



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Schiffsnavigation: Menschen, Instrumente und Methoden im Kontext der Novara-Expedition“

verfasst von / submitted by

Dipl.-Ing. (FH) Robert Hrabovszky

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Arts (MA)

Wien, 2018 / Vienna, 2018

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 066 944

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Wissenschaftsphilosophie und Wissenschaftsge-
schichte UG2002

Betreut von / Supervisor:

ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Marianne Klemun

Inhaltsverzeichnis

Anmerkungen zu Zitierweise und Fassung	1
Danksagung.....	2
1 Einleitung	3
2 Überblick über die Expedition.....	7
3 Navigationsdienst und Diensthabende	10
3.1 Einführung in den Navigationsdienst.....	11
3.2 Diensthabende.....	18
3.1 Gesellschaftliche Positionen und das Verhältnis von Wissenschaft und Marine	24
4 Entwicklung nautischer Winkel- und Zeitmessgeräte.....	28
4.1 Entwicklung des Sextanten	28
4.2 Entwicklung des Chronometers.....	41
4.3 Ansichten zur Entwicklung nautischer Winkel- und Zeitmessgeräte.....	58
5 Methoden der nautisch-astronomischen Orts- und Zeitbestimmung	62
5.1 Messvorgang und Fehlerminimierung	63
5.2 Gestirnhöhenkorrekturen	68
5.3 Das sphärisch-astronomische Dreieck	72
5.4 Breiten- und Längenbestimmung	75
5.5 Methoden im Kontext der Instrumente, Räume und Konzepte des Wissens.....	81
6 Zusammenfassung und Anknüpfungspunkte zur Gegenwart	84
Anhang A: Besatzung der Novara	88
Anhang B: Abstract.....	97
Referenzen	98
Bildquellen	102

Anmerkungen zu Zitierweise und Fassung

Direkte Zitate sind im Fließtext mit Anführungszeichen oder, wenn das Zitat über drei Zeilen lang ist, als eigener, eingerückter Absatz mit verringerter Schriftgröße gekennzeichnet. Indirekte Zitate sind daran zu erkennen, dass sie im Text ohne Anführungszeichen mit der Nummer der Fußnote und in dieser mit dem Kürzel „Vgl.“ beginnen. Befindet sich die Nummer der Fußnote im Satz oder am Ende eines Satzes vor dem Punkt, bezieht sich das Zitat auf den ganzen Satz oder den Teilsatz vor der Nummer. Eine Fußnotennummer am Ende eines Absatzes nach einem Punkt bedeutet, dass der gesamte Absatz als Zitat zu verstehen ist.

Teile der Arbeit, die heute noch Geltung haben (können), wurden allgemein, im Präsens und unter sprachlicher Berücksichtigung beider Geschlechter gefasst. Im historischen Kontext wurde die Vergangenheitsform verwendet und die weibliche Form nur dann mitangeführt, wenn beide Geschlechter betroffen waren.

Danksagung

Mein Dank gilt Frau ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Marianne Klemun für die umfassende Betreuung, ihre wertvollen Anmerkungen und die kritische Reflexion, die mich immer wieder aufs Neue motiviert hat, mehr zu geben. Ich halte ihr stets rasches Feedback und die viele Zeit, die sie mir zur Verfügung gestellt hat, nicht für selbstverständlich, angesichts der dichten Terminkalender des Universitätsbetriebes. Weiterer Dank gilt Herrn PD Dr. Thomas Posch. Er war so freundlich mich durch die Universitätssternwarte zu führen und mir das von ihm mitherausgegebene Buch: „Die Geschichte der Universitätssternwarte Wien: Dargestellt anhand ihrer historischen Instrumente und eines Typoskripts von Johann Steinmayr“ zu leihen, bei dessen Lektüre ich auf eine Methode der Orts- und Zeitbestimmung des Astronomen Carl Ludwig von Littrow gestoßen bin, die im Rahmen der Novara-Expedition umfangreich getestet wurde, was mein Interesse für die Schiffsnavigation besagter Expedition geweckt hat. Gleichermassen danke ich Frau Teresa Schönmayr, B.A. für die Korrekturlesungen und für die Ermutigung, mich nach einigen Jahren Berufstätigkeit erneut dem Studium zu widmen.

1 Einleitung

Die Novara-Expedition war die wohl bedeutendste Forschungsreise und Weltumseglung, die unter Österreichischer Flagge durchgeführt wurde. 1857 stach die zum Expeditionsschiff umgerüstete Segelfregatte Novara der k. k. Kriegsmarine im Hafen von Triest in See, mit den Zielen der praktischen Ausbildung der Marine, der kolonialpolitischen Erkundung, der Erschließung neuer Absatzmärkte und Bezugsquellen von Rohstoffen für die Herstellung österreichischer Produkte sowie der wissenschaftlichen Sammlung, Beobachtung und Vermessung an 25 Destinationen.

In den Jahren 1861 bis 1876 erschien dazu eine 21-bändige Selbstdarstellung unter dem Namen „Reise der österreichischen Fregatte Novara um die Erde, in den Jahren 1857, 1858, 1859 unter den Befehlen des Commodore B. von Wüllerstorff-Urbair“, die innerhalb dieser Masterarbeit kurz „Reiseberichte“ genannt wird. In den Reiseberichten lag das Augenmerk auf den Ergebnissen der Feldforschung, weniger auf der wissenschaftlichen Tätigkeit am Schiff. Nautik und Astronomie zählten zu den expliziten Forschungszielen der Expedition. „[...] Astronomie an Bord war ein selbstverständliches Werkzeug der Navigation und spielte im Nachlass daher eher eine marginale Rolle“¹. Dass in diesen Bereichen geforscht wurde, unterscheidet die Expedition von „üblichen“ Ausbildungsfahrten der Marine. Es ging nicht ausschließlich darum, das am Marinekolleg erlernte Wissen praktisch zu erproben bzw. anzuwenden. Die Expedition bot eine Plattform zur Entstehung und Weiterentwicklung nautischen Wissens. Letztlich verspielt das schnellste Schiff seinen Vorteil, wenn es ungenau navigiert wird. Nautik war daher von nationalem Interesse und astronomisches Wissen Voraussetzung zur genauen Bestimmung des Schiffsortes auf hoher See. Methoden der Orts- und Zeitbestimmung sollten nicht nur genau, sondern einfach auf See anzuwenden sein, so wurde z.B. auf der Novara eine Methode des Astronomen Carl Ludwig von Littrow umfangreich getestet, welche es erlauben sollte, die Breiten- und Längenbestimmung zeitlich miteinander zu koppeln um Einsparungen im Rechenweg zu erzielen. Die Funktionen der dafür erforderlichen Zeit- und Winkelmessgeräte erscheinen dabei vielfältig. Mit Instrumenten wurde bzw. wird gemessen, registriert, repräsentiert, imitiert,

¹ Günter Paul *Bolze*, Zwischen Navigation & Himmelsschau: 150 Jahre Novara – Himmelsereignisse zur Navigation und als Momente von Ästhetik und Bewunderung" In: Stefan Gugerel [u.a.] (Hg.), *Astronomie und Gott?* (Institut für Religion und Frieden: Wien, 2010) 110.

demonstriert, exploriert, Phänomene konstruiert und produziert². Verhielte es sich – Klaus Hentschel zufolge – so wie in vielen wissenschaftstheoretischen Diskussionen dargestellt, „[...] dann wäre das Experiment in der Tat wenig mehr als das ausführende Organ der Theoretikerzunft bei der Prüfung und Rechtfertigung ihrer auf anderem Wege gewonnenen Einsichten und der Instrumentenbau eine Art nachgeordneter Bastlertätigkeit [...] ohne jedwede philosophische Relevanz“³.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entstehung, Anwendung und Entwicklung nautischen Wissens im Kontext der Novara-Expedition als Zusammenspiel von Menschen, Instrumenten und Methoden zu beschreiben. „Tools, actors and methods join together in one place and work together as ‘mediators between the production of phenomenon and the production of evidence’“⁴. An den genannten drei Aspekten orientiert sich die Gliederung der Arbeit. Die drei Kapitel: Navigationsdienst und Diensthabende“, „Entwicklung nautischer Winkel- und Zeitmessgeräte“ und „Methoden der nautisch-astromischen Orts- und Zeitbestimmung“ greifen ineinander und bauen aufeinander auf. Im Sinne des besseren Verständnisses und der leichteren Lesbarkeit wurden technische Funktionsweisen, Fachtermini und mathematische Abkürzungen an der Stelle, wo sie das erste Mal eingeführt wurden, entsprechend ausgeführt, in Folge jedoch vorausgesetzt. D.h. der direkte Einstieg z.B. in Kapitel 5 ist ohne entsprechende Vorkenntnisse nicht zielführend.

Innerhalb der Kapitel wurde versucht, eine Balance aus Allgemeinem und Expeditionsspezifischem herzustellen. Der Navigationsdienst und die Navigatoren wurden primär anhand der Reisebeschreibung und den damaligen Lehrbüchern der k. k. Kriegsmarine nachgezeichnet. Hauptsächlich wurde aus „Lehrbuch der Navigation“ von Antheus Stupar und „Die Marine“ von Rudolph Brommy, neu bearbeitet von Heinrich Littrow, zitiert. Die Funktions- und Konstruktionsweisen der Instrumente erschließen sich aus ihren historischen Entwicklungen. Als Referenzen dienten hierbei: „Instruments of science: an historical encyclopedia“, herausgegeben von Robert Bud, Gerhard Dohrn-

² Vgl. Klaus *Hentschel*, Historiographische Anmerkungen zum Verhältnis von Experiment, Instrumentation und Theorie. In: Christoph *Meinel* (Hg.), *Instrument – Experiment: historische Studien* (Verl. für Geschichte der Naturwiss. und der Technik: Berlin [u.a.], 2000) 25.

³ *Hentschel*, Historiographische Anmerkungen, 13.

⁴ Marianne *Klemun*, Introduction: ‘Moved’ Natural Objects - ‘Spaces in Between’. In: *HOST Journal of History of Science and Technology*, Vol. 5 (Spring 2012) 13, mit Zitat von: Peter *Galison*, *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics* (University of Chicago Press: Chicago, 1997).

van Rossums „Die Geschichte der Stunde: Uhren und moderne Zeitordnung“ und „Deutsche und niederländische astronomische Instrumente des 11.–18. Jahrhunderts“ sowie „Geschichte der Sternkunde: von den ersten Anfängen bis zur Gegenwart“, beide von Ernst Zinner. Die im Rahmen der Novara-Expedition angewandten und weiterentwickelten Methoden der Orts- und Zeitbestimmung wurden mittels der Reisebeschreibung und dem Artikel: „Über die Methode der Längenbestimmung durch Differenzen von Circummeridianhöhen und deren Anwendung während der Weltumseglung S. M. Fregatte Novara“ von Karl Ludwig von Littrow sowie nautisch-astronomischer Hilfsliteratur rekonstruiert. Letztere umfasst: „Nautische Astronomie für den Gebrauch der k. k. Seeoffiziere“ von Franz Schaub und Eugen Gelcich, wieder von Antheus Stupar das „Lehrbuch der Navigation“ und das „Handbuch für Sternfreunde: Wegweiser für Praktische Astronomische Arbeit“, herausgegeben von Günter Dietmar Roth. Die verwendeten Hand- und Lehrbücher der k. k. Kriegsmarine sind aus der Zeit Mitte 19. bis Anfang 20. Jahrhundert. Aus späteren Werken wurde selbstverständlich nur damals Bekanntes verwendet. Expeditionsspezifisches wurde zum überwiegenden Teil anhand der Texte und Bilder der Reisedokumentation beschrieben, unter Berücksichtigung der späteren Rezeption.

Da es sich bei der vorliegenden Arbeit um eine wissenschaftsgeschichtliche handelt, wurden Bezüge zu Ansätzen der Wissenschafts- bzw. Wissensgeschichte⁵ hergestellt. Die Betonung von Wissensgeschichte soll sicherstellen, dass mögliche, zu enge Auslegungen des Begriffes „Wissenschaft“ die Nautik nicht durch das Raster wissenschaftshistorischen Interesses fallen lassen könnten. Der Wissensbegriff orientiert sich hier nicht an universellen Definitionsversuchen. Es wurde vielmehr danach gefragt, was in konkreten historischen Kontexten als Wissen galt und wie es sich formierte. Das fordert eine „[...] Integration kognitiver, materieller und sozialer Aspekte jenseits des alten Streits zwischen Externalisten und Internalisten“⁶. Aus praxeologischer Sicht entstand Wissen auch auf Schiffen. Dass die Nautik das 19. Jahrhunderts ein Gegenstand der Wissensgeschichte ist, scheint daher naheliegend. Und Expeditionen stehen im Interesse jüngster Wissens- bzw. Wissenschaftsgeschichtsforschung⁷. Die Schiffs-

⁵ Weiterführend dazu: Philipp Sarasin, Was ist Wissensgeschichte? In: *Internationales Archiv für Sozialgeschichte der deutschen Literatur*, 36/1, DOI 10.1515/iasl.2011.010 (Juli 2011) 159–172.

⁶ Hentschel, Historiographische Anmerkungen, 17.

⁷ Siehe: Marianne Klemun, Ulrike Spring (Hg.), *Expeditions as Experiments: Practising Observation and Documentation* (Palgrave Macmillan: London, 2016).

navigation der Novara-Expedition ist folglich wissenshistorisch relevant, aktuell und so gut wie unbearbeitet, was neben meinem Interesse für das gegenständliche Thema zugleich auch Stein des Anstoßes war, zur Schließung dieser Lücke beizutragen.

Im Laufe dieser Arbeit wird zudem deutlich, dass gewisse geometrische Grundpfeiler und Praktiken der Orts- und Zeitbestimmung als Bindeglied zwischen Menschen, Instrumenten und Methoden fungieren, sie weiters den Bogen von der Antike zur Novara-Expedition spannen und darüber hinaus Anknüpfungspunkte zur Gegenwart liefern.

2 Überblick über die Expedition

Mit 30 Kanonen lichtete die Segelfregatte Novara der k. k. Kriegsmarine 1857 im Hafen von Triest die Anker zu einer Weltumseglung mit internationaler Unterstützung. So sprachen Gelehrte wie Alexander von Humboldt ihre Empfehlung aus und England gewährte freies Geleit in den britischen Kolonien. Zuvor wurde die Fregatte im Marinarsenal in Pola – heute Pula in Kroatien – für Ausbildungs- und Expeditionszwecke aus- bzw. umgerüstet. Es wurden Duschen installiert, konservierte Nahrungsmittel in Dosen, Email-Geschirr und ein Destillierapparat mitgegeben. Mit letzterem konnte Trinkwasser auf See erzeugt und die Ansteckungsgefahr durch verunreinigtes Tropenwasser verringert werden. Weiters wurde ein Lesezimmer (siehe Abbildung 1) mit einer kleinen Bibliothek eingebaut. Darin wurden „[...] die Kurs- und Windkarten zum Gebrauche wie zur Belehrung der Officiere aufgelegt [...]“⁸. Das Lesezimmer bot Raum für Zusammenkunft, Lehre und Forschung. Der Hauptzweck der Weltumseglung lag in der Ausbildung der Marine. Den 30 dazu eingeschifften Offizieren und Kadetten der über 350-köpfigen Crew sollte eine umfassende Gelegenheit geboten werden, „[...] sich den praktischen Schiffsdienst aufgrund theoretischer Vorstudien, in seiner ganzen Ausdehnung aneignen zu können und dadurch Kräfte zur tüchtigen Entwicklung unserer [Österreichs] Seemacht heranzubilden“⁹. Weitere Ziele der Expedition bestanden darin, die Interessen von Handel, Industrie und Schifffahrt zu fördern, neue Absatzmärkte und Bezugsquellen von Rohstoffen für die Herstellung österreichischer Produkte zu erschließen und auf internationaler Ebene Flagge zu zeigen. Über Einladung des damaligen Oberbefehlshabers der k. k. Kriegsmarine Erzherzog Ferdinand Maximilian entsandte eine eigens dafür eingerichtete Kommission der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften nachfolgende Forscher zur Teilnahme an der Expedition: den k. k. Reichsgeologen Dr. Ferdinand Hochstetter für wissenschaftliche Beiträge auf den Gebieten der Physik der Erde, Geologie und Mineralogie, vom k. k. zoologischen Hofkabinett den Kustos Georg Frauenfeld und den Assistenten, Sammler und Präparator Johann Zelebor für die zoologischen Agenden der Expedition, den Kunstgärtner und erfahrenen Sammler Anton Jelinek für die Botanik, den Chronisten der Reise Dr. Karl

⁸ Karl *Scherzer*, Reise der österreichischen Fregatte Novara um die Erde, in den Jahren 1857, 1858, 1859 unter den Befehlen des Commodore B. von Wüllerstorff-Urbair: Beschreibender Theil I (2. Auflage, Gerold: Wien, 1864) 4.

⁹ *Scherzer*, Novara, Beschreibender Theil I, 2. Auflage, 2.

Scherzer für Völker- und Länderkunde und den Maler Johann Selleny, der über 500 Zeichnungen während der Reise anfertigte. Das Einladungsschreiben an die kaiserliche Akademie der Wissenschaften verfasste der Astronom der k. k. Kriegsmarine Franz Schaub¹⁰. Er genoss das Vertrauen des Erzherzogs, den er zuvor in Astronomie ausgebildet hatte¹¹. Schiffsarzt Dr. Eduard Schwarz unterstützte Jellinek in der Botanik und befasste sich gemeinsam mit Fregattenarzt Dr. Franz Seligmann, Korvettenarzt Dr. Robert Lallemant und Schiffsarzt 1. Klasse Karl Ruschitzka mit Hygiene und Gesundheit an Bord sowie Krankheiten an Land und auf Schiff.¹²

Die Ausführung der astronomischen, so wie ein Theil der auf physische Geographie und Meteorologie sich beziehenden Beobachtungen blieb dem als Astronom rühmlichst bekannten Ober-Commandanten der Expedition, Herrn Obersten Bernhard von Wüllerstorff, vorbehalten.¹³

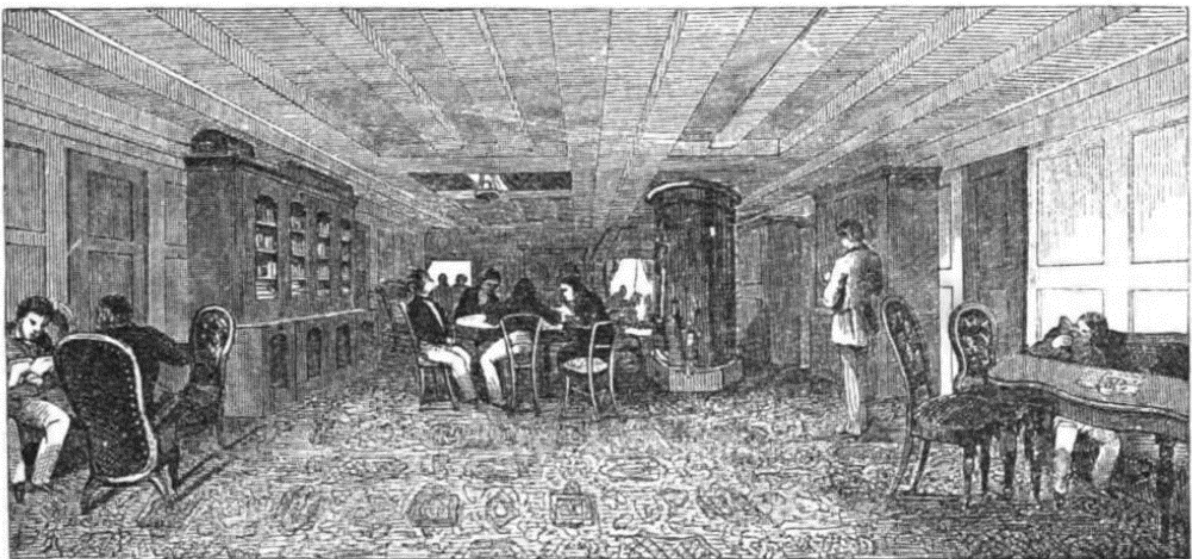


Abbildung 1: Lesezimmer¹⁴

¹⁰ Vgl. *Kaiserliche Akademie der Wissenschaften*, Bemerkungen und Anweisungen für die Naturforscher, welche die Expedition von Sr. K. K. Apost. Maj. Fregatte "Novara", unter dem Commando des Herrn Obersten Bernhard von Wüllerstorff-Urbair, begleiten (k. k. Hof- und Staatsdruckerei: Wien, 1856) Vorbericht III.

¹¹ Vgl. Franz Schaub und Carl Ludwig Littrow, Nekrolog auf Dr. F. v. Schaub: von Herrn Prof. C. v. Littrow. In: Christian August Friedrich Peters (Hg.), *Astronomische Nachrichten*, 77. Band (Buch- und Steindruckerei Hammerich und Lesser: Altona, 1871) 369.

¹² Vgl. Scherzer, *Novara*, Beschreibender Theil I, 2. Auflage, Vorwort 1–10 und Beilage 29–30 und *Kaiserliche Akademie der Wissenschaften*, Bemerkungen und Anweisungen, Vorbericht III–V und Renate Basch-Ritter, *Die Weltumsegelung der Novara 1857–1859: Österreich auf allen Meeren* (Akad. Druck- und Verlagsanstalt: Graz, 2008) 47–48.

¹³ *Kaiserliche Akademie der Wissenschaften*, Bemerkungen und Anweisungen, Vorbericht III.

¹⁴ Bildquelle: Scherzer, *Novara*, Beschreibender Theil I, 2. Auflage, 5.

Von Wüllerstorff-Urbair hatte die dafür erforderlichen Kenntnisse. Er studierte zwischen 1837 und 1838 Astronomie beim Direktor der k. k. Universitätssternwarte Wien, Joseph Johann von Littrow und einem seiner damaligen Adjunkten Schaub, mit der Aussicht, später die Leitung der Marinesternwarte in Venedig und den Lehrauftrag für Nautik und Astronomie an der dortigen Marineakademie zu übernehmen. 1856 wurde von Wüllerstorff-Urbair zum Schiffskapitän befördert und vom Erzherzog beauftragt, Instruktionen für die Weltumsegelung auszuarbeiten und die *Novara* entsprechend auszurüsten. Für die Dauer der Expedition wurde er zum Kommodore ernannt.¹⁵

Teile der mehreren tausend Objekte, die im Rahmen der Expedition gesammelt, als Geschenk erhalten oder angekauft wurden, wurden im Anschluss an die Reise in Triest der Öffentlichkeit präsentiert. Das *Novara*-Museum wurde unter der Zuständigkeit von Wüllerstorff und Scherzer auf Wunsch des Erzherzogs hin errichtet, bevor die vielen Exponate dann nach Wien überstellt wurden, wo sie unter der Leitung Frauenfelds in Gebäuden des k. k. Augartens ausgestellt wurden. Uniformierte Matrosen übernahmen dabei den Wachdienst des Museums. 1865 wurde es aufgelöst und die Objekte in den Folgejahren von der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften und später vom Naturhistorischen Hofmuseum übernommen. Einige Exponate gingen hierbei verloren. Ende 1875 bis Anfang 1876 wurden die Bilder von Selleny, die er während der Reise angefertigt hatte, anlässlich seines Todes im Künstlerhaus gezeigt. In den Jahren 1861 bis 1876 erschien eine 21 Bände umfassende Reisedokumentation und Bearbeitung der gesammelten Befunde unter dem Namen „Reise der österreichischen Fregatte *Novara* um die Erde, in den Jahren 1857, 1858, 1859 unter den Befehlen des Commodore B. von Wüllerstorff-Urbair“. Die ersten drei Bände galten der Reisebeschreibung von Scherzer. Sie wurde in 5 Auflagen veröffentlicht und begleitend dazu eine gekürzte, einbändige „Volksausgabe“ gedruckt. Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Expedition wurden in weiteren 17 Bänden veröffentlicht: einem zoologischen Teil aus 6 Bänden, einem anthropologischen Teil, der drei Bände umfasste, einem statistisch-kommerziellen Teil und einem geologischen Teil zu je zwei Bänden sowie einem botanischen, einem medizinischen, einem linguistischen und einem nautisch-physikalischen Band.¹⁶

¹⁵ Vgl. Oscar *Criste*, Bernhard Freiherr von Wüllerstorff-Urbair. Online-Version aus: Allgemeine Deutsche Biographie 44 (1898) 308–309, online unter: <<https://www.deutsche-biographie.de/gnd118635433.html#adbcontent>> (26.12.2017).

¹⁶ Vgl. *Basch-Ritter*, Die Weltumsegelung der *Novara*, 221–235.

3 Navigationsdienst und Diensthabende

[...] [W]as wären England, Amerika, Frankreich, Russland, Schweden und selbst Deutschland ohne Schifffahrt, ohne Handel zur See [...] und wen muss der Gedanke nicht begeistern, durch die verhältnismässige Entwicklung von Kriegsflotten, die ergiebigste Quelle des nationalen Reichthums zu erhalten, zu fördern und kräftig zu beschützen.¹⁷

Damit argumentierte Heinrich von Littrow, Sohn von Joseph Johann und Bruder von Carl Ludwig von Littrow, für den weiteren Ausbau der Marine einleitend in seiner Überarbeitung von Rudolph *Brommys* „Die Marine“, dem Werk, dass in diesem Kapitel als primäre Quelle in Bezug auf die Darstellung der Tätigkeiten, Arbeitsteilung, Hierarchie und dem Zusammenleben auf Schiffen der k. k. Kriegsmarine herangezogen wird.

Heinrich von Littrow absolvierte die Marineakademie und studierte wie von Wüllerstorff-Urbair für kurze Zeit Astronomie an der k. k. Universitätssternwarte bei seinem Vater in Wien, nach dessen Tod dann bei seinem älteren Bruder Carl Ludwig, der Direktionsnachfolger der Sternwarte war. Letzterer war auch Teil der wissenschaftlichen Kommission der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, welche die wissenschaftlichen Teilnehmer der Expedition ernannte und diese mit wissenschaftlichen Instrumenten ausstattete¹⁸. Gemeinsam mit von Wüllerstorff-Urbair unterrichtete Heinrich von Littrow an der Marineakademie zu Venedig, die im Zuge der März-„Unruhen“ von 1848 nach Triest übersiedelt wurde. Er war Kommandant mehrerer Kriegsschiffe, beteiligte sich mit von Wüllerstorff-Urbair, als jener bereits Handelsminister und Kontreadmiral war, an der Reorganisation der Marine und veröffentlichte Werke wie: „Deutsches Marine-Wörterbuch“ oder „Deutsche taktische und telegraphische Signale“. 1857 wurde er zum Direktor der Handels- und nautischen Akademie in Triest bestellt und zum Fregattenkapitän befördert.¹⁹

¹⁷ Rudolph *Brommy*, Die Marine: Unter Berücksichtigung der Fortschritte der Gegenwart und unter Hinzufügung der in Oesterreich gebräuchlichen italienischen Terminologie, neu bearbeitet von Heinrich *Littrow* (Duncker: Berlin, 1865) 6. Digitalisat, online unter: <http://digital.onb.ac.at/OnbViewer/viewer.faces?doc=ABO_%2BZ116951701> (06.12.2017).

¹⁸ Vgl. *Kaiserliche Akademie der Wissenschaften*, Bemerkungen und Anweisungen, Vorbericht III–VI.

¹⁹ Constantin von *Wurzbach*, Littrow, Heinrich Edler von. In: *Biographisches Lexikon des Kaiserthums Österreich* (15. Theil, k. k. Hof- und Staatsdruckerei: Wien, 1866) 284–286. Digitalisat, online unter: <<http://www.literature.at/viewer.alo?objid=11770&viewmode=fullscreen&scale=3.33&rotate=&page=288>> (06.01.2018).

Die familiäre Verflechtung der von Littrows kann exemplarisch für jene zwischen Marine und Astronomie dieser Zeit gesehen werden. In „Astronomie in ihrer Bedeutung für das praktische Leben“ ging der deutsche Astronom Adolf Marcuse sogar so weit, dass er „[...] die Astronomie als Mutterwissenschaft der Schifffahrt [...]“²⁰ präsentierte. Ob ein solches Verhältnis historische Realität, Kalkül oder Wunschgedanke war, soll an dieser Stelle nicht erörtert werden, de facto aber taugte das schnellste Kriegsschiff wenig, wenn es ungenau navigiert wurde und dafür waren astronomische Kenntnisse unumgänglich. Wer, wie und mit welchen Instrumenten zur Navigation der Novara beigesteuert hatte, kann zu guten Teilen anhand der Hierarchie bzw. der militärischen Ränge der Besatzung nachvollzogen werden, da die Arbeitsteilung auf Schiffen der Kriegsmarine klar geregelt war. Auch die von der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften nominierten Teilnehmer der Expedition waren in die herrschende Hierarchie an Bord miteingebunden.

3.1 Einführung in den Navigationsdienst

Der Navigationsdienst „[...] umfasst die Ausführung aller jener Beobachtungen, Berechnungen und sonstigen Arbeiten, die zu einer gesicherten Schiffsführung erforderlich sind“²¹. Das beinhaltete die Aufgaben der Festlegung eines gefahrenfreien Kurses und die Bestimmung der aktuellen Position des Schiffes auf der Seekarte. Als Reglement der Navigation galten die Vorschriften des Diensthandbuchs der k. k. Kriegsmarine. Sobald man freies Fahrwasser erreicht hatte, war ein loxodromer Kurs einzuschlagen und für längere Fahrten dieser Kurs möglichst an eine Orthodrome anzunähern. Mit Segelschiffen konnte dieser Kurs jedoch nur näherungsweise gehalten werden, weil der tatsächliche Kurs von der Windrichtung abhing.²²

²⁰ Adolf Marcuse, *Astronomie in ihrer Bedeutung für das praktische Leben* (B. G. Teubner: Leipzig, 1919) 13.

²¹ Antheus Stupar, *Lehrbuch der Navigation* (2., vielfach Neubearb. Auflage, Braumüller: Wien, 1919) 594.

²² Vgl. Stupar, *Lehrbuch*, 591–595.

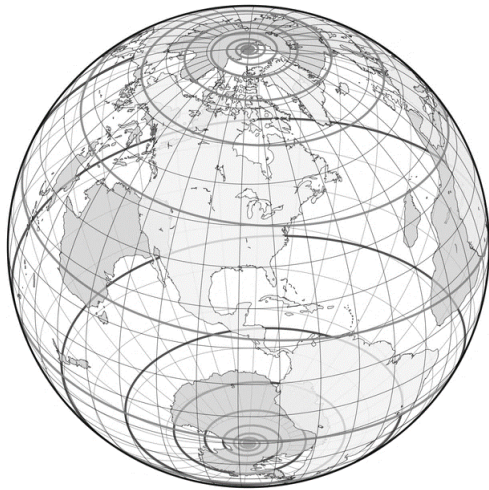


Abbildung 2: Loxodrome auf Erdball²³

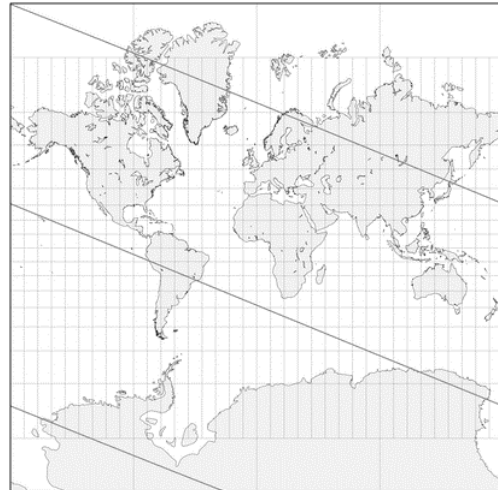


Abbildung 3: Loxodrome auf Mercator-Karte²⁴

Loxodrome bezeichnen jene Linien, welche jeden geographischen Längenskreis im selben Winkel schneiden. Sie umziehen die Erde – gedacht als geometrisch idealisierte Kugel – spiralartig (siehe Abbildung 2, Spirallinie). Die tatsächliche Form der Erde wurde in der Schifffahrt zu Zeiten der Novara-Expedition nicht berücksichtigt, unterminierten mögliche Abweichungen zur Realgestalt doch den damit erzielten Vorteil einfacherer Berechnungen²⁵.

Auf Seekarten nach Mercator stellen Loxodrome gerade Linien dar (Abbildung 3, schräge Linien). Solche Seekarten sind winkeltreue Projektionen der Oberfläche der Erde auf einen Zylinder, welcher aufgerollt, viereckig abgedruckt werden kann. Bei Fahrten entlang dieser Linien musste der Schiffskurs nicht geändert werden, im Gegensatz zu jenen entlang der Orthodrome. Letztere bezeichnen alle Streckenabschnitte auf Vollkreisen. Sie stellen die kürzesten Verbindungen zweier Orte auf der Erde dar. Die Distanzunterschiede zwischen loxodromer und orthodromer Fahrt sind für kurze Strecken gering. Daher bot sich eine Kombination beider Steuerweisen an. Diesbezüglich wurden Punkte zwischen Abfahrts- und Ankunftsort in einem Abstand

²³ Bildquelle: Carlos A. Furuti, Useful Map Properties: Directions, online unter: <<http://www.prognos.com/furuti/MapProj/Normal/CartProp/Rhumb/rhumb.html>> (11.10.2017).

²⁴ Bildquelle: Furuti, Useful Map Properties.

²⁵ Vgl. Stupar, Lehrbuch, 13–18.

von etwa 10° Längenunterschied auf einer Orthodrome gewählt und der Weg dazwischen loxodrom zurückzulegen. Damit ließen sich kurze Schiffswege mit wenigen Kursänderungen bewerkstelligen.²⁶

Der Schiffskurs der Novara wurde mittels Regelkompass bestimmt, einem Schwimm-magnetkompass von Barrow²⁷. Die Kompassrose wurde bei dieser Art von Kompassen in Flüssigkeit eingelegt. Im Vergleich zu Trockenkompassen deren Magnetnadeln nur im Lot zur Erde einwandfrei funktionierten, waren sie stabiler gegenüber Erschütterungen und daher ideal für den Einsatz auf See. Der Regelkompass hatte Korrektoren, mit denen die Deviation kompensiert werden konnte. Unter Deviation versteht man die Abweichung des Kompassmagneten durch den Eigenmagnetismus des Schiffes. Außerdem zeigt die Magnetnadel des Kompasses nicht exakt die geographische Lage der Pole, weil die magnetischen Pole nicht deckungsgleich mit den geographischen sind. Dieses Phänomen wird Deklination genannt und variiert mit der Zeit, weshalb entsprechende Karten, welche die Missweisung verzeichneten, von Zeit zu Zeit aktualisiert werden mussten. Solche Deklinationskarten wurden seit dem 16. Jahrhundert veröffentlicht. Die Inklination, sprich die Neigung der Magnetnadel gegen den Horizont, wurde durch Gegengewichte aus Wachs und Blei beglichen. Zusätzlich zum Kurs wurde die Fahrtgeschwindigkeit mit einem Log bestimmt, dessen Bezeichnung auf seinen englischen Erfinder Lock zurückgeht. Im einfachsten Fall besteht das Log aus einer Leine, versehen mit Knoten in fixen Abständen von 15,43 Metern, an deren Ende ein mit Blei beschwertes Holzdreieck befestigt war (siehe Abbildung 4, C, D und E). Das Holzstück wurde ins Wasser gelassen. Dabei wickelte sich die Leine durch die Bewegung des Schiffes von der Handspindel (siehe Abbildung 4, B) ab. Bis zum Ablauf einer bestimmten Zeit wurden die abgewickelten Knoten gezählt. Wenn in einer Zeit von 30 Sekunden 15,43 Meter von der Leine abgewickelt wurden, war das Schiff mit 1.852 Metern pro Stunde unterwegs. Es hatte dann eine Fahrt von einer Seemeile pro Stunde bzw. einem Knoten.²⁸

²⁶ Vgl. *Stupar*, Lehrbuch, 5–7.

