

Navigation an den Sternen

Eine Seminararbeit im Fach Astronomie

Danae Wengh



Abbildung 1: Sternkarte

(https://verein-sternenpark-rhoen.de/wp-content/uploads/2019/01/VdS-Sternkarte_-03-1024x711.jpg)

Greselius Gymnasium Bramsche

Fachlehrer: Herr Riemer

Schuljahr: 2023/2024

Abgabetermin: 21.02.2024, Bramsche

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung.....	2
2 Wie funktioniert Navigation an den Sternen?.....	2
2.1 Bestimmung am Polarstern.....	8
2.2 Meridianbreite.....	9
2.3 Astronomische Standlinien.....	9
3 Navigation an den Sternen in der Weltgeschichte.....	10
3.1 Antike.....	11
3.2 Die Wikinger.....	12
3.3 Polynesier.....	13
3.4 Neuzeit.....	13
4 Astronomische Instrumente.....	14
4.1 Astrolabium und Seeastrolabium.....	14
4.2 Sonnenkompass.....	15
4.3 Sonnenstein.....	16
4.4 Sternkompass.....	17
4.5 Jakobstab.....	17
4.6 Oktant und Sextant.....	18
5 Fazit.....	20
6 Anhang.....	21

1 Einführung

Die Navigation an den Sternen wirkt auf den ersten Blick einfach, ist bei genauerem Hinsehen allerdings ein hochkomplexer Prozess. Genau diese Tiefe und alle mit der Navigation verbundenen Versuche, möglichst genau seine Position zu bestimmen, möchte ich in dieser Arbeit darstellen. Nicht nur werde ich beschreiben, was die Navigation an den Sternen genau ist und die akkuratesten Bestimmungsmaßnahmen erklären, ich möchte auch einen Fokus auf frühere Epochen legen und anhand einiger ausgewählter Völker darstellen, wie die Navigation vor der Erfindung von hochsensiblen Messinstrumenten möglich war. Die Völker und Epochen, auf die ich mich beziehen werde, sind zum einen antike Zivilisationen wie die Griechen, Seefahrervölker wie die Wikinger und Polynesier, zum anderen aber auch die Zivilisation der Neuzeit mit immer präziseren Messinstrumenten. Mit einem kurzen Fazit über die Navigation an den Sternen werde ich dann meine Facharbeit beenden.

2 Wie funktioniert Navigation an den Sternen?

Heutzutage können wir anhand von GPS-Geräten kinderleicht auf der Welt navigieren und uns zurechtfinden. Doch früher war die Navigation nicht ansatzweise so einfach. Um zu wissen, wo auf der Welt man sich befindet, teilt man die Welt in ein Netz, bestehend aus Breitengraden, die parallel zum Äquator und von dort zu den jeweiligen Polen zu maximal 90° nördlicher Breite und 90° südlicher Breite verlaufen und Längengraden, die ausgehend vom „Nullmeridian“, der die Sternwarte in Greenwich (London) schneidet, vom Nord- zum Südpol verlaufen. So kann man maximal 180° östliche Länge und 180° westliche Länge messen¹. Doch dieses Netz alleine brachte unsere Vorfahren auch nicht weiter, man musste bestimmen können, wo auf dem Netz man sich befand. Dazu fing man an, die Positionen einiger Gestirne, wie zum Beispiel die des Polarsterns, in der nördlichen Hemisphäre oder die des Kreuzes des Südens in der südlichen Hemisphäre zu nutzen. Darüber hinaus sind auch die Sonne und der Mond noch immer bestens geeignet, um sich auf See zurechtzufinden². Anhand ihres Winkels über dem Horizont lässt sich die geografische Breite des Betrachters

1 Klett.de (aufgerufen am 04.02.2024).

2 Hightech-Wunder der Geschichte: Navigation, ZDF Mediathek, Minute 5 (aufgerufen am 13.02.2024).

bestimmen. Während erste astronomische Instrumente noch extrem ungenau waren, machte man es sich zur Aufgabe, sie stetig zu verbessern. Noch bis in die Neuzeit tüftelte man an der Präzisierung der Instrumente zur Astronavigation. Heute sind zwar die Messgeräte hochpräzise, die astronomische Navigation ist mittlerweile aber weitgehend unwichtig geworden und wird eher als Hobby ausgeübt. Trotzdem ist die Astronavigation ein hochinteressantes Gebiet aufgrund ihrer Komplexität und dem Wissen unserer Vorfahren.

Bevor ich erkläre, wie man aus den Sternen seinen Standort bestimmt, stelle ich Himmelskoordinatensysteme zum Zurechtfinden vor. Jeder Stern lässt sich zu jeder Uhrzeit im Koordinatensystem wiederfinden, somit erleichtert es massiv die Positionsbestimmung.

Man unterscheidet zwischen dem Horizontsystem und den Äquatorialsystemen (beweglich und unbeweglich)³, wobei ich den exakten Unterschied der Äquatorialsysteme der Einfachheit halber nicht genauestens darstellen werde.

Den Himmel kann man sich als eine riesige Kugel vorstellen, auf der alle Sterne angeordnet sind.

Nord- und Südpol der Erde lassen sich erweitern und als Himmelsnord- und Himmelssüdpol darstellen. Auch der Erdäquator kann als eine Ebene vergrößert werden und auf dem Himmel als Himmelsäquator auf der Äquatorebene abgebildet werden. Die Himmelskugel wird noch erweitert, indem die Ebene der Erdumlaufbahn, die Ekliptik, hinzugefügt wird. Zusätzlich zur Ekliptik werden Zenit und Nadir auf der Himmelskugel angezeigt, die rechtwinklig zur Ekliptik stehen. Durch die leichte Schiefelage der Erde haben die Ekliptik zur Äquatorebene, ebenso wie Zenit und Nadir zum Himmelsnord- und Himmelssüdpol einen Unterschied von $23,4^{\circ}$ ⁴ (siehe Abbildung 2).

3 LEIFphysik-Astronomische Koordinatensysteme (aufgerufen am 06.02.2024).

4 LEIFphysik-Himmelskugel (aufgerufen am 03.02.2024).; LEIFphysik-Astronomische Koordinatensysteme (aufgerufen am 03.02.2024).

