

Navigation im antiken Mittelmeer und darüber hinaus

In Bezug auf den Beitrag „Aktuelles am Himmel“ in der Zeitschrift »Sterne und Weltraum« 12/2017, Rubrik „Der Himmel im Überblick“, S. 43-47, WIS-ID: 1377453, Zielgruppe: Mittelstufe-Oberstufe

Markus Nielbock, Haus der Astronomie, Heidelberg

Seit Tausenden von Jahren besegelt der Mensch die Ozeane. Da der Magnetkompass erst im 11. Jh. erfunden wurde, waren astronomische Kenntnisse eine wichtige Errungenschaft, um auf hoher See den Kurs zu bestimmen und zu halten. Im vorliegenden Fall werden Beispiele angeführt, die zeigen, wie man anhand des Laufs der Sterne einen Kurs auch über größere Strecken von einigen hundert Seemeilen halten kann. Sie fanden ihre Anwendung unter anderem während der Bronzezeit im Mittelmeer. Die Schülerinnen und Schüler vollziehen diese Techniken anhand von zwei Aktivitäten nach. Sie nutzen zirkumpolare Sterne und Konstellationen, um den Breitengrad zu bestimmen. Weiterhin erstellen und nutzen sie einen Sternenkompass, der für ihren Breitengrad die Azimute von hellen Sternaufgängen anzeigt.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Geschichte der Astronomie, Positionsastronomie, Astropraxis	zirkumpolare Sterne und Konstellationen , Orientierung , Beobachtung , Polhöhe , Sternenkompass , Azimut , Kurs , Peilung
Fächer-verknüpfung	Astro-Geografie Astro-Geschichte Astro-Sprache	Ozeane , Mittelmeer , Europa , Breitengrad , Polarkreis , Wendekreise , Äquator , Pole Bronzezeit , klassische Antike verstehendes Hören: Englisch, Französisch
Lehre allgemein	Kompetenzen (Wissen und Erkenntnis), Lehr-/Sozialformen, Unterrichtsmittel	Fachwissen , Erkenntnis (zirkumpolares Himmelsgebiet einzeichnen , Sternenkompass erstellen), Wissensvernetzung , Praktikumsaufgabe , Projektarbeit , Gruppenarbeit , Videos , Animationen , Sammlungen von Verständnisfragen , Arbeitsblätter

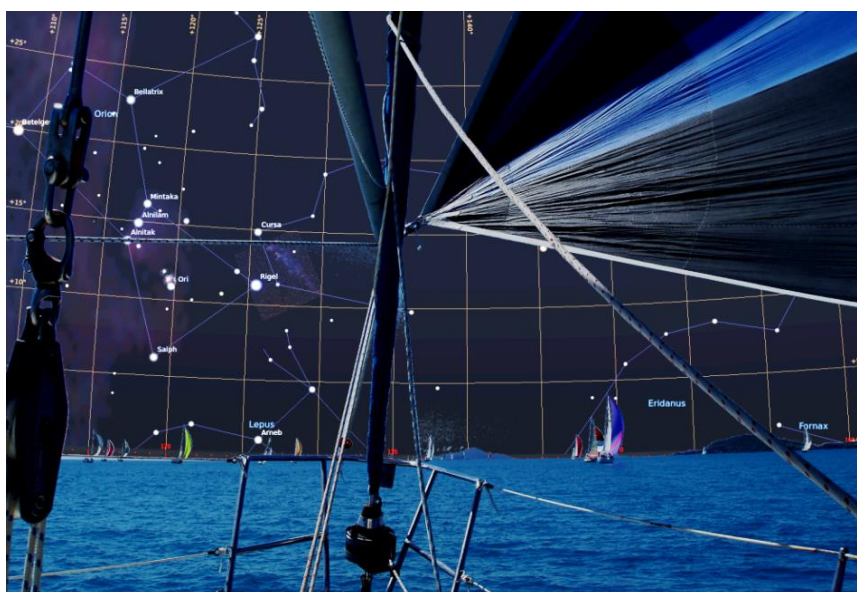


Abbildung 1: Der Nachthimmel über einem Boot auf dem Mittelmeer am 22. September 2000 v. d. Z. mit einem Kurs von Kreta nach Alexandria (nach Blomberg & Henriksson, 1999, Abb. 9).

© Hintergrund: Eigenes Werk, produziert mit Stellarium, freie Software nach GNU/GPL, Vordergrund: freeaussiestock.com, http://freeaussiestock.com/free/Queensland/whitsundays/yacht_bow_sailing.jpg, „airlie beach Race week“, <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/legalcode>

[zurück zum Anfang](#)

Inhalt

1	Beschreibung der Aktivitäten	3
1.1	Einleitung	3
1.1.1	Mögliche Fragen, die sich speziell auf Pytheas beziehen.....	4
1.2	Aktivität 1: Zirkumpolare Konstellationen und Sterne	5
1.2.1	Verständnisfragen	6
1.2.2	Aufgabe	6
1.2.3	Detaillierte Instruktionen.....	7
1.2.4	Diskussion.....	7
1.2.5	Lösung.....	8
1.3	Aktivität 2: Die Sterne weisen den Weg.....	9
1.3.1	Verständnisfragen	9
1.3.2	Aufgabe	10
1.3.3	Diskussion.....	10
1.4	Aktivität 3: Orientiere dich am Himmel (optional).....	11
2	Hintergrundinformationen	12
2.1	Hauptstimmelsrichtungen.....	12
2.2	Breitengrad und Längengrad	13
2.3	Winkelhöhe des Himmelspols (Polhöhe)	14
2.4	Zirkumpolare Sterne und Konstellationen	17
2.5	Frühe Seefahrt und Navigation im Mittelmeer	18
2.6	Pytheas	22
3	Glossar	24
4	Literaturverzeichnis	25

Diese Ressource wurde im Rahmen des Bildungsprojekts „Space Awareness“ entwickelt. „Space Awareness“ wird durch das Horizont-2020-Programm der Europäischen Kommission im Rahmen der Fördervereinbarung Nr. 638653 finanziert.

1 Beschreibung der Aktivitäten

1.1 Einleitung

Aufgrund der erheblichen Verknüpfungen zwischen verschiedenen Schulfächern bietet es sich an, dass die Aktivitäten in einem größeren Kontext zur Seefahrt, z. B. in Geografie, Geschichte, Literatur, eingebettet und mit zusätzlichen Elementen dort flankiert werden.

Tipp: Die Aktivitäten könnten mit anderen Formen der Wissensbeschaffung wie mündliche Vorträge in Geschichte, Literatur oder Geografie kombiniert werden.

Zur Einführung stehen gute Dokumentationen zur Erkundung der **Ozeane** zur Verfügung. Als Einleitung zur Himmelsnavigation und den frühen Navigatoren können die Schülerinnen und Schüler sich die nachfolgenden **Videos** ansehen. Einige davon sind in **englischer und französischer Sprache** und können somit in dem entsprechenden Unterricht behandelt werden.

Koordinaten und das Gradnetz der Erde - Unser Planet 2 (Dauer: 8:25)

<https://www.youtube.com/watch?v=ieh-yGHD1HI>

Orientierung mit Sonne, Mond & Sternen (Dauer: 9:49)

<https://www.youtube.com/watch?v=yIXsByRJDFM>

Es war einmal ... Abenteurer und Entdecker: Folge 1 – Die ersten Seefahrer (Dauer: 25:00)

<https://goo.gl/xa43LG> (kostenlos über Amazon Prime)

Die griechische Kolonisation - Die Gesellschaft im antiken Griechenland (Dauer: 3:25)

<https://www.youtube.com/watch?v=5U1obtvNus8>

Episode 2: Celestial Navigation (Englisch, Dauer: 4:39)

<https://www.youtube.com/watch?v=DoOuSo9qELI>

The Ancient History of Humans and the Sea (Englisch, Dauer: 2:20)

<https://www.youtube.com/watch?v=SPj6cqhrpVY>

The Story of Pytheas (Englisch, Dauer: 1:28)

<https://www.youtube.com/watch?v=AIaMKCLa-kQ>

Pythéas, un Massaliote méconnu (Französisch, Dauer: 9:57)

<https://www.youtube.com/watch?v=knBNHbbu-ao>

[zurück zum Anfang](#)

Fragen Sie die Schülerinnen und Schüler, ob sie eine Vorstellung davon hätten, wie lange die Menschheit bereits Schiffe nutzt, um die Meere zu überqueren. Hier kann als Hilfe die Ausbreitung des Homo sapiens zu Inseln und isolierten Kontinenten wie Australien genannt werden.

Mögliche Antworten:

Wir wissen sicher, dass Schiffe große Distanzen bereits mindestens seit 3000 v. d. Z. überquert haben. Allerdings müssen die frühen Siedler Australiens einen Weg gefunden haben, um 50000 v. d. Z. die Meerenge von Südostasien aus zu passieren.

Fragen Sie sie, was nach ihrer Ansicht die Motivation und der Nutzung der Seefahrt war. Vielleicht kennt jemand historische Kulturen und Völker, die berühmte Seefahrer waren. Die Diskussion kann dadurch unterstützt werden, dass einige Beispiele für antike, seefahrende Völker des Mittelmeers genannt werden.

Mögliche Antworten:

Die Suche nach neuen Rohstoffen und Nahrung, Handel, Entdeckergeist, Neugier.

Fragen Sie die Schülerinnen und Schüler, wie sie ihren täglichen Weg zur Schule finden. Wie orientieren sie sich, um sich nicht zu verlaufen? Sobald Referenzpunkte (Gebäude, Ampeln, Kreuzungen, Bushaltestellen, usw.) genannt werden, fragen Sie die Schülerinnen und Schüler, wie sich Navigatoren auf offener See orientieren. In frühen Zeiten blieben die Schiffe in der Nähe der Küste. Leuchttürme verbesserten die Situation.

Der Magnetkompass ist eine recht späte Erfindung des 11. Jh. und wurde in Europa nicht vor dem 13. Jh. benutzt. Was aber könnte auf dem Meer als Referenzpunkte dienen? Wahrscheinlich werden die Schülerinnen und Schüler bald Himmelsobjekte wie die Sonne, den Mond und die Sterne nennen.

1.1.1 Mögliche Fragen, die sich speziell auf Pytheas beziehen

F: Wer war Pytheas?

A: Er war ein antiker griechischer Wissenschaftler und Entdecker.

F: Wo und wann lebte er?

A: Er lebte im 4. Jh. v. d. Z. während der späten Bronzezeit in Massalia, heute Marseille.

F: Wohin reiste er?

