

# Interesse der Menschen an Erscheinungen und Vorgängen am Himmel in Vergangenheit und Gegenwart

**1**  
**1. Stoffeinheit**  
**1. Stunde**  
**Unterrichtseinheit 1.1.1.**

## **Ziele:**

*Erkenntnis: Entwicklung und praktische Nutzung der Astronomie sind gesellschaftlich bedingt. Astronomie ist eine Naturwissenschaft und läßt keinen Raum für Aberglauben*

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
5/5	<b>Zielorientierung</b> Warum beschäftigen wir uns mit Problemen der Astronomie im Unterricht?	Lehrervortrag	
10/15	<b>Vom Ursprung der Astronomie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Gesellschaftliche Bedürfnisse führten zu ihrer Entstehung</li> <li>● Folgen mangelnder Naturerkenntnis: mystische und religiöse Deutungen, Astrologie</li> <li>● Nutzung astronomischer Erkenntnisse durch herrschende Klasse zur Stärkung ihrer Machtposition</li> </ul>	Schüler erarbeiten mündlich 3 Fragen; Berichterstattung; Lehrer charakterisiert kurz die Astrologie	Seitentafel Lehrbuch S. 6/7
10/25	<b>Astronomie – eine Naturwissenschaft</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Gegenstand der Astronomie</li> <li>● Arbeitsweise entspricht der der anderen Naturwissenschaften (beobachten, messen, vergleichen, berechnen...), Experiment spielt noch eine untergeordnete Rolle</li> <li>● Sie entzieht dem Aberglauben den Boden</li> </ul>	Lehrervortrag Unterrichtsgespräch	Tafel (a)/Heft! Tafel (b)/Heft!
5/30	<b>Nutzen der Astronomie für die Gesellschaft</b> Kalender; Zeitbestimmung, Orientierung usw.	Unterrichtsgespräch/ Lehrervortrag	
5/35	<b>Zusammenfassung</b>		
8/43	<b>Zielorientierung für Gesamtlehrgang</b> Vorhaben im Astronomieunterricht	Lehrervortrag	evtl. einige Lb (Planet, Mond, Nebel, Galaxis)
2/45	<b>Hausaufgabe</b> Nachlesen über Bildentstehung bei Linsen und Hohlspiegeln		

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ – Fortsetzung Rückseite

**Seitentafel:**

1. *Warum entstand die Astronomie?*
2. *Wer führte im Altertum Himmelsbeobachtungen durch und deutete sie?*
3. *Wozu und wem dienten die Deutungen von Beobachtungen im Altertum?*

**Haupttafel:****Astronomie – Naturwissenschaft**

- a) – *untersucht Eigenschaften, Aufbau, Verteilung, Bewegung und Entwicklung der Himmelskörper;*  
– *ist abhängig von Gesellschaftsordnung und Entwicklung der Produktivkräfte;*
- b) – *benutzt exakte naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden*

**Zur Hausaufgabe:**

Lehrbuch Physik, Klasse 6, Seiten 96, 98 ... 102, 104 ... 110, 115/116

Physik in Übersichten, Seiten 128/129 und 132 ... 136, Lehrbuch Astronomie, Klasse 10, Seiten 8/9

**Kontrollfragen (für Folgestunde)**

1. *Welche gesellschaftlichen Ursachen führten zur Entstehung der Astronomie?*  
*oder*  
*Zeigen Sie an je einem Beispiel die gesellschaftliche Bedingtheit der Nutzung astronomischer Arbeitsergebnisse!*
2. *Charakterisieren Sie die Astronomie als Naturwissenschaft!*  
*oder*  
*Womit beschäftigt sich die Astronomie?*

**JOACHIM STIER**

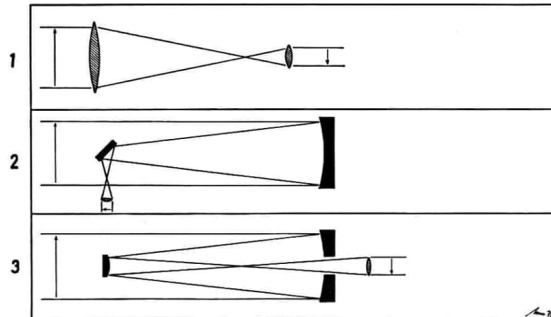
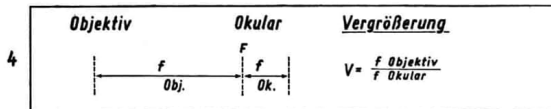


# Einführung in die Beobachtung

## Ziele:

Erster Einblick in Wechselbeziehungen zwischen Astronomie und Technik. Wissen über das Beobachtungsgerät der Schule und die Durchführung der Pflichtbeobachtungen.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
5/5	<b>Sicherung des Ausgangsniveaus</b> Gesellschaftliche Bedingtheit der Astronomie, ihr Gegenstand	Wiederholung oder LK mdl. (2 Schüler)	evtl. Lb aus 1. Stunde
10/15	<b>Beobachtung als wesentliche Methode zur Erforschung des Weltalls</b> Wechselbeziehungen zwischen Technik und astronomischer Forschung (Vergangenheit/Gegenwart)	Unterrichtsgespräch	Lehrb. S. 7/8 Lb R 641/1 ... 3 oder 823/3 ... 6; 748/6, 726/8
5/20	<b>Vorstellung des Beobachtungsgerätes</b> Aufbau des Schulfernrohres, Vergleich seiner Leistungsfähigkeit gegenüber dem bloßen Auge und Geräten großer Sternwarten	Lehrervortrag mit Demonstration	Refr. 50/540, besser 63/840
10/37	<b>Strahlengang im astronomischen Fernrohr</b> ● beim Refraktor ● beim Reflektor Berechnung der Vergrößerung und des Intensitätsgewinns	Schülervortrag anhand der Hausaufgabe oder Unterrichtsgespräch schriftlich in Gruppen	Fol. 1 oder Lehrb. S. 8 Fol. 2 (+3) oder Lb. R 263/4 Fo Fol. 4
7/37	<b>Kurzkontrolle</b>		Je 1 Frage und 1 Berechnung
6/43	<b>Hinweise</b> ● zu den Pflichtbeobachtungen ● zur Durchführung des ersten Beobachtungsabends		
2/45	<b>Hausaufgabe</b> Nachlesen über Gradnetz der Erde, Rotation, Achsenneigung, Bahnbewegung (Revolution), Aufbau der Atmosphäre		



### Leistungskontrolle mündlich

Die erforderlichen Kontrollfragen enthält die Karteikarte zu 1.1.1.

### Foliensatz (Selbsterstellung)

Die Grundfolie enthält die Teile 1, 2 und 3, 2 und 3 werden bis zum Einsatz abgedeckt. Deckfolie 4 wird über Teil 1 geklappt

Optik, Strahlengang und Bildpfeile auf der Folie in unterschiedlicher Farbe ausführen!

### Kurzkontrolle schriftlich (für 4 Gruppen)

- (A) Nennen Sie Beispiele für den Zusammenhang von Astronomie und Technik!

(B) Nennen Sie Beispiele für die praktische Nutzung der Erkenntnisse aus astronomisch-astronautischer Forschung!

(C) Was ist der Gegenstand der Astronomie? Warum lehnen wir die Astrologie ab?

(D) Vergleichen Sie Refraktor und Reflektor!
  - Berechnen Sie die Vergrößerung eines Fernrohrs mit  $f_{\text{Obj}} = \dots \text{ mm}$  und  $f_{\text{Ok}} = \dots \text{ mm}$ ! (A bis D variieren in den Zahlenwerten)
- Zur Hausaufgabe:** Lehrbuch Geographie Kl. 7, S. 5 ... 9; Kl. 8, S. 19 ... 22; Kl. 9, S. 8 ... 30

# Die Erde als Himmelskörper

## ZIELE:

**Wissen:** Wichtigste Zustandsgrößen und Bewegungen der Erde;  
Erkennen der Zusammenhänge zwischen scheinbaren und wahren Bewegungen;  
Bedeutung der Erdatmosphäre; Kenntnis des Horizont- und Äquatorsystems.  
Kenntnis wichtiger Sternbilder des September-Oktober-Himmels.

**Fähigkeiten:** Voraussetzungen schaffen, einfache Beobachtungen durchzuführen, zu protokollieren und auszuwerten; Fähigkeit zur Arbeit mit verschiedenen Sternkarten entwickeln, insbesondere sichere Handhabung der drehbaren Sternkarte; Schulung des räumlichen Vorstellungsvermögens.

**Beitrag zur Überzeugung:** Die Welt ist auf Grund gesetzmäßiger Zusammenhänge erkennbar (Teilerkenntnis: Der Mensch muß von der Erscheinung zum Wesen der Dinge vordringen)

## Stoffliche Gliederung der Unterrichtseinheit

### 1. Die Erde und der erdnahe Raum

- Die wichtigsten Zustandsgrößen der Erde
- Die tägliche und jährliche Bewegung der Erde und die daraus resultierenden Erscheinungen
- Die Erdatmosphäre als Schutzmantel und Forschungshindernis

### 2. Orientierung am Sternhimmel (1)

- Sternbilder als Orientierungshilfe
- Das Horizontsystem

### 3. Orientierung am Sternhimmel (2)

- Vor- und Nachteile des Horizontsystems
- Das rotierende Äquatorsystem
- Zusammenhang zwischen Polhöhe und geographischer Breite
- Kurzkontrolle

### 4. Orientierung am Sternhimmel (3)

- Übungen mit der drehbaren Sternkarte (Arbeitsblatt)

**Wichtige Hinweise:** Der erste Beobachtungsabend sollte möglichst nach der 4. Stunde (Orientierung am Sternhimmel 1) erfolgen. Dann braucht die Beobachtungsaufgabe (Karteikarte 5, Rückseite) nicht gestellt zu werden.

## Unterrichtseinheit 1.2.

4 Stunden

– Leitkarte –

Empfehlenswert ist der Besuch eines Planetariums zur Veranschaulichung und Festigung des Stoffes „Orientierung am Sternhimmel“ 1 und 2. Wo die Möglichkeit besteht, die Koordinatensysteme in einem Planetarium zu erarbeiten, sollte unbedingt davon Gebrauch gemacht werden.

## Unterrichtsmittel:

### Verbindliche Unterrichtsmittel:

Wandkarte „Der nördliche Sternhimmel“  
Drehbare Schülersternkarte  
Folie „Drehbare Sternkarte“  
Tellurium  
Schulfernrohr „Telementor“  
Lichtbildreihe R 823 (11 Bilder)  
Tonbildreihe TR 53 (26 Bilder)

### Empfohlene Unterrichtsmittel:

AT „Horizontsystem“  
AT „Äquatorsystem, rotierender Himmel“  
Arbeitskarte „Nördlicher Sternhimmel“  
Arbeitskarte oder Stempel „Tierkreiszone“  
Himmelsglobus  
Induktions- (Schiefer-) globus  
Lichtbildreihe R 608 (Sternbilder)

### Selbsthergestellte Unterrichtsmittel:

Winkelmeßgerät  
Dias oder Folien „Sternbilder“  
Folie „Koordinatensysteme“  
Wasserglobus  
Arbeitsblatt „Übungen mit der drehbaren Sternkarte“

### Vorkenntnisse der Schüler:

aus Geographie Klasse 7: Gradnetz der Erde, Rotation der Erde, Entstehung von Tag und Nacht

aus Geographie Klasse 8: Umlauf der Erde, Entstehung der Jahreszeiten

aus Geographie Klasse 9: Die physikalischen Merkmale der Troposphäre, Schichtenaufbau der Erdatmosphäre

aus Physik Klasse 9: Kreisbewegung, Gravitation, 1. und 2. Keplersches Gesetz, magnetisches und Gravitationsfeld

aus Mathematik Klasse 9: Potenzschreibweise, Rechnen mit physikalischen Größen

aus Mathematik Klasse 10: Maßeinheiten für Winkelgrößen

### Literatur für die Schüler:

Geographie-Lehrbücher: Klasse 7 (1968), S. 5 ... 7, Klasse 8 (1969), S. 19 ... 22, Klasse 9 (1970), S. 9 ... 10, Atlas Grafik „Gliederung der Erdatmosphäre“, Lehrbuch Physik Klasse 9 (1970), S. 54 ... 59, S. 84 ... 88, LINDNER „Astronomie selbst erlebt“, S. 45 ... 56

### Literatur für den Lehrer in Periodica (Bücher siehe UH, S. 16)

#### Astronomie in der Schule:

Planung und Durchführung der UE:

Fachliche und methodische Forderungen des Lehrplans 6/70, S. 132; Komplexe Planung der Stoffeinheit 3/71, S. 63; Gestaltung der Unterrichtseinheit 1.2, 4/73, S. 89

Methodische Beiträge und Selbstbau von Unterrichtsmitteln:

Behandlung „Äquatorsystem“, Wasserglobus 4/65, S. 79; Sternsagen 1/66, S. 10; Schülerübungen mit der drehbaren Sternkarte 2/66, S. 34; Kontrollarbeit „Drehbare Sternkarte“ 3/67, S. 62; Demonstrationsgerät „Astronomische Koordinaten“ 1/68, S. 22; Himmelsglobus 6/71, S. 135; Folie „Koordinatensysteme“ 2/73, S. 38; Karteikarte „Sternbilder“; Titelbild 4/70

Fachwissenschaftliche Beiträge:

Erdnaher Raum 2/69, S. 26; Karteikarte „Physikalische Erscheinungen in Atmosphäre und Hochatmosphäre“

Astronomie und Raumfahrt: Militärische Raumfahrt in den USA 1/73, S. 18 und 2/73, S. 42

### Vorschlag für eine schriftliche Leistungskontrolle mit der drehbaren Sternkarte, Arbeit in zwei Gruppen, Arbeitszeit 10 min

#### Gruppe A

1. Bestimmen Sie von Pollux in den Zwillingen

Aufgangszeit,

Kulminationszeit und -höhe,

Untergangszeit

am 10. November!

2. Ein heller Stern hat am 30. November um 22 Uhr  $\alpha = 270^\circ$  und  $\delta = 65^\circ$ . Wie heißt er? (mit Sternbild)

3. Venus hatte am 1. April 1974 eine Rektaszension  $\alpha = 21^h 40^m$ , Deklination  $\delta = -11^\circ 55'$

In welchem Sternbild stand sie?

Wann und wie lange war sie an diesem Tage sichtbar?

#### Gruppe B

1. Bestimmen Sie von Procyon im Kleinen Hund

Aufgangszeit,

Kulminationszeit und -höhe,

Untergangszeit

am 1. Dezember!

2. Ein heller Stern hat am 20. November um 22 Uhr  $\alpha = 305^\circ$  und  $\delta = 43^\circ$ . Wie heißt er? (mit Sternbild)

3. Jupiter hat am 1. Januar 1975 eine Rektaszension  $\alpha = 23^h$ , Deklination  $\delta = -7^\circ 35'$

In welchem Sternbild steht er?

Wann und wie lange ist er an diesem Tage sichtbar?

ANNELORE MUSTER

# Die Erde und der erdnahe Raum

2

1. Stoffeinheit  
3. Stunde  
Unterrichtseinheit 1.2.1.

## W 2. Bewegungen der Erde

- K 2.1.** (4) Beschreiben Sie die Bahnform der Erde; nennen Sie den Inhalt des Begriffes „Astronomische Einheit“, und geben Sie die Größe der AE an!
- 2.2. (4) Nennen Sie die Erscheinungen **am Himmel**, die durch die Rotation der Erde bedingt sind!
- 2.3. (8) Welche Erscheinungen **am Himmel** sind auf den Umlauf der Erde um die Sonne zurückzuführen? Begründen Sie Ihre Aussagen!

## V 3. Erdatmosphäre

- K 3.1.** (5) Erläutern Sie an drei Beispielen die Bedeutung der Erdatmosphäre!
- 3.2. (6) Legen Sie dar, wie die Erdatmosphäre astronomische Beobachtungen behindert!  
Nennen Sie je eine Möglichkeit, diese Behinderung
- a) zu vermindern,
  - b) auszuschließen!

## V 4. Beobachtungen / Erdatmosphäre (als HA Ende der 1. Stunde!)

- 4.1. Beobachten Sie einen Sonnenuntergang!  
Wie verändert sich der Anblick der Sonne während der letzten Minuten vor dem Untergang?
- 4.2. Wiederholen Sie Ihre Beobachtung bei einem Mondaufgang oder bei einem Monduntergang!  
Vergleichen Sie die Ergebnisse der Beobachtungen 4.1. und 4.2.!
- 4.3. Ursache der beobachteten Erscheinungen und auch des Flimmerns der Sterne sind Vorgänge in der Erdatmosphäre. Informieren Sie sich in „Physik in Übersichten“ unter dem Sachwort „Lichtbrechung“! Wiederholen Sie das Brechungsgesetz!  
Versuchen Sie nun, die beobachteten Erscheinungen zu erklären!

2.1.

Bahnform: Kreisähnliche Ellipse  
Mittlere Entfernung Sonne/Erde  
oder große Halbachse der Erdbahn  
 $1 \text{ AE} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ km}$

2.2.

Scheinbare Drehung des Sternhimmels von Ost  
über Süd nach West in 24 Stunden; Auf- und  
Untergang der Gestirne; Tageszeiten.

2.3.

Unterschiedliche Mittagshöhen der Sonne zu  
verschiedenen Jahreszeiten (a); Sichtbarkeit  
unterschiedlicher Sternbilder zu verschiedenen  
Jahreszeiten (b); scheinbare Bewegung der  
Sonne vor den Sternen (vor den Tierkreisstern-  
bildern) (c).

Begründung:

Gleichbleibende Richtung und Neigung der  
Erdatmosphäre beim Umlauf um die Sonne; dadurch  
Veränderung des Einstrahlungswinkels (a). Es  
sind jeweils nur die Sternbilder zu sehen, die  
sich auf der der Sonne gegenüberliegenden  
Seite der Erdbahn befinden (b). Die Sonne er-  
scheint durch den Erdumlauf stets vor anderen  
Hintergrundsternen (c).

Hinweis:

Beim Einsatz der Aufgabe 2 zur mündlichen  
Kontrolle Demonstration durch die Schüler am  
Tellurium fordern!

3.1.

Voraussetzung für Entstehung und Fortbestand  
des Lebens auf der Erde

Schutz vor kosmischen Einflüssen, z. B. vor der  
UV-Strahlung, die weitgehend in der Ozon-  
schicht absorbiert wird, oder vor Mikro-  
meteoriten, die durch Reibung mit der Luft  
verglühen.

Luftbewegung und Wasserkreislauf sind Vor-  
aussetzungen der exogenen Vorgänge.

Wärmeregulierung; Lichtstreuung.

3.2.

Behinderung z. B. durch Bewölkung, Luft-  
unruhe, Absorption verschiedener Strahlung.

Verminderung dieser Einflüsse durch Beobach-  
tung von hohen Bergen aus (Standorte wich-  
tiger Forschungssternwarten!), bei Ballonauf-  
stiegen oder mittels Forschungsraketen. Aus-  
schalten z. B. durch Einsatz kosmischer Flug-  
körper (Satelliten) oder Beobachtung aus Orbi-  
talstationen (extraterrestrische Beobachtun-  
gen)

4.1.

Verfärbung der Sonne von Gelb über Orange  
bis Purpurrot.

Die Sonnenscheibe scheint größer zu werden  
und wird beim Eintauchen in den Horizont-  
dunst deformiert. Sie erscheint besonders in  
der unteren Hälfte zusammengedrückt (Radius  
nach unten kleiner als nach oben).

4.2.

Der aufgehende Mond zeigt mit zunehmender  
Entfernung vom Horizont eine Farbenentwick-  
lung von Orange bis zum fahlen Gelb. Er er-  
scheint beim Aufgang größer als 10 Minuten  
später.

Der untergehende Mond zeigt die gleichen Er-  
scheinungen in umgekehrter Reihenfolge.

Der Vergleich 4.1./4.2. ergibt, daß sich die Er-  
scheinungen ähneln.

4.3.

In Horizontnähe ist der Lichtweg durch die  
Atmosphäre länger und führt (durch wellen-  
abhängige Absorption eines Teils der Strah-  
lung) zur Rötung des Lichts.

Die Strahlen werden an der Grenzfläche zwi-  
schen Luftschichten mit unterschiedlicher Tem-  
peratur und unterschiedlichem Feuchtigkeits-  
gehalt gebrochen. Der Brechungswinkel wächst  
mit steigender Luftfeuchtigkeit. Der Grad der  
Rötung steigt mit dem Feuchtigkeitsgehalt der  
Luft.

JOACHIM STIER

# Die Erde und der erdnahe Raum

1. Stoffeinheit 4  
3. Stunde  
Unterrichtseinheit 1.2.1.

## Ziele:

**Wissen und Können:** Kennenlernen der wichtigsten Zustandsgrößen der Erde; Zusammenhänge zwischen den wahren Bewegungen der Erde und den Erscheinungen; Bedeutung der Erdatmosphäre als Schutzmantel und Forschungshindernis.

**Einsichten:** Der Mensch muß von der Erscheinung zum Wesen der Dinge vordringen; Notwendigkeit und Bedeutung der extraterrestrischen Forschung.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
5/5	<b>Zielorientierung und Motivation</b> Der Planet Erde als Ausgangspunkt astronomischer Forschung	Lehrervortrag	TR 53/7
8/13	<b>Die wichtigsten Größen der Erde</b> (Mittlerer Radius, Abplattung, Masse, mittlere Dichte, Oberflächenbeschleunigung, Temperatur) Ständige Verbesserung der Kenntnisse über die Erde in Abhängigkeit von der Entwicklung der Technik	Aufsuchen der Werte in der Lehrbuch-tabelle, erläutern u. veranschaulichen	Lehrbuch S. 128 Globus Tafel (1)/Heft!
20/33	<b>Die tägliche und jährliche Bewegung der Erde</b> ● Rotation der Erde und die daraus resultierenden Erscheinungen am Sternhimmel ● Beweise für die Erdrotation (nur zur Information) ● Die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne: Bahnform; Dauer; Astronomische Einheit; Erscheinungen	Demonstration  Systematisierendes Unterrichtsgespräch	Tellurium Tafel (2)/Heft! Tafel (3)/Heft! Tafel (2)/Heft!
10/43	<b>Der erdnahe Raum</b> ● Erdatmosphäre: Schutzfunktion und Forschungshindernis ● Bedeutung der Beobachtungen außerhalb der Erdatmosphäre ● Magnetosphäre und Strahlungsgürtel (nur zur Information)	Lehrervortrag  Unterrichtsgespräch	Tafel (4)/Heft!
2/45	<b>Hausaufgabe:</b> Wiederholen Sie die Begriffe: Horizont, Zenit, Meridian, Pol!	Lehrervortrag	TR 53/5

**Tafel (1):****Die Erde, ein Planet**

Die Erde ist in erster Näherung eine Kugel mit dem Radius  $R = 6\,371\text{ km}$ .