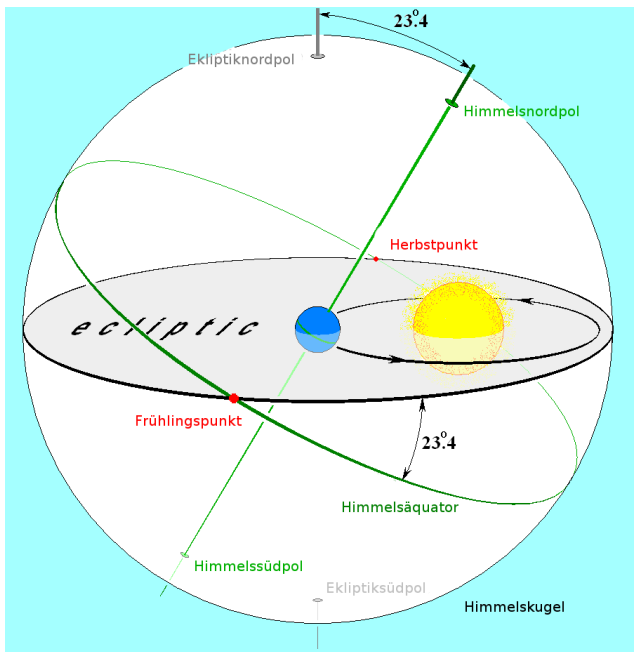


Abbildung 2: Himmelskugel

(<https://sag-sas.ch/wp-content/uploads/ekliptik.png>)

Ab hier liegt ein eindeutiger Unterschied der Systeme vor, die Äquatorialsysteme sind wie folgt aufgebaut:

Einen Stern kann man auf der Himmelskugel anhand seiner Deklination und der Rektaszension/des Stundenwinkels einordnen (je nach Koordinatensystem). Die Deklination ist die Höhe des Sterns über dem Himmelsäquator⁵. Als Rektaszension wird der Winkel vom Frühlingspunkt bis zum Stundenkreis⁶ des Sternes bezeichnet. Der Frühlingspunkt ist einer der Punkte, an denen Himmelsäquator und Ekliptik sich schneiden. Am 21.03. (dem Frühlingsanfang auf der Nordhalbkugel) steht die Sonne im Frühlingspunkt⁷. Da der Frühlingspunkt unabhängig vom Betrachterstandort ist, kann die Rektaszension von überall bestimmt werden. Sie wird von südlicher in östliche Richtung positiv gemessen⁸. Der Stundenwinkel wird von südlicher in westliche Richtung gemessen und ist abhängig vom Standort des Betrachters. Der Abstand des Stundenkreises des Sterns zum Meridian⁹ ist der Stundenwinkel. Durch das

⁵ ARD alpha-Deklination (aufgerufen am 04.02.2024).

⁶ Der Stundenkreis ist im Grunde der Längengrad eines Sterns. Er ist ein Großkreis, der durch beide Himmelspole verläuft und den Himmelsäquator senkrecht schneidet. (Spektrum.de-Stundenkreis (aufgerufen am 04.02.2024)).

⁷ Spektrum.de-Frühlingspunkt (aufgerufen am 04.02.2024)

⁸ ARD alpha-Rektaszension (aufgerufen am 04.02.2024).

⁹ Der Meridian ist ein Großkreis, der durch Zenit, Nadir, Himmelsnordpol und Himmelssüdpol verläuft und den die Ebene des Horizonts im Nord- und Südpunkt schneidet. (LEIFiphysik-Himmelskugel (aufgerufen am 04.02.2024)).

Messen des Abstandes gibt der Stundenwinkel an, wann ein Stern zuletzt den Meridian überschritten hat und wird deswegen als Zeiteinheit angegeben¹⁰ (Umrechnung¹¹) (Siehe Abbildung 3 und Tabelle).

Das Ganze lässt sich noch weiter ausführen, die Umrundung der Sterne am Himmel wird mit der Sternzeit angegeben, diese bezieht sich auf den Stundenwinkel des Frühlingspunktes. Ein Sterntag beginnt um 0 Uhr, wenn der Frühlingspunkt im Meridian liegt und endet nach 24h, wenn der Frühlingspunkt durch die Erdrotation für uns wieder im Meridian liegt. Der Sterntag ist etwa vier Minuten kürzer als ein Sonnentag, da die Erde rund 23h und 56min für eine Eigenumrundung benötigt, der Sonnentag jedoch daran gemessen wird, wann die Sonne wieder auf den gleichen Punkt der Erde trifft und diese Zeit aufgrund der dezenten Schiefelage der Erde 24h misst. Ein Sterntag wird auch in 24h eingeteilt, diese sind dann allerdings kürzer als die uns Bekannten.

Es lässt sich auch ein Bezug von Sternzeit, Rektaszension und Stundenwinkel herstellen, sie alle stehen in der Beziehung $\tau(\text{Stundenwinkel}) = \Theta(\text{Sternzeit}) - \alpha(\text{Rektaszension})$ ¹². Aufgrund dieser Beziehung habe ich darauf verzichtet die beiden Äquatorialsysteme groß voneinander zu unterscheiden, denn sie stehen in engem Zusammenhang zueinander und wer die Sternzeit kennt, kann, egal ob mit dem bewegten oder ortsfesten Koordinatensystem, sowohl Stundenwinkel als auch Rektaszension ausrechnen.

10 Spektrum.de-Stundenwinkel (aufgerufen am 04.02.2024).

11 24h=360°
1h=15°.

12 Spektrum.de-Sternzeit (aufgerufen am 06.02.2024).

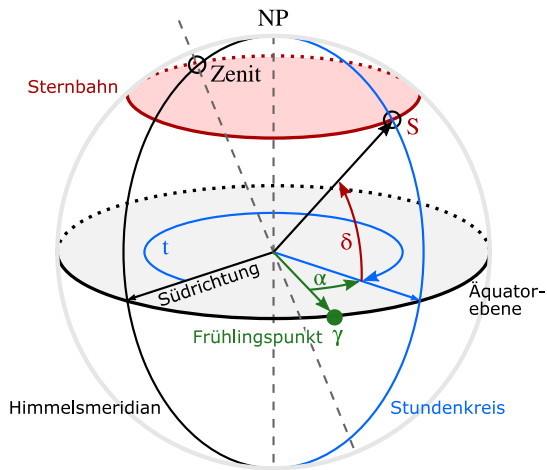


Abbildung 3: Deklination, RA, Stundenwinkel

(https://www.leifiphysik.de/sites/default/files/2018/12/image/astronomische_koordinatensysteme_aequatorialsystem.svg)

Tabelle 1: Legende zu Abbildung 3

(<https://www.leifiphysik.de/astronomie/sternbeobachtung/grundwissen/astronomische-koordinatensysteme>)

Definierte Richtung	Richtung der Rotationsachse der Erde
Grundkreis	Himmelsäquator
Polpunkte	Nördlicher und südlicher Himmelspol
Nullpunkt	Fest: Schnittpunkt von Himmelsmeridian und Himmelsäquator Beweglich: Frühlingspunkt auf Himmelsäquator
Bezeichnung der Kreise	Stundenkreise (Senkrecht zur Äquatorebene) Parallelkreise (Parallel zur Äquatorebene)
Koordinaten	Stundenwinkel t , Rektaszension α , Deklination δ
Abhängigkeit	t ist abhängig von Beobachtungsort und -zeit, δ und α sind unabhängig von Beobachtungsort und -zeit

Das horizontale Koordinatensystem ist etwas einfacher zu verstehen:

Auch hier gilt:

Es gibt eine Himmelskugel, auf der Nordpunkt (NP), Zenit, Nadir und Meridian verzeichnet sind, doch die Bestimmung der Sternposition ist anders.

