

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: 1: Bestimmung der Längendifferenz durch Beobachtung von Sternsignalen
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: 13.01.2026

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

mentes ist alsdann die gesuchte Längendifferenz. Je nachdem nun diese Signale durch Ereignisse am Sternhimmel sich darstellen, die theils periodisch wiederkehren und zum Voraus sich berechnen lassen, theils plötzlich auftauchen und ebenso wieder verschwinden,¹ oder aber künstlich durch den Beobachter erzeugt werden, ergeben sich die verschiedenen Methoden, die zur Ableitung von Längendifferenzen dienen können und es erhellt, daß, wie auch die einzelnen Methoden von einander abweichen mögen, die Genauigkeit des Resultates wesentlich von zwei Factoren abhängig bleibt:

- 1) Von der Bestimmung der absoluten Zeit und
- 2) von dem Grade der Schärfe, den die Signale in ihrer Beobachtung zulassen.

1) Bestimmung der Längendifferenz durch Beobachtung von Sternsignalen.

Die älteste Methode zur Bestimmung von Längendifferenzen besteht in der Beobachtung der Mondfinsternisse, indem wohl die meisten Längen der über 2500 Ortsbestimmungen des Almagest durch Beobachtung von Finsternissen abgeleitet sind.² Da der Mond bei seinem Eintritt in den Schatten der Erde sein Licht verliert, so wird der

¹ Auf die Möglichkeit, das Aufblitzen einer Sternschnuppe zu Längenbestimmungen zu benützen, macht schon 1727 G. Lynn in den Phil. Trans. aufmerksam und Benzenberg geht 1802 des nähern auf diese Methode ein. Der practischen Verwendung dieser Anregungen steht die Schwierigkeit entgegen, bei der Reduction die beobachteten Signale als wirklich gleichzeitig beobachtete zu identificiren.

² Delambre, Histoire de l'astronomie II. p. 522.

Ideler, historische Untersuchungen über die astronomischen Beobachtungen der Alten. Berlin 1806.

Anfang sowohl als das Ende der Finsterniß, sowie auch jede einzelne Phase derselben an allen Oertern der Erde, für welche der Mond über dem Horizonte ist, in demselben physischen Momente gesehen und eine solche Finsterniß bietet also wirklich ein Signal, das nach dem Obigen zur Lösung unserer Aufgabe dienen kann. Die Mondfinsternisse lassen sich aber wegen des schwachen Halbschattens der Erde, der einen unbegrenzten und verwaschenen Rand hat, nicht mit hinlänglicher Genauigkeit beobachten. Wenn man auch eine größere Schärfe bei den Ein- und Austritten der Mondflecken in den Erdschatten erhält, so sind diese Beobachtungen doch noch so ungewiß, daß selbst geübte Beobachter in den Notirungen derselben Momente um mehrere Minuten voneinander abweichen können. Bedenken wir, daß die Zeitbestimmungen der Alten nur mit Hilfe der Sonnenuhren, oder von unzuverlässigen Sand- und Wasseruhren ausgeführt werden konnten, so werden uns Fehler in den Ptolomäischen Längenbestimmungen bis auf 3—4° nicht unbegreiflich erscheinen; ist ja selbst der Unterschied der beiden einzigen Oerter, wo im Alterthum eigentliche astronomische Beobachtungen angestellt worden sind, Babylon und Alexandrien, im Almagest um 6 Zeitminuten zu klein angegeben. —

Die für einen bestimmten Ort viel seltener sich ereignenden Sonnenfinsternisse haben in noch höherem Maasse wie die Mondfinsternisse das Staunen, die Bewunderung und den Schrecken der Menschen aller Zeitalter erregt, und Aufzeichnungen über derartige Erscheinungen finden sich denn auch bei den ältesten Geschichtsschreibern und Schriftstellern; eine Anwendung der Beobachtungen von Sonnenfinsternissen für Längenbestimmungen gewann man indessen erst im Jahre 1700, als Dominique Cassini aus

