zum ersten Male eine experimentelle Bestätigung der Einsteinschen Verschiebung zu erlangen hofften. Der Kriegsausbruch vereitelte das Unternehmen. Über das Schicksal der deutschen Finsternisexpedition in Rußland vgl. Vierteljahresschrift der Astronomischen Gesellschaft, 50. Jahrg. (1915). S. 52, 56, 76

bis 78, 115—118. Während Zurhellen und Freundlich nach längerer Gefangenschaft heimkehren konnten, befindet sich ihre instrumentelle Ausrüstung noch jetzt in russischem Gewahrsam. Zurhellen fiel im Juli 1916 vor dem Feinde; vgl. den Nachruf in Astronom. Nachr. Bd. 203 (1916), Nr. 4856, S. 131.

Literatur über die astronomische Seite der Einsteinschen Theorie sowie die von englischer Seite für 1919 in Aussicht genommene Expedition:

A. Einstein, Annalen der Physik (4) 35 (1911), S. 908 und (4) 49 (1916), S. 822.

E. Freundlich, Astron. Nachr. Bd. 193 (1913), Nr. 4628, S. 369, sowie dessen Buch „Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie“, Berlin (Springer) 1916, S. 47, endlich: Vierteljahresschrift der Astronomischen Gesellschaft, 52. Jahrg., Lpz. 1917, S. 129—151.

W. de Sitter, Monthly Notices of the R. Astronomical Society, vol. 76, S. 699—728, bes. S. 719; fortgesetzt in vol. 77, S. 155—184, London 1916.

F. W. Dyson, Monthly Notices of the R. Astronomical Society, vol. 77, London, März 1917, S. 445.

Ferner in den Heften Nr. 512 und Nr. 515, S. 153 bis 156 und 269 der Londoner Monatsschrift „The Observatory“ (1917) Erörterungen von F. W. Dyson, H. H. Turner, A. R. Hinks und J. Evershed.

Natürlich lag es nach dem Scheitern der Krimexpedition nahe, nicht erst eine neue Finsternis abzuwarten, sondern auf vorhandenen Aufnahmen älterer Sonnenfinsternisse nach Sternen in der Nähe des Sonnenrandes zu suchen, die den Einsteineffekt zeigen könnten. Diese Bemühungen, über die Freundlich, Dyson und Turner l. c. berichten, scheiterten daran, daß jede der untersuchten Platten, die ja zu ganz anderem Zweck aufgenommen waren, hinter den neuartigen Anforderungen in der einen oder anderen Beziehung zurückblieb. Wir besitzen daher auch heute noch keinen experimentellen Beweis für oder gegen die von Einstein behauptete Krümmung der Lichtstrahlen in Schwerefeldern.

Nun entwickelt aber Dyson l. c. den Plan, ausgiebige Vorbereitungen zur Entscheidung der Frage gelegentlich der totalen Sonnenfinsternis zu treffen, die am 29. Mai 1919 in den äquatorialen Teilen Südamerikas, des Atlantischen Ozeans und Afrikas zu sehen sein wird. Gerade diese Finsternis wird, wie Dyson hervorhebt, einen besonderen Vorteil bieten durch die ungewöhnlich große Zahl von hellen Sternen, die in der Nachbarschaft der verfinsterten Sonne zu sehen und zu photographieren sein werden. Indem er Sterne bis zur siebenten Größe berücksichtigt, findet er fünf Sterne, die eine Einsteinsche Verschiebung von 0,75 bis 1,72 zeigen müßten, und innerhalb eines Kreises von 80 Bogenminuten Radius acht weitere Sterne, die einer geringeren Verrückung unterliegen und daher sozusagen das Triangulations-

netz bilden würden, an dem man die Verrückungen der fünf erstgenannten Sterne müßte konstatieren können.

Leider liegt aber die Mehrzahl dieser Vergleichsterne zufällig auf derselben Seite der Sonne, und *Dyson* scheint demgemäß zu beabsichtigen, die Sonne nicht auf die Mitte der Platte bringen zu wollen, sondern um etwa 30 Bogenminuten abseits. Wir kommen unten, bei Fig. 7, darauf zurück.