Vom Horizont zum Gestirn lässt sich der Höhenwinkel (h) bestimmen, der zusammen mit der Zenitdistanz (z) (Winkel von Gestirn zum Zenit) 90° ergibt, es gilt also: $z+h=90^\circ$. Doch um die genaue Gestirnsposition bestimmen zu können, benötigt man auch den Azimut (A)¹³, dieser wird entweder in der Astronomie von Süd (0°) nach West (90°) nach Nord (180°) nach Ost (270°) gemessen und Südazimut genannt oder bei der Navigation von Nord (0°) nach Ost (90°) nach Süd (180°) nach West (270°) gemessen und Nordazimut genannt. Da der Nordazimut das gängigere Messverfahren ist und in der Navigation benutzt wird, ist der Südazimut für uns unwichtig¹⁴. Der Azimut ist also der Winkel vom Nordpunkt/Nordrichtung bis zum Schnittpunkt des Vertikalkreises des Sterns mit dem Horizont¹⁵.

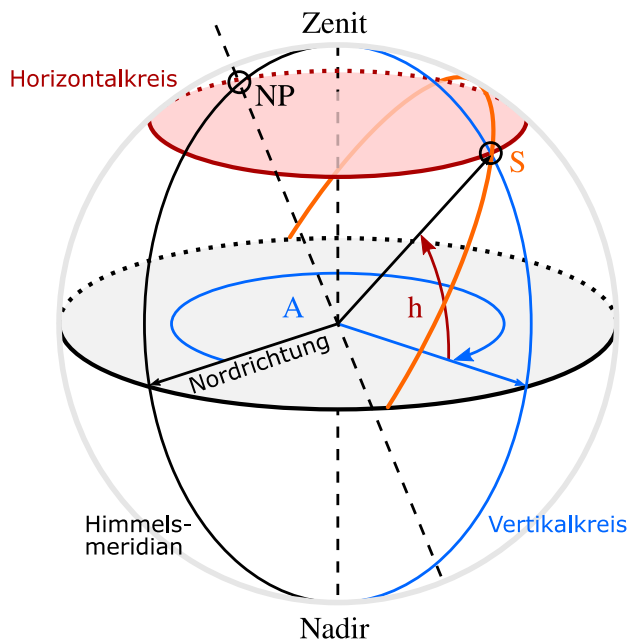


Abbildung 4: Horizontsystem

(https://www.leifphysik.de/sites/default/files/2018/12/image/astronomische_koordinatensysteme_horizontsystem.svg)

13 LEIFphysik-Astronomische Koordinatensysteme (aufgerufen am 06.02.2024).

14 Wikipedia-Azimut (aufgerufen am 06.02.2024).

15 LEIFphysik-Astronomische Koordinatensysteme (aufgerufen am 08.02.2024).

Tabelle 2: Legende zu Abbildung 4

(<https://www.leifiphysik.de/astronomie/sternbeobachtung/grundwissen/astronomische-koordinatensysteme>)

Definierte Richtung	Richtung der Schwerkraft
Grundkreis	Horizont
Polpunkte	Zenit – Nadir
Nullpunkt	Nordpunkt des Horizonts
Bezeichnung der Kreise	Vertikalkreise (Senkrecht zur Horizontebene), Horizontalkreise (Parallel zur Horizontebene)
Koordinaten	Azimut A, Höhe h
Abhängigkeit	A und h sind abhängig von Beobachtungsort und -zeit

Anhand dieser Koordinatensysteme und mithilfe von astronomischen Werkzeugen gibt es viele Wege, seinen Standort zu berechnen. Einige der nicht allzu komplizierten Methoden werde ich im Folgenden erläutern.

2.1 Bestimmung am Polarstern

Die wohl einfachste Methode anhand der Sterne zu Navigieren ist die Positionsbestimmung mit dem Polarstern (Nordstern). Der Polarstern liegt (aktuell) ziemlich genau am Himmelsnordpol (mit einer Abweichung von rund 0.7°). Durch die Kreiselbewegung der Erdachse um den Ekliptikpol ändert sich die Position des Polarsterns im Laufe der Zeit. Früher stand ein anderer Stern am Himmelsnordpol, doch für uns ist der Nordstern (auch: Polaris oder Stella Polaris) der Stern, der für die Positionsbestimmung bestens geeignet ist¹⁶. Der Winkel des Polarsterns über dem Horizont entspricht in etwa auch dem Breitengrad, auf dem sich der Beobachter befindet (bis auf die Abweichung der bereits genannten 0.7°)¹⁷. Die Breitengradbestimmung am Polarstern ist aber nur auf der

¹⁶ cosmos-indirekt.de-Polarstern (aufgerufen am 07.02.2024).

¹⁷ cosmos-indirekt.de-Breitenbestimmung (aufgerufen am 07.02.2024).

Nordhalbkugel möglich, da der Polarstern südlich des Äquators nicht zu sehen ist¹⁸.

2.2 Meridianbreite

Um seine Position anhand der Meridianbreite zu bestimmen ist das Wort „Kulmination“ wichtig. Ein Stern kulminiert zwei Mal im Laufe von 24h. Die obere Kulmination ist der höchste Punkt, den ein Stern erreicht, die untere Kulmination der Niedrigste¹⁹.

Anhand der höchsten Kulmination von Gestirnen wie etwa die der Sonne um 12 Uhr mittags auf dem Meridian (für uns also genau im Süden) lässt sich die eigene geografische Breite ermitteln. Man misst den Höhenwinkel des Gestirns und berechnet daraus die Zenitdistanz ($90^\circ - h$) und addiert zur Zenitdistanz die Deklination des Gestirns²⁰.

2.3 Astronomische Standlinien

Einen anderen Weg der Positionsbestimmung liefern sogenannte Standlinien. Bei der Standlinienmessung werden die Höhenwinkel zweier oder dreier Sterne gemessen. Mithilfe eines Chronometers, einer sehr genauen Uhr, und der zur bestimmten Zeit passenden Angabe im nautischen Almanach, einem astronomischen Jahrbuch mit tabellarisch verzeichneten Sternpositionen zu jeder Zeit²¹, wird der Punkt, wo der Stern im Zenit auf die Erde trifft, der Bildpunkt, bestimmt. Um den Bildpunkt eines Sternes wird nach Messen des Höhenwinkels eine kreisförmige Linie erdacht und auf einer Karte eingezeichnet. Diese Linie hat den Radius der Zenitdistanz ($90^\circ - h$) und umfasst somit teilweise mehrere tausend Kilometer. Eine zweite Messung an einem anderen Stern ergibt auch dort eine kreisförmige Standlinie um seinen Bildpunkt mit dem Radius $90^\circ - h$. Der Schnittpunkt der Beiden Linien ist die Position des Beobachters, wobei immer eine dritte Messung aufgenommen werden sollte, da es schnell zu Messungenauigkeiten auf offener See bei starkem Schwanken kommen kann oder die ersten zwei Linien zwei Schnittpunkte haben. (Siehe Abbildung 5). Geht die dritte Standlinie am Schnittpunkt/an einem der Schnittpunkte (leicht) vorbei, so liegt der Beobachterstandort in der dreieckigen Fläche, die die Linien umfassen²².