A: Pytheas reiste nordwärts entlang der europäischen Atlantikküste nach Britannien und wahrscheinlich zum Polarkreis und nach Island.

F: Was hat er während seiner Reise beobachtet und entdeckt?

A: Er war der erste Grieche, der so weit nach Norden reiste. Er bemerkte, dass die Tageslänge vom Breitengrad abhängt. Er vermutete auch als erster einen Zusammenhang zwischen den Gezeiten und den Mondphasen.

1.2 Aktivität 1: Zirkumpolare Konstellationen und Sterne

Benötigte Materialien:

- Arbeitsblätter
- Zirkel
- Bleistift
- Lineal
- Taschenrechner

Da sich in antiker Zeit kein heller Stern an den Himmelpolen befand, haben die Seefahrer andere Methoden genutzt, um über die **Polhöhe** die eigene Position zu bestimmen, so z. B. mittels **zirkumpolaren** Sternen. Solche Sterne befinden sich immer über dem Horizont. Als Messung diente die Beobachtung solcher zirkumpolarer Sterne und Sternkonstellationen, die abhängig vom Breitengrad in verschiedener Höhe über dem Horizont kulminieren. Diese Technik werden die Schülerinnen und Schüler anhand einer Sternkarte nachvollziehen.

Um das Phänomen von zirkumpolaren Sternen zu demonstrieren, sollten sich die Schülerinnen und Schüler die folgenden **Animationen** ansehen. Sie zeigen, wie sich die zirkumpolaren Sterne an zwei Orten (Heidelberg und Lissabon bzw. Havanna) unterscheiden.

CircumpolarStars Heidelberg 49degN (Dauer: 0:57)

<https://youtu.be/uzeey9VPA48>

CircumpolarStars Habana 23degN (Dauer: 0:49)

https://youtu.be/zggfQC_d7UQ

Die Schülerinnen und Schüler sollen beschreiben, was ihnen auffällt. Sie werden erkennen, dass

1. es immer Sterne und Konstellationen gibt die stets über dem Horizont bleiben. Das sind die zirkumpolaren Sterne.
2. die Polhöhe, ermittelt durch die Winkelhöhe von Polaris über dem Horizont, vom Breitengrad abhängt. Tatsächlich sind diese Winkel identisch.
3. die zirkumpolare Zone vom Breitengrad abhängt. Sie ist größer für Positionen näher am Pol.

Falls die Schülerinnen und Schüler mit der Nutzung einer drehbaren Sternkarte vertraut sind, können sie dasselbe Phänomen durch die beiden folgenden Videos untersuchen. Sie zeigen die Rotation des Sternhimmels für die Breitengrade von 45° und 20° Nord.

CircumPolarStars phi N45 (Dauer: 0:37)

<https://youtu.be/VZ6RmdzbpPw>

CircumPolarStars phi N20 (Dauer: 0:37)

<https://youtu.be/Uv-xcdqhV00>

Der durchscheinende Bereich zeigt den zu einer bestimmten Zeit sichtbaren Himmel. Der gestrichelte Kreis gibt die Zone der zirkumpolaren Sterne an.

[zurück zum Anfang](#)

1.2.1 Verständnisfragen

F: Was ist das Besondere an den beiden geografischen Polen im Gegensatz zu allen anderen Punkten auf der Erde?

A: Sie definieren die Rotationsachse.

F: Wie findet man Norden und die anderen Haupthimmelsrichtungen ohne Magnetkompass?

A: Himmelskörper, z. B. Sterne wie Polaris

F: Warum zeigt der Polarstern (Polaris) Norden an?

A: Zu unserer Zeit befindet er sich in der Nähe des nördlichen Himmelspols.

F: Wo am Himmel würde sich der Himmelsnordpol befinden, wenn du genau auf dem geografischen Nordpol der Erde stehst?

A: Im Zenit, also direkt über mir.

F: Wie würde sich sein Ort verändern, wenn du in Richtung Äquator reist?

A: Seine Höhe würde allmählich vom Zenit zum Horizont wandern.

F: Was sind zirkumpolare Sterne/Sternbilder?

A: Sie bewegen sich um den Himmelspol herum und gehen niemals unter. Sie befinden sich immer über dem Horizont.

F: Welche der sichtbaren Konstellationen wären zirkumpolar, wenn genau am Nordpol/Südpol/Äquator stündest?

A: An den Polen wäre das die gesamte jeweilige Hemisphäre. Am Äquator gibt es keine zirkumpolaren Sternbilder.

F: Falls der Polarstern nicht sichtbar wäre, wie könntest du deinen Breitengrad oder Ort auf der Erde dennoch bestimmen?

A: Da die zirkumpolaren Sterne und Konstellation genau wie die Höhe von Polaris vom Breitengrad abhängen, zeigen die Sternbilder, die gerade noch über dem Horizont bleiben, den Breitengrad an.

1.2.2 Aufgabe

Die Aufgabe ist nun, in den Fußstapfen der Seeleute von vor 5000 Jahren zu treten. Die Schülerinnen und Schüler werden diejenigen Sternbilder bestimmen, die von sechs verschiedenen Orten auf der Erde aus zirkumpolar sind.

Die Tabelle 1 enthält die Namen von sechs Orten und ihre Breitengrade φ . Negative Werte zeigen Orte auf der Südhalbkugel an. In eine siebte leere Zeile können die Schülerinnen und Schüler ihren eigenen Ort eintragen. Mit diesen Daten sollen sie die Winkelradien ϱ auf einer Sternkarte bestimmen, welche das jeweils dazugehörige zirkumpolare Gebiet angeben. Die Rechnung ist sehr einfach, da gilt:

$$\varphi = \varrho$$

Sie wählen aus zwei Karten diejenige aus, die zur Halbkugel passt. Dann zeichnen sie mit einem Zirkel die dazu passende **zirkumpolare (kreisförmige) Zone** ein. ϱ bezeichnet den Radius dieses Kreises. Die Druck- und Kopiervorlage ist so gestaltet, dass der Maßstab 10° pro cm entspricht. Die Sternbilder und Sterne innerhalb des Kreises sind zirkumpolar. Die gerade noch vollständig oder

teilweise sichtbaren Sternbilder werden in die Tabelle eingetragen. Mögliche Lösungen sind in der nachfolgenden Tabelle kursiv eingetragen, sind jedoch in den Arbeitsblättern nicht enthalten.

1.2.3 Detaillierte Instruktionen

1. Bestimme den Maßstab der Karte (Umrechnung von Winkelgrad in Zentimeter auf dem Papier). Das Winkelmaß zwischen einem Pol und dem äußeren Kreis, dem Himmelsäquator, beträgt 90° .
2. Rechne die Breitengrade in der Tabelle in Radian auf den Sternkarten um und füge sie in die Tabelle ein.
3. Für jeden Ort:
 - a. Wähle die passende Sternkarte aus.
 - b. Benutze den Zirkel, um einen Kreis mit dem vorher bestimmten Radius einzuzeichnen.
 - c. Finde und notiere die zirkumpolaren Sternbilder in der Tabelle. Falls es zu viele sind, nenne nur die Wichtigsten.

Tabelle 1: Liste mit Orten und ihren Breitengraden. Die Lösungen der Aktivität 1 sind in kursiv eingefügt.

Ort	Breitengrad ($^\circ$)	Kartenradius (cm)	Sternbilder
Tunis (antikes Karthago, Tunesien)	36.8	3.7	<i>Große Bärin (großer Wagen), Kleine Bärin, Drache, Kepheus, Kassiopeia</i>
Kapstadt (Südafrika)	-33.9	3.4	<i>Kreuz des Südens, Pfau, Achernar, Carina (Kiel des Schiffs), Toliman des Zentauren</i>
Plymouth (Großbritannien)	50.4	5.0	<i>Große Bärin (großer Wagen), Kleine Bärin, Drache, Kepheus, Kassiopeia, Perseus, Teil des Schwans inkl. Deneb</i>
Wellington (Neuseeland)	-41.3	4.1	<i>Carina (Kiel des Schiffs) inkl. Canopus, Altar, Maler, Schwertfisch</i>
Mumbai (Indien)	19.0	1.9	<i>Kleine Bärin</i>
Grytviken (Südgeorgien)	-54.3	5.4	<i>Zentaur, Wolf, Großteil des Achterdecks des Schiffs, Phoenix, Kranich</i>

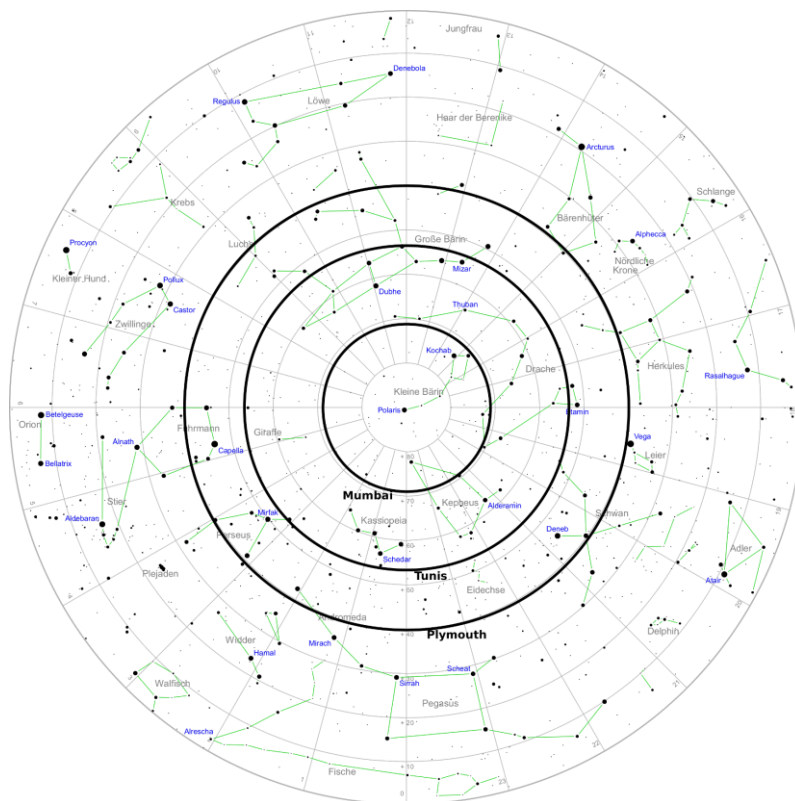
1.2.4 Diskussion

In antiken Zeiten befand sich der Polarstern nicht am Himmelsnordpol. Erkläre, warum die zirkumpolaren Sternbilder und Sterne für die Seefahrer wichtig waren.

