

Zeitschrift: Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft

Herausgeber: Aargauische Naturforschende Gesellschaft

Band: 3 (1882)

Artikel: Die astronomischen Längenbestimmungen, mit besonderer Berücksichtigung der neuern Methoden

Autor: Hilfiker, J.

Kapitel: 2: Bestimmung der Längendifferenz durch Beobachtung künstlicher Lichtsignale

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-170537>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Uhrvergleichungen untereinander und die Ableitung der Gewichte; eine grundlegende Abhandlung hierüber hat Gauß in Astron. Nachr., Band V, p. 227 ff. gegeben.

2) Bestimmung der Längendifferenz durch Beobachtung künstlicher Lichtsignale.

Da die Bestimmung des Längenunterschiedes zweier Stationen gleichbedeutend ist mit der Ableitung der Differenz der wahren Localzeiten derselben für einen und denselben physischen Moment, so wird durch ein gleichzeitiges Beobachten künstlicher Lichtsignale unser Problem gelöst werden können, sofern die Signale eine genügende Schärfe in ihrer Beobachtung gestatten und wenn an den Beobachtungsorten eine genaue Zeitbestimmung ausgeführt werden kann. Der erste Astronom, der diese Methode zur Ausführung brachte, war Piccard, indem er im Jahre 1671 im Auftrage der Academie der Wissenschaften eine Reise nach Dänemark unternahm, um auf Hveen die Lage der Uranienburg Tycho Brahes zu verificiren. Auf dem astronomischen Thurme zu Kopenhagen wurde ein Feuer angezündet und die Zeit eines mehrmaligen Abblendens desselben beobachteten Piccard in Kopenhagen und Olaus Roemer nebst Villiard auf den Trümmern der Uranienburg, aus welchen Beobachtungen sich für die beiden Beobachtungsorte eine Längendifferenz von 29 Zeitsecunden ergab.¹ Für große Entfernungen müßten für solche Beobachtungen den Feuern ungemein große Dimensionen gegeben werden, denn schon für eine Entfernung von 8 geographischen

¹ Histoire de l'Acad. Royale des Sciences I, pag. 148.

Voyage d'Uranienbourg, ou observations astronomiques, faites en Dannemark par Mons. Piccard. Paris 1680.

Meilen sah Piccard ein Feuer von 3 Fuß Breite mit bloßem Auge wie einen Stern dritter Größe und im Fernrohr seines Quadranten unter einem Winkel von 3—4 Secunden.¹ Ein Abblenden eines so großen Feuers kann nicht scharf genug bewerkstelligt werden, um, wie es nöthig ist, Bruchtheile einer Secunde beobachten zu können. Nützlicher erwies sich das Beobachten von Feuerraketen, deren Platzen in der Luft eine sehr scharfe Auffassung zuläßt, die aber nur auf kleine Entfernung gesehen werden können. Im Jahre 1714 machten Whiston und Dutton² den Vorschlag, die Schiffs-länge dadurch zu bestimmen, daß man längs der englischen Küste zu gewissen vorher bestimmten Stunden Kanonen losschießt, durch deren Donner die Schiffer ein Signal zu einer Uhrvergleichung und somit zu einer Längenbestim-mung erhalten würden; indessen machte schon Newton auf das Unpraktische eines derartigen Vorschlages aufmerksam. Auch Condamine's Vorschlag, Längendifferenzen durch Beobachtung von Minen- und Kanonenfeuer abzuleiten, führte zu keinen günstigen Resultaten und erst Cassini de Thury und La Caille erhielten im Jahre 1740 nach viel-fachen Versuchen mit Lichtsignalen, die sie sich durch Abbrennen von gewöhnlichem Schießpulver verschafften, brauchbare Werthe. Die Endpunkte der Gradmessung, die von La Caille und Cassini unter der Breite von $43^{\circ} 32'$ in den Jahren 1739 und 1740 ausgeführt worden ist, liegen nahe in demselben Parallel und sind in Länge um $1^{\circ} 53'$ von einander entfernt; der eine ist auf dem Mont St. Victoire

¹ Mémoire de l'Acad. des Sciences, depuis 1666 jusqu'à 1699, tome VII, partie I., pag. 150.

² Whiston and Dutton, A new method for discovering the longi-tude. London 1714.