18 cosmos-indirekt.de-Polarstern (aufgerufen am 07.02.2024).

19 LEIFlphysik-Lauf der Gestirne (aufgerufen am 11.02.2024).

20 cosmos-indirekt.de-Meridianbreite (aufgerufen am 06.02.2024).

21 cosmos-indirekt.de-Nautical Almanac (aufgerufen am 11.02.2024).

22 wallhaeusser.de (aufgerufen am 08.02.2024).

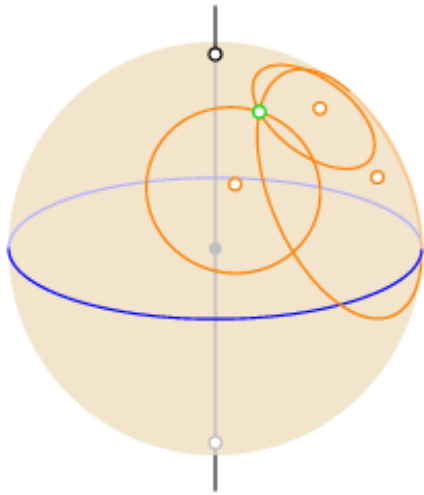


Abbildung 5: Standlinien

(<https://www.wallhaeusser.de/manate/astronav/astronav5.png>)

3 Navigation an den Sternen in der Weltgeschichte

Die genaueren der oben beschriebenen Methoden zur Ortsbestimmung anhand von Sternen können nur funktionieren, wenn man zeitgleich die eigene Zeit nehmen kann und die dazugehörigen Sternpositionen aus dem nautischen Almanach entnimmt. Da das Schiffschronometer aber erst 1759²³ und der Almanach 1767²⁴ erfunden wurden, musste man sich zuvor anders helfen. Anhand von bloßen Sternbeobachtungen lässt sich nämlich nur der Breitengrad bestimmen und dennoch konnten unsere Vorfahren ohne den heutigen Stand der Wissenschaft die Weltmeere besegeln und erfolgreich an ihre Ziele kommen. Wie ihnen das gelang, möchte ich in den folgenden Unterpunkten darstellen. Wichtig anzumerken ist hierbei, dass viele der Navigationsmethoden nur hypothetisch beschrieben werden können, da schlichtweg wissenschaftliche Quellen fehlen. Ich werde mich auf die Informationen beziehen, die leicht zugänglich sind und dabei nur die plausibelsten Hypothesen nennen.

²³ deutsches Uhrenmuseum (aufgerufen am 11.02.2024).

²⁴ cosmos-indirekt.de-Nautical Almanac (aufgerufen am 11.02.2024).

3.1 Antike

Die Antike war eine Epoche von ca. 800 v. Chr. bis 600 n. Chr., aus der viele Erfindungen stammen, die auch heute noch bekannt sind²⁵. Heutzutage gilt die Antike als Zeitalter der Wissenschaft, vor allem griechische Gelehrte wie Pythagoras oder Euklid sind noch immer berühmte Namen. Nicht nur große Mathematiker, sondern auch Astronomen lebten während der Antike. So wurde im antiken Griechenland das sogenannte „Astrolabium“ erfunden, das bis ins frühe 18. Jahrhundert in der Seefahrt zur Orientierung genutzt wurde. Das Astrolabium ist als Vorreiter des Sextanten bekannt und wurde später aufgrund seiner Untauglichkeit als Winkelmesser auf unruhiger See durch diesen ersetzt²⁶. Auf dem Astrolabium waren die Positionen einiger Sterne verzeichnet, denn man segelte im antiken Griechenland nach den Sternen, die gerade am Horizont auf- oder untergingen, um so auch ohne Kompass seine Himmelsrichtung bestimmen zu können²⁷.

Norden konnten die antiken Griechen entgegen des höchsten Punktes der Sonne oder durch Beobachten des großen Bären oder des Polarsterns bestimmen²⁸.

Rund 320 v. Chr. reiste der Astronom und Geograph Pythéas von Massalia Richtung Norden zum Polarkreis. Er war einer der Wenigen, die anhand der Schattenlängen der Sonne zur Mittagszeit oder mit Hilfe der Höhe des Sterns nahe des Himmelspols über dem Horizont seine geografische Breite berechnen konnte²⁹.

Die Irrfahrten des Odysseus, beschrieben in Homers „Odyssee“ erwähnen die Navigation anhand der Plejaden, die mit den Hyaden das „Goldene Tor der Ekliptik“ bilden. Odysseus erzählt, wie er die Insel Ogygia erreichte und von dort nach Ithaka segeln wollte, indem er sich „nach den Plejaden, den Bootes und dem Bären“ richtete. Zusätzlich gilt dem Sternbild des Orion besondere Wichtigkeit, sein mythologischer Hintergrund wird im 5. Gesang von Homer beschrieben. Orion ist ein sehr markantes Sternbild durch seine hohe Position am Himmel und die hellen Sterne und somit sehr beliebt für astronomische Navigation³⁰. Schon 700 v. Chr. wurde die Bedeutung der Plejaden und Hyaden für die Seefahrt deutlich, denn in seiner Schrift „Werke und Tage“ beschrieb der

25 Wikipedia-Antike (aufgerufen am 13.02.2024).

26 Hightech-Wunder der Geschichte: Navigation, ZDF Mediathek, Minute 6-9 (aufgerufen am 13.02.2024).

27 Wolfschmidt, Gudrun, S. 26.

28 Wolfschmidt, Gudrun, S. 26.

29 Wolfschmidt, Gudrun, S. 32.

30 Wolfschmidt, Gudrun, S. 27.

Dichter Hesiod bereits, dass Winter bis Frühjahr zum Segeln eine ungeeignete Zeit sei, da die Plejaden und Hyaden zu der Zeit früh untergehen würden (Plejaden ab dem 31. Oktober, Hyaden ab dem 04. November). Nur die Zeit vom 22. Juni bis zum 11. August sei laut Hesiod bestens zum Segeln geeignet³¹.

Neben den Griechen galten in der Antike die Phönizier, aus dem heutigen Libanon und Syrien, als erste Segler, die nach den Sternen segelten. Sie machten sich das Sternbild des kleinen Bären zunutze³².

3.2 Die Wikinger

Als Wikinger bezeichnet man schiffsreisende Personengruppen aus den nordischen europäischen Gebieten rund um die Nord- und Ostsee, die während des Frühmittelalters um 790-1070 n. Chr. Lebten³³. Obwohl zu dem Zeitpunkt keine für uns heute ausschlaggebenden Erfindungen zur Astronavigation vorhanden waren, schafften es die Wikinger immer wieder erfolgreich, neues Land anzusteuern. Sie waren tatsächlich schon lange vor Kolumbus in Amerika, doch um diese seefahrerische Präzision auszuüben, bedarf es einem geschulten Umgang mit großem Wissen³⁴.

