

Sternbilder in 3D

In Bezug auf die Rubrik „Der Himmel im Überblick“ in der Zeitschrift »Sterne und Weltraum« 8/2022,
Zielgruppe: Mittelstufe, WIS-ID: 1571160

Natalie Fischer

Wenn wir am nächtlichen Abendhimmel Sternbilder betrachten, sieht es so aus, als wären diese wie zweidimensionale Bilder an eine riesige kugelförmige Himmelsphäre angeheftet. Kein Wunder also, dass frühere Weltmodelle mit an Sphären befestigten Sternen diese Beobachtung genauso widerspiegeln. In Wahrheit sind die Sterne eines Sternbildes jedoch weder gleich weit von der Erde entfernt, noch gleich alt oder gar gleich groß. Und aus einer anderen Perspektive betrachtet, bleibt in der Regel nichts von dem „alten“ Sternbild übrig. Wie Sternbilder in 3D aussehen und wie sich 3D-Modelle möglichst einfach herstellen lassen, ist Inhalt dieses WIS-Beitrags.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Positionsastronomie, Sterne	Sternbilder, Entfernung und Verteilung Sterne
Fächer- verknüpfung	Astro-Mathematik	Strahlensatz , Satz des Pythagoras , rechtwinkliges Dreieck , Maßstab
Lehre allgemein	Kompetenzen (Wissen und Erkenntnis), Unterrichtsmittel, Lehr- und Sozialformen	Kommunikationskompetenz, Erkenntnisgewinnung, Berechnungen , Modelle anwenden , Modelle bauen , Gruppenarbeit , Projektarbeit

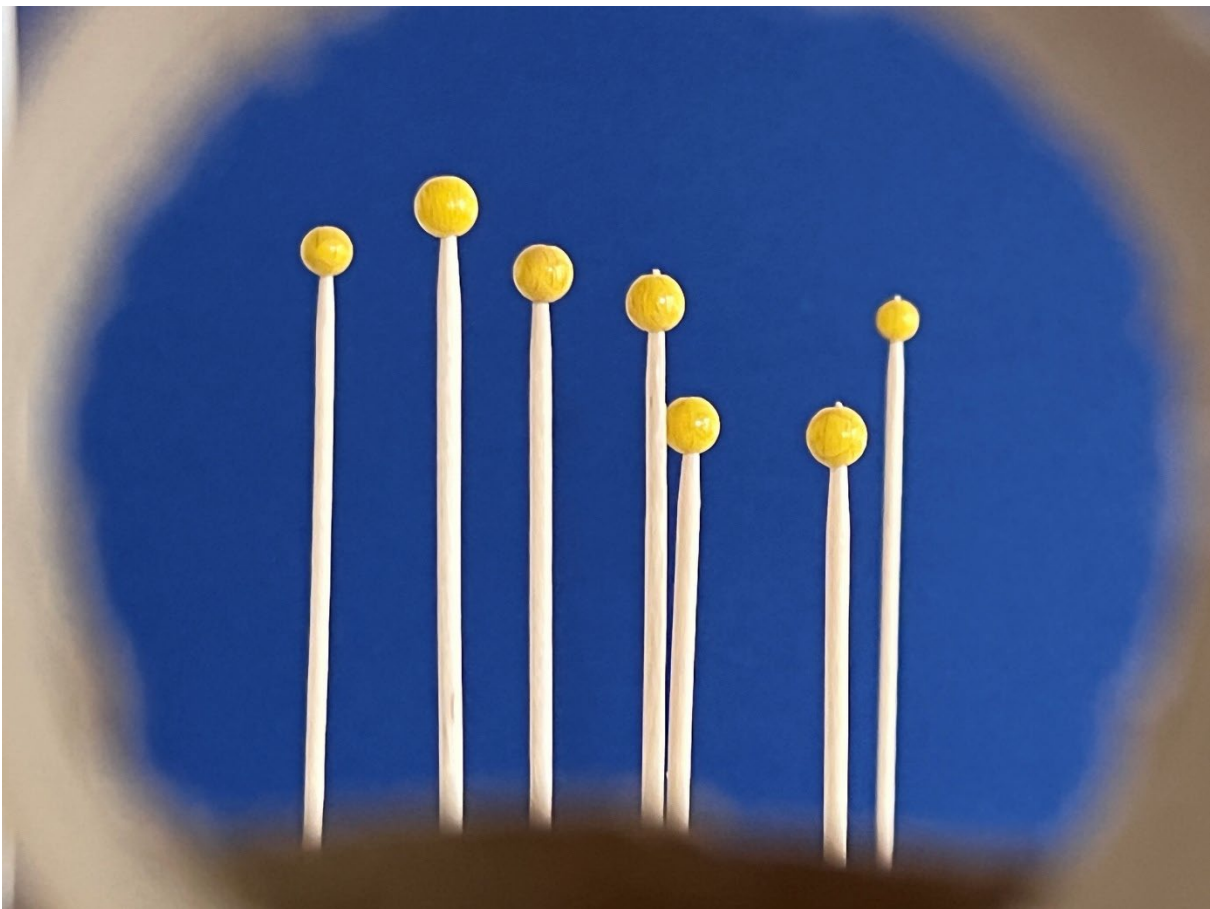


Abbildung 1: Das fertige Modell des Asterismus ‚Großer Wagen‘, der Teil des Sternbilds ‚Großer Bär‘ ist. Im Weiteren wird der Große Wagen hier als (volkstümliches) Sternbild bezeichnet. Bild: Natalie Fischer.