²⁷ Vgl. *Hydrographische Anstalt der k. k. Marine* (Hg.), Reise der österreichischen Fregatte Novara um die Erde, in den Jahren 1857, 1858, 1859 unter den Befehlen des Commodore B. von Wüllerstorff-Urbair: Nautisch-physicalischer Theil (Gerold: Wien, 1862–1865) 120.

²⁸ Vgl. *Stupar*, Lehrbuch, 43–63, 74, 233–236 und *Brommy*, Die Marine, neu bearbeitet von *Littrow*, 36–38.

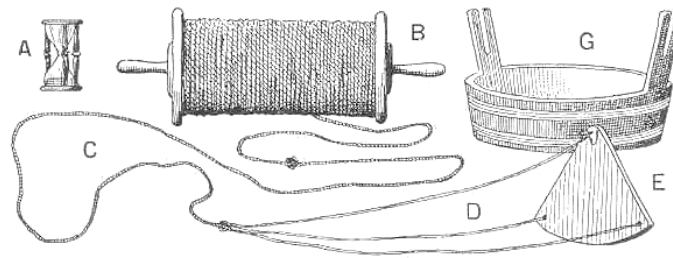


Abbildung 4: Handlog²⁹

Im beschreibenden Teil der Reiseberichte befindet sich eine Illustration der Navigationsbehelfe (Abbildung 5).

Bei den Illustrationen der Reiseberichte handelt es sich um Holzschnittdrucke. Sie basieren auf den Zeichnungen von Selleny, die er während der Reise anfertigte. „Viele Holzschnitte tragen vollständig oder abgekürzt die Signatur Sellenys, so die meisten Kapitelanfänge; Holzschneider und xylographische Firma sind auf sehr vielen vermerkt“³⁰. Mit der Herstellung einiger Holzschnitte wurden auch andere Künstler beauftragt. Es gibt einige Abweichungen zwischen den Holzschnittdrucken und den Zeichnungen von Selleny. Die auffälligsten davon ergaben sich aufgrund des Buchformates der Reiseberichte. Großformate mussten in der Breite an die Dimensionen des Buches angepasst werden. Die Zeichenstudien des Lebens an Bord weisen aber kaum Abweichungen zu den Holzschnittdrucken auf.³¹

Abbildung 5 trägt die Initialen von Selleny links unten. Deswegen gehe ich davon aus, dass er diesen Holzschnitt bzw. die Vorlage dafür jedenfalls selbst hergestellt hat. Der Druck ist nicht großformatig und zählt zu den Studien des Bord-Lebens. Mit großer Wahrscheinlichkeit gibt der Druck, also die Illustration (Abbildung 5), die Navigationsbehelfe der Novara-Expedition ohne Fehler bzw. Abweichungen zu den im Laufe der Expedition von Selleny angefertigten Zeichnungen wieder und wird in Folge als authentische historische Quelle betrachtet. Die Illustration zeigt ein einfaches Log, das Handlog. Daneben befinden sich Regelkompass, Sextant, Seekarten, Zirkel, Lineal,

²⁹ Ausschnitt aus Bild. Bildquelle: Georges *Clerc-Rampal*, *Mer: la Mer Dans la Nature, la Mer et l'Homme* (Paris: Librairie Larousse 1913) 261, online unter: <<http://digitalcollections.lib.washington.edu/cdm/singleitem/collection/fishimages/id/47804/rec/1>> (11.10.2017).

³⁰ Liselotte *Popelka*, Joseph Selleny und seine Aquarelle von der Weltreise der Novara 1857–1859. In: *Schriften des Heeresgeschichtlichen Museums in Wien*, 2 (Hermann Böhlaus: Graz [u.a.], 1963) 63.

³¹ Vgl. *Popelka*, Joseph Selleny, 62–64.

Thermometer und Büchsenchronometer. Hydrographische Anstalten, die gewöhnlich der Hafenadmiralität von k. k. Kriegsmarinehäfen unterstanden, hielten all diese nautischen Navigationsgeräte auf Vorrat und in bestem Zustand, rüsteten damit Schiffe gemäß Vorschrift aus und sammelten alle Daten mit Navigationsbezug, z.B. magnetische und meteorologische Beobachtungen, neu entdeckte Untiefen, Leuchtfeuer oder Seemarken³².

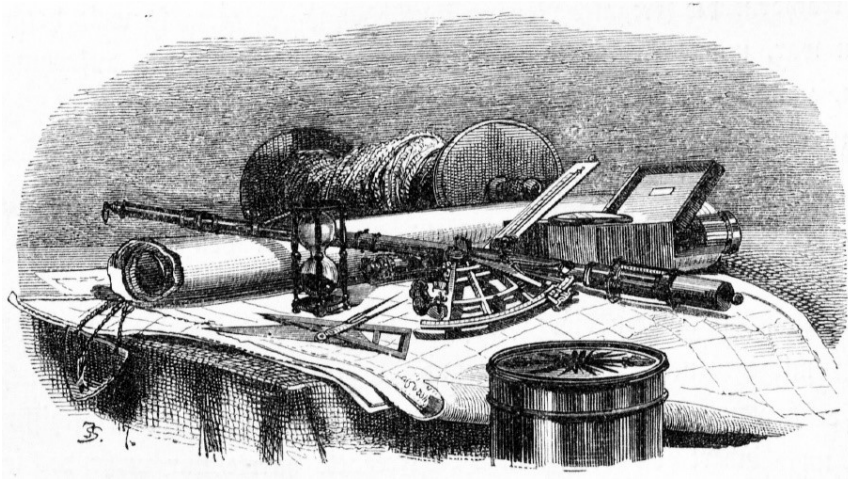


Abbildung 5: Navigationsbehelfe auf der Novara³³

Mit dem Handlog konnte die Fahrtgeschwindigkeit der Novara, mit dem Regelkompass die Himmelsrichtung bzw. der Kurs ermittelt werden. Zur Navigation benötigte man noch zusätzlich die geographischen Koordinaten der Abfahrts- und Ankunftsorte. Lokationen, für welche die geographischen Koordinaten nicht bekannt waren, konnten errechnet werden, indem man Längen- und Breitenunterschied zwischen Ankunfts- und Abfahrtsort der Seekarte entnahm und zu den Koordinaten des Abfahrtsortes addierte³⁴. Es ergab sich der einzuschlagende Kurs, als Winkel der Verbindungslinie zwischen beiden Punkten. Da die mercatorische Seekarte winkel- aber nicht längentreu war, wie in Abbildung 6 ersichtlich, musste die sogenannte Abweitung berechnet werden. Die Abweitung folgte aus dem Längenunterschied multipliziert mit dem Kosinus der Breite³⁵.

³² Vgl. *Brommy*, Die Marine, neu bearbeitet von *Littrow*, 195–196.

³³ Bildquelle: *Scherzer*, Novara, Beschreibender Theil I, 2. Auflage, 10.

³⁴ Vgl. *Stupar*, Lehrbuch, 3–4.

³⁵ Vgl. *Stupar*, Lehrbuch, 4.

Gewöhnlich wird alle Stunden geloggt, und die Schnelligkeit des Schiffes, sowie der Kurs, den das Schiff während der letzten Stunde steuerte, aufgeschrieben, wodurch am Ende der vierundzwanzigsten Stunde mit Hilfe des Koppelkurses [...] das Resultat der Distanz und des Kurses: Gesamtkurs und Distanz, gefunden und auf der Karte bemerkt wird, um den Ort des Schiffes [...] zu bestimmen, oder wie der Seemann sagt, das Besteck [...] macht.³⁶



Abbildung 6: Zylinderprojektion³⁷

Da es sich beim Kurskoppeln um ein Näherungsverfahren handelte, mussten Kurs- und Wegfehler in Kauf genommen werden. Weiters konnte mittels Log nur die Fahrtgeschwindigkeit festgestellt werden, also die Geschwindigkeit des Schiffes inklusive der Strömung. Je nach Strömungsrichtung und Geschwindigkeit wich der auf der Seekarte abgesteckte Ort vom tatsächlichen ab. Der Fehler konnte durch Stromangaben aus Handbüchern und Seekarten etwas verringert werden, blieb aber inexakt. Daher wurde der auf diese Weise bestimmte Ort des Schiffes auch „gegisster Ort“ genannt (giss stammte vom Englischen Wort „guess“ ab). Weitere Fehlerquellen waren Messfehler durch unruhigen Seegang, Rechenfehler sowie Deviation und Missweisung des Kompasses.³⁸

[...] [D]eswegen benutzt der Seemann astronomische Beobachtungen, um seine täglichen Berechnungen zu verbessern. Mit Hilfe des Sextanten [...] misst er die Sonnen- und Sternenhöhen zur Berechnung der Breite, und die zwischen Mond und der Sonne oder den Sternen zu beobachtenden Distanzen, mittels deren er die Länge berechnet.

³⁶ Brommy, Die Marine, neu bearbeitet von Littrow, 39.

³⁷ Bildquelle: *Segellexikon* Ausgabe 2015, Seekarte, online unter: <<http://www.sailingace.com/segellexikon/d/seekarte/seekarte.htm>> (11.10.2017).

³⁸ Vgl. Stupar, Lehrbuch, 245–248 und 302–304.

Zu welcher Genauigkeit er jedoch seine Beobachtungen und die daraus folgenden Resultate zu bringen vermag, stets wird ein kleiner Fehler in der Länge sich finden; um diesem abzuhelpfen, werden in der neueren Zeit die Seeuhren oder Chronometer [...] an Bord gebraucht, da mit ihrer Hilfe der Zeitunterschied zweier Orte und mithin die Länge mit der grösstmöglichen Genauigkeit gefunden werden kann.³⁹

150

Meteorologisches Tagebuch.

Von Gibraltar nach Funchal. — 1857.

Stunden	Mittagsbesteck	Barom. Par. Lin. 0° R.	Thermometer		Dunst- druck P.L.	Feuchtigkeit	Seewasser		Wind	Wolken	Höherer Himmel	Nieder- schlag	Ozon	Zustand der See
			T	N.			Temp. R.	Dichte						
Mittwoch, 3. Juni.														
2		337.818	13.3	12.5	5.56	89	12.1	.	NO ₃	0	10	T ₂	.	Ruhig
4		336.816	13.4	12.6	5.61	90	12.5	.	NO _{2.5}	0	10	T ₁	.	"
6		336.816	13.6	12.8	5.70	90	12.5	.	O _{2.5}	0	10	.	.	"
8		337.716	13.6	12.8	5.70	90	12.5	.	O _{2.5}	0	10	.	.	"
9	(φ 36° 6' N.	337.908	15.1	14.2	6.37	89	12.5	.	SO _{2.5}	0	10	.	.	"
10	(φ' 36 12 "	337.885	15.6	14.6	6.56	88	12.3	.	SO _{2.5}	cirr-strat.	9	.	.	"
0	(λ 5 17 W.	338.032	14.4	13.6	6.10	81	12.3	.	O _{2.5}	"	9	.	.	"
2	(λ' 5 14 "	337.998	14.3	13.4	5.97	89	13.4	.	O _{3.5}	0	10	.	.	"
3	(St. SSW. 7'	338.133	13.8	13.1	5.89	91	14.2	.	O _{5.5}	0	10	.	.	"
4		338.020	14.1	13.1	5.78	87	14.3	.	O _{7.5}	0	10	.	.	Etwas bew.
6		337.998	15.0	13.9	6.15	87	14.3	.	ONO ₇	0	10	.	.	"
8		337.739	14.8	13.9	6.22	89	14.3	.	ONO _{7.5}	0	10	.	.	Bewegt
10		337.908	14.9	14.4	6.62	94	14.4	.	ONO _{7.5}	0	10	T	.	"
12		337.649	14.9	14.6	6.79	96	14.4	.	ONO _{7.5}	0	10	T	.	"
Juni 3. Mittel		337.745	14.3	13.5	6.07	89	13.3	.	N. 79° 04.3					
12 ^h unter Segel gesetzt. — Starkes Leuchten der See. — Nm. 5 ^h 20 ^m dwars vom Cap Spartel. — Abends starkes Meeresleuchten. — φ und λ aus Circum-Meridianhöhen der Sonne.														

Abbildung 7: Auszug aus dem meteorologischen Tagebuch⁴⁰

Die Verbesserung der Gissung durch astronomische Beobachtungen erfolgte auf der Novara täglich zu Mittag. Beide Ortsangaben – die gegissten und die astronomisch festgelegten – wurden für jeden Mittag auf See im meteorologischen Tagebuch festgehalten, siehe Abbildung 7, Spalte „Mittagsbesteck“ (φ, λ = astronomisch bestimmter Ort; φ', λ' = gegissteter Ort). Die Längen wurden auf der Novara zumeist chronometrisch aus Vormittagshöhen, Breiten aus Mittagshöhen der Sonne abgeleitet.⁴¹

³⁹ Brommy, Die Marine, neu bearbeitet von Littrow, 39–40.

⁴⁰ Bildquelle: Hydrographische Anstalt, Novara, Nautisch-Physicalischer Theil, 150.

⁴¹ Vgl. Hydrographische Anstalt, Novara, Nautisch-Physicalischer Theil, 135.

3.2 Diensthabende

Der Schiffsdienst auf Schiffen der k. k. Kriegsmarine war hierarchisch strukturiert. Das oberste Glied der Befehlskette waren die Offiziere, darunter standen die Decks- und Unteroffiziere, dann die Matrosen. Segelten Schiffe im Verband, stand ihnen im Falle einer Flotte ein Admiral, im Falle eines Geschwaders ein Kontre-Admiral vor. Für die Kommunikation und Ausführung der obersten Befehle im Verband trugen Flaggoffiziere Sorge. Eine Abteilung von Schiffen ohne Flaggoffiziere segelte auf Befehl eines Kommodores, ein einzelnes Schiff auf den eines Kommandanten.⁴²

Nur durch die Gesetze und Vorschriften des Dienstes gebunden, herrscht der Commandant des allein segelnden Schiffes mit unbeschränkter Macht, sein Wille ist das höchste Gebot. Dem gegebenen Befehl muss die schnellste Ausführung, mit dem blindesten Gehorsam verbunden, folgen, denn da nur er allein für die Erhaltung seines Schiffes und dessen Mannschaft verantwortlich ist, so kann auch nur er entscheiden, was zweckmäßig dafür sein kann.⁴³

Der Kommandant bestimmte den zu steuernden Kurs. Veränderungen des Segelwerks durften nur auf sein Wissen hin vorgenommen werden. Jeder allgemeine Befehl ging von ihm aus und er kommandierte persönlich alle größeren Manöver und sollte im Unglücksfalle als letzter sein Schiff verlassen. Vertreten wurde der Kommandant durch den ersten Offizier, der wiederum täglich Schiff und Mannschaft inspizierte, die Verteilung der Besatzung übernahm, die Verteilung von Lebensmitteln und Wasser sowie die Übungen und die Ausbildung der Kadetten überwachte und seinen Vorgesetzten Rapport erstattete.⁴⁴

Die restlichen Offiziere wurden in Wachen eingeteilt und während des Dienstes Wachtoffiziere genannt. Sie befehligten Batterien und wechselten sich in ihren Diensten ab. Sie verantworteten im Dienst die Führung des Schiffes, d.h. sie stellten sicher, dass der angegebene Kurs gehalten wurde und sie berichteten alle besonderen Ereignisse auf See den Kommandanten. Bei der Wachablöse wurden alle Befehle und relevanten Informationen zum Schiff übergeben. Die Verantwortung eines Wachtoffiziers

⁴² Vgl. *Brommy*, Die Marine, neu bearbeitet von *Littrow*, 174–176.

⁴³ *Brommy*, Die Marine, neu bearbeitet von *Littrow*, 176.

⁴⁴ Vgl. *Brommy*, Die Marine, neu bearbeitet von *Littrow*, 176–178.

endete mit erfolgter Übergabe des Wachdienstes oder wenn der Kommandant den Befehl übernahm. Ältere Offiziere beaufsichtigten die jüngeren, welche für den schnellen Vollzug der Befehle der älteren Sorge zu tragen hatten. Den Offizieren folgten die Kadetten, die im Alter zwischen 12 und 13 Jahren, nach Beendigung der Marineakademie, an Bord gebracht wurden und sich dort innerhalb von vier bis fünf Jahren zu praktischen Offizieren ausbilden sollten. Auch Kadetten waren in Wachen geteilt und dienten als Adjutanten der Offiziere. Jedes Manöver wurde an Bord von Kadetten beaufsichtigt. Offiziersstatus hatten noch Ober- und Unterärzte, der Verwalter und Geistliche, wie z.B. der Schiffskaplan.⁴⁵

Den Offizieren folgten im Rang: Bootsmann, Steuermann, Feuerwerker und Zimmermann. Ihre Gehilfen waren die Maaten. Bootsmann und Bootsmanns-Maaten hatten silberne Pfeifen, mit deren Pfiffen sie jedes Manöver einleiteten. „Nach ihm [dem Bootsmann] kommt der Steuermann, welchem die Ueberwachung und theilweise Handhabung aller der für die Navigation des Schiffes nöthigen Instrumente und sonstigen Gegenstände obliegt“⁴⁶. Der Feuerwerker beaufsichtigte Geschütze, Waffen und Pulverkammer. Der Zimmermann inspizierte täglich den Zustand der Boote und des Schiffes. Ihm arbeiteten seine Maaten, Böttcher und Tischler zu. Die Maate gehörten zu den Unteroffizieren, wie der Stabswachtmeister, der dem ersten Offizier gehorchte und die Schiffspolizei und den Arrest verwaltete, die Löschung von Licht und Feuer zu bestimmten Stunden beaufsichtigte und ganz allgemein für Ordnung in den unteren Decken sorgte. Die Steuermanns-Maaten hatten Aufsicht über die Matrosen, die das Steuerrad, Log und Lot bedienten, mussten unter besonderen Umständen selber loggen, loten und steuern, hissten Flaggen und hielten „[...] die Fernröhre, Compasse, Nachthäuschen, Stunden- und Loggläser, Log- und Lothleine [...] in gutem Stande [...]“⁴⁷. Der Segelmeister und seine Maaten unterstanden dem Bootsmann, der Speisemeister samt Köchen und Maaten dem Verwalter. Die Unteroffiziere wurden aus den befahrensten Matrosen gewählt. Ihnen folgten Matrosen in folgender Reihung: Befahrene, Leicht-Matrosen und Matrosen, unterteilt in vier Klassen. Danach kamen die Schiffsjungen. Sie bekamen von den Unteroffizieren und Kadetten Schreib-, Lese-, Rechen- und vom Kaplan Religionsunterricht. Sie wurden angehalten sich mit allen

⁴⁵ Vgl. *Brommy*, Die Marine, neu bearbeitet von *Littrow*, 178–182.

⁴⁶ *Brommy*, Die Marine, neu bearbeitet von *Littrow*, 182.

⁴⁷ *Brommy*, Die Marine, neu bearbeitet von *Littrow*, 183.

Arbeiten vertraut zu machen, die ihren Kräften angemessen erschienen. Auch sie wurden mit höchstens 14 Jahren eingeschifft.⁴⁸

Die Aufgabenteilung bzw. -verteilung und das Zusammenleben auf Schiffen der k. k. Kriegsmarine war hierarchisch geordnet. Anhand dieser Hierarchie kann nachvollzogen werden, wer sich auf der *Novara* für welchen Dienst verantwortlich zeichnete. Kommandant der Fregatte war Korvettenkapitän Friedrich Baron Pöck, erster Offizier Linienschiffsleutnant Bela Gaál de Gyula⁴⁹. Für das Steuern des Schiffes und die Ermittlung des Kurses mittels Log und Kompass waren Matrosen zuständig, die von Steuermännern und ihren Maaten beaufsichtigt wurden. Letztere verwahrten die dafür erforderlichen Navigationsgeräte und übernahmen teils auch selber Steuer und Log. Auf der *Novara* gab es einen Obersteuermann, drei Steuermanns-Maaten und einen Steuermann zweiter und dritter Klasse⁵⁰. Ihre Namen sind in Anhang A nachzulesen. Interessanterweise wurden in der zweiten Auflage des ersten Bandes der Reiseberichte ausschließlich die Namen der Offiziere und die der Wissenschaftler beigelegt, der Rest wie folgt zusammengefasst: „Die übrige Mannschaft 315 Mann“⁵¹. In der ersten Auflage wurde noch die gesamte Besatzung mit Rang und Namen angeführt. Die Aufgaben der Matrosen wechselten, damit sie im Laufe der Zeit alle Fähigkeiten erlernen konnten, die an Bord von ihnen erbracht werden mussten⁵². Daher können die Namen der Matrosen, die auf der *Novara* speziell mit Navigations- und Steuerdiensten betraut wurden, nicht eindeutig eruiert werden. Selbiges gilt für die Offiziere und Kadetten, denen im Rahmen der Weltumsegelung eine umfassende Gelegenheit geboten werden sollte, „[...] sich den praktischen Schiffsdienst aufgrund theoretischer Vorstudien, in seiner ganzen Ausdehnung aneignen zu können [...]“⁵³. Orts- und Zeitbestimmungen mit Sextanten und Chronometern wurden zu Übungszwecken also höchst wahrscheinlich von jedem Offizier einmal durchgeführt.

⁴⁸ Vgl. *Brommy*, Die Marine, neu bearbeitet von *Littrow*, 181–186.

⁴⁹ Vgl. Karl *Scherzer*, Reise der österreichischen Fregatte *Novara* um die Erde, in den Jahren 1857, 1858, 1859 unter den Befehlen des Commodore B. von Wüllerstorff-Urbair: Beschreibender Theil I (Gerald: Wien 1861) Beilage III, 29.

⁵⁰ Vgl. *Scherzer*, *Novara*, Beschreibender Theil I, Beilage III, 29–37.

⁵¹ *Scherzer*, *Novara*, Beschreibender Theil I, 2. Auflage, Beilage III, 30.

⁵² *Brommy*, Die Marine, neu bearbeitet von *Littrow*, 186.

⁵³ *Scherzer*, *Novara*, Beschreibender Theil I, 2. Auflage, 4.

Dem gewöhnlichen Matrosen genügt die dunkle Ahnung vom praktischen Werthe der Arbeiten des alles durchdringenden Geistes, und da er sich nicht mit der gleichen Fähigkeit an denselben zu betheiligen vermag, deren hohen Nutzen aber, namentlich in der Navigation, in so überzeugender Weise begreifen und würdigen lernt, so unterstützt er sie wo er kann, mit den ihm zu Gebote stehenden Mitteln [...].⁵⁴

Über den üblichen Schiffsdienst und die Ausbildungszwecke der Marine hinausgehend, gehörte die Nautik zu den expliziten Forschungszielen der Expedition. Unter der Leitung des Kommodore wurden magnetische, meteorologische und astronomische Beobachtungen durchgeführt. Schiffsfähnrich Robert Müller übernahm die astronomischen und magnetischen Beobachtungen und Berechnungen zusammen mit Kadett Alexander Kalmar. Die Fregattenfähnriche Eugen Kronowetter und Gustav Battlogg waren mit der Aufnahme von Küsten und Kadett Andreas Graf Borelli mit Flutbeobachtungen betraut. Kronowetter und Kadett Eduard Latzina fertigten die Kurskarten an, die für die spätere Reisedokumentation herangezogen und in den Wissenschaftlichen Publikationen abgedruckt wurden. Von Wüllerstorf-Urbair kontrollierte immer, wenn es ihm möglich war, die Beobachtungen der Beobachtungsoffiziere und protokollierte ihre Messwerte im meteorologischen Tagebuch (siehe auszugsweise in Abbildung 7).⁵⁵

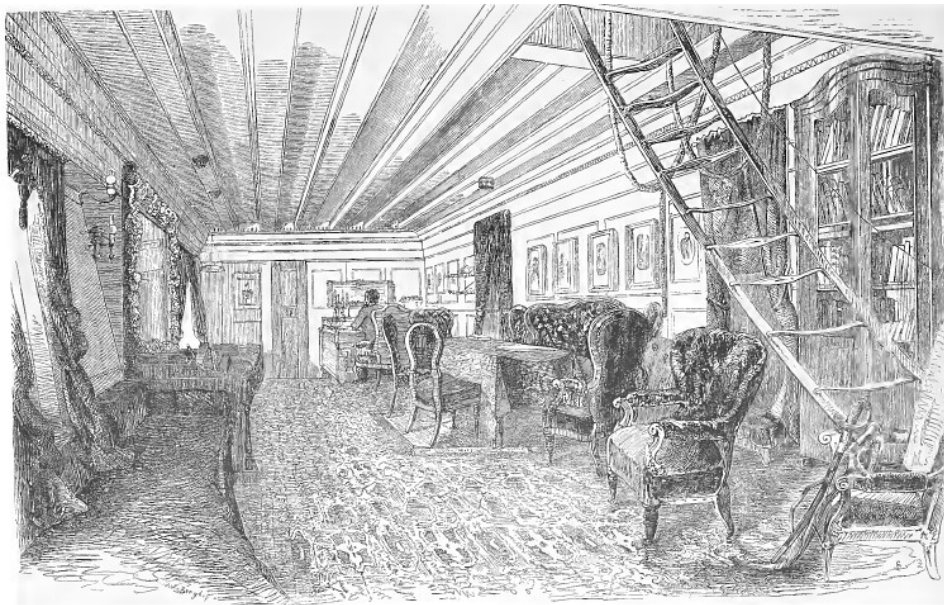


Abbildung 8: Wohnung des Kommodore⁵⁶

⁵⁴ Eduard Schwarz, Reise der österreichischen Fregatte Novara um die Erde, in den Jahren 1857, 1858, 1859 unter den Befehlen des Commodore B. von Wüllerstorf-Urbair: Medizinischer Theil (Gerold: Wien, 1861) 6–7.

⁵⁵ Vgl. *Hydrographische Anstalt*, Novara, Nautisch-Physikalischer Theil, Vorwort V–VI.

⁵⁶ Bildquelle: Novara, Beschreibender Theil I, 6–7.

Mit dem militärischen Rang verknüpft waren die Zugangs-Gewährung zu bestimmten Räumlichkeiten und die Zuteilung von Schlaf- und Aufenthalts- bzw. Wohnraum. Das Schiff hatte vier Ebenen: das Deck, die Batterie, das Unterdeck und der Schiffsraum. Das Deck war dem Segelmanöver vorbehalten. In der Batterie befanden sich die Kanonen. Als Schlafstätten dienten die Batterie, das Unterdeck und der Schiffsraum. Letzterer befand sich unter der Wasserlinie und war die am schlechtesten belüftete und belichtete Ebene an Bord. Darin waren das Munitionsdepot und die Pulverkammer angelegt. Weiters wurden dort Taue, Segel und Lebensmittel aufbewahrt. Im Unterdeck befanden sich die Habseligkeiten der Matrosen in Säcken verpackt, die Kabinen der Offiziere und Unteroffiziere und das Schiffsspital. Der Kommodore hatte eine Wohnung (Abbildung 8), eine Schlafkajüte und eine eigene Vorratskammer. Das Lesezimmer (Abbildung 1) diente zugleich als sein Speisezimmer. Auch der Kommandant hatte eine eigene Wohnung. Die Forscher bezogen kleine Kabinen, wie die restlichen Offiziere, und hatten Zugang zum Lesezimmer, der Offiziers-Kajüte und der Offiziers-Kredenz. Auf der Novara waren neun Offiziersdiener angestellt. Vor Beginn der Reise teilte von Wüllerstorff-Urbair der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften mit, dass Scherzer, Hochstetter und Frauenfeld an seiner Tafel speisen, Zelebor und Selleny mit den Offizieren und Jellinek mit den Kadetten⁵⁷. Die Kadetten wurden in Gemeinschaftskammern für bis zu 12 Leute untergebracht. „Der Aufenthaltsort der Matrosen ist da, wo er eben verwendet wird, oder wo er den Schiffsdienst, die zum Schiffe gehörigen Gegenstände und vorgesetzten Personen nicht hindert, also überall und nirgends“⁵⁸. Ihr Schlafplatz war eine Hängematte. Gegessen wurde auf Tischen und Bänken, die aus dem Schiffsraum geholt und am Vorderdeck oder in der Batterie für die Dauer der Speise, z.B. 20 Minuten für das Frühstück, aufgestellt wurden. Wer den Tisch für seine Kammeraden zu bestellen hatte, wechselte alle Wochen. Der Segeldienst beanspruchte die Besatzung rund um die Uhr, daher war sie in zwei Hälften geteilt, in die Steuerbord- und die Backbordwache, die ihre Dienste alle vier bis sechs Stunden tauschten. In der dienstfreien Zeit, in der die Matrosen nicht schliefen, exer-

⁵⁷ Vgl. *Basch-Ritter*, Die Weltumsegelung der Novara, 48.

⁵⁸ *Schwarz*, Novara, Medizinischer Theil, 8.

zierten sie, verweilten am Vorderdeck oder in der Batterie oder reinigten sich, ihre Kleidung und das Schiff, wurden Reinlichkeit und Ordnung doch zu den Grundpfeiler des Lebens an Bord gezählt.⁵⁹

Die Besatzung der Novara-Expedition bestand zu Beginn der Reise aus 30 Offizieren, einem Untermeister, 26 Decks- und Unteroffizieren, 195 Matrosen, 12 Schiffsjungen, 14 Artilleristen, 33 Infanteristen, sieben Musikern, acht Arsenalarbeitern, sieben Zivilarbeitern, wie z.B. Tischler, Segelmacher oder Böttcher, neun Offiziers-Dienern, vier Köchen bzw. Speisemeistern und sieben Wissenschaftlern. Der Offiziersstab setzte sich aus 14 Kadetten, einem Kaplan, vier Schiffsärzten, einem Verwalter, sieben Offizieren, dem ersten Offizier, dem Kommandanten und dem Kommodore zusammen. Sechs Matrosen und ein Schiffsjunge starben während der Weltumsegelung, 13 desertierten und sieben wurden ausgeschifft. Unter den Ausgeschifften waren zwei Offiziere und zwei Forscher, wobei letztere später wieder an Bord gingen; sie wurden zu wissenschaftlichen Zwecken ausgeschifft. Es desertierten der Obersteuermann, ein Zivilarbeiter und 11 Matrosen.⁶⁰

Basch-Ritter schrieb, dass von den 352 Menschen auf der Novara neun Matrosen desertierten und acht starben⁶¹ – ein Fehler in der Rezeption. Außerdem wurden während der Reise „[...] in Südafrika einige Neger angeheuert [...]“⁶² und zwei Maori in Neuseeland eingeschifft, um „[...] ein paar Tätowierte als lebendige Zeugnisse einer ethnographischen Besonderheit für einige Zeit nach Österreich mitzunehmen. [...] Sie machten die weite Reise als Matrosen mit [...]“⁶³. Diese Menschen wurden in Anhang A nicht angeführt, leisteten aber Schiffsdienst als Matrosen. Wohl irgendwo zwischen Hilfsarbeitern und wissenschaftlichen Lebendobjekten verortet, wurden sie nicht zum Bemannungsstand der Fregatte gezählt, auch nicht als „Eingeschiffte“ gelistet. Von

⁵⁹ Vgl. *Scherzer*, Novara, Beschreibender Theil I, Erklärung der Querschnittabbildung der Novara, 8–9 und Beilage III, 36–37 sowie *Schwarz*, Novara, Medizinischer Theil, 6–14 und *Brommy*, Die Marine, neu bearbeitet von *Littrow*, 160–162.

⁶⁰ Vgl. *Scherzer*, Novara, Beschreibender Theil I, Beilage III, 29–37.

⁶¹ Vgl. *Basch-Ritter*, Die Weltumsegelung der Novara, 57.

⁶² Friedrich *Wallisch*, Sein Schiff hieß Novara: Bernhard von Wüllerstorff, Admiral und Minister (Herold: Wien, 1966) 12.

⁶³ *Wallisch*, Sein Schiff hieß Novara, 11.

einer 352 Mann starken Besatzung berichten Basch-Ritter⁶⁴, Marhold⁶⁵, Wallisch⁶⁶ und Weiss und Schilddorfer⁶⁷. Wenngleich auch wahrscheinlich von den AutorInnen nicht so beabsichtigt, wird damit das Bild einer statischen Belegschaft gezeichnet und Exklusionen in Kategorien voriger Jahrhunderte reproduziert.

Ein paar Monate nach Rückkehr der Novara erkrankte Schiffsarzt Schwarz an Tuberkulose und verstarb 1862. Vermutlich hatte er sich an Bord angesteckt. Mehr Glück hatten Scherzer und Frauenfeld. Aufgrund ihrer Verdienste wurden sie in den Ritterstand erhoben. Zelebor wurde Kustos. Von Wüllerstorff-Urbair bekam einen Orden und wurde zum Freiherrn ernannt. Bereits während der Fahrt wurden zahlreiche Beförderungen durchgeführt. Nach der Reise stiegen alle Marineangehörigen, die daran teilgenommen hatten, um einen Dienstgrad auf.⁶⁸

Bei den individuellen Erwartungen an eine solche Expedition mussten der mögliche Tod als auch die Aussicht auf Beförderung mit ins Kalkül gezogen worden sein. Man kann von einem „daring venture“ sprechen: „It implies that all participants undertake risks, make themselves vulnerable and gamble on the outcome. This may be seen as two sides of one coin: the reward of the venture was its profit, and the profit was the proof of its productivity“⁶⁹.

3.1 Gesellschaftliche Positionen und das Verhältnis von Wissenschaft und Marine

Neben den von der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zur Teilnahme an der Expedition Ausgewählten gingen, wie bereits erwähnt, auch Marineangehörige Forschungszielen im Rahmen der Expedition nach. Sie beobachteten, maßen und protokollierten in den Bereichen der Astronomie, der physischen Geographie, der Meteorologie sowie Hygiene und Gesundheit an Bord sowie Krankheiten auf Schiff und an

⁶⁴ *Basch-Ritter*, Die Weltumsegelung der Novara.

⁶⁵ Josef *Marhold*, Die Weltreise der "Novara": in den Jahren 1857–1859 (Steyrermühl: Wien, 1934).

⁶⁶ *Wallisch*, Sein Schiff hieß Novara.

⁶⁷ David G. L. *Weiss*, Gerd *Schilddorfer*, Novara: Österreichs Traum von der Weltmacht (Amalthea: Wien, 2010).

⁶⁸ Vgl. *Basch-Ritter*, Die Weltumsegelung der Novara, 47–57.

⁶⁹ *Klemun, Spring* (Hg.), Expeditions as Experiments, 7.

Land. Von Wüllerstorf-Urbair und Müller veröffentlichten ihre Forschungsergebnisse, die sie mit Unterstützung von Kalmar, Kronowetter, Battlogg, Graf Borelli und Latzina erzielten, im nautisch-physikalischen Teil der Reiseberichte. Schwarz fasste seine Resultate und die von Seligmann, Lallemand und Ruschitzka im medizinischen Teil zusammen.

“[...] [T]he former social background of the participants often lost its significance and individuals could reinvent themselves as natural scientists in general, freed from their former social status”⁷⁰. In dieser Hinsicht konnten sich all jene Offiziere, die Beiträge in den oben genannten, wissenschaftlichen Gebieten geleistet hatten, als Forscher positionieren. Das Team der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften wurde von der Crew mit die “Herrn Naturforschern” angesprochen⁷¹, auch der Maler, der Kunstgärtner und der Präparator. Hingegen wurden untereinander standesgemäße Unterschiede gemacht. So teilte sich z.B. Hochstetter die Tafel mit Wüllerstorf und nicht Jelinek; er speiste mit den Kadetten. Auf Schiff wurden die „Herrn Naturforscher“ in die Hierarchie der Offiziere eingebunden. „[...] [A]uf dieser Fregatte regierte der Drill und das Offizierskorps. [...] Jedoch nur so konnte die Disziplin unter den Männern aus unterschiedlichen Milieus an Bord aufrecht erhalten werden [...]“⁷². Der Schiffsdienst und allgemein das Zusammenleben auf Kriegsschiffen war eben hierarchisch geordnet und die Novara war ein Kriegsschiff, das zu Expeditionszwecken um- bzw. ausgerüstet wurde. Der militärische Rang legte die Arbeitsteilung des Schiffsdienstes und damit des Navigationsdienstes fest. Den Kurs bestimmte der Oberste. Matrosen hantierten mit Lot- und Logleine und steuerten den kommandierten Kurs, unter Aufsicht des Steuermannes und seiner Maate. Das Abstecken des Kurses auf der Seekarte, die Gissung des Ortes und die Korrektur des gegisssten Ortes um den astronomisch beobachteten, wurden von dafür zuständigen Offizieren vorgenommen. Wie es in den späteren Kapiteln noch zu erläutern sein wird, handelte es sich bei den Navigationsinstrumenten zur astronomischen Orts- und Zeitbestimmung um teure Geräte, die Wissen über Funktionsweise und Handhabung sowie Übung und Geschick in der Anwendung voraussetzten. Matrosen durften und konnten die „hochwertigen“ Navigationsinstrumente nicht

⁷⁰ Klemun, *Spring* (Hg.), *Expeditions as Experiments*, 7–8.