Die Instrumente, die genutzt wurden, um sich auf See zurechtzufinden, galten lange als Mythos und wurden nur hypothetisch dargestellt. 2011 fand man jedoch bei einem Tauchgang in einem Schiffswrack einen sogenannten Sonnenstein und konnte nun deutlich mehr über die Navigationskunst der Wikinger in Erfahrung bringen³⁵. Die genaue (angenommene) Funktion des Sonnensteins sowie die eines Sonnenkompasses, die zur astronomischen Navigation verwendet wurden, werde ich später im Detail erläutern. Wichtig zu wissen ist grundsätzlich, dass die Wikinger anders als antike Gelehrte oder die Polynesier nicht anhand des Sternenhimmels bei Nacht, sondern anhand der Sonne bei Tag navigierten, da sie durch das Segeln in Polnähe oftmals bei dauerhaft scheinender Sonne unterwegs waren³⁶. Deshalb sind auch ihre Navigationsmittel an die Sonne angepasst und nicht etwa an den Nachthimmel.

31 Wolfschmidt, Gudrun S. 27-28.

32 Wolfschmidt, Gudrun, S. 30.

33 Wikipedia-Wikinger, (aufgerufen am 16.01.2024).

34 nationalgeographic.de-Als die Wikinger in Amerika waren (aufgerufen am 11.02.2024).

35 Die geniale Navigationskunst der Wikinger, ZDF Mediathek, Minute 4 (aufgerufen am 13.02.2024).

36 Die geniale Navigationskunst der Wikinger, ZDF Mediathek, Minute 1 (aufgerufen am 13.02.2024).

3.3 Polynesier

Die Polynesier sind indigene Volksstämme des heutigen Hawaiis oder Neuseelands, die vor mehr als 3000 Jahren bereits anfangen, die Weltmeere zu besegeln³⁷.

Sie schafften es von Pazifikinseln aus sowohl nach Hawaii als auch nach Neuseeland zu segeln und benutzten dafür ihre ganz eigenen Methoden. Ihre Navigation beruhte darauf, dass sie sich die Konfigurationen von über 100 Sternen und Sternbildern einprägten um daran zu erkennen, in welche Himmelsrichtung sie segelten. Bei den Polynesiern spielten auch Meeresströmungen, Winde und die Zugrichtung von Vögeln eine große Rolle, da man anhand dieser die ungefähre Position auf dem Wasser erkennen konnte.

Obwohl noch keine exakten Mess- und Navigationsverfahren existierten, halfen die Sterne auch 1000 v. Chr. schon, um neues Land zu erreichen. Die Polynesier hielten Inseln und Winde auf selbstgemachten Karten fest, die aus Stöcken und Muscheln bestanden, und sie nutzten den sogenannten „Sternkompass“, mit dem sie Sterne und daraus abgeleitet die jeweilige Himmelsrichtung in Erfahrung bringen konnten³⁸.

3.4 Neuzeit

Als man im 17. Jahrhundert bemerkte, wie fehleranfällig das Astrolabium eigentlich war, erfanden der Brite John Hadley und der Amerikaner Thomas Godfrey unabhängig voneinander und in etwa zeitgleich Anfang des 18. Jahrhunderts den Oktanten, einen Winkelmesser bestehend aus einem Kreisteil von 45°, der aufgrund seiner zwei Spiegel bis zu 90° messen konnte³⁹. Der Sextant ist eine ausgebaute Version des Oktanten, der einen Kreisteil von 60° umfasst und somit bis zu 120° messen kann. Er, beziehungsweise sein Vorgänger, ist bis zu 90-mal präziser als das Astrolabium⁴⁰. Doch bereits vor dem Sextanten nutzte man andere, präzisere Geräte als das Astrolabium. Der Jakobstab, der bereits im 14. Jahrhundert Gebrauch fand, ist nur eines der Beispiele⁴¹. Nach wie vor ließ sich mithilfe des Jakobstabes oder des Oktanten/Sextanten aber nur der Breitengrad bestimmen und um dieses Problem

37 Wikipedia-Polynesier (aufgerufen am 11.02.2024).

38 Wolfschmidt, Gudrun, S.20.

39 Wikipedia-Sextant (aufgerufen am 14.02.2024).

40 Hightech-Wunder der Geschichte: Navigation, ZDF Mediathek, Minute 10 (aufgerufen am 14.02.2024).

41 Spektrum.de-Jakobstab (aufgerufen am 14.02.2024).

zu beheben, wurde in Großbritannien ein Wettbewerb mit hohem Preisgeld ausgeschrieben, mit welchem man erzielen wollte, auch die Zeit und somit den Längengrad auf See zu bestimmen⁴². Als dann John Harrison mit seiner Erfindung, der „H4“, der Durchbruch gelang und sein Chronometer sich als funktionstüchtig erwies, war das Längengrad-Problem schnell beseitigt⁴³. Mit der Einführung des Schiffschronometers und dem Almanach befinden wir uns auf dem heutigen Stand der Messverfahren, wobei natürlich noch das Ausbessern von Feinheiten heutzutage eine große Rolle spielt. Die grundlegenden Messinstrumente sind trotzdem die gleichen. Allerdings verliert die Navigation an den Sternen aktuell immer weiter an Bedeutung, da die Methoden entweder ungenau oder extrem kompliziert sind. In der US-Navy wird seit 2015 aber wieder die astronomische Navigation gelehrt⁴⁴, das Navigieren an den Sternen ist somit auch heute nicht ganz in Vergessenheit geraten, auch wenn das Verfahren nur in äußersten Notfällen greifen soll.

4 Astronomische Instrumente

Um nun noch einmal genauer zu beschreiben, wie unsere Vorfahren mit dem ihnen bekannten Wissen auf See navigieren konnten, stelle ich kurz die einzelnen astronomischen Werkzeuge dar. Auch hier gilt, dass Informationen über die Funktionsweisen der Instrumente begrenzt sind und eine Darstellung nur oberflächlich möglich ist.

4.1 Astrolabium und Seestrolabium

Das Astrolabium wurde in der Antike als erstes wirklich genaues Messinstrument erfunden. Es ist aufgebaut aus einer Scheibe, auf der die Horizontkoordinaten einer bestimmten Breite angebracht sind (die Mater). Darauf sitzt eine Sternenkarte (die Rete), die sich um die Mitte des Astrolabiums drehen lässt. Hinten am Astrolabium ist ein beweglicher Messarm (die Alhidade), mit dem man den Winkel von Gestirnen und Horizont messen kann⁴⁵. Zusätzlich befinden sich auf dem Astrolabium Stunden- und Datumsskalen, um so auch die genaue Zeit bestimmen zu können⁴⁶. Entweder kann man das Datum und die Zeit

42 Hightech-Wunder der Geschichte: Navigation, ZDF Mediathek, Minute 40 (aufgerufen am 14.02.2024).

43 Hightech-Wunder der Geschichte: Navigation, ZDF Mediathek, Minute 40-42 (aufgerufen am 14.02.2024).

44 sciencealert.com (aufgerufen am 17.02.2024).