Mögliches Ergebnis:

Sie dienten als hervorragendes Werkzeug, um auf dem eigenen Breitengrad zu bleiben oder den Kurs zu einem Ziel zu finden. Sie halfen, auf offener See die Orientierung zu behalten.

Nordhimmel

[illegible]

1.3 Aktivität 2: Die Sterne weisen den Weg

Benötigte Materialien:

- Arbeitsblätter
- Geodreieck
- Bleistift
- Evtl. Schere, Pappe der Größe A4 und Klebstoff
- Computer mit MS Excel
- Excel-Tabelle: NavigationImAntikenMittelmeer-HelleSterne.xlsx

In Abwesenheit eines Sterns wie Polaris, der auf einen Himmelspol hinweist, benutzten die alten Seefahrer andere Sterne und Konstellationen, um die Richtung und den Kurs ihres Schiffes zu bestimmen. Sie erkannten, dass sich die Positionen, an denen sie am Horizont erscheinen und verschwinden (die Peilungen), während ihres Lebens nicht ändern. Erfahrene Navigatoren kannten die hellsten Sterne und Sternbilder auswendig.

1.3.1 Verständnisfragen

F: Kann man die Haupthimmelsrichtungen von anderen Sternen als Polaris ableiten? Bedenke, dass es solch einen Stern am Südpol nicht gibt.

A: Ja. Wenn man die Sterne und die Sternbilder kennt, können sie einem den Weg weisen, da sie je den Tag auf die gleichen Positionen zurückkehren.

F: Warum kann man aufgehende und untergehende Sterne und Sternbilder benutzen, um einen Kurs auf hoher See zu steuern?

A: Ihre Positionen am Horizont während ihres Auf- und Untergangs ändern sich nicht (bis auf eine sehr langsame Verschiebung).

F: Wärest du in der Lage, im Laufe des Jahres jeden Abend die gleichen Sterne zu sehen?

A: Nein, die Zeit des Aufgangs und des Untergangs ändert sich. Die Sterne, die nur in den Winter- nächten sichtbar sind, sind während der Sommertage unsichtbar.

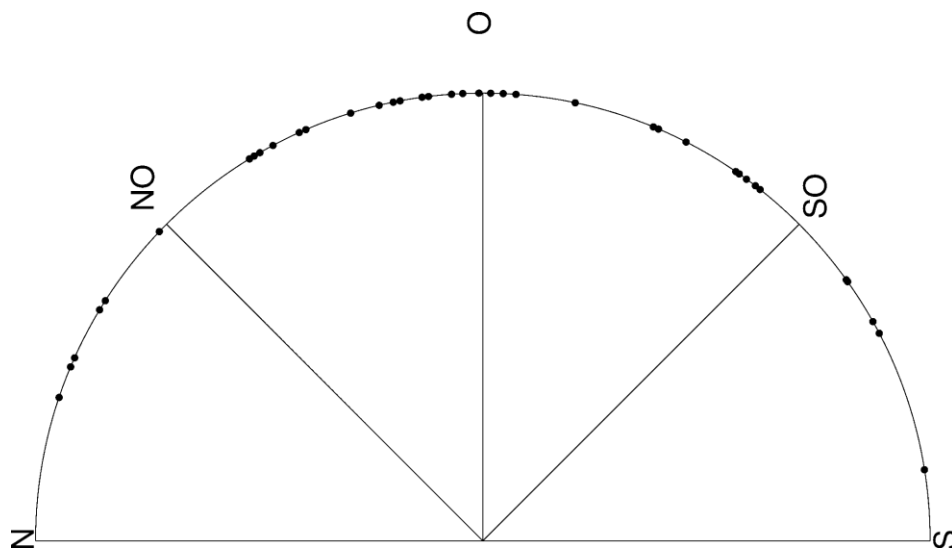


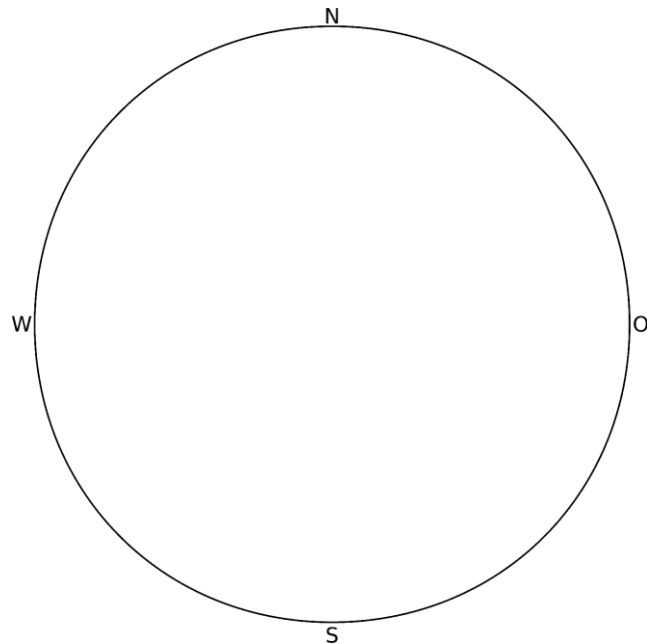
Abbildung 2: Peilung von ausgewählten aufgehenden, hellen Sternen für einen Breitengrad von 45° und einer Winkelhöhe von 10° über dem Horizont (eigenes Werk).

[zurück zum Anfang](#)

1.3.2 Aufgabe

Die Schülerinnen und Schüler erstellen einen **Sternenkompass** ähnlich wie in Abbildung 2. Die Berechnungen, die nötig sind, um die Himmelskoordinaten der Sterne in horizontale Koordinaten, d. h. Azimut und Höhe, umzurechnen, sind ziemlich komplex. Daher wird diese Aktivität mit einer Excel-Datei bereitgestellt, die dies für sie erledigt. Sie besteht aus 57 hellen Sternen und den Plejaden, einer sehr markanten Gruppe von Sternen.

Sie müssen nur den Breitengrad ihres Standortes und die Höhe der Sterne in der entsprechenden Zeile am Ende der Tabelle eingeben. Für die Elevation ist 10° ein guter Wert. Das bedeutet, dass sie die Azimute der Sterne erhalten, wenn sie auf einer Höhe von 10° beobachtet werden. Man kann auch andere Werte verwenden, aber diese Übung ist dafür gedacht, Sterne zu finden, die gerade auf- oder untergehen. Der Azimut ist ein Winkel entlang des Horizontes, der im Uhrzeigersinn von Norden her läuft.



Die letzten beiden Spalten (AZ1, AZ2) zeigen dann zwei Azimutwinkel an, einen bei aufgehendem Stern und einen bei untergehendem Stern. Beachten Sie, dass die Verteilung der Azimutwinkel für auf- und untergehende Sterne symmetrisch relativ zum Meridian ist, d. h. zur Linie, die Nord und Süd verbindet. Die Zellen, die #NA zeigen, enthalten keine gültigen Zahlen. Diese Sterne werden nie auf- oder untergehen. Sie sind entweder zirkumpolar oder unter dem Horizont.

Die Schülerinnen und Schüler übertragen die Werte in den nachfolgenden Sternenkompas. Sie benutzen einen Winkelmesser und markieren die Position eines jeden Sterns auf dem Kreis. Dann schreiben sie seinen Namen daneben.

Zur Verbesserung der Stabilität kann der Kompass auf ein Stück Pappe aufgeklebt und ausgeschnitten werden.

1.3.3 Diskussion

Eine der Methoden, um durch das antike Mittelmeer zu navigieren, war es, nahe an den Ufern zu bleiben. Neben der Gefahr von flachen Gewässern, erkläre, warum die bronzezeitlichen Seefahrer Methoden hatten, die ihnen eine sichere Navigation auf offenen Meeren ermöglicht hätten. Vielleicht möchtest du dir eine Karte des Mittelmeeres ansehen.

Mögliche Antworten:

Die alten Völker besuchten die Inseln auch zu Handelszwecken oder aus anderen Gründen. Viele von ihnen sind von den Küsten des Mittelmeeres aus nicht sichtbar. Oftmals würden die Reisen auch länger dauern als nur wenige Stunden. Schiffe dieser Zeit konnten durchschnittlich fünf Seemeilen pro Stunde zurücklegen. Es gibt zudem Berichte, die durch die Jahrhunderte überliefert wurden und uns von der Himmelsnavigation erzählen.

1.4 Aktivität 3: Orientiere dich am Himmel (optional)

Benötigte Materialien:

- Ergebnisse der vorherigen Aktivitäten
- Tragbare rote Lampe, z. B. eine abgedunkelte Taschenlampe oder eine Taschenlampe mit einem roten Filter
- Falls vorhanden, ein Magnetkompass

Nichts ist lehrreicher, als das theoretisch Erlernte und Geübte unter realen Bedingungen anzuwenden. Die Ergebnisse der beiden vorangegangenen Aktivitäten können daher durch **Beobachtung** des Nachthimmels im Feld getestet werden.

Diese Aktivität kann von den Schülerinnen und Schülern selbst **zu Hause oder als Gruppenaktion** mit der Klasse durchgeführt werden.

Wählen Sie einen klaren Abend und einen Platz mit guter Sicht auf den Horizont. Sobald es dunkel genug ist, um die Sterne zu sehen, lassen Sie die Schüler ihre Karten mit den Zirkumpolarbereichen aus Aktivität 1 mit ihren abgedunkelten Lampen betrachten. Eine gedämpfte Taschenlampe – noch besser: eine rote – hilft, die Augen an die Dunkelheit anzupassen.

Nachdem Sie die hellsten Sterne identifiziert haben, lassen Sie sie ihre Sternkompassse aus Aktivität 2 verwenden. Die Schülerinnen und Schüler sollten die Markierungen eines oder mehrerer Sterne auf die Sterne am Himmel richten. Lassen Sie sie Norden (oder Süden, je nachdem, welcher Himmelspol von Ihrem Standort aus sichtbar ist) identifizieren. Entspricht das auf der Nordhalbkugel der Richtung zum Nordstern, Polaris? In der südlichen Hemisphäre könnte ein magnetischer Kompass erforderlich sein.

Lassen Sie die Schülerinnen und Schüler die Sternbilder, die sie am Himmel sehen, auf ihren Karten identifizieren. Bitten Sie sie, nach Norden (Süden in der südlichen Hemisphäre) zu schauen und die Sterne und Sternbilder zu benennen, die sich direkt über dem Horizont befinden. Stimmt das mit den Karten überein? Beachten Sie, dass es einen Kreis geben sollte, der den zirkumpolaren Bereich für die lokale Breite angibt.