Was sind Sternbilder

[Zurück zum Anfang](#)

Unter einem Sternbild verstehen wir eine Gruppe von Sternen, die derart angeordnet sind, dass ihr Muster uns an das Bild eines Gegenstandes, einer Figur oder eines Tieres etc. erinnert. Da jede Kultur ihre eigenen Bilder in zusätzlich auch noch unterschiedlichen Sternengruppen sieht, gibt es weltweit hunderte verschiedene Sternbilder.

Man kann sich gut vorstellen, dass es für die Astronomen auf der ganzen Welt damals recht schwierig war, sich über Himmelsereignisse auszutauschen. Und so legte im Jahre 1922 die Internationale Astronomische Union (IAU) weltweit eine Liste von 88 Sternbildern verbindlich fest. Wenige Jahre später wurden auch die Grenzen zwischen den Sternbildern endgültig festgelegt und die somit auch die offiziellen Bezeichnungen der einzelnen Sterne innerhalb einer Sternbildgrenze möglich, zum Beispiel α Ursae Majoris für den hellsten Stern im Sternbild Große Bärin (bei uns wird die männliche Formulierung Großer Bär verwendet). Die hellsten Sterne eines Sternbildes machen das eigentliche „Bild“ aus und tragen zusätzlich zu ihrer offiziellen Bezeichnung oft Eigennamen.

Koordinaten der Sterne

[Zurück zum Anfang](#)

Die 88 Sternbilder verteilen sich auf eine nördliche und eine südliche Himmelskugel, die durch den Himmelsäquator voneinander getrennt sind. Die verlängerte Erdachse verbindet dabei den nördlichen Himmelspol mit dem südlichen Himmelspol. In Anlehnung an die Längen- und Breitenkreise auf der Erde, entstand das himmlische Gradnetz: den irdischen Breitenkreisen entsprechen die Deklinationskreise und den irdischen Längengraden die Rektaszensionskreise. Die Deklination δ wird ebenfalls wie auf der Erde vom Äquator bis zum Himmelsnordpol von 0 bis +90 Grad gezählt und vom Äquator bis zum Himmelsüdpol von 0 bis -90 Grad. Bei der Rektaszension α gibt es einen Unterschied zu den irdischen Längengraden: Zwar gibt es auch hier einen Nullmeridian, aber von diesem wird nicht von 0 bis 180 Grad West bzw. 0 bis 180 Grad Ost gezählt, sondern aus praktischen Gründen beginnend beim Nullmeridian von Osten nach Westen der Winkelabstand entlang des Himmelsäquators im Zeitmaß von 0 bis 24 Stunden angegeben. Eine Stunde entspricht somit 15 Grad. Der Nullmeridian ist dabei der Meridian, der durch den sogenannten Frühlingspunkt verläuft, also dem Schnittpunkt der aufsteigenden Ekliptik mit dem Himmelsäquator.

Jeder Stern eines Sternbildes kann mit diesen beiden Koordinaten δ und α eindeutig identifiziert werden. Allerdings nur an der Himmelskugel. Für ein 3D-Modell benötigen wir noch eine dritte Angabe und das ist die Entfernung des Sterns von der Erde. Dank zahlreicher Messungen durch Weltraumsatelliten- und -sonden, können wir mittlerweile auf sehr verlässliche Entfernungsdaten zurückgreifen.

Von den Daten zum Modell

[Zurück zum Anfang](#)

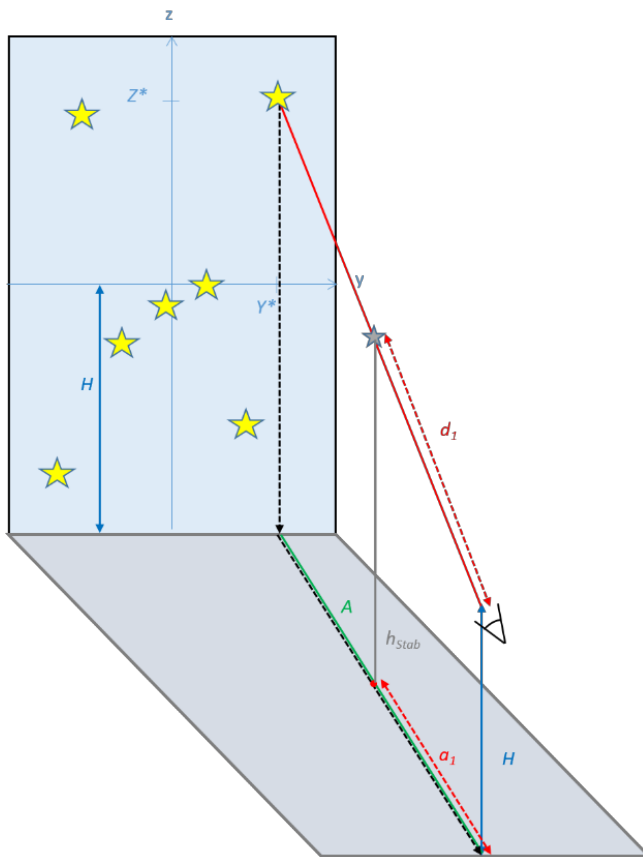
Bei einem dreidimensionalen Sternbildmodell sind alle beteiligten Sterne entsprechend ihrer drei Koordinaten im Raum angeordnet. Je nach Bauart des Modells werden sie mit Stäben von unten oder von oben, Schnüren von oben nach unten oder auch mit Schnüren vom Betrachtungsort hin zum Kopfende des Modells an ihren Plätzen gehalten. Dieser „Betrachtungsort“ spielt eine wichtige Rolle, denn nur von dieser Position aus zeigt sich in dem Sternhaufen das vertraute Sternbild.