45 Hightech-Wunder der Geschichte: Navigation, ZDF Mediathek, Minute 7 (aufgerufen am 13.02.2024).

46 Wolfschmidt, Gudrun, S.136.

voreinstellen daran die Positionen der Sterne ermitteln, oder durch das Einstellen von Datum und Sternposition von zum Beispiel der Sonne die Zeit bestimmen⁴⁷. Da das Astrolabium aber nur auf festem Untergrund genau genutzt werden kann, erfand man als Lösungsansatz des Problems das Seeastrolabium, welches schwerer und robuster, jedoch ebenfalls bei starkem Wellengang unbrauchbar ist⁴⁸.



Abbildung 6: Astrolabium

(<https://experimentis-shop.de/media/image/33/05/fb/AS00111-Astrolabium-Staender-NEU-vorne573c782e1e90a.jpg>)

Das Seeastrolabium verfügt zusätzlich über weniger Angaben als das Astrolabium und man kann mit den großen, schweren Seeastrolabien nur den Stand der Sonne oder den des Polarsterns messen⁴⁹.

4.2 Sonnenkompass

Der Sonnenkompass ist im Grunde eine kleine Art der Sonnenuhr. Eine kleine Nadel oder ein Holzstück ist in der Mitte einer flachen Scheibe angebracht. Im Verlauf eines Tages wirft dieses Holzstück in der Mitte einen Schatten entlang der

47 cosmos-indirekt.de-Astrolabium (aufgerufen am 15.02.2024).

48 Hightech-Wunder der Geschichte: Navigation, ZDF Mediathek, Minute 8-9 (aufgerufen am 13.02.2024).

49 Wolfschmidt, Gudrun, S.140.

Scheibe. Dieser Verlauf kann als Linie markiert werden. Dort wo der Schatten am kürzesten ist, muss also die Sonne ihren Höchststand erreicht haben, daraus lassen sich dann alle Himmelsrichtungen ableiten. Dort wo der Kompass Norden anzeigt, wird eine kleine Markierung gesetzt. Um zu bestimmen, aus welcher Himmelsrichtung die Sonne scheint, muss der Kompass nur noch so gehalten werden, dass der geworfene Schatten mit der bereits eingezeichneten Linie übereinstimmt. So kann man letztendlich ablesen, wo Norden ist⁵⁰.

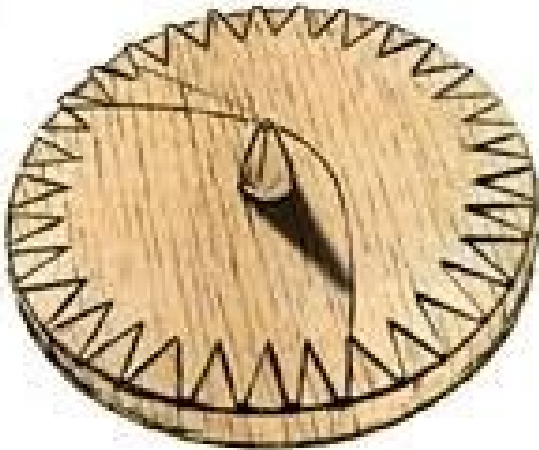


Abbildung 7: Sonnenkompass

(<https://i.pinimg.com/736x/6a/a0/6f/6aa06fba411d0f880ee03487e584da51.jpg>)

4.3 Sonnenstein

Da der Sonnenkompass nur den Weg weisen kann, wenn die Sonne tatsächlich scheint, ist es naheliegend, dass die Wikinger eine weitere Navigationshilfe gehabt haben mussten. Ein „Sonnenstein“ wurde zwar in alten Schriften oft erwähnt, bis heute ist aber nicht zu 100% bewiesen, dass so ein Stein wirklich schon bei den Wikingern existierte. Nichtsdestoweniger gibt es auch zum Sonnenstein Hypothesen zu seiner Funktionsweise. Die aktuell am naheliegendste ist die Folgende:

Bei dem Stein handelt es sich um Calcit. Dieses Mineral hat die Eigenschaft, Licht doppelt zu brechen. Da der Stein wohl mit einem Punkt markiert ist, wirft er beim Halten in Richtung der Sonne zwei Schatten. Wenn beide geworfenen Schatten gleich dunkel sind, zeigt der Stein in Richtung der Sonne. So lässt sich

⁵⁰ Die geniale Navigationskunst der Wikinger, ZDF Mediathek, Minute 2-3 (aufgerufen am 15.02.2024)

die Sonne auch ohne sie durch die Wolkendecke zu sehen präzise orten⁵¹. Optional könnte der Stein auch als Polarisationsfilter dienen. Es wird teilweise auch angenommen, dass der Sonnenstein aus Cordierit besteht und sich von seiner ursprünglichen gelben Farbe in einen Dunkelblau-Ton verfärbt, wenn er im rechten Winkel zur Sonne gehalten wird⁵².

4.4 Sternkompass

Auf dem Sternkompass der Polynesier sind 33 Sterne mit den Himmelsrichtungen zu ihrem Auf- und Untergang eingezeichnet, sodass sich durch sie auf offenem Meer herleiten lässt, welche Himmelsrichtung gerade angesteuert wird⁵³. Der Kompass beruht nicht auf präzisen Messwerten, sondern lediglich auf eigenen Beobachtungen und ist trotz seiner Simplizität sehr hilfreich, vor allem verbunden mit den Stabkarten, die die Polynesier anfertigten.

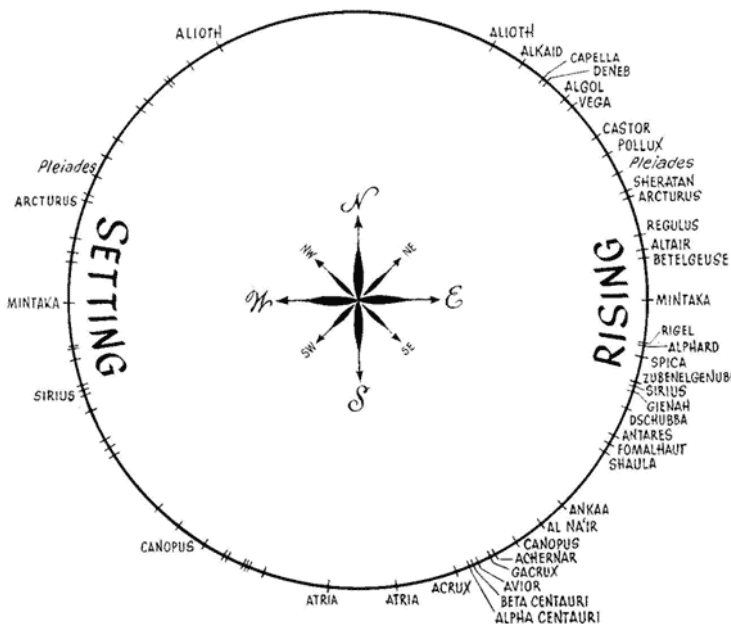


Abbildung 8: Sternkompass

(http://ciel.polynesien.free.fr/images/rub_2/compas.gif)