östlich von Aix in der Provence, der andere auf St. Clair, einem Berge bei Cette am Mittelmeer. Von diesen beiden Bergen aus beobachteten Cassini bei Cette und La Caille auf St. Victoire die Lichtblitze, die auf dem Kirchdache des kleinen Marktfleckens Les Saintes Maries durch Losbrennen von 10 Pfund Schießpulver erzeugt wurden. Aus den 4 angegebenen Versuchen, die im Maximum $1\frac{1}{2}$ Zeitsecunden abweichen, kommt eine Differenz in Länge von $7^m 33^s.25.$ ¹ Leider ist über Einzelheiten bei diesen Operationen namentlich auch über die Bestimmung der aus correspondirenden Sonnen- und Sternhöhen abgeleiteten Uhrstände und Gänge der im Freien aufgestellten Pendeluhrn von Cassini in seiner Publication nichts weiter angeführt; jedenfalls ist eine größere Versuchsreihe angestellt worden, die aber selten brauchbare Werthe ergab und es beklagt sich denn auch Cassini über die schlechten Luftverhältnisse, die einen Aufenthalt von einem ganzen Monat auf diesen unwirthlichen Bergen nothwendig machten.

In seiner Relation de deux voyages, faits en Allemagne, Paris 1763, hat Cassini einen detaillirten Plan niedergelegt, nach welchem die Längendifferenz zwischen Paris und Wien, also für eine Entfernung von 84 geographischen Meilen, unter Benützung von 38 Zwischenstationen, auf welchen die Pulversignale beobachtet und wiederholt werden mußten, abgeleitet werden sollte; verschiedene Umstände haben die Ausführung dieses Planes vereitelt, von dem, der vielen Zwischenstationen wegen, kaum ein günstiges Resultat hätte erwartet werden können. Es ist immer mit Schwierigkeiten verbunden, so günstig gelegene Signalorte zu finden,

¹ La méridienne de l'observatoire royale de Paris, vérifié par Cassini de Thury. Paris 1744.

daß die Beobachtungspunkte nahe in eine Entfernung verlegt werden können, die nur an die Grenze gebunden ist, die durch die Kugelgestalt der Erde gegeben wird. Cassini berichtet von einem solchen Punkte, den er nach langem Suchen in Italien gefunden haben will und Baron v. Zach, der für die Verbreitung und Verbesserung der in Rede stehenden Methode sich große Verdienste erworben hat, fand im Jahre 1803 durch Signale auf dem Brocken im Harz, daß dieselben auf dem Keulenberge, so wie auch auf der Festung Wilhelmsburg auf dem Klutberge gesehen werden können, so daß durch den einen Signalpunkt Brocken ein Längenbogen von beinahe 5 Graden bestimmt werden kann.¹ Die Vorschläge v. Zach's in seinem Promemoria „Ueber die Aufnahme von Thüringen etc.“ führten zwar nicht zu der gewünschten Vermessung Thüringens, doch ging die Anregung nicht verloren, indem unter Benützung der gemachten Erfahrungen und den gegebenen Vorschriften vielfache Längenbestimmungen in Deutschland, Oesterreich und andern Ländern ausgeführt wurden, so zwischen Prag-Dresden² und Prag-Breslau³ durch Can. Aloys David, dann im Jahre 1806 zwischen den astronomischen Punkten Wienerisch Neustadt, Pressburg, Wels, Cremsmünster und Salzburg der allgemeinen Vermessung der österreichischen Monarchie unter Mayer von Heldenfeld, ausgeführt von Prof. Bürg, 1806 zwischen Amsterdam und Utrecht von Prof. van Beck Calkoen; 1822 zwischen Wien—Ofen und Wien—München,⁴ indem auf Anordnung Littrow's in jeder

¹ v. Zach, monatliche Correspondenz 1804, pag. 195 und 196.

² Längenunterschied Prag—Dresden mittelst Pulversignalen, Prag 1804.

³ Längenunterschied zwischen Prag und Breslau aus Pulver-signalen auf der Riesenkupe, Prag 1806.

⁴ Astronomische Nachrichten. Band I, p. 279.

der beiden Strecken auf zwei Punkten Signale gegeben und diese an drei Punkten, einem mittlern und den beiden Endpunkten beobachtet wurden; 1823—25 zwischen Paris, Brest, München und Marennes Fiume;¹ 1825 zwischen Greenwich und Paris durch Herschel, Sabine, Bonne und Largeteau; 1840—45 in England zwischen Valentia und Greenwich durch Airy² etc. Im Jahre 1824 konnte durch Pulversignale, die in Pausen von 10 Minuten auf dem Hornusgrunde im Baden'schen gegeben wurden, unter Mitwirkung der Astronomen Nicolai in Mannheim, Bohnenberger in Tübingen, Henry in Straßburg und Schwerd in Speier ein wichtiges Polygon geschlossen werden³ und der erreichte Genauigkeitsgrad in der Auffassung der Signale ist der Beachtung werth, indem das mittlere Fehlermaximum von 121 Doppel-Beobachtungen $0^{\circ}.6$ beträgt.