Zunächst soll hier, in Anbetracht des großen Interesses, auf das die Frage nach astronomischen Kriterien für oder gegen die Relativitätstheorie in weiten Kreisen rechnen darf, auf die bevorstehende Finsternis selbst etwas näher eingegangen werden; der nachstehende Bericht möchte einiges vom Zustandekommen der Finsternis und von ihrer Vorausberechnung erzählen, dann aber auch an Hand der beigebrachten Landkarten im Kreise tropenkundiger Leser um Rat werben, an welchen Stellen des zur Auswahl von Expeditionszielen stehenden Ländergebiets man Ende Mai mit einiger Wahrscheinlichkeit auf klaren Tageshimmel rechnen kann. Zur Auswahl steht das Innere des auf den beigegebenen Landkarten, Fig. 2 bis 5, eingezeichneten, schmalen, leicht gekrümmten Bandes („Totalitätsband“), doch sind möglichst Orte zwischen dem 50. Grad westlicher und dem 20. Grad östlicher Länge von Greenwich zu wählen; in den dadurch ausgeschlossenen Endstücken des Totalitätsbandes stünde nämlich die verfinsterte Sonne weniger als 30 Grad über dem Horizont, so daß von der Luftunruhe und anderen mit der Nähe des Horizonts wachsenden Fehlerquellen ein Mißlingen der Aufnahmen zu besorgen wäre.

b) Das Zustandekommen der Sonnenfinsternis und ihre Vorausberechnung

sind in Fig. 1 veranschaulicht. Was wir als Sonnenfinsternis zu bezeichnen pflegen, würden wir, wenn wir auf der Sonne lebten, einen Vorübergang des Erdmördchens vor der Erdscheibe nennen. Auf diesen fingierten Standpunkt will uns Fig. 1 versetzen. Wir erblicken das Erdmördchen links an der Erdscheibe, eben im Begriff, seinen Vorübergang vor der Erde anzutreten. Es ist gerade mitteleuropäischer Mittag, 0 Uhr M. E. Z., des Finsternistags. Darum die Null beim Mondzentrum. Die Bahn, die das Mondzentrum zu begehen sich anschickt, ist durch die Gerade $m-m$ gegeben, und die Nullkreise mit römischen Zahlen bezeichnen den Platz, den das Mondzentrum um 0, I, II, III und IV Uhr M. E. Z. einnehmen wird. Da wir uns nun aber selbst in der Lichtquelle, auf der Sonne, befinden, so geben, in unserer Figur, die Punkte 0, I, II, III, IV zugleich auch die jeweilige Lage des Mittelpunktes jener Schattenfigur an, in welcher die Erdoberfläche jeweils den wandernden Schattenkegel des Mondes auffängt. Ist diese Schattenfigur auch, als Durchdringungsfigur von Kegel und Kugel, ein doppelt gekrümmtes Oval im

Raume, so erscheint sie uns, der Lichtquelle, doch als Kreis, und zwar gerade von der Größe der Nullkreise. Es ist natürlich der *Kernschatten* gemeint, den der Kernschattenkegel, d. h. der gemeinsame äußere Berührungskegel der Sonnenkugel und des Mondkugelhens, auf der Erde abzeichnet. (Der *innere* Berührungskegel, der sog. Halbschattenkegel, der einem großen Teil der Erdoberfläche eine *partielle* Sonnenfinsternis verschafft, interessiert uns hier nicht. Nähere Angaben über ihn bringt das Berliner Astronomische Jahrbuch für 1919 auf Seite 376.)

Weil die sichtbare Erdhalbkugel sich uns und dem Monde entgegenwölbt, so fallen die Schattenkreise um so größer aus, je näher sie in der Figur dem Mittelpunkt der Erdscheibe stehen. Der geometrische Ort all der Lagen, die der Schattenkreis nach und nach annimmt, ist daher ein schmales, langes Band, das, in der Mitte am breitesten, nach beiden Enden hin sich allmählich verjüngt.

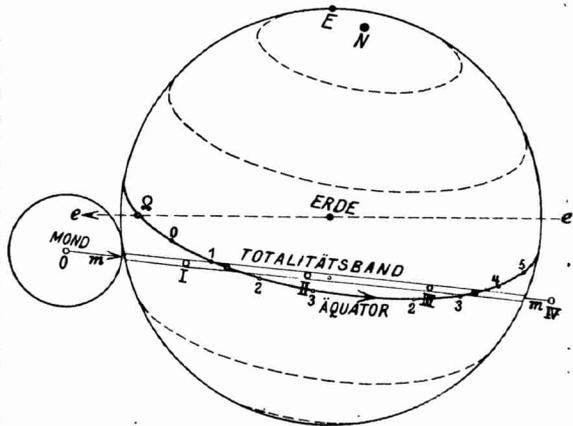


Fig. 1. Mond, Erde und Totalitätsband auf der Erde, gesehen von der Sonne am 29. Mai 1919.