den Beobachtungen der Sonnenfinsterniß vom 23. Sept. 1699 die Berechnung der Länge für die Beobachtungsorte Nürnberg, Greifswald und Kiel lehrte,¹ eine Methode, die D. Cassini schon im Jahre 1661 bekannt war, gegen deren Veröffentlichung damals aber die Inquisition Einwendungen erhob. Eine bedeutende Erweiterung erfuhr die Methode bereits im Jahre 1705 durch den Sohn des Erfinders, Jakob Cassini, welcher sie ausdehnte auf Bedeckungen von Planeten und Fixsternen durch den Mond² und dadurch eine Methode schuf, die durch den Umstand, daß solche Bedeckungen sich öfter wiederholen und in der Schärfe, welcher ihre Beobachtung fähig ist, den Sonnenfinsternissen mindestens nicht nachstehen, zu den besten und sichersten zu zählen ist, die aus der Beobachtung himmlischer Signale abgeleitet werden können.

Da bei diesen Bedeckungen oder Sonnenfinsternissen die Bedeckung oder Verfinsterung abhängt von der Lage des Beobachtungsortes auf der Erdoberfläche, so stellt sich die Ableitung der Längendifferenz nicht so einfach wie bei der Beobachtung einer Mondfinsterniß; die Beobachtungszeiten sind erst unter sich vergleichbar, wenn sie alle auf einen bestimmten Ort der Erde reducirt werden. Als solchen gemeinschaftlichen Punkt wählt man denjenigen, für welchen alle aus den Tafeln für die Bewegung der

¹ Ueber eine neue Art, Sonnenfinsternisse zu beobachten. Zach, monatl. Corresp. 1813, p. 152.

Hist. de l'acad. des Sciences de Paris. 1700, p. 103.

Weidler, Geschichte der Astronomie, p. 522.

La Lande, Bibliographie astron., p. 254.

Cassini IV, Memoire pour servir à l'histoire des sciences et à celle de l'observatoire Royal de Paris, suivis de la vie de J. D. Cassini, écrite par lui-même. Paris 1810.

² Hist. de l'acad. de Paris 1705, p. 122.

Sonne, des Mondes und der Planeten berechneten Oerter gelten, nämlich den Mittelpunkt der Erde. —

In die finsternen Zeiten des Mittelalters fallen selbstverständlich keine Bereicherungen der astronomischen Beobachtungsmethoden; selbst bei den Arabern findet sich nichts von Längenbestimmungen und bis 1668 blieb die Beobachtung von Mondfinsternissen die einzige praktische Methode für die Bestimmung von Längendifferenzen.¹ Allerdings datiren aus bedeutend früherer Zeit Versuche und Vorschläge für bessere Methoden; Regiomontan berechnete für den Mond und die Planeten zum Voraus Ephemeriden für die Zeit von 1476 bis 1506 und ermöglichte durch dieselben Amerigo Vespucci eine rohe Längenbestimmung zwischen Venezuela und Nürnberg. Vespucci sah am 23. Sept. 1499 den Mond um $7\frac{1}{2}$ h Abends 1° , um Mitternacht dagegen $5\frac{1}{2}^{\circ}$ östlich von Mars, somit mußte derselbe, in einer Stunde sich um einen Grad entfernt, um $6\frac{1}{2}$ h in Conjunction gestanden haben, während die Nürnberger Ephemeride die Conjunction auf Mitternacht angab, woraus:

Längendifferenz

$$\text{Venezuela-Nürnberg} = 12 - 16\frac{1}{2} \text{ h} = 5\frac{1}{2} \text{ h}^2$$

Durch diese Bestimmung hat Amerigo Vespucci eine Methode angebahnt, die für Längenmessungen zur See bis auf unsere Zeit von der größten Bedeutung geblieben ist und die im Jahre 1514 von dem Nürnberger Joh. Werner und 1524 von dem Sachsen Peter Bienewitz (Apianus) durch die Vorschläge, die Meereslänge durch Messungen

¹ Im Jahre 1668 bestimmte Cassini die Länge aus Jupiters-trabantenverfinsterungen.