Versuchen Sie hervorzuheben, dass die Schüler durch diese Aktivität arbeiten wie die Navigatoren vor 4000 Jahren.

2 Hintergrundinformationen

2.1 Haupthimmelsrichtungen

Die Haupthimmelsrichtungen basieren auf astronomischen Vorgängen wie den scheinbaren täglichen und jährlichen Bewegungen der Sonne und der Sterne. In antiker und prähistorischer Zeit hatte der Sternenhimmel sicher eine andere Bedeutung als heute. Das spiegelt sich in den vielen Mythen der Erde wider. Wir können daher annehmen, dass die Vorgänge am Himmel beobachtet und genau überwacht wurden. Dadurch konnten die zugrunde liegenden Zyklen und sichtbaren Phänomene leicht wahrgenommen werden.

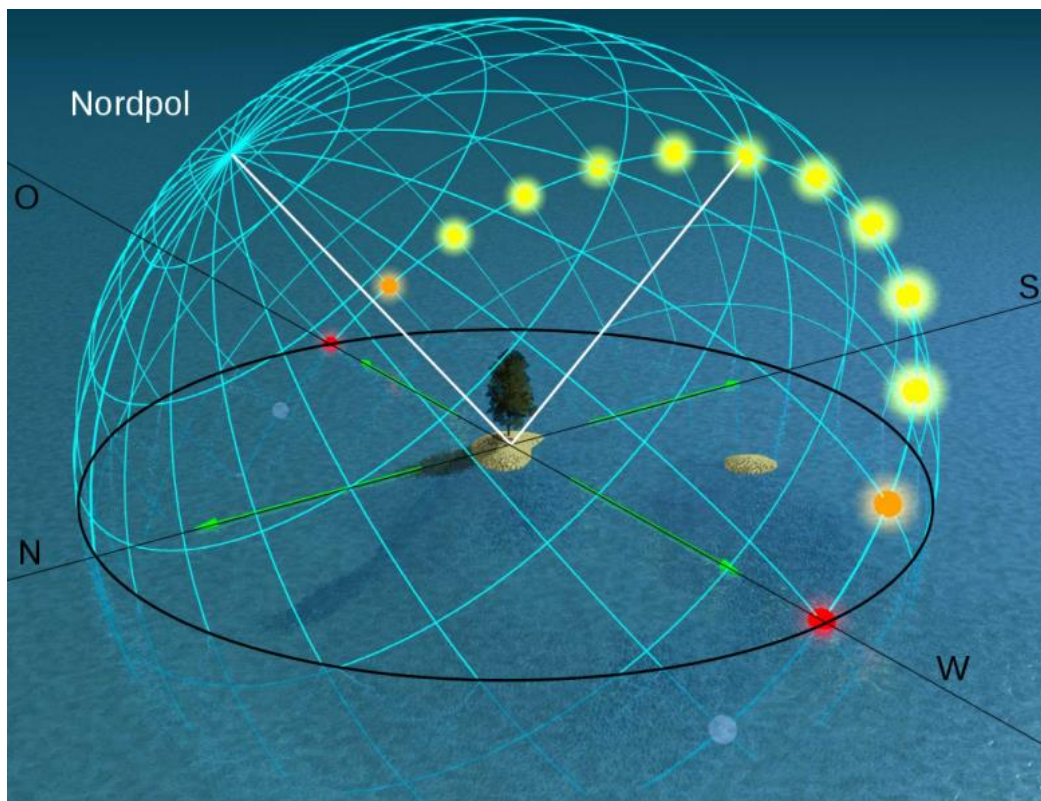


Abbildung 3: Scheinbare tägliche Bewegung der Sonne in der nördlichen Hemisphäre zur Tag-und-Nachtgleiche. Die Sonne erreicht ihre höchste Stellung über dem Horizont im Süden. (Auf der Südhalbkugel der Erde kulminiert die Sonne im Norden.) © Tau'olunga, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equinox-50.jpg>, „Equinox-50“, Horizontkoordinaten und Beschriftungen ergänzt von Markus Nielbock, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>.

Für Orte auf der Erde außerhalb der Äquatorregion kulminiert die Sonne stets in derselben Himmelsrichtung (siehe Abb. 3). Die Zone zwischen den **Wendekreisen** $23,5^\circ$ nördlich und südlich des Äquators ist speziell, da die Sonne hier während des Jahres im Zenit stehen kann. Während der Nacht kreisen die Sterne um die Himmelspole. Archäologische Funde aus vorgeschichtlicher Zeit wie Grabstätten und die Orientierung von Gebäuden zeigt, dass die Haupthimmelsrichtungen in vielen Kulturen vor Tausenden von Jahren allgemein bekannt waren (e.g. McKim Malville & Putnam, 1993; Rudgeley, 2000; Schmidt-Kaler & Schlosser, 1984). Daher scheint es offensichtlich, dass dieses Wissen auch für die Navigation genutzt wurde. Der Magnetkompass war jedenfalls in Europa bis ins 13. Jahrhundert unbekannt (Lane, 1963).

2.2 Breitengrad und Längengrad

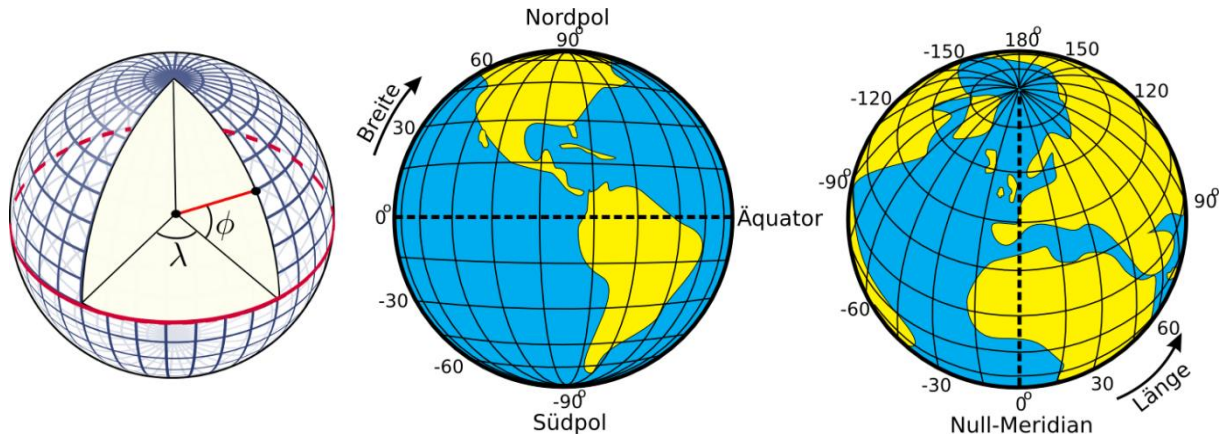


Abbildung 4: Darstellung zur Definition von Breitengrad und Längengrad auf der Erde. © Peter Mercator, djexplo, CC0.

Jeder Punkt auf einer Ebene kann durch zwei Koordinaten eindeutig definiert werden. Die Oberfläche einer Sphäre ist gekrümmt, doch sind dort Koordinaten wie auf und ab nicht sinnvoll, da die Oberfläche einer Sphäre weder ein Anfang noch ein Ende hat. Stattdessen kann man sphärische Polarkoordinaten benutzen, die vom Zentrum der Sphäre ausgehen, wobei der Radius fest bleibt (Abbildung 4). Dadurch verbleiben zwei Winkelkoordinaten. Auf die Erde angewendet, werden sie geografische Breite und Länge genannt. Die Rotation der Erde definiert die Symmetrieachse. Der Nordpol ist der Punkt, wo die gedachte Rotationsachse die Oberfläche durchstößt. Dabei verläuft die Rotation gegen den Uhrzeigersinn, wenn man von oben auf den Nordpol drauf schaut. Der gegenüber liegende Punkt ist der Südpol. Der **Äquator** ist definiert als der Großkreis auf halbem Wege zwischen den beiden **Polen**.

Die Breitengrade sind Kreise parallel zum Äquator. Sie werden von 0° am Äquator bis zu +90° am Nordpol und -90° am Südpol gezählt. Die Längengrade sind Großkreise, die die beiden Erdpole verbinden. Für eine beliebige Position auf der Erde nennt man den Längengrad, der durch den Zenit läuft, also der Ort am Himmel senkrecht nach oben, den Meridian. Dies ist die Linie, die die Sonne scheinbar zum Ortsmittag passiert. Der Nullpunkt der geografischen Länge wird Nullmeridian genannt. Er durchläuft den Ort Greenwich, dort wo das Königliche Observatorium von England sich befindet. Von dort werden die Längengrade beginnend mit 0° bis +180° nach Osten und bis -180° nach Westen gezählt.

Beispiel:

Heidelberg befindet sich bei 49,4° nördlicher Breite und 8,7° östlicher Länge. Man sagt auch kurz: 49,4° Nord und 8,7° Ost.

[zurück zum Anfang](#)

2.3 Winkelhöhe des Himmelspols (Polhöhe)

Wenn man das erdbezogene Koordinatensystem aus geografischer Breite und Länge an den Himmel projiziert, erhält man die Himmelskoordinaten. Der Erdäquator wird zum Himmelsäquator, und die geografischen Pole werden entlang der Erdachse so verschoben, dass sie die Himmelspole bilden. Würden wir eine Langzeitaufnahme des Nordhimmels machen, sähen wir anhand der Strichspuren, dass die Sterne sich alle um einen gemeinsamen Punkt drehen, den nördlichen Himmelspol (siehe Abb. 5).



Abbildung 5: Strichspuren von Sternen am Himmel nach einer Belichtung von etwa zwei Stunden.

© Ralph Arvesen, Live Oak star trails, <https://www.flickr.com/photos/rarvesen/9494908143>,
<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>.

Am Nordhimmel gibt es einen mäßig hellen Stern nahe am Himmelspol, den Polarstern oder Polaris. Er ist der hellste Stern im Sternbild der kleinen Bärin, Ursa Minor. Zu unserer Zeit ist Polaris nur etwa ein halbes Grad vom Himmelsnordpol entfernt. Allerdings befand er vor 1000 Jahren 8° daneben. Daher können wir ihn heute als Markierung für die Position des nördlichen Himmelspols benutzen. Am südlichen Himmelspol gibt es solch einen Stern nicht, den man mit dem bloßen Auge sehen könnte. Daher benötigt man dort andere Hilfsmittel, um den Pol zu finden.