Um ein Modell zu bauen, wäre es am einfachsten, man könnte die drei Koordinaten Deklination, Rektaszension und Sternentfernung in Abhängigkeit vom Beobachtungsort- und -richtung in wenigen Schritten in x-, y- und z-Koordinaten umrechnen und im Anschluss das Modell herstellen. Die Herleitung dieser Umrechnung ist aber nicht unbedingt für die Schülerinnen und Schüler der Mittelstufe geeignet.

Wir wollen hier einen pragmatischeren Weg gehen: die Schülerinnen und Schüler sollen sich nicht nur mit dem Themengebiet Sternbilder und der räumlichen Verteilung der Sterne im Raum auseinandersetzen, sondern auch mit Perspektivwechseln und den Tücken des Modellbaus (siehe auch Ablauf).

[Zurück zum Anfang](#)

Wir wählen ein Modell, bei dem ausgehend von einem festen Beobachtungspunkt an einem Ende des Modells die Sterne des Sternbildes entsprechend ihres Abstandes von der Erde auf senkrechten Stäben auf einer Platte (z. B. Styropor, Schaumstoff usw.) stehen. Der Maßstab und damit die Größe des



Modells ergibt sich aus den Deklinations- und Abstandsdaten der Sterne (siehe unten). Die Höhe des Stabes ermitteln die Schülerinnen und Schüler dadurch, dass sie die Modellsterne mit den Sternen einer am andere Ende des Modells aufgestellten Kopie des Sternbildes in Deckung bringen. Durch diese Methode erfahren sie, wie sich die Position eines Sterns scheinbar verändert, wenn der Beobachter seine eigene Position verändert (Parallaxe).

Abbildung 2: Grundidee des Modells (hier am Beispiel des Sternbilds Orion): Die Modellsterne werden auf Stäben vor dem Sternbildhintergrund aufgestellt. Jeder Stab hat einen horizontalen Abstand a_i vom Beobachter. Dies ist die Projektion des Abstands Beobachter – Stern d_i , die sich aus der wahren Entfernung Erde-Stern berechnet. Die Stabhöhe h_{Stab} wird ermittelt, indem der Sternstab so nach oben/unten verschoben wird, dass der dazugehörige Stern auf der senkrechten Sternbildkarte verdeckt wird. Auf diese Weise umgehen wir die Umrechnung der Deklination und der Rektaszension der Sterne. Der Beobachter (siehe Auge unten rechts) hat die Position Bildmitte Sternbildkarte. Im Beispiel blickt er aus der Höhe H leicht nach oben zum Stern hinauf. Der Koordinaten Y^* und Z^* jedes Sterns werden durch Messen mit einem Lineal ermittelt und dienen der Berechnung von a_i . Bild: Natalie Fischer.

3D-Modell des Sternbildes Großer Wagen

Wir wählen als Beispiel für ein erstes Sternbildmodell den „Asterismus“ Großer Wagen, von dem wir ausgehen können, dass es bei den Schülerinnen und Schülern bekannt ist. Da in der Alltagssprache der Begriff „Asterismus“ nicht geläufig ist, verzichten wir im laufenden Text mit Absicht auf diese Differenzierung und verwenden den Begriff „Sternbild“ in Bezug auf den Großen Wagen.

