

# Eine galaktische Armillarsphäre

Dirk Brockmann

## 1. Vorbemerkung



Mit unserer Erdenwelt umrunden wir jährlich unseren eigenen Stern, die Sonne. Diese umkreist ihrerseits im Lauf von Hundertjahren das galaktische Zentrum, jene Ansammlung von Millionen von Sternenmassen. Insgesamt gesellt sich unsere Sonne in der Galaxis zu über zweihundert Milliarden anderen Sternen.

Mit diesem Aufsatz möchte aufgezeigt werden, wie Schülerinnen und Schülern eine Vorstellung von der Größe unserer Galaxis sowie Ort und Lage unseres Planetensystems und speziell der Erde in dieser Sternenansammlung vermittelt werden kann. Dazu werden Größenvergleiche mit Gegenständen aus der Alltagswelt angestellt und Modelle zur Veranschaulichung gebastelt. Drei kosmische Ebenen spielen dabei eine besondere Rolle: Die Ebene, in der unserer Erdäquator liegt, jene, in der (näherungsweise) die Planeten-

ahnen des Sonnensystems liegen (Ekliptik) und die galaktische Ebene, also die Ebene, in der unser Sternensystem (genannt Milchstraße oder Galaxis) liegt.

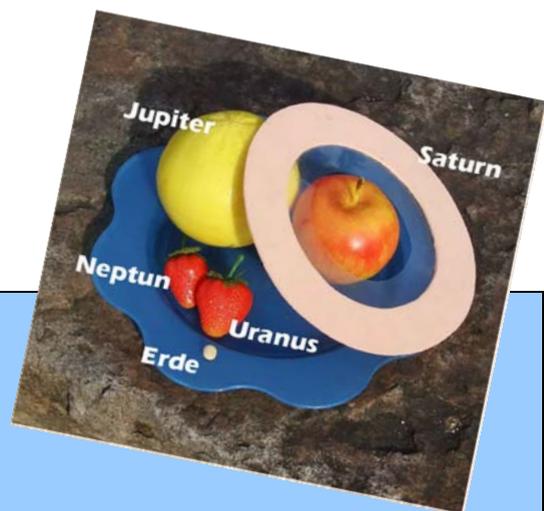
## 2. Einordnung und Fachübergreifende

Astronomie	Galaxien	Galaxis, Milchstraße
Verknüpfungen	Astro / Mathematik	Dreisatz, Koordinatensysteme
	Astro / Religion	Fragen nach dem Ort des Menschen
Lehre		Modellbau, räumliches Vorstellungsvermögen

### 3. Eine Vorstellung von der Größe unserer Galaxis

Um Schülerinnen und Schülern ob der ungeheuren Zahl von Sternen in unserer Galaxis und deren Größe in Staunen zu versetzen, bedarf es der Übersetzung der riesigen, aber nüchternen astronomischen Zahlen in Beispiele aus der Alltagswelt. Legen Sie dazu einen großen Bogen Papier (Tapete, Partytischdecken etc.) auf zwei zusammengestellte Schultische und lassen Sie die Schülerinnen und Schülern darauf flächendeckend schematisch die Umrisse einer Galaxis zeichnen. Nun erteilen Sie den Auftrag, mit Stiften eine Minute lang so viele Punktsterne auf die Tischaufgabe zu setzen wie möglich. 15 Kinder werden in dieser Minute etwa 5000 Punkte erzeugen können. Um alle Sterne unserer Galaxis darstellen zu können, bräuchten sie  $200 \cdot 10^9 / 5000$  Minuten oder knapp 80 Jahre, also, wenn sie Tag und Nacht arbeiteten, ein Leben lang!