⁷¹ Vgl. *Basch-Ritter*, *Die Weltumsegelung der Novara*, 48.

⁷² *Weiss, Schilddorfer*, *Novara*, 65.

bedienen. Das Vertrauen in diese Instrumente und die angewandten Navigationsmethoden veranschaulicht die Äquatortaufe auf der *Novara*, ein Schauspiel, bei dem der Bootsmann als Meeresgott verkleidet, mit einem großen aus Holz gebastelten Sextanten, einem Zirkel und Seekarte, die Matrosen überzeugen soll, dass Sie den Äquator bereits überschritten hatten und es Neptuns Recht sei die „Neulinge“, also all jene die den Äquator noch nie überschritten hatten, zu „taufen“ und zwar mit Feuerspritzen aus denen Meerwasser strömte⁷³. Im Schauspiel wurde der Sextant als ein den Göttern hinreichendes Ortsbestimmungsinstrument in Szene gesetzt. Nach meiner Interpretation war es so, dass sich die Navigatoren mit ihren astronomischen Instrumenten an Deck wie Vermittler zwischen Himmel und Erde präsentierten. Zweifelsfrei waren sie die Wegweiser auf hoher See. Ihr Wissen war notwendig für die Wahrung eines gefahrenfeien Kurses und trug bestimmt auch zur Sicherung der Stellung in der Hierarchie bei.

„Die Österreichische Kriegsmarine im Dienste der Wissenschaft“⁷⁴ lautet der Titel eines Artikels von Günther Hamann. Darin behandelt er die *Novara*-Expedition nebst anderer Unternehmungen der Marine. Genauso gut hätte man von einer Wissenschaft im Dienst der Kriegsmarine sprechen können. Weiss und Schilddorfer schrieben angesichts kolonialer Ambitionen Österreichs und in Weiterführung der Gedanken von Johann Wagner⁷⁵: „[...] die wissenschaftliche Expedition an Bord der *Novara* [war] eine Camouflage für ein offensives und in seinen möglichen Konsequenzen weitreichendes Vabanquespiel der k. k. Kriegsmarine [...]“⁷⁶. Tatsächlich segelte man gewissermaßen mit diplomatischer Immunität um die Erde, z.B. wurde der *Novara* freies Geleit durch alle englischen Kolonien gewährt. Ohne wissenschaftliche Ziele auf der Agenda zu haben, wäre das doch schwer zu verhandeln gewesen. Zur Teilnahme gezwungen wurde – meines Wissens nach – jedoch keiner und die vielen tausend akquirierten Exponate und die reichhaltige Reisebeschreibung bezeugen, dass die kaiserliche Akademie der Wissenschaften nicht mit leeren Händen zurück blieb. Daher schlage ich

⁷³ Vgl. Scherzer, *Novara*, Beschreibender Theil I, 2. Ausgabe, 105–106.

⁷⁴ Günther Hamann, Die Österreichische Kriegsmarine im Dienste der Wissenschaft. In: *Direktion des Heeresgeschichtlichen Museums Wien* (Hg.), Österreich zur See (Schriften des Heeresgeschichtlichen Museums in Wien, Band 8, Öst. Bundesverlage: Wien, 1980) 59–90.

⁷⁵ Vgl. Weiss, Schilddorfer, *Novara*, 67–68, zit. nach: Johann Wagner, Österreichische Kolonialversuche in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts (unveröffentlichte Dissertation, Philosophische Fakultät der Universität Wien: Wien, 1955).

⁷⁶ Weiss, Schilddorfer, *Novara*, 67–68.

vor, in der Novara-Expedition eine für beide Seiten lukrative Zusammenarbeit von Marine und Wissenschaft zu sehen, und nicht eine Indienstnahme der einen durch die andere Partei.

4 Entwicklung nautischer Winkel- und Zeitmessgeräte

Galt das Wissen über nautische Winkel- und Zeitmessgeräte für die Zeitgenossen der Novara-Expedition noch eher als selbstverständlich, trifft das aus heutiger Sicht kaum mehr zu. Daher werden in diesem Kapitel Sextant und Chronometer historisiert. Dabei wird nach der Beziehung zwischen den Instrumenten für den nautischen und jenen für den Land-Gebrauch gefragt sowie nach den ihnen zukommenden Funktionen im Wandel der Zeit.

Aus der Perspektive der materiellen und funktionalen Beschaffenheit erschließen sich die angewandten Konzepte der Teilung bzw. Einteilung von Raum und Zeit. Wenn man diese Konzepte auf ihre geometrische Basis reduziert, so lässt sich anhand der dadurch gewonnenen Grundpfeiler eine durchgängige Verbindungslinie zwischen den Instrumenten der Antike und jenen der Novara-Expedition zeichnen. Diese Verbindung dient gewissermaßen als roter Faden. In ihm verknoten sich technische, epistemische, örtliche, gesellschaftliche und kulturelle Einwicklungen, die letztlich in den nautischen Navigationsinstrumenten der Novara-Expedition ihre Materialisierung fanden.

Trennt man den roten Faden auf, erhält man ein detailliertes Bild über die Instrumente im Kontext der Expedition und kann folglich abschätzen, welchen Anteil sie im Prozess der Wissensproduktion hatten.

4.1 Entwicklung des Sextanten

Der Sextant zählt zu den Winkel- bzw. Bogenmessgeräten. Sein charakteristisches und gleichermaßen namensgebendes Merkmal ist ein Bogen, dessen Länge ein Sechstel eines Kreisumfangs beträgt. Dadurch unterscheidet er sich eindeutig von anderen Bogenmessinstrumenten wie Oktanten, Quadranten, Halb- und Vollkreisgeräten.⁷⁷

Bereits in der griechischen Antike benutzte man für astronomische Beobachtungen Bogenmessinstrumente, z.B. maß der Astronom Ptolemäus die Höhe der Sonne und

⁷⁷ Vgl. Stupar, Lehrbuch, 418.

leitete daraus die geographische Breite eines Ortes sowie die Schiefecke der Sonnenbahn ab⁷⁸. Ptolemäus nahm an, dass die Erde eine Kugel sei, sich im Zentrum des Universums befinde, umkreist von Gestirnen (beobachtete Schleifenbewegungen von Sonne, Mond und Planeten wurden epizyklisch oder exzentrisch erklärt, sprich als Kreisbewegungen auf Kreisbewegungen, oder als Kreisbahnen, deren Zentren nicht mit dem der Erde zusammenfallen)⁷⁹. Nach aristotelischer Schule „[...] sind die einzigen berechtigten Formen für die Körper die Kugel und für die Bewegungen die Kreisform [...]“⁸⁰. Ebenso wichtig für die Bewegungslehre war die platonische Schule, weil sie die mathematische Untersuchung der „scheinbaren“ Bewegungen begünstigte und die „wirklichen“, die gleich- und kreisförmigen Bewegungs-„Gesetze“ im Reich der „Ideen“ verortete⁸¹.

Unter diesen Vorzeichen verwundert es nicht, dass kreisförmige Bögen ihre Materialisierung in den astronomischen Beobachtungsinstrumenten jener Zeit fanden. Die kreisbogenförmige Vermessung von Gestirnsabständen und der Glaube an geometrische Ideale gingen hier untrennbar Hand in Hand.

Ptolemäus' Lehren kristallisierten zum astronomischen Grundwissen für über 1300 Jahre und übten entsprechenden Einfluss auf astronomisches Denken und Wahrnehmung des Mittelalters und der Renaissance aus⁸². So auch auf den dänischen Astronomen Tycho Brahe. Viele seiner Beobachtungsinstrumente verwendete schon Ptolemäus, nur verbesserte Brahe diese Geräte „zu einer bis dahin nicht erreichten Genauigkeit“⁸³. Brahe soll den Sextanten erfunden haben⁸⁴.

Brahe hatte 1563 versucht, mit einem Zirkel Sternabstände zu messen. Daraufhin baute er während seines Aufenthalts in Augsburg ein handliches Gerät aus Holz, bestehend aus einem 30°-Bogen, entlang dessen ein loser Schenkel geführt werden

⁷⁸ Vgl. Ernst Zinner, Deutsche und niederländische astronomische Instrumente des 11.–18. Jahrhunderts (Beck: München, 1956) 203.

⁷⁹ Vgl. Ernst Zinner, Geschichte der Sternkunde: von den ersten Anfängen bis zur Gegenwart (Springer: Berlin, 1931) 103–112.

⁸⁰ Zinner, Geschichte der Sternkunde, 112.

⁸¹ Vgl. Zinner, Geschichte der Sternkunde, 112–113.

⁸² Vgl. Zinner, Geschichte der Sternkunde, 454.

⁸³ Zinner, Geschichte der Sternkunde, 464.

⁸⁴ Vgl. Zinner, astronomische Instrumente, 211.

konnte. Später fertigte er ein Instrument selben Prinzips, aber mit Sechstelkreis-Bogen, einen Sextanten, der auf der einen Seite von der Fensterbank, auf der anderen von einer Säule getragen wurde und einen weiteren, stählernen, transportfähigen Sextanten, der sich um die eigene Achse drehen ließ. Diesen sah der deutsche Astronom Paul Wittich, damals Assistent von Brahe an der vom dänischen und norwegischen König Friedrich II. finanzierten Sternwarte auf Hven (heute schwedische Insel), noch bevor Wittich in die Dienste des an Astronomie interessierten Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen-Kassel trat⁸⁵. Der Schweizer Astronom, Uhren- und Instrumentenmacher Jost Bürgi fertigte für Wilhelm IV. Beobachtungsgeräte, unter anderem einen Sextanten⁸⁶. Als Brahe im Auftrag Rudolf II., Kaiser des Heiligen Römischen Reiches, nach Prag kam, nahm er einen transportfähigen Sextanten mit. 1600 baute der Uhr- und Instrumentenmacher Erasmus Habermel einen weiteren Sextanten für Brahe. In der kurzen Zeit in Prag (Brahe verstarb 1601) war der deutsche Astronom, Mathematiker, Optiker und Theologe Johannes Kepler sein Assistent⁸⁷. Kepler benutzte später selber einen Sextant zu Beobachtungszwecken.⁸⁸

Brahe vermaß beinahe 1000 Sternörter am Himmel. Aus seinem reichen Beobachtungsmaterial folgerte Kepler elliptische Umlaufbahnen der Planeten um die Sonne. Aus den berühmten drei Theoremen von Kepler leitete der englische Naturforscher und Philosoph Isaac Newton später seine Gravitationstheorie ab⁸⁹. Kopernikus verortete die Sonne im Zentrum des Universums und erklärte den Gestirnumlauf als Resultat der Erdrotation. Brahes Geo-Heliozentrismus, bei dem die Erde im Zentrum steht, umkreist von Mond und Sonne und letztere von den restlichen, damals bekannten Planeten, ist als Annäherung, womöglich als Versöhnung, eines kopernikanischen Heliozentrismus mit dem Geozentrismus zu deuten. Zugleich vermied Brahe, der Erde Eigenbewegung zuzuschreiben.⁹⁰

⁸⁵ John Louis Emil *Dreyer*, Tycho Brahe: a picture of scientific life and work in the sixteenth century (Adam & Charles Black: Edinburgh, 1890) 114–120. Digitalisat, online unter: <<https://archive.org/details/tychobrahepictur00dreyrich>> (19.04.2017).

⁸⁶ Vgl. *Zinner*, astronomische Instrumente, 268–271.

⁸⁷ Vgl. *Dreyer*, Tycho Brahe, 294.

⁸⁸ Vgl. *Zinner*, astronomische Instrumente, 211–212.

⁸⁹ Vgl. Margaret *Olds* (Hg.), Astronomia: Galaxien, Planeten, Sterne, Sternkarten (Beratung: Fred *Watson*, Übersetzung aus dem Englischen: Frank *Auerbach* [u.a.], Ullmann: Potsdam, 2008) 213.

⁹⁰ Vgl. *Zinner*, Geschichte der Sternkunde, 461–470.

Die Modelle von Kopernikus und Brahe unterschieden sich in der Verortung der Gestirne von dem des Ptolemäus. Kopernikus hatte in einer ersten Fassung seiner Bewegungslehre elliptische Gestirns-Bewegungen angedeutet, aber in der Finalfassung diese Bemerkungen wieder ausgespart⁹¹. In Bezug auf die Grundlagen der Gestirns-Formen und -Bewegungen schlossen sich Ptolemäus, Kopernikus und Brahe den Vorstellungen von Platon und Aristoteles an.

Wie schon die Bogenmessgeräte von Ptolemäus, bestand auch der Sextant von Brahe aus einem Teilkreis zur Vermessung von Gestirnskugeln, deren Bewegungsabläufe auf geometrischen Kreisen beruhten. Mit dem Sextanten konnte Brahe neben der Höhe von Gestirnen (siehe Abbildung 9) auch ihre gegenseitigen Abstände am Himmel messen, weil sein Sextant nicht ausschließlich horizontal und/oder vertikal ausgerichtet werden konnte (siehe Abbildung 10).

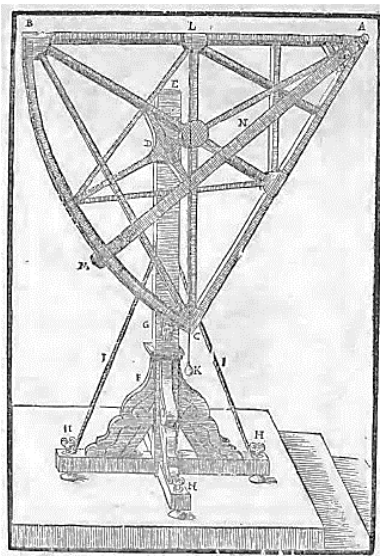


Abbildung 9: Sextant zur Höhenmessung⁹²

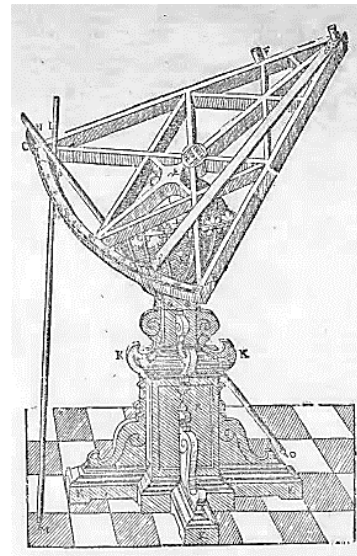


Abbildung 10: Sextant zur Abstandsmessung⁹³

Weiters konnten zwei Objekte gleichzeitig anvisiert werden. Das war auch mit der Armille, einer mit Absehen für Beobachtungszwecke erweiterte Reifenkonstruktion des (vorgestellten) Weltsystems, und auch mit dem handlichen Jakobsstab möglich. Der

⁹¹ Vgl. Zinner, Geschichte der Sternkunde, 459–461.

⁹² Bildquelle: Tycho Brahe, *Astronomiæ instauratæ mechanica* (Wandsbek, 1598) *Astronomiæ instauratæ, Sextans astronomicus: prout altitudinibus inferuit*. Digitalisat, online unter: <<https://archive.org/details/TychonisBraheAs00Brah>> (19.04.2017).

⁹³ Bildquelle: Brahe, *Astronomiæ instauratæ, Sextans astronomicus: trigonicus pro distantiiis rimandis*.

Jakobsstab war eine kreuzförmige Konstruktion (siehe Abbildung 11), die man zur längeren Seite ans Auge hielt und an der kürzeren Seite eine lineare Skala angebracht hatte, an der man den Abstand zweier anvisierter Objekte ablesen konnte (der lineare Abstand wurde trigonometrisch in Bogenmaß umgerechnet)⁹⁴.

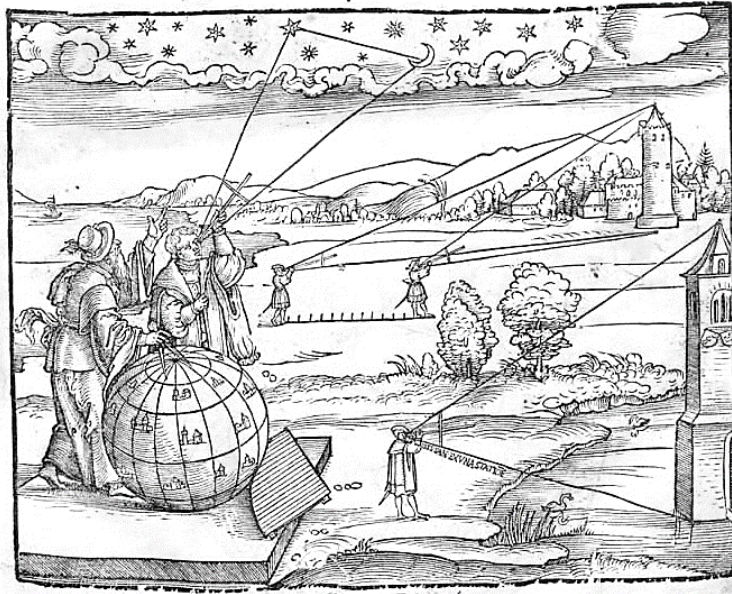


Abbildung 11: Jakobsstab⁹⁵

Weil der Sextant aus nur einem Teil eines Kreises bestand, ließen sich auf einfachere Weise größere Radien als für Vollkreise – wie z.B. für die Armille benötigt – und damit noch feinere Teilungen der Skalen produzieren. Je größer die Geräte gebaut wurden, desto genauer wurde die Messung. Dennoch wurden einige Instrumente zumindest so klein konstruiert, dass sie zwischen den Sternwarten transportiert werden konnten. Armille und Sextant fußten auf fixen Sockeln, und dienten zur ruhigen, genauen Beobachtung. Sie waren, im Gegensatz zum Jakobsstab, nicht für den Schiffseinsatz geeignet, weil nur mit handlichen und beweglichen Instrumenten der Seegang austariert werden konnte⁹⁶. Im 16. Jahrhundert maß man mit dem Jakobsstab noch an Land (siehe auch Abbildung 11), im 17. Jahrhundert dann hauptsächlich auf See⁹⁷.

⁹⁴ Vgl. *Zinner*, astronomische Instrumente, 207.

⁹⁵ Bildquelle: Peter *Apian*, *Introductio geographica* (Ingolstadt, 1533) Titelbild. Digitalisat, online unter: <<http://lhdigital.lindahall.org/cdm/ref/collection/time/id/243>> (19.04.2017).

⁹⁶ Vgl. Franz *Schaub*, Eugen *Gelcich*, *Nautische Astronomie für den Gebrauch der k. k. Seeoffiziere* (unveränderter Nachdruck, Verlag der Wissenschaften: Norderstedt, 2015, Original von 1878) 57.

⁹⁷ Vgl. *Zinner*, astronomische Instrumente, 210.

Im 17. Jahrhundert verbreiteten sich Sextanten dann zunehmend. Zur Herstellung kamen neben Holz und Stahl, auch Messing, vergoldetes Messing und Elfenbein für Einlegearbeiten zum Einsatz. Hervorzuheben sind vor allem die Instrumente des deutschen Orientalisten und an Astronomie interessierten Jakob Christmann, der für schärfere Beobachtungen erstmals ein Fernrohr am Sextanten montierte und des Danziger Astronomen Johannes Hevelius, der ab 1640 für die Beobachtungshütten auf einer Plattform, auf den Giebeln dreier Danziger Hausdächer, mehrere Sextanten hergestellt hatte. Als Feinteilung des Bogens verwendete Hevelius die Nonius-Skala⁹⁸. Das ist eine spezielle Anordnung zweier sich gegenüberliegender, unterschiedlicher Teilstrichsysteme, z.B. Millimeter gegenüber Mikrometer, die es ermöglichte, die größere mittels der kleineren Skala weiter zu unterteilen⁹⁹. Er konnte damit Ablesungen von Winkeln bis zu fünf Bogensekunden genau realisieren. Geräte von Brahe waren noch in mehrere Bogenminuten-Bündel geteilt (z.B. 10 Bogenminuten) und diese dann weiter durch eine Schrägeilung auf einzelne Bogenminuten hinuntergebrochen. Hevelius stattete seine besseren Geräte sogar mit Schraubenmikrometern aus. Damit konnten Ablesungen am Bogenkreis von bis zu einer Bogensekunde genau vorgenommen werden. Brahe hatte zur Ablesung der Messwerte auf der Skala, Loch- oder Stababsehen am beweglichen Schenkel, der über den Bogen geführt wurde, angebracht. Einige seiner Instrumente ließ Hevelius vom Feinmechaniker Wolfgang Günter in Danzig herstellen, wie z.B. den Doppelsextanten von 1,7 Meter Halbmesser aus Messing (siehe Abbildung 12). Der Doppelsextant wurde von zwei BeobachterInnen bedient. In Abbildung 12 sehen wir Hevelius (links im Bild) und seine Frau, die Astronomin Elisabeth Hevelius¹⁰⁰. Ins Auge sticht die florale Ornamentik des Sextanten-Körpers. Ein anderes Gerät (ein Doppeloktant) war an den Absehen mit Abbildern der Astronomen Hipparch, Ptolemäus, Kopernikus und Brahe geschmückt. Günter benötigte zusammen mit zwei Hilfskräften für die Fertigstellung des Doppeloktanten und zwei weiteren Instrumenten knapp drei Jahre.¹⁰¹

⁹⁸ Vgl. *Zinner*, astronomische Instrumente, 377.

⁹⁹ Vgl. *Online-Duden*, Nonius, Bedeutungsübersicht. Bibliographisches Institut GmbH, online unter: <<http://www.duden.de/rechtschreibung/Nonius>> (04.04.2017).

¹⁰⁰ Vgl. *Universität Erfurt*, Sektion 8: Himmelsspektakel und die Macht der Bilder, online unter <<http://himmelsspektakel.uni-erfurt.de/sektion-8/>> (19.04.2017).

¹⁰¹ Vgl. *Zinner*, astronomische Instrumente, 199–224 und 375–381.

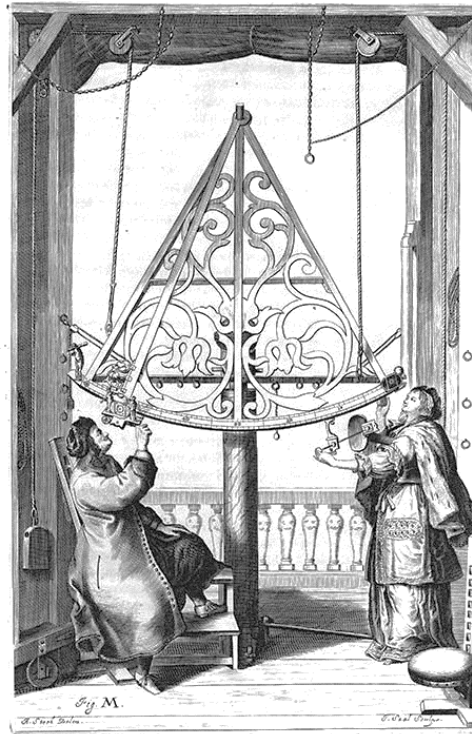


Abbildung 12: Doppelsextant aus Messing¹⁰²

An der Entwicklung des Sextanten zur stationären Beobachtung beteiligten sich Astronomie-Interessierte, adelige Financiers, teilweise adelige AstronomInnen und/oder Instrumentenhersteller. Zunehmende Genauigkeitsansprüche wurden im 16. und 17. Jahrhundert vornehmlich durch Größe realisiert. Im Laufe des 17. Jahrhunderts mischten sich ästhetische Merkmale, zu den funktionalen Dimensionen der Beobachtungsinstrumente. Der Sextant kann daher nicht als „reines“ Beobachtungsinstrument begriffen werden. Sextanten waren zum Teil repräsentative, kunstvolle Unikate, deren Herstellung oft mehrere Monate in Anspruch nehmen konnte. Weiters würde ich Winkelmessgeräte als Instrumente der Homogenisierung betrachten, weil bei der Messung von Bögen auf der scheinbaren Kugelfläche des Himmels die Rauminformationen von Gestirnen unberücksichtigt bleiben. Die Gestirne werden zweidimensional auf einer Ebene erfasst und dabei der „Weltraum“ gewissermaßen homogenisiert.

Wie ihre Pendants zur stationären Beobachtung sollten auch die Winkelmessgeräte für nautische Belange an Genauigkeit gewinnen, hatten die europäischen Seemächte

¹⁰² Bildquelle: *Universität Erfurt*, Sektion 8: Himmelsspektakel, Abbildung nach: Johannes Hevelius, *Machinae coelestis* (Danzig, 1673) Fig. M.

doch eine Vielzahl an Verlusten aufgrund ungenauer Methoden und Instrumente hinnehmen müssen. Schon Ende des 16. Jahrhunderts stellte die Krone Spaniens ebenso wie die Vereinigten Niederlande Anfang des 17. Jahrhunderts ein Preisgeld für die Entwicklung sicherer Methoden zur Bestimmung der Schiffsposition, im Speziellen der geographischen Länge, in Aussicht. Die Breite konnte schon relativ genau aus Mittagshöhen der Sonne, z.B. mit dem Jakobsstab gemessen errechnet werden. 1675 wurde zur Lösung des Längenproblems die Sternwarte in Greenwich gegründet (dem Direktor der Sternwarte und Astronomen John Flamsteed standen auch Sextanten zur Verfügung¹⁰³). Der erhoffte Erfolg blieb aus. Schließlich verhing auch das englische Parlament 1714 ein diesbezügliches Preisgeld. Es betrug 20.000 Pfund, das entsprach dem damaligen Wert eines dreideckigen Schiffs. Eine eigens dafür eingerichtete Kommission, das Board of Longitude, bewertete die eingereichten Vorschläge.¹⁰⁴

Bevor Sextanten in handlichem Maße hergestellt werden konnten, verwendete man zur Messung von Gestirnhöhen den Jakobsstab, aber auch Seeastrolabe und Davis-Quadranten. Das Seeastrolab war eine Metallscheibe mit Viertelgradteilung und einem beweglichen und unbeweglichen Schenkel. Das Instrument wurde möglichst vertikal in der Hand gehalten und mit dem unbeweglichen Schenkel der Meereshorizont und mit dem beweglichen Schenkel ein Gestirn anvisiert. Der Winkel zwischen beiden Objekten konnte auf der Kreisskala abgelesen werden. Der Davis-Quadrant bestand aus einem 60°- und einem 30°-Bogen jeweils mit Skala, einem Lot, einem Querstück mit Spalt und einer Visiervorrichtung. Sonnenstrahlen, die durch den Spalt am Querstück einfielen, gaben am großen Bogen den Winkel zwischen Augenhöhe und Sonne wieder. Am kleinen Bogen zeigte das Lot den Abstand der Augenhöhe zur Kimm an. Beide Winkel addiert entsprachen der Sonnenhöhe über dem Meereshorizont. Der Vorteil des Davis-Quadranten lag vor allem darin, dass die Sonne nicht direkt anvisiert werden musste um die Schonung der Augen und die Vermeidung von Messfehlern zu gewährleisten. Für lichtschwächere Objekte gab es am großen Bogen zusätzlich noch Diopter

¹⁰³ Vgl. Jim A. *Bennett*, Sextant. In: Robert *Bud* (Hg.), *Instruments of science: an historical encyclopedia* (The Science Museum [u.a.]: London [u.a.], 1998) 531.

¹⁰⁴ Vgl. *Deutsches Schiffahrtsmuseum*, 7. Ausschreibungen zur Lösung des Längenproblems, Sonderausstellung "Zeit auf See", 2012, online unter: <<http://www.dsm.museum/ausstellung/sonderausstellungen/zeit-auf-see/7-ausschreibungen-zur-loesung-des-laengenproblems.5011.de.html>> (13.04.2017).

zum direkten Anvisieren. Erfunden wurde der Davis-Quadrant vom englischen Seefahrer John Davis 1594.¹⁰⁵

Die Implementierung des Reflexionsprinzips bei Kreis- und Teilkreis-Messinstrumenten ebnete den Weg in Richtung Realisierung handhabbarer Dimension, bei größerer Genauigkeit als mit dem Jakobsstab, Seeastrolab und Davis-Quadrant. Das Reflexionsprinzip besagte, dass, wenn ein Reflektor um einen gewissen Winkel gedreht wird, der Lichtstrahl eines Objektes um den doppelten Winkel reflektiert wurde. Das Bild eines anvisierten Objektes fiel dabei durch Drehung des Reflektors mit einem anderen anvisierten Objekt zusammen. Der Winkel der Drehung entsprach dem halben Winkel beider Objekte. Dieses Prinzip fand sich in Entwürfen Newtons und des englischen Universalgelehrten Robert Hooke wieder. Anfang des 18. Jahrhunderts verbreiteten sich ähnliche Konzepte, wie jene vom amerikanischen Glaser Thomas Godfrey, vom französischen Mathematiker und Astronomen Jean-Paul Grandjean de Fouchy, vom englischen, an Astronomie interessierten Versicherungsmakler Caleb Smith und vom englischen Mathematiker John Hadley. „[...] Hadley's proposals made to the Royal Society of London in 1731 and improved to a standard form in 1734 [...]“^{106, 107}

Abbildung 13 zeigt den Entwurf eines Oktanten, den Hadley zusammen mit einer Beschreibung eingereicht hatte. Der Oktant wurde später als Hadley Quadrant bekannt, da durch das Reflexionsprinzip mit dem Achtelkreis-Bogen Winkel bis zu 90° gemessen werden konnten, was einem Viertelkreis entsprach¹⁰⁸. Im Entwurf ist der charakteristische Achtelkreis-Bogen des Oktanten zu sehen und darauf ein beweglicher Schenkel, die Alhidade. Am unteren Ende des Schenkels befindet sich eine Fadenabsehe zur Ablesung der Gradanzahl des Winkels zweier anvisierter Objekte und am oberen Ende des Schenkels ein Reflektor. Ein weiterer solcher, aber kleinerer Reflektor, befindet sich zum Teil im Blickfeld des gegenüberliegenden Fernrohrs. Durch das Fernrohr konnten folglich zwei Bilder gesehen werden; einmal das direkte und einmal das vom größeren Reflektor einfallende¹⁰⁹.

¹⁰⁵ Vgl. *Schaub, Gelcich*, Nautische Astronomie, 57–58.

¹⁰⁶ Jim A. *Bennett*, Octant. In: Robert *Bud* (Hg.), Instruments of science: an historical encyclopedia (The Science Museum [u.a.]: London [u.a.], 1998) 419.

¹⁰⁷ Vgl. *Bennett*, Octant, 419–420.

¹⁰⁸ Vgl. *Bennett*, Octant, 419.

¹⁰⁹ Vgl. *Hadley*, The Description of a New Instrument, 147–148.

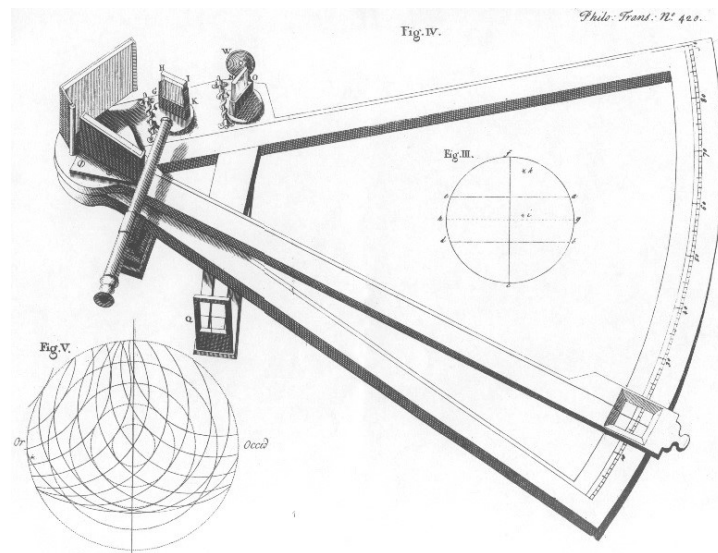


Abbildung 13: Oktant von Hadley¹¹⁰

Eine weitere Einreichung beim British Board of Longitude war der Reflexionskreis, ein Vollkreis-Messgerät mit Reflexionsprinzip, vom deutschen Astronomen Tobias Mayer. Nach seinen Plänen fertigte der englische Astronom und Instrumentenhersteller John Bird ein Instrument, das in den späten 1750er Jahren vom britischen Marineoffizier John Campell getestet wurde. Campell befand den Spiegelkreis als überdimensioniert und veranlasste Bird, das Design anzupassen, weg vom Vollkreis hin zu einem Sechsteilkreis-Bogen, der nach Meinung Campells für die Ortsbestimmung auf See noch immer völlig ausreichen sollte.¹¹¹

Trotz Reflexionsprinzip waren Sextanten noch so groß, dass sie im Gürtel eingerastet werden mussten, um überhaupt ruhig gehalten werden zu können. Erst der Einsatz von Kreisteilmaschinen führte dazu, dass auf mechanische Weise und in kurzer Zeit Feinteilungen produziert und damit die Größe der Winkelmessgeräte bei gleichbleibender Skalenfeinheit sich weiter verkleinern konnte. Kreisteilmaschinen waren Vorrichtungen mit einem großen, massiven Metallrad, das mittels Schneckenrad gleichmäßig um die senkrechte Achse gedreht werden konnte und dazu diente, die eigene,

¹¹⁰ Bildquelle: John *Hadley*, The Description of a New Instrument for Taking Angles (Esq; Vice-Pr. R. S. Communicated to the Society on May 13, 1731). In: *Royal Society* (Hg.), *Philosophical Transactions*: 1683–1775 (Vol. 37, 1731–1732) 147. Digitalisiert, online unter: <<https://www.jstor.org/stable/pdf/104076.pdf>> (06.04.2017).

¹¹¹ Vgl. *Bennett*, Sextant, 532.

größere Feinteilung mittels Reißnadel zu übertragen¹¹², z.B. auf kleinere Scheiben, Ringe oder Teilkreis-Bögen.¹¹³

Nicht nur handlich und genau, auch robust mussten Sextanten für den See-Einsatz sein. Im 19. Jahrhundert verbreiteten sich unterschiedliche Strukturen von Instrumentenkörpern. Die Seitenteile wurden etwa durch Querstreben, Gitter oder Kreise aus Messing miteinander verbunden. Unter den teureren Geräten überdauerte das gesamte 19. Jahrhundert eine besonders leichte und stabile Konstruktion, eine Doppelrahmenstruktur aus Messing des britischen Instrumentenherstellers Edward Troughton.¹¹⁴

Abbildung 14 zeigt einen solchen Spiegelsextanten (links in Seiten-, rechts in Frontalansicht) mit den Maßen 29,5 x 25 x 10,4 Zentimeter, hergestellt um 1850¹¹⁵. Die Seitenteile des Doppelrahmens sind durch „T“-Verstrebungen weiter verstärkt.