Man nennt dieses in Fig. 1 eingezeichnete Band das „Totalitätsband“, weil jeder Ort, der innerhalb dieses Bandes auf der Erde liegt, an jenem Tage eine totale Sonnenfinsternis erleben wird. Fragen wir, welcher Erdort erlebt zu einer bestimmten Stunde M. E. Z. eine totale Sonnenfinsternis, so suchen wir auf der römischen Zeitskala die entsprechende Stelle auf und lesen am System der Breitenkreise der Erde — es sind die Kreise mit 0, $\pm 30^\circ$ und $\pm 60^\circ$ Breite eingezeichnet — die geographische Breite ohne weiteres ab. Um die geographische Länge zu bekommen, hat man noch zu ermitteln, welcher Punkt dieses Breitenkreises im Verlauf seines täglichen Umschwungs um die Erdachse gerade zur richtigen Zeit im Schattenkreise eintrifft. Die Figur erläutert das für den Fall des Äquators. Die Rechnung ergibt erstens, daß die Achse des Schattenkegels um $1^h 20^m$ M. E. Z., und dann später nochmals um $3^h 23,5^m$ M. E. Z., den

Äquator schneidet; zweitens, daß die in $32^{\circ} 30'$ westlicher und in $11^{\circ} 20'$ östlicher Länge von Greenwich gelegenen Äquatororte zu den eben genannten Zeiten an den gleichen Orten wie der Schattenkreis stehen, hier also eine totale Sonnenfinsternis erleben. Für den ersteren Erdort zeigt Fig. 1 seine Plätze um 0, 1, 2, 3 Uhr M. E. Z. durch die entsprechend arabisch bezifferten Nullenkreise in der linken Hälfte des Äquators auf; ähnlich können wir auf der rechten Hälfte des Äquators den Weg des zweiten Erdorts, in $11^{\circ} 20'$ ö. L., von 2 bis 5 Uhr M. E. Z. verfolgen. Wenn man die arabische mit der römischen Zeitskala vergleicht, so sieht man, wie der langsame Erdort gerade zur rechten Zeit von dem mehr als doppelt so raschen Mondschatten überholt wird. Den Mond selbst mußten wir uns, nach Erzeugung seines Schattens, wieder fortdenken; denn in Wirklichkeit würde uns, auf unserm Standpunkte in der Sonne, der kleine Mond hindern, das noch viel kleinere verfinsterte Fleckchen Erde, das hinter ihm steht, wahrzunehmen. Es braucht kaum gesagt zu werden, daß die soeben für den Äquator angestellte Betrachtung sich ohne wesentliche Änderung auf jeden anderen an der Finsternis teilnehmenden Breitenkreis der Erde übertragen ließe.

Hiermit sind im wesentlichen diejenigen Aufgaben anschaulich beschrieben, deren analytischer Behandlung eine sehr umfangreiche Fachliteratur gewidmet ist. Es seien hier nur das Hauptwerk von P. A. Hansen, Abhdl. d. sächs. Ges. d. Wiss., Bd. 4, Lpz. 1859, S. 303, sowie der Bericht von F. K. Ginzl und A. Wilkens, Theorie der Finsternisse, Lpz. 1910, in der „Encykl. d. mathem. Wissenschaften“, Bd. VI 2, Heft 3, S. 335, erwähnt. Die Theorie berücksichtigt auch solche Feinheiten, wie die Abplattung der Erde und die Strahlenbrechung in ihrer Atmosphäre. Auch auf Newcomb-Engelmanns Populäre Astronomie, 5. Aufl., hrsg. von P. Kempf u. a., Lpz. 1914, S. 20 ffg., sei zur Einführung hingewiesen.