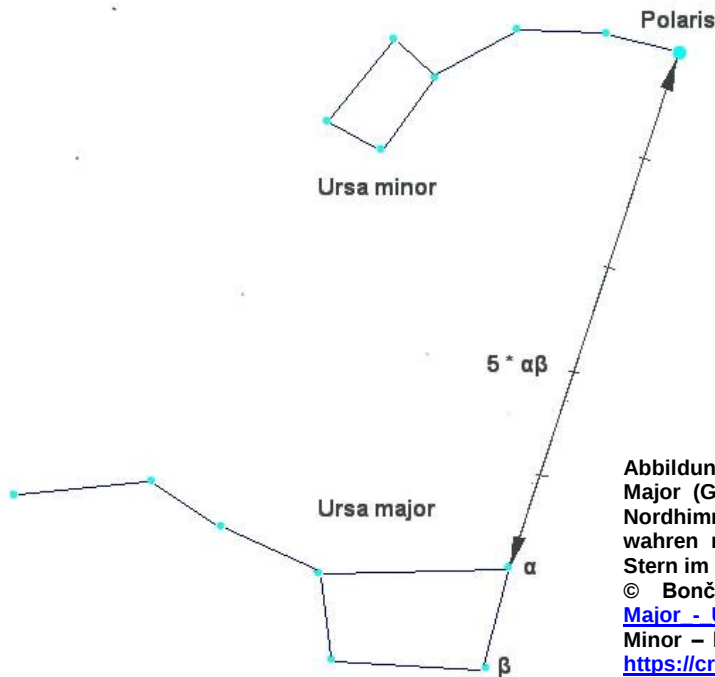


Abbildung 6: Konfiguration der beiden Sternbilder Ursa Major (Große Bärin) und Ursa Minor (Kleine Bärin) am Nordhimmel. Polaris, der Polarstern, der sich nahe am wahren nördlichen Himmelspol befindet, ist der hellste Stern im Sternbild Ursa Minor.

© Bonč, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ursa_Major_-_Ursa_Minor_-_Polaris.jpg, "Ursa Major – Ursa Minor – Polaris", Farben invertiert von Markus Nielbock, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>.

Würden wir genau am geografischen Nordpol stehen, wäre Polaris genau über uns, also im Zenit. Seine Winkelhöhe wäre dann (fast) 90° . Auf diese Weise ist auch gleich das Horizontkoordinatensystem eingeführt. Dies ist das uns geläufige Koordinatensystem, das wir täglich benutzen. Wir, die Beobachter, sind im Ursprung des Koordinatensystems, das sich auf einer flachen Ebene befindet, die durch den Horizont begrenzt wird. Der Himmel wird als Halbkugel angesehen, die sich darüber wölbt. Der Winkel zwischen einem Objekt am Himmel und dem Horizont wird Elevation, Winkelhöhe oder einfach nur Höhe genannt. Die Richtung innerhalb der Ebene wird als **Azimuth** bezeichnet und ist ebenfalls eine Winkelgröße, die jedoch von Norden her im Uhrzeigersinn von 0° bis 360° gemessen wird. In der Navigation wird dies auch als **Peilung** bezeichnet. Der Meridian ist eine Linie, die Norden und Süden am Horizont durch den Zenit verbindet.

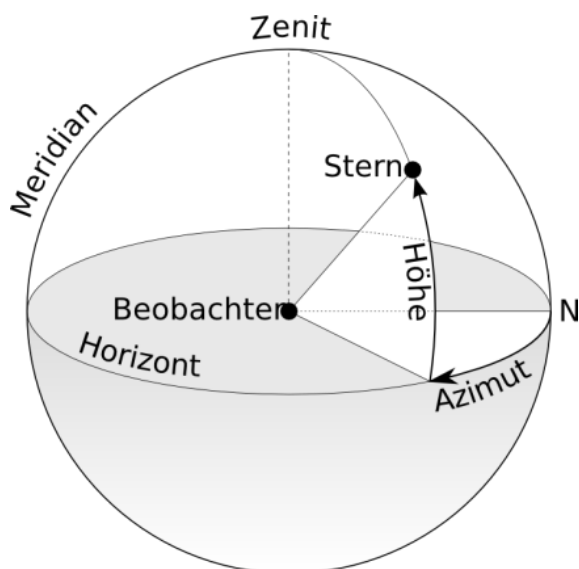


Abbildung 7: Darstellung des Horizontkoordinatensystems. Der Beobachter ist im Zentrum der scheinbaren Himmelskugel, von wo aus die Koordinaten, die mit Azimut und Höhe bezeichnet werden, gemessen werden.

© TWCarlson, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Azimuth-Altitude_schematic.svg, „Azimuth-Altitude schematic“, Übersetzung von Markus Nielbock, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

[zurück zum Anfang](#)

Für jede andere Position auf der Erde erschiene der Himmelspol bzw. Polaris bei einer Winkelhöhe kleiner als 90° . Am Äquator würde der Himmelspol den Horizont berühren, d.h. er stünde bei einer Winkelhöhe von 0° . Die Korrelation zwischen dem Breitengrad (Nordpol = 90° , Äquator = 0°) und der Polhöhe (Höhe des Himmelspols) ist kein Zufall. Abbildung 8 kombiniert alle drei genannten Koordinatensysteme. Für einen jeden Beobachter an einem beliebigen Breitengrad berührt das lokale Horizontsystem das terrestrische sphärische Polarkoordinatensystem in einem einzigen, gemeinsamen Punkt. Die Skizze demonstriert, dass die Winkelhöhe des Himmelsnordpols, die Polhöhe, exakt mit der nördlichen geografischen Breite des Beobachters übereinstimmt.

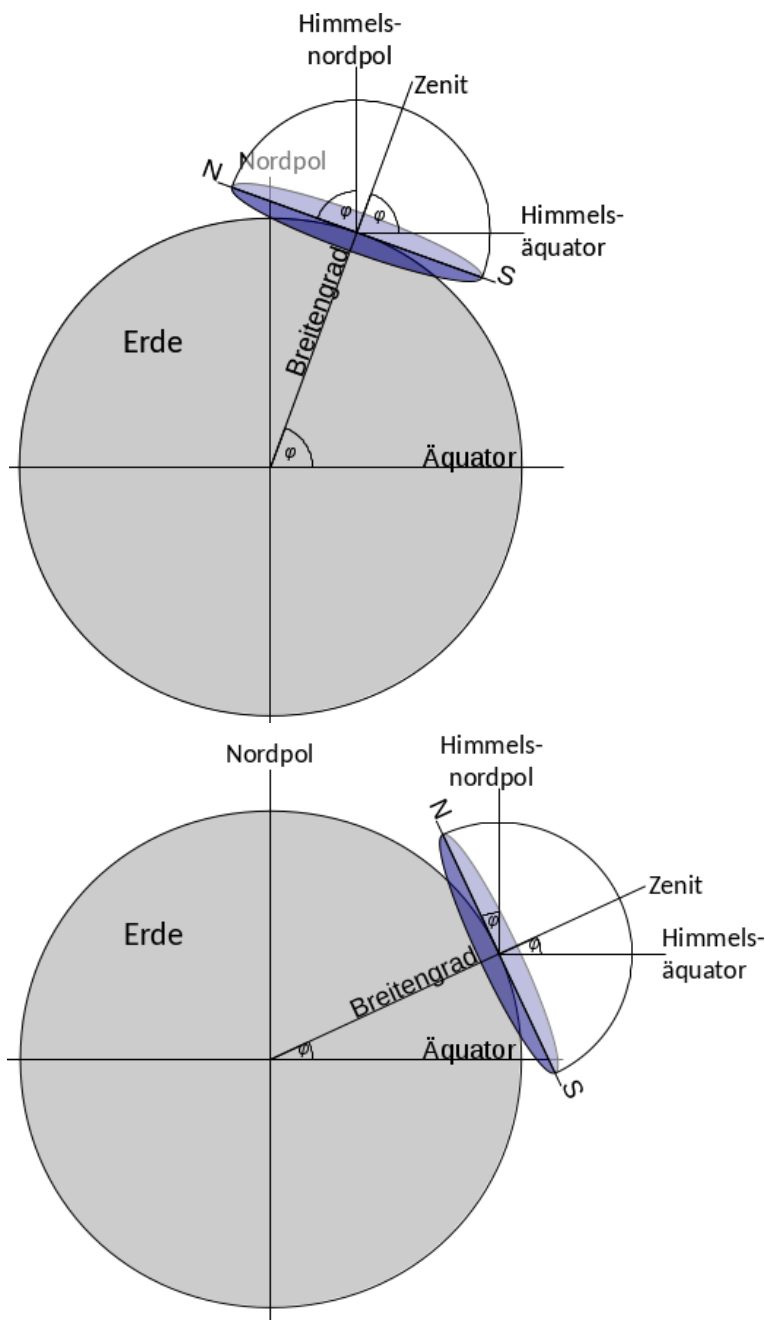


Abbildung 8: Verbindet man die drei Koordinatensysteme (das sphärische der Erde, das äquatoriale am Himmel und das lokale Horizontsystem) wird deutlich, dass der Breitengrad des Beobachters der Winkelhöhe des Himmelspols entspricht, die man auch als Polhöhe bezeichnet.

© eigenes Werk.

Somit können wir schließen, dass durch die Messung der Winkelhöhe von Polaris die eigene geografische Breite mit ausreichender Genauigkeit bestimmt werden kann.

2.4 Zirkumpolare Sterne und Konstellationen

In antiker Zeit, z. B. während der Bronzezeit, konnte Polaris nicht benutzt werden, um den Himmelsnordpol zu bestimmen. Wegen der Präzession der Erdachse, war dieser im Jahr 3500 v. d. Z. etwa 30° vom Himmelspol entfernt (siehe Abb. 9). Stattdessen war der Stern Thuban (α Draconis) eher geeignet, da er weniger als 4° daneben lag. Allerdings ist der Stern deutlich schwächer als Polaris und damit weniger leicht mit dem nackten Auge zu beobachten.