**Tafel (2):**

wahre Bewegungen	Dauer	Erscheinungen
tägliche Drehung (Rotation)	1 Tag = 24 h	Tag und Nacht Aufgang, Kulmination und Untergang der Gestirne
Jährliche Bewegung auf einer elliptischen Bahn um die Sonne	1 Jahr $\approx 365,25$ Sonnentage	Entstehung der Jahreszeiten (gleichbleibende Neigung und Richtung der Erdachse)  Wanderung der Sonne durch die Tierkreissternbilder

**Tafel (3):**

Große Halbachse der Erdbahn  $a$  = mittlere Entfernung Sonne – Erde: **Astronomische Einheit (AE) =  $149,6 \cdot 10^6\text{ km}$**

**Tafel (4):****Der erdnahe Raum**

Erdatmosphäre:

- schichtförmig aufgebaut
- ermöglicht Leben (Atmung, Temperatureausgleich, Strahlenschutz)
- behindert astronomische Beobachtungen (Wolken, Luftunruhe, Reflexion und Absorption bestimmter Wellenbereiche)

1	3
2	4

**ANNELORE MUSTER**



## W 5. Der Sternhimmel

- 5.1. (3) Zeigen Sie mit einer Skizze, wie man mit Hilfe des Sternbildes „Großer Wagen“ den Polarstern findet und wie der Nordpunkt auf dem Horizont bestimmt wird! Welche Bedeutung hat der Polarstern für die Bestimmung der geographischen Breite?
- 5.2. (3) Nennen und beschreiben Sie die Horizont-Koordinaten! Welche Besonderheit (Nachteile) haben sie?
- 5.3. (2) Was sind „Zirkumpolarsterne“? Welche Sternbilder sind für uns zirkumpolar? Welchen Winkelabstand vom Pol haben zirkumpolare Sterne?

## 6. Arbeitssternkarten

- 6.1. (2) Benennen Sie auf der Arbeitssternkarte „Nördlicher Sternhimmel“ die Sterne des Sommerdreiecks!
- 6.2. (3) Warum sind in der Sternkarte weder der Ort des Mondes noch die Positionen der Planeten eingetragen?
- HA 6.3. (30) Tragen Sie in die Arbeitssternkarte „Tierkreiszone“ die folgenden (gerundeten) Planetenpositionen (von 1979) ein, und verbinden Sie diese zur jeweiligen Planetenbahn.  
Leiten Sie daraus Aussagen ab über a) die Lage der Planetenbahnen gegenüber der Ekliptik, b) die Bahngeschwindigkeiten und c) die Bewegungsrichtungen der beiden Planeten.

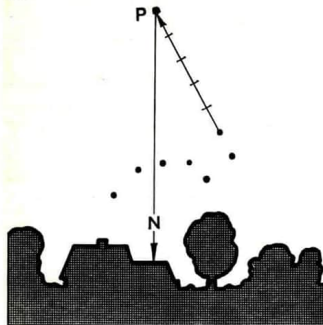
Venus				Jupiter			
10. 11.	$\alpha$ 16 <sup>h</sup> 20 <sup>min</sup>	$\delta$ - 21°		$\alpha$ 10 <sup>h</sup> 36 <sup>min</sup>	$\delta$ + 10°		
20. 11.	$\alpha$ 17 <sup>h</sup> 13 <sup>min</sup>	$\delta$ - 22°		$\alpha$ 10 <sup>h</sup> 41 <sup>min</sup>	$\delta$ + 9°		
30. 11.	$\alpha$ 18 <sup>h</sup> 07 <sup>min</sup>	$\delta$ - 23°		$\alpha$ 10 <sup>h</sup> 44 <sup>min</sup>	$\delta$ + 9°		
10. 12.	$\alpha$ 19 <sup>h</sup> 02 <sup>min</sup>	$\delta$ - 24°		$\alpha$ 10 <sup>h</sup> 46 <sup>min</sup>	$\delta$ + 9°		
20. 12.	$\alpha$ 19 <sup>h</sup> 56 <sup>min</sup>	$\delta$ - 23°		$\alpha$ 10 <sup>h</sup> 48 <sup>min</sup>	$\delta$ + 9°		
30. 12.	$\alpha$ 20 <sup>h</sup> 48 <sup>min</sup>	$\delta$ - 21°		$\alpha$ 10 <sup>h</sup> 49 <sup>min</sup>	$\delta$ + 9°		

(Hinweis: Für 6.3. (c) kann auch die drehbare Sternkarte genutzt werden.)

## K 7. Drehbare Sternkarte

- 7.1. Sie beobachten am 25. 6. um 22.45 Uhr einen hellen Stern und schätzen sein Azimut mit 60°, seine Höhe mit 45°. Um welchen Stern handelt es sich? Bestimmen Sie seine Untergangszeit und das Untergangszimut!
- 7.2. Bestimmen Sie Azimut und Höhe des Sterns Atair (Adler) für den 15. September 19.45 Uhr!
- K 7.3. Am 1. 10. soll der Stern Regulus im Sternbild Löwe beobachtet werden.  
Welcher Zeitpunkt ist für die Beobachtung geeignet? Begründen Sie!
- 7.4. Ist es möglich, am 1. Mai um 19.00 Uhr das Sternbild Orion zu beobachten? Begründen Sie!
- 7.5. Bestimmen Sie für den 1. 6. Auf- und Untergangszeit der Sonne und das jeweilige Azimut!
- P 7.6. Der Doppelstern Mizar (Großer Bär) soll um 20.00 Uhr beobachtet werden. Stellen Sie mit Hilfe der Sternkarte fest, in welchen Monaten das möglich ist!

5.1.



Polhöhe = Geographische Breite

5.2.

Azmut: Horizontalwinkel zwischen Meridian und Vertikalkreis des Sterns oder zwischen Südpunkt und dem Lot vom Stern zum Horizont; zählt von Süd über West bis Süd  $0^\circ$  bis  $360^\circ$ .

Höhe: Vertikalwinkel zwischen Horizont und Stern; zählt vom Horizont zum Zenit  $0^\circ$  bis  $90^\circ$ .

Horizontssystem ist orts- und zeitabhängig.

5.3.

Zirkumpolarsterne bleiben stets über dem Horizont oder gehen nie auf und unter. Als vollständige Sternbilder sind für Beobachtungsorte in ...° geographischer Breite zirkumpolar: Großer Bär, Kleiner Bär, Cassiopeia, Cepheus und Drache. Zirkumpolar sind alle Sterne, deren Abstand vom Pol kleiner (höchstens gleich) der geographischen Breite des Beobachtungsortes ist.

6.1.

Wega – Deneb – Atair

6.2.

Mond und Planeten sind Objekte mit sichtbaren Bewegungen (Ortsveränderungen), die auf der Karte als Bahnen abgebildet werden müßten.

6.3.

Richtige Eintragung der Positionen (Zur Kontrolle Schablone verwenden) und Verbindung zu Bahnen.

a) Beide Planetenbahnen liegen in der Nähe der Ekliptik.

b) Die Geschwindigkeit der Venus ist größer als die des Jupiter.

c) Bewegungen erfolgen rechtläufig, d. h. mit zunehmender Rektaszension.

(Die Angabe „von West über Süd nach Ost“ ist nur möglich, wenn statt der Arbeitssternkarte die drehbare Sternkarte benutzt wird oder die Richtung anhand der Sternbilder mittels drehbarer Sternkarte festgestellt wird.)

7.1.

Arktur (Bootes)  
Untergang etwa 5.30 Uhr  
Azimut  $120^\circ$

7.2.

Azimut  $345^\circ$ , Höhe  $48^\circ$

7.3.

Aufgang Regulus 2.45 Uhr  
Aufgang Sonne 6.15 Uhr  
Beobachtung etwa ab 3.15 Uhr  
(vorher Stern im Horizontdunst)  
bis etwa 5.15 Uhr  
(dann verblaßt der Stern in der Morgendämmerung)

7.4.

Beobachtung nicht möglich,  
da erst gegen 19.15 Uhr Sonnenuntergang

7.5.

Sonnenaufgang etwa 4.10 Uhr  
Azimut  $235^\circ$   
Sonnenuntergang etwa 19.45 Uhr  
Azimut  $125^\circ$

7.6.

Mizar ist Zirkumpolarstern;  
Sichtbarkeit abhängig vom Sonnenuntergang:  
(1. 8. 19.40) 1. 9. 18.45  
1. 5. 19.15 (1. 6. 19.45)  
Beobachtbar um 20.00 Uhr etwa ab Mitte  
August bis Anfang Mai

# Orientierung am Sternhimmel (1)

(Sternbilder, Horizontsystem)

1. Stoffeinheit

5

4. Stunde

Unterrichtseinheit 1.2.2.

## Ziele:

**Wissen:** Kenntnis wichtiger Sternbilder, wichtiger Punkte und Linien an der Himmelskugel; Horizontkoordinaten.

**Können:** Aufsuchen wichtiger Sternbilder auf Sternkarten und am Himmel; Fähigkeit entwickeln, sich Punkte und Linien an der Himmelskugel vorzustellen.

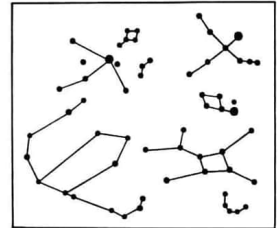
**Einsichten:** Notwendigkeit der Verwendung von Koordinatensystemen für genaue Positionsangaben an der Himmelskugel.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
5/5	<b>Wiederholung:</b> Rotation und Umlauf der Erde; Folgeerscheinungen	Lk. mdl.	
10/15	<b>Sternbilder als Orientierungshilfe</b> – Notwendigkeit, das Durcheinander leuchtender Punkte durch gedachte Linien zu Gruppen – zu Sternbildern – zusammenzufassen – Ursprung der Sternbildnamen und der Namen der Hauptsterne – Aufsuchen ausgewählter Sternbilder – Sternbilder dienen der groben Orientierung – Notwendigkeit der Verwendung von Koordinatensystemen an der Himmelskugel	Lehrervortrag  Schülervortrag	selbstgefertigte Folien  ausgew. Dias R 608 Wandkarte „Nördlicher Sternhimmel“
10/25	<b>Wichtige Punkte und Linien an der Himmelskugel</b> scheinbare Himmelskugel – mathematischer Horizont – Zenit – Himmelspole – Meridian	Begriffe erläutern und veranschaulichen  Farbige Tafelzeichnung entwickeln	Erdglobus Himmelsglobus Tafel/Heft!
12/37	<b>Das Horizontsystem</b> Azimut und Höhe definieren, ihre Zählweise	Demonstration durch den Lehrer	Winkelmeßgerät od. Schulfernrohr od. Theodolit
5/43	Demonstration eines Winkelmeßgerätes		Lehrbuch S. 21–23
2/45	Hausaufgabe: Aufsuchen der Sternbilder Großer und Kleiner Wagen (mit Polarstern); Einprägen der Begriffe		

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ Fortsetzung Rückseite

### Folie (Selbsterstellung):

Die Folie muß einmal ohne (1) und einmal mit Hilfslinien (2) in gleicher Größe angefertigt werden. Zuerst wird Folie 1 projiziert, später Folie 2 darübergeklappt oder beide werden nebeneinander projiziert.

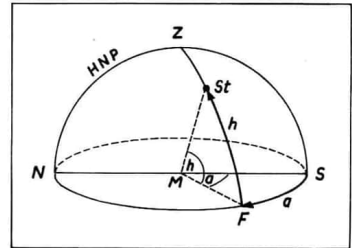


### Tafel:

#### Das Horizontsystem

Höhe ( $h$ ): Winkelabstand eines Gestirns vom Horizont  
Horizont  $0^\circ$  ... Zenit  $90^\circ$

Azimut ( $a$ ): Richtungswinkel zwischen Meridian und Gestirn  
S  $0^\circ$  ... W  $90^\circ$  ... N  $180^\circ$  ... O  $270^\circ$  ... S  $360^\circ$



#### Beobachtungsaufgabe für 2 bis 3 Schüler:

Messen Sie mit Hilfe eines Pendelquadranten die Höhe folgender Sterne um 19.00, 20.00 und 21.00 Uhr!

- Arktur** (Bootes) – Deichsel des Gr. Wagens um etwa 28 Grad verlängern, Arktur rötlich.
- Atair** (Adler) – Atair steht Anfang Oktober um 19.00 Uhr etwa im Süden.
- Polarstern**

Führen Sie jede Messung mindestens dreimal aus und bilden Sie das arithmetische Mittel!  
Schätzen Sie das Azimut zu den gleichen Zeiten!

**Auswertung:** Tragen Sie die Ergebnisse in ein Koordinatensystem ein! Welche Änderung erfahren Höhe und Azimut der Gestirne?

Worin liegen die Ursachen? Informieren Sie sich über Vor- und Nachteile der Horizontkoordinaten (s. Lehrbuch S. 23–24)!

**ANNELORE MUSTER**

# Orientierung am Sternhimmel (2)

(Rotierendes Äquatorsystem)

1. Stoffeinheit

6

5. Stunde

Unterrichtseinheit 1.2.3.

**Ziele:**

**Wissen:** Kenntnis der Äquatorkoordinaten; Zusammenhang zwischen Polhöhe und geographischer Breite

**Können:** Schulung des räumlichen Vorstellungsvermögens; Bestimmen des Sternortes mit Hilfe der Koordinaten des Äquatorsystems

**Einsichten:** Notwendigkeit der Verwendung orts- und zeitunabhängiger Koordinaten

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
10/10	<b>Kurzkontrolle</b>	schriftlich in zwei Gruppen	
5/15	<b>Vor- und Nachteile des Horizontsystems</b>	Schülerbericht über durchgeführte Beobachtungen	Meßergebnisse an der Tafel!
20/35	<b>Das rotierende Äquatorsystem</b> ● Himmelsäquator – Stundenkreis – Ekliptik – Frühlingspunkt  ● Deklination und Rektaszension, ihre Zählweise  ● Übungen an der Wandkarte und mit der Arbeitskarte	Unterrichtsgespräch: Begriffe erläutern und veranschaulichen Erarbeitung farbige Tafelzeichnung Schülertätigkeit	Induktionsglobus; Wandkarte „Nördlicher Sternhimmel“ Induktionsglobus Tafel/Heft!  Wandkarte/ Arbeitskarte
8/43	<b>Zusammenhang zwischen Polhöhe und geographischer Breite</b> ● Messung der Polhöhe als einfachste Methode der Bestimmung der geographischen Breite ● Zirkumpolarsterne	Lehrervortrag	Lehrbuch Bild 26/1
2/45	<b>Hausaufgabe:</b> Vergleich zwischen dem Gradnetz der Erde und dem rotierenden Äquatorsystem	Unterrichtsgespräch	Wandkarte; Himmelsglobus Arbeitsblatt

**Langfristige Aufgabe** (zur Vorbereitung der UE 1.3.)

Jeder Schüler erhält eine Arbeitskarte Tierkreiszone (oder gestempelte Karten der Tierkreiszone) und eine Tabelle mit den gerundeten Rektaszensions- und Deklinationswerten des Mondes etwa des Zeitraumes von Mitte Oktober bis Mitte November für jeden 2. Tag (Ahnert „Kalender für Sternfreunde“)

Zeichnen Sie mit Hilfe der Rektaszensions- und Deklinationswerte die Mondörter für die in der Tabelle gegebenen Tage in die Arbeitskarte Tierkreiszone ein (Datum eintragen!) und verbinden Sie diese zur Mondbahn! Halten Sie jeden Tag nach dem Mond Ausschau und zeichnen Sie die beobachtete Lichtgestalt des Mondes an der richtigen Stelle der Mondbahn ebenfalls in die Karte ein!

Karteikarte „Astronomie in der Schule“, Fortsetzung Rückseite

1	2
3	

### Tafel (1)

Deklination ( $\delta$ ): Winkelabstand vom Himmelsäquator

HÄ  $\rightarrow$  HNP von  $0^\circ$  bis  $+90^\circ$

HÄ  $\rightarrow$  HSP von  $0^\circ$  bis  $-90^\circ$

Rektaszension ( $\alpha$ ): Winkelabstand vom Frühlingspunkt

auf dem Himmelsäquator von  $0^h$  bis  $24^h$

### Tafel (3)

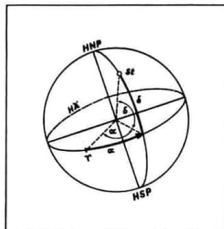
**Kurzkontrolle** (schriftlich für 2 Gruppen)

Gruppe A

1. Welche scheinbaren Bewegungen führt die Sonne aus? Nennen Sie auch die Ursachen!
2. Wie ist die Höhe eines Gestirns definiert?
3. Wie heißt der Punkt an der Himmelskugel, der sich senkrecht über dem Beobachter befindet?
4. Ein Punkt hat  $h = 0^\circ$  und  $a = 90^\circ$ . Wie heißt er?

Gruppe B

1. Welchen Einfluß übt die Erdatmosphäre auf die erdgebundene astronomische Forschung aus?
2. Wie definiert man das Azimut eines Gestirns?
3. In der Nähe welchen Punktes an der Himmelskugel steht der Polarstern?
4. Ein Punkt hat  $h = 0^\circ$  und  $a = 270^\circ$ . Wie heißt er?



### Tafel (2)

#### Arbeitsblatt

(für die Hausaufgabe, auch für eine schriftliche Lk. geeignet)

**Vergleichen Sie das Gradnetz der Erde mit dem rotierenden Äquatorsystem!**

Koordinaten-system	Gradnetz der Erde	rotierendes Äquatorsystem
Grundebene: Pole: Koordinate: Definition: Zählweise: Koordinate: Definition: Zählweise:	geograph. Breite	

**ANNELORE MUSTER**

# Der Erdmond

7

**Unterrichtseinheit 1.3.**  
**3 Stunden**  
**— Leitkarte —**

## Ziele:

**Wissen:** Der Erdmond bildet mit der Erde einen Doppelplaneten. Phasen und Finsternisse sind gesetzmäßige Erscheinungen der Bewegung im Strahlungsfeld der Sonne. Die gesellschaftliche Erkenntnis über den Erdmond wird wesentlich vom Entwicklungsstand der Technik beeinflusst.

**Können:** Einordnen des Erdmondes in das Zwei-Körper-System und in das Sonnensystem. Anwenden physikalischer Kenntnisse auf die Bedingungen der Natur des Erdmondes.

## Beitrag zur Überzeugung,

- daß die Welt aufgrund gesetzmäßiger Zusammenhänge erkennbar ist; (Teilerkenntnis: Der Gültigkeitsbereich unserer Naturgesetze schließt auch den Erdmond ein. Das Gravitationsgesetz gilt auch auf dem Erdmond; zwischen Erde und Erdmond bestehen Wechselwirkungen)
- daß sich im Weltall alles in ständiger Entwicklung und Veränderung befindet; (Teilerkenntnis: Bewegungen und Oberflächenveränderungen des Erdmondes)
- daß das Ringen der UdSSR um entsprechende vertragliche Vereinbarungen auch die ausschließlich friedliche Nutzung des Erdmondes sichern hilft.

## Stoffliche Gliederung der Unterrichtseinheit:

### 1. Bewegungen des Erdmondes

- Definition „Mond“
- Beobachtbare und wahre Bewegungen des Erdmondes
- Erscheinungsbild der gebundenen Rotation
- Phasen als Erscheinung der Bahnbewegung
- Entstehung und Arten der Finsternisse

### 2. Zur Physik des Erdmondes

- Ausgewählte Zustandsgrößen
- Oberflächenformen und ihre Entstehung
- Die Masse als Wirkfaktor
  - auf dem Erdmond
  - zwischen Erde und Erdmond
- Folgen der fehlenden Atmosphäre

### 3. Entwicklung unserer Kenntnisse über den Erdmond

- Wesentliche Etappen der Mondforschung
- Erforschung des Erdmondes mit Raumflugmitteln...
- ... als Beispiel für Zusammenhänge zwischen Gesellschaft, Technik und astronomischer Forschung
- Leistungskontrolle

#### Unterrichtsmittel:

KF 55 Sonnenfinsternis  
R 649 Der Erdmond  
R 748 Astronomische Ergebnisse der Raumfahrt  
R 767 Anfänge der Astronautik  
Tellurium  
Mondglobus  
HAACK: Handkarte Erdmond Vorderseite • Rückseite

## Vorkenntnisse der Schüler

aus Physik, Klasse 6: Lichtquellen und beleuchtete Körper; Entstehung der Mondphasen; Entstehung von Kern- und Halbschatten; Stellung der drei Körper bei totaler Sonnen- bzw. Mondfinsternis; Reflexion;  
aus Physik, Klasse 9: Leben und Wirken Galileis, Gravitation, Fallbeschleunigung;  
aus Geographie, Klasse 6: Gezeiten (nur als Erscheinungsbild).

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ — Fortsetzung Rückseite



### Literatur für die Schüler:

Lehrbuch Physik, Kl. 6. (S. 90 ... 96), Kl. 9 (S. 54 ... 62)

Physik in Übersichten. (S. 71 ... 73, 154 ... 156)

KADEN: Wieviel Sterne hat der Große Bär? Berlin, 1974

LINDNER, K.: Astronomie selbst erlebt. Leipzig/Jena/Berlin, 1977

MIELKE: Sonnengott und Sternenfeuer. Berlin, 1975

MIELKE: Der Weg zum Mond, Berlin, 1969

RÜKL: Mond, Mars, Venus. Praha, 1977

### Literatur für den Lehrer:

#### Bücher, Periodica:

Autorenkollektiv: Methodik Astronomieunterricht. Berlin, 1977

HANTZSCHE: Doppelplanet Erde-Mond. Leipzig, 1973

SHARKOW: Der innere Aufbau von Erde, Mond und Planeten. Leipzig, 1976

FRIEDEMANN: Das Weltall. Leipzig/Jena/Berlin, 1969

#### Astronomie in der Schule:

Leuchterscheinungen auf dem Mond. 6/68 (139); Natur der hellen Strahlen auf der Mondoberfläche. 6/68 (142); Entstehung der Mondmeere. 3/70 (68); Keine Erzlagerstätten auf dem Mond. 4/70 (93); Geräte für Forschungen auf der Mondoberfläche. 5/70 (116); WINOGRADOW: Über den Ursprung der Mondgesteine. 1/71 und 2/71; Mondbeben. 2/73 (43); Seismographisches Experiment auf dem Mond. 3/73 (67); MARX: Zu einigen neuen Erkenntnissen über den Erdmond. 1/75; LENZ: Zur Erarbeitung der Begriffe Mond und Planet. 4/76.

#### Astronomie und Raumfahrt:

Bibliographie Mond 1963 bis 1972. In 3/74 (74); Die mechanischen Eigenschaften des Mondbodens. 4/73; Lunochod 2. 5/73; Mondbodenproben in der DDR untersucht. 2/74; Ergebnis der Untersuchung von Mondgesteinsproben durch sowjetische Geochemiker. 3/74; Die innere Mondstruktur. 1/75.

#### Die Sterne:

Das Innere des Mondes. 3/74 und 4/74.

#### Wissenschaft und Fortschritt:

SATRONOV: Lunare Mascons. 7/71; Mondboden isoliert Wärme. 4/72 (150); NAUMANN: Leuchterscheinungen auf dem Mond. 9/72; SEVČENKO: Physische Selenographie. 11/72; Riesiger Meteorit traf auf den Mond. 5/73 (221).

### Vorschlag für eine Leistungskontrolle (15 Minuten Arbeitszeit):

#### Gruppe A:

1. Am 29. Januar 1977 um 23.55 Uhr hatte der Mond ein Azimut von 78° und 35° Höhe.

Bei welchem Stern und in welchem Sternbild befand er sich?

2. Benennen Sie die folgenden Mondphasen!



a)                      b)                      c)

3. Nennen Sie

- a) die mittlere Entfernung Erde/Erdmond!  
b) den Radius der Erde!

4. Unter welchen Bedingungen entsteht eine partielle (teilweise) Sonnenfinsternis?

5. Beschreiben und begründen Sie das Aussehen der Mondoberfläche!

#### Gruppe B:

1. Am 2. Dezember 1977 ging der Erdmond nahe der Position des Sterns Regulus (Sternbild Löwe) auf.

Nennen Sie die Aufgangszeit und das Azimut zur Zeit des Aufgangs!

2. Benennen Sie die folgenden Mondphasen!



a)                      b)                      c)

3. Nennen Sie

- a) die Größe der Astronomischen Einheit!  
b) den Radius des Erdmondes (als Vergleich zum Erdradius)!