Zur Veranschaulichung der Größenverhältnisse innerhalb unseres Sonnensystems sei auf den WiS!-Artikel „Ein Modell der Raumsonde Voyager“ verwiesen. Dort wird in einem „Obst- und Gemüse-Maßstab“ die Erde als Erbse, der Jupiter entsprechend als Pampelmuse dargestellt. Die Sonne mit ihren mehr als hundert Erddurchmessern wäre in diesem Maßstab ein großer Gymnastikball von etwa einem Meter Durchmesser, der Radius des Sonnensystems beliefe sich auf knapp vier Kilometer und der nächste Stern befände sich in ca. 25.000 Kilometern Entfernung:



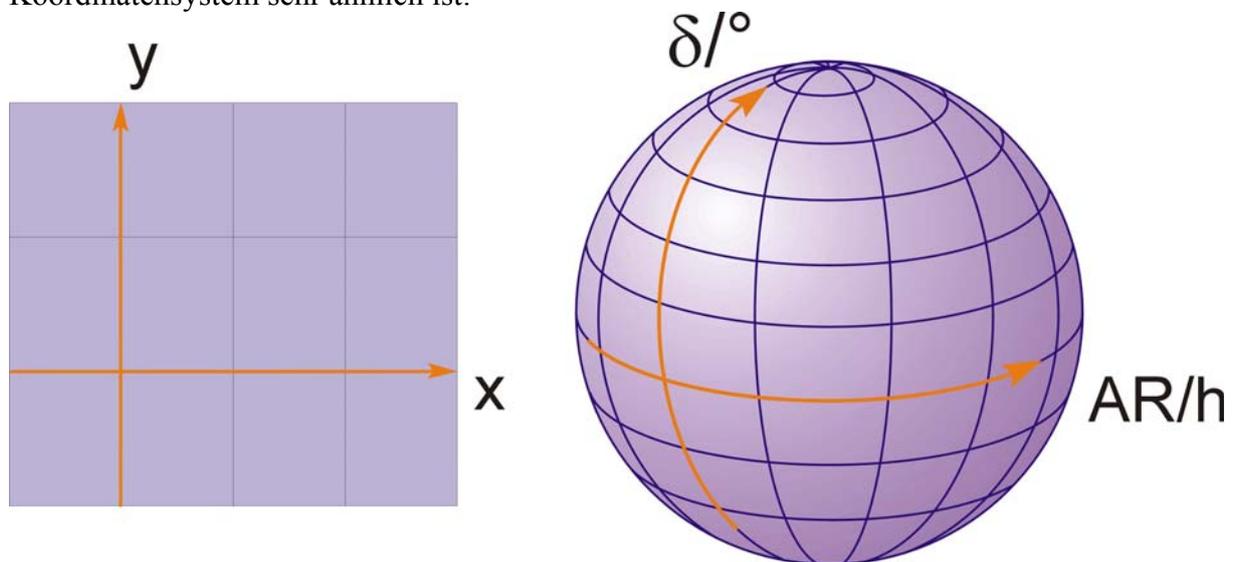
#### „Obst- und Gemüsemaßstab“ (1:1.600.000.000)

Größe	... im Maßstab	... in der Natur
Erddurchmesser	0,008m (Erbse)	12.756km
Jupiterdurchmesser	0,09m (Pampelmuse)	144.000km
Sonnendurchmesser	0,9m (großer Gymnastikball)	$1,392 \cdot 10^6$ km
Abstand Erde - Sonne	93,8m	$149,6 \cdot 10^6$ km
Abstand Jupiter - Sonne	490m	$778 \cdot 10^6$ km
Abstand Pluto - Sonne	3,8km	$5.946 \cdot 10^6$ km
Nächster Stern	25.000km	$4 \cdot 10^{13}$ km
Durchmesser der Galaxis	$5,9 \cdot 10^8$ km	$9,47 \cdot 10^{17}$ km

Zur Veranschaulichung der Entfernung der Sterne eignet sich also ein größerer Maßstab als der oben angegebene besser. Nimmt man unsere Sonne zum Beispiel nur von der Größe eines Kirschkerns in Hannover an, so befinden sich die nächsten Sterne etwa in den Entfernungen der europäischen Hauptstädte, Proxima Centauri also in Berlin.