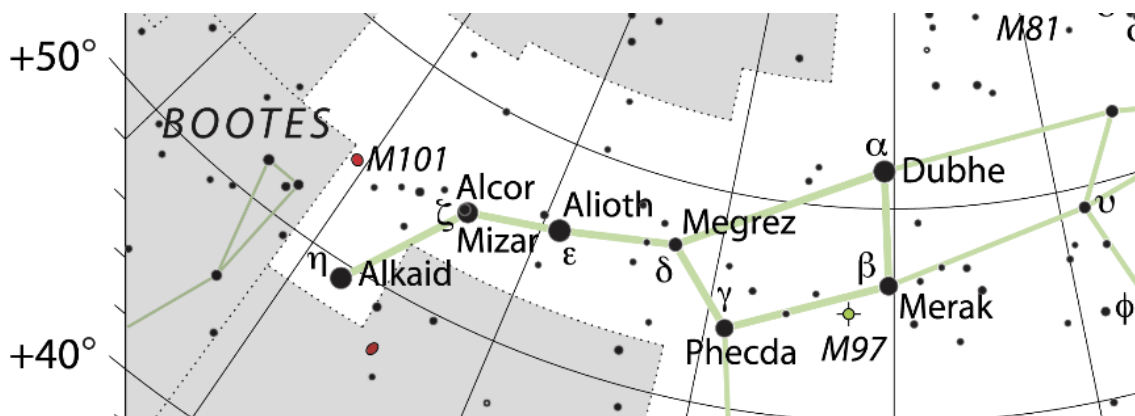


Abbildung 3: Der Asterismus Großer Wagen ist Teil des Sternbildes Großer Bär. Seine Ausdehnung in der Deklination beträgt ca. 12,4 Grad. Bild: IAU and Sky & Telescope, CC BY 4.0, <https://www.iau.org/public/images/detail/uma/>.

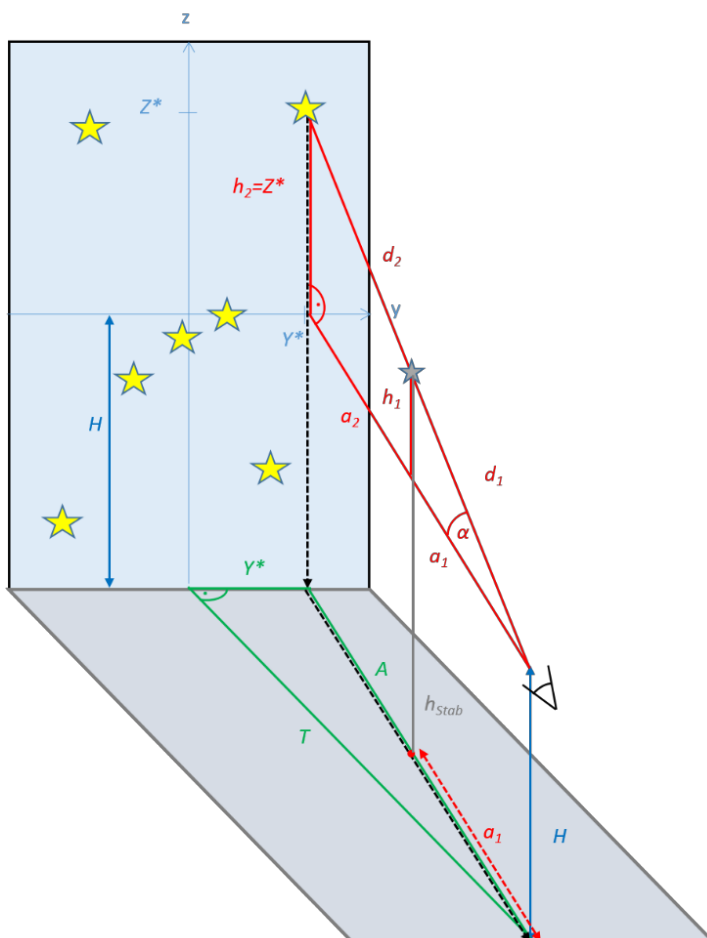
[Zurück zum Anfang](#)

Um das Sternbild Großer Wagen als 3D-Modell zu bauen, müssen folgende Informationen recherchiert werden: Welche Sterne gehören dazu? Welche Entfernung haben sie von der Erde? Außerdem sollte eine Sternbildkarte in der Größe ausgedruckt werden, die die gewünschte Größe des Sternbildmodells zeigt. Dazu eignen sich die Webseite der Internationalen Astronomischen Union IAW (siehe Quellen). Aus diesen Daten berechnen sich wichtige Größen, die wir für das Modell brauchen (siehe unten). Für den Großen Wagen ergeben sich die folgenden Bezeichnungen und Entfernungen:

Nummer des Sterns	Name des Sterns	Wahre Entfernung d Erde – Stern	Modell: Projektion Entfernung Erde – Stern auf Ebene = Abstand a , Stab – Beobachter
		[Lj]	[cm]
1	η UMa (Alkaid)	101	40,4
2	ζ UMa (Mizar)	78	31,2
3	ε UMa (Alioth)	81	32,4
4	δ UMa (Megrez)	81	32,4
5	γ UMa (Phekda)	84	33,6
6	β UMa (Merak)	79	31,6
7	α UMa (Dubhe)	124	49,6

Tabelle 1: Die Sterne des Sternbilds Großer Wagen wurden von 1 bis 7 (von links nach rechts) durchnummeriert. Die wahre Entfernung Erde – Stern wurde entsprechend des gewählten Maßstabs umgerechnet in die Entfernung a_1 des Stabes vom Beobachter.