Die Fehler, die bei einer solchen Messung begangen werden, theilen sich in Beobachtungsfehler beim Notiren der Signalzeiten und in Fehler, die aus unrichtigen Zeitbestimmungen entstehen. Für die Zwischenstationen fällt diese Fehlerquelle weg, falls man Uhren zur Verfügung hat, welche für die Dauer der Beobachtungen einen regelmäßigen Gang beibehalten, indem der Ausdruck für die Längendifferenz lautet:

$$l = a + (b' - b) + (c' - c) + d$$

wo a und d die notirten Uhrzeiten in den Endstationen, b, b' und c, c' Beobachtungszeiten in zwei Zwischenpunkten B und C sind. Es geht also eine unrichtige Zeitbestimmung an den Endpunkten mit dem ganzen Betrage des

¹ Puissant, description géométrique de la France.
Connaissances des temps 1829.

² Airy, Determination of the longitude of Valentia.

³ Bodes Jahrbuch für 1828, p. 128 ff.

Fehlers in das Resultat ein. Bei fast all den erwähnten Längenbestimmungen dienten als Zeitbestimmungsmethoden die Beobachtung der correspondirenden Höhen und bei den Operationen des Can. David vielfach nur Beobachtung einzelner Sonnenhöhen; die kleinen Instrumente mit dem beschränkten Genauigkeitsgrad in der Kreistheilung, verbunden mit den damaligen unsichern Refractionswerthen, besonders für Sonnenhöhen in nördlichen Breiten gemessen in der Nähe des ersten Verticals, konnten in der Bestimmung des Uhrstandes selten eine größere Genauigkeit als eine halbe Zeitsecunde gewähren. Allerdings war seit O. Römer das Mittagsrohr im astronomischen Gebrauche, aber nur als fest aufgestelltes Instrument in gut ausgerüsteten Sternwarten, seine Leistungsfähigkeit für sichere Zeitbestimmungen war bekannt und Tobias Mayer leitete die wichtige nach ihm benannte Reductionsformel ab, aber noch fehlten tiefer gehende Arbeiten, die für die Beobachtungen eine genügende Unabhängigkeit von den vorhandenen Instrumentalfehlern hätten geben können. Diese Arbeiten lieferte Bessel in den Jahren 1824 und 1828, indem er durch theoretische Entwicklungen und später durch Beobachtungen zeigte, welch hohen Grad von Genauigkeit man bei Stationsbeobachtungen durch die Benützung kleiner, tragbarer Durchgangsinstrumente erreichen kann.¹

Eine Anwendung der Formeln hat Bessel durch Beobachtungen in München und Marienbad an einem kleinen Passageninstrumente gegeben,² das mit einem kleinen Höhen-

¹ Ueber die Bestimmung der Polhöhenunterschiede durch das Passageninstrument. Astronomische Nachrichten, Band III, pag. 10 ff.

Ueber den allgemeinen Gebrauch des Passageninstrumentes. Astronomische Nachrichten, Band VI, pag. 221 ff.

² Astr. Nachr. Band IX, Nr. 216.

kreise zum Einstellen der Sterne und einem zerlegbaren messingenen Stativ versehen, ein Fernrohr von einem 8 zölligen Theodoliten hatte, der Art, daß das Instrument mit allem Zubehör in einem Kasten von 13 Zoll Länge, 10 Zoll Breite und 6 Zoll Höhe Platz finden konnte.