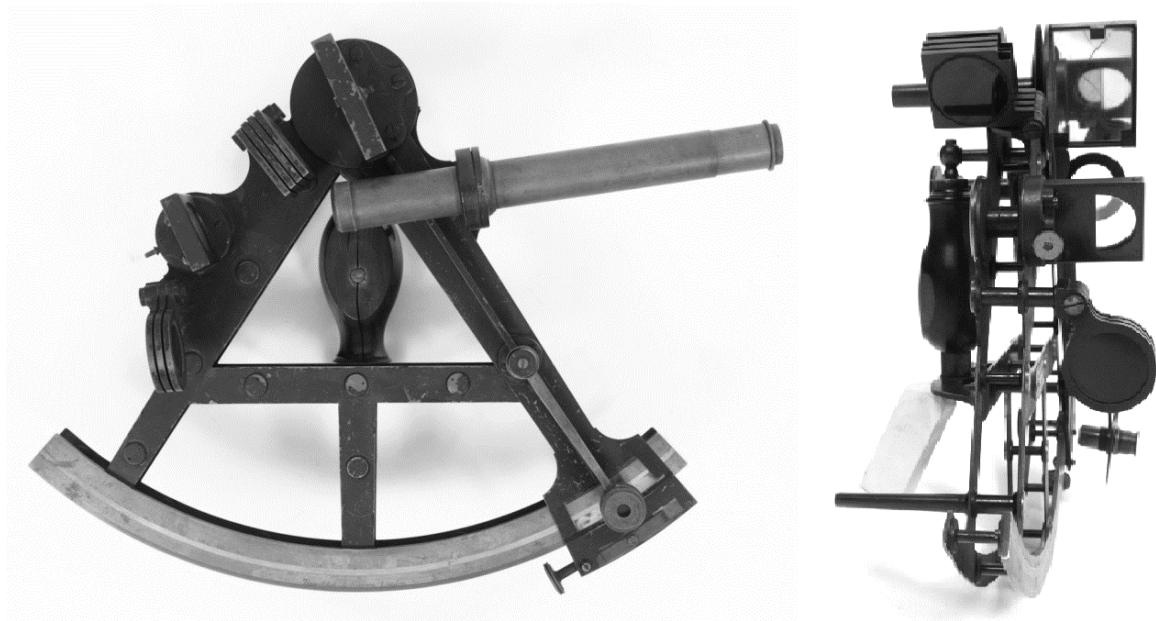


Abbildung 14: Sextant von Troughton & Simms (London), hergestellt um 1850¹¹⁶

¹¹² Vgl. *Brockhaus' Konversationslexikon*, Teilmaschine (15. Band, 14. Auflage, F. A. Brockhaus: Leipzig [u.a.], 1894–1896) 664. Digitalisat, online unter: <http://lexikon.ch/1888_bild/65_0666#Bild_1888> (25.05.2017).

¹¹³ Vgl. *Bennett*, Sextant, 532.

¹¹⁴ Vgl. *Bennett*, Sextant, 532.

¹¹⁵ Vgl. *University of Toronto*, Sextant: Astronomy, Scientific Instruments Collection, online unter: <<https://utsic.escalator.utoronto.ca/home/blog/instrument/sextant-3/>> (11.04.2017).

¹¹⁶ Bildquellen: *University of Toronto*, Sextant.

Wie in Abbildung 14 zu sehen, hat der Sextantenkörper einen ausklappbaren Holzgriff, der zum Halten bei der Benützung dient und Füße (längliche Zapfen, siehe links oben und unten in der Frontalsicht) zum Ablegen. Am oberen Ende des beweglichen Schenkels befindet sich ein großer Reflektor, der Indexspiegel. In der Frontalsicht sehen wir den halb verspiegelten Horizontalspiegel (rechts, mittig) sowie Farbgläser (links oben und rechts unten) zur Beobachtung heller Objekte. Zur weiteren Steigerung der Beobachtungsgenauigkeit kann ein Fernrohr in die Einblicköffnung eingepasst werden. Den unteren Teil der Alhidade bildet ein viereckiger Rahmen. Der Rahmen besitzt die Nonius-Teilung (Feinteilung gegenüber der gröberen Limbus-Teilung) und eine schwenkbare Lupe (siehe Knopf Mittig im viereckigen Rahmen) sowie Mikrometer- und Klemmschraube (die Klemmschraube ist auf der Rückseite des Rahmens und daher nicht sichtbar in Abbildung 14).¹¹⁷

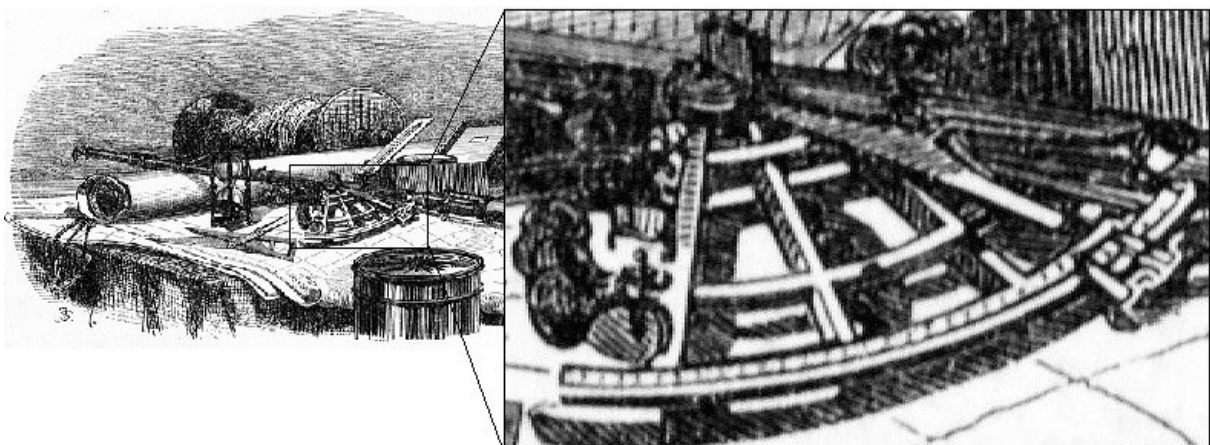


Abbildung 15: Vergrößerung aus Abbildung 5

Die Illustration der Navigationsbehelfe der Novara-Expedition (siehe Abbildung 15) zeigt einen Sextanten mit Index- und Horizontalspiegel, Filter, Holzgriff und Lupe. Die Lupe deutet auf eine Mikrometer-Feinteilung hin. Abgesehen vom Rahmen, weist der Sextant alle zeittypischen Merkmale auf, ähnlich dem in Abbildung 14 abgebildeten Instrument.

Sextanten gehörten zur Zeit der Novara-Expedition zur Standardausrüstung der Schiffsnavigation. Zur stationären Beobachtung auf Sternwarten kam ihnen kaum noch Bedeutung zu. Hier setzten sich vielfach Instrumente mit großen Fernrohren durch, die

¹¹⁷ Vgl. *Stupar*, Lehrbuch, 418–421.

auf Vollkreisen angebracht wurden, wie z.B. Mittagskreise (siehe Abbildung 16) oder Theodoliten (Abbildung 17).

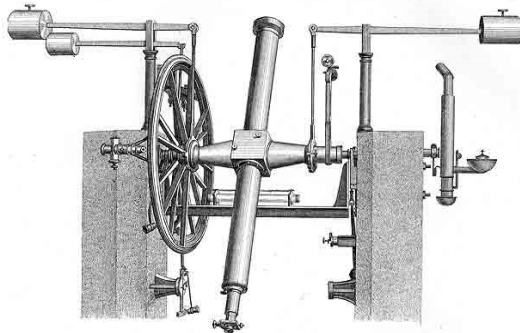


Abbildung 16: Meridiankreis¹¹⁸

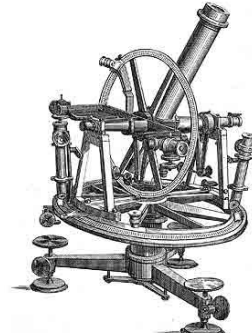


Abbildung 17: Theodolit¹¹⁹

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass mit der Kreisteilmaschine und der Implementierung des Reflexionsprinzips nautisch-astronomische Beobachtungsgeräte im 18. Jahrhundert in handlichem Maße hergestellt werden konnten und zwar ohne dabei zu große Verluste in Sachen Genauigkeit hinnehmen zu müssen. Der Sextant, spezifischer auch als Spiegelsextant (im Englischen *marine* oder *navigators sextant*) bekannt, entwickelte sich, wie bereits ausgeführt, aus einem Vollkreis, dem Spiegelkreis. Was Instrumente für den Schiffs-Einsatz betrifft, gestalteten Nautiker aktiv mit an den Entwicklungsprozessen. Nicht zuletzt verdankt der Spiegelsextant sein Sechstelmaß einem Nautiker, der einen Vollkreis für die praktisch-nautische Anwendung als zu überdimensioniert befand. Spiegelsextanten des 18. und 19. Jahrhunderts wurden mit Fernrohr, Nonius und Mikrometer ausgestattet, wie ihre großen Verwandten des 17. Jahrhunderts. Eine begriffliche Unterscheidung zwischen Sextanten und Spiegelsextanten ist meines Erachtens sinnvoll, als man später unter dem Begriff „Sextant“ nur noch Instrumente mit Reflexionsprinzip verstand, wie es in der *Encyclopædia Britannica* von 1911 nachzulesen ist. Der Begriff „Sextant“ wird nur noch in folgendem Sinne verwendet: “[...] to designate an instrument employing reflection to measure an

¹¹⁸ Bildquelle: Amand *Kraml*, 250 Jahre Sternwarte Kremsmünster, online unter: <<http://www.specula.at/adv/250jahre.htm>> (25.05.2017). Abbildung nach: Sigmund *Fellöcker*, *Geschichte der Sternwarte der Benediktiner-Abtei Kremsmünster* (Stifts-Verlag: Linz, 1964).

¹¹⁹ Bildquelle: *Kraml*, 250 Jahre Sternwarte. Abbildung nach: *Fellöcker*, *Geschichte der Sternwarte*.

angle; but originally it was introduced by Tycho Brahe [...]“¹²⁰. Oder, wie der Wissenschaftshistoriker Jim A. Bannet 1998 in „Instruments of science: an historical encyclopedia“, schrieb:

Since the term „sextant“ refers to an arc of 60°, several large astronomical instruments used by Tycho Brahe, Johannes Hevelius, and John Flamsteed were known as sextants. However, the more common reference is to a portable instrument that measures angles between distant objects working on the reflecting principle [...].¹²¹

Kreise und Teilkreise wurden von der Antike bis zur Novara-Expedition zur Beschreibung der Bewegung von Himmelsobjekten auf der scheinbaren Kugelfläche des Himmels angewandt. Bewegungsstrecken und Abstände wurden in Bogenmaß ermittelt, unabhängig davon, ob Kreisbewegungen als vom Umlauf der Gestirne um die Erde oder primär von der Erdrotation verursacht gedacht wurden. Der Himmel wurde dabei als geometrisch ideale Kugelfläche veranschlagt. Der Kreis fand als Sechstel-Teil – weil er einfacher als Vollkreise herzustellen und weil er praktischer in der Handhabung auf See war – seine Materialisierung in den „Beobachtungs“-Geräten selbst. Der Sextant verwies in seiner materiellen und funktionalen Beschaffenheit auf ein geometrisches Ideal. Dieses verbindet Sextanten mit Oktanten, Quadranten und Vollkreisgeräten und indirekt sogar mit dem Jakobsstab, da der mit ihm gemessene, lineare Abstand später in Bogenmaß transformiert wurde.

4.2 Entwicklung des Chronometers

Analog zur Erfassung des Gestirnumlaufs in Bogengrad lag auch der Zeitbestimmung eine Teilung zu Grunde, die Stundenteilung. „Der Begriff der Stunde ist sehr alt und kommt bereits um 3000 v. Chr. vor. Unterabteilungen der Stunde sind nicht bekannt“¹²². Schon im alten Ägypten wurden Tag und Nacht in je 12 Stunden geteilt¹²³. Bekanntermaßen sind Tag und Nacht ungleich lang, außer an zwei Tagen im Jahr,

¹²⁰ *Encyclopædia Britannica*, Sextant (11. Edition, Cambridge, England at the University Press New York, 1911) 749–751. Digitalisat, online unter: <<https://archive.org/stream/encyclopaediabri24chis-rich#page/748/mode/1up>> (06.04.2017).

¹²¹ *Bennett*, Sextant, 530–532.

¹²² *Zinner*, Geschichte der Sternkunde, 8.

¹²³ Vgl. *Zinner*, Geschichte der Sternkunde, 7.

den Tagundnachtgleichen. Bei der Stückelung von Tag und Nacht in je 12 Teile ergaben sich entsprechend unterschiedlich lange Stunden¹²⁴. Auch heute teilen wir sowohl Tag als auch Nacht in gleichlange Stunden. Eine Wintertagesstunde war entsprechend kürzer als eine Sommertagesstunde. Zu den frühesten Zeitmessgeräten zählten „[...] Wasser-, Sonnen- und Sternuhren“¹²⁵. Uhren, welche die ungleichlangen Stunden berücksichtigten, reichen in eine Zeit zwischen erster Hälfte und Mitte des zweiten Jahrtausends v. Chr. zurück¹²⁶.

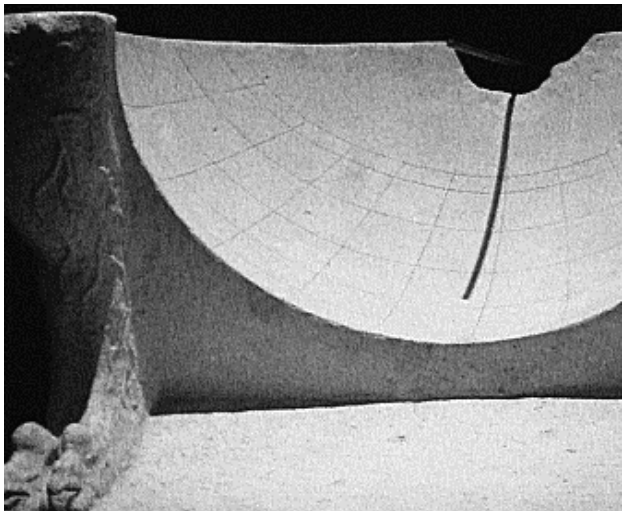


Abbildung 18: Sphärische Sonnenuhr¹²⁷

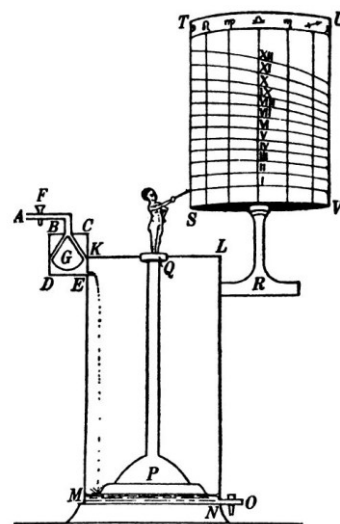


Abbildung 19: Wasseruhr nach Ktesibios¹²⁸

Sonnenuhren bildeten durch Schattenwurf die scheinbare Bewegung der Sonne ab. Sie bestanden aus Stab oder Scheit, teils in Kombination mit Loten. Der Sonnenschatten wurde auf waagrechte oder senkrechte Ebenen oder in die Innenfläche einer Sphäre projiziert, in Anlehnung an die Himmelsgestalt (siehe Abbildung 18). Der Schattenverlauf wurde zur Wiedergabe der jeweiligen Stunden des Tages gezwölftelt. In der Nacht ließen sich aus den Sternbewegungen zwischen Aufgang, Untergang und insbesondere den Höchstständen der Gestirne die Stunden eruieren. Zur nächtlichen

¹²⁴ Vgl. Zinner, Geschichte der Sternkunde, 7.

¹²⁵ Zinner, Geschichte der Sternkunde, 8.

¹²⁶ Vgl. Zinner, Geschichte der Sternkunde, 7–14.

¹²⁷ Bildquelle: Musée Guimet, Sun dial from Ai Khanoum, online unter: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SunDialAiKhanoum.jpg>> (03.06.2017). Abbildung nach: Pierre Cambon, Afghanistan: Les trésors retrouvés: Collections du Musée National de Kaboul (Edité par Musée National Des Arts Asiatiques-Guimet, 2006).

¹²⁸ Bildquelle: Zinner, Geschichte der Sternkunde, 79. Abbildung nach: Hermann Diels, Antike Technik (2. Auflage, Leipzig [u.a.], 1920) 206.

Zeitbestimmung kamen gleichermaßen Wasseruhren in Frage. Mit unterschiedlich dicken Aus- oder Einlaufaufröhren konnte der Aus- oder Einlauf von Wasser in Behälter geregelt und damit der Verlauf der ungleichlangen Stunden nachgestellt werden. Charakteristisch für die ägyptischen und babylonischen Uhren aus der Zeit des zweiten Jahrtausends v. Chr. war, dass sie untereinander kaum übereinstimmten und die Stunden noch sehr ungenau anzeigten (Größenordnung: Anzeige des Mittags +/- drei-viertel Stunde). Wesentliche Verbesserungen wurden in Griechenland erzielt, wo man sowohl auf ägyptisches als auch auf babylonisches Wissen aufgesetzt hatte. Abbildung 19 zeigt eine dem griechischen Mathematiker und Erfinder Ktesibios des dritten Jahrhunderts v. Chr. zugeschriebene Wasseruhr. Sie bestand aus einer Einlaufregulung (A–K), einem Auffangbehälter (K–O), einem Schwimmer mit Anzeiger (P–Q) und einem für jedes Monat (T–U) verstellbaren Stundenteiler (S–V).¹²⁹

„Von Ktesibios scheint eine Erweiterung der Wasseruhr herzurühren, die allmählich den Zweck der Uhren verschleiern und ihnen das für das späte Altertum bis zum 16. Jahrhundert kennzeichnende Aussehen geben“¹³⁰. Gemeint sind die Spieluhren. Sie bewegten Figuren, ließen Trompeten ertönen und Kugeln fallen. Griechische Plätze zierten überwiegend der Öffentlichkeit gestiftete, halbkugelige Sonnenuhren, übernommen vom Babylonier Berossos am Ende des vierten, Anfang drittes Jahrhundert v. Chr. Ihre Anzeigefläche bestand aus 11 Stundenlinien, die sich mit den Wendekreislinien und der Äquatorlinie schnitten. Aufgrund ihrer stationären Verwendung wurde das Gitternetz für nur eine geographische Breite ausgelegt. Für Reisesonnenuhren wurden zur Berücksichtigung verschiedener Polhöhen zwei bewegliche Klötze auf einer senkrechten Schattenauffangfläche angebracht, da der Schattenwurf die geographische Breite des Standortes beeinflusst. „Im Altertum wurden vorzüglich Sonnenuhren hergestellt, die entweder von griechischen Handwerkern angefertigt wurden oder zum mindesten auf den Vorschriften griechischer Mathematiker beruhen“¹³¹. Der Römische Baumeister Vitruv befasste sich um das Jahr Null mit der Abbildung der Sonnenbahn auf einer Ebene, der Nord-Süd-Himmelsebene, damit er mit Lineal und Zirkel genauere Stundenmarkierungen für Sonnenuhren entwerfen konnte. Ptolemäus begegnete derselben Herausforderung mit Sehnen, einer Kombination aus Zeichnung

¹²⁹ Vgl. *Zinner*, Geschichte der Sternkunde, 7–14, 34–38 und 75–81.

¹³⁰ *Zinner*, Geschichte der Sternkunde, 80.

¹³¹ *Zinner*, astronomische Instrumente, 12.

und Berechnung. Für große, stationäre Sonnenuhren aus der Zeit Ptolemäus ließen sich Zeitabweichungen von nur wenigen Minuten feststellen¹³². Der sabische Astronom und Mathematiker Thabit ibn Qurra setzte im 9. Jahrhundert auf Ptolemäus Arbeiten auf und berechnete, anstelle der Sehnen, mittels Sinus und Cosinus die Schattenlage auf einer Fläche. „Die gleichlangen Stunden waren den Arabern schon für astrologische und astronomische Rechnungen bekannt“¹³³. Die ungleichlangen Stunden überdauerten hierorts bis ins 15. Jahrhundert. Ihre Teilung basierte ebenso auf einer Zwölfteilung der Tages- und Nachtdauern. Gleichlange Uhren wurden in Bogengrade unterteilt, z.B. in 5°-Linien. In Westeuropa setzten sich Uhren, die gleichlange Stunden anzeigen konnten, etwas früher, mit dem aufkommenden 14. Jahrhundert, durch. Als Baumaterial zur Herstellung von Wasser- und Sonnenuhren dienten insbesondere Stein (z.B. Marmor), Gips zur Befestigung, Holz, Bronze und Eisen. Wegen der Rostbildung eignete sich Eisen weniger für den Bau von Wasseruhren.¹³⁴

Im arabischen Raum kam den waagrechten Sonnenuhren besondere Bedeutung zu. Mittels entsprechender Markierungen wiesen sie zugleich die Richtung fürs Nachmittagsgebet. Die Einteilung der Nacht spielte im mittelalterlichen Klosterleben eine wichtige Rolle. Es galt das pünktliche Aufstehen und Abhalten der Messen zu meistern. Wasseruhren waren wartungsintensiv. Ihr Gang musste geprüft werden, es kam zu Verstopfungen der schmalen Ein- und Auslaufröhren und Gefrierung des Wassers in den meist ungeheizten Kirchen und Klosterräumen. Praktischer waren die ab dem 10. Jahrhundert aufkommenden Kerzenuhren. Letztere hielten sich einiger Orts bis ins 19. Jahrhundert. Vor dem Gebrauch von Uhren wurde die Nacht in den Klöstern durch Psalmensingen eingeteilt. Der Vorteil von Uhren liegt auf der Hand. Abgesehen von religiösen Zwecken begünstigten Uhren Handel und Verkehr.¹³⁵

In Anlehnung an die antiken Spieluhren wurden im Mittelalter Kunstuhren gefertigt, teils unter Verwendung von Gold und Silber. Einige Kunstuhren stellten die Bewegungen von Sonne, Mond und Planeten nach. Sie wurden angetrieben durch Räder und

¹³² Vgl. Zinner, Geschichte der Sternkunde, 77–78.

¹³³ Zinner, astronomische Instrumente, 13.

¹³⁴ Vgl. Zinner, astronomische Instrumente, 8–14.

¹³⁵ Vgl. Zinner, astronomische Instrumente, 12–15.

Gewichte. Mit Trompeten und Schellen konnten besondere Zeitpunkte, z.B. Gebetszeiten, akustisch signalisiert werden. Aus dem 13. Jahrhundert sind Skizzen einer Engelsuhr des französischen Künstlers Villard de Honnecourt überliefert. Ein Engel, der sich durch eine Vorrichtung aus Welle, Schwungrad, Gegengewichten und Rollen um die eigene Achse drehte, sollte mit seinem Finger der Sonne folgen. Im selben Jahrhundert versuchte der englische Astronom Robertus Angelicus aus einem mittelalterlichen Bratenwender mit Gewichtsantrieb eine Uhr mit 24-Stunden-Teilung zu bauen. Engeluhr und „Bratenwender“-Uhr hatten keine Regelung vorgesehen, weshalb eine kontrollierte Bewegung kaum zu realisieren war. Eine Möglichkeit der Regelung bot die Spindelhemmung, d.i. eine Spindel mit zwei um 90° versetzten Lappen, die abwechselnd in ein Steigrad eingriffen¹³⁶, in diesem Fall ein Kronrad (siehe Abbildung 20).¹³⁷

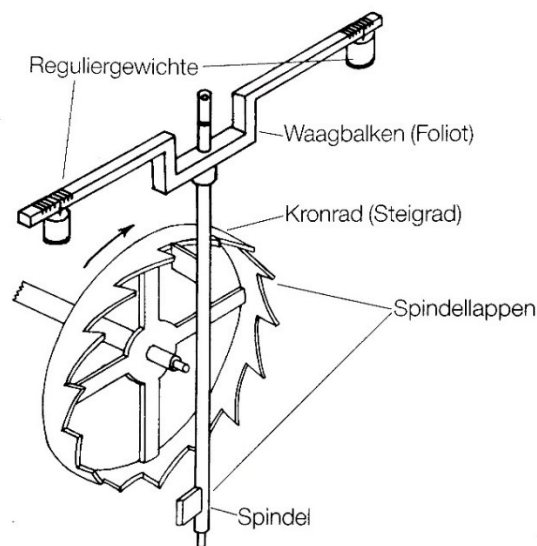


Abbildung 20: Balkenunruhe¹³⁸

Mit kleinen Gewichten am Balken konnte die Regelung feinjustiert werden. Uhren mit Hemmung wurden später unter dem Begriff „Räderuhren“ bekannt. Sie bestanden vorwiegend aus Eisen. Wie die Kerzenuhren waren sie weniger wartungsintensiv als Wasseruhren. Allmählich erkannte man einen weiteren Vorteil in den Räderuhren, die Möglichkeit der Anzeige gleichlanger Stunden. Mit gleichlangen Stunden würde die Mo-

¹³⁶ Vgl. Gerhard *Dohrn-van Rossum*, Die Geschichte der Stunde: Uhren und moderne Zeitordnung (Hanser: München [u.a.], 1992) 52.

¹³⁷ Vgl. *Zinner*, astronomische Instrumente, 14–18.

¹³⁸ Bildquelle: *Dohrn-van Rossum*, Die Geschichte der Stunde, 52.

nats- oder Jahreszeitabhängigkeit obsolet und folglich aufwändige Abgleichmechanismen, wie sie etwa bei Ktesibios Wasseruhr zu sehen waren. Zur Umrechnung von gleichlangen auf ungleichlange Stunden lieferte die Astronomie Tafeln, richteten sich die Gebetszeiten doch noch an den ungleichlangen Stunden aus. „Dadurch erklärt sich wohl der Umstand, daß erst im Jahre 1330 die erste Verwendung der gleichlangen Stunde in der Geschichtsschreibung auftritt [...]“¹³⁹. Allmählich vermochte sich die gleichlange Stunde breitflächig durchzusetzen.¹⁴⁰

Die Räderuhr war ursprünglich eine Weckuhr für den Wachdienst und Gottesdienst. Bald kam der Stundenschlag hinzu und Ende des 14. Jahrhunderts der Schlag zu jeder Viertelstunde. [...] Nunmehr konnte jeder Städter sich nach dem Schlag der Schlaguhr, die meist auf Kirchtürmen oder auf hohen Wachtürmen aufgestellt war, richten.¹⁴¹

Räderuhren waren vorerst einem kleineren Zirkel zugänglich, etwa dem Adel, dem Klerus und den Gelehrten. Der Einsatz von Schlagwerken in Wach- und Kirchtürmen geht auf italienische Städte Anfang des 14. Jahrhunderts zurück. Sie stellten für viele Menschen die ersten Berührungspunkte mit mechanischen Uhren dar. Das Schlagwerk war komplexer als das Gehwerk. Es bestand aus Auslösevorrichtungen mit Stifträdern und Sperrhebeln zur Unterbrechung. Damit konnten Schlagzeitpunkt, -dauer und -anzahl gesteuert werden. Jedenfalls ließen sich mit solchen Gang- und Schlagvorrichtungen nur sehr schwer täglich veränderliche Schlagzeitpunkte umsetzen. Von einem Zusammenhang zwischen Schlaguhren und der Verbreitung gleichlanger Stunden ist auszugehen. Drei Zählweisen der Stunden setzten sich um etwa der Hälfte des 14. Jahrhunderts durch: Die „ganze Uhr“ (auch bekannt als „italienische Uhr“), die „große Uhr“ (auch „Nürnberger Uhr“) und die „halbe Uhr“ (bzw. „kleine Uhr“). Erstere verbreitete sich über Böhmen und Schlesien bis in Teile Polens. Sie teilte den Tag in 24 Stunden, von einem Sonnenuntergang bis zum nächsten. „Die abendliche Tagesepoche war im islamischen Raum üblich; wichtiger für ihre Einführung in Europa dürfte aber ihre Übereinstimmung mit der jüdisch-christlichen Festtagsauffassung sein“¹⁴². Aus alltagspraktischen Gründen wurde der Datumswechsel i.d.R. erst morgendlich durchgeführt. Die „große Uhr“ verzichtete auf die Zwölfer-Reihen, so hatte z.B. der

¹³⁹ Zinner, astronomische Instrumente, 17.

¹⁴⁰ Vgl. Zinner, astronomische Instrumente, 14–18.

¹⁴¹ Zinner, astronomische Instrumente, 21.

¹⁴² Dohrn-van Rossum, Die Geschichte der Stunde, 111.

Dezember 8 Tages- und 16 Nachtstunden. Die „halbe Uhr“ kam ohne Bindung an den Lichttag aus. Letztere war dadurch die abstrakteste aber zugleich praktischste Zählung, weil man keine Tafeln zur Bestimmung von Anfang und Ende des Lichttages benötigte. Alle Zählarten knüpften an ältere an, wie der „[...] Trennung des Tages und der Nacht, Zählung in zwei Reihen zu je zwölf Stunden, Verschiebung der Anfangs- und Endpunkte mit dem Tageslicht“¹⁴³. Vereinzelt trat im Mittelalter auch unsere heutige, die 24-Stundenzählung, beginnend mit Mitternacht, auf, aber nur im astronomischen Kontext. Praktisch hatte sie noch keine Bedeutung vor der Blüte moderner Verkehrssysteme. Die Parallelität diverser Zählungen störte nicht. Sie sorgte gegebenenfalls bei Reisenden für etwas Verwunderung.¹⁴⁴

Festzuhalten ist, dass Räderwerke schon mit den antiken Spieluhren in die Uhr kamen, ehe sie als Uhrwerk von Räderuhren fungierten. Man erkannte, dass Räder die mit Gesichtszügen um die eigene Achse bewegt wurden, den Sonnenverlauf einigermaßen gut imitieren und daher zur Einteilung der Tages- und Nachtzeitspannen verwendet werden konnten. Allerdings musste die Achsumdrehungen reguliert werden, damit das Gewicht die Drehung nicht immer weiter beschleunigt. Abhilfe bot die Spindelhemmung. Mit ihr konnte eine relativ gleichmäßige Kreisbewegung erzeugt werden. Je gleichmäßiger die Bewegung wurde, desto homogener wurden die zeitlichen Längen. Räderuhren verwiesen demzufolge in ihrer materiellen und funktionalen Beschaffenheit auf dasselbe geometrische Ideal wie Sextanten.

„Gleichzeitig mit den ersten Räderuhren taucht in Europa ein anderer neuer Zeitmesser auf: Die Sanduhr“¹⁴⁵. Der Ablauf des Sandes vollzieht sich gleichmäßig. Sanduhren zeigen gleichlange Stunden an. Neben Sonnenuhren wurden Sanduhren zur Gangkontrolle öffentlicher Räderuhren verwendet, wiesen letztere doch noch Zeitabweichungen von mitunter bis zu einer dreiviertel Stunde auf – so gesehen hätten Minutenzeiger noch keinen Nutzen gehabt; sie fanden erst ab 1700 allgemeine Verbreitung¹⁴⁶. Die vergleichsweise geräuschlosen und zuverlässigen Sanduhren waren für weiteren

¹⁴³ *Dohrn-van Rossum*, Die Geschichte der Stunde, 111.

¹⁴⁴ Vgl. *Dohrn-van Rossum*, Die Geschichte der Stunde, 106–114.

¹⁴⁵ *Dohrn-van Rossum*, Die Geschichte der Stunde, 114.

¹⁴⁶ Vgl. Curt *Dietzschold*, Die Hemmungen der Uhren: ihre Entwicklung, Konstruktion, Reparatur und Behandlung vor der Reglage, nebst zugehörigen Tabellen, zahlreichen Abbildungen und 6 Porträts (Dietzscholds Verlag: Krems 1905) 7 und 10. Digitalisat, online unter: <<https://ia902605.us.archive.org/35/items/diehemmungender00dietgoog/diehemmungender00dietgoog.pdf>> (18.06.2017).

gesellschaftlichen Kreise erschwinglich. An ihnen konnte der Umgang mit den gleichlangen Stunden erprobt werden. In der Nautik wurden Sanduhren zur Regelung des Wachdienstes und der Messung der Fahrtgeschwindigkeit eingesetzt.¹⁴⁷

In finanziell wohl situierten Haushalten gehörten ab dem 15. Jahrhundert Zimmeruhren zu den üblichen Gebrauchsgegenständen. Räderuhren konnten durch handwerkliche Erfahrung zunehmend auf transportfähige Maße reduziert werden. Doch verhinderte der Gewichtsantrieb tragbare, handliche Dimensionen. Der italienische Architekt Filippo Brunelleschi soll in seiner Jugendzeit als gelernter Goldschmied Uhren gebaut und dabei unter anderem mit Zugfedern experimentiert haben. „Gegenüber dem Antrieb mit Gewicht und Seil hat eine gespannte Stahlfeder den Vorteil, daß sie ihre Energie in jeder Lage und auch dann, wenn man sie bewegt, abgibt“¹⁴⁸. Ein gespanntes Stahlband gibt bei Entspannung Energie ungleichmäßig ab. Auch Federuhren benötigten demzufolge eine geeignete Regelvorrichtung. Eine schneckenförmige Spirale übersetzte den nachlassenden Zug der Feder, was ein gleichmäßiges Drehmoment erzeugte (wer erstmals Feder mit Schnecke kombinierte sowie wo und wann ist unbekannt). Es entwickelte sich (bis zur Mitte des 15. Jahrhunderts) aus den technischen Möglichkeiten ein modischer Trend, die Miniaturisierung von Uhren (als berühmtes Beispiel dieser Zeit kann das um 1510 vom Uhrmacher Peter Henlein gebaute „Nürnberger Ei“ angeführt werden). Nürnberg und Augsburg etablierten sich im 15. Jahrhundert zu bedeutenden Herstellungszentren feinmechanischer Instrumente.¹⁴⁹

Wie die astronomischen Winkelmessgeräte des 16. Jahrhunderts sollten auch Uhren genauer werden. Der diesbezügliche neuralgische Punkt bei Uhren lag in der Gangregelung, also der Idealisierung der Intervalle. Nachteil der „einfachen“ Hemmungen, wie der Balkenunruhe (siehe Abbildung 20), war das Rückfallen der Spindel beim Übergang des wechselseitigen Eingreifens der Spindellappen¹⁵⁰. Dieses Rückfallen musste für einen konstanteren Gang möglichst auf ein konstantes Niveau gehoben werden.

¹⁴⁷ Vgl. *Dohrn-van Rossum*, Die Geschichte der Stunde, 114–115.

¹⁴⁸ *Dohrn-van Rossum*, Die Geschichte der Stunde, 116.

¹⁴⁹ Vgl. *Dohrn-van Rossum*, Die Geschichte der Stunde, 116–120.

¹⁵⁰ Vgl. *Dietzschold*, Die Hemmungen der Uhren, 2–3.

Eine Verbesserung der Gangregelung bewerkstelligte Bürgi mit der Kreuzschlaghemmung. Das sind zwei über Zahnräder miteinander verbundene, gegenläufige Unruhen, mit jeweils einem Spindellappen, die abwechselnd in ein Steigrad eingriffen, was eine gleichmäßigere Rückführung gestattete¹⁵¹. Richteten sich Brahes Gestirnsbeobachtungen zwischen 1563 und 1570 noch am Viertelstundenschlag aus, so gab er ab 1577 konsequent Minuten mit an. 1581 begann er die Uhrstände und die aus den Beobachtungen des Höchststandes der Sonne errechneten Zeiten in Sekunden zu protokollieren bzw. protokollieren zu lassen. Dabei beklagte er die Ungenauigkeit (von +/-4 Sekunden) seiner vier Uhren. Genauer schien ihm die astronomische Zeitbestimmung. Bürgi fertigte Wilhelm IV. von Hessen-Kassel und Kaiser Rudolf II. Uhren mit Sekundenzeiger. Wilhelm IV. ließ Brahe mitteilen, dass seine Sekundenuhr (mit Kreuzschlaghemmung und Federantrieb) eine tägliche Abweichung von nur einer Minute aufweise.¹⁵²

Bürgi baute in Prag eine Standuhr, die er „[a]ls persönliches Meisterstück seiner Uhrmacherkunst betrachtete [...]“¹⁵³. Gefertigt wurde das Uhrwerk (der ca. 18cm hohen Standuhr) aus Messing, die Zier- und Anzeigeelemente aus vergoldeter Kupferlegierung und Silber, Schutzgehäuse und Himmelskugel im Inneren aus Bergkristall¹⁵⁴. Der Himmelskugel im Inneren sind Sterne und Sternbilder eingeschliffen. Sie dreht sich täglich einmal um ihre eigene Achse. Weiters zu sehen sind die Zifferblätter für Stunden, Minuten und Sekunden sowie Mondwechsel und Mondstellungen.¹⁵⁵

Die Zahnräder der Uhren wurden von den Uhrmachern damals noch selber geschliffen, wobei ungleichmäßige Teilungen und Formfehler der Zahnräder zur Abweichung

¹⁵¹ Vgl. *Uhrenlexikon*, Kreuzschlaghemmung (wissenmedia GmbH: Gütersloh/München, 1987), online unter: <<http://www.uhrenlexikon.de/begriff.php?begr=Kreuzschlaghemmung>> (17.06.2017).