4. Vergleichen Sie Erde und Mond: Nennen Sie 2 Übereinstimmungen und 3 wesentliche Unterschiede!

5. Auf welche physikalischen Verhältnisse des Erdmondes müssen sich Kosmonauten einstellen?

JOACHIM STIER



# Der Mond – Begleiter der Erde

8

1. Stoffeinheit

7. Stunde

Unterrichtseinheit 1.3.1.

**Ziele:**

**Wissen und Können:** Aussage über die Objektklasse „Monde“; Kenntnisse über die Bewegungen des Erdmondes und deren beobachtbare Erscheinungen, insbesondere über Phasen und Finsternisse und die Gesetzmäßigkeit ihrer Entstehung

**Einsichten:** Die Möglichkeit der Vorausberechnung von Phasen und Finsternissen liegt in der Gesetzmäßigkeit des himmelsmechanischen Ablaufes begründet

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
3/3	<b>Zielorientierung und Motivation</b> Mond als erstes außerirdisches Forschungsziel bemannter Raumflüge; Jeder Flug zum Mond setzt genaueste Kenntnis der Mondbewegungen im Raum voraus. Warum „Erdmond“?	Lehrervortrag	R 649, Bild 1
7/10	<b>Erarbeitung der Definition „Mond“</b> Hinweis, – daß „kugelförmig“ nicht für alle Monde zutrifft; – daß die Größe der Monde beträchtliche Unterschiede zeigt; – auf Besonderheit des Erdmondes: „Doppelplanet“ mit der Erde (Erde-Mond-System)	Selbständige Arbeit mit Lehrbuch Lehrervortrag  Tafel (1)	Lehrbuch S. 28  Abb. „Phobos“ AIS 4/73 IV. Lehrbuch S. 131 Tabelle 7 Freihandmodell
8/18	Welche <b>Bewegungen</b> des Erdmondes sind beobachtbar? a) relativ zum Horizont? b) relativ zu den Sternen? Auf wahre Bewegungen schließen lassen	Unterrichtsgespräch Tafel (2a) Tafel (2b) Selbständige Erklärung Tafel (2c) Lehrervortrag Tafel (2d)	
2/20	<b>Information über gebundene Rotation</b>		
10/30	Erscheinungsbild – Ursache <b>Mondphasen</b> (Wiederholung) – beschreiben lassen  – Definition – Entstehung	Selbständige Schülerarbeit  nachlesen erläutern lassen Lehrervortrag	R 649/2+4 oder TR 53/9+23 oder Bildmappe Bild 4 Lehrbuch S. 30 Tellurium
10/40	Information über synodischen und siderischen Monat <b>Finsternisse</b> (Wiederholung) Unter welchen Bedingungen entstehen Finsternisse? Präzisierung mittels Lehrbuch Festigung Warum sind am Schulort öfter Mond- als Sonnenfinsternisse beobachtbar? Hinweis auf nächste in Mitteleuropa beobachtbare Finsternisse	Selbständige Schülerarbeit Tafel (2e) Demonstration Unterrichtsgespräch Tafel (3) oder Lehrervortrag Tafel (3) durch <b>aktuelle Daten</b> ergänzen	Tellurium Lehrbuch S. 31 f KF  entspr. Folie
5/45	<b>Zusammenfassung</b> <b>Hausaufgabe:</b> 1. Auf welche physikalischen Verhältnisse auf der Mondoberfläche müssen Kosmonauten vorbereitet sein? 2. Aufgabe 15, Lehrbuch S. 107 (bereits Ende der 5. Unterrichtsstunde erteilen; Frist 2 bis 4 Wochen)		

**Freihandmodell:** 2 unterschiedlich große Bälle als Erde und Mond werden auf eine Stricknadel gesteckt. Dann wird die Modellerde stark exzentrisch senkrecht dazu mit einem Draht durchbohrt, der Bewegungsachse des „Doppelplaneten“-Modells

**Tafel (1):** (oder entsprechende Folie)

<b>Monde</b> – Himmelskörper sehr unterschiedlicher Größe – umlaufen wesentlich massereichere Planeten – reflektieren das Licht der Sonne	<b>Erdmond</b> bildet mit der Erde einen Doppelplaneten: Beide bewegen sich um gemeinsamen Masseschwerpunkt (1 Monat)
---	---

**Tafel (2):** (schrittweise erarbeiten; oder bei Zusammenfassung als Folie mit zunächst verdeckter Ursache)

a	c
b	
d	
e	

<p><b>Erscheinung:</b></p> <div><div><p>D°</p></div><div><p>D°</p></div><div>1 Std. später</div></div>	<p><b>Bewegungen des Erdmondes</b></p>	<p><b>Ursache:</b></p> <p>Rotation der Erde</p>
<div><div><p>D°</p></div><div><p>D°</p></div><div>24 Std. später</div></div>		<p>Umlauf des Mondes</p>
<p>Stets dieselbe Mondseite von der Erde aus sichtbar</p>		
<p>Phasen Finsternisse</p>	<p>„Gebundene“ Rotation des Mondes (Rotationsdauer = Umlaufdauer)</p> <p>Umlauf des Mondes Umlauf des Mondes; Mond im „Knoten“ von Erd- und Mondbahn</p>	

**Tafel (3):** (vorbereitet! Oder Folie)

<p><b>Finsternisse:</b> Sonne, Erde und Mond auf einer Geraden Mondfinsternis</p> <p>Sonnenfinsternis</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> </div>	<p>total: 16. 9. 1978 20h*</p> <p>9. 1. 1982 21h</p> <p>4. 5. 1985 21h</p> <p>partiell: 13. 3. 1979 22h</p> <p>7. 10. 1985 05h</p> <p>total: 11. 8. 1999 13h</p> <p>partiell: (26. 2. 1979 18h)</p> <p>(31. 7. 1981 03h)</p> <p>20. 7. 1982 19h</p> <p>15. 12. 1982 10h</p> <p>4. 12. 1983 14h</p> <p>30. 5. 1984 17h</p>
---	---

\* Angaben nach LINDNER „Astronomie selbst erlebt“. Urania-Verlag Leipzig/Jena/Berlin, 3. Aufl. 1977.

Zeitangaben sind gerundete Werte und beziehen sich auf die größte Phase. Bei den Klammerangaben liegt die größte Phase nach Sonnenuntergang bzw. vor Sonnenaufgang.

JOACHIM STIER

# Zur Physik des Erdmondes

9

1. Stoffeinheit  
8. Stunde  
Unterrichtseinheit 1.3.2.

## Ziele:

**Wissen:** Das Aussehen der Mondoberfläche und die physikalischen Verhältnisse auf dem Erdmond; Kenntnis des Bedingungsgefüges dieser Verhältnisse

**Können:** Anwenden physikalischer Kenntnisse zur Erklärung der Natur des Erdmondes

**Einsichten:** Zwischen Erde und Erdmond gibt es gravitative Wechselwirkungen: Einflüsse des Erdmondes, besonders der Phasen, auf das irdische Wetter sind wissenschaftlich nicht nachweisbar, gehören also zum Aberglauben

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
5/5	Kontrolle der langfristigen Hausaufgabe		
10/15	<b>Beschreiben der Oberfläche des Erdmondes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>aus dem Anblick bei der Beobachtung mit bloßem Auge</li> <li>aus dem Fernrohranblick oder nach Bildern bzw. Karte</li> </ul> Vertiefendes Lesen Entstehung der Oberflächenstruktur Vortrag der Hausaufgabe 1	Schüler berichten  dabei Tafel 1a entwickeln Lehrervortrag zur Schaffung des Ausgangsniveaus	R 649 HAACK-Handkarte Lehrbuch S. 33 ... 35 Tafel 1 b ergänzen/Heft
5/20	<b>Zielangabe:</b> Ursachen für diese Erscheinungen aufdecken, dabei physikalisches Wissen anwenden		
5/25	<b>Die Masse als Wirkfaktor...</b> Information über Masse und Radius des Erdmondes dem Lehrbuch entnehmen lassen Masse als Ursache der Gravitation wiederholen	Schülertätigkeit  Festigung des Ausgangsniveaus; erinnern an Physik Kl. 9	Lehrbuch S. 129 Tafel 2/Heft
7/32	<b>Masseverhältnis Erde/Erdmond</b> bewußt machen ... zwischen Erde und Erdmond Auf Mondbahn verweisen Gezeitenwirkungen <ul style="list-style-type: none"> <li>auf die Erde nennen lassen</li> <li>auf die Gesteinshülle des Mondes darstellen: Mondbeben in Erdnähe; Gezeitenreibung → gebundene Rotation</li> </ul> Einfluß des Erdmondes auf irdischen Wetterablauf als nicht nachweisbar kennzeichnen	Impuls  Schülertätigkeit Lehrervortrag	Tafel 3/Heft
8/40	<b>... auf dem Erdmond</b> Überlegungen zu den physikalischen Bedingungen darlegen lassen Nach Lehrbuch ergänzen lassen Zur Festigung unterscheiden lassen, welche Bedingungen Folgen der geringen Masse des Erdmondes und welche Folgen der fehlenden Atmosphäre sind	Schülertätigkeit  Selbständige Niederschrift	Lehrbuch S. 36 Tafel 4/Heft
5/45	<b>Zusammenfassung</b> <b>Hausaufgabe:</b> Stellen Sie durch Benutzung von Nachschlagewerken fest, welche neuen Qualitäten in der Gewinnung von Kenntnissen über den Erdmond in den Jahren 1609 und 1959 eingeleitet wurden!		

Tafel:

1 a	1 b
2	
3	
4	

<b>Oberfläche des Erdmondes</b> <b>Struktur</b> helle Gebirge – dunkle Ebenen („Meere“: mare-maria) Krater, Ringgebirge, Wallebenen Rillen		<b>Ursache</b> <b>Gesteinsunterschiede</b>  Meteoriteneinschläge Dehnungsklüfte oder Grabenbrüche
<b>Wichtige Größen:</b> $R_{\text{Mond}} \approx \frac{1}{4} R_{\text{Erde}}$ $m_{\text{Mond}} \approx \frac{1}{100} m_{\text{Erde}} \left( \frac{1}{81} m_{\text{Erde}} \right)$		
<sup>1</sup> ..... <sup>1</sup> Zelle freilassen für Eintragungen der Mondentfernung in der Folgestunde		
<b>Gravitation: Wechselwirkung zwischen zwei Massen</b> ↳ Erdmond: Abbremsung der Rotation, Mondbeben ↳ Erde: Gezeiten		
<b>Folgen<sup>2</sup></b> der geringen Masse des Erdmondes geringe Fallbeschleunigung fehlende Atmosphäre	<b>der fehlenden Atmosphäre des Erdmondes</b> kein Wetter (Wolken, Regen, Wind...) kein Schall kein Streulicht große Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht kein Wasser, keine Vegetation, kein Leben	

<sup>2</sup> An der Tafel nur den Tabellenkopf vorgeben!  
 Spalten in den Heften selbständig ausfüllen lassen!

# Entwicklung unserer Kenntnisse über den Erdmond

1. Stoffeinheit  
9. Stunde  
Unterrichtseinheit 1.3.3.

## Ziele:

**Wissen:** Unsere Kenntnisse über den Erdmond sind vom Stand der Technik abhängig. Die Raumfahrt ermöglichte direkte Untersuchungen auf der Oberfläche des Erdmondes

**Können:** Anwendung der Erkenntnis vom Zusammenhang des Entwicklungsstandes der Produktivkräfte und dem Erkenntnisfortschritt

**Einsicht:** Das Vorgehen der Sowjetunion bei der Erforschung des Erdmondes ist gekennzeichnet durch Systematik, Kontinuität, vertretbaren ökonomischen Aufwand und humanistische Grundhaltung

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
3/30 7/10	Zielangabe – Motivation Diskussion der Hausaufgabe: <b>Erarbeitung wesentlicher Etappen in der Mondforschung</b> (Zuordnen des jeweils erreichten Erkenntnisstandes zu den erarbeiteten Etappen)	Schülervortrag, Unterrichtsgespräch und Wertung	Folie 1 (schrittweise aufdecken)
10/20	<b>Erforschung des Erdmondes mit Raumfahrtmitteln</b> Planmäßigkeit und Kontinuität der sowjetischen Mondforschung herausarbeiten Apollo-Unternehmungen der USA ● als hervorragende Raumfahrtleistung kennzeichnen ● als Prestige-Unternehmen der USA zur Wiederaufwertung ihres durch den Vietnamkrieg weltweit gesunkenen Ansehens charakterisieren	Auswerten der Tabelle 8 als selbständige Schülertätigkeit Lehrervortrag	Lehrbuch S. 132 oder Folie 2
5/25	<b>... als Beispiel für Zusammenhänge zwischen Gesellschaft, Technik und astronomischer Forschung</b> Am Beispiel Luna 16, 20 oder 24 (Beschaffung von Mondbodenproben mittels Automaten) ● eine Flugbahn zum Erdmond und zurück darstellen; dabei mittlere Mondentfernung nachtragen ● Aufwand und Ergebnis einschließlich humanistischen Aspekt mit der Apollomission vergleichen und werten	Lehrervortrag  Unterrichtsgespräch	
5/30	<b>Zusammenfassung:</b> Geschichte der Mondforschung ist ein Beispiel für die Überwindung objektiver Erkenntnissschranken infolge der Entwicklung der Produktivkräfte	Impuls geben	
15/45	<b>Leistungskontrolle</b> siehe Vorschlag auf der Leitkarte		

## Entwicklung unserer Kenntnisse über den Erdmond

Folie 1:

Zeit	Forschungsmittel	Erkenntnisse über
bis Galilei ab 1609	bloßes Auge Fernrohr (später ergänzt durch Fotografie)	Mondbewegungen (Mondkalender, Vorausberechnung von Phasen und Finsternissen) Oberflächenstrukturen bis 100 m Ausdehnung Hypothesen über physikalische Verhältnisse auf dem Erdmond
ab 1959	Raumfahrttechnik (Sonden, Satelliten, Raumschiffe)	Struktur der Rückseite; Mondgestein; tektonische Vorgänge

Folie 2:

Zeit	Flugkörper	Startland	Leistung
4. 2. 1959	Luna 1	UdSSR	Vorbeiflug am Mond in 5000 km Abstand
14. 9. 1959	Luna 2	UdSSR	Erste (harte) Landung eines irdischen Objektes auf dem Erdmond
6. 10. 1959	Luna 3	UdSSR	Fotos von der Rückseite des Erdmondes
30. 1. 1964	Ranger 6	USA	Erste amerikanische harte Landung
3. 2. 1966	Luna 9	UdSSR	Erste weiche Landung auf dem Erdmond
3. 4. 1966	Luna 10	UdSSR	Erster Mondsatellit
21. 9. 1968	Sonde 5	UdSSR	Erste Rückkehr nach dem Mondumflug
21.-27. 12. 1968	Apollo 8	USA	Erster bemannter Flug um den Mond
21. 7. 1969	Apollo 11	USA	Erste Landung von Menschen auf dem Erdmond (Armstrong; Aldrin; Cellins); Mondgestein
12.-24. 9. 1970	Luna 16	UdSSR	Erste Gesteinsentnahme und Überführung zur Erde durch Automaten (aus Mare Foecunditatis)
17. 11. 1970	Luna 17	UdSSR	Landung des Forschungsfahrzeuges Lunochod 1 (10 Monate im Einsatz)
14.-25. 2. 1972	Luna 20	UdSSR	Erste Gesteinsentnahme aus dem Gebirge (Gebirgsrücken zwischen Mare Foecunditatis und Mare Tranquillitatis) und Rückführung zur Erde
9.-22. 8. 1976	Luna 24	UdSSR	Gesteinsentnahme aus einer Bohrtiefe von zwei Metern im Mare Crisium und Rückführung zur Erde

JOACHIM STIER

## **W 8. Bewegungen des Erdmondes**

**K** 8.1. (5) Definieren Sie den Begriff „Mond“!

**P** Begründen Sie, weshalb Erde und Erdmond auch als „Doppelplanet“ bezeichnet werden!  
Widerspricht das der Definition?

8.2. (5) Stellen Sie auf der Sternkarte nach folgenden gerundeten Mondpositionen fest,

a) in welchem Sternbild sich der Mond jeweils befand;

b) in welcher Richtung die Bewegung erfolgte.

(1. 10. 1979)  $\alpha = 22^{\text{h}} 05^{\text{min}}$   $\delta = -17^{\circ}$

(3. 10. 1979)  $\alpha = 20^{\text{h}} 10^{\text{min}}$   $\delta = -11^{\circ}$

(6. 10. 1979)  $\alpha = 01^{\text{h}} 00^{\text{min}}$   $\delta = +3^{\circ}$

Um welche Bewegung handelt es sich?

8.3. (5) Was versteht man unter dem Begriff „Mondphase“?

Skizzieren Sie die Entstehung der Phase „zunehmender Mond“!

Erläutern Sie Ihre Skizze auch unter Verwendung des Winkels Sonne–Erde–Mond.

8.4. (3) Erklären Sie, was man unter gebundener Rotation des Erdmondes versteht! Wie zeigt sich die gebundene Rotation in der Beobachtung?

## **W 9. Finsternisse**

**K** 9.1. (3) Nennen Sie die Finsternisse und demonstrieren Sie am Tellurium die Bedingungen für das Zustandekommen einer Sonnenfinsternis! Warum treten Finsternisse nicht bei jedem Mondumlauf auf?

**P** 9.2. (4) Während einer totalen Mondfinsternis befand sich die Sonne im Sternbild Fische. Stellen Sie mit Hilfe der drehbaren Sternkarte fest, in welchem Sternbild sich zu dieser Zeit der Mond befand! Begründen Sie!

9.3. (2) Begründen Sie, weshalb Sonnenfinsternisse bei uns so selten, Mondfinsternisse aber sehr viel häufiger beobachtbar sind!

## **W 10. Zur Physik des Erdmondes**

**K** 10.1. (3) Nach dem gegenwärtigen Stand der Forschung gibt es auf der Oberfläche des Erdmondes kein Leben.  
**P** Auf welche physikalischen Bedingungen ist das zurückzuführen?

10.2. (6) A behauptet, die Mondphasen beeinflussen das Wetter auf der Erde.

B behauptet dagegen, der Mond habe überhaupt keinen Einfluß auf die Erde.

Nehmen Sie zu beiden Behauptungen Stellung, und setzen Sie sich mit ihnen auseinander!

10.3. (5) Die Geschichte der Mondforschung spiegelt den Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Technik und der wissenschaftlichen Erkenntnis wider.

Nennen Sie drei Hauptetappen dieser Entwicklung, und erläutern Sie jeweils den Zusammenhang!

8.1.

Himmelskörper, der sich um einen (wesentlich massereicheren) Planeten bewegt und das Licht der Sonne reflektiert. Bewegung von Erde und Mond um gemeinsamen Massemittelpunkt. Kein Widerspruch, da Massemittelpunkt noch innerhalb des Erdkörpers liegt und die Mondbewegung als Bewegung um die Erde erscheint.

8.2.

Steinbock – Wassermann – Fische  
Von West über Süd nach Ost  
Umlauf des Mondes um die Erde (Bewegung des Doppelplaneten um den gemeinsamen Massemittelpunkt)

8.3.

„Phase“ ist der von der Erde aus sichtbare Teil der beleuchteten Mondhälfte. Er verändert sich mit dem Winkel Sonne–Erde–Mond: Je größer der Winkel (bis  $180^\circ$ ), desto größer die Phase (Skizze s. Spalte 2).

8.4.

Umlaufzeit des Mondes entspricht seiner Rotationsperiode (oder Rotationsdauer). Der Mond wendet der Erde stets dieselbe Seite zu.

#### Hinweis:

Bei 8.3. in der Einzelkontrolle Demonstration am Tellurium fordern (evtl. statt Skizze)!

9.1.

Sonnenfinsternisse (total, partiell oder ringförmig) und Mondfinsternisse (total oder partiell). Sonnenfinsternis tritt ein, wenn Sonne, Mond und Erde auf einer Geraden stehen (wenn der Mond in die Verbindungslinie Sonne–Erde tritt). Ursache: Drehung und Neigung der Mondbahnebene gegenüber der Erdbahnebene.

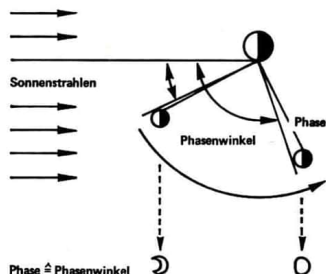
9.2.

Löwe oder Jungfrau  
Bei der Mondfinsternis steht der Mond der Sonne genau gegenüber (auf der scheinbaren Sonnenbahn oder Ekliptik).

9.3.

Sonnenfinsternis ist nur sichtbar, wenn der Mond in die Verbindungslinie Sonnenmittelpunkt–Beobachter tritt; Kernschatten des Mondes sehr klein, überstreicht nur eng begrenztes Gebiet der Erdoberfläche.

Erde so groß, daß der Mond ganz in ihren Kernschatten eintritt; deshalb von der ganzen Nachtseite der Erde aus sichtbar.



10.1.

Fehlende Atmosphäre infolge kleiner Masse. Deshalb kein Wasser, große Temperaturunterschiede, ungehinderte Einwirkung kosmischer Strahlung.

10.2.

Zu A: Auffassung falsch. Phasen sind nur optische Erscheinung; Zusammentreffen von Phasen- und Wetterwechsel ist Zufall. Statistisch und durch Beobachtung nachgewiesen. Zu B: Meinung auch falsch. Zwischen Massen wirkt die Gravitation, also gravitative Wirkung zwischen Erde und Mond gesetzmäßig: sie führen auf der Erde zu Gezeiten, auf dem Mond zu Beben, wenn er größte Erdnähe durchläuft (seismographische Überwachung seit den Apolloflügen).

10.3.

Vor GALILEI: Beobachtungen mit bloßem Auge – Erkenntnisse über Bewegungen und deren Folgen (Phasen und Finsternisse).

Seit GALILEI: Beobachtung mit Fernrohren (später zusätzlich mit Kamera) von der Erde aus – Erkenntnisse über Oberflächenstrukturen; erste Erkenntnisse über die Physik des Mondes.

Ab 1959: Erforschung mit Raumflugmitteln. Nach der Landung Erforschung an Ort und Stelle – Struktur- und Bodenanalysen (auch anhand mitgebrachten Materials).

JOACHIM STIER



# Das Planetensystem

Unterrichtseinheit 1.4.  
6 Stunden  
– Leitkarte –

## Ziele:

**Wissen:** Kenntnis der wahren und – in Auswahl – der scheinbaren Planetenbewegungen sowie der ihnen zugrunde liegenden Gesetze; Kenntnisse über den Aufbau des Planetensystems; Kenntnisse über die Physik der Planeten und der natürlichen Kleinkörper im Planetensystem; Einblick in die Bedeutung der Astronautik für Wissenschaft und Gesellschaft; Kenntnisse über wichtige Etappen der Entwicklung der Raumfahrt.

**Können:** Befähigung zum Anwenden physikalischer und mathematischer Kenntnisse auf astronomische Fragestellungen; intensive Schulung des Systemdenkens.

**Beitrag zur Überzeugungsbildung:** Erkenntnis, daß wissenschaftlicher Fortschritt von den ideologischen Positionen der herrschenden Klasse abhängt; Einsicht, daß neue Erkenntnisse durch richtige Anwendung vorhandenen Wissens gefördert werden; Überzeugung von der führenden Rolle der sowjetischen Raumfahrt.