Die Mathematik rund um das 3D-Modell



Ohne Mathematik geht es aber auch bei diesem Modell nicht. Es kommt aber mit einfachen mathematischen Konzepten aus: Strahlensatz, rechtwinkliges Dreieck (Satz des Pythagoras, cos, tan).

Abbildung 4: Die Geometrie des Modellbaus (hier am Beispiel des Sternbilds Orion). Y^* und Z^* sind die Koordinaten des Sterns auf der Sternbildkarte. Die Strecke A verbindet den Fußpunkt des Sterns auf der Sternbildkarte gefällten Lotes mit dem Fußpunkt des vom Beobachtungspunktes gefällten Lotes. Die schwarz gestrichelte Linie wird von den Schülerinnen und Schülern für jeden Stern gezeichnet. Wo auf dieser Linie der Sternstab stehen wird (a_1), errechnet sich aus der wahren Entfernung des Sterns vom Beobachter.

Berechnung der Strecke a_1

[Zurück zum Anfang](#)

Diese wird von den Schülerinnen und Schülern entlang der Verbindungslinie A Beobachter – Lotpunkt Stern (siehe Abbildung 4) aufgetragen und markiert für jeden Stern die Stelle, an der der jeweilige Sternstab stehen muss. a_1 muss für jeden Stern einzeln berechnet werden.

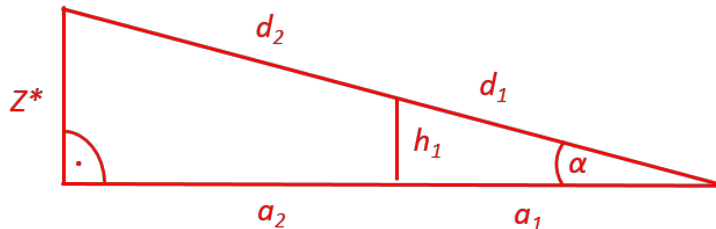


Abbildung 5: Winkelverhältnisse im Modell (Teilbild aus Abb.4).

Strahlensatz :
$$\frac{a_1}{d_1} = \frac{a_2}{d_2} \rightarrow a_1 = d_1 \frac{a_2}{d_2}$$

Rechtwinkliges Dreieck:
$$\cos \alpha = \frac{a_1}{d_1} = \frac{a_2}{d_2}$$

Daraus folgt:
$$a_1 = d_1 \frac{a_2}{d_2} = d_1 \cos \alpha$$

Berechnung von α :
$$\tan \alpha = \frac{Z^*}{A} \text{ mit } A = \sqrt{Y^{*2} + T^2} \text{ (grünes Dreieck unten)}$$

Daraus folgt
$$a_1 = d_1 \cos \alpha \text{ mit } \alpha = \tan^{-1} \frac{Z^*}{\sqrt{Y^{*2} + T^2}}$$

Berechnung der Stabhöhe h_{Stab}

[Zurück zum Anfang](#)

Die Stabhöhe h_{Stab} sollen die Schülerinnen und Schüler praktisch ermitteln. Sie ließe sich aber auch berechnen. Dazu muss aber sehr genau gearbeitet werden.

Es gilt:
$$\frac{h_1}{a_1} = \frac{Z^*}{a_1 + a_2} = \frac{Z^*}{A} \rightarrow h_1 = Z^* \frac{a_1}{A}$$

Für die Stabhöhe ergibt sich dann:
$$h_{Stab} = H + h_1 = H + Z^* \frac{a_1}{A}$$

Bau des Modells

1. Bestimmen des Maßstabes

Damit Sternbildgröße und Abstand der Sterne zueinander passen, wird zunächst die Ausdehnung δ des Sternbildes in Deklination bestimmt. Die Rektaszension eignet sich nicht dafür, da die Abstände ihrer Meridiane zu den Polen stetig abnehmen. Es gilt

$$\tan \frac{\delta}{2} = \frac{\text{Halbe Breite des Sternbildes}}{\text{Abstand Beobachter – senkrecht Sternbild}}$$

In unserem Beispiel beträgt die Ausdehnung des Sternbildes Großer Wagen $\delta = 12,44$ Grad. Beim Vergrößern und Ausdrucken des Sternbildes ergab sich eine Breite des Großen Wagens von 13,4 cm. Eingesetzt in die Formel ergibt sich für den Abstand Sternbildkarte – Beobachter eine Strecke von ca. 60 cm. Wir wählen daher zwei DIN-A4-Seiten, die mit der kurzen Seite aneinandergeliebt werden. Somit ist $T = 59,4$ cm (siehe Abbildung 4).