¹⁵² Vgl. *Zinner*, astronomische Instrumente, 21–23.

¹⁵³ Fritz *Staudacher*, Jost Bürgi erfand nicht nur die Sekunde (Schweizerische Physikalische Gesellschaft, 2009, ergänzt 2017), online unter: <<http://www.sps.ch/artikel/physik-anekdoten/jost-buergi-erfand-nicht-nur-die-sekunde-5/>> (20.06.2017).

¹⁵⁴ *Kunsthistorisches Museum Wien*, Sogenannte Wiener Kristalluhr: Tischuhr (KHM, Kunstkammer), online unter: <<https://www.khm.at/en/objektdb/detail/87315/?offset=0&lv=list&cHash=b13b14008d88f25b80ed8cc233a0ce74>> (18.06.2017).

¹⁵⁵ Vgl. *Zinner*, astronomische Instrumente, 275.

des Gangs führten¹⁵⁶. „Das Abhelfen der Fehler in der Verzahnung wurde zur Kunstfertigkeit“¹⁵⁷. Bürgis Uhr ist Ausdruck der Kunstfertigkeit in Bezug auf Uhrwerk sowie Erscheinungsbild und erfüllte, wie schon die antiken Spieluhren, wohl auch repräsentative und pädagogische Zwecke. Dass Gestirne und Uhrzeit vom selben Mechanismus angetrieben wurden, spiegelt die Vorstellung der Welt als deterministisches, präzises Uhrwerk¹⁵⁸.



Abbildung 21: Wiener Kristalluhr, 1622/1627 von Jost Bürgi¹⁵⁹

Ein weiteres Anwendungsfeld von Sekundenuhren war die nautische Navigation. Hätte man eine Sekundenuhr mit auf Seereisen gehabt, welche die Ortszeit des Abfahrtshafens angezeigt hätte, würde, in Differenz zur astronomisch bestimmten, aktuellen Schiffsortszeit auch der zeitliche Abstand zwischen Schiff und Abfahrtshafen ermittelt werden können. Der zeitliche Abstand ließe auf den Längengrad der Schiffsposition

¹⁵⁶ Vgl. *Dietzschold*, Die Hemmungen der Uhren, 3–6.

¹⁵⁷ *Dietzschold*, Die Hemmungen der Uhren, 3.

¹⁵⁸ Vgl. *Kunsthistorisches Museum Wien*, Sogenannte Wiener Kristalluhr.

¹⁵⁹ Bildquelle: *Kunsthistorisches Museum Wien*, Sogenannte Wiener Kristalluhr.

schließen. Eine Stunde in Bogenmaß transformiert entspricht 15 Bogengrad. Bei einem Äquatorumfang der Erde von ca. 40.000 km wären 15 Bogengrad etwas mehr als 1.666 km. Folglich würde eine Gangabweichung von einer Stunde, in der Längengradbestimmung zu einem maximalen Fehler – maximal, weil Längengrade im Äquator am meisten voneinander abstehen – von ca. 1.666 km führen. Eine zeitliche Abweichung von einer Minute würde einen maximalen Fehler von noch fast 28 km verursachen und eine Gangabweichung von einer Sekunde einen knappen halben Kilometer. Daher konnten ausschließlich Sekundenuhren für diese Art der Längengradbestimmung in Frage kommen.

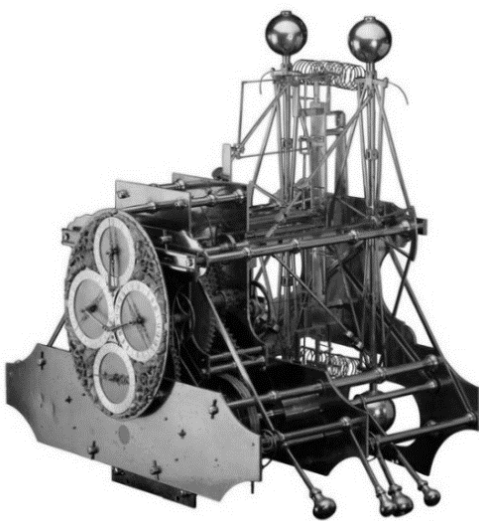


Abbildung 22: Harrisons H1¹⁶⁰



Abbildung 23: Harrisons H4¹⁶¹

Beim Board of Longitude gingen dementsprechend auch Vorschläge zu Uhrwerkskonstruktionen von Sekundenuhren ein, die den extremen Bedingungen auf See (starke Temperaturschwankungen, Schiffsgang und salzhaltige, feuchte Luft) trotzen sollten. Der englische Uhrmacher-Autodidakt (und gelernte Schreiner) John Harrison entwickelte 1730 eine Schiffsuhr (Modell H1, siehe Abbildung 22, mit einer Displayhöhe von knapp 70 cm und eigenen Zifferblättern für die Anzeige der Stunden, Minuten, Sekun-

¹⁶⁰ Bildquelle: *Royal Museums Greenwich*, Three-quarter view of Harrison's marine timekeeper H1 (National Maritime Museum, Greenwich, London), online unter: <<http://prints.rmg.co.uk/art/506582/three-quarter-view-of-harrisons-marine-timekeeper-h1>> (29.06.2017).

¹⁶¹ Bildquelle: *Royal Museums Greenwich*, Harrison's marine timekeeper H4 (National Maritime Museum, Greenwich, London), online unter: <<http://prints.rmg.co.uk/art/515403/harrisons-marine-timekeeper-h4>> (29.06.2017).

den und der Abweichung zu den ungleichlangen Stunde) mit zwei temperaturkompensierenden Unruhen (welche, wie die Kreuzschlaghemmung Bürgis, miteinander gekoppelt waren), einer Feder die selbst beim Aufziehen weiter Kraft abgeben konnte und einem Uhrwerk, dass ohne Schmierung auskam.¹⁶²

1735 stellte Harrison die H1, seine erste Seeuhr vor und erwirkte einen Test beim Board of Longitude. 1736 begleitete Harrison mit seiner Uhr ein Reise Richtung Lissabon an Bord der Centurion. 1737 beriet das Board of Longitude das Testergebnis und sprach daraufhin Harrison 500 Pfund zur Weiterentwicklung seiner Uhr zu. An einem weiteren Modell (H3) arbeitete Harrison 19 Jahre. Die H3 wurde ebenfalls getestet. Sie erfüllte nicht die Anforderungen an die Genauigkeit. 1751 bis 1752 ließ sich Harrison vom englischen Uhrmacher John Jefferys eine Taschenuhr fertigen. In Anlehnung an jene fertigte er die H4. Sie hatte einen Durchmesser von 13 cm und wurde 1759 fertig gestellt. Im Unterschied zu den üblichen Taschenuhren jener Zeit schwang sie hochfrequent mit 5 Ticks pro Sekunde. 1761 genehmigte das Board of Longitude Harrisons Sohn William, die Tüchtigkeit der H4 auf einer Seereise nach Jamaika zu belegen. Der Test war erfolgreich. In einem weiteren Test sollte die H4 Seite an Seite mit zwei astronomischen Methoden der Längenbestimmung ins Rennen geschickt und anschließend der Favorit ermittelt werden. Als Ziel wurde Barbados festgelegt. Zum Test der astronomischen Methoden wurde der britische Astronom Nevil Maskelyne bestimmt, für die H4 William Harrison. 1765 wurden die Ergebnisse vom Board of Longitude ausgewertet. Die H4 erfüllte die höchste Anforderung des Board of Longitude. Es wurde eine Abweichung von 39,2 Sekunden bzw. 15.8 km zum Längengrad von Barbados festgestellt. Harrison wurde das Preisgeld von 20.000 Pfund zugesprochen. Die Hälfte wurde sofort ausbezahlt. Die andere Hälfte erhielt er durch einen Entscheid des britischen Parlaments mit der Begründung des Verdienstes für die Nation.¹⁶³

H4 was in fact the forerunner of all precision watches. It demonstrated that portable precision timekeepers needed a relatively light, high-frequency oscillator with high stored energy. It provided a fully developed system of maintaining power, and it employed a

¹⁶² Vgl. Jonathan *Betts*, Chronometer. In: Robert *Bud* (Hg.), Instruments of science: an historical encyclopedia (The Science Museum [u.a.]: London [u.a.], 1998) 112.

¹⁶³ *Royal Museums Greenwich*, Longitude found: John Harrison (National Maritime Museum, Greenwich, London), online unter: <<http://www.rmg.co.uk/discover/explore/longitude-found-John-Harrison>> (29.06.2017).

bimetallic compensator, which would be the basis for almost all later compensation balances.¹⁶⁴

Auf Basis Harrisons Arbeiten entwickelten ab 1770 in Frankreich der Uhrmacher Pierre Le Roy und in England die Uhrmacher Thomas Mudge und John Arnold eigene Designs. Arnolds Taschenchronometer, der pocket chronometer No. 36, schnitt bei Tests auf Greenwich Ende der 1770er Jahre hervorragend ab. Durch Vereinfachung des Uhrwerks konnten preisgünstigere Chronometer produziert werden. Kostete der Nachbau der H4 dem Board of Longitude noch 500 Pfund, so schlugen Arnolds Taschen- und Marinechronometer nur noch mit etwa einem Achtel dessen zu Buche. Der Begriff „Chronometer“ wurde 1714 von den Briten William Derham und Jeremy Thacker geprägt, durch Arnold aber zum ersten Mal als durchgängige Bezeichnung für seine Uhren verwendet. Harrison nannte seine Zeitmessgeräte „sea clocks“ oder „time keepers“. Arnolds Lands- und Berufskollege Thomas Earnshaw standardisierte Design und Produktion seiner Chronometer. Aus seiner Manufaktur stammen rund 1.500 Taschen- und Marinechronometer. Earnshaw fasste das Uhrwerk in einer kardanisch aufgehängten Messingschale ein. Diese Aufhängung erlaubte ein horizontales und vertikales Ausschlagen zur Kompensation der Schiffsbewegung. Als weiteren Schutz verwendete Earnshaw eine Mahagonibox (siehe Abbildung 24). Seine Fertigungsweise etablierte sich zum Standarddesign für die Chronometer-Herstellung der nachfolgenden fast zwei Jahrhunderte dauernden Geschichte dieses Instruments.¹⁶⁵

Abbildung 25 zeigt ein skaliertes Modell von Earnshaws Uhrwerk zu Demonstrationszwecken für das Board of Longitude gefertigt. Sowohl ihm als auch Arnold wurden 3.000 Pfund vom Board für ihre Weiterentwicklung des Chronometers für den Seegebrauch ausbezahlt¹⁶⁶. In Abbildung 25 sehen wir die Radunruhe mit Spiralfeder und durch die mittige Öffnung das Steigrad durchscheinen.

¹⁶⁴ Betts, Chronometer, 112.

¹⁶⁵ Vgl. Betts, Chronometer, 112–114.

¹⁶⁶ Vgl. *Royal Museums Greenwich*, Model of Earnshaw's escapement.



Abbildung 24: Earnshaw's No. 512¹⁶⁷



Abbildung 25: Modell von Earnshaw¹⁶⁸

Als Hemmung (in Abbildung 25 verdeckt) wurde eine Weiterentwicklung der von Le Roy erfundenen Chronometerhemmung eingesetzt, sowohl von Earnshaw als auch von Arnold. Bei der Chronometerhemmung gibt es drei Steine, den Antriebs-, den Ruhe- und den Auslösestein. Lediglich der Antriebsstein (Abbildung 26, B) greift über seine Ausbuchtung (Abbildung 26, b) in das Steigrad (Abbildung 26, C). Der Auslösestein (Abbildung 26, d) liegt an einer zweiten, geraden Feder (Abbildung 26, A und D) an. Auf der geraden Feder befindet sich der Ruhestein (Abbildung 26, p). Letzterer hält das Steigrad solange fest, bis der Auslösestein die gerade Feder bewegt und damit das Steigrad frei gibt, bevor sich die gerade Feder aufgrund der Spannung wieder zurückbewegt und das Steigrad erneut stoppt. Dreht sich das Steigrad um einen Zahn weiter, bewegt sich der Antriebsstein, welcher der Unruhe daraufhin einen Impuls erteilt. Dadurch schwingt das Rad der Unruhe einmal frei nach links, dann nach rechts, wo die gerade Feder erneut gespannt wird, um den Ruhestein freizusetzen. Bei dieser Hemmung hat die Unruhe keine Verbindung zum Räderwerk und wird nur bei jeder

¹⁶⁷ Bildquelle: *Royal Museums Greenwich*, Thomas Earnshaw's troublesome chronometer (National Maritime Museum, Greenwich, London), online unter: <<http://www.rmg.co.uk/discover/behind-the-scenes/blog/thomas-earnshaws-troublesome-chronometer#eIOX-meOuGJokssqR.99>>http://www.rmg.co.uk/sites/default/files/longitude/wp-content/uploads/sites/5/2013/12/Earnshaw-512_0.gif> (11.07.2017).

¹⁶⁸ Bildquelle: *Royal Museums Greenwich*, Model of Earnshaw's escapement (National Maritime Museum, Greenwich, London), online unter: <http://collections.rmg.co.uk/collections/objects/79228.html?_ga=2.22168443.1947313648.1499771790-1695229714.1499771790> (11.07.2017).

zweiten Schwingung durch den Antriebszahn angestoßen. Sie zählt zu den freien Hemmungen. Mit freien Hemmungen erzielte man eine besonders hohe Ganggenauigkeit.¹⁶⁹

Unter der Beschleunigung des Verkehrs von Personen, Gütern und Briefen und seine Verdichtung im 18. Jahrhundert gewann Pünktlichkeit als Wertvorstellung und damit die Uhr gesteigerte Aufmerksamkeit. „Die Entwicklung der Unruhfeder als Zeitnormal für transportable Chronometer und tragbare Uhren machte das Rechnen in Minuten für jedermann zugänglich [...]“¹⁷⁰. Die tägliche Abweichung der privaten, mechanischen Uhren zu den öffentlichen wurde in weiten Teilen der Gesellschaft immer offensichtlicher und brachte letztere in Misskredit. Insofern wurden dann auch die öffentlichen Uhren an der „mittleren Ortszeit“ ausgerichtet. Bis dahin waren öffentliche Uhr am täglichen, veränderlichen Stand der Sonne ausgerichtet. Diese Zeit wurde „wahre Ortszeit“ genannt. Das Mittel der ungleichlangen Tage eines Jahres „mittlere Ortszeit“.¹⁷¹

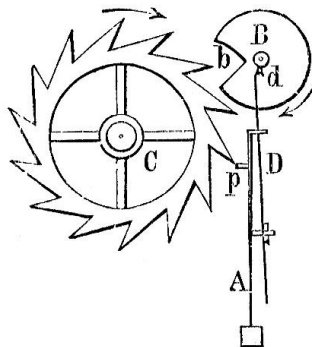


Abbildung 26: Chronometerhemmung nach Earnshaw¹⁷²

Räderuhren konnten nicht den tatsächlichen, sondern nur einen gemittelten, scheinbaren Sonnenumlauf abbilden, da sie auf einer homogenisierten Kreisbewegung basierten. Wäre die Erdumdrehung eine vollkommen gleichmäßige, beschriebe die Erdumlaufbahn einen idealen Kreis und würden Sonnen- und Erdachse exakt parallel zu-

¹⁶⁹ Vgl. *Dietzschold*, Die Hemmungen der Uhren, 14–16 und 169–177.

¹⁷⁰ *Dohrn-van Rossum*, Die Geschichte der Stunde, 317.

¹⁷¹ Vgl. *Dohrn-van Rossum*, Die Geschichte der Stunde, 315–317.

¹⁷² Bildquelle: *Meyers Großes Konversations-Lexikon*, Uhr (6. Auflage, 19. Band, Bibliographisches Institut: Leipzig [u.a.], 1909) Fig. 23: Chronometerhemmung von Earnshaw, online unter: <<http://www.zeno.org/Meyers-1905/B/Uhr>> (14.07.2017).

einander stehen, wäre eine „mittlere Ortszeit“ hinfällig und mechanische Uhren könnten dann, sofern sie selber ideal gefertigt wären und demzufolge auch keine Gangabweichung aufwiesen, nach der „wahren Ortszeit“ laufen.

„Mittlere Ortszeit“ und „wahre Ortszeit“ standen in einem Verhältnis, das durch die Zeitgleichung beschrieben wurde, wobei die Maximale jährliche Abweichung beider Zeiten 16,4 Minuten betrug¹⁷³. Die Zeitgleichungen wurden von den AstronomInnen in Form von Tafeln veröffentlicht (z.B. im „Kalender für alle Stände“, siehe Abbildung 27, die letzte Spalte „Uhren im wahren Mittag“ gibt die Zeit an, um welche die „mittlere Ortszeit“ von der „wahren Ortszeit“ abwich). Ab dem 18. Jahrhundert übernahmen astronomische Einrichtungen zusätzlich den Zeitdienst, das umfasste die tägliche Ermittlung und den Versand der „mittleren Ortszeit“ per Zeitsignal von der Sternwarte z.B. an Rathäuser oder Kirchen, deren Uhren die Zeit flächendeckend streuen konnten¹⁷⁴ für eine zeitliche Gleichschaltung der Uhren und damit der Gesellschaft.

7

Januar.				
	Juden	Türken	Erinnerungen	Uhren im wahren Mittag 12 ^h
1 11	5596	12 Dschuma 1251	Gründung der orientat. Akademie in Wien 1754.	3' 33'
2 12	15 Sabb.	13 glückliche	+ Lavater 1801.	4 2
3 13		14 Tage	Die Engländer erobern Calcutta 1758.	4 30
4 14		15	+ Mendelssohn 1786.	4 58
5 15		16	+ Elisabeth, Kaiserinn v. Rußland 1762.	5 26
6 16		17	Österr. wird Erzherzogth. 1453.	5 53
7 17		18 Jesu Evang. wird gesandt	+ Fenelon 1715.	6 19
8 18		19 Dschuma	Quadrupel Allianz in Warschau 1745.	6 45
9 19	16 Sabb.	20	Erzh. Carl erobert Rehl 1797.	7 11

Abbildung 27: Kalender für alle Stände¹⁷⁵

¹⁷³ Vgl. Karl Schütte, Grundbegriffe der sphärischen Astronomie. In: Günter Dietmar Roth (Hg.), Handbuch für Sternfreunde: Wegweiser für Praktische Astronomische Arbeit (Springer: Berlin [u.a.], 1960) 96.

¹⁷⁴ Vgl. Zinner, Geschichte der Sternkunde, 430–434.

¹⁷⁵ Bildquelle: Ausschnitt aus Joseph Johann Littrow (Hg.), Kalender für alle Stände (Wien: Beck, 1836) 7. Digitalisat, online unter: <<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=njp.32101073695536;view=1up;seq=13>> (17.08.2017).

Einige Sternwarten übernahmen auch die Prüfung von Uhren¹⁷⁶. Ende des 18. Jahrhunderts wurden durch das Royal Observatory im Auftrag des Board of Longitude vermehrt Chronometer getestet. Ab 1770 wurden Chronometer auch bei Expeditionen eingesetzt, wie etwa bei den Cook-Expeditionen, doch vorerst nur zur Landes- und Küstenvermessung. Dem Einsatz von Chronometern zur nautischen Navigation stand die Royal Navy anfangs skeptisch gegenüber. Die erste, starke Verbreitung von Chronometern zu Navigationszwecken fand im Handelssektor statt. Dort waren Chronometer überwiegend Privatanschaffungen der Kapitäne. Später etablierten sich auch in der Astronomie Chronometer zur Längengradbestimmung. „By the mid nineteenth century, chronometers were big business, and such London firms as Dent, Frodsham, Mercer, and Kullenberg were exporting chronometers all over the world“¹⁷⁷. Steigende Nachfrage und Produktion führten zu weiteren Preisgefällen. Marinechronometer kosteten in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nur noch um die 20 Pfund.¹⁷⁸

Im Rahmen der nautischen Navigation der Novara-Expedition wurden sieben (Büchsen-)Chronometer mitgeführt, davon vier der Firma Dent, einer von Barraud (England) und zwei von der Firma Vorauer (Wiener Werkstatt)¹⁷⁹.

Wenngleich das Preisgeld der Britischen Regierung für die Entwicklung einer genauen Methode zur Bestimmung der Schiffsposition den ausschlaggebenden Anreiz bot, durch welchen Uhrmacher sich mit dem Bau von Schiffsuhren befassten, setzte die Miniaturisierung und Mobilmachung von Uhren früher ein (siehe z.B. tragbare Sonnenuhren der Antike oder Taschenuhren auf Basis des Federantriebs). Wie oben bereits dargestellt, knüpften bzgl. Zeitteilung und Stundenzählung die englischen Marinechronometer an die in England ortsüblichen, historisch gewachsenen Gegebenheiten an. Sie hatten eine 12-Stunden-Teilung und zeigten – wie alle Räderuhren – gleichlange Stunden an. Zur nautischen Navigation musste ihre Ganggenauigkeit im Sekundenbereich liegen. Minuten und Sekundenzeiger waren Voraussetzung und bereits bekannt (siehe dazu Bürgis Sekundenuhr). Zur Steigerung der Ganggenauigkeit erhöhte Har-

¹⁷⁶ Vgl. Zinner, Geschichte der Sternkunde, 436.

¹⁷⁷ Betts, Chronometer, 114.

¹⁷⁸ Vgl. Betts, Chronometer, 114.

¹⁷⁹ Vgl. Hydrographische Anstalt, Novara, Nautisch-physicalischer Theil, 1.

rison die Taktfrequenz im Vergleich zu den üblichen, aber noch ungenaueren Taschenuhren und setzte temperaturkompensierende Unruhen aus zwei unterschiedlichen Metallen ein. Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts konnten beinahe temperaturschwankungsunabhängige Legierungen produziert werden¹⁸⁰. Die Stoßempfindlichkeit reduzierte Earnshaw mittels kardanischer Aufhängung in einer Schutzbox. Dass sich Chronometer zu Navigationszwecken auf See, trotz der anfänglichen Skepsis des Board of Longitude und der britischen Kriegsmarine etablieren konnten, lag nicht zuletzt wohl an der Einfachheit der Methode, der zunehmenden Ganggenauigkeit und sinkenden Kosten. Letzteres wurde erreicht durch die Standardisierung von Design und Fertigungsweise, durch den Einsatz mechanischer Hilfsmittel, wie der Kreisteilmaschine zur Feinteilung des Zifferblattes oder der Markierung der Zähne von Zahnrädern und der Vereinfachung des Uhrwerks.

Nahm man zwar als Fundament der „wahren“ Abläufe im Sonnensystem nicht mehr die auf geometrische-idealen Kreisen basierende Bewegungen an, so bildeten eben diese Ideal-Vorstellungen die materielle und funktionale Basis der im 19. Jahrhundert dominanten Uhren. Sie gingen nach der „mittleren Ortszeit“. Die „mittlere Ortszeit“ war abstrakt, aber nicht vollständig losgelöst von kosmischen Bewegungsabläufen. Ihr lag die „wahre Ortszeit“ zu Grunde, die astronomisch – aufgrund der scheinbaren Gestirnsumläufe, insbesondere den der Sonne – bestimmt, anschließend in die „mittlere Ortszeit“ transformiert und zum Abgleich der Uhren flächendeckend verteilt wurde.

4.3 Ansichten zur Entwicklung nautischer Winkel- und Zeitmessgeräte

Weil die technischen Voraussetzungen für den Schiffseinsatz von Sextant und Chronometer größtenteils den Geräten für den Gebrauch an Land entsprangen, sollten letztere mitgedacht werden, wenn man die Entwicklung nautischer Navigationsinstrumente zu skizzieren versucht. Die Mobilisierung setzte lange vor Ausschreibung des Preisgeldes der britischen Regierung zur Entwicklung genauerer Navigationsmethoden ein. Das Preisgeld war nichtsdestoweniger der ausschlaggebende Anreiz, wodurch sich Experten der Uhrmacherei, des Instrumentenbaus und der Astronomie intensiver mit den Anforderungen auf See auseinandergesetzt hatten. Der Schiffsgang verhinderte die

¹⁸⁰ Vgl. *Betts*, Chronometer, 114.

fixe Aufstellung von Sextanten. Sie mussten – wie Astrolabe und Jakobsstäbe – frei gehalten werden können, um die Schaukelbewegung von Schiffen austarieren zu können. Der Seegang machte ebenso den Einsatz von Uhren mit Gewichtsantrieben und Pendeln uneffektiv. Dazu wurden die Maße der vereinzelt schon transportfähigen Winkelmessgeräte, bei zumindest gleichbleibender Genauigkeit, noch weiter reduziert. Das wurde mit Hilfe der Kreisteilmachine und der Implementierung des Reflexionsprinzips realisiert. Uhren waren bereits in handlichem Maße erhältlich. Die Taschenuhren sollten durch Erhöhung der Taktfrequenz an das Genauigkeits-Niveau der Sekundenuhren herangeführt werden, andernfalls hätte die chronometrische Längenbestimmung keine praktische Relevanz gehabt. Sextanten wurden robuster konstruiert, z.B. mit zusätzlichen Verstreben oder Doppelrahmen. Die kardanische Aufhängung in einer Mahagonibox diente dem Schutz von Schiffschronometern. Für beide Instrumente wurde in der Fertigung weitgehend, wegen der salzhaltigen und feuchten Meeresluft, auf Eisen verzichtet. Entscheidend für den nautischen Einsatz der Instrumente waren die Genauigkeit der Instrumente, Einfachheit, Anschaffungskosten und Wartungsintensität. Um mit Daston zu sprechen: „Die Bedeutung und Werte der Objektivität können mit anderen epistemologischen Normen in Wettstreit treten – Wahrheit, Gewissheit, Einfachheit oder Genauigkeit; damit ist aber keine von ihnen unter das Verdikt der Irrationalität gestellt“¹⁸¹. Die Nautik des 19. Jahrhunderts war weder irrational noch unwissenschaftlich. Sie kann als Kultur wissenschaftlicher Objektivität analysiert werden.

Rückblickend ergibt sich des Weiteren, dass verschiedene Winkel- und Zeitmessgeräte an unterschiedlichen, aber auch denselben Orten (z.B. Sternwarten, Schiffen, Klöstern, öffentlichen Plätzen) parallel und aufgrund diverser – oftmals alltagspraktischer – Beweggründe Verwendung fanden. Keinesfalls löste ein Instrument ein anderes nahtlos ab. Abbildung 5 kann diesbezüglich als bildhafter Beleg gehalten werden. Neben dem Chronometer wurde die Sanduhr wiedergegeben. Darüber hinaus erfüllten Uhren und Winkelmessgeräte häufig zugleich mehrere Funktionen, ob wissenschaftliche, repräsentative, militärische, pädagogische, den gesellschaftlichen, religiösen Alltag strukturierende oder Verkehr und Handel fördernde.

¹⁸¹ Lorraine Daston, Die Kultur der wissenschaftlichen Objektivität. In: Michael Hagner (Hg.), Ansichten der Wissenschaftsgeschichte (Fischer: Frankfurt am Main, 2001) 155.

Nochmals hervorzuheben ist, dass Sextanten und Chronometer in ihrer materiellen und funktionalen Beschaffenheit auf die geometrische Figur des Kreises verwiesen. Ihre Kreisteilungen waren historisch gewachsen. Trotz der Vielfalt an Teilsystemen, schimmern auf höherer Ebene Gemeinsamkeiten in den Entwicklungszügen durch: Eine zunehmende Detailierung und Homogenisierung der Fragmente. Dies führte zur Möglichkeit der Erfassung immer kleinerer Abstände und dazu, dass Messungen an verschiedenen Geräten immer ähnlichere Ergebnisse lieferten. Doch selbst für den (praktisch unmöglichen) Fall, dass zwei Geräte stets dieselben Ergebnisse geliefert hätten (sprich beide ideal und exakt gleich gefertigt worden wären) bleibt zu beachten, dass die materialisierte Kreisbasis samt Teilung die Messergebnisse strukturiert. Räumliche und zeitliche Abstände wurden in Bögen, deren Längen im Hintergrund der applizierten Skalen erfasst. Daher können diese Geräte nicht als Passiva im Messvorgang verstanden werden, selbst wenn Begrifflichkeiten wie „beobachten“ oder „objektives Messen“ eine andere Sichtweise suggerieren. Diese Begriffe sind Ausdruck der zeitgenössischen Bestrebung, „[...] auf ein Wissen auszusein, das keine Spuren des Wissenden trägt“¹⁸². „Die Objektivität, die um die Mitte des 19. Jahrhunderts aufkam, hat die Naturwahrheit nicht enttrohnt, [...] [die] Naturwahrheit war eine Vorbedingung für die mechanische Objektivität [...]“¹⁸³. Abbildung 5 verbildlicht die Vorstellung „stillen“ Beobachtungsinstrumente, als sie in der Tradition eines Stilllebens dargestellt wurden. Wie aber können Sextanten und Chronometer aus heutiger Perspektive verstanden werden? Als Antwort darauf bietet sich der Begriff des „Akteurs“ im Sinn von Bruno Latour an, nachdem „[...] jedes Ding, das eine gegebene Situation verändert, indem es einen Unterschied macht, ein Akteur [...]“¹⁸⁴ ist.

Abseits einseitiger, gar linearer Darstellungsschablonen zeigte dieses Kapitel geometrisch (später auch mathematisch) verfasste Figuren und Bewegungen, Konzepte der Teilung von Raum und Zeit als Bezugssysteme der Vermessung geometrischer Größen, materielle Beschaffenheiten und Funktionen der diesbezüglichen Messgeräte sowie örtliche, gesellschaftliche, technische und kulturelle Gegebenheiten in einem

¹⁸² Lorraine Daston, Peter Galison, *Objektivität* (Suhrkamp: Frankfurt am Main, 2007) 17.

¹⁸³ Daston, Galison, *Objektivität*, 18

¹⁸⁴ Bruno Latour, *Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft: Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie* (Aus dem Englischen von Gustav Roßler, Suhrkamp: Frankfurt am Main, 2007) 123.

wechselseitigen, historischen Verhältnis. Darin zirkulierte der Kreis, ob als theoretisches und/oder praktisches Ideal; er spannte zugleich den Bogen von der Antike zur Novara-Expedition.

5 Methoden der nautisch-astronomischen Orts- und Zeitbestimmung

Zur nautisch-astronomischen Orts- und Zeitbestimmung benötigte man zusätzlich zu den Instrumenten noch Wissen über Mess-, Korrektur- und Berechnungsmethoden und astronomische Vorausberechnungen, die Ephemeriden.

In Form von Jahrbüchern wurden letztere seit dem 15. Jahrhundert veröffentlicht. Die ersten Ephemeriden errechnete der Astronom Johannes Müller – auch bekannt als Regiomontanus – auf Grundlage des geozentrischen Weltbildes. Zusammen mit den damals üblichen Höhenmessgeräten, den Jakobsstäben und Seeastrolaben, konnte die Schiffsposition auf ca. 50 km genau bestimmt werden. Als die Jahrbücher auf das Fundament des heliozentrischen Weltbilds gehoben und im 18. Jahrhundert das Marinchronometer und der Spiegelsextant konstruiert und gefertigt wurden, konnte der Ort bis auf 16 km genau ermittelt werden. Bis Ende des 19. Jahrhunderts wurden die möglichen Fehler auf ca. 2,5 km reduziert.¹⁸⁵

Neben der Anwendung bewährter Orts- aber auch Zeitbestimmungen wurde an Bord der *Novara* eine neue Methode getestet und für den praktischen Gebrauch weiterentwickelt. Das Schiff zeigt sich zugleich als Ort der Entstehung von Wissen. Prüf- und Dokumentationsroutinen sowie Handhabung und Korrektur der Instrumente an Bord unterschieden sich in Art und Umfang von jenen an Land. Zu welchen Zwecken diese Unterschiede bestanden und in welchen Zusammenhang die *Novara* mit der hydrographischen Anstalt und Hafensternwarten stand, erschließt sich aus der Beschreibung der Methoden im Kontext der Expedition. Legt man dabei die Ideale frei, die diesen Methoden zu Grunde lagen, kann eine Verbindung zwischen den Methoden und den nautisch-astronomischen Navigationsinstrumenten hergestellt werden. Beide verwiesen auf dieselben Ideale, in der Zeit von der Antike bis zur *Novara*-Expedition. Die Bedeutung der Ideale verschob sich im Wandel der Zeit.

¹⁸⁵ Vgl. Marcuse, *Astronomie*, 13–15.

5.1 Messvorgang und Fehlerminimierung

Der Grad der Güte der Instrumente wurde noch vor ihrer Ausgabe durch die hydrographische Anstalt sichergestellt. Allerdings konnten sich Erschütterungen und Verschleiß während der Reise erheblich auf die Genauigkeit der Geräte auswirken. Daher mussten sie auch auf See stets kontrolliert werden. Beim Sextanten galten als unveränderliche Fehlerquellen die Teilung der Skala, die Spiegel, die Blendgläser und die Exzentrizität des Teilkreis-Bogens. Limbus und Nonius konnten Teilungsfehler aufweisen, die Gläser der Spiegel und Filter uneben sein. Von Exzentrizität sprach man, wenn der Mittelpunkt des Limbus nicht exakt mit der Drehachse zusammenfiel. Der Sextant war außerhalb des Gebrauches in einer Kiste zu verwahren und vor dem Herunterfallen und Stößen zu schützen. Vor der eigentlichen Messung wurden die veränderlichen Fehler ermittelt und austariert. Verändert werden konnte die Senkrechtstellung der Spiegel sowie die Parallelstellung der Fernrohrachse und der Spiegel bei Nullstellung. Nullstellung bedeutete die Anzeige von 0° auf der Bogenskala.¹⁸⁶

Der Indexspiegel wurde durch eine Schraubvorrichtung ausgerichtet. Eine erfolgreiche Justierung wurde bei Deckungsgleichheit des direkten Bildes und des Spiegelbildes eines anvisierten Objekts bei Nullstellung erreicht. Damit wurde der sogenannte Indexfehler korrigiert. Dieser Vorgang war zeitintensiv und konnte gleichermaßen rechnerisch eliminiert werden. Im Vorfeld der Beobachtung wurde dazu die Abweichung vom Nullpunkt bis zur Deckungsgleiche auf der Skala des Sextanten abgelesen und im Nachhinein in Abzug gebracht. Am genauesten ermittelte man den Indexfehler wie folgt: Ein Objekt wurde anvisiert und die Alhidade so lange verschoben, bis sich zwei Bilder desselben Objekts tangierten. Die Hälfte der Summe der beiden Werte entsprach dem Indexfehler. Bei längeren Beobachtungen empfahl es sich den Indexfehler vor und nach den Messungen zu erheben, weil Temperaturschwankungen Einfluss auf die Bauteile der Sextanten hatten.¹⁸⁷

Der Indexfehler konnte erst dann abgezogen werden, wenn die Senkrechtstellung des größeren und des kleineren Spiegels und die Parallelstellung der Fernrohrachse gegeben war. Mittels Korrektionsschraube auf der Rückseite des großen Spiegels konnte

¹⁸⁶ Vgl. *Stupar*, Lehrbuch, 425–429.