#### 4. Einführung eines astronomischen Koordinatensystems

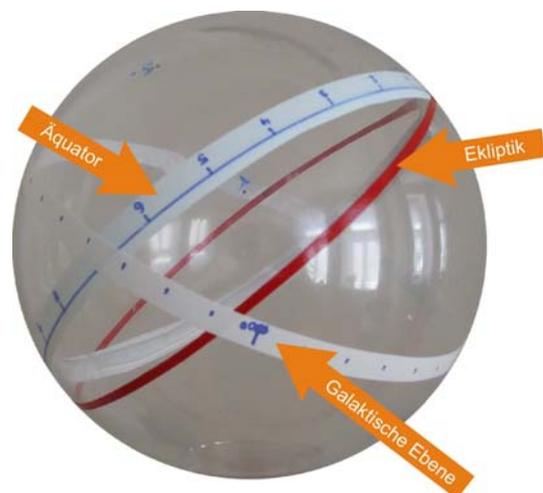
Bevor man sich im Unterricht mit der Lage unserer Erde bzw. unseres Planetensystems innerhalb unserer Galaxis beschäftigen kann, muss ein geeignetes Koordinatensystem eingeführt werden. Das Äquatorialsystem eignet sich hier aus verschiedenen Gründen in besonderem Maße, da es einerseits im globalen Sinne von unserem Standort, der Erde, ausgeht und andererseits dem in der fünften Klasse eingeführten kartesischen Koordinatensystem sehr ähnlich ist:



In diesem wird die Ebene rechtwinklig in zwei Koordinatenachsen, die Abszisse bzw. x-Achse und die Ordinate bzw. y-Achse eingeteilt. Ein jeder Punkt ist in der Ebene so durch die Angabe eines Koordinatenpaares (x;y) eindeutig festgelegt. Im Äquatorialsystem übernimmt ein Großkreis die Rolle der Abszisse. Er ergibt sich durch gedachte Projektion des irdischen Äquators an die Sternensphäre. Gemäß der Rotation der Erde wird er in 24 Stunden eingeteilt. Diese Rektaszension (AR) genannte Koordinate wird entsprechend in Stunden und Minuten angegeben. Im kugelgeometrischen Sinne senkrecht dazu steht - analog zur Ordinate des kartesischen Systems - die Deklinationssachse, welche die Winkelhöhe des Objekts über oder unter dem Äquator misst. Trägt man den Ort der Sonne im Laufe eines Jahres in diesem sphärischen Koordinatensystem auf, erhält man als Spur die so genannte Ekliptik. Einen der beiden Schnittpunkte der Ekliptik mit dem Äquator nennt man den Frühlingspunkt. Von diesem Punkt an beginnt die Skalierung der AR-Achse. Auch in diesem Koordinatensystem kann die Lage eines Punktes auf der Kugeloberfläche also mittels eines Koordinatenpaares (AR;δ) eindeutig festgelegt werden.

#### 5. Bau einer galaktischen Armillarsphäre

Die theoretischen Ausführungen aus Teil 4 sollen nun praktisch veranschaulicht und genutzt werden. Dazu werden die Lagen der Äquatorebene unserer Erde, der Ekliptik, also der angenäherten Ebene unseres Sonnensystems und der Ebene der Galaxis als Großkreise auf die Oberfläche einer Kunststoffkugel geklebt. Zunächst muss der Umfang der Kunststoffkugel vermessen und in 24 gleiche Teile eingeteilt werden. Dann wird ein entsprechend markierter