Der am weitesten entfernte Stern ist Dubhe mit 124 Lichtjahren. Damit gilt (mit etwas Platz nach hinten) für unseren Maßstab: 60 cm \rightarrow 150 LJ und 1cm \rightarrow 2,5 LJ

2. Ermitteln von Y^* , Z^* (Lineal) und A , a_1 (Berechnen) für jeden Stern des Sternbildes

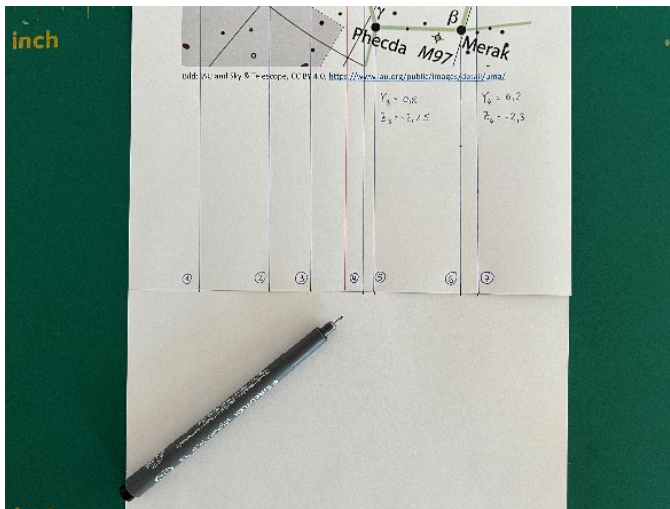
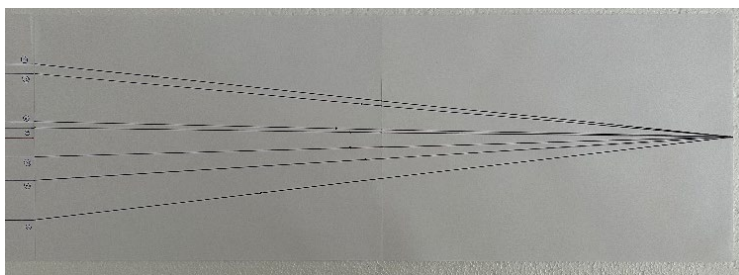


Abbildung 5: Füllen des Lotes und Übertragung auf das Doppelblatt. Bild: Natalie Fischer.

Diese Werte werden am besten in eine Tabelle eingetragen. Von jedem Stern auf der Sternbildkarte wird das Lot gefällt und die Endpunkte auf das obere Blatt der beiden DIN-A4-Seiten übertragen. Auf der gegenüberliegenden Seite des Doppelblattes markieren wir nun den Lotpunkt des Beobachtungspunktes (= Mitte des Randes) und verbinden diesen mit allen 7 Lotpunkten. Das sind die Linien A (siehe Abbildung 4). Der Beobachtungspunkt befindet sich in der Höhe H und entspricht der Blattmitte der Sternbildkarte.

3. Übertragen von a_1 auf das Doppelblatt



Mit einem langen Lineal wird für jeden Stern vom Beobachtungspunkt aus auf der zugehörigen Linie A des Sterns die Strecke a_1 abgetragen und markiert. Das ist jeweils die Stelle, an der der Sternstab in die Unterlage gesteckt wird.

Abbildung 6: Übertragen der Abstände a_1 Beobachter – Sternstab auf die Sichtlinien Stern – Beobachter. Bild: Natalie Fischer.

[Zurück zum Anfang](#)

4. Bestimmen der Höhe der Sternstäbe

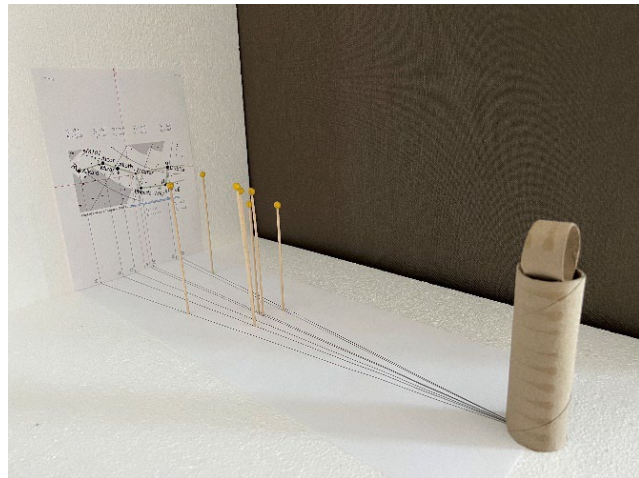
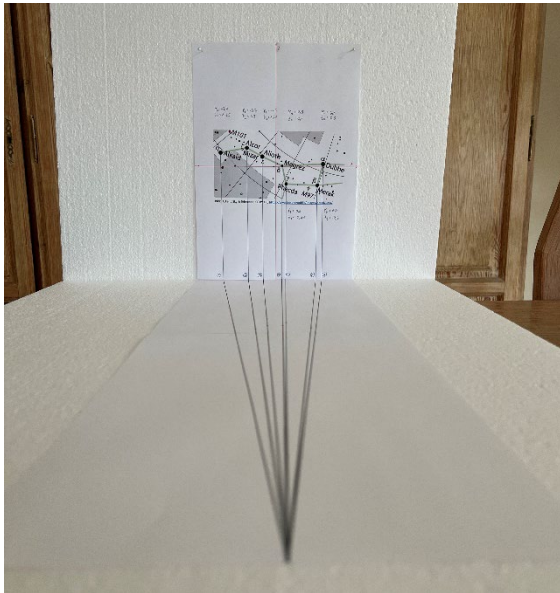


Abbildung 6a und 6b: In dieser Anordnung werden die Sternstäbe hineingesteckt. Ein Ring aus Pappe hilft dabei, den Beobachtungsort zu markieren. Bilder: Natalie Fischer.