¹⁸⁷ Vgl. *Schaub, Gelcich*, Nautische Astronomie, 62–73.

seine Senkrechtstellung herbeigeführt werden. Bei besseren Geräten war die Lage derart gesichert, dass erfahrungsgemäß eine diesbezügliche Kontrolle nur zu erfolgen brauchte, wenn das Instrument stärkeren Erschütterungen ausgesetzt war. Kontrolliert wurde die Senkrechtstellung dieses Spiegels, indem die Alhidade in Mittelstellung gebracht, der Sextant waagrecht gehalten und der Spiegel ans Auge geführt wurde. Erschien das eine Ende des Limbus bei 0° und das Spiegelbild des anderen Endes auf selber Höhe bzw. gingen beide ohne Versetzung ineinander über, dann war der Indexspiegel zur Ebene des Sextanten senkrecht. Nach Prüfung des größeren Spiegels, des Indexspiegels, wurde ein Gestirn mit dem Fernrohr bei Null-Stellung anvisiert. Konnten durch Bewegung der Alhidade das anvisierte Objekt und sein Spiegelbild in Deckung gebracht werden, war auch der Horizontalspiegel senkrecht. Letzterer war der kleinere der beiden Spiegel und konnte ebenso durch einen Schraube justiert werden. Die Lagerung des Indexspiegels war minder gesichert und musste daher öfters geprüft werden.¹⁸⁸

Nachdem Index- und Horizontspiegel senkrecht zur Instrumentenebene waren, wurde die Parallelstellung der Fernrohrachse kontrolliert. Dafür wurde das Okular des Fernrohrs so gedreht, dass zwei Fäden vom Fadenkreuz parallel zur Ebene des Sextanten standen. Dann wurden zwei Gestirne in möglichst großem Winkel zueinander an einem Faden in Deckungsgleiche gebracht. Wenn das Instrument geneigt wurde und sich beide Objekte auch am zweiten Faden deckten, war die Fernrohrachse parallel zur Ebene des Sextanten ausgerichtet. Andernfalls wurde mittels Stellschraube am Fernrohrträger entsprechend nachgebessert.¹⁸⁹

Danach konnte mit der Messung von Gestirnhöhen begonnen werden. Ziel war die Feststellung des Winkels zwischen einem anvisiertem Gestirn und dem Meereshorizont. Weil sich – abgesehen von den Fixsternen – die Höhen im Lauf des Tages änderten, war es unerlässlich, auch den Zeitpunkt der Messung zu notieren. Auf Deck fanden sich daher mindestens zwei Beobachter ein, einer mit dem Sextanten und einer mit einer Beobachtungsuhr. Jener mit der Uhr zählte laut die Sekunden, solange, bis jener mit dem Sextanten „Stopp“ rief, sobald die Höhe des Gestirns am Sextanten eingestellt werden konnte. Anschließend wurden Zeitpunkte und Höhen notiert. Für

¹⁸⁸ Vgl. *Stupar*, Lehrbuch, 430–431.

¹⁸⁹ Vgl. *Stupar*, Lehrbuch, 431.

nächtliche Beobachtungen sollte jener mit der Uhr die Ablesung am Sextanten vornehmen, damit die zur Ablesung notwendige Lichtquelle nicht die Augen vom Gestirns-Beobachter irritiert. Auch empfahl es sich bei klarer Sicht den Beobachtungspunkt auf Deck möglichst hoch zu wählen. Einerseits verdeckten bei kleiner Augenhöhe oftmals Wellen die Kimm. Andererseits waren die Werte für die anschließenden Höhenkorrekturen (siehe Punkt 5.2) zuverlässiger als bei kleineren Augenhöhen. Bei schlechter Sicht verzichtete man auf das Fernrohr des Sextanten und beobachtete, wegen dem weiteren Blickfeld mit dem Durchsehrrohr. Mit einer verschiebbaren Fernrohrachse konnte bei ungünstigen Sichtverhältnissen das Fernrohr parallel verschoben werden, so, dass mehr Strahlen des Spiegelbildes einfielen. Für die Beobachtung heller Objekte wurden Blendgläser vor die Spiegel geschoben.¹⁹⁰

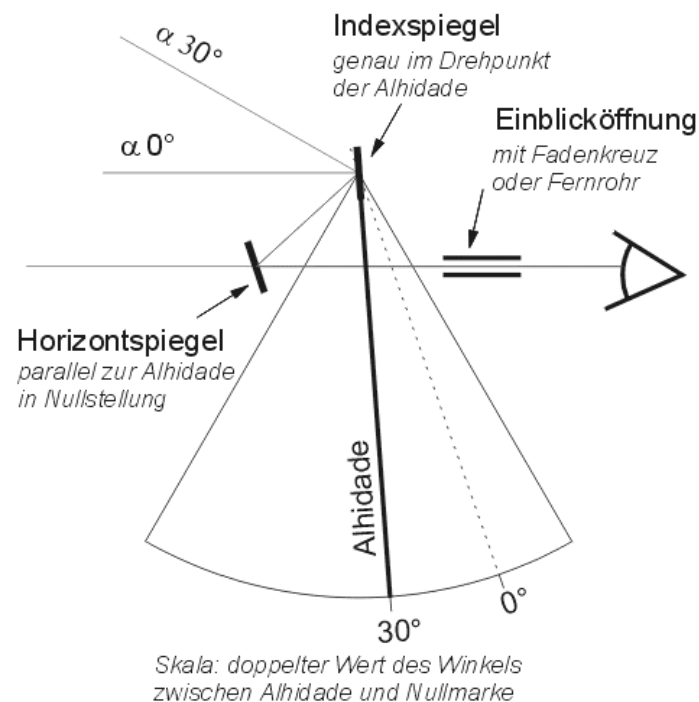


Abbildung 28: Schematische Darstellung eines Sextanten¹⁹¹

Um nun Gestirns Höhen zu messen, richtete man die Einblicköffnung des Sextanten bei Null-Stellung auf die Kimm. In der Null-Stellung standen beide Spiegel parallel und bei Verschiebung im halben Winkel des tatsächlichen Winkels zueinander (siehe die beiden Strahlengänge für $\alpha = 0^\circ$ und $\alpha = 30^\circ$ in Abbildung 28). Wegen des halben

¹⁹⁰ Vgl. Stupar, Lehrbuch, 435–438.

¹⁹¹ Bildquelle: Stephan Brunker, Schemazeichnung Sextant, online unter: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sextant_2.png> (15.10.2017).

Winkels des tatsächlichen Winkels wurden die Angaben auf der Skala verdoppelt. Mit dem Sextanten konnten folglich Winkel bis zu 120° gemessen werden.¹⁹²

Die Kimm schien aufgrund der halben Verspiegelung des Horizontalspiegels nur zur Hälfte durch das Fernrohr. Zur anderen Hälfte fielen die Spiegelungen des Indexspiegels durch die Einblicköffnung. Durch Verschiebung der Alhindade wurde das Spiegelbild des anvisierten Objektes auf Höhe der Kimm gebracht. Dieser Vorgang wurde unter leicht pendelnder Bewegung mit der Hand um die Achse der Einblicköffnung ausgeführt. Gleich der Bogen, den das Objekt dabei beschrieb, dem der Kimm, wurden Messfehler durch ungerade Handhaltung und Schiffgang vermieden. Dieses Vorgehen erforderte Übung und Geschick. Bei Deckungsgleiche von Gestirn und Kimm wurde die Alhidade mit der Klemme fixiert und der Winkel auf der Noniuskala abgelesen. Weil Sonne und Mond nicht als Punkte, sondern Scheiben am Himmel erscheinen, wurden bei ihren Höhenermittlungen die Randhöhen zur Messung herangezogen. Bei Sonnenhöhen war das i.d.R. der untere Sonnenrand, da sich dieser vom Himmels-Hintergrund besser als der obere Rand vom Wasser-Hintergrund abhob, es sei denn, dass durch Wolkenverdeckung nur der obere Rand zu sehen war. Wollte man die Sonnenhöhe vom Wendepunkt ermitteln, wurde die Sonne kurz vor Mittag anvisiert und die Alhidade solange nachgezogen, bis die Sonne stationär wurde.¹⁹³

Im Gegensatz zum Sextanten gab es bei Chronometern keine mechanischen Korrekturmöglichkeiten für veränderliche Instrumentenfehler. Die empfindlichen Uhrwerke wurden ausschließlich von Uhrmachern an Land ausgerichtet. Neben den Alterserscheinungen der Bauteile wie Rost und Verdickung des Schmieröls wirkten Schiffsbewegung, Luftdruck, Magnetismus und insbesondere die Temperatur auf ihre Ganggenauigkeit ein. Demzufolge musste der Gang der Chronometer stets kontrolliert werden. Im Chronometer-Journal wurde „[...] der Stand der Chronometer gegen das Regelchronometer, ferner der tägliche Gang und die mittlere Temperatur des Chronometerkastens eingetragen [...]“¹⁹⁴. Aus den Protokolldaten konnte der durchschnittliche, tägliche Gang der Chronometer erhoben und den Chronometerständen entsprechend dazu addiert oder abgezogen werden. Lagen ausreichend Datensätze vor, ließen sich

¹⁹² Vgl. *Stupar*, Lehrbuch, 418–425.

¹⁹³ Vgl. *Stupar*, Lehrbuch, 436–439.

¹⁹⁴ *Schaub, Gelcich*, Nautische Astronomie, 92.

des Weiteren die durchschnittlichen Gänge für unterschiedliche Temperaturen ermitteln, um entsprechend auch den Temperatureinfluss bei der Chronometerstandsbestimmung berücksichtigen zu können. Einerseits verhalfen diese Dokumentationsprozesse zur Feststellung, welche Chronometer sich auf See bewährten, wobei ältere und ungenaue Chronometer in Folge ausgemustert oder als Beobachtungsuhrn auf Deck verwendet wurden. Andererseits konnten durch die Journaldaten die sich laufend addierenden Zeitabweichungen während der Fahrt rechnerisch gering gehalten werden. Dennoch bedurfte es nach einer gewissen Zeit und immer wenn die Möglichkeit bestand, einer genaueren Kontrolle der Chronometer. Einige Häfen signalisierten dazu per Zeitzeichen den mittleren Mittag, z. B. durch das Fallenlassen eines großen Ballons. Wenn ein Hafen eine Sternwarte besaß, konnte auch die dortige Normaluhr zum Vergleich herangezogen werden.¹⁹⁵

Die von der Marine-Sternwarte der Novara-Expedition mitgegebenen Chronometer wiesen eine Gangabweichung zwischen 3 und 16 Sekunden auf¹⁹⁶, „[...] wobei man nur das eine hervorheben möchte, dass unter sämtlichen sieben Uhren, Nr. 59 des Wiener Uhrmachers Vorauer unstreitig den Preis verdient“¹⁹⁷. Nr. 59 von Vorauer war das Regelchronometer und befand sich in der Mitte des Aufbewahrungskastens, einem massiven, stark verschraubten Kasten, der sich in der Gemeinschaftskajüte der Offiziere befand. Die Zwischenräume zwischen Uhren und Kasten waren mit Watte ausgefüllt, damit die Einwirkung des Schiffsgangs auf die Mechanik der Uhren verringert werden konnte. Im Kasten befand sich des Weiteren ein Thermometer zur Ablese der Temperatur. Alle Chronometer wurden täglich um 8 Uhr morgens vom dazu beauftragten Offizier aufgezogen und die Stand- und Gangbestimmungen durchgeführt. Vier der Uhren wurden nie aus dem Kasten genommen, außer bei einem Zwischenfall in Valparaiso, einer Hafenstadt in Chile, wo ein Offizier aufs Aufziehen vergaß. „Die Chronometer wurden aber gleich wieder in Gang gesetzt, und da sowohl vor, wie nach dem erwähnten Zwischenfall Gang- und Standbestimmungen vorgenommen worden waren, so hatte jene Unachtsamkeit keine misslichen Folgen“¹⁹⁸. Eines von Dents Chronometern war seit Reisebeginn als unregelmäßig aufgefallen und in der

¹⁹⁵ Vgl. *Stupar*, Lehrbuch, 491–512 und *Schaub*, *Gelcich*, Nautische Astronomie, 80–81.

¹⁹⁶ Vgl. *Hydrographische Anstalt*, Novara, Nautisch-Physicalischer Theil, 5–7.

¹⁹⁷ *Hydrographische Anstalt*, Novara, Nautisch-Physicalischer Theil, 2.

¹⁹⁸ *Hydrographische Anstalt*, Novara, Nautisch-Physicalischer Theil, 2.

Sternwarte zu Kapstadt dem dortigen Uhrmacher zur Reinigung übergeben worden. Er richtete die Uhr sogleich nach Wunsch auf Sternzeit (siehe 5.3) aus, zur Verwendung von Beobachtungszwecken am Passagegerät und dem Theodoliten an Land. Eine weitere der vier Uhren von Dent wurde als Deck-Uhr verwendet und eine zur Zeitübertragung der Normaluhrzeit von Sternwarten aufs Schiff. Folglich blieben ein Chronometer von Dent, das von Barraud und zwei von Vorauer immer im Aufbewahrungskasten, abgesehen vom Zwischenfall in Valparaiso.¹⁹⁹

Ich fasse zusammen: Sextanten und Chronometer wurden vor Abfahrt der Novara vom zuständigen hydrographischen Amt kontrolliert. Sie wurden an Bord zum Schutz vor Erschütterungen in speziellen Kästen aufbewahrt. Instrumentenfehler waren situationsspezifisch und variierten. Die Geräte wurden daher laufend kontrolliert und ggf. mechanisch oder rechnerisch korrigiert. Beobachtungsfehlern wurde mittels Wissen über Einsatz- und Anwendungsmöglichkeiten der Instrumente, Messroutinen, Übung und Geschick vorgebeugt. Die Expedition bot die Möglichkeit zur Anwendung und Weiterentwicklung von Wissen im Bereich der nautischen Astronomie. Weiters entstand Wissen im Zuge von Vergleichs-, Beobachtungs- und Dokumentationsprozessen. Im Kontext der Expedition kristallisierte sich die Nr. 59 von Vorauer als Nr. 1 der Chronometer für den nautischen Gebrauch heraus.

5.2 Gestirnhöhenkorrekturen

Bevor die gemessenen Gestirnhöhen zur weiterführenden Ortsbestimmung herangezogen werden konnten, mussten vier Faktoren berücksichtigt werden:

Die bei nautischen Rechnungen zu verwendenden Höhen sind wahre Mittelpunktshöhen, d. h. vom Zentrum der – atmosphärellos angenommenen – Erde aus über den, dem Beobachtungsorte entsprechenden wahren Horizont zum Mittelpunkt eines Gestirns beobachtet gedachte Höhen.²⁰⁰

¹⁹⁹ Vgl. *Hydrographische Anstalt*, Novara, Nautisch-Physicalischer Theil, 1–8.

²⁰⁰ *Stupar*, Lehrbuch, 444.

Daher wurden die Höhen um die Kimmtiefe, die astronomische Refraktion, die Parallaxe und den Halbmesser korrigiert. Als Kimmtiefe bezeichnete man den Winkel zwischen Meereshorizont und der Augenhöhe. Allerdings erschien dieser Winkel, wegen der zunehmenden Luftdichte Richtung Erdoberfläche hin und der dadurch verursachten Lichtbrechung, der sogenannten terrestrischen Refraktion, vergrößert. Als mittlere Refraktion wurde eine Vergrößerung um einen 13. Teil veranschlagt. Um diesen Faktor zu verringern, wurden die Kimmtiefen für verschiedenen Augenhöhen im Voraus berechnet und in nautischen Jahrbüchern abgedruckt.²⁰¹

2 JANUAR 1860. I

Wochentag und Datum.		M i t t l e r e r M i t t a g.						Abweich. der Sonne im wahren Mittage. — Süd.
		S o n n e.				Zeitgleichung.		
		Gerade Aufsteig.	Stündliche Bewegung.	Abweich. — Süd.	Stündliche Bewegung.	+ Zur wahr. Zeit zu addiren.	Stündliche Bewegung.	
		h m s	s	° ' "	"	m s	s	° ' "
Sonnt.	1.	18 45 5.9	11.04	—23 3 15	11.5	+ 3 37.0	1.18	—23 3 14
Mont.	2.	18 49 30.8	11.02	—22 58 15	13.6	+ 4 5.3	1.17	—22 58 14
Dienst.	3.	18 53 55.3	11.01	—22 52 49	14.8	+ 4 33.3	1.15	—22 52 47
Mittw.	4.	18 58 19.5	10.99	—22 46 54	15.9	+ 5 0.9	1.13	—22 46 53
Donn.	5.	19 2 43.2	10.97	—22 40 33	17.0	+ 5 28.1	1.11	—22 40 32
Freit.	6.	19 7 6.5	10.95	—22 33 45	18.1	+ 5 54.8	1.10	—22 33 43
Samst.	7.	19 11 29.3	10.93	—22 26 30	19.2	+ 6 21.1	1.08	—22 26 28

Abbildung 29: Auszug aus Dr. Bremikers nautischen Ephemeriden²⁰²

Die nautischen Jahrbücher waren auf die Belange der Schifffahrt reduzierte Ephemeriden. „In der k. k. Kriegsmarine sind die in Berlin herausgegebenen, bisher von Dr. Bremiker redigierten nautischen Ephemeriden in Gebrauch [...]“²⁰³. Alle Angaben darin bezogen sich auf den Greenwich-Meridian „mittlerer Ortszeit“. Zur Hochrechnung der

²⁰¹ Vgl. *Schaub, Gelcich*, Nautische Astronomie, 28 und 31–34.

²⁰² Bildquelle: Auszug aus Carl *Bremiker* (Hg.), Nautisches Jahrbuch oder vollständige Ephemeriden und Tafeln für das Jahr 1860: Zur Bestimmung der Länge, Breite und Zeit zur See, nach astronomischen Beobachtungen (Reimer: Berlin, 1858) 2. Digitalisat, online unter: <<https://download.digitalisat-sammlungen.de/pdf/1508412489bsb10538450.pdf>> (19.10.2017).

²⁰³ *Schaub, Gelcich*, Nautische Astronomie, 15.

Daten wurde die Zeitdifferenz zur mittleren Greenwich-Zeit mit der stündlichen Bewegung der Sonne multipliziert, und man erhielt die Hochrechnungsfaktoren, mit denen die Daten für die aktuelle Schiffsposition anzupassen waren. Die stündliche Bewegung der Sonne wurde dementsprechend in den Jahrbüchern mit abgedruckt (siehe Abbildung 29, dritte, fünfte und siebte Spalte). Die Angaben der Ephemeriden waren nach zeitlichen Intervallen, z.B. nach Tagesintervallen, geordnet. Zwischenzeiten können interpoliert werden.²⁰⁴

Im nächsten Schritt wurde die astronomische Refraktion erhoben. Darunter verstand man die Brechung der einfallenden Strahlen eines beobachteten Gestirns beim Übergang zweier ungleich dichter Medien. Als Medien wurden die Luftatmosphäre und der Weltenäther angenommen. Unter Weltenäther verstand man eine den ganzen Welt-raum fein durchdringende Substanz, die der Erklärung elektrischer und magnetischer Erscheinungen diene sowie der Ausbreitung von Licht²⁰⁵. Luft war dichter als der Weltenäther. Vom Übergang in ein dichteres Medium sollten Strahlen in die Richtung des Einfallslots gebrochen werden. Den Winkel der Brechung bestimmen Dichte und Einfallswinkel. Da, wie bereits erwähnt, die Dichte der Luftatmosphäre zur Erdoberfläche hin zunimmt, würden die Strahlen beständig gebrochen und den Verlauf einer Kurve annehmen. Um die Korrektur der Gestirns Höhen zu vereinfachen, rechnete man mit einer mittleren Luftdichte. Die mittlere Refraktion wurde für verschiedene Gestirns Höhen in den nautischen Jahrbüchern angegeben. Darin enthalten waren ebenfalls die Korrekturfaktoren für Luftdruck und Temperatur, denn es wurde eine mittlere Luftdichte bei einem Barometerstand von 752 mm und einer Temperatur von 10° Celsius veranschlagt. Abweichungen zu diesen Werten konnten mittels Barometer und Thermometer gemessen und die dazugehörigen Korrekturfaktoren im Jahrbuch ermittelt werden.²⁰⁶

Die beobachtete Gestirns Höhe nannte man „scheinbare Höhe“, sofern sie bereits von der Refraktion und der Kimmtiefe befreit wurde. Die „wahre“ oder „geozentrische Höhe“ eines Gestirns wurde auf den Erdmittelpunkt bezogen. Um diese zu erhalten,

²⁰⁴ Vgl. *Schaub, Gelcich*, Nautische Astronomie, 15–27.

²⁰⁵ Vgl. *Meyers Großes Konversations-Lexikon*, Äther (6. Auflage, 2. Band, Bibliographisches Institut: Leipzig [u.a.], 1905) 34. Digitalisat, online unter: <<http://www.zeno.org/Meyers-1905/K/meyers-1905-002-0034>> (17.10.2017).

²⁰⁶ Vgl. *Schaub, Gelcich*, Nautische Astronomie, 27–31.

wurde der Winkel, „[...] unter welchen ein Beobachter vom Gestirn aus, den Halbmesser der Erde sehen würde [...]“²⁰⁷, zur „scheinbaren Höhe“ addiert. Diesen Winkel nannte man Parallaxe und in seinem Maximum im Horizont Horizontalparallaxe. Die Horizontalparallaxe entsprach dem Quotienten aus der Distanz zum Gestirn und dem Radius der Erde. Vorausberechnet wurde die Horizontalparallaxe für die Sonne und die Planeten. Sie wurden in den nautischen Jahrbüchern hinterlegt. Multiplizierte man sie mit dem Cosinus der gemessenen Höhe, ergab dies die Parallaxe des Gestirns. Den diesbezüglichen Ephemeriden-Kalkulationen wurde eine kugelförmige Gestalt der Erde zu Grunde gelegt. Die tatsächliche Gestalt konnte im Verhältnis zur Distanz von Sonne und Planeten vernachlässigt werden, anders als bei der Mond-Parallaxe. Für ihre Berechnung musste die Abplattung der Erde miteinkalkuliert werden. In den Jahrbüchern wurden die entsprechenden Korrekturfaktoren mitgeliefert.²⁰⁸

Zuletzt fand der Halbmesser bei den Höhenkorrekturen Berücksichtigung, da bei großen Objekten Randhöhen gemessen wurden (siehe Punkt 5.1). Je nachdem, ob untere oder obere Randhöhen verwendet wurden, war der Halbmesser dazuzuzählen oder abzuziehen. Beeinflusst wird der Halbmesser von der Höhe und der Refraktion. Wegen der Refraktion erscheinen Sonne und Mond verkürzt. Ihre Halbmesser waren für verschiedene Höhen den Jahrbüchern zu entnehmen, gleichermaßen die Werte der Kontraktion.²⁰⁹

Die komplette Reduktion der „scheinbaren“ auf die „wahre Höhe“ kann beispielhaft in Abbildung 30 nachvollzogen werden.

Unter Zuhilfenahme astronomischer Tafeln wurde der Beobachtungsort an Deck zuerst auf das Niveau des Meeresspiegels, dann auf das des Erdmittelpunktes verlagert, der Einfluss der Atmosphäre eliminiert und die gemessene Höhe auf den Mittelpunkt des anvisierten Objektes bezogen. Selbstverständlich kann es sich dabei nur um kalkulatorische Annäherungen gehandelt haben. Zur Vereinfachung der astronomischen Vorausberechnungen wurde die Atmosphäre, die Gestalt von Gestirnen und teilweise die der Erde homogenisiert und nicht immer alle Werte-Reihen in den Jahrbüchern

²⁰⁷ *Schaub, Gelcich*, Nautische Astronomie, 34.

²⁰⁸ Vgl. *Schaub, Gelcich*, Nautische Astronomie, 34–42.

²⁰⁹ Vgl. *Schaub, Gelcich*, Nautische Astronomie, 42–43.

angeführt, sondern lediglich die Bezugswerte samt ihrer Korrekturfaktoren. Messfehler mit dem Barometer und Thermometer mischten sich unweigerlich in das Ergebnis.

Beispiel. 1860 März 31. wurde in $28^{\circ} 58'$ nördlicher Breite und beiläufig 40° westlicher Länge die Höhe des unteren Sonnenrandes $3^{\circ} 10' 45''$ gefunden. Höhe des Auges 14'. Barometer $27'' 8'''$. Thermometer $+ 10^{\circ}$ R.

Alsdann hat man

Beobachtete Höhe		$3^{\circ} 10' 45''$
Tiefe des Horizonts		$3 \ 44$
Scheinbare Höhe des unteren Randes		$3 \ 7 \ 1$
Mittlere Refraction Tafel VII.		$13' 53''$
Taf. VIII. Mittl. Refr.	$13' 53''$	} . . . - 13
Temperatur 10°		
Taf. IX. Mittl. Refr.	$13' 40''$	} . . . - 3
Barometer $27'' 8'''$		
Refraction		- 13 37 . . - 13 37
Parallaxe Tafel XII.		. . . + 9
Wahre Höhe des unteren Sonnen-Randes		. . . 2 53 33
Halbmesser nach Pag. 31.		. . . + 16 2
Wahre Höhe der Sonne		$3 \ 9 \ 35$

Abbildung 30: Beispielhafte Höhenkorrektur²¹⁰

Bei den Höhenkorrekturen handelte es sich um eine Aufbereitung der mit dem Sextanten gemessenen Daten für die weiterführenden Orts- und Zeitbestimmungen. Wie im nachfolgenden Abschnitt ersichtlich, basierten diese Bestimmungen auf idealisierten Systemen, mit idealisierten System-Objekten und -Bedingungen. So gesehen waren die Höhenkorrekturen eine Annäherung der Beobachtungsdaten an Ideal-Daten.

5.3 Das sphärisch-astronomische Dreieck

Zur Lokalisation eines Ortes auf der Erdoberfläche sind drei Koordinaten erforderlich: Länge, Breite und Höhe. Bei der Bestimmung der Schiffsposition ist die Ermittlung der Höhe hinfällig. Länge und Breite konnten astronomisch bestimmt werden:

Die Möglichkeit, aus Beobachtungen am Himmel die Lage des Beobachtungsortes auf der Erde bestimmen zu können, liegt zunächst darin, dass um den Erdkörper eine concentrische Himmelskugel von beliebiger Größe z. B. bis zu den beobachteten Gestir-

²¹⁰ Bildquelle: Auszug aus *Bremiker*, Nautisches Jahrbuch, XXXIX.

nen gedacht werden kann, und demnach ein Bogen auf der Erde, wie die geographische Breite oder genauer der entsprechende Winkel, zu einem ähnlichen Bogen am Himmel gehört, dessen Grösse sich mit Hülfe der Gestirne messen lässt. Ferner bietet die gleichförmige Drehung der Erde um eine im Erdkörper selbst unveränderliche Axe das Mittel zur Bestimmung der Zeit eines Beobachtungsortes, und die Vergleichung dieser Ortszeit mit der Zeit des als ersten angenommen Meridians giebt auch die geographische Länge.²¹¹

Demzufolge wurde zur Beschreibung des Himmels ein im Durchmesser vergrößertes, geographisches Koordinatensystem verwendet, innerhalb dessen die Erde als geometrisch ideale Kugel gedacht wurde. Dieses sogenannte Koordinatensystem des Äquators teilt Achse und Äquatorebene mit dem geographischen Koordinatensystem²¹². Das tatsächliche Sichtfeld auf See war durch den Meereshorizont jedoch begrenzt und dieser Himmelsausschnitt änderte sich mit jedem Ortswechsel. Schiffe wechseln in Fahrt laufend ihren Ort. Die Herausforderung der Ortsbestimmung bestand folglich darin, ein – in Bezug auf die Erdoberfläche – ortsfestes Koordinatensystem, nämlich das des Äquators mit einem ortsrelativen, dem des Horizontes, in Verbindung zu bringen.

Im Koordinatensystem des Horizontes kann ein Gestirn mit zwei Koordinaten eindeutig lokalisiert werden, nämlich mit seiner „scheinbaren Höhe“ und dem Azimut. Die „scheinbare Höhe“ wurde bereits hinlänglich erläutert. Die zweite Koordinate, das Azimut, gibt den Winkel zwischen Himmelsmeridian und Gestirnen an (siehe Abbildung 31). Der Himmelsmeridian ist jener Vollkreis, der Norden, Zenit, Süden und Nadir verbindet. Der Punkt am Himmel genau über dem Beobachtungsort entspricht dem Zenit, sein Komplement dem Nadir. Der „wahre Horizont“ liegt im Koordinatensystem des Horizonts auf selber Höhe wie der Erdmittelpunkt; der „scheinbare Horizont“ parallel zum „wahren“ auf Höhe des Schiffs bzw. auf Augenhöhe, wie in Abbildung 32 abgebildet.²¹³

²¹¹ Georg Daniel Eduard Weyer, Vorlesungen über nautische Astronomie, gehalten an der Königl. Marineschule in Kiel (Schwers: Kiel, 1871) 1.

²¹² Vgl. Schütte, Grundbegriffe, 93.

²¹³ Vgl. Schütte, Grundbegriffe, 90–95.

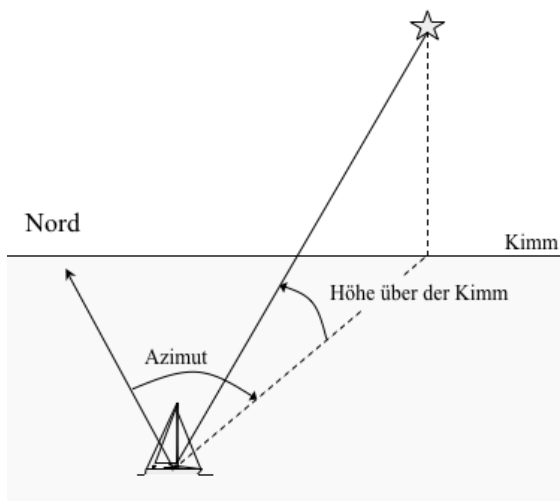


Abbildung 31: Azimut und „scheinbare Höhe“²¹⁴

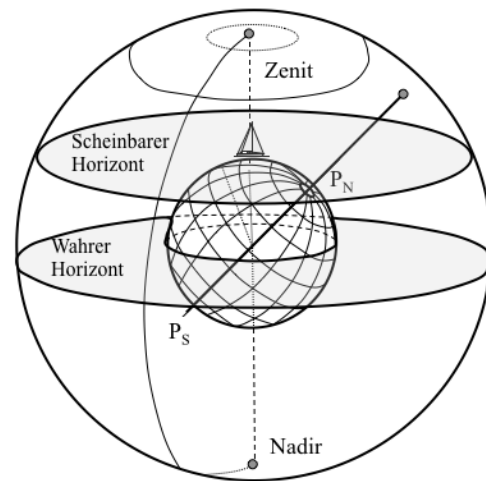


Abbildung 32: Horizonte²¹⁵

Die Beziehung zwischen dem Koordinatensystem des Äquators und dem des Horizontes wird über das sphärisch-astronomische Dreieck (siehe Abbildung 33, Nordpol-Zenit-C) ausgedrückt. Wir sehen in Abbildung 33, dass die Lage der Erdachse mit der Achse zwischen Zenit und Nadir nur dann übereinstimmt, wenn der Beobachtungsort sich genau auf einem der Erdpole befindet, im Gegensatz zum äquatorialen Koordinatensystem, dessen Achse, wie bereits erwähnt, durch die Erdachse führt. Wenn der Beobachtungsort nicht gerade auf einem der beiden Pole liegt, kann die Überführung der Koordinaten vom horizontalen ins äquatoriale Koordinatensystem nur durch trigonometrische Auflösung des sphärisch-astronomische Dreiecks vorgenommen werden. Wenn zumindest drei Werte von den drei Winkeln und drei Seiten bekannt sind, lassen sich mittels Kosinus- oder Sinussätzen die Unbekannten herleiten.²¹⁶

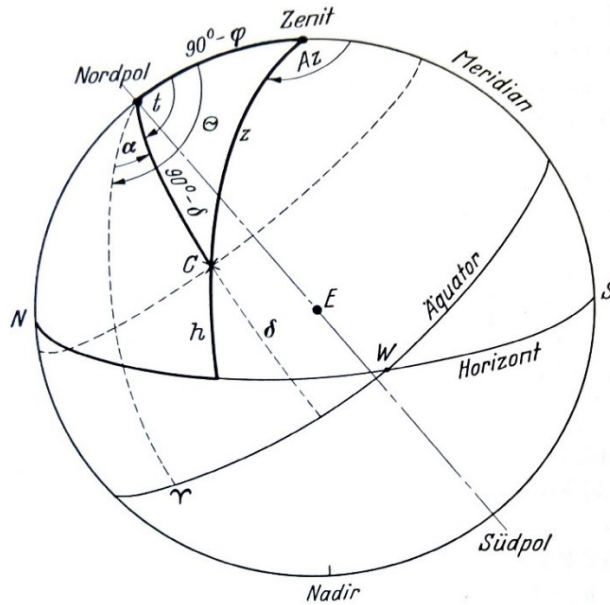
Sowie die Beschreibung eines Punktes im horizontalen Koordinatensystem mit der „scheinbaren Höhe“ und dem Azimut erfolgt, so im äquatorialen Koordinatensystem mittels Deklination (Abbildung 33, δ) und Rektaszension (Abbildung 33, α). Die Deklination ist die Höhe eines Gestirns (in Abbildung 33, C) über dem Himmelsäquator. Die Rektaszension gibt den Winkel zwischen den Längengraden, die durch Frühlingspunkt (Abbildung 33, γ) und das Gestirn gehen, an. Einer „[...] der beiden Schnittpunkte des

²¹⁴ Bildquelle: Frank Sauer, Koordinatensystem des Wahren Horizonts, online unter: <<http://wp.astro-sail.com/tutorial/astronomische-navigation/koordinatensysteme/koordinatensystem-des-wahren-horizonts/>> (19.10.2017).

²¹⁵ Bildquelle: Sauer, Koordinatensystem.

²¹⁶ Vgl. Schütte, Grundbegriffe, 90–95 und 106–108.

Himmelsäquators mit der Sonnenbahnebene (Ekliptik)²¹⁷ ist der Frühlingspunkt, der andere der Herbstpunkt.²¹⁸

Abbildung 33: sphärisch-astronomisches Dreieck²¹⁹

Um die geographische Breite des Beobachtungsortes aus einer im horizontalen Koordinatensystem beobachteten Gestirnshöhe abzuleiten, wurde diese ins Koordinatensystem des Himmelsäquators überführt, weil eben darin der Winkel eines Bogens am Himmel gleich dem auf Erden ist. Welche Höhe zu welchem Zeitpunkt welcher Deklination entsprach, war in den nautischen Jahrbüchern nachzuschlagen, siehe z.B. Abbildung 29, vierte und achte Spalte „Abweichung“ der Sonne im „wahren“ und „mittleren Mittag“. Hier sehen wir die Deklination (auch Abweichung genannt) der Sonne für die erste Woche des Jänners 1860.

5.4 Breiten- und Längenbestimmung

Der k. k. Kriegsmarine standen fünf nautisch-astronomische Methoden zur Breiten- und vier zur Längenbestimmung zur Verfügung²²⁰. Sofern es die Witterungsverhält-

²¹⁷ *Schütte*, Grundbegriffe, 93.

²¹⁸ Vgl. *Schütte*, Grundbegriffe, 90–95 und 106–108.

²¹⁹ Bildquelle: *Schütte*, Grundbegriffe, 92.