## Stoffliche Gliederung der Unterrichtseinheit:

### 1. Die Planetenbewegungen

- Scheinbare Bewegung der Planeten; Begriff „Planet“
- Erklärung der Rückläufigkeit vom geozentrischen und vom heliozentrischen Standpunkt aus
- Keplersche Gesetze und Gravitationsgesetz

### 2. Das Planetensystem

- Aufbau des Planetensystems; mittlere Abstände der Planeten von der Sonne
- Modellmäßige Darstellung des Planetensystems
- Sichtbarkeitsbedingungen innerer und äußerer Planeten

### 3. Zur Physik der Planeten

- Zustandsgrößen der Planeten
- Einteilung in erdähnliche und jupiterähnliche Planeten
- Planetenatmosphären; Ökosphäre der Sonne
- Ergebnisse der Astronautik bei der Erforschung der Planeten

### 4. Natürliche Kleinkörper im Planetensystem

- Planetoiden
- Kometen

- Meteorite; Meteore

- Gas und Staub im Planetensystem

### 5. Künstliche Kleinkörper im Planetensystem

- Bedeutende Etappen der Raumfahrt
- Wichtige Aufgaben der Raumfahrt
- Bahn eines Raumflugkörpers (Beispiel)
- Raumfahrt als politisches und ökonomisches Problem

### 6. Aktuelles astronautisches Ereignis

- Zielstellung
- Bahnverlauf; Besonderheiten
- Wertung des Unternehmens

## Unterrichtsmittel:

### Verbindliche Unterrichtsmittel:

Kassettenfilm „Bahnschleife eines Planeten“  
Kassettenfilm „Keplersche Gesetze“  
Lichtbildreihe R 823 (Astronomie I; Bilder zum Planetensystem)  
Tonbildreihe T-R 53 (Wichtige Etappen der Raumfahrt)  
Schiefertuchkarte der Tierkreiszone

### Empfohlene Unterrichtsmittel:

Unterrichtsfilm F 806 (Gesetze der Planetenbewegung)  
Lichtbildreihe R 642 (Die Entwicklung des astronomischen Weltbildes)  
Lichtbildreihe R 767 (Anfänge der Astronautik)

### Weitere Unterrichtsmittel:

Planetenschleifengerät  
Selbstgefertigte Projektionsfolien

## Vorkenntnisse der Schüler:

aus *Geschichte Klasse 6*: Die Kämpfe der Wissenschaftler des Mittelalters gegen die kirchliche Bevormundung;  
aus *Geschichte Klasse 7*: Die Zeit der großen Entdeckungen und Erfindungen;  
aus *Physik Klasse 8*: Temperatur und Teilchenbewegung;  
aus *Physik Klasse 9*: Erstes und Zweites Keplersches Gesetz, Gravitationsfeld, Gravitationsgesetz;  
aus *Mathematik Klasse 9*: Potenzen, Größengleichungen.

## Literatur für die Schüler:

Lehrbuch Physik, Klasse 9 (1970), S. 54 ... 62;  
Physik in Übersichten;  
DORSCHNER, J.: Sind wir allein im Weltall? Leipzig/Jena/Berlin 1974; LINDNER, K.: Der Sternhimmel. Leipzig/Jena/Berlin 1974, S. 46 ... 61.

## Literatur für den Lehrer:

**Bücher:** siehe Unterrichtshilfe Astronomie, S. 16, ferner: BERNHARD, H.: Astronomie und Weltanschauung. Leipzig/Jena/Berlin 1974; WUSSING, H.: Nicolaus Copernicus. Leipzig/Jena/Berlin 1973; FRIEDEMANN, CHR.: Das Weltall. Leipzig/Jena/Berlin 1971.

### Periodica

#### Astronomie in der Schule:

Planung und Durchführung des Unterrichts:  
Komplexe Planung 3/71, S. 63.

#### Methodik:

Aktualisierung des Stoffes 1/70, S. 17; Zur Behandlung der Unterrichtseinheit 6/70, S. 132; Das aktuelle astronautische Beispiel 5/71, S. 111; Mars 4/73, S. 86.  
Karteikarte: Vergleiche zum Planetensystem 5/66.

#### Unterrichtsmittel:

Modell der heliozentrischen Planetenbahnen 2/70, S. 42.

#### Fachwissenschaftliche Beiträge:

Ergebnisse der Raumfahrt 1/70, S. 13; 6/73, S. 134; Erfolge der sowjetischen Raumfahrt 4/70, S. 61; Kepler 6/71, S. 122; Sozialistische Integration in der Raumfahrt 2/72, S. 28; 2/73, S. 28; 5/73, S. 98; Copernicus 6/72;

Mars 4/73, S. 79; Planetenkosmogonie 1/74, S. 5; Kosmos-Zusammenarbeit UdSSR-USA 2/74, S. 29.

## Astronomie und Raumfahrt:

Kepler 6/71, S. 161; Weltraumforschung und Meteorologie 1/72, S. 25; 15 Jahre Raumfahrt 6/72, S. 184; Militärische Raumfahrt in den USA 1/73, S. 18; 2/73, S. 42; Copernicus 1/73, S. 2; Mars 2/73, S. 33; Kometen 1/74, S. 1; Transplutonische Planeten 5/74, S. 131.

## Die Sterne:

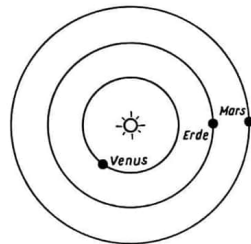
Planetenphysik 4/70, S. 129 und S. 138; 5/70, S. 171; Kepler 6/71; Mars-Sonden 3/72, S. 129; Copernicus 1/73; Entstehung des Planetensystems 2/74, S. 91.

## Vorschlag für eine schriftliche Leistungskontrolle:

(Arbeit in zwei Gruppen; Arbeitszeit 20 Minuten)

### Gruppe A

1. Beurteilen Sie für die skizzierte Stellung der Planeten die Sichtbarkeit des Mars von der Erde aus!
2. Formulieren Sie das dritte Keplersche Gesetz! Erklären Sie mit seiner Hilfe das Zustandekommen der scheinbaren Rückläufigkeit der Planeten!
3. Erläutern Sie die Veränderung eines Kometen bei seiner Bewegung vom sonnenfernsten zum sonnennächsten Bahnpunkt!



### Gruppe B

1. Beurteilen Sie für die skizzierte Stellung der Planeten die Sichtbarkeit der Venus von der Erde aus!
2. Nennen Sie die Planeten des Sonnensystems in der

Reihenfolge wachsender Sonnenentfernung! Unterstreichen Sie die jupiterähnlichen Planeten!

3. Erklären Sie an zwei Beispielen den ökonomischen Nutzen künstlicher Erdsatelliten!

**DR. KLAUS LINDNER**

**W 14. Der Kampf um das heliozentrische System**

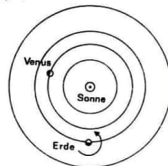
- K 14.1.** (4) Beschreiben Sie das heliozentrische Planetensystem des COPERNICUS! (Zentrum, Anordnung der Planeten, Bahnen, Bewegungen)
- 14.2. (6) Worin bestehen die wesentlichsten Leistungen von GALILEI, KEPLER und NEWTON bei der Durchsetzung der heliozentrischen Weltvorstellungen?
- 14.3. (10) Warum war es so schwer, die geozentrische Weltvorstellung zu überwinden? Nennen Sie drei wesentliche Ursachen!

**W 15. Unser Planetensystem**

- K 15.1.** (5) Nennen Sie die Namen der Planeten in der Reihenfolge zunehmender Entfernung von der Sonne; kennzeichnen Sie die Planeten
- mit (S), die mit bloßem Auge sichtbar sind,
  - mit (L), auf denen bisher Raumflugkörper gelandet sind,
  - mit (R), über die unser Wissen mit Hilfe von Raumflugmitteln erweitert oder präzisiert wurde.
- 15.2. (2) Welche Entfernung (gerundet, in AE) von der Sonne hat a) der sonnennächste Planet, b) die Erde, c) der sonnenfernste Planet?
- 15.3. (5) Jemand behauptet, der Planet Venus könne – wenn auch nur ganz selten – bei uns auf der Erde eine totale Sonnenfinsternis hervorrufen. Nehmen Sie zu dieser Behauptung Stellung!

**W 16. Sichtbarkeit der Planeten**

- P 16.1.** (4) Ist der Planet Venus in der gezeichneten Stellung am Morgen- oder am Abendhimmel zu sehen? Begründen Sie Ihre Aussage mit Hilfe der Skizze; gehen Sie in Ihren Überlegungen von der Rotationsrichtung der Erde aus!
- 16.2. (3) Kennzeichnen Sie in der zu 16.1. gegebenen Skizze die Positionen, in denen die Planeten Merkur und Mars mit bloßem Auge von der Erde aus nicht sichtbar sind. Begründen Sie Ihre Einzeichnung! Kennzeichnen Sie in der Skizze die Nachtseite der Planeten!
- 16.3. (3) Beschreiben Sie, in welcher Position ein Planet während der ganzen Nacht von der Erde aus beobachtbar ist! Für welche Planeten ist diese Stellung nur möglich?



## 14.1.

Sonne als ruhender Mittelpunkt; Merkur, Venus, Erde (mit Mond), Mars, Jupiter, Saturn; Umlaufzeiten nehmen mit der Entfernung von der Sonne zu, Erde rotiert, Mond umläuft die Erde.

## 14.2.

GALILEIS Beobachtungsergebnisse lieferten Argumente für die Richtigkeit der Lehre des COPERNICUS;  
KEPLER erkannte die Gesetze der Planetenbewegung und ermöglichte die Berechnung der wahren Planetenbahnen;  
durch NEWTONS Erkenntnisse wurde die physikalische Erklärung der Planetenbewegung möglich.

## 14.3.

Die geozentrische Vorstellung

- entsprach den beobachteten Erscheinungen;
- entsprach den religiösen Vorstellungen und wurde deshalb vom Klerus mit allen Mitteln unterstützt;
- genügte den gesellschaftlichen Bedürfnissen bis ins Mittelalter.

Die heliozentrische Vorstellung

- brachte anfangs durch die Annahme von Kreisbahnen noch fehlerhafte Vorhersagen (oder: Berechnungen);
- war durch die Aussage über die bewegte Erde für viele Menschen beängstigend und nicht glaubhaft.

## 15.2.

Merkur (S, R), Venus (S, L, R), Erde (S, L, R), Mars (S, L, R), Jupiter (S, R), Saturn (S, R), Uranus, Neptun, Pluto

## 15.2.


Merkur	0,4 AE
Erde	1 AE
Pluto	40 AE

## 15.3.

Behauptung ist falsch.

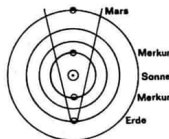
Die Abstände der Planeten sind viel zu groß und die Planetendurchmesser viel zu klein, um für den Beobachter die Sonne total verdecken zu können. Bedingung für eine totale Sonnenfinsternis ist aber, daß sich der Beobachter im Kernschatten des Himmelskörpers befindet; nur dann ist für den Beobachter die Sonne total verdeckt.

## 16.1.

Für den Beobachter  geht erst die Sonne, dann die Venus unter. Die Venus ist also am Abendhimmel zu sehen.



## 16.2.



Begründung: Die Planeten befinden sich am Tageshimmel (oder: etwa in Richtung der Sonne) und werden von der Sonne überstrahlt.

## 16.3.

Sonne, Erde und Planeten bilden etwa eine Gerade. Diese Anordnung ist nur für äußere Planeten möglich.

JOACHIM STIER

# Die Planetenbewegungen

1. Stoffeinheit  
10. Stunde  
Unterrichtseinheit 1.4.1.

## Ziele:

**Wissen und Können:** Kenntnis der wahren Planetenbewegungen und der wichtigsten Fakten über die scheinbaren Bahnen der Planeten; Kenntnis der grundlegenden Gesetze der Planetenbewegung; Verständnis für das Zustandekommen der scheinbaren Rückläufigkeit.  
**Einsichten:** Neue Erkenntnisse werden durch richtiges Anwenden bereits bekannter Fakten und Gesetze gewonnen; sie setzen sich nicht im Selbstlauf durch. Realität und Widerspiegelung stehen in einem dialektischen Zusammenhang.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
10/10	<b>Motivation und Zielorientierung</b> Planeten als ortsveränderliche Objekte am Sternhimmel	Demonstrieren der Positionsänderung eines Planeten an der Sternkarte (aktuelles Beispiel)	Schiefertuchkarte Tierkreiszone
10/20	<b>Scheinbare Bewegung der Planeten; Begriff „Planet“</b> – Ortsveränderung – Rückläufigkeit  – Definition des Begriffs „Planet“	Beobachten und Beschreiben der scheinbaren Rückläufigkeit im Film  Lehrervortrag und Unterrichtsgespräch	K-F 608 (Bahnschleife eines Planeten) <b>oder</b> F 806 (Gesetze der Planetenbewegung) jeweils nur Anfang des Films Lehrbuch S. 40/41 Tafel (1) / Heft!
10/30	<b>Erklärung der Rückläufigkeit</b> – geozentrisch <sup>1</sup> ; Epizykel – heliozentrisch; unterschiedliche Geschwindigkeiten der Planeten in ihren Bahnen  – Hinweis auf die historischen Beziehungen zwischen wissenschaftlichem Fortschritt und ideologischer Position der herrschenden Klasse (Copernicus, Galilei)	Lehrervortrag Beobachten und Beschreiben; Erkennen des „Überhol-Effekts“. Vergleichen mit Lb. Bild 42/1	Lehrbuch S. 41 K-F 608 (bis Ende) <b>oder</b> Planetenschleifen-gerät Tafel (2) / Heft!
10/40	<b>Gesetze der Planetenbewegung</b> – 1. und 2. Keplersches Gesetz (Wiederholung)	Unterrichtsgespräch	K-F 609 <b>oder</b>

Kartelkarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ – Fortsetzung Rückseite

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
5/45	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gravitationsgesetz (Wiederholung)</li> <li>– 3. Keplersches Gesetz</li> </ul> <b>Zusammenfassung</b> <b>Hausaufgabe:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prägen Sie sich die Gesetze der Planetenbewegung ein!</li> <li>2. Lösen Sie die Aufgaben 20 und 21 (Lehrbuch Astronomie, S. 107)!</li> </ol>	Lehrervortrag	F 806 (Fortsetzung) Tafel (3) / Heft!

<sup>1</sup> Die geozentrische Erklärung ist nur überblicksweise zu behandeln!

**Tafel (1):**

<b>Planet:</b> kugelähnlicher Himmelskörper, <ul style="list-style-type: none"> <li>– umläuft die Sonne (von West nach Ost)</li> <li>– verändert daher ständig seinen Ort am Himmel</li> <li>– wird zeitweilig scheinbar rückläufig</li> </ul>
--

**Tafel (2):**

<b>Rückläufigkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Teil der <b>scheinbaren</b> Planetenbahn</li> <li>– entsteht als „Überhol-Effekt“</li> </ul>
<b>Ursache:</b> unterschiedliche Geschwindigkeiten der Planeten in ihren Bahnen

**Tafel (3):**

Gesetze der Planetenbewegung	
Mathematische Beschreibung	Physikalische Begründung
Johannes Kepler <sup>1</sup> (um 1600)	Isaac Newton (um 1700)
1. Gesetz: Bahnform 2. Gesetz: Geschwindigkeit eines Planeten in verschiedenen Punkten seiner Bahn 3. Gesetz: Verhältnis der Geschwindigkeiten mehrerer Planeten	Gravitationsgesetz

1	2
3	

<sup>1</sup> s. „Astronomie in der Schule“ 12 (1975) 6, Abb. II. Umschlagseite

# Das Planetensystem

1. Stoffeinheit  
11. Stunde  
Unterrichtseinheit 1.4.1.

13

## Ziele:

**Wissen und Können:** Kenntnisse über den Aufbau und die Ausdehnung des Planetensystems; Verständnis für die Position der Sonne als Gravitationszentrum; Befähigung, aus der Stellung eines Planeten relativ zu Sonne und Erde auf die Sichtbarkeit des Planeten zu schließen.  
**Einsichten:** Festigung der Erkenntnis, daß wahre und scheinbare Bewegungen in einem dialektischen Zusammenhang stehen; Einsicht, daß aus der Kenntnis der Planetenbahnen und -bewegungen deren Positionen exakt berechnet werden können.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
5/5	<b>Hausaufgabenkontrolle und Zielorientierung:</b> Ziel ist die Beantwortung zweier Fragen: — Wie ist das Planetensystem aufgebaut? — Wie können wir Planeten am Sternhimmel auffinden?	Ausgangssituation: Wiederholung der Gesetze der Planetenbewegung.	
15/20	<b>Aufbau des Planetensystems</b> Namen der Planeten, ihre Durchmesser, ihre Abstände von der Sonne Entfernungseinheit AE (Wiederholung)  Formen der Planetenbahnen, Lage der Planetenbahnen zueinander  Zustand des Planetensystems als Entwicklungsphase	Impuls für das Unterrichtsgespräch: Welche Planeten kennen Sie mit Namen, die diesen Gesetzen unterliegen? Quantitativer Vergleich mit einem maßstäblichen Modell Auswerten der Tabellen im Lehrbuch  Lehrervortrag	Tafel (1)  Folie A auf das Territorium bezogen Lehrbuch S. 130/131, Tabellen 5 und 6  Tafel (2)
20/40	<b>Sichtbarkeitsbedingungen der Planeten</b> — Planeten Merkur und Venus Bedeutung des Winkels Sonne—Erde—Planet für die Sichtbarkeit von der Erde aus  — Planeten Mars, Jupiter, Saturn günstigste und ungünstigste Stellung	Kurzer Lehrervortrag  Demonstration am Modell Festigung an der Skizze Demonstrieren am Modell	Planetenschleifen- gerät Tafel (3) oder entspr. Folie Planetenschleifen- gerät Tafel (4)
5/45	<b>Zusammenfassung</b> <b>Hausaufgabe:</b> Überlegen Sie, welche Stellung ein Planet zu Erde und Sonne einnehmen muß, damit er am Abendhimmel sichtbar ist! Welche Bedingungen führen dagegen zur Sichtbarkeit in den Stunden vor Sonnenaufgang?		



# Tafel (1)

## Das Planetensystem

Merkur	}	innerhalb der Erdbahn
Venus		
Erde		
Mars	}	außerhalb der Erdbahn
Jupiter		
Saturn		
Uranus		
Neptun		
Pluto		

# Tafel (2)

## Planetenbahnen

kreisähnliche Ellipsen;  
liegen nahezu in einer Ebene

# Tafel 4

## b) Planeten außerhalb der Erdbahn

(Beispiel: Mars)

	in einer Geraden:	der Planet ist	
Günstigste Stellung	Sonne-Erde-Planet	die ganze Nacht hindurch sichtbar	der Erde am nächsten
Ungünstigste Stellung	Planet-Sonne-Erde	unsichtbar	der Erde am fernsten

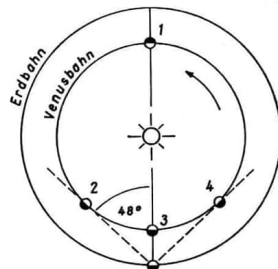
# Tafel (3)

## Sichtbarkeit der Planeten

abhängig vom Winkel Sonne-Erde-Planet

## a) Planeten innerhalb der Erdbahn

(Beispiel: Venus)



# Folie A (Beispiel)<sup>1</sup>

## Das Planetensystem als Modell

	Durchmesser	Entfernung von der Sonne	Ort, bezogen auf Leipzig
Sonne	1,4 m		Markt (Untergrund-Messehalle)
Merkur	0,5 cm	58 m	Markt
Venus	1,2 cm	108 m	Markt
Erde	1,3 cm	150 m	Milchbar „Pinguin“
Mars	0,7 cm	228 m	CENTRUM-Warenhaus, Petersstraße
Jupiter	14,2 cm	778 m	Hauptbahnhof
Saturn	12,6 cm	1,43 km	Bayrischer Bahnhof
Uranus	4,7 cm	2,87 km	Messegelände
Neptun	4,9 cm	4,50 km	Südfriedhof
Pluto	0,6 cm	5,95 km	Markkleeberg, „agra“-Gelände

<sup>1</sup> Die letzte Spalte muß am jeweiligen Territorium orientiert werden. Dazu dienen dem Lehrer die Angaben in der dritten Spalte dieser Tabelle.



# Physik der Planeten

1. Stoffeinheit **14**  
12. Stunde  
Unterrichtseinheit 1.4.2.

## Ziele:

**Wissen und Können:** Kenntnisse über die physikalischen Eigenschaften der Planeten und über die Voraussetzungen für die Existenz von Planetenatmosphären; Befähigung, aus physikalischen Größen auf stoffliche Zustände zu schließen; Verständnis für aktuelle Informationen zur Physik der Planeten.

**Einsichten:** Vertiefung der Erkenntnis, daß die Erde keine Sonderstellung unter den Planeten einnimmt; Förderung der Einsicht, daß die Raumfahrt zu wesentlichen neuen Erkenntnissen über die Planeten führt.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
10/10	Besprechung der Hausaufgabe und <b>Zielorientierung:</b> Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Planeten	Wiederholung aus der 11. Stunde: Namen der Planeten, Durchmesser. Impuls für das Unterrichtsgespräch: Welche Größen sind außer dem Durchmesser für die Beschreibung der Planeten wichtig?	Folie A aus der 11. Stunde
10/20	<b>Zustandsgrößen der Planeten</b> – Vergleich der Planeten in bezug auf Durchmesser, Masse und mittlere Dichte – Einteilung in erdähnliche und jupiterähnliche Planeten – Hinweis auf die Einteilung der jupiterähnlichen in große und äußere Planeten – Abhängigkeit der Abplattung von der Rotationsgeschwindigkeit	Auswerten der Tabelle 6 im Lehrbuch (Spalten 2, 5, 7 oder 3, 6, 7) Kurzer Lehrervortrag	Lehrbuch S. 130/131, Tabelle 6  Tafel (1) und (2) oder entsprechende Folien
5/25	Einzelheiten über ausgewählte Planeten	Unterrichtsgespräch	Lehrbuch S. 130/131, Tabelle 6
10/35	<b>Planetenatmosphären</b> – Abhängigkeit ihres Aufbaus von Planetenmasse und Temperatur  – Hinweis auf den Einfluß der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre (Molekülmassen)	Lehrervortrag	Lichtbilder aus R 641 und R 823; aktuelles Bildmaterial
5/40	<b>Existenz belebter Materie im Sonnensystem</b>	Selbständiges Lesen des entsprechenden Absatzes im Lehrbuch und anschließendes Unterrichtsgespräch	Lehrbuch S. 46/47
5/45	<b>Zusammenfassung</b>	Kurzer Lehrervortrag	Tafel (3) oder entsprechende Folie
		Unterrichtsgespräch	

**Tafel (1)****Einteilung der Planeten**

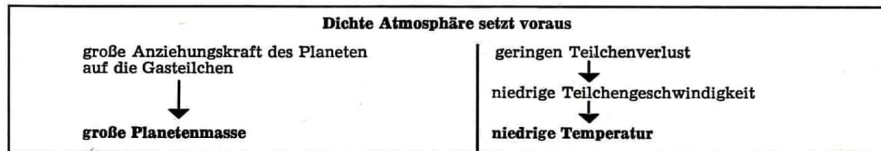
<b>Erdähnliche Planeten:</b>	Merkur	Venus	Erde	Mars (Pluto)
<b>Jupiterähnliche Planeten:</b>	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptun
	Große Planeten		Äußere Planeten	

**Tafel (2)**

	<b>Durchmesser</b>	<b>Masse</b>	<b>mittlere Dichte</b>
Erdähnliche Planeten	klein	klein	groß
Jupiterähnliche Planeten	groß	groß	klein

**Tafel (3)****Planetenatmosphären**

Vorhandensein, Aufbau, Dichte sind abhängig von Planetenmasse und Temperatur:



# Zur Physik der Planeten und Kleinkörper

7  
1. Stoffeinheit  
12./13. Stunde  
Unterrichtseinheit 1.4.2./1.4.3.