² Canovai Elogio di Amerigo Vespucci. Vergleiche auch R. Wolf, Handbuch der Mathematik etc., II, p. 117.

der Abstände von Fixsternen vom Monde abzuleiten, in der ihr jetzt noch gebliebenen Form aufgestellt wurde.¹ Keppler und Longomontanus begnügten sich, diese Methode in ihren Schriften zu erwähnen und ein erneuerter Vorschlag von Seiten des Pariser Mathematikers Joh. Baptist Morinus² im Jahre 1634 wurde von Richelieu insoweit berücksichtigt, daß die Methode einer Commission von fünf Gelehrten zur Begutachtung unterbreitet wurde, die jedoch, entgegen einem ersten Gutachten, wegen der Unvollkommenheit der Mondtafeln auf Unbrauchbarkeit erkannte. Zu dieser Ungenauigkeit der Tafeln gesellte sich der Mangel eines geeigneten Winkelmeßinstrumentes und das Fehlen zuverlässiger Uhren, so daß der an sich guten Methode Schwierigkeiten an Schwierigkeiten entgegenstanden. Schon zu Ende des 13. Jahrhunderts besaß man Räderuhren,³ doch erst nach dem Bekanntwerden der Galiläischen Pendelgesetze konnte Huygens 1650 diesen Räderuhren einen größeren Grad von Genauigkeit verschaffen, indem er eine Verbindung derselben mit einem Pendel herstellte und tragbare Uhren erhielt man erst, nachdem Huygens und Hooke Unruhe und Spiralfeder erfunden hatten. Schon Gemma Frisius äußerte die Idee einer Längenbestimmung mittelst Zeitübertragung, doch erst 1665, also 200 Jahre später,

¹ Erst 1615, Juni 26, versuchte Baffin auf seiner Reise zur Entdeckung der nordwestlichen Durchfahrt diese Methode, fand aber so mangelhafte Resultate, daß er die übrigen Messungen dieser Art ganz verschweigt. (Schmidt, Mathem. Geographie. Göttingen 1829. I, p. 536.)

² J. Morinus, *Longitudinum terrestrium nec non coelestium nova et hactenus optata scientia.* Paris 1634.

³ Vergleiche W. Förster, Sammlung wissenschaftlicher Vorträge: Ueber Zeitmaaße und ihre Verwaltung durch die Astronomie. Berlin 1876.

wurde dieselbe zum ersten Male auf einer Fahrt nach Guinea mit einer Huygensschen Uhr realisirt.

Aufmunternde Preise wurden von verschiedenen Regierungen ausgesetzt, um die Uhrenmacher zu weiteren Verbesserungen und die Astronomen zur Berechnung genauerer Tafeln anzufeuern, so im Jahr 1600 ein Preis von 12000 Piaster durch Philip III., dann von 30,000 fl. durch die Generalstaaten von Holland und 1714 durch eine Acte des englischen Parlaments drei Preise von 10,000, 15,000 und 20,000 Pfund für den Verfertiger einer Uhr, welche nach einer Reise von 6 Monaten die Länge bis auf 1° , $\frac{2}{3}^{\circ}$ oder $\frac{1}{2}^{\circ}$ genau angibt. Die Folgen, vornehmlich dieser letzteren Parlamentsacte, waren ganz bedeutende, Uhren und Chronometer erhielten mit jedem Jahre neue Verbesserungen, bis sie endlich auf den jetzigen Stand der Vollkommenheit gelangt sind. Um den Gang der Pendeluhrn von der Ausdehnung des Pendels durch die Wärme unabhängig zu machen, erfand Graham 1721 die Quecksilber-Compensation und Harrison im Jahre 1726 das Rostpendel (Zink-Eisen) und der oben erwähnte höchste Preis (20,000 Pfund) wurde 1762 John Harrison für ein Chronometer, das der gestellten Bedingung genügte, zuerkannt.¹

Als bestes Mittel für die Ableitung der Meereslängen schlug St. Pierre im Jahre 1674 dem Könige Karl II. von England die Beobachtung von Monddistanzen vor, der König forderte von einer Commission hierüber Bericht und in demselben betonte Flamsteed, daß die Methode sich praktisch erst bewähren werde, wenn die Sterncataloge und Mondtafeln auf bessere Beobachtungen basirt sein würden. Daraufhin befahl Karl II. im Jahre 1675 den Bau der Sternwarte