Die sorgfältigste Längenbestimmung nach der Methode der Beobachtung künstlicher Lichtsignale, an der auch Gauß sich betheiligte, wurde im Herbst 1837 zwischen Göttingen, Marburg und Mannheim unter Gerlings Leitung ausgeführt, um einen Anschluß des Kurhessischen Dreiecksnetzes an astronomische Bestimmungen zu erhalten.¹ Da inzwischen Gauß in seinem Heliotropen ein für geodätische Messungen äußerst wichtiges Instrument erfunden hatte, konnte die Methode der Pulversignale controllirt werden durch Lichtblitze, gegeben vom Heliotropen. Bei diesem Instrumente können Signale dadurch gegeben werden, daß der vorher leuchtende Spiegel plötzlich verdeckt, oder der vorher gedeckte Spiegel plötzlich geöffnet wird, oder endlich durch einen einzelnen Blitz, den der vorher und nachher verdeckte Spiegel gibt. Und um zwischen den Pulverblitzen und den Heliotropsignalen eine möglichste Gleichheit in der Art ihrer Beobachtung herzustellen, entschied sich Gerling für die dritte Art der eben erwähnten Heliotropsignale. Signale wurden nach vorher festgesetzten Zeiten vom Meissner und Feldberg aus gegeben und zwar so, daß immer die Meissner Signale den Feldbergsignalen um 4^m. vorangingen. Für die Heliotropsignale war überdies zur Vermehrung ihrer Anzahl festgesetzt, daß jedesmal drei hintereinander in Zwischenräumen von 30^s folgten. Ungunst der Witterung und andere Umstände machten

¹ Astronomische Nachrichten, Band XV, pag. 250 ff.

es unmöglich, daß stets alle Signale correspondirend gesehen werden konnten. Da der Feldberg im Gesichtsfeld des Passageninstrumentes der Mannheimer Sternwarte liegt, wurden an diesem Instrumente von Nicolai sowohl die Signalbeobachtungen als auch die Zeitbestimmungen ausgeführt. In Göttingen besorgte Goldschmidt die Zeitbestimmungen ebenfalls an einem Meridianinstrument, während Gauß mit Hilfe von Fernröhren die Heliotropsignale beobachtete; die Pulversignale vom nahen Meissner konnten mit bloßen Augen beobachtet werden. Vom Frauenberg, unweit Marburg, ist sowohl der Meissner als auch der Feldberg sichtbar, durch Beobachtung der Feldbergsignale in Mannheim und Frauenberg und der Meissner Signale in Göttingen und Frauenberg konnte somit die Länge der Hauptstationen Mannheim und Göttingen unabhängig von einer Zeitbestimmung auf dem Frauenberg abgeleitet werden. Um indessen auch die Länge von Marburg aus den Beobachtungen bestimmen zu können, wurden auf dem Frauenberg Zeitbestimmungen in doppelter Weise ausgeführt: 1) durch Beobachtungen von Sterndurchgängen an einem 10 zölligen Breithaupt'schen Theodoliten, der in ein Passageninstrument umgewandelt wurde und 2) durch Beobachtung von correspondirenden Sonnenhöhen mit dem Steinheil'schen Prismenkreise und dem zugehörigen verquickten Horizont. Leider stellte es sich heraus, daß die Pfeiler, auf welchen das Passageninstrument aufgestellt war, nicht die nöthige Festigkeit besaßen, so daß nur die letztern, von Gerling ausgeführten Zeitbestimmungen in Rechnung gezogen werden konnten. Um constanten Fehlern Rechnung zu tragen, die von dem Unterschiede der Schätzung verschiedener Beobachter in den Appulsen der zeitbestimmenden Sterne als auch von einem Unterschiede bei Beobachtung eines

und desselben künstlichen Lichtsignals herrühren, führte Gerling ein Vergleichen der verschiedenen Beobachter unter sich herbei und ist dadurch einer der ersten, welcher die wichtige Fehlerquelle, die unter dem Namen der persönlichen Gleichung bekannt ist, auf scharfe Weise zu bestimmen gesucht hat. Er fand die nachstehenden Resultate:

Für Lichtblitze:

Gauß-Goldschmidt	=	$+ 0^s.088$	aus 292 Beobachtungen.
Gerling-Goldschmidt	=	$+ 0.027$	" 56 "
Gerling-Nicolai	=	$+ 0.157$	" 308 "
Gerling-Hartmann	=	$+ 0.055$	" 267 "

Für Sterndurchgänge:

Gerling-Goldschmidt	=	$+ 0^s.195$	aus 16 Sterndurchgängen, beobachtet am Passageninstrumente.
Gerling-Nicolai	=	$+ 0.783$	aus 72 Sterndurchgängen, be- obachtet am Passageninstrumente.
Gerling-Nicolai	=	$+ 0.681$	aus 190 Beobachtungen am Gauß'schen Federnpendel.
Gerling-Hartmann	=	$+ 0.051$	aus 180 Beobachtungen am Gauß'schen Federnpendel.