## W 17. Zustandsgrößen der Planeten

- K 17.1.** (4) Welche Planeten in der Tabelle auf den Seiten 130/131 des Lehrbuches sind erd-, welche jupiterähnlich? Begründen Sie Ihre Aussagen durch Vergleiche der Zahlenwerte in den Spalten 2, 6 und 7.
- 17.2. (4) Vergleichen Sie die Form von Erde und Saturn, und begründen Sie die Unterschiede! Benutzen Sie zum Vergleichen die Tabelle 6 des Lehrbuches (S. 130).
- 17.3. (3) Die Helligkeit des Planeten Venus ist während einer Sichtbarkeitsperiode einer auffälligen Veränderung unterworfen. Begründen Sie das!

## W 18. Planetenatmosphären

- P 18.1.** (6) Erläutern Sie, wovon das Vorhandensein einer Planetenatmosphäre hauptsächlich abhängt!
- 18.2. (5) Von einem Planeten sind folgende Daten bekannt:  
Masse = 0,06 Erdmassen  
Große Bahnhalbachse = 0,39 AE  
Oberflächentemperatur etwa 700 K  
Äußern Sie begründete Vermutungen über Vorhandensein und gegebenenfalls Dichte einer Atmosphäre dieses Planeten!

## W 19. Natürliche Kleinkörper im Sonnensystem

- K 19.1.** (6) Erläutern Sie die Veränderungen eines Kometen, die während eines Umlaufes um die Sonne eintreten!
- 19.2. (5) Vergleichen Sie Planet und Komet hinsichtlich ihrer Bahnen und ihrer Atmosphären!
- 19.3. (5) Woran erkennen Sie bei einer Beobachtung, ob es sich bei dem beobachteten Objekt um einen Planeten, einen künstlichen Satelliten (Raumflugkörper) oder um eine „Sternschnuppe“ handelt?

### 17.1.

Erdähnlich: Merkur, Venus, Mars  
Jupiterähnlich: Saturn, Uranus, Neptun  
Jupiterähnliche Planeten haben sehr viel größere Radien und Massen und geringere Dichte als erdähnliche Planeten.

### 17.2.

Geringe Abplattung der Erde, große Abplattung des Saturn.

Begründung: Die Abplattung ist abhängig von der Rotationsgeschwindigkeit (oder: Rotationsperiode) und der Ausdehnung des Planeten. Saturn rotiert mehr als doppelt so schnell wie die Erde bei wesentlich größerem Radius.

### 17.3.

Die Helligkeit des Planeten Venus verändert sich mit der Entfernung von der Erde und in Abhängigkeit von der Phase.  
**Hinweis:** Bei Einsatz von 17.3. zur mündlichen Kontrolle empfiehlt es sich, die Abbildung 47/1 des Lehrbuches zur Erläuterung heranziehen zu lassen.

**JOACHIM STIER**

### 18.1.

Große Masse  
große Gravitationskraft  
geringe Entweichmöglichkeit der Gase  
dichte Atmosphäre  
geringer Sonnenabstand  
starke Einstrahlung  
hohe Temperatur  
hohe Eigengeschwindigkeit der Gasmoleküle  
Entweichen des Gases

### 18.2.

Vermutung: Keine Atmosphäre oder nur geringe Restatmosphäre mit kleiner Dichte.  
Begründung:  
Geringe Masse des Planeten  
geringe Gravitationskräfte  
schon bei niedriger Geschwindigkeit können die Gasmoleküle entweichen.  
Große Sonnennähe  
hohe Temperatur  
hohe Geschwindigkeiten der Gasmoleküle, mit der sie wahrscheinlich die Gravitationskräfte überwinden können.

### 19.1.

In Sonnenferne nur Kometenkern.  
Bei Annäherung an die Sonne Bildung der Koma unter Einfluß der Sonnenstrahlung. In Sonnennähe Ausbildung des stets sonnenabgewandten Schweifes unter Einfluß der solaren Teilchenstrahlung (oder: des Sonnenwindes). Bei Entfernung von der Sonne erst Verschwinden des Schweifes, dann Zurückbildung der Koma.  
Mit jedem Umlauf Masseverlust bis zur Auflösung.

### 19.2.

#### **Bahnen**

Planet: kreisähnlich  
Komet: stark exzentrisch

#### **Atmosphären**

Planet: gleichbleibend; relativ geringer Verlust in der Exosphäre; geringe Ausdehnung im Vergleich zum Radius des Planeten.  
Komet: Koma nur in Sonnennähe; starker Verlust (Schweif); sehr große Ausdehnung im Vergleich zum Radius des Kometenkerns.

### 19.3.

**Planeten:** Im Fernrohr flächenhaft erkennbar; Langsame Bewegung relativ zu den Sternen (oder: Ortsveränderung) erst nach Tagen erkennbar.

**Satelliten:** Bewegung vor dem Sternhintergrund etwa eine Minute lang beobachtbar; Bahn durch mehrere Sternbilder.

**Sternschnuppen (Meteor):**

Nur für Sekundenbruchteile als relativ kurze Leuchtspur sichtbar.

# Natürliche Kleinkörper im Sonnensystem

1. Stoffeinheit  
13. Stunde **15**  
Unterrichtseinheit 1.4.3.

## Ziele:

**Wissen und Können:** Kenntnisse über die physikalischen Eigenschaften und Besonderheiten der zirkumsolaren Kleinkörper; Befähigung zum Erkennen und Einordnen der Untersysteme; Befähigung zu verallgemeinerndem Arbeiten mit den Begriffen „Stoff“ und „Feld“.

**Einsichten:** Überzeugung von der materiellen Einheit des Sonnensystems in der Vielfalt der Erscheinungsformen der Stoffe und Felder.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
5/5	<b>Zielorientierung</b> Gesamtüberblick über das Sonnensystem	Fragestellung: Die <i>Planeten</i> sind nicht das ganze Sonnensystem. Es existieren noch andere Himmelskörper in der Umgebung der Sonne. Welche?	
5/10	<b>Planetoiden</b> – Bahnen – Gestalt, Durchmesser – Anzahl – mutmaßliche Entstehung	Informierender Lehrervortrag	Tafel (1) oder entsprechende Folie <sup>1</sup>
15/25	<b>Kometen</b> – Aufbau – Bahnen – Entstehung von Koma und Schweif (Einfluß der Sonnenstrahlung herausarbeiten!) – Zerfall der Kometenkerne	Selbständiges Lesen; anschließend auswertendes Unterrichtsgespräch kurzer Lehrervortrag Impuls: Was geschieht mit den Zerfallsprodukten der Kometenkerne?	Lehrbuch S. 49 bis 50 oben Tafel (2) oder entsprechende Folie

<sup>1</sup> Folie als Tabelle vorbereiten und im weiteren Stundenverlauf abschnittsweise aufdecken: Tafelbild als Tabelle anlegen und im Stundenverlauf ausfüllen!

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
10/35	<b>Meteorite</b> – Zusammensetzung und Größen – Bahnen – Sichtbarkeit beim Eindringen in die Erdatmosphäre – Begriffe „Meteorit“ und „Meteor“ <b>Gas und Staub im Sonnensystem</b>	Unterrichtsgespräch mit eingeschobenem erläutern dem Lehrervortrag  Informierender Lehrervortrag	Tafel (3) oder entsprechende Folie; Lehrbuch Bild 51/1  Tafel (4) oder entsprechende Folie
5/40	<b>Felder im Sonnensystem</b> – Gravitationsfelder – Strahlungsfelder – Magnetfelder	Erörterndes Unterrichtsgespräch	Tafel (5) oder entsprechende Folie
5/45	<b>Zusammenfassung Hausaufgabe:</b> 1. Lösen Sie Aufgabe 24 (Lehrbuch Astronomie, S. 107) 2. Welche Unterschiede bestehen in der beobachtbaren Erscheinung eines Planeten, eines Planetoiden, eines Kometen und eines Meteors?		

Tafel

Sonnensystem

		Anzahl	Gesamtmasse in Erdmassen	Durchmesser in km	Aufbau
(1)	Sonne	1	332 000	1 392 000	Gaskugel
	Planeten	9	448	4 876 bis 143 650	unterschiedlich
	Monde	33	0,12	~ 10 bis ~ 5 000	unterschiedlich
	Planetoiden	~ 10 <sup>5</sup>	0,1	1 bis 1 000	kompakt (Gestein)
(2)	Kometen	10 <sup>7</sup> bis 10 <sup>10</sup>	~ 0,1	Kern: ~ 1 bis ~ 100	in gefrorene Gase eingelagerte Gesteine
(3)	Meteorite	?	10 <sup>-6</sup> ?		kompakt (Gestein, Eisen, Nickel)
(4)	Staub	Mikrometeorite (Durchmesser unter 0,1 mm)			
	Gas	Protonen, Elektronen, Helium-Kerne; entstammt der äußeren Sonnenatmosphäre; sehr geringe Dichte			
(5)	<b>Felder im Sonnensystem</b> Gravitationsfelder (Beispiel: Schwerefeld der Sonne) Strahlungsfelder (Beispiel: Feld der elektromagnetischen Strahlung der Sonne) Magnetfelder (Beispiele: Magnetfelder der Erde und der Sonne)				

## **W 20. Erforschung des Mondes und der Planeten mit Raumflugmitteln**

- K 20.1.** (3) Zählen Sie mindestens fünf Ersterfolge der sowjetischen Raumfahrt auf!
- P 20.2.** (8) Beschreiben Sie den Verlauf des Fluges eines Raumschiffes vom Start auf der Erde bis zur Landung auf dem Mond!
- 20.3. (10) Charakterisieren und werten Sie die unterschiedlichen Wege der UdSSR und der USA bei der Erforschung des Mondes mit Raumflugmitteln!
- 20.4. (5) Welche wissenschaftlichen Erkenntnisse über den Planeten ... erbrachte die Raumfahrt, z. B. über Atmosphäre, Oberfläche, Lebensmöglichkeit usw.?
- Z 20.5.** (10) Wie schätzen Sie die Möglichkeit einer Landung von Menschen auf den Planeten Mars und Venus ein? Begründen Sie Ihre Meinung mittels physikalischer Fakten!

## **W 21. Raumfahrt als ökonomisches und politisches Problem**

- K 21.1.** (6) Erläutern Sie die These „Ziel der Raumfahrt ist die Erde“ anhand der Hauptaufgaben der Raumfahrt!
- P 21.2.** (5) Erläutern Sie an zwei Beispielen, daß durch den Einsatz künstlicher Erdsatelliten beträchtlicher volkswirtschaftlicher Nutzen erzielt werden kann!
- 21.3. (6) Stellen Sie den Beitrag der DDR im Rahmen der Kooperation UdSSR/DDR auf dem Gebiet der Raumfahrt anhand einiger markanter Beispiele dar!
- Z 21.4.** (10) Charakterisieren Sie die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt, und nennen Sie wesentliche Bedingungen, die diesen Weg ermöglichen!
- Z 21.5.** (10) Kennzeichnen Sie am Beispiel der Raumstation „Salut 6“ (oder folgende!) wesentliche Merkmale der Raumfahrt der sozialistischen Staatengemeinschaft!



## Spalte 1

### 20.1.

In der Aufzählung sollten bestimmt enthalten sein: Erster künstlicher Satellit (oder: Sputnik 1) und erster bemannter Raumflug durch GAGARIN.

### 20.2.

Raketenstart; Beschleunigung bis zur Kreisbahngeschwindigkeit und Flug auf einer Parkbahn um die Erde. Verlassen der Parkbahn durch Beschleunigung bis über die Fluchtgeschwindigkeit (oder: Entweichgeschwindigkeit). Im Gravitationsfeld der Erde Verringerung der Geschwindigkeit, dann wieder Erhöhung der Geschwindigkeit im Gravitationsfeld des Mondes. Abbremsung und Einschwenken auf Umlaufbahn um den Mond. Abtrennen des Landeteils und dessen weitere Abbremsung bis zum Aufsetzen auf den Mond.

### 20.3.

UdSSR: Erforschung mittels Automaten (Untersuchungen an ausgewählten Orten, Ladung von Meßgeräten, Langzeit- und weiträumige Untersuchungen mit Lunachod, Entnahme und Rückführung von Gesteinsproben zur Erde). USA: Bemannte Unternehmungen 1969/72 (Untersuchungen am Landeort, weiträumige Erkundungen mit Fahrzeugen; Aufstellen von Meßgeräten, Entnahme von Gesteinsproben).

Wertung: UdSSR gleiche Erfolge ohne wesentliche Gefährdung von Menschen bei wesentlich niedrigeren Kosten. UdSSR hat rein wissenschaftliche Motive, während bei den USA die politisch-propagandistische Wirkung (gesunkenes Ansehen durch den verbrecherischen Vietnam-Krieg) im Vordergrund stand.

### 20.4.

Beantwortung gemäß der bei der Behandlung der Planeten gebotenen Fakten.

### 20.5.

Mars: möglich

Arbeits- und Lebensbedingungen der Kosmonauten ähnlich denen auf dem Mond (Gewicht etwas größer, geringer atmosphärischer Druck vorhanden, geringere Temperaturgegensätze).

Venus: unwahrscheinlich

Atmosphärischer Druck über 9 MPa (90 at, entsprechend dem Druck in etwa 900 m Wassertiefe), Temperatur etwa 470 °C; keine Arbeits- und Lebensbedingungen für Kosmonauten.

Rückkehrmöglichkeit gegenwärtig ausgeschlossen (etwa gleicher Startschub wie auf der Erde erforderlich).

## Spalte 2

### 21.1.

Von den Hauptaufgaben stehen im Vordergrund: Fernerkundung der Erde, Nachrichtenübertragung und Wetterbeobachtung. Auch Erzeugung neuer Werkstoffe, Miniaturisierung technischer Geräte und Erprobung medizinischer Technik dienen unmittelbar dem Menschen.

### 21.2.

Es können u. a. genannt werden: Einsatz von Nachrichtensatelliten erspart hohen Aufwand für Relaisstationen und Kabel (Material, Arbeitszeit, Kosten). Wettersatelliten ermöglichen höhere Sicherheit der Wettervorhersage und durch rechtzeitige Warnung frühzeitige Einleitung von Schutzmaßnahmen. Vermessungssatelliten ermöglichen die Herstellung sehr genauer Landkarten in sehr kurzer Zeit. Erkundungssatelliten ermöglichen die Überwachung unzugänglicher Gebiete.

### 21.3.

Einsatz technischer Geräte der DDR in sowjetischen Raumflugkörpern, z. B. Kameras; Durchführung wissenschaftlich-technischer Experimente, die in DDR-Instituten entwickelt wurden, an Bord sowjetischer Raumflugtechnik; Einsatz von DDR-Kosmonauten im Sojus/Salut-Programm (oder: Interkosmosprogramm), z. B. DDR-Bürger Jähn und Köllner.

### 21.4.

Charakteristik: kontinuierlich, folgerichtig, erfolgreich, verlustarm. Bedingungen: Breite wissenschaftliche Aufgabenstellung mit ausschließlichen humanistischen Zielen. Gesamtstaatliche Planung (politisch, ökonomisch, wissenschaftlich, technisch). Zunehmende Kooperation mit sozialistischen Staaten (Interkosmosprogramm) und Zusammenarbeit mit kapitalistischen Staaten (Sojus/Apollo, Einsatz französischer Geräte, Start ausländischer Satelliten mit sowjetischer Technik, Beschluß über die Ausbildung französischer und indischer Kosmonauten). Voraussetzung: Sozialistische Gesellschaftsordnung und ihre allseitig auf Frieden und Zusammenarbeit gerichtete Politik.

### 21.5.

Vielseitiger Langzeiteinsatz der Raumstation. Wissenschaftlich-technische Einrichtungen und Institute aller Länder der sozialistischen Staatengemeinschaft erarbeiteten Experimente, Einsatz internationaler Besatzungen zur Durchführung der Experimente. Hoher volkswirtschaftlicher Nutzen aller Arbeiten und Experimente in der Raumstation.

JOACHIM STIER

# Künstliche Kleinkörper im Planetensystem

14

1. Stoffeinheit

14. Stunde

Unterrichtseinheit 1.4.4. (1)

Ziele:

**Wissen und Können:** Wichtige Etappen der Raumfahrt unter Darstellung des führenden Anteils der Sowjetunion. Anwenden der Gesetze der Planetenbewegung auf künstliche Raumkörper.

**Einsichten:** Die Sowjetunion als treibende Kraft für die friedliche Forschung im Weltall. Die Praxis als Kriterium der Wahrheit (Bestätigung der Naturgesetze durch praktische Experimente auch in der modernen Astronomie).

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
3/3	<b>Zielorientierung und Motivation</b> Raumfahrt – Mittel zur Bereicherung des astronomischen Wissens	Lehrervortrag	R 748 (Bild 10) Lehrbuch 48/1
10/13	<b>Etappen der Raumfahrt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Ziolkowski</li> <li>● Sputnik I</li> <li>● Gagarin</li> <li>● Mond- und Planetenforschung</li> <li>● Ersterfolge der UdSSR</li> <li>● Begriffe: Sputnik, Erdsatellit, Raumsonde</li> </ul>	Schülervortrag (nach langfristigem Auftrag)  Schülervortrag als Kommentar	Lehrbuch S. 52, aktuelles Material aus der Presse, Tafel (1), Heft Tabelle 8, Lichtbilder (Auswahl aus R 767, 748 und TR 53)
15/28	<b>Hauptaufgaben der Raumfahrt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Erforschung der Erde und des erdnahen Raumes</li> <li>● Wetterbeobachtung und Nachrichtenübermittlung als direkte Anwendungsgebiete</li> <li>● Erforschung von Sonne, Mond und Planeten</li> <li>● Experimente auf technischem Gebiet (Wechselwirkung zwischen Astronautik u. a. Gebieten von Wissenschaft und Technik)</li> </ul>	Lehrervortrag  Hinweise auf Unterrichtseinheit 1.4.2.	Tafel (2), Heft Lehrb., Bild 53/1
7/35	<b>Bedeutung der Raumfahrt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Bedeutende Erweiterung unserer Kenntnisse über die Erde u. a. Himmelskörper</li> <li>● Die experimentelle Methode findet auch in der Astronomie ihre Anwendung</li> </ul> <p>Information über Reichweite des bemannten Raumfluges</p>	Unterrichtsgespräch  Lehrervortrag	

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
8/43	<b>Politische und ökonomische Wertung der bisherigen Entwicklung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Zielstrebigkeit und Effektivität der sowjetischen Raumfahrt als Ausdruck der Vorzüge des Sozialismus</li> <li>● Kampf der UdSSR um die ausschließlich friedliche Nutzung des Weltraums</li> <li>● Die sozialistische Kooperation erweist sich auch in der Raumfahrt als nutzbringend</li> </ul>	Unterrichtsgespräch als Zusammenfassung Lehrervortrag Unterrichtsgespräch	Tafel (3), Heft  Interkosmossatellit (Abb.)
2/45	<b>Hausaufgabe</b> Berechnen Sie die Bahngeschwindigkeit in $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ und $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ von Sputnik I (Umlaufzeit 96 min, mittlere Höhe $\approx 640 \text{ km}$ )! <b>Hinweis</b> Das Ergebnis 7,6 km/s entspricht der Kreisbahngeschwindigkeit in der betreffenden Höhe		

#### Hinweise zu Schüleraufträgen:

Die Einbeziehung von aktuellem Material aus der Tagespresse erfordert eine langfristige (mindestens einmonatige) Vorbereitung des 1. Vortrages.

Die **Lehrbuch-Tabelle 8** sollte mit Hilfe des Lehrers noch um wichtige Ereignisse der letzten Jahre erweitert werden (s. Tabelle auf Karteikarte 15).

#### Tafel (1)

##### Etappen der Raumfahrt

Ziolkowski 1857–1935 (wissenschaftliche Grundlage)

**Sputnik I 1957<sup>1</sup>**

(1. künstlicher Erdsatellit)

**Juri Gagarin 1961<sup>1</sup>**

(1. bemannter Raumflug)

Mond- und Planetenforschung (Raumsonden)

#### Tafel (2)

##### Hauptaufgaben der Raumfahrt

- Erforschung der Erde und des erdnahen Raumes
- Wetterbeobachtung und Nachrichtenübermittlung
- astronomische Forschung
- technische Experimente



#### Tafel (3)

##### Gesellschaftliche Wertung

- Zielstrebigkeit und Effektivität der sowjetischen Raumfahrt als Ausdruck der Vorzüge des Sozialismus
- Kampf der UdSSR um die ausschließlich friedliche Nutzung des Weltraumes
- Die sozialistische Kooperation erweist sich auch in der Raumfahrt als nutzbringend

<sup>1</sup> Merkstoff laut Lehrplan

# Künstliche Kleinkörper im Planetensystem

(Aktuelles astronautisches Ereignis)

15

1. Stoffeinheit

15. Stunde

Unterrichtseinheit 1.4.4. (2)

## Vorbemerkungen:

Die vorliegende Unterrichtsstunde ist die zweite der Unterrichtseinheit. Sie ist laut Lehrplan aus Anlaß eines aktuellen astronautischen Vorhabens der Erforschung des Mondes oder eines Planeten durch die Sowjetunion durchzuführen. – Die Stunde vermittelt Lehrplanstoff über künstliche Kleinkörper und ist keine Reservestunde zur freien Verfügung durch den Lehrer! Der nachfolgende Vorschlag stellt an einem zurückliegenden Beispiel methodisch dar, in welcher Weise künftige aktuelle Anlässe im Unterricht genutzt werden können.

## Ziele:

**Wissen und Können:** Bahnmechanische Zusammenhänge aus dem Sachverhalt ableiten. Vertiefung der Kenntnisse über den betreffenden Himmelskörper.