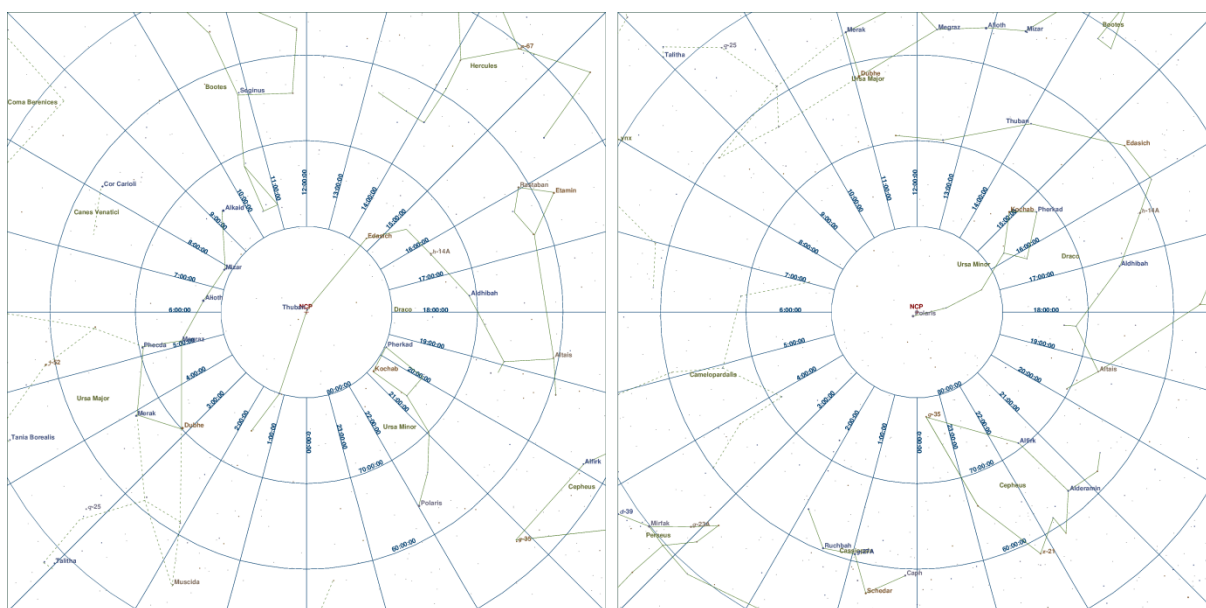


Abbildung 9: Sternkarten der Region um den nördlichen Himmelspol für die Jahre 2750 v. d. Z. und 2016 n. d. Z.
© eigenes Werk, erzeugt mit XEphem Version 3.7.6 produziert von Elwood C. Downey und vertreiben durch das Clear Sky Institute Inc., Solon, Iowa, USA. <http://www.xephem.com>.

Schaut man sich den Nachthimmel an, gehen einige Sterne innerhalb eines bestimmten Radius um den Himmelspol niemals unter. Sie sind zirkumpolar (siehe Abb. 5). Frühere Navigatoren hatten ausreichend Erfahrung, um die wahre Position des Himmelspols durch die Bewegung der Sterne in seiner Nähe zu bestimmen. Diese Methode funktioniert auch auf der Südhalbkugel.

Beim Segeln nach Norden beobachten Seeleute, dass mit steigender Polhöhe auch der zirkumpolare Bereich größer wird. Wenn also für Navigatoren an verschiedenen Orten auf der Erde derselbe Stern bzw. dasselbe Sternbild in derselben Winkelhöhe kulminiert, d.h. den Meridian passiert, befinden sie sich in beiden Fällen auf demselben Breitengrad. Obwohl die Gebildeten im **antiken Griechenland** das Konzept der geografischen Breite auf einer Erdkugel kannten, waren einfache Matrosen damit wahrscheinlich nicht vertraut. Für diese war es hinreichend, die Beziehung zwischen der Höhe der Sterne und ihrem **Kurs** zu kennen. Antike Navigatoren kannten den Sternenhimmel sehr gut. Insbesondere nutzten sie die relative Stellung zwischen den Sternbildern, um damit ihre Position bezüglich des Breitengrads zu bestimmen.

2.5 Frühe Seefahrt und Navigation im Mittelmeer

Die Navigation mit Himmelsobjekten ist eine Fähigkeit, die bereits auftrat lange bevor Menschen die Erde bevölkerten. Heute kennen wir zahlreiche Beispiele unter Tieren, die ihren Kurs mit Hilfe des Tag- oder Nachthimmels finden. Bienen und Monarchfalter navigieren mit der Sonne (Sauman u. a., 2005), ebenso wie Stare (Kramer, 1952). Noch beeindruckender ist die Fähigkeit von Vögeln (Emlen, 1970; Lockley, 1967; Sauer, 1958) und Robben (Mauck, Gläser, Schlosser, & Dehnhardt, 2008), die Position von Sternen am Nachthimmel zu identifizieren, um damit ihren Kurs zu halten. Leider können in unserer modernen Gesellschaft mit der intensiven Beleuchtung in den Städten starke Lichtquellen mit Himmelskörpern verwechselt werden. So nutzen beispielsweise Motten den Mond, um einen konstanten Kurs zu halten. Werden sie von einer Straßenlaterne verwirrt, umkreisen sie sie bis zur Erschöpfung (Stevenson, 2008). Daher ist Lichtverschmutzung eine ernsthafte Bedrohung für viele Tiere. Deren Ausmaß wird in Abb. 10 offenbar.



Abbildung 10: Die iberische Halbinsel bei Nacht, gesehen von der Internationalen Raumstation.

© Image courtesy of the Earth Science and Remote Sensing Unit, NASA Johnson Space Center, mission-roll-frame no. ISS040-E-081320 (26 July 2014), <http://eol.jsc.nasa.gov/SearchPhotos/photo.pl?mission=ISS040&roll=E&frame=081320>.

Unter den ersten Menschen, die über das offene Meer navigierten, waren die ursprünglichen Siedler Australiens, die Aborigines, etwa vor 50000 Jahren (Hiscock, 2013). Die ältesten Spuren der Seefahrt im **Mittelmeer** - zugegebenermaßen noch mit Booten und kleinen Schiffen, die durch Paddel

vorangetrieben wurden - reichen zurück bis 7000 v. d. Z. (Hertel, 1990). Ihre Routen waren auf die Küstenregionen beschränkt, wo Landmarken ihnen halfen, zu den gewünschten Zielen zu navigieren.

Um jedoch größere Distanzen zu überqueren, war eine Fortbewegung notwendig, die unabhängig von der Muskelkraft der Seeleute funktionierte. Daher war das Segel eine der wichtigsten Erfindungen der Menschheit, in seiner Bedeutung ähnlich dem Rad. Um die Mitte des 4. Jahrtausends v. d. Z. besegelten ägyptische Schiffe das östliche Mittelmeer (Bohn, 2011) und errichteten Handelsrouten mit Byblos in Phönizien, dem biblischen Kanaan, heute Libanon. Das war um die Zeit als die **Bronzezeit** begann. Zinn ist eine wichtige Zutat zur Bronze. Nach dem Versiegen der lokalen Lagerstätten, stimulierten Zinnvorkommen in **Zentral- und Nordeuropa** großräumigen Handel (Penhallurick, 1986). Der Transport über lange Distanzen, innerhalb und außerhalb des Mittelmeers, wurde mit Schiffen erledigt.

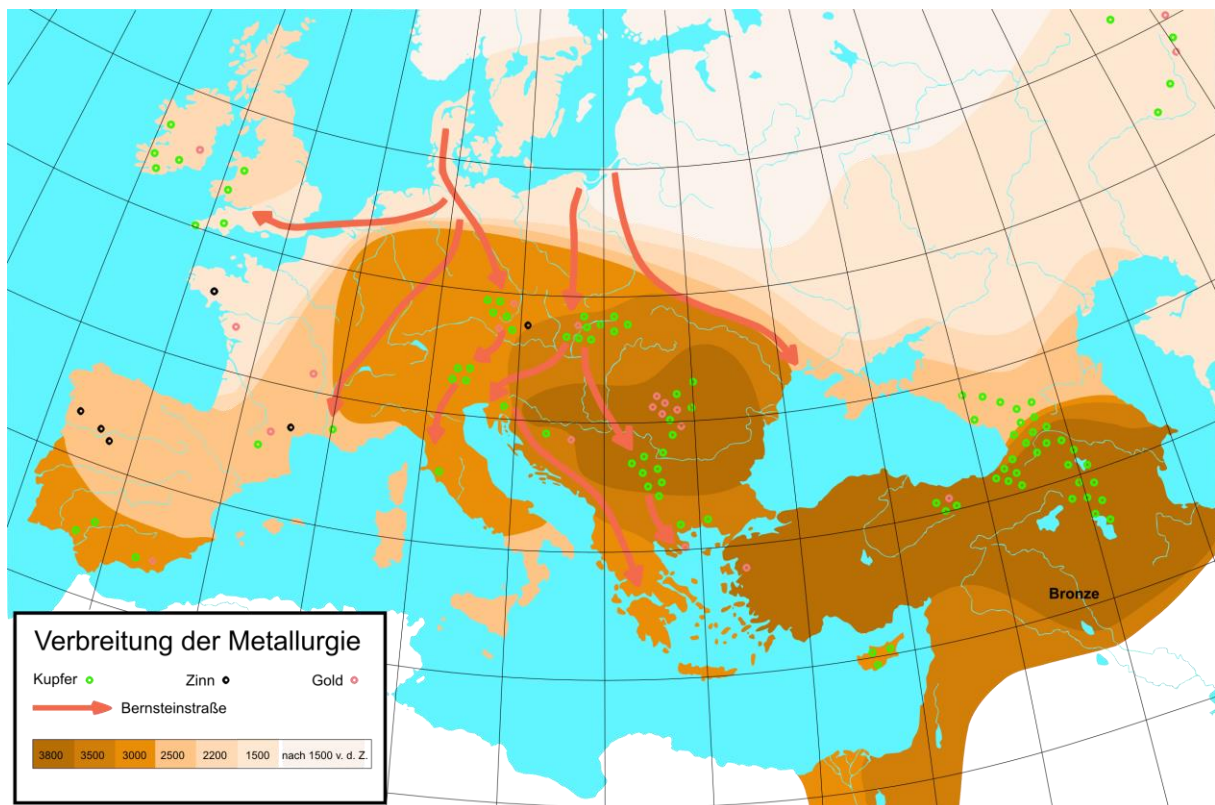


Abbildung 11: Karte der Verbreitung der Metallverarbeitung von 3800 bis nach 1500 v. d. Z. Zinnlagerstätten der Bronzezeit findet man hauptsächlich an der europäischen Atlantikküste.

© User: Markus Nielbock, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Metallurgical_diffusion_de.svg, gemeinfrei.

Schon bald bemerkten die Navigatoren, dass Himmelskörper, insbesondere Sterne, benutzt werden können, um den Kurs eines Schiffs zu halten. Solche Fähigkeiten wurden in der frühen Literatur erwähnt, wie beispielsweise in Andeutungen in der Odyssee von Homer, von der man vermutet, dass sie in das 8. Jahrhundert v. d. Z. zurückreicht.