4.5 Jakobstab

Der Jakobstab verfolgte wie bereits sein Vorgänger, das Astrolabium und auch sein Nachfolger, der Sextant, das Prinzip, den Winkel zwischen Stern und

51 Die geniale Navigationskunst der Wikinger, ZDF Mediathek, Minute 4-5 (aufgerufen am 16.02.2024).

52 Wolfschmidt, Gudrun, S.49.

53 Wolfschmidt, Gudrun, S.20.

Horizont zu messen. Der Jakobstab besteht aus einem langem Stab, der unter das Auge des Betrachtenden gehalten wird. An diesem Stab ist rechtwinklig ein Querstab befestigt (Regula), an dessen Enden jeweils eine Visierspitze (Acus) angebracht ist. Um den Winkel von Stern und Horizont zu messen, wird der Querstab so lange verschoben, bis die Visierspitzen mit Horizont und Gestirn abschließen. Am langen Stab sind Markierungen, an denen der Winkel letztendlich abgelesen werden kann. Die Markierung, bei der der Querstab sich auf dem langen Holz befindet, wenn die Spitzen perfekt mit den zu betrachtenden Objekten übereinstimmen, zeigt den Winkel von Gestirn zum Horizont an⁵⁴.

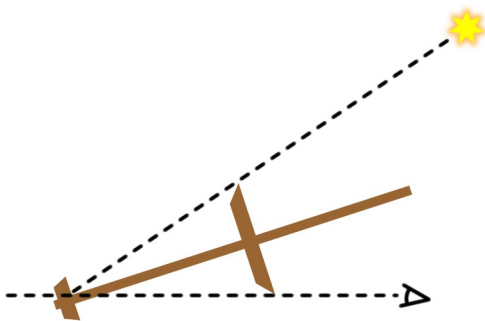


Abbildung 9: Jakobstab

(https://www.nautisches.com/fileadmin/_migrated/pics/jakobsstab7.jpg)

4.6 Oktant und Sextant

Der Sextant ist heute wohl das bekannteste und gängigste Instrument zur Navigation an den Sternen. Nur wie genau der Sextant funktioniert, ist oft gar nicht bekannt. Der Sextant funktioniert genau wie sein Vorgänger der Oktant, nur dass er wie bereits geschildert einen größeren Winkel messen kann. Darum werde ich den Oktanten nicht gesondert betrachten und mich auf den Sextanten fokussieren.

⁵⁴ Spektrum.de-Jakobstab (aufgerufen am 17.02.2024).



Abbildung 10: Sextant

(<https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/81UHdTosX2L.jpg>)

Wie auf dem Bild zu sehen ist, ist am Sextanten ein kleines Fernrohr befestigt. Durch dieses Fernrohr schaut der Beobachter auf den Horizontspiegel, der halbdurchlässig ist. Man sieht also zum einen direkt den Horizont, zum anderen ein Bild des Himmels, das vom anderen Spiegel auf den Horizontspiegel trifft. Dieses Bild lässt sich verändern, indem man den Arm, die Alhidade, bewegt. An der Alhidade ist der Indexspiegel angebracht, welcher sich mitbewegen lässt⁵⁵. Durch die zwei Spiegel und das Prinzip der Doppelreflexion entsteht so ein messbarer Winkel von 90° (Oktant) bzw. 120° (Sextant), obwohl der Kreisteil eigentlich nicht so groß ist⁵⁶. Den richtigen Winkel zwischen Horizont und Stern misst man dann, wenn sie auf einer Ebene zu sehen sind. Dazu muss der Sextant aber vollkommen senkrecht gehalten werden, sonst ist der Wert verfälscht. Bei Messungen mit einem Sextanten gilt es darüber hinaus ebenfalls andere kleine (und größere) Fehler auszubessern. Dazu gehört zum Beispiel die Lichtbrechung in der Atmosphäre. Zusätzlich muss man die Augenhöhe des Messenden berücksichtigen, da sich der gemessene Winkel durch einen höheren Abstand zur Erde verändert. Für alle diese Ungenauigkeiten finden sich aber astronomische Tabellen, in denen geschrieben steht, was man zu seinen Messwerten hinzufügen oder abziehen muss. Der Sextant selbst kann auch

55 LEIFphysik-Sextant (aufgerufen am 18.02.2024).

56 Nautica Shop (aufgerufen am 18.02.2024).

baubedingt schon ungenau sein, man kann dann jedoch durch Probemessungen den Sextanten selbstständig eichen und so Ungenauigkeiten ausbessern⁵⁷.

Mit dem gemessenen Winkel kann man dann anhand von speziellen Tabellen seinen Breitengrad berechnen, das bloße Messen des Höhenwinkels eines Gestirns ist folglich nur ein Teil der eigentlichen Breitengradbestimmung⁵⁸.

5 Fazit

Auch wenn die astronomische Navigation heute nur noch im absoluten Notfall auf See gebraucht wird, ist es immer löblich zu wissen, wie man sich in der Theorie doch zurechtfindet. Durch den Polarstern kann man bereits grob seine Position bestimmen, mit einem Sextanten und einer Stoppuhr/einem Chronometer lässt sich dann auch die exakte Position messen und berechnen. Die Navigation an den Sternen ist außerdem nicht erst seit einigen Jahren ein gängiges Konzept, sondern existiert seit mehreren Jahrtausenden. Obwohl immer neue Erfindungen und Entdeckungen die Navigation revolutionierten, meisterten die Wikinger schon die Überfahrt nach Amerika, was lange niemandem nach ihnen gelang.

Auch wenn uns durch das GPS so ziemlich jede Arbeit abgenommen wird, wenn wir uns auf der Erde zurechtfinden wollen, ist ein kleiner Einblick in die Welt der Astronavigation nie schädlich, das sieht auch die amerikanische Navy so, die die astronomische Navigation wieder lehrt. Zwar ist nie ausgeschlossen, dass man beim Rechnen Fehler macht oder die Berechnungen durch Messungenauigkeiten abweichen, doch wie bereits mehrfach erklärt, bewährte sie sich lange als Mittel um die Weltmeere zu befahren. Während der Navigation an den Sternen wohl in Zukunft immer weniger an Bedeutung zugeschrieben werden wird, legte sie den Grundstein für unser heutiges Wissen und ist somit ein bedeutender Teil der Astronomie und der Seefahrt.

⁵⁷ astronavigation.net (aufgerufen am 18.02.2024).

⁵⁸ BoatDriver-Sextant (aufgerufen am 18.02.2024).