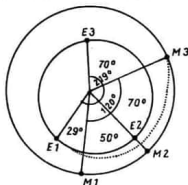
**Einsichten:** Systematische Erforschung von Körpern des Planetensystems durch die Sowjetunion. Verantwortung des Menschen für ihre humanitäre Anwendung und die Erhaltung des Naturzustandes der Himmelskörper.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
3/3	<b>Zielorientierung und Motivation</b> Sowjetische Marsflottille auf Erkundungsflug (Marssonden 4...7, Start Juli/August 1973)	Lehrervortrag	Pressenotizen
10/13	<b>Verlauf des Unternehmens</b> Start, Flugbahn mit Korrekturen, Ankunft in Marsnähe, unterschiedliche Aufgaben der Einzelobjekte und ihre technische Ausstattung, veröffentlichte Forschungsergebnisse, Bedeutung des Gesamtunternehmens	Schülervortrag nach längerer Vorbereitungszeit	Sammlung sämtlichen Materials durch Schüler
20/33	<b>Vertiefung der Kenntnisse</b> Schwerpunkte: ● Startzeitpunkt ● Bahnverlauf	Unterrichtsgespräch	Tafel (1) Planetenschleifen- gerät als Tellurium, Tafel (2), vgl. Lehrbuch S. 54 über Venussonden!
10/43	● Ergebnisse der Marssonden <b>Zusammenfassung und Wertung</b> ● Möglichkeiten der Erforschung mit Automaten ● Anforderungen an die Raumfahrttechnik und ihre technisch-wissenschaftliche Realisierung (Wechselwirkung Wissenschaft – technische Entwicklung)	Lehrervortrag  Lehrervortrag	Lichtbild 10 aus R 748 oder Lehrb., Bild 48/1  Lehrbuch S. 132, Tabelle 8

Karteikarte „Astronomie in der Schule“, Fortsetzung Rückseite

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
2/45	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perspektiven der weiteren Erforschung des Planetensystems (automatische und bemannte Raumsonden), Nutzen</li> <li>Führender Anteil der Sowjetunion in der Raumfahrt</li> </ul> <b>Hausaufgabe</b> Schülerauftrag zur weiteren Sammlung von Veröffentlichungen zum Objekt mit gelegentlicher Auswertung vor der Klasse		

**Tafel 1**



**Tafel 2**

**Flugbahn von Mars 6**

**Starttag**  
Entfernung

5. 8. 1973

$E_1 M_1$  : 105 Mill. km

**Landung**

Entfernung

**Marsopposition**  
Entfernung

12. 3. 1974

$E_3 M_3$  : 180 Mill. km

25. 10. 1973

$E_2 M_2$  : 66 Mill. km

**Ersterfolge der Raumfahrt** (Ergänzung der Tabelle 8, S. 132, Astronomie, Lehrbuch für Klasse 10)

Bezeichnung	Land	Startdatum	Aufgaben
Interkosmos 1	Gemeinschaft soz. Staaten	14. 10. 1969	Erster Satellit der sozialistischen Staatengemeinschaft zur Erforschung solarer Prozesse
Luna 16	UdSSR	12. 9. 1970	Mondgestein durch Landeapparat entnommen und am 24. 9. 1970 automatisch zur Erde gebracht
Luna 17	UdSSR	10. 11. 1970	Absetzen von Lunochod 1 im Regenmeer (über 10 km Fahrtstrecke, 10 Monate in Tätigkeit)
Salut 1	UdSSR	19. 4. 1971	Erste Orbitalstation; Kopplung mit Sojus 10 und Sojus 11; Flug am 11. 10. 1971 beendet
Mars 3	UdSSR	28. 5. 1971	Erste weiche Landung auf dem Mars am 2. 12. 1971, 20 Sek. lang Übertragung von Signalen
Pioneer 10	USA	2. 3. 1972	Erster Flug zum Planeten Jupiter, 3. 12. 1973 Vorbeiflug am Jupiter in 130 000 km Abstand
Mariner 10	USA	3. 11. 1973	Erster Flug zum Planeten Merkur, 29. 3. 1974 größte Annäherung mit 750 km
Sojus-Apollo- Testflug	UdSSR USA	15. 7. 1975 (geplant)	Erster Gemeinschaftsflug der UdSSR und USA mit Kopplung beider Raumschiffe

**EDGAR OTTO**

# Geschichte der Astronomie I

## - Systematisierung -

### Ziele:

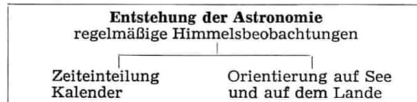
**Wissen und Können:** Kenntnis der wichtigsten Entwicklungsetappen des astronomischen Weltbildes; Erkenntnis der Abhängigkeit des wissenschaftlichen Fortschritts von der gesellschaftlichen Entwicklung; Befähigung zum Systematisieren der astronomischen Fakten und Zusammenhänge.  
**Einsichten:** Überzeugung vom unaufhaltsamen Fortschreiten der Erkenntnis; Überzeugung, daß sich neue Erkenntnisse nur im Kampf durchsetzen; Einsicht in den Gang der wissenschaftlichen Erkenntnis von der Erscheinung zum Wesen; Einsicht, daß neue Erkenntnisse u. a. aus der kritischen und systematischen Verarbeitung des bereits vorhandenen Wissens gewonnen werden; Einsicht, daß die Nutzung des astronomischen Wissens von den sozialen, weltanschaulichen und allgemeinen wissenschaftlichen Bedingungen abhängt.

1. Stoffeinheit  
 16. Stunde  
 Unterrichtseinheit 1.5.

Zeit	Stundengliederung	Systematisierung	Unterrichtsmittel
5/5	<b>Wiederholung</b> Welche gesellschaftlichen Bedürfnisse führten zur Entstehung der Astronomie?	Kenntnisse und Einsichten aus der Unterrichtseinheit 1.1.1.	Lehrbuch S. 6–7; Tafel (1) oder entsprechende Folie
10/15	<b>Weltbilder des Altertums</b> – Mythologisches Weltbild – Geozentrisches Weltbild	Scheinbare Himmelskugel, Sternbilder, Orientierung am Sternhimmel, scheinbare Bewegung der Gestirne, Begriff Planet, scheinbare Planetenbewegung	Lehrbuch Bilder 55/1 und 56/2; Tonbildreihe „Vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild“ Tafel (2) oder entsprechende Folie
10/25	<b>Heliozentrisches Weltbild</b> – Copernicus – Kampf um das heliozentrische Weltbild; Bruno, Galilei	Wahre Planetenbewegung, Wesentliches zur Physik der Planeten, Erde als Himmelskörper, Mond als Begleiter der Erde, Kenntnisse aus dem Geschichtsunterricht	Lehrbuch S. 57–58; Tonbildreihe; Tafel (3) oder entsprechende Folie
15/40	<b>Weiterentwicklung des heliozentrischen Weltbildes</b> – Galilei Einführung des Fernrohrs  – Kepler Keplersche Gesetze als Präzisierung und mathematische Beschreibung des heliozentrischen Weltbildes	(Galilei) Erkenntnisse aus dem 1. Beobachtungsabend; Kenntnisse aus den Unterrichtseinheiten 1.1.2. und 1.3.3.  (Kepler) Keplersche Gesetze	Lehrbuch S. 59–60; Tonbildreihe; Tafel (4) oder entsprechende Folie

Zeit	Stundengliederung	Systematisierung	Unterrichtsmittel
5/45	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Newton Gravitationsgesetz als physikalische Begründung für die Planetenbewegung</li> <li>– Entdeckung des Planeten Neptun</li> </ul> <p><b>Zusammenfassung</b></p> <p><b>Hausaufgabe:</b> Zeigen Sie an einigen Beispielen, daß jede neue Erkenntnis über das Planetensystem als Berichtigung, Präzisierung oder Erweiterung des bisherigen Wissens zu verstehen ist. Gehen Sie dabei auch auf Forschungsergebnisse aus unserer Zeit ein!</p>	(Newton) Gravitationsgesetz (Kenntnisse aus dem Physikunterricht), Doppelplanet Erde – Mond	

**Tafel (1)**



**Tafel (3)**

<b>Heliozentrisches Weltbild</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erde als Planet</li> <li>– Sonne als Bewegungszentrum</li> <li>– Vordringen von der Erscheinung zum Wesen und Erkennen des Zusammenhangs von Ursache und Wirkung</li> </ul>
---

**Tafel (2)**

<p style="text-align: center;"><b>Weltbilder des Altertums</b></p> <p><b>Mythologisches Weltbild</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erde als Scheibe</li> <li>– Beschreibung der beobachteten Erscheinungen</li> <li>– führt u. a. zur Astrologie, aber auch zur Wissenschaft Astronomie</li> </ul> <p><b>Geozentrisches Weltbild</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erde als Kugel in der Mitte der Welt</li> <li>– übersichtlich, anschaulich</li> <li>– relativ genau</li> <li>– entsprach den religiösen Weltanschauungen</li> </ul>
--

**Tafel (4)**

Heliozentrisches Weltbild			
Copernicus Nicolaus	Heliozentrische Planetentheorie	(um 1500) Sonne als Bezugspunkt	} der Planetenbewegungen
Johannes Kepler	Keplersche Gesetze	(um 1600) mathematische Beschreibung	
Isaac Newton	Gravitationsgesetz	(um 1700) physikalische Begründung	



# Die Sonne

## Ziele

Wissen über Aufbau und Zustandsgrößen der Sonne; wichtigste Vorgänge in und auf der Sonne und deren Auswirkungen auf die Erde

Entwicklung von Modellvorstellungen über Aufbau und Energiehaushalt der Sonne

Anwendung physikalischer Kenntnisse und mathematischer Verfahren auf astronomische Sachverhalte zur Erzielung quantitativer Aussagen

Erkennen und Erklären realer solar-terrestrischer Erscheinungen

Beitrag zur Überzeugung:

- Das Gravitationsgesetz gilt universell im Weltraum. (Teilerkenntnis: Es gilt auf der Sonne ebenso wie im gesamten Sonnensystem.)
- Die Welt ist auf Grund gesetzmäßiger Zusammenhänge erkennbar. (Teilerkenntnis: Energiehaushalt und Chemie der Sonne sind unserer Erkenntnis zugänglich.)
- Im Weltall befindet sich alles in ständiger Veränderung und Entwicklung. (Teilerkenntnis: Die chemische Zusammensetzung der Sonne unterliegt einer ständigen Veränderung; sie bestimmt den Entwicklungsprozeß der Sonne.)

## Stoffliche Gliederung der Unterrichtseinheit

### Variante I

entspricht dem Entwicklungsgang der gesellschaftlichen Erkenntnis vom Beobachtbaren (Oberfläche, Aktivitätserscheinungen, die Strahlung und ihre Auswirkungen auf die Erde) zu den Ursachen (Energiehaushalt) der Erscheinungen.

#### 1. Die Sonne und ihre Aktivität

- Die Sonne als Stern und als Gravitationszentrum des Planetensystems
- Aufbau der Sonnenatmosphäre
- Erscheinungen der Sonnenaktivität

#### 2. Die Strahlung der Sonne

- Strahlungsarten und Strahlungsleistung der Sonne
- solar-terrestrische Beziehungen
- Leistungskontrolle

#### 3. Chemie und Energiehaushalt

- Das Sonnenspektrum und seine Aussagen
- Aufbau des Sonnenkörpers
- Energiehaushalt der Sonne

Unterrichtseinheit 2.1. 20

3 Stunden

– Leitkarte –

### Variante II

folgt, ausgehend vom Aufbau der Sonne, dem Weg der Energie von der Freisetzung über den Energietransport und die damit verbundenen Aktivitätserscheinungen zu ihren Auswirkungen auf die Erde.

#### 1. Die Sonne – unser Stern

- Die Sonne als Stern und als Gravitationszentrum des Planetensystems
- Aufbau der Sonne vom Kern bis zur Korona (Sternmodell)
- Energiehaushalt der Sonne

#### 2. Energetische Probleme

- Energietransport (Information!)
- Erscheinungen der Sonnenaktivität
- Strahlungsleistung der Sonne

#### 3. Die Strahlung der Sonne

- Strahlungsarten der Sonne
- Das Sonnenspektrum und seine Aussagen
- solar-terrestrische Beziehungen
- Leistungskontrolle

## **Vorkenntnisse der Schüler**

*aus Physik Klasse 6 sowie Chemie Klasse 7 und 8; wiederholt, vertieft und erweitert in Physik, Anfang Klasse 10:*

Aufbau des Atoms aus Kern und Hülle.

Abhängigkeit chemischer Eigenschaften vom Aufbau der Elektronenhülle. Chemische Reaktion ist Veränderung der Elektronen-anordnung. Proton, Neutron, Elektron, Positron als Beispiel für Elementarteilchen. Protonen und Neutronen als Kernbestandteile. Massenzahl als Summe der Protonen- und Neutronenzahl des Kerns. Kernladungszahl = Ordnungszahl = Protonenzahl = Anzahl der Elektronen der Hülle des elektrisch neutralen Atoms. Isotope Kerne; stabile und instabile Kerne; Kernzerfall. Emittierte Teilchen und Gammastrahlung als Formen radioaktiver Strahlung.

Kernumwandlung; Kernspaltung. (Kernfusion nur als Information)

*aus Physik Klasse 9:*

Drehbewegung eines festen Körpers.

Gravitation; Gravitationsfeld von Sonne und Erde.

Magnetfeld als Träger von Energie; Feldlinien, Feldlinienbilder. Ablenkung bewegter Ladungsträger im Magnetfeld.

## **Literatur der Schüler:**

Lehrbuch Physik Klasse 10, (1971) S. 7 ... 15, 20 ... 23, 36

Physik in Übersichten, (1972) 153 ... 161, 170 ... 172

Chemie in Übersichten, (1971) 18 ... 27, 30 ... 54

## **Literatur für den Lehrer (in Periodica; Bücher siehe UH, S. 71)**

*Astronomie in der Schule:*

6/67, S. 129 ... 132; 1/71, S. 11 ... 12; 6/71, S. 130; 3/72, S. 50 ... 53; 4/72, S. 90 ... 94; Karteikarte Sonne; Wertvolle Bilder zur Sonne: 4/65, 4/69, 3/71, 4/72

*Astronomie und Raumfahrt:*

Magnetfelder in Sonnennähe 5/70, S. 149; Sonnenaktivität und Nadelholz 5/72, S. 164; Sonne und menschlicher Organismus 1/72, 3. Umschlagseite; Sonnenaktivität und Gesundheit 4/72, 3. Umschlagseite; Hauptenergiequelle der Sonne ist der pp-Zyklus 4/72, S. 116; Wie wird die Sonnenenergie erzeugt? 1/73, 3. Umschlagseite

*Die Sterne:*

SCHULZE: Driftende Sonnenflecke 5/71, S. 188 ... 198; SCHMIDT: Gesicherter Nachweis solarer Neutrinos 5/71, S. 216; JÄGER: Aspekte der solar-terrestrischen Forschung 2/72, S. 87 ... 95; JÄGER: ... über solar-terrestrische Physik 4/72, S. 224 ... 227

## **Vorschlag für die schriftliche Leistungskontrolle: Arbeit in zwei Gruppen; Arbeitszeit 15 Minuten**

**Gruppe A) 1. Geben Sie nach der drehbaren Sternkarte Rektaszension und Deklination der Sonne für den 20. 1. an!**

**2. Beschreiben Sie den Aufbau der Sonne, vom Zentrum ausgehend, und charakterisieren Sie knapp die einzelnen Gebiete!**

**3. Nennen Sie Wirkungen der solaren Strahlung auf das Magnetfeld und die Atmosphäre der Erde; geben Sie die Arten der Sonnenstrahlung an, die diese Wirkungen verursachen!**

**Gruppe B) 1. Geben Sie nach der drehbaren Sternkarte Rektaszension und Deklination der Sonne für den 5. 2. an!**

**2. Durch welche Vorgänge wird die Sonnenenergie freigesetzt; welche Veränderungen sind damit verbunden?**

**3. Charakterisieren Sie die Sonnenflecken! Gehen Sie dabei auch auf Erscheinungsort und Lebensdauer ein!**

**JOACHIM STIER**

## W 25. Die Strahlung der Sonne

**K** 25.1. (6) Was versteht man unter dem Begriff „Leuchtkraft“? Mit welchem Verfahren ist es möglich, die Größe der Leuchtkraft der Sonne zu bestimmen, obwohl die Sonne direkten Messungen nicht zugänglich ist?

**P**

25.2. (8) Stellen Sie eine Übersicht über die von der Sonne ausgesandten Strahlungsarten zusammen; ordnen Sie diesen Strahlungsarten Wirkungen auf Erde und Leben zu!

## W 26. Das Sonnenspektrum und seine Aussagen

**K** 26.1. (3) Beschreiben Sie das Sonnenspektrum!

26.2. (2) Welches Erkenntnis läßt sich u. a. aus dem Spektrum der Sonne gewinnen?

26.3. (3) Warum kann sich dieses Erkenntnis **nur** auf die Sonnenatmosphäre beziehen?

## W 27. Die Sonnenenergie

**K** 27.1. (5) Durch welche Vorgänge wird die Sonnenenergie freigesetzt? Unter welchen Bedingungen kann das geschehen? In welchem Teil der Sonne sind diese Bedingungen erfüllt?

**P**

27.2. (3) Welchen allmählichen Veränderungen unterliegt die Sonne infolge der andauernden Kernfusionen in ihrem Zentralgebiet? Äußern Sie sich auch über die Zeitdauer dieser Veränderungen!

25.1.

Leuchtkraft ist die Strahlungsleistung eines Sterns, d. h., die je Sekunde ausgestrahlte Energie.

Verfahren:

Messung der auf der Erde (außerhalb der Atmosphäre) je Quadratmeter empfangenen Strahlungsleistung (Solar-konstante S).

Berechnung der Oberfläche A einer Kugel mit 1 AE Radius (in m) um die Sonne.

Da auf der gedachten Kugel auf jedem Quadratmeter die Strahlungsleistung gleich ist, ergibt sich die Gesamtstrahlungsleistung als Produkt aus S und A.

25.2.

#### **Wellenstrahlung**

Röntgenstrahlung  
UV-Strahlung

Licht  
Wärmestrahlung

Radiofrequenz-  
strahlung

#### **Teilchenstrahlung**

(„Sonnenwind“),  
vorwiegend  
Protonen und  
Elektronen

#### **Wirkung**

Veränderung  
der Ionosphäre;  
Funkstörungen  
Voraussetzung für  
das Leben  
(Entstehung und  
Fortbestand)

Polarlichter  
magnetische  
Stürme  
Verformung und  
Störung des Erd-  
magnetfeldes  
Funkstörungen

26.1.

Kontinuierliches Spektrum mit Absorptionslinien: Farbband mit fließendem Übergang zwischen den Farben Violett, Blau, Grün, Gelb, Orange und Rot.

26.2.

Aus der Lage der Absorptionslinien im Spektrum und ihrer Zuordnung zu bestimmten chemischen Elementen sind Aussagen über die chemische Zusammensetzung der Sonnenatmosphäre möglich.

26.3.

Da die Photosphäre ein kontinuierliches Spektrum abstrahlt und die Absorptionslinien erst beim Durchgang der Strahlung durch die verdünnten Gase der Chromosphäre entstehen, können die daraus abgeleiteten Aussagen nur für diesen Bereich zutreffen.

27.1.

Freisetzung der Sonnenenergie durch Kernfusion von Wasserstoff zu Helium. Voraussetzung sind sehr hoher Druck, sehr große Dichte und sehr hohe Temperatur. Diese Bedingungen sind im Zentralgebiet erfüllt.

27.2.

Durch die Kernfusion verliert die Sonne ständig an Masse (Abstrahlung!) und verändert ihre chemische Zusammensetzung: der Wasserstoffanteil nimmt sehr langsam (in sehr großen Zeiträumen) ab, der Heliumanteil nimmt zu.

# Die Sonne – unser Stern

**2. Stoffeinheit** **21**  
**1. Stunde / Variante II**  
**Unterrichtseinheit 2.1.1.**

## Ziele:

**Wissen:** Aufbau und ausgewählte Zustandsgrößen der Sonne; wichtige Vorgänge in der Sonne. – **Können:** Entwicklung von Modellvorstellungen über Aufbau und Energiehaushalt der Sonne; Anwendung physikalischer Kenntnisse und mathematischer Verfahren. – **Einsichten:** Das Gravitationsgesetz gilt auf der Sonne wie im gesamten Sonnensystem; der Energiehaushalt der Sonne ist unserer Erkenntnis zugänglich; bei der Energiefreisetzung ändern sich Masse und chemische Zusammensetzung der Sonne mit sehr geringen Veränderungsrate.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
5/5	<b>Zielorientierung und Motivation</b> Sonne, ein Stern unter vielen, aber in günstiger Entfernung für Beobachtungen	Lehrervortrag Thema an die Tafel (1)	Lehrbuch S. 62
15/20	<b>Die Sonne als Stern und als Gravitationszentrum des Sonnensystems</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Erarbeitung des Begriffs „Stern“</li> <li>● Gravitation hält die Sonne zusammen und die Planeten auf ihren Bahnen</li> <li>● Masse, Radius, Oberflächentemperatur</li> </ul>	Wiederholung „Mond“ und „Planet“; „Stern“ analog definieren lassen Problemdiskussion zur Hausaufgabe; 1. Hauptkenntnis Schülertätigkeit	Tafel (2) Lehrbuch S. 62/63; 129
12/32	<b>Die Sonne als Sternmodell</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Aufbau vom Kern bis zur Korona</li> <li>● Überlegungen zu Druck und Temperatur im Kerngebiet des Sterns „Sonne“</li> <li>● Berechnung der mittleren Dichte</li> </ul>	Lehrervortrag Unterrichtsgespräch Schülertätigkeit (Aufgabe 31)	Tafel (3) Lehrbuch S. 108
12/44	<b>Die Sonne als Atomkraftwerk</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Erläuterung der Kernfusion</li> <li>● Veränderung der chemischen Zusammensetzung (Arbeit mit der Reaktionsformel)</li> <li>● Veränderung der Masse</li> </ul>	problemhafter Lehrervortrag Unterrichtsgespräch	Lehrbuch S. 70
1/45	Hausaufgabe	Lehrervortrag; 2. Hauptkenntnis	Seitentafel Tafel (4)

### Hausaufgabe (aus UE 1.5. zur Vorbereitung auf UE 2.1.1.)

„Durchdenken Sie, welche Folgen es hätte, wenn die Sonne nicht vorhanden wäre!“

#### Haupttafel:

1	2
3	4

### Die Sonne - unser Stern



#### Seitentafel:

$1 \text{ H} = 1,008$	$4 \text{ H} = 4,032$
	$1 \text{ He} = 4,003$
	Masseverlust = $0,029$ je Heliumatom
	$= 4,3 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{s}^{-1}$
	$\hat{=} 0,07 \% \text{ Sonnenmassen in } 10^9 \text{ Jahren}$

### Hausaufgabe (zur Vorbereitung auf UE 2.2.2.)

„Überlegen Sie, was mit der im Zentralgebiet der Sonne freigesetzten Energie geschieht!“

# Energetische Probleme der Sonne

2. Stoffeinheit

22

2. Stunde/Variante II

Unterrichtseinheit 2.1.2.

## Ziele:

**Wissen:** Wichtige Vorgänge in und auf der Sonne

**Können:** Anwendung physikalischer Kenntnisse und mathematischer Verfahren

**Einsichten:** Die Veränderungen in und auf der Sonne sind unserer Erkenntnis zugänglich

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
5/5	Ausgangsposition schaffen	W oder Lk mdl.	
3/8	<b>Zielorientierung und Motivation</b>	Lehrervortrag	
7/15	Information über Energietransport vom Zentralgebiet nach außen	(nur Information)	
12/27	<b>Erscheinungen der Sonnenaktivität</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Erarbeitung des Begriffsinhalts und der Erscheinungen einschl. der Periodizität</li> <li>● Festigung durch Interpretation von Dias</li> <li>● Bewußtmachen des Zusammenhangs der Erscheinungen; Aufdecken der Ursachen</li> </ul>	selbständige Schüler-tätigkeit dgl. siehe Rückseite U.-Gespräch 3. Haupterkennnis	Lehrb. S. 64 ... 66  Lb aus R 650  Tafel (1)
13/40	<b>Strahlungsleistung der Sonne</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Überlegungen zur abstrahlenden Energiemenge</li> <li>● Solarkonstante</li> <li>● Verfahren zur Berechnung der Strahlungsleistung</li> <li>● Klärung des Begriffs „Leuchtkraft“</li> <li>● Berechnung der Leuchtkraft</li> </ul>	U.-Gespräch (nur Information) U.-Gespräch selbständige Schüler-tätigkeit dgl., Aufg. 29	evtl. Lehrb. S. 67  Lehrb. S. 67 Lehrb. S. 108
4/44	<b>Verdichtung durch den Lehrer</b>	4. Haupterkennnis	Tafel (2)
1/45	Hausaufgabe		

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ – Fortsetzung Rückseite



**Haupttafel:**

1
2

Alle Erscheinungen der Sonnenaktivität stehen untereinander im Zusammenhang.

Energiehaushalt, physikalische und chemische Veränderungen der Sonne sind für uns auf Grund ihrer gesetzmäßigen Zusammenhänge erkennbar (geistig zu erfassen und zu begreifen).

**Hausaufgabe:**

Vorbereitung auf eine schriftliche Leistungskontrolle.