¹ Vergl. Poggendorff, Geschichte der Physik, Leipzig 1879, p. 792 ff.

zu Greenwich und betraute Flamsteed mit der Leitung von Beobachtungen, die geeignet wären, die Tafeln der Bewegungen aller Himmelskörper und die Lage der Fixsterne zu berichtigten. Durch Hilfe dieser Flamsteed'schen Beobachtungen schuf Newton seine Mondtheorie, welche die Grundlage für alle späteren Arbeiten von D'Alembert, Euler, Tobias Mayer etc. bildet und im Jahre 1699 legte er der Londoner Gesellschaft der Wissenschaften ein Instrument vor, das erst 1731 und zwar als die Erfindung John Hadleys für Messungen von Mondsabständen in Gebrauch gekommen ist.

Im Jahre 1755 übergab Tobias Mayer seine ersten Mondtafeln dem englischen Admiralitätscollegium und die Beobachtungen, die Campbell auf seinen Seereisen von 1757—1759 mit einem Hadley'schen Sextanten anstellte, zeigten für diese Tabellen nach den Reductionen, die Bradley ausführte, eine genügende Genauigkeit. Einer neuen Controlle sollten die Mayer'schen Tafeln unterworfen werden durch Beobachtungen, die Maskelyne auf seiner Fahrt nach Helena zum Zwecke der Beobachtung des Vorüberganges der Venus vor der Sonnenscheibe im Jahre 1761 anzustellen hatte. Doch lagen schon früher vorzügliche Beobachtungen von Niebuhr,¹ einem Schüler von Tobias Mayer vor, die auch in der englischen Ausgabe von Mayers Mondtafeln, die im Jahre 1770 auf Anordnung und auf Kosten des Board of Longitude erschien, als Beweis der Güte derselben abgedruckt worden sind. Mayer starb im Jahre 1761 und seiner Witwe wurde von der englischen Regierung ein Preis von 5000 Pfund Sterling ausbezahlt. Um die Ver-

¹ Eine sorgfältige Reduction dieser Beobachtungen von Bürg, unter Anwendung seiner eigenen Mondtafeln, findet sich in Zach's monatl. Correspondenz, Band IV und V.

gleichung der Beobachtungen mit den Tafeln zu erleichtern, gibt der Nautical Almanac seit 1762 und die Connaissance des temps seit 1774 die wahren Entfernung des Mondes von der Sonne, den helleren Planeten und neun Hauptsternen von drei zu drei Stunden im Voraus berechnet, an, und zwar für die Planeten Saturn, Jupiter, Mars und Venus und für die Sterne α Arietis, α Tauri (Aldebaran), β Geminorum (Pollux), α Leonis (Regulus), α Virginis (Spica), α Scorpii (Antares), α Aquilae (Altair), α Piscis australis (Fomalhaut) und α Pegasi (Markal). Für die Methode der Monddistanzen bestand die Hauptschwierigkeit der Rechnung in der Bewältigung der parallactischen Reduktionsarbeiten; statt an zwei Orten die Distanzen des Mondes von einem Sterne zu messen, wird die Messung nur einseitig ausgeführt und zu der für die Beobachtungszeit abgeleiteten geozentrischen Distanz sucht man aus der Ephemeride diejenige Zeit des ersten Meridians, für welche dieselbe Distanz zum Voraus berechnet ist; die Differenz der beiden Zeiten gibt dann den gewünschten Längenunterschied und es ist klar, daß aus derartigen Beobachtungen die Tafelfehler nicht eliminiert werden. Um dem Seemann die Rechnung möglichst zu ersparen, haben Lacaille und Andere graphische Verfahren vorgeschlagen und zum Theil auch ausgeführt, die natürlich nur einer beschränkten Genauigkeit fähig sind; doch auch scharfe trigonometrische Lösungen wurden schon früh bekannt, nach welchen entweder aus der scheinbaren Distanz die wahre selbst oder in denen bloß deren Differenz abgeleitet wird. Für die erstere Darstellung hat Borda¹ eine vorzügliche Formel gegeben und unter den Bearbeitern der zweiten Form sind