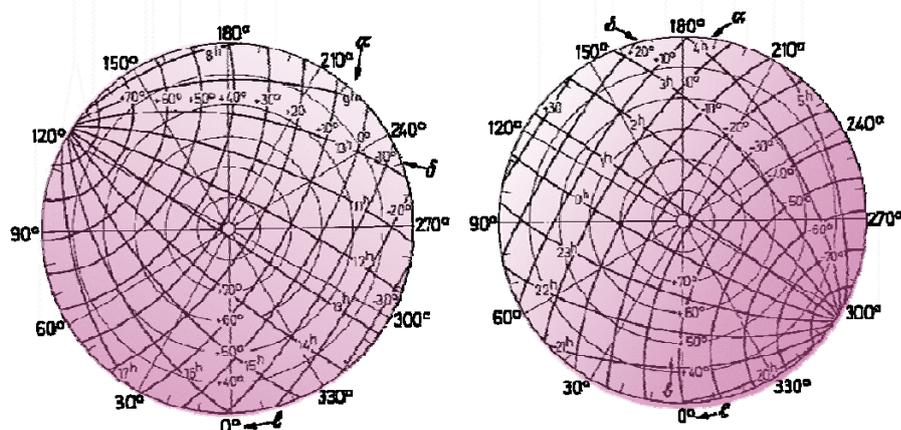
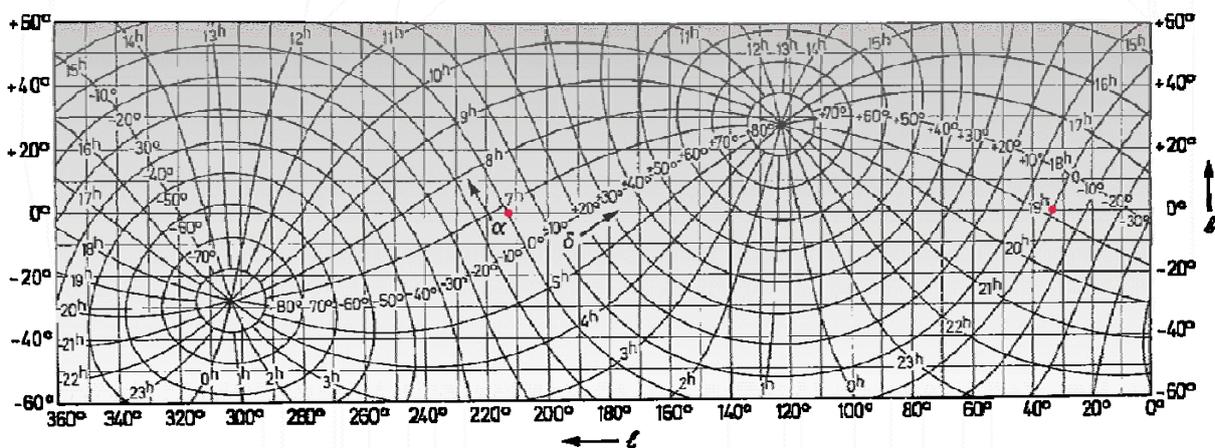


Streifen mit der Einteilung in 24 Stunden um die Kugel geklebt. Dieser Streifen zeigt die Lage des Erdäquators an (siehe rechts).

Ein zweiter Streifen von einem Viertel Kugelumfang und eingeteilt in neun gleiche Teile fungiert als Winkelmesser in Zehngradschritten. Mit Hilfe dieses Winkelmessers kann man zunächst einmal möglichst genau die Himmelspole bestimmen und markieren.

Bei 0 Stunden (Frühlingspunkt) und 12 Stunden schneidet die Ekliptik den Äquator, sie erreicht bei 6 Stunden bzw. 18 Stunden ihren größten nördlichen bzw. südlichen Winkelabstand vom Äquator ( $\pm 23,45^\circ$ , zu messen mit dem Winkelmesser). Die Ekliptik wird ebenfalls als Streifen durch die bezeichneten Punkte auf einem Großkreis um die Kugel gelegt.