²²⁰ Vgl. *Schaub und Gelcich*, Nautische Astronomie, 95 und 129–154.

nisse zuließen, wurde auf der Novara die Schiffsposition aus astronomischen Beobachtungen täglich zu Mittag bestimmt und der gegessste Ort damit korrigiert. Dieser Vorgang wurde als „Besteckversetzung“ bezeichnet. Beide Ortsangaben – die gegisssten und die astronomisch festgelegten – wurden für jeden Mittag auf See im meteorologischen Tagebuch festgehalten, siehe Abbildung 7. Längen wurden auf der Novara zumeist chronometrisch aus Vormittagshöhen, Breiten aus Mittagshöhen der Sonne abgeleitet.²²¹

Die Breitenbestimmung aus Mittagshöhen der Sonne ist die genaueste und einfachste unter den Breitenbestimmungsmethoden und wird daher am häufigsten angewandt²²². Was machte sie so einfach? Die „wahre Ortszeit“ wird durch die scheinbare Umdrehung der Sonne um die Erde festgelegt. Im „wahren Mittag“ steht die Sonne am höchsten. Man nennt diesen Punkt „obere Kulmination“. Die Dauer zwischen zwei oberen Kulminationen entspricht einem Sonnentag. Zum Mittag nach „wahrer Ortszeit“ befindet sich die Sonne genau am Himmelsmeridian, z.B. auf der Nordhalbkugel im Süden. Für Gestirne, die im Himmelsmeridian stehen, „[...] geht das sphärische Dreieck zwischen Zenith, Pol und Gestirn in einen Bogen des Meridians über“²²³ (siehe auch Abbildung 33), wenn man C Richtung Meridian hin verschieben würde. D.h. Höhe im horizontalen, Deklination im äquatorialen und Breite im geographischen Koordinatensystem stehen im Augenblick der Kulmination auf ein und demselben Bogen. Wie in dem Fall, wenn der Beobachtungsort auf einen der Pole liegt, kann auch in dieser speziellen Konstellation die Auflösung des sphärisch-astronomischen Dreieckes eingespart werden.²²⁴

Es genügt, die mit dem Sextanten gemessene Höhe der Sonne im Mittag durch die Höhenkorrekturen in die „wahre Höhe“ zu transponieren und die dazugehörige Deklination der Sonne dem nautischen Jahrbuch zu entnehmen. Man erhält die geographische Breite (φ) für Beobachtungsorte auf der Nordhalbkugel, indem die „wahre Höhe“

²²¹ Vgl. *Hydrographische Anstalt*, Novara, Nautisch-Physicalischer Theil, 135.

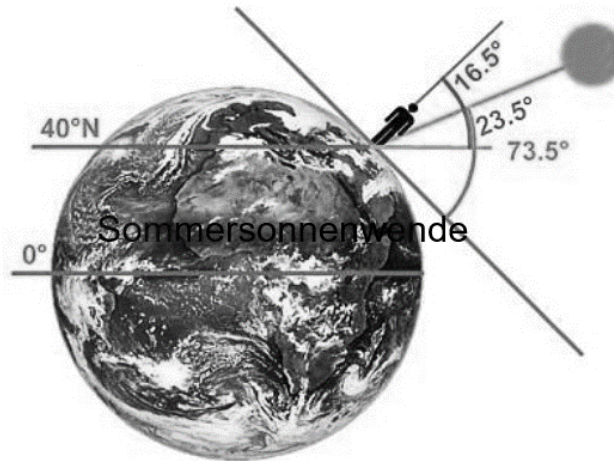
²²² Carl Ludwig *Littrow*, *Beyträge zur nautischen Astronomie*. In: Ders. (Hg.), *Annalen der k. k. Sternwarte in Wien* (21. Theil, 1. Band neuer Folge, Wallishausser: Wien, 1841) XLIX.

²²³ *Schaub und Gelcich*, *Nautische Astronomie*, 95.

²²⁴ Vgl. *Schaub und Gelcich*, *Nautische Astronomie*, 10–12 und 95–96.

von 90° subtrahiert und die Deklination (δ) addiert wird. Auf der Südhalbkugel ist die Deklination von 90° zu subtrahieren und die „wahre Höhe“ dazu zu addieren.²²⁵

Messung zur Sommersonnenwende am 21.6.



Die Sonnen im Jahreshöchststand, δ mit $23,5^\circ$

Abbildung 34: Breitenbestimmung aus Mittagshöhen der Sonne²²⁶

Abbildung 34 dient der beispielhaften Veranschaulichung dieser Rechnung. Wird eine gemessene Höhe von $73,5^\circ$ auf der Nordhalbkugel von 90° abgezogen, ergibt das $16,5^\circ$. Zusammen mit der Deklination von $23,5^\circ$ erhält man 40° geographische Breite.

Bei der chronometrischen Längenbestimmung aus Vormittagshöhen wurde der Stundenwinkel (Abbildung 33, t) aus einer gemessenen Einzelhöhe des Vormittags abgeleitet. Der Stundenwinkel bezeichnet den Winkel zwischen Himmelsmeridian und Länge des beobachteten Gestirns. Die Rektaszension, auch gerade Aufsteigung genannt (Abbildung 33, α), wurde im nautischen Jahrbuch nachgeschlagen (Abbildung 29, zweite Spalte „Gerade Aufst.“). Rektaszension und Stundenwinkel entsprechen zusammen dem Winkel zwischen Himmelsmeridian und Frühlingspunkt (Abbildung 33, τ) und dieser ausgedrückt in Zeit gibt die Sternzeit an. Eine Umrechnung der Sternzeit in mittlere Zeit ist einfach. Ein Jahr hat 366 Tage nach Sternzeit oder 365 Tage nach mittlerer Zeit, d.h. eine Stunde mittlerer Zeit entspricht einer Stunde und 9,86 Sekunden Sternzeit.²²⁷

²²⁵ Vgl. Schaub und Gelcich, Nautische Astronomie, 95–96.

²²⁶ Bildquelle: Werner Lehnberg, Astronomische Ortsbestimmung mit dem Sextanten, online unter: <http://docplayer.org/37229965-Astronomische-ortsbestimmung-mit-dem-sextanten.html> (26.10.2017).

²²⁷ Vgl. Schütte, Grundbegriffe, 93.

Die Stände der Chronometer an Bord zeigten die mittlere Greenwich-Zeit an. Zusammen mit der mittleren Ortszeit ergab sich die Längendifferenz zum Greenwich-Meridian, weil die geographische Länge sowohl in Zeit- als auch in Bogenmaß angeführt werden kann. Einer Stunde entsprechen 15° eines Vollkreises. Leitet man sich die aktuelle Ortszeit aus einer Höhenbeobachtung der Sonne am Vormittag her, so ist im nautischen Jahrbuch nur noch die entsprechende Deklination zu finden. Zusammen mit der gegissten Breite sind drei Seiten des sphärischen Dreiecks bekannt und seine Winkel können trigonometrisch bestimmt werden.²²⁸

„Hat man Tafeln der natürlichen Functionen zur Verfügung, so wird die Rechnung des Stundenwinkels am schnellsten nach einer der folgenden Formel ausgeführt:

$$2 \sin^2 \frac{t}{2} = \frac{\cos(\varphi - \delta) - \sin h}{\cos \varphi \cos \delta}, \quad 2 \cos^2 \frac{t}{2} = \frac{\cos(\varphi + \delta) + \sin h}{\cos \varphi \cos \delta} [\dots].^{229}$$

„t“ steht hierbei für den Stundenwinkel, „ φ “ für die gegisste Breite, „h“ für die „wahre Höhe“ und „ δ “ für die Deklination. Da am Vormittag mit der gegissten Breite gerechnet wurde, pflegte man „[...]“ nach der nächsten astronomischen Bestimmung der Breite, die bereits gefundene Länge für den Fehlbetrag der Breite zu corrigieren“²³⁰.

Warum der Stundenwinkel aus Vormittagshöhen und nicht aus Mittagshöhen hergeleitet wurde, liegt daran, dass die Ungenauigkeit zunimmt, je näher das Gestirn dem Meridian steht. Wenn man das sphärisch-astronomische Dreieck in Abbildung 33 trigonometrisch nach „z“, der Zenitdistanz auflösen will, kann z.B. ein Kosinus-Satz angewandt werden ($\cos z = \cos(90^\circ - \delta) \cos(90^\circ - \varphi) + \sin(90^\circ - \delta) \sin(90^\circ - \varphi) \cos t$). Würde die entsprechende Gleichung nach all ihren Gliedern differenziert werden, „[...]“ so können die Differentialgrößen als die Fehler der Elemente angesehen werden [...]“²³¹. Damit lässt sich abschätzen, welche Faktoren den größten Einfluss auf das Ergebnis haben. Dabei stellt sich heraus, dass die besten Ergebnisse erzielt werden, je kleiner die Breite (φ) und die Deklination (δ) und je näher das Gestirn (C) dem Ost-Zenit-West-Nadir-Vollkreis, dem ersten Vertikal steht. Daher wurde der Stundenwinkel

²²⁸ Vgl. *Schaub und Gelcich*, Nautische Astronomie, 130–133.

²²⁹ *Schaub und Gelcich*, Nautische Astronomie, 82.

²³⁰ *Schaub und Gelcich*, Nautische Astronomie, 130.

²³¹ *Schaub und Gelcich*, Nautische Astronomie, 85.

in der nautischen Praxis aus Vormittagshöhen, manchmal auch Nachmittagshöhen, aber nicht aus Mittagshöhen errechnet.²³²

Zu Testzwecken wurde die Schiffsposition der Novara auch aus Zirkummeridianhöhen der Sonne bestimmt, wie z.B. am 3. Juni 1857 (siehe Abbildung 7). Für diese Methode verallgemeinerte der Astronom Carl Ludwig Littrow eine bereits bekannte andere Methode, die Methode der Zeitbestimmung aus korrespondierenden Höhen²³³ wie folgt:

$$\sin \frac{s + s'}{2} = \frac{\sin \frac{1}{2} (z' - z)}{\sin \frac{1}{2} (s' - s)} \cdot \frac{\sin \frac{1}{2} (z' + z)}{\sin p \cos \varphi} \quad 234$$

Werden anstelle von einer, zwei Höhen in geringem Abstand hintereinander gemessen, erschließt sich der mittlere Stundenwinkel aus der Hälfte der Summe der Stundenwinkel der Höhen s und s' . Subtrahiert man die beiden Höhen jeweils von 90° , erhält man die dazugehörigen Zenitdistanzen z und z' . Die Poldistanz p wird als unverändert angenommen. Durch Einsetzung der Werte in obige Formel folgt der Stundenwinkel des Mittels beider Uhrzeiten. Eine Differenzierung der Gleichung nach ihren einzelnen Gliedern ermöglicht wiederum ein Abwiegen der Fehlereinflussgrößen. Dabei lässt sich feststellen, dass der mittlere Stundenwinkel „[...] desto genauer gefunden wird, je näher man am Meridiane beobachtet und je größer die Zwischenzeit ist [...]“^{235, 236}

Der Stundenwinkel konnte in die „wahre Ortszeit“ übersetzt und, im Vergleich mit der Greenwich-Ortszeit der Chronometer, die Länge eruiert werden. Folglich gab es eine Methode, bei der die Länge dann doch aus Höhen in der Nähe des Meridians gefolgert werden konnte. Dadurch war es möglich, die Längenbestimmung zeitlich mit der Brei-

²³² Vgl. *Schaub* und *Gelcich*, Nautische Astronomie, 85–87.

²³³ Vgl. Carl Ludwig *Littrow*, Über die Methode der Längenbestimmung durch Differenzen von Circummeridianhöhen und deren Anwendung während der Weltumsegelung S. M. Fregatte Novara. Sonderdruck aus: *Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften* 47.1863,2 (Gerold: Wien, 1863) 404.

²³⁴ *Littrow*, Methode der Längenbestimmung, 395.

²³⁵ Carl Ludwig *Littrow*, Beyträge zur nautischen Astronomie. In: Carl Ludwig *Littrow* (Hg.), *Annalen der k. k. Sternwarte in Wien* (21. Theil, 1. Band neuer Folge, Wallishausser: Wien, 1841) LI.

²³⁶ Vgl. *Littrow*, Methode der Längenbestimmung, 394–404.

tenbestimmung zu koppeln, führte doch der zeitliche Abstand der Messungen von Vormittags- und Mittagshöhen dazu, dass „[...] die bereits gefundene Länge für den Fehlbetrag der Breite [...]“²³⁷ korrigiert werden musste, wobei der Fehlbetrag gegist wurde, was eine zusätzliche Unschärfe in der Ortsbestimmung brachte. Weiters brauchten Refraktion, Parallaxe und Halbmesser der Höhenkorrekturen (siehe 5.2) nicht erneut bestimmt werden, weil sie bei geringem zeitlichem Abstand zwischen den Messungen als identisch betrachtet werden konnten²³⁸.

Im Vorwort des nautisch-physikalischen Teils der Reiseberichte resümierte von Wüllerstorff-Urbair wie folgt:

Bei dieser Gelegenheit kann ich es nicht unterlassen, die Methode der Zeitbestimmung am Bord mittels nahezu correspondierender Höhen in geringer Entfernung vom Meridian anzuführen, welche zuerst von dem Director der Sternwarte in Wien, Herrn Carl von Littrow für Circummeridianhöhen der Sonne angeregt und zur Benützung am Bord empfohlen, von mir später und zum wiederholten Male mit Vortheil angewendet und für den Gebrauch zur See erweitert wurde.²³⁹

Für die in die Formel eingebrachte Ortsänderung des Schiffes empfahl von Wüllerstorff-Urbair die Korrektur-Faktoren für Breiten- und Deklinationsdifferenzen der Methode korrespondierender Höhen anzubringen; sie lagen in den nautischen Jahrbüchern bereits vor²⁴⁰. Dieser Schritt leuchtet unmittelbar ein, da die Längenberechnung nach von Littrow eine allgemeinere Form jener der korrespondierenden Höhen darstellte.

Den Stundenwinkel nicht aus Mittagshöhen der Sonne abzuleiten, war nautische Doktrin. Von Littrow stellte diesbezüglich fest: „Da diese Methode gewissen, bisher allgemein angenommen Grundsätzen zu widersprechen schien, so bedurfte sie einer längeren praktischen Anwendung in See, um als bewährt zu gelten“²⁴¹. Die Weltumseglung der Novara bot die passende Gelegenheit dazu.

²³⁷ *Schaub und Gelcich*, Nautische Astronomie, 130.

²³⁸ Vgl. *Littrow*, Beiträge zur nautischen Astronomie, LI.

²³⁹ *Hydrographische Anstalt*, Novara, Nautisch-Physicalischer Theil, XIII.

²⁴⁰ Vgl. *Hydrographische Anstalt*, Novara, Nautisch-Physicalischer Theil, XIV.

²⁴¹ *Littrow*, Methode der Längenbestimmung, 394.

5.5 Methoden im Kontext der Instrumente, Räume und Konzepte des Wissens

Abbildung 5 verbildlicht die Vorstellung „stiller“ Beobachtungsinstrumente, als sie in der Tradition eines Stillebens dargestellt wurden. Man verstand die Navigationsbeihilfe der Novara-Expedition als Passiva im Messvorgang. Zugleich aber zeigt Abbildung 5 die Instrumente der Astro-Navigation als „Unbewegte“. Tatsächlich wurden sie zwischen hydrographischen Anstalten, Sternwarten und Schiffen hin und her bewegt. An diesen Orten unterschieden sich Prüf- und Dokumentationsroutinen sowie Handhabung und Korrektur der Instrumente sowohl in Art als auch in Umfang aus Gründen der Arbeitsteilung, verteilter Kompetenzen und spezifischen Anforderungen der Umgebung. Aus einer modernen, wissenschaftshistorischen Sicht könnten die oben genannten Orte als miteinander verbundene Räume des Wissens, als „spaces in between“ begriffen werden²⁴²; darin zirkulierten die Navigationsgeräte.

Auch außerhalb des Kontextes der Expedition können die oben genannten Orte als Wissensräume betrachtet werden, z.B. erdachte von Littrow die Methode der Längen- bzw. Zeitbestimmung aus Zirkummeridianhöhen der Sonne bei der Teilnahme an einer Übungsreise des Marinekollegs 1837, als er noch Adjunkt der Universitätssternwarte Wien war²⁴³. Sein Auftrag dabei war, die Methoden der Schiffsnavigation im praktischen Umfeld kennen zu lernen, da es zu dieser Zeit noch zu den Aufgaben der Universitätssternwarte zählte, die Kadetten der k. k. Kriegsmarine in Astronomie auszubilden²⁴⁴, was später dann Marineangehörige wie von Wüllerstorff-Urbair selber übernahmen. Die Besonderheit der Novara-Expedition lag darin, dass Nautik und Astronomie zu den expliziten Forschungszielen zählte. Es ging nicht nur darum, „[...] sich den praktischen Schiffsdienst aufgrund theoretischer Vorstudien, in seiner ganzen Ausdehnung aneignen zu können [...]“²⁴⁵ oder für Ausbildungszwecke die Methoden der Schiffsnavigation im praktischen Umfeld kennen zu lernen²⁴⁶. Die Expedition bot die passende Gelegenheit von Littrows Methode ausführlich zu testen und zu erweitern,

²⁴² Vgl. Klemun, Introduction: 'Moved' Natural Objects - 'Spaces in Between', 12.

²⁴³ Vgl. Johann Steinmayr, die Geschichte der Wiener Universitätssternwarte im 19. Jahrhundert, 2. Teil (1934). Typoskript in: Jürgen Hamel, Isolde Müller, Thomas Posch (Hg.), Die Geschichte der Universitätssternwarte Wien: Dargestellt anhand ihrer historischen Instrumente und eines Typoskripts von Johann Steinmayr (Harri Deutsch Verlag: Frankfurt am Main, 2010) 224–225.

²⁴⁴ Vgl. Steinmayr, Geschichte der Wiener Universitätssternwarte, 224–225.

²⁴⁵ Scherzer, Novara, Beschreibender Theil I, 2. Auflage, 2.

²⁴⁶ Vgl. Steinmayr, Geschichte der Wiener Universitätssternwarte, 224–225.

wie es von Wüllerstorff-Urbair tat, indem er die Ortsänderung des Schiffes formal integrierte. Im Zuge von Vergleichs-, Beobachtungs- und Dokumentationsprozessen entstand auch neues Wissen, so erwies sich etwa die Nr. 59 von Vorauer als Nr. 1 der Chronometer für den nautischen Gebrauch. Daher kann in Punkto Astro-Navigation die Novara-Expedition als eine Art Labor gesehen werden: „By understanding expeditions as experiments, we [*Klemun, Spring*] also propose to regard them as kinds of laboratories where various practices are conducted and knowledge is tested and produced“²⁴⁷.

Was für die Entwicklung der Navigations-Instrumente bereits festgestellt wurde, trifft genauso für die Methoden der Orts- und Zeitbestimmung zu. Auch sie verwiesen auf geometrische Ideale in Bezug auf Form und Bewegung von Erde und Gestirnen. Ptolemäus bestimmte den Ort auf der Erdoberfläche auf Basis von Kugeln und Kreisbewegungen, weil nach aristotelischer Schule „[...] die einzigen berechtigten Formen für die Körper die Kugel und für die Bewegungen die Kreisform [...]“²⁴⁸ waren. Zu Zeiten der Novara-Expedition wusste man über die Abplattung der Erde und elliptische Umlaufbahnen Bescheid, dennoch wurden Orts- und Zeitbestimmungen auf Grundlage derselben Ideale durchgeführt, weil die Rechnung in geometrischen Ideal-Systemen wesentlich einfacher war. Es scheint mir sogar praktisch unmöglich in „Real“-Systemen der Welt zu rechnen, weil es kaum möglich sein dürfte, alle Systembedingungen und Einflussgrößen zu erfassen. Jedenfalls zeigte sich auch bei den Methoden, wie bereits bei den Instrumenten, dass in der nautischen Astronomie Genauigkeit und Einfachheit konkurrierten. Die Ideale blieben von der Antike bis zur Novara-Expedition konstant, ihre Bedeutungen verschoben sich: Vom für „wahr“ Gehaltenen zum praktisch „Wahren“.

Warum man, trotzdem man schon ziemlich genau wusste, wie es um Form und Bewegung von Erde und Gestirnen bestellt war, näherungsweise idealisierten Daten als „wahr“ bezeichnet hatte, erschließt sich nicht auf den ersten Blick. Formierte sich das „Wahre“ hier im Kontext von Zeitschriften- und Handbuchwissenschaften in ihren

²⁴⁷ *Klemun, Spring* (Hg.), *Expeditions as Experiments*, 21.

²⁴⁸ *Zinner*, *Geschichte der Sternkunde*, 112.

Wechselwirkungen mit populärem Wissen²⁴⁹? In den Handbüchern der Nautik und der Astronomie sind die Bezeichnungen: „wahre Ortszeit“, „wahre Höhe“ und „wahrer Horizont“ nachzulesen. Allen dreien gemein ist, dass sie aus Beobachtungsdaten errechnet werden mussten. Auch der Weg der Berechnung scheint das „Wahre“ zu akzentuieren. Methodisch wurde versucht, Fehlerquellen zu minimieren. Instrumentenfehler wurden mechanisch und/oder rechnerisch korrigiert. Beobachtungsfehler mittels Wissen über Einsatz- und Anwendungsmöglichkeiten der Instrumente, Messroutinen, Übung und Geschick verringert. Methodisch wurden die Beobachtungsdaten – unter Zuhilfenahme astronomischer Vorausberechnungen – näherungsweise idealisiert, um in Folge Orts- und Zeitbestimmungen in geometrisch-mathematischen Ideal-Systemen durchzuführen. „Die Methode war alles“²⁵⁰.

²⁴⁹ Ludwik *Fleck*, Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache: Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv (Suhrkamp: Frankfurt am Main, 1980, Erstveröffentlichung 1935) 146–164.

²⁵⁰ Steven *Shapin*, Woher stammt das Wissen in der wissenschaftlichen Revolution? In: Michael *Hagner* (Hg.), Ansichten der Wissenschaftsgeschichte (Fischer: Frankfurt am Main, 2001) 71.

6 Zusammenfassung und Anknüpfungspunkte zur Gegenwart

Das Verhältnis von Wissenschaft und Marine im Fall der Novara-Expedition kann als eine für beide Seiten lukrative Zusammenarbeit gesehen werden. Keiner wurde zur Teilnahme gezwungen. Jeder konnte sowohl auf den möglichen Tod, als auch Honorierung spekulieren. Eine Darstellung der Reise als Indienstnahe der einen durch die andere Partei halte ich für verkürzt.

Wissen entstand nicht nur im Felde, sondern auch an Bord im Zuge von Vergleichs-, Beobachtungs- und Dokumentationsprozessen. Die Forschungsziele der Expedition wurden von anerkannten Wissenschaftlern, von Offizieren der Marine, einem Gärtner und einem Präparator verfolgt. Sie beobachteten, maßen, protokollierten und veröffentlichten ihre Ergebnisse in den Reiseberichten. Im Verlauf der Expedition konnten sie sich als Forscher positionieren. Das Zusammenleben und die Arbeitsteilung auf Schiffen der k. k. Kriegsmarine war hierarchisch strukturiert. Die von der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften entsandten Teilnehmer waren davon nicht ausgenommen.

An der Schiffsnavigation beteiligten sich Matrosen, Unteroffiziere und Offiziere. Der Oberste legte den Kurs fest, die Offiziere wiesen den Weg, die Matrosen steuerten, loggten und loteten unter Aufsicht des Steuermannes und seiner Gehilfen. Nautisch-astronomisches Wissen sicherte auf Schiff die Stellung in der Hierarchie und war Voraussetzung für die genaue Orts- und Zeitbestimmung mittels Sextanten und Chronometern.

Die technischen Voraussetzungen für den Schiffseinsatz von Sextant und Chronometer entsprangen größtenteils den Geräten für den Gebrauch an Land. Die Mobilisierung der Instrumente setzte lange vor Ausschreibung des Preisgeldes der britischen Regierung zur Entwicklung genauerer Navigationsmethoden ein. Das Preisgeld war nichtsdestoweniger der ausschlaggebende Anreiz, durch welchen sich Experten der Uhrmacherei, des Instrumentenbaus und der Astronomie intensiver mit den Anforderungen auf See auseinandergesetzt hatten. Entscheidend für den nautischen Einsatz waren die Genauigkeit der Instrumente, Einfachheit, Anschaffungskosten und Wartungsin-

tensität. Im Feld der Nautik konkurrierten verschiedene epistemologische Normen miteinander. D.h. aber nicht, dass die Nautik irrational oder unwissenschaftlich gewesen wäre.

Rückblickend ergibt sich des Weiteren, dass verschiedene Winkel- und Zeitmessgeräte an unterschiedlichen, aber auch denselben Orten (z.B. Sternwarten, Schiffen, Klöstern, öffentlichen Plätzen) parallel und aufgrund diverser – oftmals alltagspraktischer – Beweggründe Verwendung fanden. Keinesfalls löste ein Instrument ein anderes nahtlos ab. Darüber hinaus erfüllten Uhren und Winkelmessgeräte häufig zugleich mehrere Funktionen, ob wissenschaftliche, repräsentative, militärische, pädagogische, den gesellschaftlichen, religiösen Alltag strukturierende oder Verkehr und Handel fördernde.

Sextanten und Chronometer verwiesen in ihrer materiellen und funktionalen Beschaffenheit auf die geometrische Figur des Kreises. Ihre Kreisteilungen waren historisch gewachsen. Trotz der Vielfalt an Teilsystemen, schimmerten auf höherer Ebene Gemeinsamkeiten in den Entwicklungszügen durch: Eine zunehmende Detaillierung und Homogenisierung der Fragmente. Dies führte zur Möglichkeit der Erfassung immer kleinerer Abstände und dazu, dass Messungen an verschiedenen Geräten immer ähnlichere Ergebnisse lieferten. Unabhängig davon strukturierte die materialisierte Kreisbasis samt Teilung die Messergebnisse. Räumliche und zeitliche Abstände wurden in Bögen, und deren Längen im Hintergrund der applizierten Skalen erfasst. Daher können diese Geräte nicht als Passiva im Messvorgang verstanden werden und auch nicht als ruhende Instrumente, weil sie zwischen hydrographischen Anstalten, Sternwarten und Schiffen hin und her bewegt wurden. An diesen Orten unterschieden sich Prüf- und Dokumentationsroutinen sowie Handhabung und Korrektur der Instrumente sowohl ihrer Art als auch ihrem Umfang nach, aus Gründen der Arbeitsteilung, verteilter Kompetenzen und spezifischen Anforderungen der Umgebung.

Wie schon für die Perspektive der Menschen an Bord der Novara, schlage ich für die Entwicklung nautisch-astronomischer Instrumente die Darstellung eines wechselseitigen, historischen Verhältnisses vor. Mathematisch und/oder geometrisch verfasste Figuren und Bewegungen, Konzepte der Teilung von Raum und Zeit als Bezugssysteme der Vermessung geometrischer Größen, materielle Beschaffenheiten und Funktionen

der diesbezüglichen Messgeräte sowie örtliche, gesellschaftliche, technische und kulturelle Gegeben- und Gepflogenheiten, griffen ineinander. Sie können nur schwer als voneinander isolierte Phänomene begriffen werden.

Die Methoden der Orts- und Zeitbestimmung verwiesen in Bezug auf Form und Bewegung der Erde und Gestirne auf dieselben geometrischen Ideale, wie die nautischen Winkel- und Zeitmessgeräte. Zu Zeiten der Novara-Expedition wusste man zwar über die Abplattung der Erde und elliptische Umlaufbahnen Bescheid, dennoch wurden Orts- und Zeitbestimmungen auf Grundlage antiker Ideale durchgeführt, weil die Rechnung in geometrischen Ideal-Systemen wesentlich einfacher war. Die Ideale blieben von der Antike bis zur Novara-Expedition konstant, ihre Bedeutungen verschoben sich von für „wahr“ Gehaltenen zu praktisch „Wahren“.

Welche Rolle spielen diese Ideale im Vergleich zur heutigen Orts- und Zeitbestimmung? Die moderne Ortsbestimmung erfolgt mittels GPS (Global Positioning System). Mit Empfangsgeräten wird dabei der Ort als Schnittpunkt von Lagen und Distanzen mehrerer Satelliten errechnet. Sie umrunden die Erde gleich- und kreisförmiger als der scheinbare Umlauf der Sonne. Aus den Übertragungszeiten zwischen Empfängern und Satelliten können ihre Distanzen ermittelt werden. Für eine entsprechende Genauigkeit wird die Zeit von Atomuhren verwendet. Bei Atomuhren wird das Schwingen von Quarzoszillatoren mit folgender Eigenschaft von Atomen reguliert, dass sie „[...] beim Übergang zwischen zwei Energiezuständen [...] elektromagnetische Wellen mit einer charakteristischen Schwingungsfrequenz [...] abstrahlen oder absorbieren [...]“²⁵¹ können. Dadurch wird der Takt der Uhren geregelt. Zum Vergleich dazu: Bei den Schwingsystemen der Schiffschronometer des 19. Jahrhunderts regelte eine mechanische Hemmung den Takt: je gleichmäßiger der Takt desto genauer die Uhr. Der wesentliche Unterschied zu damals liegt in der Definition der Zeiteinheit. Nach der „Sonnensekunde“ kam die „Atomsekunde“, die als Vielfaches der Schwingungsperiode

²⁵¹ *Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig*, Funktionsweise und typische technische Realisierungen von Atomuhren, online unter: <<https://www.ptb.de/cms/ptb/fachabteilungen/abt4/fb-44/ag-441/realisierung-der-si-sekunde/funktionsweise-und-typische-technische-realisierungen-von-atomuhren.html>> (14.01.2018).

eines bestimmten Atoms festgelegt wurde²⁵². Dadurch wurde das Konzept der Relativität von Zeit definitiv verankert. Mit Atomuhren und ihrer Möglichkeit der Darstellung relativer Zeiteinheiten soll z.B. die Verlangsamung von Alterungsprozessen bei Einwirkung hoher Gravitationskräfte gemessen werden können. Für das gesellschaftliche Zusammenleben auf der Erde ist die Genauigkeit dieser Uhren, der gleichmäßige Takt ihrer Quarzoszillatoren jedoch von größerer Bedeutung, für eine zunehmende Synchronisation der Zeit und damit der Gesellschaft – gegenwärtige Anknüpfungspunkte an Praktiken und Ideale voriger Jahrhunderte.

²⁵² Vgl. *Bureau International des Poids et Mesures*, The International System of Units: SI (8th edition, Organisation Intergouvernementale de la Convention du Mètre, 2006) 112–113, online unter: <https://www.bipm.org/utils/common/pdf/si_brochure_8_en.pdf> (14.01.2018).

Anhang A: Besatzung der Novara

Der gesamte Anhang A ist ein digitaler Abzug der Beilage III der ersten Ausgabe des ersten Bandes der Reiseberichte²⁵³.

Bemannungsstand Sr. Maj. Fregatte Novara

am 30. April 1857, nebst den, im Laufe der Reise vorgekommenen Veränderungen.

Commodore . . .	Müllerstorff-Archair, Bernhard von, Befehlshaber der Expedition.
Corvetten Capitän . . .	Pöck, Friedrich Baron. Zum Fregattencapitän befördert mit 2. Dec. 1857.
Linien-Schiffs-Lieut. . .	Caál de Gynsa, Bela.
Fregatten-Lieut. . .	Monfroni de Monfort, Moriz.
„ . . .	Riesmansegg, Alexander Graf.
Schiffsfähnrich . . .	Lund, William. Zum Fregattenlieutenant befördert mit 1. October 1857.
„ . . .	Müller, Robert. „ „ „ 1. November 1858.
„ . . .	Jacoby, Ernst.
Fregattenfähnrich . . .	Kronowetter, Eugen. Zum Linien-Schiffsfähnrich befördert mit 1. October 1857.
„ . . .	Ballfog, Gustav. „ „ „ 1. November 1858.
Verwaltungs-Offizial	Basso, Anton.
Fregattenarzt . . .	Seligmann, Dr. Franz.
Corvettenarzt . . .	Laflemant, Dr. Robert. In Rio de Janeiro ausgeschiedt den 20. August 1857.
Schiffsarzt 1. Classe	Ruziczka, Karl.
Schiffsarzt . . .	Schwarz, Dr. Eduard. Zum Corvettenarzt befördert mit 1. April 1858.
Marinecapellän . . .	Marochini, Eduard von.
Marinecadet . . .	Sayenz, Heinrich. Zum Fregattenfähnrich befördert mit 12. December 1857.
„ . . .	Ratti, Joseph. „ „ „ 1. November 1858.
„ . . .	Semsey, Gustav v. „ „ „ 1. October 1858.
„ . . .	Walterskirchen, Richard Baron. Zum Fregattenfähnrich befördert mit 12. Dec. 1857.
„ . . .	Neder, Ludwig. Zum Fregattenfähnrich befördert mit 24. Juni 1858.
„ . . .	Rafmar, Alexander.
„ . . .	Scribanek, August Baron.
„ . . .	Borelli, Andreas Graf.
„ . . .	Cordon, Franz Baron.
„ . . .	Haan, Friedrich Baron. In Rio de Janeiro ausgeschiedt den 20. Aug. 1857.
„ . . .	Lahina, Eduard.
„ . . .	Mariaffi, Michael von.
„ . . .	Wrede, Eugen Fürst.
„ . . .	Berthold, Joseph.
Untermeister 2. Cl.	Lehmann, Wenzel.

²⁵³ Bildquelle: Scherzer, Novara, Beschreibender Theil I, Beilage III, 29–37.

K. K. Matrosen.

Bootsmann 2. Cl. .	Cergogna, Matthäus. In Auckland auf Neu-Seeland gestorben den 1. Jänner 1859.
„ 3. „ .	Stangher, Franz. Zum Bootsmann 2. Classe befördert mit 1. Jänner 1859.
„ 3. „ .	Codanich, Dominik.
Schiemann	Gherdinich, Johann.
Obersteuermann . .	Cian, Joseph. In Shanghai desertirt den 8. August 1858.
Quartiermeister . .	Magazin, Lucas. Zum Schieman befördert mit 1. Juni 1859.
„	Baccolich, Franz.
„	Vidacovich, Anton.
Steuermann 2. Cl.	Andreatini, Anton. Zum Steuermann 1. Classe befördert mit 1. Juni 1859.
„ 3. „ .	Urovich, Nikolaus. „ „ 2. „ „ 16. Jänner 1858.
Marsgast	Pius, Anton. Zum Quartiermeister befördert mit 1. October 1858.
„	Vittor, Dominik. Ebenso.
„	Varisco, Jakob. „
„	Purrich, Peter. Zum Quartiermeister befördert mit 20. April 1858.
„	Rubinich, Anton.
„	Girassini, Andreas.
„	Monestar, Stephan.
„	Dandolo, Franz.
„	Petrina, Anton.
„	Contento, Andreas.
„	Conti, Joseph.
„	Rossi, Anton. In Singapore durch einen Sturz verunglückt den 19. April 1858.
„	Olin, Simon.
„	Dianello, Johann.
„	Dulcich, Joseph.
„	Lovrich, Vincenz.
Matrose 1. Classe .	Schwaß, Karl. Zum Steuermann 3. Classe befördert den 1. October 1858.
„ „ .	Glavanich, Nikolaus.
„ „ .	Herz, Georg.
„ „ .	Albanese, Johann. Zum Marsgast befördert mit 1. Jänner 1859.
„ „ .	Beinvillie, Nikolaus.
„ „ .	Criscovich, Johann. Zum Marsgast befördert mit 1. October 1859.
„ „ .	Vidas, Hieronymus.
„ „ .	Soldatich, Bernhard. Zum Marsgast befördert mit 1. October 1858.
„ „ .	Vidolich, Johann.
„ „ .	Brießl, Franz. In Singapore desertirt den 22. April 1858.
„ „ .	Vranich, Johann.
„ „ .	Puglian, Anton. In Rio de Janeiro ausgeschifft den 20. August 1857.
„ „ .	Franciscovich, Martin.
„ „ .	Faziscovich, Johann.
„ „ .	Dragonovich, Thomas. Zum Marsgast befördert mit 1. October 1858.
„ „ .	Gerloff, Gustav. Zum Steuermann 3. Classe befördert mit 16. Jänner 1858.
„ „ .	Demarinovich, Michael. Zum Marsgast befördert mit 20. April 1858.
„ „ .	Mozzara, Matthäus.