¹ Borda, Description et usage du cercle de réflexion.

besonders Legendre und Delambre zu nennen, an die sich weiter bis auf unsere Zeit eine große Zahl von Astronomen und Mathematikern anreihen, die durch vielfache Abhandlungen und Hilfstafeln das Problem zu vereinfachen versucht haben.¹ Die Sonnen- und Mondtafeln sind seit Tobias Mayer vielfach verbessert worden,² sodaß als hauptsächlichste Fehlerquelle für diese Methode die Schwierigkeit einer genauen Distanzmessung mit kleinen Instrumenten anzusehen ist, die am geringsten für eine Distanzmessung des Mondes von der Sonne und erheblich größer für eine solche von Fixsternen wird. Die gebräuchlichsten Sextanten lassen höchstens eine Ablesung von $10''$ zu, zu dem wahrscheinlichen Beobachtungsfehler tritt hinzu die Unsicherheit der Instrumentalfehler und der Refraction, sodaß eine Unsicherheit in den Längenresultaten bei sonst normalen Beobachtungen bis zu einer Zeit-Minute nicht zu vermeiden ist. —

Als es Galiläi, Marius und Harriot gegen Ende des Jahres 1609, also kurz nach Erfindung des Fernrohrs, gelang, die vier Jupitertrabanten und deren Bewegungsgesetze um den Hauptplaneten zu entdecken, ergab sich ein neues Mittel, die Länge auf ähnliche Weise wie durch Mondfinsterniß-Beobachtungen zu bestimmen, indem die Trabanten sehr häufigen Verfinsterungen unterworfen sind. Wegen der Kürze der Umlaufszeiten und da die Bahnebenen der Monde sehr wenig gegen die Jupiterbahn geneigt

¹ Bürg, Mollweide, Huber, Klügel, Mendoza, Dunthorne, Littrow, Rümker u. a. Vor allem ist auf die exakte theoretische Behandlung dieses Problems von Bessel in Astron. Nachr. X., Nr. 218 und Astron. Untersuchungen II zu verweisen.

² Sonnentafeln: Delambre, Zach, Carlini, Hansen, Le Verrier.
Mondtafeln: Bürg, Burkhardt, Damoiseau, Hansen.

sind, treten die Trabantenverfinsterungen viel häufiger ein, als die Mondfinsternisse, deren in jedem Jahre nie mehr als zwei und zuweilen gar keine sichtbar sind, während für den ersten Trabanten, d. h. für den Jupiter am nächsten stehenden Mond durchschnittlich auf alle zwei Tage entweder ein Eintritt oder ein Austritt fällt. Da diese Ereignisse in ihrer Beobachtung eine weitaus größere Genauigkeit zulassen, als die Mondfinsternisse, so ist klar, daß vielfache Versuche gemacht wurden, Tafeln zu berechnen, um alle Beobachtungen zu Längenbestimmungen nutzbar machen zu können; doch erst Delambre gelang es unter Benutzung der La Place'schen theoretischen Arbeiten, aus den sämmtlichen, ihm zu Gebote stehenden, Beobachtungen Tafeln herzustellen, welche für damalige Verhältnisse eine genügende Schärfe zu geben im Stande waren. Für genauerte Längenbestimmungen auf Landreisen ist die Methode auch heute noch sehr vortheilhaft und kann unter Berücksichtigung der von Pater Hell aufgestellten Regeln zu recht guten Resultaten führen. Diese Regeln sind:¹

- 1) Man beobachte blos die Verfinsterungen des ersten und zweiten Trabanten, da diese die schnellste Bewegung haben, wodurch die Zeit des Verschwindens und Hervortretens aus dem Schatten in engere Grenzen eingeschlossen wird.
- 2) Man gebrauche immer dasselbe Fernrohr, indem man mit einem stärkeren Glase den Trabanten später verschwinden und auch eher wieder hervortreten sieht.
- 3) Man nehme zur Längenbestimmung so viel Eintritte als Austritte.