6 Anhang

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sternenkarte.....	1
Abbildung 2: Himmelskugel.....	4
Abbildung 3: Deklination, RA, Stundenwinkel.....	6
Abbildung 4: Horizontsystem.....	7
Abbildung 5: Standlinien.....	10
Abbildung 6: Astrolabium.....	15
Abbildung 7: Sonnenkompass.....	16
Abbildung 8: Sternkompass.....	17
Abbildung 9: Jakobstab.....	18
Abbildung 10: Sextant.....	19

Literaturverzeichnis

Internetquellen:

- ARD: Deklination- Der himmlische Breitengrad, 2022, <https://www.ardalpha.de/wissen/weltall/astronomie/sterngucker/deklination-himmel-breitengrade-winkel-polarkreis-wendekreis-102.html> (aufgerufen am 04.02.2024).
- ARD: Rektaszension- Der himmlische Längengrad, 2022, <https://www.ardalpha.de/wissen/weltall/astronomie/sterngucker/rektaszension-laengengrad-meridian-nullmeridian-astronomie-koordinaten-himmel-100.html> (aufgerufen am 04.02.2024).
- BoatDriver GmbH: Funktion und Aufbau eines Sextanten, 2021, <https://www.boatdriver.ch/news/post/funktion-und-aufbau-eines-sextanten> (aufgerufen am 18.02.2024).
- Cosmos-indirekt: Astrolabium, 2024, <https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Astrolabium> (aufgerufen am 15.02.2024).
- Cosmos-indirekt: Breitenbestimmung, 2024, <https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Breitenbestimmung> (aufgerufen am 07.02.2024).
- Cosmos-indirekt: Meridianbreite, 2024, <https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Meridianbreite> (aufgerufen am 06.02.2024).
- Cosmos-indirekt: Nautical Almanach, 2024, https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Nautical_Almanac (aufgerufen am 11.02.2024).
- Cosmos-indirekt: Polarstern, 2024, <https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Polarstern> (aufgerufen am 07.02.2024).
- Freistetter, Florian: Die Wahrheit über die Sternzeit, 2021, <https://www.spektrum.de/kolumne/freistetters-formelwelt-die-wahrheit-ueber-die-sternzeit/1850536> (aufgerufen am 06.02.2024).
- Hrala, Josh: The Scary, Practical Reason The US Navy Is Once Again Teaching Celestial Navigation, 2016, <https://www.sciencealert.com/the-scary-practical-reason-the-navy-is-once-again-teaching-celestial-navigation> (aufgerufen am 17.02.2024).
- Joachim Herz Stiftung: Astronomische Koordinatensysteme, 2024, <https://www.leifiphysik.de/astronomie/sternebeobachtung/grundwissen/astromische-koordinatensysteme> (aufgerufen am 08.02.2024).
- Joachim Herz Stiftung: Himmelskugel, 2024, <https://www.leifiphysik.de/astronomie/sternebeobachtung/grundwissen/himmelskugel> (aufgerufen am 04.02.2024).
- Joachim Herz Stiftung: Lauf der Gestirne, 2024, <https://www.leifiphysik.de/astronomie/sternebeobachtung/grundwissen/lauf-der-gestirne> (aufgerufen am 11.02.2024).
- Joachim Herz Stiftung: Sextant, 2024, <https://www.leifiphysik.de/optik/lichtreflexion/ausblick/sextant> (aufgerufen am 18.02.2024).
- Lotze, Volker: Volkers Crashkurs Astronavigation, 2024, <http://astronavigation.net/> (aufgerufen am 18.02.2024).
- Nautica Shop: Wie funktioniert ein Sextant?, 2024, <https://www.nauticashop.ch/ch/de/faq/navigation/wie-funktioniert-ein-sextant>

(aufgerufen am 18.02.2024).

Pape, Maxie; Seidel, Sabine; Uhlenbrock, Kristian: Infoblatt Das Gradnetz der Erde, Ernst Klett Verlag, 2019,

https://static.klett.de/assets/terrasse/Infoblatt_Das_Gradnetz_der_Erde.pdf

(aufgerufen am 04.02.2024).

Pringle, Heather: Als die Wikinger in Amerika waren, in: National Geographic, Nummer 11, 2012, <https://www.nationalgeographic.de/geschichte-und-kultur/als-die-wikinger-in-amerika-waren> (aufgerufen am 11.02.2024).

Spektrum Akademischer Verlag: Frühlingspunkt, 1998,

<https://www.spektrum.de/lexikon/physik/fruehlingspunkt/5376> (aufgerufen am 04.02.2024).

Spektrum Akademischer Verlag: Jakobstab, 2001,

<https://www.spektrum.de/lexikon/kartographie-geomatik/jakobstab/2512>

(aufgerufen am 17.02.2024).

Spektrum Akademischer Verlag: Stundenkreis, 1998,

<https://www.spektrum.de/lexikon/physik/stundenkreis/14130> (aufgerufen am 04.02.2024).

Spektrum Akademischer Verlag: Stundenwinkel, 1998,

<https://www.spektrum.de/lexikon/physik/stundenwinkel/14131> (aufgerufen am 04.02.2024).

Terra X, Die geniale Navigationskunst der Wikinger, 2020,

<https://www.zdf.de/dokumentation/terra-x/verlorenes-wissen-der-sonnenstein-der-wikinger-100.html> (aufgerufen am 16.02.2024).

Uhrenmuseum: Zeit für Seefahrer!, 2018, <https://blog.deutsches-uhrenmuseum.de/2018/07/12/marinechronometer/> (aufgerufen am 11.02.2024).

Wallhäußer, Curd: Grundprinzip der Astronavigation, 2024,

<https://www.wallhaeusser.de/manate/astronav/basics.html> (aufgerufen am 08.02.2024).

Wikipedia: Antike, 2024,

https://de.wikipedia.org/wiki/Antike#Griechenland_und_die_hellenische_Welt (aufgerufen am 13.02.2024).

Wikipedia: Azimut, 2024, <https://de.wikipedia.org/wiki/Azimut> (aufgerufen am 06.02.2024).

Wikipedia: Polynesier, 2024, <https://de.wikipedia.org/wiki/Polynesier> (aufgerufen am 11.02.2024).

Wikipedia: Sextant, 2024, <https://de.wikipedia.org/wiki/Sextant> (aufgerufen am 14.02.2024).

Wikipedia: Wikinger, 2024, <https://de.wikipedia.org/wiki/Wikinger> (aufgerufen am 16.01.2024).

ZDFinfo, Hightech-Wunder der Geschichte: Navigation, 2023,

<https://www.zdf.de/dokumentation/zdfinfo-doku/hightech-wunder-der-geschichte--navigation--100.html> (aufgerufen am 14.02.2024).

Schriftquellen:

Wolfschmidt, Gudrun: Sterne weisen den Weg- Geschichte der Navigation, Norderstedt, 2008-2010, Books on demand GmbH.

Selbstständigkeitserklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Facharbeit selbstständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Facharbeit, die im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt aus anderen Werken entnommen wurden, mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.“

Einverständniserklärung zur Veröffentlichung

„Hiermit erkläre ich, dass ich damit einverstanden bin, wenn die von mir verfasste Facharbeit der schulinternen Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.“