[zurück zum Anfang](#)

Die Originalquellen, so glaubt man, stammen aus der Bronzezeit, in der die Minoer von Kreta, die zwischen 3650 und 1450 v. d. Z. im nördlichen Mittelmeer lebten und die Ägäis befuhren und ein besonders einflussreiches Volk waren. Da viele ihrer Heiligtümer nach den Haupthimmelsrichtungen und astronomischen Ereignissen wie dem Sonnenaufgang und den Tagundnachtgleichen ausgerichtet waren (Henriksson & Blomberg, 2008, 2009), ist es vernünftig zu vermuten, dass sie dieses Wissen auch für die Navigation einsetzten (Blomberg & Henriksson, 1999). Die Minoer segelten zur Insel Thera (antiker Name der griechischen Kykladen-Insel Santorin) und nach Ägypten, was eine Reise von mehreren Tagen auf offener See bedeutete (siehe Abb. 12).

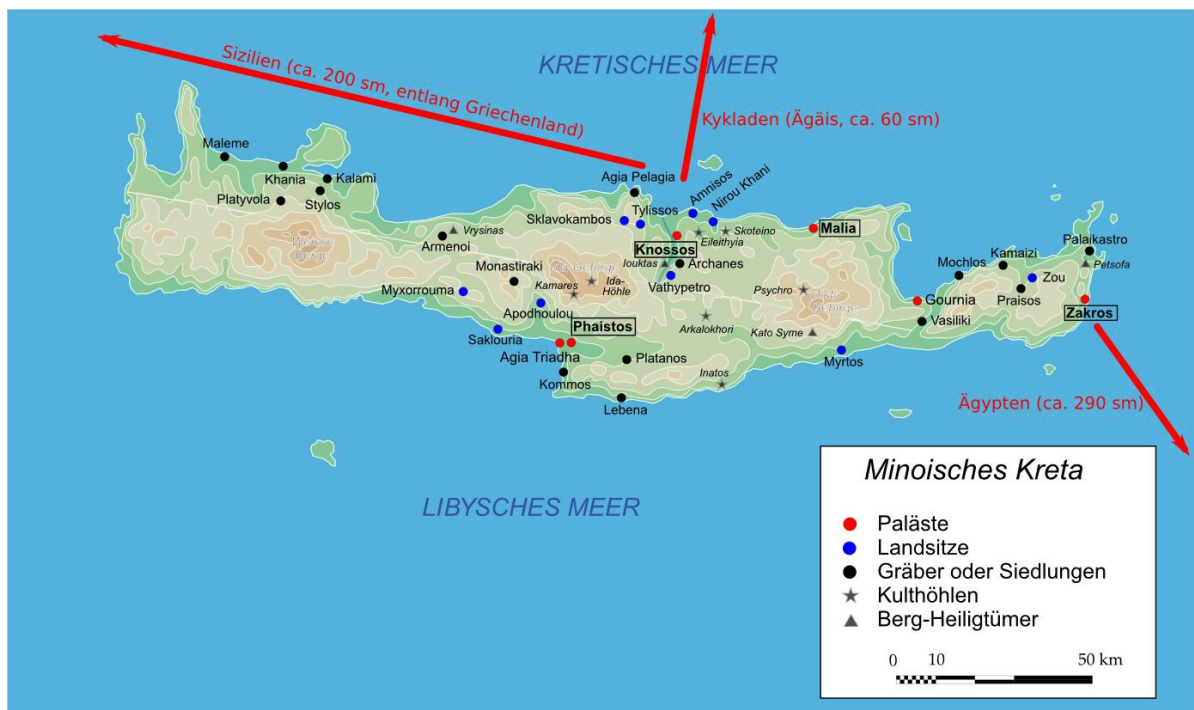


Abbildung 12: Karte von Kreta mit Minoischen Stätten im frühen 2. Jahrtausend v. d. Z.

© Kwbolte Map_Minoan_Crete-en.svg: User: Bibi Saint-Pol,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Map_Minoan_Crete-de.svg, „Map Minoan Crete-de“,
Beschriftung ergänzt von M. Nielbock, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>.

Der griechische Poet Aratos von Soloi veröffentlichte seine *Phainomena* um 275 v. d. Z. (Aratus, Callimachus, & Lycophron, 1921), worin er genaue Positionen von Konstellationen und die Reihenfolge ihres Aufgangs beschrieb, was wichtige Informationen für Navigatoren wären, um einen Kurs zu halten. Man bräuchte lediglich das Schiff auf eine Peilung auszurichten.

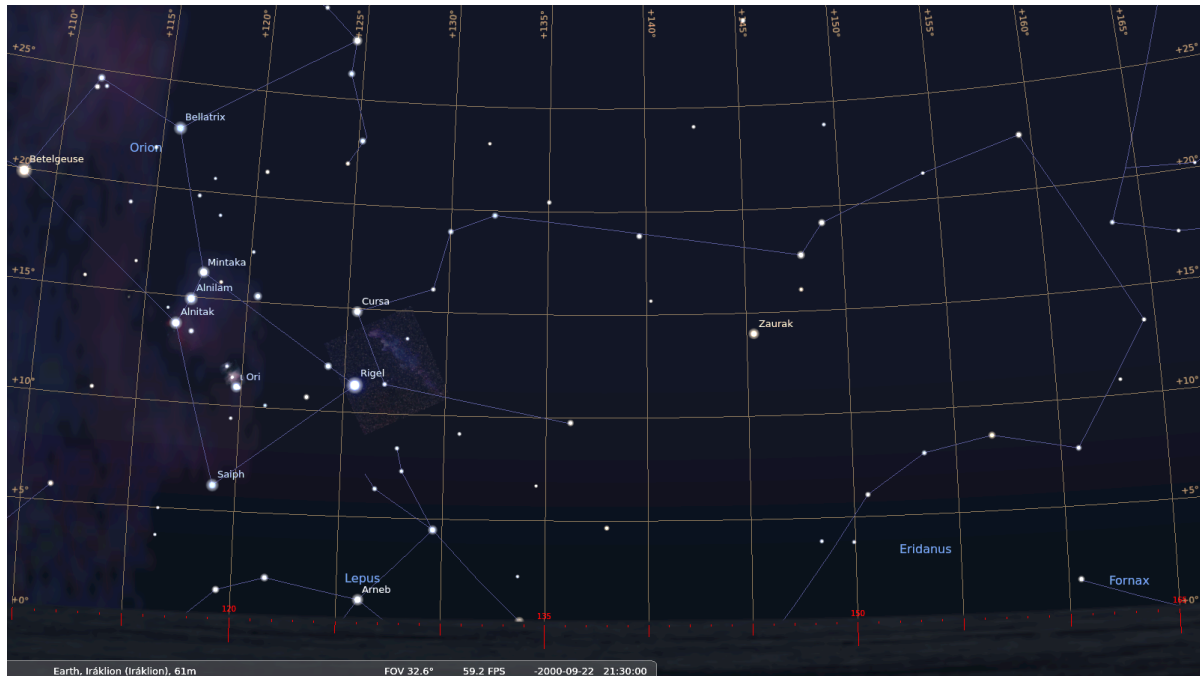


Abbildung 13: Der Sternenhimmel mit Peilung von Kreta nach Alexandria am 22. September 2000 v. d. Z., 21:30 Uhr UT.
© eigenes Werk, erzeugt mit Stellarium, freie GNU/GPL-Software, nach Blomberg & Henriksson (1999), Abb. 9.

Mit Hilfe der Sternbilder, die nach und nach aufgingen, konnte man leicht diesen Kurs einhalten. Denn das Azimut eines aufgehenden oder untergehenden Sterns bleibt über das Jahr hinweg konstant, bis auf eine langsame Variation, die durch die ca. 26000 Jahre dauernde Periode der Präzession der Erdatmosphäre bedingt ist. Interessanterweise passten die Angaben von Aratos nicht zu den Sternpositionen der späten Bronzezeit und der frühen Eisenzeit, sondern in die Zeit der minoischen Herrschaft (Blomberg & Henriksson, 1999), etwa 2000 Jahre früher.

Um 1200 v. d. Z. wurden die Phönizier die dominierende Zivilisation im Mittelmeer. Sie bildeten Kolonien entlang der südlichen und westlichen Küste des Mittelmeers und darüber hinaus. Darunter war die Kolonie Gades (heute Cadíz), knapp außerhalb der Straße von Gibraltar, die als Handelsplatz für Waren und Rohstoffe aus Nordeuropa diente (Cunliffe, 2003; Hertel, 1990). Mehrere dokumentierte Seereisen führten sie nach Britannien und sogar einige Hundert Seemeilen südlich entlang der afrikanischen Küste (Johnson & Nurminen, 2009).

Der griechische Historiker Herodot (ca. 484 – 420 v. d. Z.) berichtet von einer phönizischen Expedition, finanziert durch den ägyptischen Pharao Necho II (610 – 595 v. d. Z.), die vom Roten Meer aufbrach, um Afrika zu umsegeln und dann nach Ägypten über das Mittelmeer zurückkehrte (Bohn, 2011; Hertel, 1990; Johnson & Nurminen, 2009). Die Seefahrer berichteten offenbar, dass zu gewissen Zeiten die Sonne im Norden stand (Cunliffe, 2003), was zu erwarten ist, wenn man den Äquator Richtung Süden überquert. Das alles spricht für außerordentliche seefahrerische Fähigkeiten. Nachdem die Perser das phönizische Heimatland im Jahre 539 v. d. Z. eroberten, nahm der Einfluss der Phönizier ab. Er wurde jedoch durch die Nachkommen ihrer Kolonien erneuert, den Karthagern.

[zurück zum Anfang](#)



Abbildung 14: Netz der Handelsrouten der Phönizier während der europäischen Bronzezeit.
© DooFi, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PhoenicianTrade_DE.svg, gemeinfrei.

2.6 Pytheas

Eine erwähnenswerte und gut dokumentierte Expedition wurde von antiken Autoren wie Strabon, Plinius und Diodor überliefert. Dabei handelt es sich um die Reise des Pytheas (ca. 380 – 310 v. d. Z.), einem griechischen Astronom, Geograph und Entdecker aus Marseille, der offenbar um 320 v. d. Z. das Mittelmeer verließ, an der europäischen Westküste entlang reiste und bis zu den Britischen Inseln kam. Seine Reise brachte ihn jenseits des **Polarkreises**, wo er möglicherweise Island oder die Färöer Inseln besuchte, die er Thule nannte (Baker & Baker, 1997; Cunliffe, 2003; Hergt, 1893).