Die Sternbildkarte wird senkrecht an einen Karton oder eine Wand befestigt. Davor liegt horizontal das Doppelblatt mit den Markierungen für die Stäbe auf einer Unterlage aus Kork, Styropor o. ä. Nun werden die Stäbe, an deren einem Ende kleine Perlen geklebt wurden, an den gekennzeichneten Stellen vorsichtig in die Unterlage gesteckt. Jetzt werden nacheinander die Höhen der Sternstäbe überprüft und die Holzspieße entsprechend gekürzt. Dazu blickt man mit einem Auge (!) aus der Position des Beobachters (Ende Doppelblatt, Höhe halbe Sternbildkarte (14,8 cm)) auf die Sternbildkarte. An dieser Stelle erkennen die Schülerinnen und Schüler, wie stark sich die Sternpositionen verschieben, sobald sich die Position des Beobachters verschiebt (Parallaxe).

Als Hilfsmittel eignet sich ein dort angebrachter Ring, durch den man blicken kann. Er kann leicht hergestellt werden, indem von einer Küchenpapierrolle ein ca. 1 cm dicker Ring abgeschnitten und senkrecht auf den auf die passende Höhe gekürzten Rollenrest geklebt wird. Die Ringmitte liegt bei $H = 14,8$ cm.

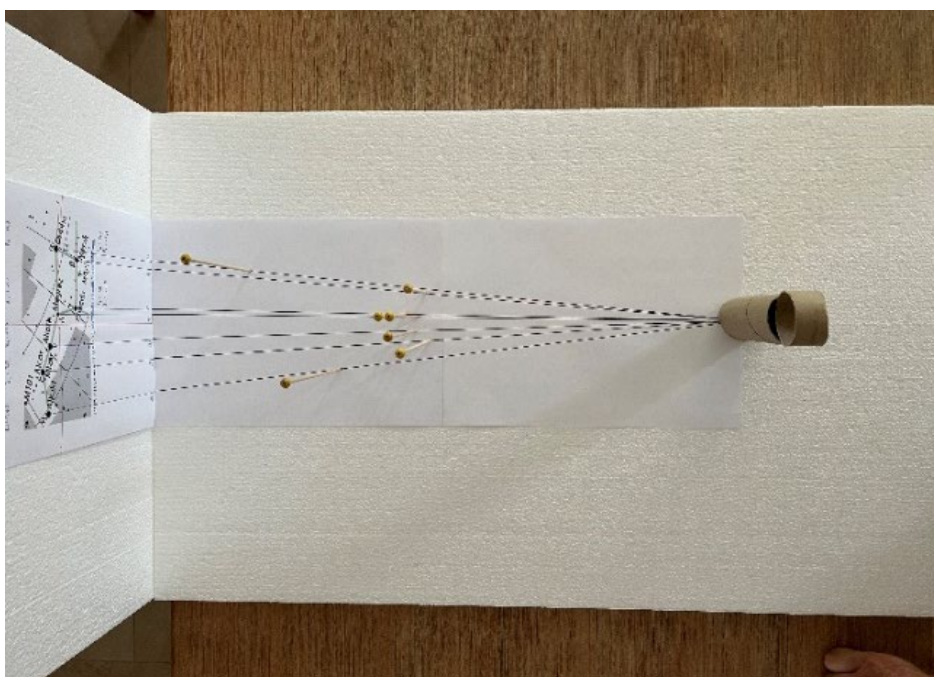
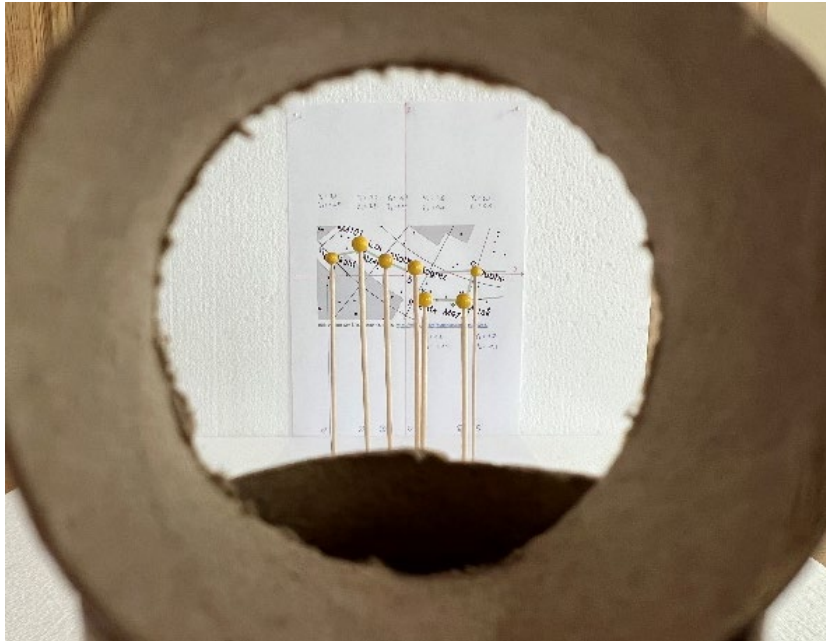