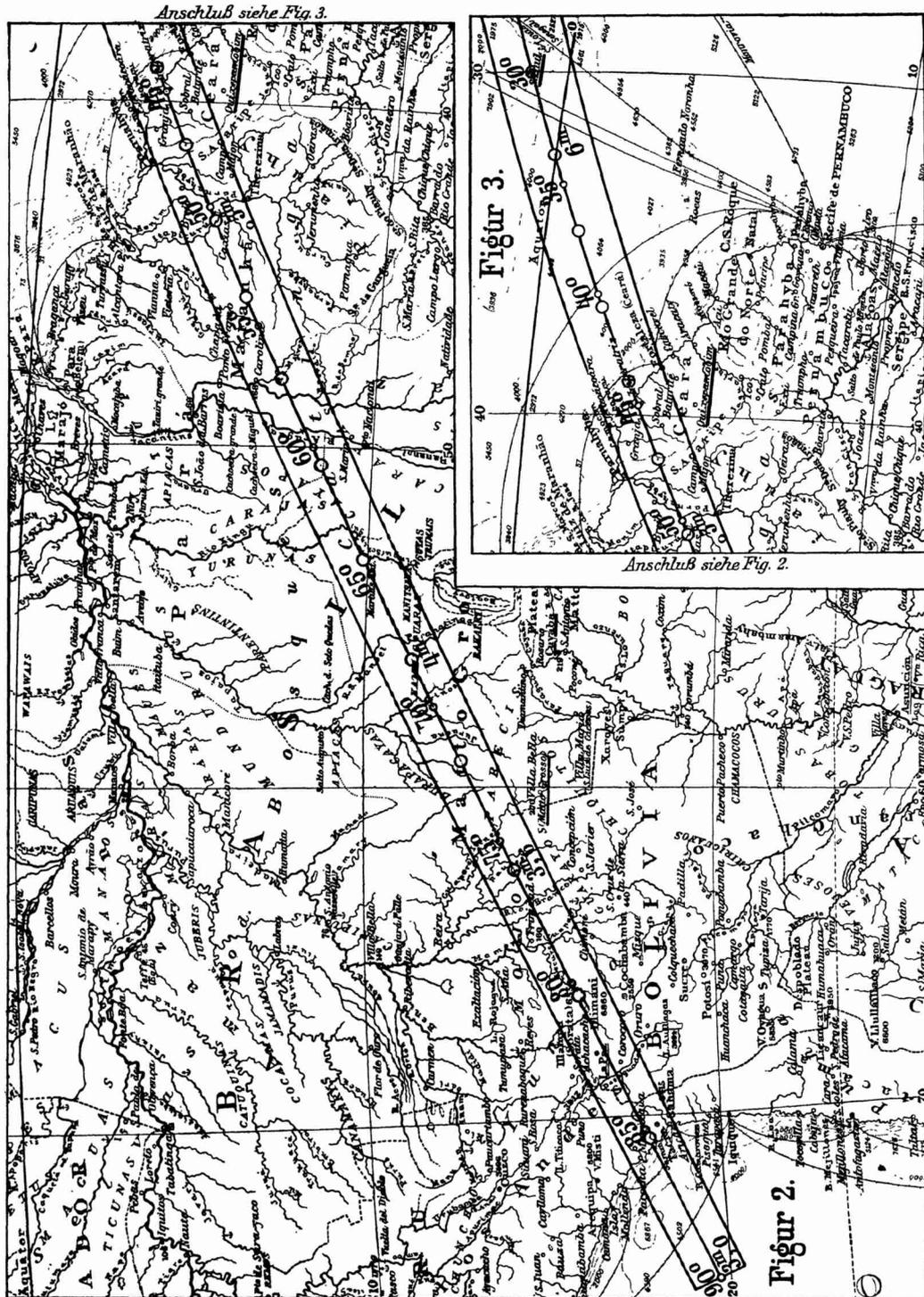
Alle Finsternistheorien setzen natürlich die *Mondbahn selber* als bekannt voraus, d. h. also den Verlauf der Geraden $m-m$ in unserer Fig. 1, nebst ihrer römischen Zeitskala, sowie den Abstand des Mondes von der Erde, nach welchem sich die Größe des Schattenkreises auf der Erdoberfläche richtet. Für diese Rechnungsunterlagen besitzt man als Hauptnachschatzwerk *Th. v. Oppolzers Canon der Finsternisse*, Denkschr. d. Akad. in Wien, math.-ntw. Cl., 52. Bd., 1887. Dieser Canon beruht auf jener *theoretischen Mondbahn*, die sich als Quintessenz der störungstheoretischen Spezialuntersuchungen über den Mond ergeben hat. Nun hat jedoch die Vergleichung der überlieferten Finsternisse des Altertums mit der Theorie bekanntlich zu der Erkenntnis geführt, daß der Mond sich nicht ganz genau an die Theorie hält, und Th. v. Oppolzer und F. K. Ginzl haben daher umgekehrt aus den

überlieferten Finsternissen des Altertums und Mittelalters *empirische Korrekturen für den Mondort* hergeleitet und in den Dienst einer besseren Vorausberechnung künftiger Finsternisse gestellt. S. Newcomb zog zu gleichem Zweck ein reicheres neuzeitliches Material, als es Finsternisse allein zu bieten vermögen, heran, nämlich die neuzeitlichen Beobachtungen der sehr häufigen *Sternbedeckungen durch den Mond*. In den „Astronomical papers prepared for the use of the American Ephemeris . . .“, vol. 9, part 1, Washington 1912, gibt er S. 211 ein interessantes Diagramm, wonach die mittlere Länge des Mondes unerklärte Schwankungen von ± 4 Bogensekunden Amplitude zeigt. Aus Newcombs Untersuchungen ergaben sich jene Mondortsverbesserungen, die für das Jahrbuch der amerikanischen Astronomen, die „American Ephemeris and Nautical Almanac“ in Washington neuerdings zur Grundlage einer möglichst zuverlässigen Vorausberechnung der Finsternisse gemacht werden. Die Angaben dieses Jahrbuchs liegen auch dem gegenwärtigen Bericht zugrunde.