Unter 256 Meissner- und 136 Feldbergbeobachtungen finden sich 116 correspondirende; aus den Abweichungen der einzelnen Längendifferenzen vom Mittel kommt als mittlerer Fehler einer Doppelbeobachtung aus allen 392 Beobachtungen $0^s.360$ und für die einzelnen Stationen findet Gerling die Werthe:

Göttingen-Frauenberg	=	$4^m. 36^s.19 \pm 0^s.015$.	
Frauenberg-Mannheim	1	19.68	± 0.021 .
Göttingen-Mannheim	5	55.68	± 0.026 .

Die Abweichung dieses letztern Werthes von dem auf telegraphischem Wege bestimmten, verglichen mit dem kleinen von Gerling berechneten, wahrscheinlichen Fehler zeigt, daß in dem so abgeleiteten Resultate noch irgendwelche constante Fehler enthalten sind. Am unsichersten bei diesen Operationen bleibt eben immer die Ableitung der Uhrgänge, da die Sternculminationen, aus denen die Uhrstände abgeleitet werden, von der Zeit, in welcher Heliotropsignale unter Benützung des Sonnenlichtes gewechselt werden, um mehrere Stunden abliegen. Auch ist die angewandte Vergleichung der Uhren durch Beobachtung plötzlicher Signale immer beträchtlichen Unsicherheiten unterworfen und es bedarf großer Uebung und vielfacher Controlle, um die Gesetze der hier obwaltenden persönlichen Gleichungen hinlänglich genau zu ermitteln. Eine Methode der Uhrvergleichung, die Wichmann in Königsberg im Jahre 1849 vorschlug,¹ verdient alle Beachtung, indem nach demselben die Uhren entfernter Punkte einfach durch Beobachtung von Coincidenzen verglichen werden sollten, in der Weise, daß man die Schläge der entfernten Uhr als taktmäßig gegebene Signale durch Drehen des Spiegels eines Heliotropen sichtbar macht und die Coincidenz dieser Signale mit den hörbaren Schlägen der andern Uhr beobachtet. Vor und nach einer Reihe von Coincidenzbeobachtungen kann man sich durch willkürliche Lichtblitze über den relativen Stand der Uhren Klarheit verschaffen, und um etwaige constante Fehler zu eliminiren, wäre nur nöthig,

¹ Astronomische Nachrichten, Band XXX, pag. 66 und 67.

Ein Vorschlag zu genauen Beobachtungen von Heliotropsignalen findet sich auch von Egen in Astronomische Nachrichten, Band VIII, pag. 79.

die Coincidenzbeobachtungen mit einem Heliotropen der zweiten Station zu wiederholen. Wichmann theilt eine derartige Beobachtung allerdings nur für zwei nahe gelegene Punkte mit, die an Genauigkeit der Vergleichungen unter sich und erprobt durch eine directe Uebertragung der Zeit nichts zu wünschen übrig lässt. In neuerer Zeit haben Laussedat und Liais vorgeschlagen, die rythmisch gegebenen Signale einer elektrischen Lampe mit Hilfe eines Chronographen ganz in der Weise zu beobachten, wie Stern-durchgänge notirt werden, und die nach diesen Principien im Jahr 1879 von den französischen Astronomen Perrier und Bassot und den Spaniern Merino und Esteban ausgeführten Längenbestimmungen zwischen Spanien und Algier (Tetica—M'Sabiha und M'Sabiha—Alger), wobei jeden Abend 640 Signale gewechselt wurden, haben denn auch für diese wichtigen Anschlußpunkte sehr befriedigende Resultate ergeben.¹

3) Bestimmung der Längendifferenz durch Benützung des elektrischen Telegraphen.

Bekanntlich haben Gauß und Weber durch eine doppelte Drahtleitung zwischen der Sternwarte und dem physikalischen Institut in Göttingen im Jahre 1833 den Grundstein zu der elektrischen Telegraphie gelegt, die durch rasch aufeinanderfolgende Entdeckungen und Verbesserungen in kurzer Zeit einen großartigen Umschwung im öffentlichen Verkehre herbeiführte. Der geniale Erfinder des jetzt noch im Gebrauche stehenden elektrischen Schreibapparates, Prof. Morse, theilte schon im Jahre 1839 Arago seine

¹ Jonction astronomique de l'Algérie avec l'Espagne, Annuaire pour l'an 1880, publié par le bureau des longitudes. Paris.