¹ Ephemerides astronomicae anni 1764, p. 189.

- 4) Man wähle die Beobachtungen nicht zu nahe bei der Opposition des Jupiters, oder zur Zeit der Dämmerung, oder wenn Jupiter sich nahe am Horizont befindet.
- 5) Man wende eine große Menge correspondirender Beobachtungen an.
- 6) Man sorge für eine genaue Zeitbestimmung.

Seit es möglich geworden ist, auf telegraphischem Wege die Länge mit der größten Genauigkeit zu bestimmen, ergibt sich eine leichte Controlle für den Genauigkeitsgrad der schon erwähnten Delambre'schen Tafeln; in neuerer Zeit werden auf größeren Sternwarten selten Beobachtungen der Jupiterstrabantenverfinsterungen ausgeführt, nur Straßburg gibt seit einer Reihe von Jahren regelmäßige Beobachtungsreihen, nach denen die Summe der Fehler, also Tafelfehler und Beobachtungsfehler im Mittel auf nahe 18^s zu stehen kommt.

Auf der See lässt sich diese Methode leider nicht anwenden, da die immerwährende Bewegung des Schiffes es dem Beobachter unmöglich macht, den Trabanten im Gesichtsfelde des Fernrohres zu erhalten, um so mehr, da zu Beobachtungen dieser Art stark vergrößernde Fernröhren, die also eine verhältnismäßig größere Länge besitzen, angewendet werden müssen.

Die Methode der Längenbestimmung aus Sonnenfinsternissen, Sternbedeckungen und Vorübergängen der untern Planeten vor der Sonnenscheibe erhielt durch zahlreiche Studien und Untersuchungen über die Theorie der Parallaxen, unter denen namentlich die Arbeiten von Lexell, Cagnoli, La Grange, Henry, Delambre, Olbers und Littrow hervzuheben sind, bedeutende Vereinfachungen und auch für

dieses Problem sind die Bessel'schen Arbeiten grundlegend geworden.¹ Da die Beobachtungen Bedingungsgleichungen für die Correctionsglieder der Tafelelemente gestatten, so hat die Methode vor den früher besprochenen einen wesentlichen Vorzug. Allerdings sind die Beobachtungen von Sternbedekungen öfters beträchtlichen Unsicherheiten unterworfen, zumal für die Ein- und Austritte der Sterne am hellen Mondrande, die bei schwächeren Sternen überhaupt nur mit grösseren Instrumenten wahrzunehmen sind, sowie für solche Sterne, deren scheinbare Breite von der scheinbaren Breite des Mondes stark verschieden sind, oder für solche, die nicht central vom Monde bedeckt werden, sondern schief an seinem Rande eintreten, sodaß auch durch vieljährige und sorgfältige Beobachtungen keine Genauigkeit erreicht werden kann, wie sie für Gradmessungsarbeiten unbedingt erfor-

¹ Astron. Untersuchungen II, p. 95 ff.

Astron. Nachr., Nr. 151 und 152. Reduction von 6 Plejadenbedeckungen 1820—22 von Rosenberger.

Für Sternbedeckungen vergleiche auch die Abh. von:

Carlini in v. Zach's monatl. Corresp. 1808.

Hansen, Astron. Nachrichten XVII, Nr. 392—395.

Als wichtigste Publicationen von Längenbestimmungen aus Sternbedeckungen sind hervorzuheben:

Hansen, Astron. Nachr., Band XVII, p. 141, Längendifferenz Berlin-Breslau aus Sternbedeckungen bis 1837. Eine Fortsetzung bis 1850 publicirte C. A. F. Klinger, Dissertatio, Vratisl.

Littrow, Astron. Nachr., Band III, p. 62, Längenbest. Greenwich—Paris—Wien.

Lejeune, Dissertatio astronomica. Längenbest. aus der Plejadenbedeckung 1841.

Peirce, Coast survey 1855—61, zahlreiche Längenbest., zum Theil für den Anschluß der Punkte der amerikanischen Küstenvermessung mit europäischen Sternwarten.