Abbildung 7: Blick von oben (Bild: Natalie Fischer)

5. Fertigstellen

[Zurück zum Anfang](#)



Sind alle Sternstäbe angebracht, kann die Sternbildkarte entfernt werden. Je nach Länge der Unterlage kann auch das Doppelblatt auf eine minimale Größe reduziert werden. Bei Bedarf kann das Modell zusätzlich mit Farbe, Sternennamen etc. gestaltet werden.

Abbildung 8: Fertig! Der Blick durch den Ring auf den Großen Wagen. Bild: Natalie Fischer.

Vorschlag für einen Unterrichtsablauf

[Zurück zum Anfang](#)

Zunächst gibt es eine Einführung in die Thematik Sternbilder, bei der erste Fragen rund um das Thema erörtert werden, z. B. Unterschied Sternzeichen - Sternbilder - Asterismen, Sichtbarkeit von Sternbildern in Abhängigkeit vom Beobachtungsort, usw.

Mit Hilfe des kostenfreien App „Stellarium“ oder/und einer drehbaren Sternkarte nimmt die Klasse das Sternbild Großer Wagen unter die Lupe: Wie viele Sterne gehören zum Sternbild? Ist es ein offizielles Sternbild? Gibt es Besonderheiten (z. B. Mizar und Alkor)? Wie heißt das Sternbild in anderen Ländern (Pflug, Himmelswagen, Schöpfkelle, Teil des Sternbildes Großer Bär(in))? Wann ist es sichtbar (zirkumpolar, daher ganzjährig)? Ausdehnung des Sternbildes in Deklination und Rektaszension? Entfernungen der Sterne von der Erde?

Im Anschluss stellen die Schülerinnen und Schüler gemeinsam ein dreidimensionales Modell eines Sternbildes her und erfahren, auf was man beim Modellbau alles achten muss. Dies geschieht anhand des in diesem WIS-Beitrag vorgestellten dreidimensionalen Sternbildes Großer Wagen.

Nun werden die Schülerinnen und Schüler in Zweiergruppen eingeteilt.

Mit Hilfe des Programms Stellarium suchen sich die einzelnen Gruppen nun ein eigenes Sternbild aus, das sie als dreidimensionales Modell herstellen möchten. Mit Hilfe von Stellarium oder einer drehbaren Sternkarte klären sie ab, wann dieses Sternbild gut sichtbar ist. Im Internet recherchieren die Schülerinnen und Schüler auch hier die Koordinaten der Hauptsterne, informieren sich über die Bedeutung des Sternbildnamens und Besonderheiten innerhalb des Sternbildes, z. B. ob es dort besondere Sterne, Nebel oder Galaxien, Doppel- oder Mehrfachsterne usw. gibt.

Nachdem die Gruppen ihre Modelle gebaut haben, werden diese zusammen mit den anderen recherchierten Informationen im Plenum präsentiert. Ein besonderes Augenmerk wird darauf gelegt, welche Herausforderungen das Modell gebracht hatte und wie die gelöst wurden. Ein Beispiel sei hier genannt: Die Sterne des Sternbildes Großer Wagen liegen vergleichsmäßig nahe beieinander und der uns nächste Stern liegt relativ weit vom Beobachter weg. Daher ist der Blick des Auges entspannt. Anders ist dies beim Sternbild Orion: Hier haben wir es mit ganz anderen Entfernungen zu tun und der erste Stern liegt relativ nah zum Beobachter. Dieses Modell benötigt daher eine sehr große Tiefe oder einen sehr kleinen Sternbilddurchmesser. Letzteres ist dann mit Holzstäben und Holzperlen schwierig zu bauen.

[Zurück zum Anfang](#)

Das haben die Schülerinnen und Schüler am Ende dieser Einheit erfahren

- Sie können die wichtigsten Sterne ausgewählter Sternbilder identifizieren.
- Sie sind sich bewusst, dass Sternbilder räumliche Strukturen sind und dass der uns vertraute zweidimensionale Sternbildanblick nur bei einer ganz bestimmten Perspektive sichtbar ist.
- Sie können beschreiben, wie sich Sternbilder verzerren, wenn sich der Beobachter in unterschiedlichen Entfernungen und Richtungen befindet (Parallaxe).
- Sie können aufgrund eigener Recherchen ein maßstabsgetreues Modell eines Sternbildes bauen, das die Hauptsterne in ihren korrekten Positionen zeigt.
- Sie setzen sich kritisch mit Modellen auseinander.

Quellen

- Sternbildkarten: <https://www.iau.org/public/themes/constellations/>
- Stellarium: <https://stellarium.org/de/>

Zusatzmaterial zum Herunterladen

Sternkarte „Großer Wagen.pdf“