Massalia (oder Massilia), wie es damals hieß, wurde von den phokäischen Griechen um 600 v. d. Z. gegründet und entwickelte sich rasch zu einer der größten und reichsten griechischen Kolonien im westlichen Mittelmeer. Es unterhielt starke Handelsbeziehungen zu den keltischen Stämmen, die den Großteil Europas besiedelten (Cunliffe, 2003). Pytheas wurde im ausgehenden Bronzezeitalter geboren, als der Handel mit Rohstoffen aus dem nördlichen Europa aufblühte. Von diesem Teil der damals bekannten Welt war in der griechischen Geografie nicht viel bekannt, außer den Barbaren, die dort lebten, Zinn schürften und den kostbaren Bernstein lieferten, der im gesamten Mittelmeerraum stark nachgefragt war. Vielleicht war es reine Neugier, die Pytheas dazu bewegte, diese Küsten zu erkunden.

Seine Reise war ein Meilenstein, denn Pytheas war ein Wissenschaftler und begabter Beobachter. Er nutzte bereits einen Gnomon oder eine Sonnenuhr, um seinen Breitengrad zu bestimmen und die Zeit während seiner Expedition zu messen (Nansen, 1911). Er bemerkte auch, dass die Sonne im Sommer in höheren Breiten länger scheint. Zudem war er der Erste, der einen Zusammenhang zwischen den Gezeiten, die im Mittelmeer praktisch nicht vorhanden sind, und den Mondphasen feststellte (Roller, 2006).



Abbildung 15: Statue des Pytheas, errichtet am Palais de la Bourse in Marseille.
© Rvalette, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pythéas.jpg>,
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>.

[zurück zum Anfang](#)

3 Glossar

Großkreis

Ein Kreis auf einer Sphäre, dessen Radius identisch mit dem Radius der Sphäre ist.

Kulmination

Die Passage eines Himmelsobjekts durch den Meridian. Diese Objekte nehmen dort ihre größte oder niedrigste Winkelhöhe über dem Horizont ein.

Meridian

Eine Linie, die Norden und Süden am Horizont durch den Zenit verbindet.

Polhöhe

Die Winkelhöhe eines Himmelspols. Der Wert entspricht dem Breitengrad des Beobachters auf der Erde, der die Polhöhe misst.

Präzession

Neben der Rotation eines Kreisels oder eines jeden sich drehenden Körper bewegt sich die Drehachse oft ebenfalls im Raum. Seine Bewegung entspricht der einer Drehung entlang eines Kegelmantels. Diese Achsendrehung nennt man Präzession. Der vollständige Zyklus der Präzession der Erdachse beträgt etwa 26000 Jahre.

Scheinbare Bewegung

Die Bewegung von Himmelsobjekten, die tatsächlich durch die Rotation der Erde hervorgerufen wird.

Sonnenuhr

Ein Objekt, das einen Schatten durch Beleuchtung durch die Sonne erzeugt. Die Orientierung und die Länge des Schattens ermöglichen die Bestimmung der Uhrzeit und des Breitengrads.

Sphärische Polarkoordinaten

Das natürliche Koordinatensystem einer flachen Ebene ist das kartesische Koordinatensystem. Es misst Entfernungen in zwei zueinander senkrechten Richtungen (vor, zurück, links rechts). Für eine Sphäre ist solch ein System nicht sinnvoll, weil sie weder einen Anfang noch ein Ende hat. Stattdessen ist der Aufhängepunkt das Zentrum der Sphäre. Betrachtet man eine Projektion vom Zentrum auf die Oberfläche einer Sphäre, so kann jeder Punkt darauf durch zwei Winkel bestimmt werden, während einer davon sich auf die Rotationsachse bezieht. Die Entfernung vom Zentrum der Sphäre stellt die dritte Dimension dar, so dass jeder Punkt innerhalb der Sphäre eindeutig gekennzeichnet ist. Bei Punkten auf der Oberfläche entspricht die Entfernung dem konstanten Radius der Sphäre.

v. d. Z.

„vor der Zeitenwende“, also faktisch der Zeitraum vor dem Einführen des modernen Kalenders, dessen Nullpunkt allgemein mit der Geburt Christi zusammen fällt. Die Abkürzung wird als kulturell unabhängige Zeitangabe alternativ zu „v. Chr.“ benutzt.

Winkelhöhe bzw. Elevation

Die Winkeldistanz zwischen einem Himmelsobjekt und dem Horizont.

Zenit

Der Punkt am Himmel direkt über einem Beobachter.

Zirkumpolar

Eigenschaft eines Himmelsobjekts, das während seiner scheinbaren Drehung um einen Himmelspol niemals untergeht.

4 Literaturverzeichnis

- Aratus, Callimachus, & Lycophron. (1921). *Callimachus: Hymns and Epigrams, Lycophron and Aratus*. (A. W. Mair & G. R. Mair, Übers.) (2. Aufl.). Harvard University Press. Abgerufen von <http://www.theoi.com/Text/AratusPhaenomena.html>
- Baker, R. F., & Baker, C. F. (1997). *Ancient Greeks: Creating the Classical Tradition*. New York, USA: Oxford University Press.
- Blomberg, M., & Henriksson, G. (1999). Evidence for the Minoan origins of stellar navigation in the Aegean. In *Actes de la Vème Conférence annuelle de la SEAC* (Bd. 2, S. 69–81). Warszawa, Poland: Société européenne pour l'astronomie dans la culture Conférence annuelle. Abgerufen von <http://minoanastronomy.mikrob.com/pdf/1999%20Gdansk.pdf>
- Bohn, R. (2011). *Geschichte der Seefahrt*. München: Verlag C. H. Beck oHG.
- Cunliffe, B. (2003). *The Extraordinary Voyage of Pytheas the Greek* (Paperback). Harmondsworth, UK: Penguin Books.
- Emlen, S. T. (1970). Celestial Rotation: Its Importance in the Development of Migratory Orientation. *Science*, 170(3963), 1198–1201. <https://doi.org/10.1126/science.170.3963.1198>
- Henriksson, G., & Blomberg, M. (2008). Orientations at the Minoan peak sanctuary on Philioremos near Gonies (Maleviziou), Crete. *Archaeologica Baltica*, 10, 125–130. Abgerufen von http://briai.ku.lt/downloads/AB/10/10_125-130_Henriksson,_Blomberg.pdf
- Henriksson, G., & Blomberg, M. (2009). Solar Orientations of Bronze Age Shrines in Gournia, Crete. In J. A. Rubiño-Martín, J. A. Belmonte, F. Prada, & A. Alberdi (Hrsg.), *ASP Conference Series* (Bd. 409, S. 430–435). San Francisco, USA: Astronomical Society of the Pacific. Abgerufen von <http://minoanastronomy.mikrob.com/pdf/2009%20Granada.pdf>
- Hergt, W. G. (1893). *Die Nordlandfahrt des Pytheas*. Halle an der Saale, Germany: Hofbuchdruckerei von C. A. Kaemmerer & Co.
- Hertel, P. (1990). *Das Geheimnis der alten Seefahrer*. Gotha, Germany: Hermann Haack Verlagsgesellschaft mbH.
- Hiscock, P. (2013). Occupying new lands : global migrations and cultural diversifications with particular reference to Australia. In K. E. Graf, C. V. Ketron, & M. R. Waters (Hrsg.), *Paleoamerican Odyssey* (S. 3–11). College Station, USA: Center for the Study of the First Americans, Department of Anthropology, Texas A & M University. Abgerufen von https://www.researchgate.net/publication/283609921_Occupying_new_lands_Global_migrations_and_cultural_diversification_with_particular_reference_to_Australia
- Johnson, D. S., & Nurminen, J. (2009). *The History of Seafaring* (2. Aufl.). National Geographic.
- Kramer, G. (1952). Experiments on Bird Migration. *Ibis*, 94(2), 265–285. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1952.tb01817.x>

[zurück zum Anfang](#)

- Lane, F. C. (1963). The Economic Meaning of the Invention of the Compass. *The American Historical Review*, 68(3), 605–617. <https://doi.org/10.2307/1847032>
- Lockley, R. M. (1967). *Animal Navigation*. New York, USA: Hart Publishing Company, Inc.
- Mauck, B., Gläser, N., Schlosser, W., & Dehnhardt, G. (2008). Harbour seals (*Phoca vitulina*) can steer by the stars. *Animal Cognition*, 11(4), 715–718. <https://doi.org/10.1007/s10071-008-0156-1>
- McKim Malville, J., & Putnam, C. (1993). *Prehistoric Astronomy in the Southwest*. Boulder, USA: Johnson Books.
- Nansen, F. (1911). *In Northern Mists: Arctic Exploration in Early Times*. (Chater, Arthur G., Übers.) (Bd. 1). New York: Frederick A. Stokes company.
- Penhallurick, R. D. (1986). *Tin in antiquity: its mining and trade throughout the ancient world with particular reference to Cornwall*. London, UK: Institute of Metals.
- Roller, D. W. (2006). *Through the Pillars of Herakles: Greco-Roman Exploration of the Atlantic*. New York, USA: Routledge (Taylor & Francis).
- Rudgeley, R. (2000). *The Lost Civilizations of the Stone Age*. New York, USA: Simon and Scguster.
- Sauer, E. G. F. (1958). Celestial Navigation by Birds. *Scientific American*, 199(2), 42–47. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0858-42>
- Sauman, I., Briscoe, A. D., Zhu, H., Shi, D., Froy, O., Stalleicken, J., ... Reppert, S. M. (2005). Connecting the Navigational Clock to Sun Compass Input in Monarch Butterfly Brain. *Neuron*, 46(3), 457–467. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.03.014>
- Schmidt-Kaler, T., & Schlosser, W. (1984). Stone-Age Burials as a Hint to Prehistoric Astronomy. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 78(5), 178.
- Stevenson, A. (2008, Oktober 20). Probing Question: Why are moths attracted to light? Abgerufen 1. August 2016, von <http://news.psu.edu/story/141283/2008/10/20/research/probing-question-why-are-moths-attracted-light>

Weitere WIS-Materialien zur Astronomie und allen ihren Bezügen finden Sie unter der Adresse www.wissenschaft/schulen.de (Fachgebiet Astronomie).

Wir würden uns freuen, wenn Sie zum vorliegenden Beitrag Hinweise Kritiken und Bewertungen an die Kontaktadresse des Autors senden könnten.