Es war hier noch nicht davon die Rede, daß auch die Erde nicht völlig stille steht, sondern, in ihrer jährlichen Bahn um die Sonne, während der paar Finsternisstunden schon um ein gewisses Stück längs der Ekliptik $e-e$ mit ihrem Schwerpunkt nach links, in der Fig. 1, weiter rückt. In Wirklichkeit ist dieser Umstand bei Zeichnung der Figur bereits berücksichtigt. Wir sind, während der ganzen Dauer der Finsternis, von der Sonne aus der ihren Jahresumlauf um uns langsam fortsetzenden Erde dauernd mit dem Blick gefolgt, oder haben, analytisch gesprochen, alle Bewegungen auf ein Koordinatensystem bezogen, in welchem außer dem Sonnenmittelpunkt auch das Erdzentrum und die den ersteren mit der Erdachse verbindende Ebene ruht. Würden wir vom Finsternistage ab drei Wochen lang, bis zum Sommersolstitium, dauernd von der Sonne aus auf die Erde blicken, so würde das Gradnetz in Fig. 1 sich allmählich verlagern. Es würde nämlich der Nordpol N der Erde und alle Breitenkreise um den Fixpunkt E , den Pol der Ekliptik, geschwenkt werden, so daß N senkrecht unter E zu stehen kommt und die Ekliptik $e-e$ zwar ihre wagerechte Richtung behält, aber ihr Schnittpunkt mit dem Äquator, der sog. „Frühlingspunkt“, der schon am Finsternistage dem linken Erdrande recht nahe gekommen ist, ganz in diesen hineinrückt. Fig. 1 gilt also nur für das Jahresdatum des 29. Mai. Der Pol E der Ekliptik liegt dauernd auf dem nicht eingezeichneten nördlichen Polarkreis der Erde.

c) Das Kartenmaterial.

Die vier *Landkarten* (Fig. 2—5) sollen zur Auswahl von Reisezielen für Expeditionen dienen, die die totale Finsternis am 29. Mai 1919 beobachten wollen. Auf den dem Andreeschen Hand-



Maßstab 1:20 000 000

(1mm auf der Karte = 20 km in der Natur)

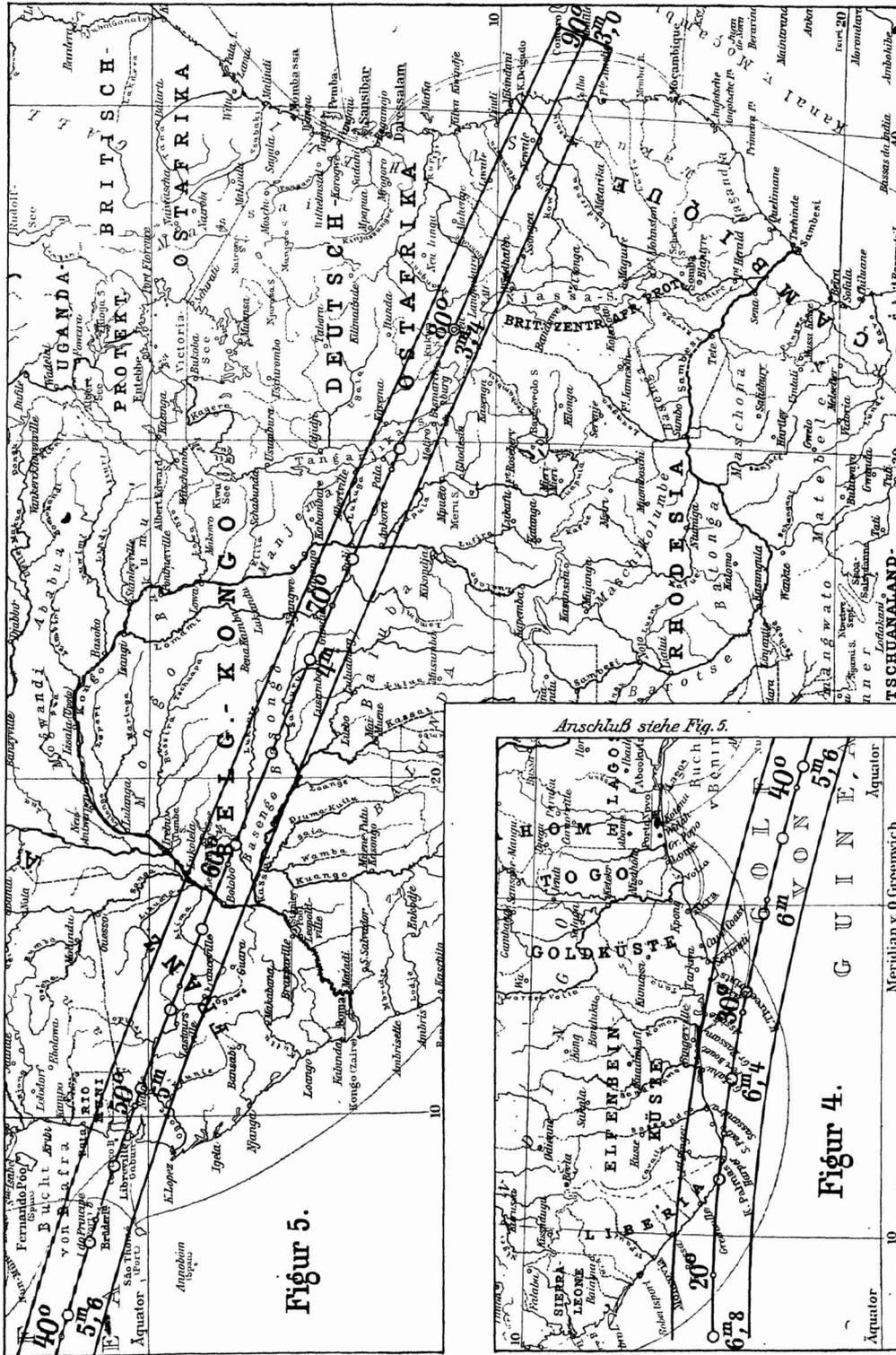
0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 Kilometer