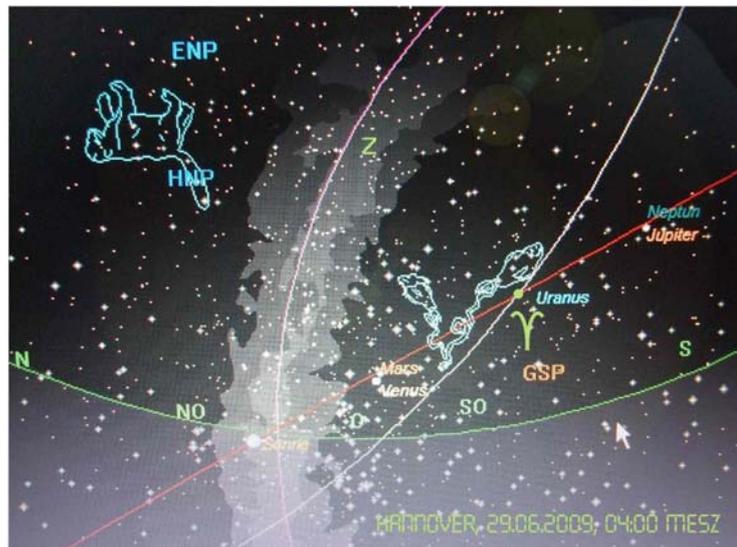
Die galaktische Ebene schneidet den Äquator bei 6 Stunden 46 Minuten sowie bei 18 Stunden 46 Minuten. Entsprechend liegen bei 12 Stunden 46 Minuten unter einem Winkel von  $-62,6^\circ$  der größte südliche und bei 0 Stunden 46 Minuten unter einem Winkel von  $+62,6^\circ$  der größte nördliche Winkelabstand der galaktischen Ebene vom Äquator. Dieser die galaktische Ebene markierende Großkreis wird in 360 Grad eingeteilt. Der Referenzpunkt ( $0^\circ$ ) liegt in Richtung des galaktischen Zentrums bei AR 17 Stunden 42 Minuten und  $\delta -28,9^\circ$ , zu bestimmen mit dem Winkelmesser. Die nachstehende Darstellung zeigt von G. Westerhout für die Epoche 1950 gezeichnete Karten zur Umwandlung der galaktischen Koordinaten (l,b) in äquatoriale (AR, $\delta$ ) (siehe [UB91], S. 247). Die roten Punkte markieren die Knoten von Äquator und galaktischer Ebene.



## 6. Beobachtung von Ekliptik und galaktischer Ebene am Sternenhimmel

Besonders reizvoll ist die Möglichkeit, sich die Lage der beschriebenen Ebenen am realen Nachthimmel zu verdeutlichen. In einer sternklaren Nacht kann man die Milchstraße und damit die galaktische Ebene gut erkennen.

Stehen zwei oder mehr Planeten am Himmel, kann man diese in Gedanken verbinden und sich auf diese Weise die Lage der Ebene unseres Sonnensystems vorstellen. Schwieriger ist es, die Lage des Äquators herauszufinden. Dazu muss man einige charakteristische Punkte kennen, wie beispielsweise den Frühlingspunkt im Sternbild Fische, der in nebenstehender Grafik<sup>1</sup> mit seinem astronomischen Symbol ( $\Upsilon$ ) gekennzeichnet ist. Ein weiterer, markanter Punkt ist beispielsweise der rechte Gürtelstern des Orion (Mintaka oder  $\delta$  Orionis). Der Polarstern (Polaris oder  $\alpha$  Ursae Minoris) markiert bekanntermaßen den Himmelsnordpol.



## 7. Bauanleitung für das Modell (siehe Anhang)

Im Anhang befindet sich ein Bastelbogen, der ein Modell zur Veranschaulichung der Lage unseres Sonnensystems in der Galaxis ergibt. Teil 2 muss dazu ausgeschnitten, gefalzt und als Manschette bündig auf Teil 1 geklebt werden. Danach wird Teil 4 ausgeschnitten. Das weiße Halbrund im Inneren der Lupe wird bis auf die Klebelasche ausgeschnitten, die Klebelasche selbst wird gefalzt und nach hinten gefaltet. Bevor dieses Teil nun von oben auf den halboffenen Zylinder aus den Teilen 1 und 2 geklebt wird, muss Teil 3 als stabilisierendes Element so in den halboffenen Zylinder geklebt werden, dass die halbrunde Öffnung von Teil 4 frei bleibt. Dann kann der halbrunde Zylinder mit Teil 4 geschlossen werden. Nun werden die Teile 5a und 5b Rücken an Rücken auf die kleinen Klebelaschen im Inneren der Lupe von Teil 4 geklebt. Die Winkelangabe ( $57^\circ$ ) muss dabei aufrecht stehen. Schließlich wird Teil 6 gemäß der Abbildung zentral in das Innere der Lupe aus Teil 4 geklebt. Damit ist das Modell fertig. Es zeigt die um  $57^\circ$  gegen die galaktische Ebene geneigte Lage unseres Sonnensystems, welches im Maßstab der Galaxis um etwa das 30 Millionen fache vergrößert ist. Die zweite, kleinere Lupe, welche die Erde zeigt, hat eine Vergrößerung von etwa 180.000.