Zahlreiche Reductionen gaben Triesnecker und Wurm in Zach's monatl. Corresp. und Astron. Nachr. Vergleiche auch Wurm, Anleitung zum parallactischen Rechnen. Tübingen, 1804.

derlich ist; blieb doch nach mehr als 100jährigen derartigen Beobachtungen für Paris—Greenwich eine Unsicherheit in der Längendifferenz von mehrern Zeitsekunden.

Da wegen der schnellen Bewegung des Mondes die Sternzeit der Culmination desselben für jeden Ort der Erdoberfläche eine andere ist, so erhält man durch Meridianbeobachtungen des Mondes unter Benützung der stündlichen Rectascensionsänderung desselben eine neue Methode der Längenbestimmung. Nun ist bekannt, daß eine langsame, fortschreitende Bewegung sich viel genauer beobachten läßt als eine plötzliche Erscheinung und es gehören deshalb die Beobachtungen der Durchgänge am Passageninstrumente zu den genauesten, die man kennt. Aus diesem Grunde nehmen die Beobachtungen der Mondculminationen eine so hohe Stufe unter den Mitteln zur Bestimmung der Längenunterschiede ein; die Fehlerquellen der Parallaxe und Refraction fallen weg, die Tafelfehler in den Mondpositionen lassen sich aus den Beobachtungen selbst bestimmen und der Einfluß der Instrumentalfehler wird verringert, indem man correspondirende Beobachtungen derart anstellt, daß man nicht die Sternzeit der Culmination selbst, sondern den Zeitunterschied zwischen der Culmination des Mondes und einiger, nahe in seinem Parallel stehenden Sterne beobachtet. Der erste Vorschlag zur Benützung der Mondculminationen zu Längenbestimmungen röhrt wohl von Finée¹ her; nach einer Stelle aus einem Briefe Rothmann's an Tycho Brahe dürfte schon Rothmann sich derartiger Beobachtungen zur Bestimmung der Längendifferenz Cassel-Uranienburg bedient haben; weitere Vorschläge finden wir erst 1728 bei Lead-

¹ Oronce Finée, *De invenienda longitudinis differentia*. Paris 1544.

better,¹ später von Bouger und Pingré² und 1769 im Nautical Almanac von Maskelyne. Der bis zum Beginne des 19. Jahrhunderts seltene Gebrauch des Passageninstrumentes mag zum großen Theile die geringe Anwendung dieser Methode verursacht haben. Die ersten practischen Versuche fallen auf England und Frankreich und als erste derartige Bestimmung in Deutschland ist die Längenmessung zu bezeichnen, die von Zach zwischen Seeberg und Mannheim ausführte.³

Erst durch eine neue Anregung von Lindenau,⁴ aber ganz besonders durch die Arbeiten von Nicolai,⁵ der auf die Verbesserung, welche die Methode durch die Beobachtung von dem Monde nahe stehenden Sternen fähig ist, aufmerksam machte, kamen diese Beobachtungen in allgemeinen Gebrauch, und mit um so besserem Erfolge, als mit Uebernahme des Berliner Jahrbuches von Encke im Jahre 1830 die Sterne, welche zur Zeit der Mondculmination auf dem Parallel des Mondes sich befinden, zum Voraus in diesem Jahrbuche bekannt gemacht wurden und als im

¹ Leadbetter, Compleat system of astronomy 1728; hier ist auch eine Anleitung zur Ableitung der Länge aus Mondhöhen gegeben.

² Bouger, *Traité de navigation*. Paris 1747.

Pingré, *Etat du ciel*. 1754.

Mackay, *Theory and practice of finding the longitude at sea or land*. London 1787.

Edw. Pigott, *Phil. Trans.* 1786, p. 409.

Bohnenberger, *geogr. Ortsbestimmung* 1795, p. 449.

³ Berl. astron. Jahrbuch 1795, p. 250.

Vergleiche auch Triesnecker in Wiener Ephemeriden 1806, p. 291.

⁴ von Lindenau, *Ueber die Zuverlässigkeit der Längenbestimmung durch Mondculminationen und Mondabstände in Zach's monatl. Corresp.* 1805, p. 216.