Matrose 1. Classe	•	Čičak, Johann.	
"	"	Perissich, Alois.	
"	"	Scarpa, Anton.	
Matrose 2. Classe	•	Suffan, Franz.	Zum Matrosen 1. Classe befördert mit 1. Jänner 1859.
"	"	Ivanovich, Johann.	
"	"	Gherdinich, Bartholomäus.	
"	"	Giacum, Lorenz.	
"	"	Cremenich, Joseph.	
"	"	Pachlich, Johann.	Zum Matrosen 1. Classe befördert mit 1. October 1858.
"	"	Jar, Matthäus.	Ebenso.
"	"	Bradissich, Johann.	In Rio de Janeiro desertirt den 6. August 1857.
"	"	Caravanich, Georg.	
"	"	Milok, Johann.	
"	"	Perich, Franz.	Zum Matrosen 1. Classe befördert mit 1. October 1858.
"	"	Sabris, Lorenz Vincenz.	Ebenso.
"	"	Giaconi, Hieronymus.	"
"	"	Venturini, Johann.	"
"	"	Gamba, Ferdinand.	"
"	"	Gierst, Johann.	
"	"	Slavich, Franz.	
"	"	Comparich, Georg.	
"	"	Jechin, Peter.	
"	"	Rubinich, Georg.	
"	"	Basilisko, Anton.	Zum Matrosen 1. Classe befördert mit 1. October 1858.
"	"	Sergacich, Vincenz.	Ebenso.
"	"	Tellesmanich, Angelicus.	"
"	"	Brugnaki, Anton.	"
"	"	Inbranich, Georg.	
"	"	Bozzanich, Anton.	
"	"	Silvinich, Peter.	
"	"	Waldherr, Ferdinand.	
"	"	Ghierghin, Michael.	
"	"	Venuffi, Peter.	
"	"	Gallich, Matthäus.	Zum Matrosen 1. Classe befördert mit 1. October 1858
"	"	Radich, Paul.	Ebenso.
"	"	Sancovich, Anton.	
"	"	Franclich, Martin.	
"	"	Razzum, Nikolaus.	
"	"	Sbisa, Dominik.	
"	"	Brazzanovich, Matthäus.	Zum Matrosen 1. Classe befördert mit 1. October 1858.
"	"	Modenese, Franz.	Ebenso.
"	"	Anicich, Franz.	"
"	"	Bistricich, Matthäus.	"
"	"	Suppich, Joseph.	
"	"	Kirin, Georg.	
"	"	Sragiacomo, Nikolaus.	

Matrose 2. Classe	Serreitich, Nikolaus.	Zum Steuermann 3. Classe befördert mit 1. Juni 1859.
"	"	Juiranos, Blasius.
"	"	Ribin, Joseph.
"	"	Tabacco, Anton.
"	"	Milassich, Bernhard. In Rio de Janeiro desertirt den 30. August 1857.
Matrose 3. Classe	Separovich, Anton.	Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 1. October 1858.
"	"	Gnasafolich, Lucas.
"	"	Monestar, Stephan. Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 1. Juni 1859.
"	"	Diaggio, Valentin. " " 2. " " " 1. October 1859.
"	"	Fugossich, Georg.
"	"	Duimovich, Georg Anton. Zum Matrosen 2. Cl. befördert mit 16. Jänner 1858.
"	"	Alborghetti, Vincenz. " " 2. " " " 1. October 1858.
"	"	Bogovich, Peter.
"	"	Rubessa, Joseph.
"	"	Chiole, Johann. In Rio de Janeiro desertirt den 28. August 1857.
"	"	Grileich, Anton.
"	"	Ellezovich, Anton.
"	"	Lonich, Philipp.
"	"	Rissich, Anton.
"	"	Pincetich, Nikolaus.
"	"	Pende, Johann.
"	"	Radich, Georg. Den 14. September 1858 in See gestorben.
"	"	Smolich, Marcus. Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 1. October 1858.
"	"	Nidas, Peter. " " 2. " " " 1. Juni 1857.
"	"	Sambo, Anton. " " 2. " " " 1. October 1858.
"	"	Lipanovich, Jakob.
"	"	Vicich, Anton.
"	"	Letizza, Peter.
"	"	Padovan, Moïse. Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 1. October 1858.
"	"	Siz, Johann.
"	"	Longhin, Matthäus.
"	"	Lukin, Bogor.
"	"	Jurich, Blasius.
"	"	Benelazzi, Joseph.
"	"	Sterbaz, Georg. Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 1. Jänner 1859.
"	"	Jurich, Marcus. " " 2. " " " 1. Juni 1857.
"	"	Eipstaner, Georg. Ebenso.
"	"	Lukin, Anton.
"	"	Barissich, Franz. Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 1. October 1858.
"	"	Dobrich, Anton. " " 2. " " " 11. Juni 1859.
"	"	Elfel, Franz. In Rio de Janeiro desertirt den 30. August 1857.
"	"	Milok, Peter.
"	"	Ruchiel, Franz.
"	"	Rosso, Joseph.
"	"	Plaskovich, Dominik.
"	"	Clarich, Joseph.

Matrose 3. Classe .	Marcovich, August.	Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 1. Jänner 1857.
" "	Nissich, Georg.	" " 2. " " " 1. October 1858.
" "	Brozizevich, Matthäus.	" " 2. " " " demselben Tage.
" "	Orlich, Franz.	" " 2. " " " 1. Juni 1859.
" "	Nissich, Matthäus.	
" "	Carabeich, Nikolaus.	
" "	Steffanich, Georg.	
" "	Tomich, Vincenz.	Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 1. October 1858.
" "	Dragoevich, Franz.	Ebenso.
" "	Zennaro, Hieronymus.	In Singapore desertirt den 20. April 1858.
" "	Lovrich, Simon.	
" "	Linich, Jakob.	
" "	Nelich, Georg.	Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 16. Jänner 1858.
" "	Carisi, Felix.	" " 2. " " " 1. October 1858.
" "	Franelich, Johann.	" " 2. " " " 1. Jänner 1859.
" "	Stiglich, Leopold.	" " 2. " " " 1. October 1858.
" "	Cadiole, Anton.	
" "	Kraincevich, Vincenz.	
" "	Nascotto, Peter.	Zum Matrosen 1. Classe befördert mit 1. Juni 1859.
" "	Verginella, Joseph.	
" "	Nadovich, Nikolaus.	Den 9. September 1859 in See gestorben.
" "	Gurko, Hiroms.	
" "	Ruzovich, Martin.	Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 1. October 1858.
" "	Padovan, Karl.	
" "	Benvenuto, Johann.	Zum Matrosen 1. Classe befördert mit 1. Jänner 1859.
" "	Krocovitch, Anton.	" " 2. " " " demselben Tage.
" "	Sersich, Anton.	Den 9. März 1859 in See gestorben.
" "	Petrussich, Anton.	In Shanghai desertirt den 7. August 1858.
" "	Vianello, Santo.	
" "	Venturin, Johann.	
" "	Marinovich, Jakob.	
" "	Peretich, Peter.	
" "	Pajotto, Felix.	Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 1. Juni 1859.
" "	Silipas, Nikolaus.	" " 2. " " " 1. October 1858.
" "	Sersora, Blasius.	" " 2. " " " 1. Jänner 1859.
" "	Sronzin, Sebastian.	" " 2. " " " 1. October 1858.
" "	Huvich, Johann.	" " 1. " " " 1. Jänner 1859.
" "	Bugiolto, Andreas.	" " 2. " " " demselben Tage.
" "	Martineffi, Joseph.	
" "	Merlato, Jakob.	
" "	Zennaro, Alois.	
" "	Rucich, Michael.	Zum Matrosen 1. Classe befördert mit 1. Jänner 1859.
" "	Mattesich, Andreas.	
" "	Brazzati, Johann.	
" "	Sikich, Franz.	
" "	Gambin, Ferdinand.	Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 1. Juni 1859.

Matrose 3. Classe.	Bujanovich, Marcus.	In Shanghai desertirt den 7. August 1858.
"	Maras, Joseph.	
"	Blazizevich, Johann.	
"	Barkovich, Anton.	
"	Bagnos, Lucas.	In See den 17. October 1858 gestorben.
"	Menin, Joseph.	
"	Barrison, Peter.	
"	Verbanaz, Anton.	
"	Gelsich, Vito.	
"	Sparagna, Johann.	
"	Scarpa, Vincenz.	
"	Surdich, Dominik.	
"	Albanese, Rajetan.	Zum Matrosen 1. Classe befördert mit 1. Jänner 1859.
"	Devescovich, Johann.	
"	Scroggia, Johann.	Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 1. October 1858.
"	Randich, Vincenz.	
"	Bosnich, Peter.	Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 1. October 1858.
"	Sabianich, Georg.	
"	Savini, Anton.	Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 1. October 1858.
"	Mamut, Natal.	
"	Delise, Anton.	Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 1. October 1858.
"	Cusma, Anton.	" " 2. " " " 1. Juni 1859.
"	Alhel, Johann.	" " 2. " " " 1. October 1858.
"	Franzovich, Anton.	" " 2. " " " 1. Juni 1859.
"	Miglia, Anton.	" " 1. " " " 1. Juni 1859.
"	Marcosich, Jakob.	
"	Rugier, Oderigo.	
"	Calasati, Dominik.	
"	Azalin, Hieronymus.	In Singapore desertirt den 20. August 1858.
"	Jarcovich, Georg.	
"	Serlagna, Franz.	In Hongkong desertirt den 18. Juli 1858.
"	Spagnio, Michael.	
"	Morin, Johann.	Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 16. Jänner 1858.
"	Antonstich, August.	Ebenso.
"	Rudinich, Martin.	
"	Giurincich, Johann.	
"	Casimir, Jakob.	Zum Matrosen 1. Classe befördert mit 1. Juni 1859.
"	Simstich, Joseph.	In Shanghai desertirt den 5. August 1858.
"	Pavlis, Joseph.	
Schiffsjunge . . .	Kraus, Alois.	Zum Matrosen 2. Classe befördert mit 1. Jänner 1859.
" . . .	Ortmann, Wolf.	" " 3. " " " 1. September 1858.
" . . .	Pollak, Hermann.	" " 3. " " " 1. Juni 1859.
" . . .	Prohaska, Joseph Ernst.	
" . . .	Ruff, Joseph.	
" . . .	Janauschek, Leopold.	
" . . .	Weiser, Joseph.	

Schiffsjunge . . .	Lehner, Friedrich.
" . . .	Ronz, Anton.
" . . .	Pönisch, Karl.
" . . .	Simmonovich, Michael. Den 4. Mai 1858 in See gestorben.
" . . .	Sorster, Leopold.

K. K. Marine-Artillerie.

Feldwebel	Sornasaro, Peter.
Corporal	Kraus, Adolf.
"	Riedl, Franz. In Rio de Janeiro ausgeschifft den 20. August 1857.
Kanonier 1. Classe .	Sommer, Johann.
"	Rebel, Johann.
"	Brandl, Michael.
"	Megulsther, Johann.
Kanonier 2. Classe .	Franz, Wenzel.
"	Richter, Moriz.
"	Lunzbach, Joseph.
"	Stulzik, Franz.
"	Mulachie, Alois.
"	Restelli, Peter.
Corp. Waffenschmied	Duok, Anton.

K. K. Marine-Infanterie-Regiment.

Cadet-Feldwebel .	Rath, Joseph Baron. Zum Marine-Inf.-Oberlieut. befördert mit 1. Jänner 1859.
Corporal	Brenn, Adolf. Zum Feldwebel befördert mit 1. Juni 1859.
"	Orel, Eduard.
Gefreiter	Meder, Jakob. Zum Corporal befördert mit 1. Juni 1859.
"	Dragobratovich, Anton.
"	Suchy, Joseph.
Hornist	Makovich, Joseph.
Cadet-Gemeiner .	Gustofsky, Roman von. Zum Corporal befördert mit 1. October 1858.
Gemeiner	Sderich, Bartholomäus.
"	Trancich, Joseph.
"	Madon, Joseph.
"	Luscher, Johann.
"	Plek, Andreas.
"	Sisterer, Joseph.
"	Radonsky, Wenzel.
"	Turan, Johann.
"	Rißberger, Matthäus.
"	Moravek, Johann.
"	Richter, Franz.
"	Hogge, Joseph.
"	Stengl, Joseph.
"	Paletta, Johann.
"	Horky, Johann.

Gemeiner	Wissinger, Andreas.
"	Blaržek, Johann.
"	Hillinger, Joseph.
"	Doloschik, Valentin.
"	Pirak, Matthäus.
"	Schneeperger, Franz. Zum Gefreiten befördert mit 1. Juni 1859.
"	Girardi, Alois.
"	Sararž, Matthäus.
Feldwebel 1. Profos	Ielenko, Franz.
Corporal 2. "	Valentini, Joseph.

Marine-Musikbände.

Quasi-Feldwebel .	Radeschinsky, Joseph. Zum wirklichen Feldwebel befördert mit 1. October 1858.
Bandist	Wollak, Anton. Zum Corporalen befördert mit 1. Jänner 1859.
"	Schwagl, Sebastian.
"	Placchi, Eduard.
"	Iust, Franz.
"	Ernst, Paul.
"	Becher, Franz.

Marine-Arsenals-Arbeiter.

Corp. Mastenmacher	Sager, Franz.
Kalfaterer 1. Classe	Novello, Johann. Zum Corporalen befördert mit 1. October 1858.
Tischler 1. Classe .	Camusso, Alois. Ebenso.
Grobtschmid 1. Classe	Pregl, Franz. "
Schlosser 1. Classe .	Drotina, Franz. "
Tischler 2. Classe . .	Depeder, Felix. Zum Arbeiter 1. Classe befördert mit 1. Juni 1859.
" " . .	Storlese, Joseph.
Kalfaterer 2. Classe	Nidovich, Andreas.

Civilarbeiter.

Segelmacher 1. Cl.	Brunn, Johann.
" 4. "	Ginfi, Paul. Zum Arbeiter 3. Classe befördert mit 1. October 1858.
" 4. "	Ghezze, Cäsar. In Shanghai desertirt den 4. August 1858.
Tischler 3. Classe .	Pojanni, Angelicus. Zum Arbeiter 2. Classe befördert mit 1. Juni 1859.
" " .	Orbolato, Dominik. Ebenso.
Kalfaterer 3. Classe	Livio, Dominik. "
Böttcher 3. Classe .	Giacomazzi, Fortunato.

Isolirte.

Officiersdiener . .	Hoffer, Franz.
" . .	Nawratil, Franz.
" . .	Zwetcovich, Joseph.
" . .	Lovato, Joseph.
" . .	Klinar, Matthäus.
" . .	Killinger, Thomas.

- Officiersdiener . . Tikulin, Johann.
 " . . Lechner, Georg.
 " . . Brunello, Alois.
 1. Koch, Matr. 1. Cl. Hoffhardt, Wilhelm. Am 15. Juli 1858 in Hongkong ausgeschifft.
 2. " " 3. " Dolze, Georg. Zum 1. Koch und Matrosen 2. Classe befördert mit 8. October 1858.
 1. Speisem. Mat. 1 Cl. Bettamino, Johann.
 2. " " 2 Cl. Pančich, Matthias.

Wissenschaftliche Commission.

- Zur Geologie und Physik der Erde: Dr. Ferdinand Hochstetter. Am 7. Jänner 1859 in Auckland auf Neu-Seeland behufs geologischer Untersuchungen ausgeschifft.
 " Botanik . . . Dr. Eduard Schwarz.
 " " . . . Anton Jelinek, Kunstgärtner.
 " Zoologie . . . Georg Frauentfeld.
 " " . . . Johann Zeeßor.
 " Länder- und Völkertunde: Dr. Karl Scherzer. Am 11. Mai 1859 in Valparaiso im Interesse einer Reise nach Peru zu wissenschaftlichen Zwecken ausgeschifft, und am 1. August in Gibraltar wieder mit der Fregatte zusammengetroffen.
 Maler Joseph Selleny.

Zusammen 352 Mann.



Anhang B: Abstract

Die Weltumsegelung mit der k. k. Kriegsmarineregatte Novara in den Jahren 1857 bis 1859 war die wohl bedeutendste Expedition, die unter Österreichischer Flagge durchgeführt wurde. Mit ihr wurden wissenschaftliche, ökonomische, militärische und nationale Interessen verfolgt. Die Schiffsnavigation zählte zu den expliziten Forschungszielen, blieb in der historischen Rezeption aber weitgehend unbearbeitet. Im Rahmen dieser Masterarbeit wird die Navigation der Novara im Kontext der Expedition als ein Zusammenspiel von Menschen, Instrumenten und Methoden beschrieben. Dabei wird versucht darzustellen, dass eine gemeinsame geometrische Basis sowohl diese drei Perspektiven als auch antike Praktiken der Orts- und Zeitbestimmung mit jenen des 19. Jahrhunderts verbinden und darüber hinaus Anknüpfungspunkte zur Gegenwart liefern kann.

Referenzen

Renate *Basch-Ritter*, Die Weltumsegelung der Novara 1857–1859: Österreich auf allen Meeren (Akad. Druck- und Verlagsanstalt: Graz, 2008).

Jim A. *Bennett*, Octant. In: Robert *Bud* (Hg.), Instruments of science: an historical encyclopedia (The Science Museum [u.a.]: London [u.a.], 1998) 419–420.

Jim A. *Bennett*, Sextant. In: Robert *Bud* (Hg.), Instruments of science: an historical encyclopedia (The Science Museum [u.a.]: London [u.a.], 1998) 530–532.

Jonathan *Betts*, Chronometer. In: Robert *Bud* (Hg.), Instruments of science: an historical encyclopedia (The Science Museum [u.a.]: London [u.a.], 1998) 112–114.

Günter Paul *Bolze*, Zwischen Navigation & Himmelsschau: 150 Jahre Novara – Himmelsereignisse zur Navigation und als Momente von Ästhetik und Bewunderung" In: Stefan *Gugere*l [u.a.] (Hg.), Astronomie und Gott? (Institut für Religion und Frieden: Wien, 2010).

Brockhaus' Konversationslexikon, Teilmaschine (15. Band, 14. Auflage, F. A. Brockhaus: Leipzig [u.a.], 1894–1896) 664. Digitalisat, online unter: <http://elexikon.ch/1888_bild/65_0666#Bild_1888> (25.05.2017).

Rudolph *Brommy*, Die Marine: Unter Berücksichtigung der Fortschritte der Gegenwart und unter Hinzufügung der in Oesterreich gebräuchlichen italienischen Terminologie, neu bearbeitet von Heinrich *Littrow* (Duncker: Berlin, 1865). Digitalisat, online unter: <http://digital.onb.ac.at/OnbViewer/viewer.faces?doc=ABO_%2BZ116951701> (06.12.2017).

Bureau International des Poids et Mesures, The International System of Units: SI (8th edition, Organisation Intergouvernementale de la Convention du Mètre, 2006), online unter: <https://www.bipm.org/utis/common/pdf/si_brochure_8_en.pdf> (14.01.2018).

Oscar *Criste*, Bernhard Freiherr von Wüllerstorff-Urbair. Online-Version aus: Allgemeine Deutsche Biographie 44 (1898) 308–309, online unter: <<https://www.deutsche-biographie.de/gnd118635433.html#adbcontent>> (26.12.2017).

Lorraine *Daston*, Die Kultur der wissenschaftlichen Objektivität. In: Michael *Hagner* (Hg.), Ansichten der Wissenschaftsgeschichte (Fischer: Frankfurt am Main, 2001) 137–160.

Lorraine *Daston*, Peter *Galison*, Objektivität (Suhrkamp: Frankfurt am Main, 2007).

Deutsches Schiffahrtsmuseum, 7. Ausschreibungen zur Lösung des Längenproblems, Sonderausstellung "Zeit auf See", 2012, online unter: <<http://www.dsm.museum/ausstellung/sonderausstellungen/zeit-auf-see/7-ausschreibungen-zur-loesung-des-laengenproblems.5011.de.html>> (13.04.2017).

Curt *Dietzschold*, Die Hemmungen der Uhren: ihre Entwicklung, Konstruktion, Reparatur und Behandlung vor der Reglage, nebst zugehörigen Tabellen, zahlreichen Abbildungen und 6 Porträts (Dietzscholds Verlag: Krems 1905). Digitalisat, online unter: <<https://ia902605.us.archive.org/35/items/diehemmungender00dietgoog/diehemmungender00dietgoog.pdf>> (18.06.2017).

Gerhard *Dohrn-van Rossum*, Die Geschichte der Stunde: Uhren und moderne Zeitordnung (Hanser: München [u.a.], 1992).

John Louis Emil *Dreyer*, Tycho Brahe: a picture of scientific life and work in the sixteenth century (Adam & Charles Black: Edinburgh, 1890). Digitalisat, online unter: <<https://archive.org/details/tycho-brahepictur00dreyrich>> (19.04.2017).

Encyclopædia Britannica, Sextant (11. Edition, Cambridge, England at the University Press New York, 1911) 749–751. Digitalisat, online unter: <<https://archive.org/stream/encyclopaediabri24chisrich/page/748/mode/1up>> (06.04.2017).

Ludwik *Fleck*, Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache: Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv (Suhrkamp: Frankfurt am Main, 1980, Erstveröffentlichung 1935) 146–164.

John *Hadley*, The Description of a New Instrument for Taking Angles (Esq; Vice-Pr. R. S. Communicated to the Society on May 13, 1731). In: *Royal Society* (Hg.), Philosophical Transactions: 1683–1775 (Vol. 37, 1731–1732). Digitalisat online unter: <<https://www.jstor.org/stable/pdf/104076.pdf>> (06.04.2017).

Klaus *Hentschel*, Historiographische Anmerkungen zum Verhältnis von Experiment, Instrumentation und Theorie. In: Christoph *Meinel* (Hg.), Instrument – Experiment: historische Studien (Verl. für Geschichte der Naturwiss. und der Technik: Berlin [u.a], 2000) 13–51.

Hydrographische Anstalt der k. k. Marine (Hg.), Reise der österreichischen Fregatte Novara um die Erde, in den Jahren 1857, 1858, 1859 unter den Befehlen des Commodore B. von Wüllerstorff-Urbair: Nautisch-physicalischer Theil (Gerold: Wien, 1862–1865).

Kaiserliche Akademie der Wissenschaften, Bemerkungen und Anweisungen für die Naturforscher, welche die Expedition von Sr. K. K. Apost. Maj. Fregatte "Novara", unter dem Commando des Herrn Obersten Bernhard von Wüllerstorff-Urbair, begleiten (k. k. Hof- und Staatsdruckerei: Wien, 1856).

Marianne *Klemun*, Ulrike *Spring* (Hg.), Expeditions as Experiments: Practising Observation and Documentation (Palgrave Macmillan: London, 2016).

Marianne *Klemun*, Introduction: 'Moved' Natural Objects - 'Spaces in Between'. In: HOST Journal of History of Science and Technology, Vol. 5 (Spring 2012) 9–16.

Kunsthistorisches Museum Wien, Sogenannte Wiener Kristalluhr: Tischuhr (KHM, Kunstkammer), online unter: <<https://www.khm.at/en/objektdb/detail/87315/?offset=0&lv=list&cHash=b13b14008d88f25b80ed8cc233a0ce74>> (18.06.2017).

Bruno *Latour*, Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft: Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie (Aus dem Englischen von Gustav *Roßler*, Suhrkamp: Frankfurt am Main, 2007).

Carl Ludwig *Littrow*, Bemerkungen zu nachstehender Abhandlung des Herrn Dir. Åstrand: "Neue einfache Methode für Zeit- und Längenbestimmung". In: *Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften*, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe, LVI. Band, I. und II. Heft, Jahrgang 1867 Juni–Juli (k. k. Hof- und Staatsdruckerei: Wien, 1867) 345–349.

Carl Ludwig *Littrow*, Beiträge zur nautischen Astronomie. In: Carl Ludwig *Littrow* (Hg.), Annalen der k. k. Sternwarte in Wien (21. Theil, 1. Band neuer Folge, Wallishausser: Wien 1841).

Carl Ludwig *Littrow*, Über die Methode der Längenbestimmung durch Differenzen von Circummeridianhöhen und deren Anwendung während der Weltumsegelung S. M. Fregatte Novara. Sonderdruck aus: *Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften* 47.1863,2 (Gerold: Wien, 1863).

Adolf *Marcuse*, Astronomie in ihrer Bedeutung für das praktische Leben (B.G. Teubner: Leipzig, 1919).

Josef *Marhold*, Die Weltreise der "Novara": in den Jahren 1857–1859 (Steyrermühl: Wien, 1934).

Meyers Großes Konversations-Lexikon, Äther (6. Auflage, 2. Band, Bibliographisches Institut: Leipzig [u.a.], 1905) 34. Digitalisat, online unter: <<http://www.zeno.org/Meyers-1905/K/meyers-1905-002-0034>> (17.10.2017).

Margaret *Olds* (Hg.), Astronomia: Galaxien, Planeten, Sterne, Sternkarten (Beratung: Fred *Watson*, Übersetzung aus dem Englischen: Frank *Auerbach* [u.a.], Ullmann: Potsdam, 2008).

Online-Duden, Nonius, Bedeutungsübersicht. Bibliographisches Institut GmbH, online unter: <<http://www.duden.de/rechtschreibung/Nonius>> (04.04.2017).

Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig, Funktionsweise und typische technische Realisierungen von Atomuhren, online unter: <<https://www.ptb.de/cms/ptb/fachabteilungen/abt4/fb-44/ag-441/realisierung-der-si-sekunde/funktionsweise-und-typische-technische-realisierungen-von-atomuhren.html>> (14.01.2018).

Liselotte *Popelka*, Joseph Selleny und seine Aquarelle von der Weltreise der Novara 1857–1859. In: *Schriften des Heeresgeschichtlichen Museums in Wien*, 2 (Hermann Böhlaus: Graz [u.a.], 1963) 63.

Royal Museums Greenwich, Longitude found: John Harrison (National Maritime Museum, Greenwich, London), online unter: <<http://www.rmg.co.uk/discover/explore/longitude-found-John-Harrison>> (29.06.2017).

Peter *Salcher*, Geschichte der k. u. k. Marine-Akademie (Gerold: Wien, 1902).

Philipp *Sarasin*, Was ist Wissensgeschichte? In: *Internationales Archiv für Sozialgeschichte der deutschen Literatur*, 36/1, DOI 10.1515/iasl.2011.010 (Juli 2011) 159–172.

Franz *Schaub*, Eugen *Gelcich*, Nautische Astronomie für den Gebrauch der k. k. Seeoffiziere (unveränderter Nachdruck, Verlag der Wissenschaften: Norderstedt, 2015, Original von 1878).

Franz *Schaub*, Carl Ludwig *Littrow*, Nekrolog auf Dr. F. v. Schaub: von Herrn Prof. C. v. Littrow. In: Christian August Friedrich *Peters* (Hg.), *Astronomische Nachrichten*, 77. Band (Buch- und Steindruckerei Hammerich und Lesser: Altona, 1871).

Karl *Scherzer*, Reise der österreichischen Fregatte Novara um die Erde, in den Jahren 1857, 1858, 1859 unter den Befehlen des Commodore B. von Wüllerstorff-Urbair: Beschreibender Theil I (Gerold: Wien, 1861).

Karl *Scherzer*, Reise der österreichischen Fregatte Novara um die Erde, in den Jahren 1857, 1858, 1859 unter den Befehlen des Commodore B. von Wüllerstorff-Urbair: Beschreibender Theil I (2. Auflage, Gerold: Wien, 1864).

Karl *Schütte*, Grundbegriffe der sphärischen Astronomie. In: Günter Dietmar *Roth* (Hg.), *Handbuch für Sternfreunde: Wegweiser für Praktische Astronomische Arbeit* (Springer: Berlin [u.a.], 1960).

Eduard *Schwarz*, Reise der österreichischen Fregatte Novara um die Erde, in den Jahren 1857, 1858, 1859 unter den Befehlen des Commodore B. von Wüllerstorff-Urbair: Medizinischer Theil (Gerold: Wien, 1861).

Steven *Shapin*, Woher stammt das Wissen in der wissenschaftlichen Revolution? In: Michael *Hagner* (Hg.), *Ansichten der Wissenschaftsgeschichte* (Fischer: Frankfurt am Main, 2001) 43–103.

Fritz *Staudacher*, Jost Bürgi erfand nicht nur die Sekunde (SPS Swiss Physical Society), online unter: <<http://www.sps.ch/artikel/physik-anekdoten/jost-buergi-erfand-nicht-nur-die-sekunde-5/>> (18.06.2017).

Johann *Steinmayr*, die Geschichte der Wiener Universitätssternwarte im 19. Jahrhundert, 2. Teil (1934). Typoskript in: Jürgen *Hamel*, Isolde *Müller*, Thomas *Posch* (Hg.), *Die Geschichte der Universitätssternwarte Wien: Dargestellt anhand ihrer historischen Instrumente und eines Typoskripts von Johann Steinmayr* (Harri Deutsch Verlag: Frankfurt am Main, 2010).

Antheus *Stupar*, Lehrbuch der Navigation (2., vielfach Neubearb. Auflage, Braumüller: Wien, 1919).

Uhrenlexikon, Kreuzschlaghemmung (wissenmedia GmbH: Gütersloh/München, 1987), online unter: <<http://www.uhrenlexikon.de/begriff.php?begr=Kreuzschlaghemmung>> (17.06.2017).

Universität Erfurt, Sektion 8: Himmelsspektakel und die Macht der Bilder, online unter: <<http://himmelsspektakel.uni-erfurt.de/sektion-8/>> (19.04.2017).

University of Toronto, Sextant: Astronomy, Scientific Instruments Collection, online unter: <<https://utsic.escalator.utoronto.ca/home/blog/instrument/sextant-3/>> (11.04.2017).

Friedrich *Wallisch*, Sein Schiff hieß Novara: Bernhard von Wüllerstorff, Admiral und Minister (Herold: Wien, 1966).

David G. L. *Weiss*, Gerd *Schilddorfer*, Novara: Österreichs Traum von der Weltmacht (Amalthea: Wien, 2010).

Georg Daniel Eduard *Weyer*, Vorlesungen über nautische Astronomie, gehalten an der Königl. Marineschule in Kiel (Schwers: Kiel, 1871).

Constantin von *Wurzbach*, Littrow, Heinrich Edler von. In: *Biographisches Lexikon des Kaiserthums Österreich* (15. Theil, k. k. Hof- und Staatsdruckerei: Wien, 1866). Digitalisat, online unter: <http://www.literature.at/viewer.alo?objid=11770&viewmode=fullscreen&scale=3.33&rotate=&page=288> (06.01.2018).

Ernst Zinner, Deutsche und niederländische astronomische Instrumente des 11.–18. Jahrhunderts (Beck: München, 1956).

Ernst *Zinner*, Geschichte der Sternkunde: von den ersten Anfängen bis zur Gegenwart (Springer: Berlin, 1931).

Bildquellen

Peter *Apian*, *Introductio geographica* (Ingolstadt, 1533). Digitalisat, online unter: <<http://lhldigital.lindahall.org/cdm/ref/collection/time/id/243>> (19.04.2017).

Tycho *Brahe*, *Astronomiæ instauratæ mechanica* (Wandsbek, 1598). Digitalisat, online unter: <<https://archive.org/details/TychonisBraheAs00Brah>> (19.04.2017).

Carl *Bremiker* (Hg.), *Nautisches Jahrbuch oder vollständige Ephemeriden und Tafeln für das Jahr 1860: Zur Bestimmung der Länge, Breite und Zeit zur See, nach astronomischen Beobachtungen* (Reimer: Berlin, 1858). Digitalisat, online unter: <<https://download.digitale-sammlungen.de/pdf/1508412489bsb10538450.pdf>> (19.10.2017).

Stephan *Brunker*, Schemazeichnung Sextant, online unter: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sextant_2.png> (15.10.2017).

Georges *Clerc-Rampal*, *Mer: la Mer Dans la Nature, la Mer et l'Homme* (Paris: Librairie Larousse 1913) 261, online unter: <<http://digitalcollections.lib.washington.edu/cdm/singleitem/collection/fishimages/id/47804/rec/1>> (11.10.2017).

Carlos A. *Furuti*, *Useful Map Properties: Directions*, online unter: <<http://www.progonos.com/furuti/MapProj/Normal/CarProp/Rhumb/rhumb.html>> (11.10.2017).

John *Hadley*, *The Description of a New Instrument for Taking Angles* (Esq; Vice-Pr. R. S. Communicated to the Society on May 13, 1731). In: *Royal Society* (Hg.), *Philosophical Transactions: 1683–1775* (Vol. 37, 1731–1732). Digitalisat online unter: <<https://www.jstor.org/stable/pdf/104076.pdf>> (06.04.2017).

Hydrographische Anstalt der k. k. Marine (Hg.), *Reise der österreichischen Fregatte Novara um die Erde, in den Jahren 1857, 1858, 1859 unter den Befehlen des Commodore B. von Wüllerstorff-Urbair: Nautisch-physicalischer Theil* (Gerold: Wien, 1862–1865).

Amand *Kraml*, *250 Jahre Sternwarte Kremsmünster*, online unter: <<http://www.specula.at/adv/250jahre.htm>> (25.05.2017). Abbildung aus: Sigmund *Fellöcker*, *Geschichte der Sternwarte der Benediktiner-Abtei Kremsmünster* (Stifts-Verlag: Linz, 1964).

Kunsthistorisches Museum Wien, Sogenannte Wiener Kristalluhr: Tischuhr (KHM, Kunstkammer), online unter: <<https://www.khm.at/en/objektdb/detail/87315/?offset=0&lv=list&cHash=b13b14008d88f25b80ed8cc233a0ce74>> (18.06.2017).

Werner *Lehnberg*, *Astronomische Ortsbestimmung mit dem Sextanten*, online unter: <<http://docplayer.org/37229965-Astronomische-ortsbestimmung-mit-dem-sextanten.html>> (26.10.2017).

Joseph Johann *Littrow* (Hg.), *Kalender für alle Stände* (Wien: Beck, 1836) 7. Digitalisat, online unter: <<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=njp.32101073695536;view=1up;seq=13>> (17.08.2017).

Meyers Großes Konversations-Lexikon, Uhr (6. Auflage. 19. Band, Bibliographisches Institut: Leipzig [u.a.], 1909) Fig. 23: Chronometerhemmung von Earnshaw, online unter: <<http://www.zeno.org/Meyers-1905/B/Uhr>> (14.07.2017).

Royal Museums Greenwich, Harrison's marine timekeeper H4 (National Maritime Museum, Greenwich, London), online unter: <<http://prints.rmg.co.uk/art/515403/harrisons-marine-timekeeper-h4>> (29.06.2017).

Royal Museums Greenwich, Three-quarter view of Harrison's marine timekeeper H1 (National Maritime Museum, Greenwich, London), online unter: <<http://prints.rmg.co.uk/art/506582/three-quarter-view-of-harrisons-marine-timekeeper-h1>> (29.06.2017).

Frank *Sauer*, Koordinatensystem des Wahren Horizonts, online unter: <<http://wp.astrosail.com/tutorial/astronomische-navigation/koordinatensysteme/koordinatensystem-des-wahren-horizonts/>> (19.10.2017).

Karl *Scherzer*, Reise der österreichischen Fregatte Novara um die Erde, in den Jahren 1857, 1858, 1859 unter den Befehlen des Commodore B. von Wüllerstorff-Urbair: Beschreibender Theil I (Gerold: Wien 1861).

Karl *Scherzer*, Reise der österreichischen Fregatte Novara um die Erde, in den Jahren 1857, 1858, 1859 unter den Befehlen des Commodore B. von Wüllerstorff-Urbair: Beschreibender Theil I (2. Auflage, Gerold: Wien 1864).

Karl *Schütte*, Grundbegriffe der sphärischen Astronomie. In: Günter Dietmar *Roth* (Hg.), Handbuch für Sternfreunde: Wegweiser für Praktische Astronomische Arbeit (Berlin [u.a.]: Springer, 1960).

Segellexikon Ausgabe 2015, Seekarte, online unter: <<http://www.sailingace.com/segellexikon/d/seekarte/seekarte.htm>> (11.10.2017).

Antheus *Stupar*, Lehrbuch der Navigation (2., vielfach Neubearb. Auflage, Wien: Braumüller, 1919).

Universität Erfurt, Sektion 8: Himmelsspektakel und die Macht der Bilder, online unter <<http://himmelspektakel.uni-erfurt.de/sektion-8/>> (19.04.2017). Abbildung aus: Johannes *Hevelius*, Machinae coelestis (Danzig, 1673).

University of Toronto, Sextant: Astronomy, Scientific Instruments Collection, online unter: <<https://utsic.escalator.utoronto.ca/home/blog/instrument/sextant-3/>> (11.04.2017).