<sup>1</sup> Die Grafik wurde mit dem Planetariumsprogramm Redshift 3 erzeugt und mit Corel PhotoPaint 8 bearbeitet.

## 8. Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler sollen...

- Berechnungen anstellen zur Anzahl an Sternen in unserer Galaxis.
- staunen über die unermessliche Anzahl an Sternen in unserer Galaxis und die Größe dieser Sterne.
- Koordinaten in ein Äquatorialsystem eintragen und sich mit diesem vertraut machen.
- Modelle zur Veranschaulichung der Lage unseres Planetensystems und speziell unserer Erde innerhalb unserer Galaxis basteln.
- die Milchstraße und ausgewählte Planeten am Nachthimmel beobachten.

## 9. Literatur

[Br08] D. Brockmann: *Ein Modell der Raumsonde Voyager*, WiS!-Artikel, Hannover 2008

[Mo87] P. Morrison: *Zehn hoch*, Heidelberg 1987

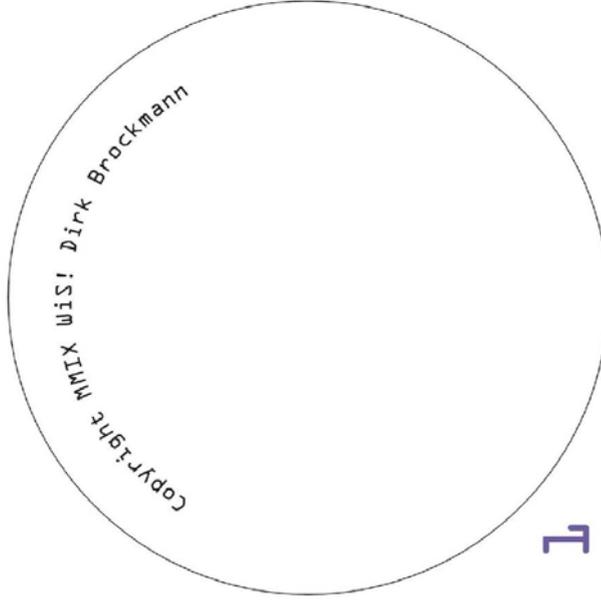
[Sa80] C. Sagan: *Cosmos*, 1980

[UB91] A. Unsöld, B. Baschek: *Der neue Kosmos* (5. Aufl.), Berlin 1991

# Unsere Heimat in der Galaxis

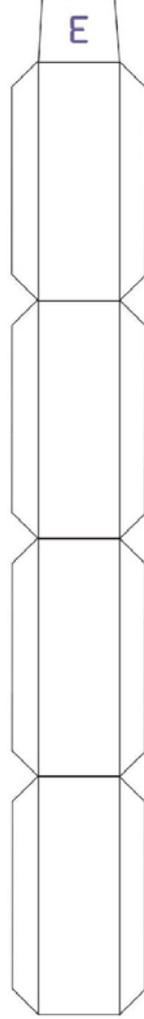


1



2

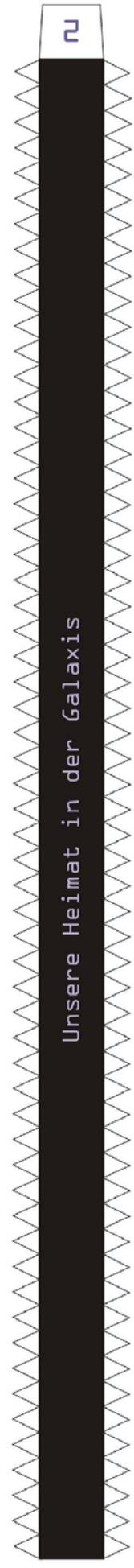
3



5a5b



4



5

Unsere Heimat in der Galaxis

6