⁵ Astron. Nachr. Nr. 26 und Nr. 52.

Jahre 1834 Encke und der Intendant des Nautical Almanac, Stradford, sich dahin einigten, zum Behufe von Längenbestimmungen in beiden Ephemeridensammlungen denselben Catalog von Mondsternen aufzunehmen.

Es ist bekannt, daß instrumentale Verschiedenheiten, d. h. verschiedene Größen der Fernröhren, auf Durchmesserbeobachtungen von störendem Einflusse sind, der bei dieser Methode um so fühlbarer wird, da es selten erreicht werden kann, die Mondbeobachtungen auf beide Ränder gleich zu vertheilen und es sehr schwer hält, den jedem Instrumente eigenthümlichen, optischen Factor aus Beobachtungen mit hinreichender Schärfe abzuleiten. Seit in neuerer Zeit mehrere zu Gradmessungszwecken bestimmte, völlig gleich gebaute transportable Passageninstrumente zu Beobachtungen von Mondculminationen benutzt worden sind, dürfte sich ein Material bieten, dessen Bearbeitung zum Zwecke einer Discussion des Genauigkeitsgrades der in Rede stehenden Methode von besonderem Interesse sein würde;¹ die bis jetzt bekannten Reductionen lassen indessen nicht erwarten, daß dieser Fehler in eine engere Grenze, als wie sie schon Pierce gefunden hat und die er auf 1 Zeitsecunde angibt,² gebracht werden kann. —

Viel genauerer Resultate ist die Methode der Längenbestimmung durch directe Uebertragung der Zeit, mittelst

¹ Mit einer solchen Studie ist der Verfasser dieser Schrift beschäftigt.

² Report of the Superintendent of the U. S. Coast Survey for 1854. Appendix, p. 115. In dieser Abhandlung ist auch die jetzt gebräuchlichste Reductionsmethode mittelst einer aus sämmtlichen Beobachtungen einer Lunation abgeleiteten, verbesserten Mondephemeride entwickelt.

Auf Expeditionen wurden auch Mondazimuthe, d. h. Azimuthdifferenzen zwischen Mond und hellen Fixsternen am Universalinstrument gemessen, doch kann diese Methode niemals die Beobachtung von Mondculminationen ersetzen.

Chronometer fähig; die zufälligen Fehler lassen sich verringern durch Vergrößerung der Zahl der Chronometer und die constanten Fehler, die durch den Transport der Uhren entstehen, kann man zum großen Theile aufheben, indem man die Resultate, die aus Expeditionen nach beiden Richtungen gewonnen werden, zu einem Mittel verbindet. Außerdem gestatten möglichst genaue Zeitbestimmungen aus Meridianbeobachtungen an den Hauptstationen, die gleich vor und sofort nach der Expedition angestellt werden, den während der Fahrt vorhandenen Gang nahe richtig darzustellen. Mittelst 68 Chronometer gelang es 1843 Struve, die Längendifferenz Pulkowa-Altona mit einem wahrscheinlichen Fehler von nur $0^s.039$ zu bestimmen,¹ und ebenso günstige Resultate erzielte mit derselben Methode Airy in der Bestimmung der Länge von Valentia in Irland.²

In seiner Discussion der Resultate der amerikanischen Chronometerexpeditionen zwischen Liverpool (England) und Cambridge (U. S.) in den Jahren 1849, 50, 51 und 54 macht G. P. Bond auf die Veränderungen aufmerksam, welche verschiedene Temperaturen der Chronometer auf den Gang ausüben und die besondere Vorkehrungen erfordern, um diese Störungen messen und in Rechnung bringen zu können.³

Eine sehr wesentliche Operation in der Discussion des Beobachtungsmaterials ist die Verbindung der einzelnen

¹ Expédition chronométrique exécutée par ordre de Sa Majestée l'Empereur Nicolas I. pour la détermination de la longitude géographique relative de l'observatoire central de Russie. St. Petersbourg 1844.

² Greenwich Observations of 1845, Appendix.

³ Report of the Superintendent of the U. S. Coast Survey for 1854, Appendix 42; for 1856, p. 182.

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.