Totalitätsband der Sonnenfinsternis am 29. Mai 1919.

(Fig. 2: Brasilien; Fig. 3: Insel S. Paul.)

Fig. 4: Kap Palmas; Fig. 5: Zentralafrika.)

Grundlage aus Andrees Handatlas, VI. Auflage.



atlas, VI. Auflage, mit gütiger Erlaubnis des Verlags entnommenen Karten ist das Totalitätsband eingezeichnet und mit zwei Skalen versehen worden. Die obere Skala, von 5 zu 5 Grad fort schreitend, gibt für jeden auf der Zentralitätslinie gelegenen Erdort denjenigen Winkelabstand z vom Zenit an, unter dem sich daselbst die Mitte der Sonnenscheibe im Augenblick ihrer zentralen totalen Verfinsternung zeigt („Zenitdistanz“ z der Sonne). An beiden Enden der Zentralitätskurve steht die total verfinsterte Sonne im Horizont, $z = 90^\circ$. Die untere Skala im Totalitätsbande gibt die Dauer der Totalität für die Orte der Zentralitätskurve in Zeitminuten (siehe unten).

Fig. 2 und 3 bringen, teilweise übereinander greifend, zusammen den Anfangsbogen, Fig. 4 und 5 analog den Endbogen des Totalitätsbandes zur Darstellung. Das nicht dargestellte Mittelstück dieses Bandes würde an sich die besten Beobachtungsumstände, nämlich die längste Totalitätsdauer, bis zu $6^m 50^s,6$, und kleinste Zenitdistanz der Sonne darbieten, fällt aber in den Atlantischen Ozean und kommt daher für Expeditionen, die festen Boden brauchen, als Ziel nicht in Frage.

Über die verfinsterten Inseln vgl. den folgenden Abschnitt.

d) Die Dauer der totalen Sonnenfinsternis für den einzelnen Beobachtungsort. Verfinsterte Inseln.

Die Totalitätsdauer in einem Punkte der Zentralitätslinie $m-m$ ergibt sich leicht aus dem Durchmesser des Schattenkreises und der Rela-



Fig. 6: Ermittlung der Totalitätsdauer für außerhalb der Zentralitätslinie $m-m$ gelegene Beobachtungsorte S .

tivgeschwindigkeit des Schattenkreises gegen den verfinsterten Erdort, nach Formeln von Hansen. Man kann sie aus unseren Landkarten (Fig. 2—5) an der in den Totalitätsbändern angebrachten unteren Skala ablesen, die nach Fünftel-Zeitminuten fortschreitet und nach den Angaben der „American Ephemeris“ berechnet ist. Für Punkte außerhalb der Zentralitätslinie $m-m$ bemißt sie sich, statt nach dem Durchmesser des Schattenkreises, nach dessen Sehne, und zwar nach derjenigen Sehne, die durch den Beobachtungspunkt S parallel zur Zentralitätslinie zu ziehen ist (Fig. 6). Sie ist der Länge dieser Sehne proportional. Ist also F der Fußpunkt des von S auf die Zentralitätslinie gefällten Lotes, ist der Abstand $SF = a$ gesetzt, ist der Radius des

Schattenkreises, also die halbe Breite des Totalitätsbandes, gleich r , und dauert die Totalität in F f Minuten, so dauert sie in S näherungsweise ($f \cdot \cos \omega$) Minuten, wenn $\sin \omega = a : r$ gesetzt wird. Danach ergibt sich zum Beispiel für die in der Totalitätszone gelegenen Inseln, indem man für sie f , a und r aus unseren Figuren entnimmt, folgende Totalitätsdauer ($f \cdot \cos \omega$):