Hauptinhalt: Ursachen und Folgen der Energiefreisetzung in der Sonne.

**Hinweise**

zum Unterrichtsmiteinsatz bei den Erscheinungen der Sonnenaktivität

Empfehlenswerte Dias aus **R 650: 2, 4, 11, 14, 15; 5 und 6**  
aus **R 824: 7**

Bei Vorhandensein eines Episkops sollten auf alle Fälle aus der **Fachzeitschrift** gezeigt werden:

Titelbild und 2. Umschlagseite von Heft 3/1971 (Sonnenfleck **und** Granulation im Größenvergleich zur Erde)

Nach Auslieferung könnte hier auch der geplante **Kassettenfilm** über Protuberanzen eingesetzt werden.

**JOACHIM STIER**

# Die Strahlung der Sonne

2. Stoffeinheit **23**  
 3. Stunde/Variante II  
 Unterrichtseinheit 2.1.3.

## Ziele:

**Wissen:** Die Sonnenstrahlung ist Informationsträger; die solare Strahlung hat Auswirkungen auf die Erde und deren Magnetfeld.

**Können:** Erkennen und Erklären realer solar-terrestrischer Erscheinungen.

**Einsichten:** Struktur und Zusammensetzung der Sonnenatmosphäre sind erkennbar.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
5/5	Wiederholung und Zielangabe		
5/10	<b>Die Strahlungsarten der Sonne</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● elektromagnetische Wellen</li> <li>● Sonnenwind</li> </ul>	Schülertätigkeit und Unterrichtsgespräch	Lehrbuch S. 67/68 Tafel (1)
15/25	<b>Das Sonnenspektrum und seine Aussagen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Zustandekommen des Kontinuums und der Linienabsorption</li> <li>● Das Sonnenspektrum</li> <li>● Die Aussagen des Spektrums</li> <li>● Festigung</li> </ul>	problemhafter Lehrervortrag Siehe Rückseite! U.-Gespräch	Lehrbuch: Farbtafel AT Spektralklassen der Fixsterne
5/30	<b>Solar-terrestrische Beziehungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Gravitationswirkungen</li> <li>● Strahlungswirkungen und ihre Erscheinung</li> </ul>	selbständige Schülertätigkeit 5. Hauptkenntnis U.-Gespräch dgl.	Lehrbuch S. 69/70 Tafel (2)
15/45	<b>Leistungskontrolle</b> Kurzkontrolle in 2 (oder 3) Gruppen; Arbeitszeit 13 Minuten		Lehrbuch S. 68

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ – Fortsetzung Rückseite

## Haupttafel:

1
2

### Strahlungsarten der Sonne:

Röntgenwellen

UV-Strahlung

Licht

infrarote (Wärme-) Strahlung

Hertzsche Wellen (Radiostrahlung)

} elektromagne-  
tische Wellen

Sonnenwind

Korpuskularstrahlung

Durch die gesetzmäßigen Zusammenhänge zwischen Sonnenstrahlung und Sonnenatmosphäre (Arbeitsgebiet Spektralanalyse) ist auch die chemische Zusammensetzung der Sonnenatmosphäre für uns erkennbar.

### Leistungskontrolle:

- Gruppe A:** 1. Beschreiben Sie den Aufbau der Sonne, vom Zentrum ausgehend, und charakterisieren Sie dabei kurz die einzelnen Gebiete!  
2. Ordnen Sie die Erscheinungen der Sonnenaktivität den entsprechenden Schichten der Sonnenatmosphäre zu!
- Gruppe B:** 1. Durch welche Vorgänge wird die Sonnenenergie freigesetzt? Welche Veränderungen sind damit verbunden?  
2. Stellen Sie eine Übersicht zusammen über die von der Sonne ausgehenden Strahlungsarten!  
oder  
Welche Erkenntnisse über die Sonnenatmosphäre lassen sich durch Spektralanalyse gewinnen?
- Gruppe C:** 1. Nennen Sie Wirkungen der solaren Strahlung auf die Atmosphäre und das Magnetfeld der Erde. Geben Sie die Arten der Strahlung an, die diese Wirkungen verursachen!  
2. Begründen Sie, weshalb diese Wirkungen in bestimmten Zeitabständen gehäuft auftreten!

### Hinweis

zur Erarbeitung des Spektrums:

Wo die personellen und materiellen Voraussetzungen gegeben sind, sollte die Einführung mit einem Modellversuch als Demonstration verbunden werden. Siehe Beitrag ALBERT/GEBHARDT in Heft 1/1972, Seiten 9 ... 14

JOACHIM STIER

# Die Sterne

## Unterrichtseinheit 2.2.

5 Stunden

– Leitkarte –

24

### ZIELE:

**Wissen:** Kenntnis wesentlicher Verfahren zur Entfernungsbestimmung und zur Ermittlung ausgewählter Zustandsgrößen der Sterne; Verständnis für den Zusammenhang wichtiger Zustandsgrößen. Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen Energiefreisetzung und Entwicklung der Sterne.

**Können:** Weiterentwicklung der Befähigung zum Anwenden physikalischer und mathematischer Kenntnisse auf astronomische Fragestellungen; Festigung der Fähigkeit zum Interpretieren von Zusammenhängen und deren graphischen Darstellungen, besonders im HRD.

**Beitrag zur Überzeugungsbildung:** Festigung der Überzeugung von der prinzipiellen Erkennbarkeit der Welt sowohl in bezug auf räumliche Ausdehnung als auch im Hinblick auf zeitliche Abläufe. Erweiterung der Vorstellungen von der Mannigfaltigkeit der Stoffe und Felder im Weltall; Sicherung der Überzeugung, daß sich alles im Weltall in unaufhörlicher Bewegung und Veränderung befindet.

### Stoffliche Gliederung der Unterrichtseinheit

#### 1. Entfernungsbestimmung I, Sternhelligkeiten

- Trigonometrische Entfernungsbestimmung, die Maßeinheit Parsek
- Scheinbare Helligkeit, die Maßeinheit Größenklasse
- Absolute Helligkeit

#### 2. Entfernungsbestimmung II, Zustandsgrößen

- Photometrische Entfernungsbestimmung, Entfernungsmodul
- Farbe des Sternlichts
- Sterntemperaturen und Sternspektren; Spektralklassen der Sterne

#### 3. Zustandsgrößen II

- Leuchtkraft
- Das HRD als Zustandsdiagramm
- Sternradien

#### 4. Zustandsgrößen III

- Doppelsterne und Bedeckungsveränderliche, Sternradien
- Sternmassen, Masse-Leuchtkraft-Beziehung
- Mittlere Dichten der Sterne

#### 5. Veränderliche Sterne und Sternentwicklung

- Sterne mit veränderlichen Zustandsgrößen
- Sternentwicklung (vom Hauptreihenstadium an)
- Entwicklungsweg im HRD

### Unterrichtsmittel:

Lichtbildreihe R 824 (Astronomie II; Bilder zur Astrophysik)  
Projektionsfoliensatz „Hertzsprung-Russell-Diagramm“  
Anschauungstafel „Hertzsprung-Russell-Diagramm“  
Anschauungstafel „Spektralklassen der Fixsterne“  
Tonfilm „Werdegang eines Sterns“  
Lichtbildreihe R 641 (Aufbau und Struktur des Weltalls)  
Lichtbildreihe R 658 (Astronomische Entfernungsbestimmung)  
Lichtbildreihe R 749 (Sternphysik I: Zustandsgrößen)  
Selbstgefertigte Projektionsfolien

### Vorkenntnisse der Schüler:

aus Physik, Klasse 8: Glühfarben

aus Chemie, Klasse 8: Atombau

aus Physik, Klasse 9: Gravitationsfeld, Gravitationsgesetz

aus Physik, Klasse 10: Atombau, Kernreaktionen, Spektren

aus Mathematik, Klasse 9: Potenzen, Größengleichungen, logarithmische Skala

## Literatur für die Schüler

Physik in Übersichten

Chemie in Übersichten

LINDNER, H.: Physik im Kosmos, Leipzig 1971

LINDNER, K.: Der Sternhimmel, Leipzig/Jena/Berlin 1974 (S. 25–46)

WORONZOW-WELJAMINOW, B. A.: Das Weltall, Leipzig/Jena/Berlin 1976

## Literatur für den Lehrer:

### Bücher

siehe Unterrichtshilfen Astronomie, S. 71; ferner:

BERNHARD, H.: Astronomie und Weltanschauung, Leipzig/Jena/Berlin 1974.

DAUTCOURT, G.: Was sind Pulsare? Leipzig 1974.

HERRMANN, D. B.: Geschichte der Astronomie von Herschel bis Hertzsprung, Berlin 1976.

HERTZSPRUNG, E.: Zur Strahlung der Sterne, Leipzig 1976.

### Periodica

#### Astronomie in der Schule:

Planung des Unterrichts:

Lehrplananforderungen, 1/71, S. 11; Komplexe Planung, 6/71, S. 130.

Methodik:

Effektivität, 1/74, S. 12; Sternentwicklung im Unterricht, 5/72, S. 99; 5/74, S. 106; 6/75, S. 131; Schülerbeobachtungen, 4/71, S. 87.

Unterrichtsmittel:

Unterrichtsmittel zum HRD, 3/73, S. 61; 3/75, S. 56.

Fachwissenschaftliche Beiträge:

Innerer Aufbau der Sterne, 2/75, S. 30; Pulsare, 4/71, S. 75; Kosmogonie, 1/72, S. 16; 3/75, S. 50; 4/75, S. 88; 5/75, S. 103.

#### Astronomie und Raumfahrt:

Spektroskopie, 3/73, S. 65; Spektren der Sterne, 5/73, S. 129; Sternatmosphären, 5/75, S. 129; 6/75, S. 161; Doppelsterne, 1/75, S. 1; Radiosterne, 4/73, S. 97; Sternentstehung 5/73, S. 140; Schwarze Löcher und Gravitationsstrahlung, 5/74, S. 129.

#### Die Sterne:

Größenklassen-Definition, 1/72, S. 20; 2/72, S. 113; Sternentstehung und -entwicklung, 2/71, S. 64; Junge Sterne, 4/72, S. 213; Pulsare, 1/72, S. 11; 2/72, S. 81.

#### Vorschlag für eine schriftliche Leistungskontrolle

Zeitliche Einordnung: Beginn der 7. Stunde der 2. Stoffeinheit (Zustandsgrößen III). Arbeit in zwei Gruppen, Arbeitszeit: 15 Minuten.

Die Texte der Aufgaben sind vorzubereiten (vorbereiteter Tafeltext, Projektionsfolien oder Aufgabenblätter für die Hand der Schüler!)

##### Gruppe A

1. Der Stern Spica hat eine scheinbare Helligkeit von  $+1^m$ , seine absolute Helligkeit beträgt  $-2^m$ . Was können Sie über seine Entfernung aussagen?
2. In welchem Bereich liegen die Oberflächentemperaturen der Sterne und in welchem Zusammenhang stehen sie mit der Farbe des Sternlichtes?
3. Skizzieren Sie das HRD mit den wichtigsten Besetzungsgebieten und mit bläulichem Licht und etwa 10<sup>4</sup>facher Sonnenleuchtkraft stehen müßte!

##### Gruppe B

1. Die Parallaxe des Sterns Regulus beträgt 0,04 Bogensekunden. Berechnen Sie die Entfernung dieses Sterns!
  2. Der Stern Arktur gehört zur Spektralklasse K. Was können Sie über die Färbung seines Lichtes und über seine Oberflächentemperatur aussagen?
- kreuzen Sie die Stelle an, an der ein Stern mit rötlichem Licht und etwa 100facher Sonnenleuchtkraft stehen müßte!

Dr. KLAUS LINDNER

# Entfernungsbestimmung II

## Zustandsgrößen

26

2. Stoffeinheit

5. Stunde

Unterrichtseinheit 2.2.

### Ziele:

**Wissen und Können:** Verständnis für das Prinzip der photometrischen Entfernungsbestimmung und für die Möglichkeit, damit die Begrenztheit der trigonometrischen Methode zu überwinden; Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen Sternfarben, Sterntemperaturen und Sternspektren; Befähigung zur Anwendung dieses Zusammenhangs; Weiterentwicklung der Fähigkeit, physikalische Kenntnisse zur Lösung astronomischer Probleme einzusetzen.

**Einsichten:** Erweiterung der Vorstellungen von der Mannigfaltigkeit der Materie; Festigung der Überzeugung von deren Erkennbarkeit.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
5/5	<b>Wiederholung, Motivation und Zielorientierung</b> Trigonometrische Entfernungsbestimmung; ihre Grenzen	Impuls: Wie können die Grenzen überschritten werden? Höhere Meßgenauigkeit?	
10/15	Nutzung der Helligkeitsmessung zur Entfernungsbestimmung: <b>Photometrische Entfernungsbestimmung</b> – Entfernungsmodul $m - M$  – Bedeutung der photometrischen Entfernungsbestimmung: Wesentliche Erweiterung des Bereichs, in dem Sternentfernungen gemessen werden können, durch Übergang auf prinzipiell anderes Verfahren!	$m$ ist von der Erde aus meßbar (Photometrie) Wie $M$ ermittelt werden kann, wird in einer späteren Astronomie-stunde erläutert!	Lehrbuch, Bild 76/2
15/30	<b>Zielorientierung</b> Bei Kenntnis der Entfernung eines Sterns sind Aussagen über seinen physikalischen Zustand möglich: Ermittlung der Zustandsgrößen <b>Die Temperatur an der Sternoberfläche</b> – Temperatur und Sternfarbe  – Aus der Farbe kann auf die Temperatur geschlossen werden	Übung an einigen Beispielen  Demonstrationsexperiment 1: Abhängigkeit der Glühfarbe von der Temperatur (objektive Beobachtung durch alle Schüler) <b>Hinweise:</b> Auf die Farbe, nicht auf die Helligkeit achten! Bei Sternen herrschen analoge, nicht gleiche Verhältnisse (Temperaturbereich!)	Folie (1)  Stativmaterial Glühdraht Stromversorgungsgerät Strommesser Verbindungsleitungen  Lehrbuch S. 78, Tabelle 4
10/40	<b>Sternspektren</b> – Sternspektren sind i. a. Absorptionsspektren – Anzahl und Lage der Linien sind temperaturabhängig – Die Energieverteilung ist ebenfalls temperaturabhängig – Zusammenfassung dieser Merkmale zur Spektralklasse. Spektralsequenz. (Merksatz: „0, bei allen Fixsternen gibt's kennzeichnende Merkmale“)	Demonstrationsexperiment 2: Energieverteilung im Spektrum eines Glühdrahtes bei verschiedenen Temperaturen (subjektive Beobachtung durch einige Schüler)	Anschauungstafel „Spektralklassen der Sterne“  Geräte wie oben, zusätzlich Spektroskop oder Geradsichtprisma Lehrbuch, Farbtafel „Spektren“
5/45	<b>Zusammenfassung</b> Zusammenhang zwischen Sternfarbe, Oberflächentemperatur und Spektralklasse  <b>Hausaufgabe:</b> Die Sonne ist ein Stern der Spektralklasse G. Vergleichen Sie die Sterne Spica (Sternbild Jungfrau, Spektralklasse B) und Beteigeuze (Orion, Spektralklasse M) in bezug auf die Färbung des Lichtes, die Oberflächentemperatur und die Anzahl der Absorptionslinien im Spektrum mit der Sonne!		Tafel (2) oder entsprechende Folie

Folie (1)

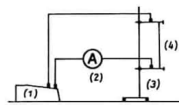
m - M	r	m - M	r
in m	in pc	in m	in pc
-5	1,00	+6	158
-4	1,58	+7	250
-3	2,51	+8	400
-2	3,98	+9	630
-1	6,31	+10	1000
0	10,0	+11	1600
+1	15,8	+12	2500
+2	25,1	+13	4000
+3	39,8	+14	6300
+4	63,1	+15	10000
+5	100	+20	100000
		+25	1000000

Tafel (2)

Sternfarbe	bläulich	gelblichweiß	rötlich				
Oberflächentemperatur	25 000 K	7 000 K	2 800 K				
Spektralklasse	O	B	A	F	G	K	M
Zahl der Absorptionslinien	gering . . . . . groß						

Geräteeinrichtung für die Demonstrationsexperimente im verdunkelten Zimmer

Experiment 1



Experiment 2  
(gleiche Anordnung wie  
Exp. 1; zusätzlich  
Beobachtungseinrichtung:



- (1) Stromversorgungsgerät
- (2) Strommesser (Achtung! Höchstbelastung des Stromversorgungsgerätes beachten!)
- (3) Stativmaterial
- (4) Glühdraht
- (5) Geradsichtprisma (kann durch Spektroskop ersetzt werden)
- (6) Beobachtungsrichtung
- (7) Stativmaterial mit Tischchen



## W 31. Das Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD)

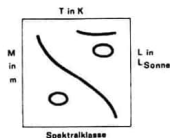
- K** 31.1. (8) Skizzieren Sie ein HRD! Geben Sie an, welche Größen auf den Achsen aufgetragen sind! Erläutern Sie Zusammenhänge, die zwischen den Größen bestehen, die im Diagramm einander gegenüber liegen!
- P** 31.2. (5) Beschreiben Sie die Sternverteilung im HRD! Erläutern Sie, über welche Zustandsgrößen (außer den unter 31.1. genannten) aus dem Ort eines Sternes im HRD noch Angaben gemacht werden können!
- 31.3. (5) Woraus schließen Sie, daß Sterne, die man im HRD als „Riesen“ bezeichnet, tatsächlich größere Radien haben als Hauptreihensterne gleicher Temperatur?

## W 32. Das HRD als Zustandsdiagramm

- | <b>K</b> | <i>Stern</i>             | <i>Spektralklasse</i> | <i>absolute Helligkeit</i> | <i>Stern</i>                | <i>Spektralklasse</i> | <i>absolute Helligkeit</i> |
|----------|--------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| <b>P</b> | a <sub>1</sub> ) Rigel   | B 8                   | — 6 <sup>m</sup> 0         | c <sub>1</sub> ) Polarstern | F 7                   | — 3 <sup>m</sup> 7         |
|          | a <sub>2</sub> ) Regulus | B 8                   | — 0 <sup>m</sup> 5         | c <sub>2</sub> ) Procyon    | F 5                   | + 2 <sup>m</sup> 6         |
|          | b <sub>1</sub> ) Deneb   | A 1                   | — 5 <sup>m</sup> 2         | d <sub>1</sub> ) Arktur     | K 2                   | — 0 <sup>m</sup> 2         |
|          | b <sub>2</sub> ) Sirius  | A 1                   | + 1 <sup>m</sup> 4         | d <sub>2</sub> ) ε Eridani  | K 2                   | + 6 <sup>m</sup> 1         |
- 32.1. (8) Tragen Sie die Angaben für ein Sternpaar in ein HRD ein, das auch die Sonne enthält! Bestimmen Sie für beide Sterne Temperatur, Farbe des Sternlichtes und Leuchtkraftklasse! Vergleichen Sie Radius, Masse und mittlere Dichte beider Sterne mit den entsprechenden Zustandsgrößen der Sonne!
- Benutzen Sie hier die Relationszeichen >, ≈ und <.
- 32.2. (4) Vergleichen Sie die beiden Sterne miteinander hinsichtlich Leuchtkraft, Masse, Radius und mittlerer Dichte! Benutzen Sie auch hier die Relationszeichen >, ≈ und <.
- 32.3. (4) Welche Ursache haben die unterschiedlichen Leuchtkräfte der beiden Sterne?
- 32.4. (3) Entnehmen Sie dem HRD, welche Leuchtkräfte Sterne der absoluten Helligkeit a) — 2<sup>m</sup> 5, b) + 2<sup>m</sup> 5, c) + 7<sup>m</sup> 5 haben, wenn die Leuchtkraft der Sonne gleich 1 gesetzt wird!
- 32.5. (5) Spektralklassen und Leuchtkraftklassen können aus dem Spektrum eines Sterns bestimmt werden. Damit ist sein ungefährer Ort im HRD bestimmt. Charakterisieren Sie danach einen der folgenden Sterne im Vergleich zur Sonne:
- |                  |                   |                   |                   |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| a) M 0 Überriese | b) K 5 Hauptreihe | c) B 0 Hauptreihe | d) A Weißer Zwerg |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
- Benutzen Sie für Leuchtkraft, Masse, Radius und mittlere Dichte die Relationszeichen >, ≈ und <.

Lösungsschema:	Stern	Sonne
Farbe		
Temperatur		
Leuchtkraft		
Masse		
Radius		
mittlere Dichte		

# 31.1.



Absolute Helligkeit ist ein Maß für die Leuchtkraft; fünf Größenklassen umfassen einen Leuchtkraftunterschied von 1 : 100.

Jede Spektralklasse umfaßt einen bestimmten Temperaturbereich; Sterne der Spektralklasse G 0 haben z. B. eine Temperatur von rd. 6000 K.

# 31.2.

Die Hauptreihe enthält rd. 80 Prozent aller Sterne und durchzieht das HRD als schmaler Streifen von links oben nach rechts unten. Die Riesen und Überriesen liegen rechts oberhalb, die Weißen Zwerge links unterhalb der Hauptreihe. Aus dem Ort im HRD ergeben sich Masse, Radius und mittlere Dichte des Sterns. Z. B. haben

- Hauptreihensterne bei etwa gleicher Dichte Massen zwischen 10 (links oben) und  $1/10$  Sonnenmasse (rechts unten);
- Überriesen etwas größere Masse, aber sehr viel größere Radien und sehr viel geringere Dichte als Hauptreihensterne;
- Weiße Zwerge kleine Masse, sehr kleine Radien und extrem hohe Dichte.

# 31.3.

Die Leuchtkraft eines Sterns ist von der Oberflächentemperatur und der Größe der leuchtenden Fläche abhängig. Deshalb müssen Sterne gleicher Oberflächentemperatur, die unterschiedliche Leuchtkräfte aufweisen, auch unterschiedliche Oberflächen – also unterschiedliche Radien – aufweisen. Für diese Sterne gilt: Je größer die Leuchtkraft desto größer der Radius.