Insel	Länge von Greenwich	f Min.	a mm	r mm	$f \cdot \cos \omega$ Min.
S. Paul	29°3 West	6,25	2,0	6,2	5,92
J. do Principe .	7°4 Ost	5,31	1,25	5,66	5,18
Brüder-Inseln .	7°3 Ost	5,31	0,0	5,66	5,31
Corisco-Insel .	9°3 Ost	5,14	1,0	5,4	5,05

e) Den Sternenhimmel in der Umgebung der verfinsterten Sonne

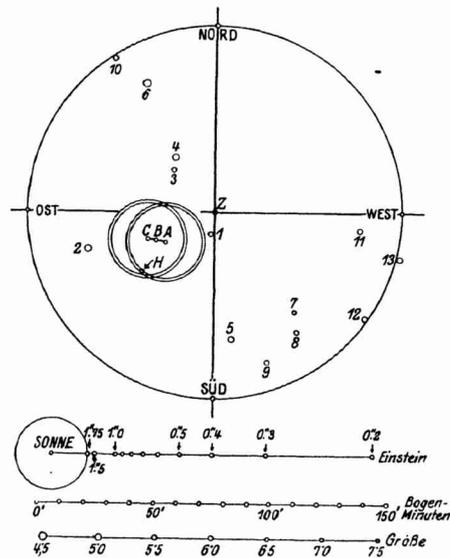


Fig. 7. Die am 29. Mai 1919 auf Einstein-Effekt zu prüfenden Fixsterne in der Nachbarschaft der verfinsterten Sonne.

stellt Fig. 7 dar. Die Sterne bis zur 7. Größe sind von Dyson nach wachsender Distanz von der Mitte der verfinsterten Sonnenscheibe fortlaufend von 1 bis 13 numeriert. A, B, C sind die Orte dieser Sonnenmitte unter den Sternen für jene drei Zeitpunkte und gesehen von jenen drei Erdorten, in welchen die Totalität der Finsternis bei Sonnenaufgang, bei höchstem Sonnenstande und bei Sonnenuntergang eintritt. Für Beobachter in Brasilien liegt der Mittelpunkt der total verfinsterten Sonne also zwischen A und B, für Beobachter in Afrika zwischen B und C in Fig. 7. Die Kreisringe um A und C veranschaulichen die Ränder der Sonnen- und Mondscheibe; die letztere ist natürlich hier die größere von beiden. Die starke seitliche Versetzung des Schwerpunktes

der 13 Sterne gegen die Quelle der Einsteinschen Störung, die Sonne, verstoßt gegen die kritischen Anforderungen, die man an Präzisionsmessungen dieser Art zu stellen gewöhnt ist. Man wird sich allenfalls damit abfinden können, wenn man „Triplets“, photographische Objektive mit nahezu geebnetem Bildfeld, benutzt. Es ist auch nicht ausgeschlossen, daß Sterne schwächer als 7. Größe unter günstigen Umständen zu erlangen sind, so daß dann mit der wachsenden Anzahl der Sterne der Zwang zur Asymmetrie entfällt.

Der in der Nähe des südlichen Sonnenrandes für den Zeitpunkt *A* in Fig. 7 eingetragene Stern 7.5ter Größe, mit *H* bezeichnet, scheidet leider am Finsternistage aus, da seine Bedeckung durch die Sonne zu frühzeitig beginnt; die stärkste Einsteinsche Verschiebung wird demnach Stern 1 erfahren, dessen Bedeckung durch den Mond glücklicherweise noch rechtzeitig vor dem Beginn der totalen Sonnenfinsternis ihr Ende findet.

Die Größe der Einsteinschen Verschiebung läßt sich in Fig. 7 leicht für jeden Stern abgreifen, indem man seinen Abstand von *B* (bzw. von dem auf der Strecke *AC* durch Interpolation zu findenden jeweiligen Ort des Sonnenzentrums) in den Zirkel nimmt und in der mit „Einstein“ bezeichneten Skala vom Mittelpunkt der „Sonne“ ab aufträgt. Für Stern Nr. 1 ergibt sich dabei eine maximale Einsteinsche Verschiebung von 1,2 Bogensekunden.

f) Gesichtspunkte für die Auswahl des Reiseziels der Expeditionen (Tageszeit der Finsternis; Bewölkung und Luftunruhe; Transportverhältnisse; Schlafkrankheit).

Für die Auswahl der Beobachtungsplätze kommen zunächst alle Orte im Innern des in unseren Landkarten, Fig. 2—5, eingetragenen Totalitätsbandes in Frage, doch müssen wir den Ozean ausnehmen, sowie jene Endstücke des Totalitätsbandes, wo sich, laut der oberen in diesem Bande angebrachten Skala, die verfinsterte Sonne in Zenitdistanzen von über 60°, also wegen der Luftunruhe (siehe Abschnitt *h*) zu tief für genaue Aufnahmen der sie umgebenden Sterne, zeigen würde. Es verbleiben sonach zur Wahl nur das Bandenstück vom 50. Grad westl. Länge bis zur brasilianischen Küste (Fig. 2), das Bandenstück von der afrikanischen Westküste bis zum 20. Grad östlicher Länge (Fig. 5), die Gegend um Kap Palmas (Fig. 4) sowie die in Abschnitt *d*) einzeln aufgeführten, in Fig. 3 und 5 leicht zu findenden Inseln.

Da die Bewölkungsverhältnisse, die für die Wahl des Reiseziels wohl mit den Ausschlag geben werden, in den Tropen stellenweise einen täglichen Gang erkennen lassen, so sei zunächst die Tageszeit der Totalität durch folgende Tabelle angegeben, in welcher *L* die von Greenwich gezählte geographische Länge des Beobachtungsortes, *t* dessen wahre Ortszeit zur Zeit der Totalität, entsprechend dem Stundenwinkel der verfinsterten Sonne, bedeutet:

<i>t</i>	vormittags					nachmittags					Uhr	
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4		5
<i>L</i>	68	55	44	34	26	18	9	0	9	21	33	Grad
	westliche Länge					östliche L.						

Es kommt nun darauf an, an welchen Stellen des zur Wahl stehenden Totalitätsbandes zur angegebenen Ortszeit Ende Mai mit Wahrscheinlichkeit auf klaren Himmel zu rechnen ist.

Chancen in Afrika:

Nach *J. Hann*, Hdb. der Klimatologie, Bd. II 1, 3. Aufl., Stuttgart (Engelhorn) 1910 scheinen die Witterungsaussichten für den gesamten afrikanischen Teil der Totalitätszone recht ungünstig zu sein. So findet z. B. *H. Soyaux*, Meteorol. Zs. 22 (1905), S. 121, die mittlere Bewölkung auf seiner meteorologischen Station am Gabun (9° 35' ö. L. + 0° 25') im Mai zu 78, im Juni zu 79 %.

Was die Schlafkrankheit im tropischen Afrika betrifft, so gab das Londoner internationale Sleeping sickness bureau die „Skeleton Maps of Tropical Africa, showing the distribution of Tsetse flies and Sleeping sickness“, 1 : 7 500 000, London 1909 heraus. Einem Bericht über sie, den *Georg Meyer* (Hannov.-Münden) in Petermanns Geogr. Mitteilungen, 56. Jhrg. 1910, 2. Halbband, S. 57 mit Tafel 11 gibt, ist folgendes zu entnehmen:

Das in Fig. 5 dargestellte Totalitätsband durchsetzt vier größere Seuchenherde; es sind dies der Golf von Guinea (Prinzeninsel, Libreville), der untere Kongo bei Bolobo (Alimafluß bis Leopold II.-See), das von Luluaburg nach dem oberen Kongo (Njangwe und Kasongo) führende Seuchengebiet und endlich die Ufer des Tanganyika-Sees. Zwischen diesen Herden kommt aber auch an fast allen größeren Flußläufen, die sich in dem von der afrikanischen Westküste bis zum oberen Kongo bei Ankora reichenden Bogen des Totalitätsbandes vorfinden, so an den Ufern der Flüsse Ogowe, Alima, Kassai und Sankuru, die Tsetsefliegenart *Glossina palpalis* vor, deren Stich den schlafkrankmachenden Blutschmarotzer von schlafkranken Menschen auf Gesunde überträgt. Allenthalben wechseln immerhin die verseuchten Landschaften mit glossinenfreien ab; größere ungefährdete Bezirke erreicht das afrikanische Totalitätsband der Finsternis jedoch erst östlich des oberen Kongo, von Ankora an, wo dann aber die verfinsterte Sonne nur noch weniger als 20 Grad über dem westlichen Horizonte steht.

Chancen in Brasilien:

Günstigere Chancen scheinen sich in Brasilien darzubieten. In *Quixeramobim* (39,7° westl. v. Greenw., — 4,9° Breite) soll die Sonnenscheindauer im Mai und Juni 60—70 % ihres theoretischen Höchstwertes betragen (Meteorol. Zs. Bd. 19, 1902, S. 552, und Bd. 26, 1908, S. 165). Weiter landeinwärts sind meteorologische Aufzeichnungen spärlich; aus *Cuyabá*, das auf dem