# 32.1.

Stern	Temperatur in K	Farbe	Leuchtkraftklasse
a <sub>1</sub>	12 000	bläulich	Überriesen
a <sub>2</sub>	12 000	bläulich	Hauptreihe
b <sub>1</sub>	9 000	weiß	Überriesen
b <sub>2</sub>	9 000	weiß	Hauptreihe
c <sub>1</sub>	5 400	gelblich	Überriesen
c <sub>2</sub>	6 700	gelblich	Hauptreihe
d <sub>1</sub>	4 700	rötlich	Riese
d <sub>2</sub>	4 700	rötlich	Hauptreihe
r <sub>a1</sub> > r <sub>s</sub>	m <sub>a1</sub> > m <sub>s</sub>	$\bar{e}_{a1} < \bar{e}_s$	
r <sub>a2</sub> > r <sub>s</sub>	m <sub>a2</sub> > m <sub>s</sub>	$\bar{e}_{a2} < \bar{e}_s$	
r <sub>b1</sub> > r <sub>s</sub>	m <sub>b1</sub> > m <sub>s</sub>	$\bar{e}_{b1} < \bar{e}_s$	
r <sub>b2</sub> > r <sub>s</sub>	m <sub>b2</sub> > m <sub>s</sub>	$\bar{e}_{b2} < \bar{e}_s$	
r <sub>c1</sub> > r <sub>s</sub>	m <sub>c1</sub> > m <sub>s</sub>	$\bar{e}_{c1} < \bar{e}_s$	
r <sub>c2</sub> > r <sub>s</sub>	m <sub>c2</sub> > m <sub>s</sub>	$\bar{e}_{c2} \approx \bar{e}_s$	
r <sub>d1</sub> > r <sub>s</sub>	m <sub>d1</sub> > m <sub>s</sub>	$\bar{e}_{d1} < \bar{e}_s$	
r <sub>d2</sub> < r <sub>s</sub>	m <sub>d2</sub> > m <sub>s</sub>	$\bar{e}_{d2} > \bar{e}_s$	

# 32.2.

L <sub>a1</sub> > L <sub>a2</sub>	m <sub>a1</sub> > m <sub>a2</sub>	r <sub>a1</sub> > r <sub>a2</sub>	$\bar{e}_{a1} < \bar{e}_{a2}$
L <sub>b1</sub> > L <sub>b2</sub>	m <sub>b1</sub> > m <sub>b2</sub>	r <sub>b1</sub> > r <sub>b2</sub>	$\bar{e}_{b1} < \bar{e}_{b2}$
L <sub>c1</sub> > L <sub>c2</sub>	m <sub>c1</sub> > m <sub>c2</sub>	r <sub>c1</sub> > r <sub>c2</sub>	$\bar{e}_{c1} < \bar{e}_{c2}$
L <sub>d1</sub> > L <sub>d2</sub>	m <sub>d1</sub> > m <sub>d2</sub>	r <sub>d1</sub> > r <sub>d2</sub>	$\bar{e}_{d1} < \bar{e}_{d2}$

# 32.3.

Bei den Sternpaaren a . . . d trifft übereinstimmend zu: Der im HRD höher stehende Stern hat eine größere Masse und mit zunehmender Entfernung von der Hauptreihe eine geringere Dichte. Beides entspricht einer größeren Oberfläche und führt bei gleicher Temperatur zu einer höheren Strahlungsleistung (Leuchtkraft).

# 32.4.

Absolute Helligkeit in $\bar{m}$	Leuchtkraft in $L_{\text{Sonne}}$
-2 $\bar{m}$ 5	= 1000 (oder $10^3$ ) $L_s$
+2 $\bar{m}$ 5	= 10 (oder $10^1$ ) $L_s$
+7 $\bar{m}$ 5	= 0,1 (oder $10^{-1}$ ) $L_s$

# 32.5.

- a) rot  
T rd. 3300 K  
 $L_{\text{Stern}} > L_{\text{Sonne}}$   
 $m_{\text{Stern}} > m_{\text{Sonne}}$   
 $r_{\text{Stern}} > r_{\text{Sonne}}$   
 $\bar{e}_{\text{Stern}} < \bar{e}_{\text{Sonne}}$
- b) orange (oder: rötlich)  
T rd. 4000 K  
 $L_{\text{Stern}} < L_{\text{Sonne}}$   
 $m_{\text{Stern}} < m_{\text{Sonne}}$   
 $r_{\text{Stern}} < r_{\text{Sonne}}$   
 $\bar{e}_{\text{Stern}} > \bar{e}_{\text{Sonne}}$
- c) bläulich  
T rd. 22000 K  
 $L_{\text{Stern}} > L_{\text{Sonne}}$   
 $m_{\text{Stern}} > m_{\text{Sonne}}$   
 $r_{\text{Stern}} > r_{\text{Sonne}}$   
 $\bar{e}_{\text{Stern}} < \bar{e}_{\text{Sonne}}$
- d) weiß  
T 8000 . . . 10000 K  
 $L_{\text{Stern}} < L_{\text{Sonne}}$   
 $m_{\text{Stern}} \approx m_{\text{Sonne}}$   
 $r_{\text{Stern}} < r_{\text{Sonne}}$   
 $\bar{e}_{\text{Stern}} > \bar{e}_{\text{Sonne}}$

# Die Sterne (III)

8./9. Stunde  
2. Stoffeinheit  
Unterrichtseinheit 2.2.3./2.3.1

13

## W 33. Interstellare Wolken

- P 33.1.** (3) Nennen und beschreiben Sie die Erscheinungsformen der interstellaren Stoffe!  
33.2. (5) Wie und wodurch sind diese Erscheinungsformen beobachtbar bzw. nachweisbar?  
33.3. (5) In welcher Weise verändert sich das Licht der Sterne beim Durchgang durch interstellare Wolken?  
Erklären Sie diese Veränderungen des Sternlichtes!

## W 34. Die Sternentwicklung

- P 34.1.** (4) Nennen Sie Eigenschaften interstellarer Wolken, aus denen Sterne entstehen!  
34.2. (10) Beschreiben Sie den Prozeß der Sternentstehung bis zum Erreichen des Hauptreihenstadiums!  
34.3. (8) Erläutern Sie anhand von Skizzen die Entwicklung eines Hauptreihensterns zum Riesenstern! Gehen Sie besonders auf die Energieprozesse ein!  
34.4. (4) Welche Endstadien der Sterne sind z. Z. bekannt? Wovon hängt es ab, welches Endstadium ein Stern erreicht?

## W 35. Das HRD als Entwicklungsdiagramm

- P 35.1.** (10) Skizzieren Sie ein HRD! Zeichnen Sie den Entwicklungsweg eines Sterns ein! Erläutern Sie wichtige Änderungen seiner Zustandsgrößen; benennen Sie die wichtigsten Entwicklungsstadien!  
35.2. (3) Von welcher physikalischen Größe hängt es ab, an welcher Stelle ein Stern die Hauptreihe erreicht und wie lange seine Verweilzeit auf der Hauptreihe ist? Begründen Sie Ihre Aussage!  
35.3. (6) Erläutern Sie die Abhängigkeit der Verweilzeit auf der Hauptreihe am Beispiel eines Sternhaufens! Gehen Sie von wesentlichen Grundvorstellungen über Sternhaufen aus!

33.1.

**Staub**

Leuchtend: Reflexionsnebel

Nicht leuchtend: Dunkelwolke

**Gas**

Leuchtend: Emissionsnebel

Nicht leuchtend: Neutraler Wasserstoff

33.2.

**Optisch beobachtbar:**

**Reflexionsnebel:** Lichtquelle vor der Staubwolke; Reflexion des Sternlichtes an Staubteilchen.

**Dunkelwolke:** Lichtquelle hinter der Staubwolke; Absorption oder Schwächung des Lichtes; Gebiet mit (scheinbar) auffallend weniger Sternen als Umgebung.

**Emissionsnebel:** Gas wird durch UV-Strahlung naher heißer O- und B-Sterne zu eigenem Leuchten angeregt; im Spektrum erscheinen Emissionslinien.

**Radioastronomisch beobachtbar:**

Neutraler Wasserstoff sendet Strahlung von 21 cm Wellenlänge aus.

33.3.

Licht wird durch Staubteilchen geschwächt (Reflexion vom Beobachter weg) und verfärbt (durch Beugung und teilweise Absorption, besonders der kürzeren Wellenlängen). Beim Durchgang des Sternlichts durch Gaswolken entstehen im Spektrum zusätzliche Absorptionslinien.

34.1.

Wolken aus Gas und Staub; wesentlich höhere Dichte als ihre Umgebung; riesige Ausdehnung

34.2.

Kontraktion einer interstellaren Wolke infolge Gravitation → Verdichtung → Aufheizung. Durch Dichteunterschiede Zerfall der Wolke in Protosterne.

Weitere Kontraktion und Aufheizung des Protosterns; beim Erreichen von knapp 10<sup>7</sup> K im Zentrum Beginn der Kernfusion von H zu He. Das entspricht dem Erreichen des Hauptreihenstadiums.

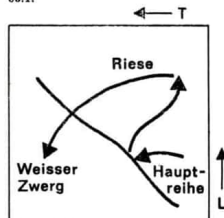
34.3.

(Skizzen gemäß LINDNER: Karteikarte Nr. 29 „Veränderliche Sterne und Sternentwicklung“) Im Hauptreihenstadium Wasserstoffbrennen im Zentralgebiet des Sterns. Gravitationskraft und Strahlungsdruckkraft im Gleichgewicht. Nach Erschöpfung des zentralen Wasserstoffs Beginn der Kernkontraktion mit Zunahme von Druck und Temperatur im Zentrum; dabei Ausdehnung der äußeren Gebiete des Sterns. → Übergang zum Riesenstadium.

34.4.

Weißer Zwerg. Neutronenstern, Schwarzes Loch. Welches dieser Spätstadien ein Stern erreicht, ist von seiner Masse abhängig.

35.1.



Der entstehende Stern wird erst sichtbar, wenn die Energieabstrahlung im Bereich des sichtbaren Lichts erfolgt.

Kontraktion führt zu Verringerung der Leuchtkraft und Temperaturanstieg: Bewegung im HRD nach links unten zur Hauptreihe.

Beim Übergang zum Riesenstadium verringert sich die Dichte. Mit dem Aufblähen (Vergrößerung von Radius und Oberfläche) Erhöhung der Leuchtkraft. Die Entwicklung zum Spätstadium (z. B. Weißer Zwerg) führt zu extremer Erhöhung der Dichte, Verringerung des Radius und der Leuchtkraft und zu Temperaturanstieg.

35.2.

Ort und Verweilzeit auf der Hauptreihe sind abhängig von der Masse des Sterns. Die Masse bestimmt die Leuchtkraft; mit zunehmender Leuchtkraft müssen die Energiefreisetzungsprozesse schneller ablaufen.

35.3.

Grundvorstellung: Die Sterne eines Sternhaufens sind aus einer Wolke entstanden, also etwa gleich alt. Im HRD beginnt die „Abwanderung“ von der Hauptreihe links oben, bei den größten Massen, und schreitet entlang der Hauptreihe nach rechts unten fort.

JOACHIM STIER

## Ziele:

**Wissen und Können:** Erweiterung der Kenntnisse über die Sternstrahlung, insbesondere Kenntnisse des Zusammenhangs zwischen den Oberflächentemperaturen und den Leuchtkräften der Sterne und Verständnis für das Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) als Ausdruck dieses Zusammenhangs. Verständnis für die Beziehung zwischen dem Radius eines Sterns und seiner Position im HRD.

**Einsichten:** Bestätigung der Überzeugung von der Existenz gesetzmäßiger Zusammenhänge in der Welt; Festigung der Einsicht, daß die verschiedenen Erscheinungsformen der Materie prinzipiell erkennbar sind.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
5/5	<b>Wiederholung:</b> Photometrische Entfernungsbestimmung <b>Zielorientierung:</b> Erweiterung der Kenntnisse über die Sternstrahlung	Impuls: Wovon hängt die scheinbare Helligkeit eines Sterns ab? (Entfernung, absolute Helligkeit)	
10/15	<b>Leuchtkraft</b> (= Strahlungsleistung) — Absolute Helligkeit als Maß für die Strahlungsleistung des Sterns — Begriff Leuchtkraft  — Ermittlung der Leuchtkraft aus der Stärke bestimmter Spektrallinien — Streubereich der Leuchtkräfte — Aus der Leuchtkraft kann man die absolute Helligkeit errechnen: Wichtig für die photometrische Entfernungsbestimmung!	Wiederholung aus Unterrichtseinheit 2.1.: Leuchtkraft der Sonne kurzer informierender Lehrervortrag Wiederholung: photometrische Entfernungsbestimmung	Lichtbild R 824/5 Tafel (1) oder entsprechende Folie
15/30	<b>Leuchtkraft und Temperatur, das HRD</b> — Für viele (nicht für alle) Sterne gilt: Niedrige Temperatur bedingt geringe Leuchtkraft, aus hoher Temperatur folgt hohe Leuchtkraft — Graphische Darstellung dieses Zusammenhangs im HRD	Lehrervortrag  Umsetzen einer verbalen Beziehung in eine graphische Darstellung Hinweis auf die traditionell bedingte Umkehrung der T-Achse!	Foliensatz HRD, Grundfolie  Zusatzfolie (2)

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
10/40	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sterne, die sich dem genannten Zusammenhang nicht einordnen: Riesen, Weiße Zwerge</li> <li>– Besetzungsgebiete; das vollständige HRD</li> </ul>	<p>Lehrervortrag</p> <p>Übung: Einordnen von Sternen in das HRD Übung: Vergleichen zwischen einem auf der Ansch.-Tafel bezeichneten Stern und der Sonne<sup>1</sup></p>	<p>Anschauungstafel HRD; Lehrbuch, Bild 79/1</p>
	<p><b>Sternradien</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Interpretation der Besetzungsgebiete „Riesen“ und „Weiße Zwerge“ im HRD</li> <li>– Einsicht: Auf Grund der Kenntnisse über die Sternstrahlung kann auf den durch direkte Beobachtungen nicht bestimmaren Sternradius geschlossen werden. Wichtiges Beispiel für die gezielte Überwindung einer Erkenntnissschranke</li> </ul>	<p>Unterrichtsgespräch, inhaltlich am Text des Lehrbuches, S. 79/80 orientiert Bezugnahme auf Beobachtungserfahrungen der Schüler: Sterne lassen sich mit dem Fernrohr nicht vergrößert abbilden</p>	<p>Foliensatz HRD, Zusatzfolie (3) und Deckfolie „Sternradien“ Lichtbilder R 824/8, 9</p>
5/45	<p><b>Zusammenfassung</b></p> <p><b>Hausaufgabe:</b> Ermitteln Sie, zu welchen Besetzungsgebieten im HRD die ersten 6 Sterne der Tabelle 10 im Lehrbuch (S. 134/135) gehören!</p>		

Tafel (1)

**Leuchtkraft  $L$**

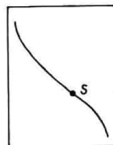
= Strahlungsleistung des Sterns, meist angegeben in Vielfachen der Sonnenleuchtkraft  $L_s$   
(Auch die absolute Helligkeit  $M$  ist ein Maß für die Leuchtkraft)  
Streubereich:  $10^{-5} L_s$  bis  $10^5 L_s$

**Interpretationshinweis zur Zusatzfolie 3:**

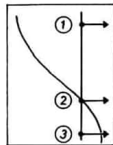
(1), (2) und (3) sind die Bildpunkte für drei Sterne gleicher Temperatur im HRD. Anhand der unterschiedlichen Leuchtkräfte (= Gesamtstrahlungsleistungen) soll im Unterrichtsgespräch erarbeitet werden, daß und weshalb Stern (1) eine größere, Stern (3) eine geringere Oberfläche aufweisen muß als Stern (2). Aus der Oberfläche ist dann direkt auf den Radius zu schließen.

**Dr. KLAUS LINDNER**

<sup>1</sup> Der Vergleich sollte in bezug auf absolute Helligkeit, Temperatur, Leuchtkraft, Anzahl der Absorptionslinien im Spektrum und Färbung des Lichtes vorgenommen werden!



Zusatzfolie (2)



Zusatzfolie (3)

# Zustandsgrößen III

2. Stoffeinheit

7. Stunde

28

Unterrichtseinheit 2.2.

## Ziele:

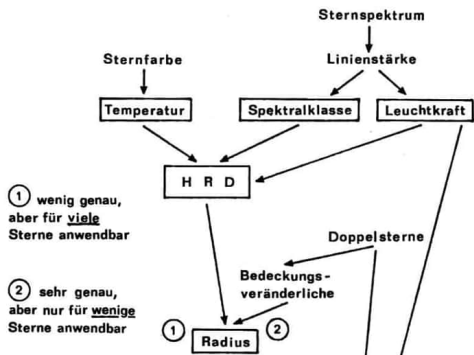
**Wissen und Können:** Kenntnis weiterer Zustandsgrößen und der zwischen ihnen bestehenden Beziehungen, wesentliche Methoden zu ihrer Ermittlung. Vertieftes Verständnis für das Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) als Zustandsdiagramm.

**Einsichten:** Vertiefung der Überzeugung, daß der materielle Zusammenhang niemals und nirgends durchbrochen ist, und Einsicht in die Möglichkeiten, diesen Zusammenhang als Erkenntnisquelle zu nutzen.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
15/15	<b>Schriftliche Leistungskontrolle</b>	Aufgaben siehe Leitkarte zur Unterrichtseinheit 2.2.	
10/25	<b>Radius</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Doppelsternsystem</li> <li>– Bedeckungsveränderlicher als Sonderfall eines Doppelsternsystems</li> <li>– Entstehung der Lichtkurve (Intensität-Zeit-Diagramm)</li> <li>– Aus der Lichtkurve können die Radien der beiden Sterne errechnet werden</li> <li>– Streubereich der Radien (in Sonnenwerten)</li> </ul>	<p>Impuls: Radienbestimmung aus dem HRD für viele Sterne möglich, aber nicht genau. Sehr präzise Radienermittlung bei Bedeckungsveränderlichen („Eichung“ der Sternradien)</p> <p>Lehrervortrag</p> <p>Gemeinsame Erörterung des Lehrbuchtextes (Einzelheiten und Formeln werden nicht erwähnt!)</p>	<p>Freihandmodell: 2 Kugeln unterschiedlicher Radien</p> <p>Lehrbuch, Bild 81/1 und Text S. 81 oben Tafel 1 oder entsprechende Folie<sup>1</sup></p>
10/35	<b>Masse</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Bewegung der Sterne im Doppelsternsystem erfolgt unter Einfluß der gegenseitigen Gravitation und ist daher massenabhängig</li> <li>– Ermittlung der Masse aus der Beobachtung der Bewegung (3. Keplersches Gesetz)</li> <li>– Masse-Leuchtkraft-Beziehung der Hauptreihensterne</li> <li>– Streubereich der Massen (<math>m_{\odot} = 1</math>)</li> </ul>	<p>Masse kann nur durch ihre Wirkung (Gravitation) ermittelt werden</p> <p>Lehrervortrag Rückkopplung: Planetenmasse aus Mondbewegung (oder Satellit) Lehrervortrag</p>	<p>Lehrbuch, Bild 82/1 und Tafel 2 oder entsprechende Folie</p>
7/42	<b>Mittlere Dichte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ist aus Masse und Volumen berechenbar</li> <li>– Extremwerte der mittleren Dichte</li> <li>– Verlauf der mittleren Dichte im HRD</li> </ul>	Unterrichtsgespräch	
3/45	<b>Zusammenfassung</b>		<p>Lehrbuch, Bild 83/1 und Tafel 3 oder entsprechende Folie</p>

<sup>1</sup> Unbedingt vorbereitetes Tafelbild verwenden!

Tafel (1)



Tafel (2)

Tafel (3)



# Veränderliche Sterne und Sternentwicklung

2. Stoffeinheit **29**  
8. Stunde  
Unterrichtseinheit 2.2.

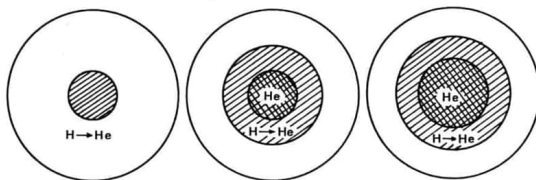
## Ziele:

**Wissen und Können:** Anwendung des Wissens über die Zustandsgrößen der Sterne und Erwerb wesentlicher Kenntnisse über reversible und irreversible Veränderungen dieser Größen. Verständnis für das Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) als Entwicklungsdiagramm und für den Zusammenhang zwischen Energiefreisetzung und Entwicklung der Sterne.  
**Einsichten:** Festigung der Überzeugung von der universellen Gültigkeit des Entwicklungsprinzips; Einsicht, daß das Geschehen im Kosmos auch in bezug auf zeitliche Abläufe erkennbar ist.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
10/10	<b>Wiederholung und Zusammenfassung:</b> Zustandsgrößen der Sterne	Systematisierung anhand der am Ende der vorhergehenden Std. verwendeten Graphik	Tafel (1) von Kartelkarte 28 oder entsprechende Folie
10/20	<b>Sterne mit veränderlichen Zustandsgrößen</b> – Entdeckung durch ihren Helligkeitswechsel – Unterschiedliche Ursache des Helligkeitswechsels – <i>Pulsationsveränderliche</i> als wesentliche Gruppe; Helligkeitskurve; – reversibel veränderliche Zustandsgrößen – Perioden-Helligkeits-Beziehung der Delta-Cephei-Sterne	Lehrervortrag  (Information)	Lichtbild R 749/8  Lehrbuch, Bild 83/2  Lehrbuch, Bild 84/1
15/35	<b>Sternentwicklung<sup>1</sup></b>  – Jeder neuentstandene Stern ist zunächst ein <i>Hauptreihenstern</i>  – Veränderungen im Sterninneren: massenmäßig wachsendes Helium-Gebiet; später Wasserstoff-Fusion in einer Kugelschale  – <i>Kernkontraktion</i> ; Übergang in das Riesenstadium  – Energiebilanz im <i>Riesenstadium</i> – Weiterentwicklung zum <i>Weißén Zwerg</i> oder zu noch dichteren Spätstadien	Impuls: Ist irreversible Veränderung der Zustandsgrößen möglich? Wodurch? (Veränderung der chemischen Zusammensetzung durch die Kernfusion im Stern) Information durch den Lehrer Unterrichtsgespräch  Lehrervortrag  Unterrichtsgespräch Lehrervortrag	Lichtbild R 749/12: Tafel (1) oder entsprechende Folie Tafel (2) oder entsprechende Folie
10/45	<b>Entwicklung im HRD</b>  – Entwicklungsweg eines Sterns von 1 Sonnenmasse – Massenabhängigkeit des Entwicklungsweges und der <i>Verweildauer</i> auf der Hauptreihe; daraus folgt eine Möglichkeit der Altersbestimmung von Sternhaufen	Erarbeiten des Entwicklungsweges als Anwendung der Kenntnisse über die Sternentwicklung Unterrichtsgespräch Lehrervortrag Lehrervortrag zur Information	Foliensatz HRD und Lehrbuch, Bild 86/1  Tafel (3) oder entsprechende Folie Lehrbuch, Bild 86/2

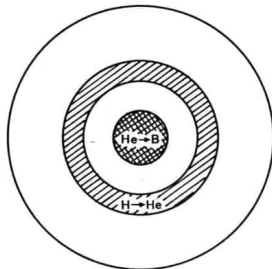
<sup>1</sup> Zum Thema dieser Stunde steht zur Verfügung: Unterrichtsfilm T-F 955 „Werdegang eines Sterns“ (14 Minuten; color; Standort: KfU).

Tafel (1) Hauptreihenstadium

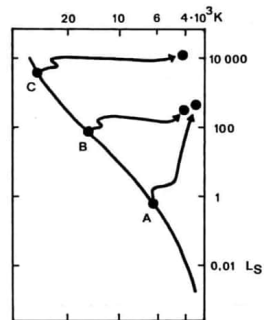


Tafel (2)

Riesenstadium



Tafel (3)



Verweilzeiten auf der Hauptreihe

C	9 Sonnenmassen	$2 \cdot 10^7$ Jahre
B	3 "	$5 \cdot 10^8$ "
A	1 "	$> 10^{10}$ "

# Das Milchstraßensystem und extragalaktische Systeme

## Ziele:

**Wissen:** Kenntnis über interstellare Wolken; Verständnis der Sternentstehung; Struktur, Ausmaße und Bewegung des Milchstraßensystems; Formen extragalaktischer Systeme.

**Fähigkeiten:** Himmelsphotographien analysieren und deuten; Anfertigen schematischer Übersichten; Erfassen der räumlichen Dimensionen großer kosmischer Objekte; Verständnis von Vorgängen im Weltall mittels physikalischer Gesetzmäßigkeiten.

## Beitrag zur Überzeugung:

- Im Weltall finden ständig Entwicklungsprozesse statt (z. B. Entstehung von Sternen aus Wolken interstellaren Gases und Staubes).
- Im Weltall wirkt die Gravitation als universelle Gesetzmäßigkeit. Das Gravitationsgesetz hat im Weltall allgemeine Gültigkeit. (Kontraktion von interstellaren Wolken unter der Wirkung der Eigengravitation der Teilchen, Wirkung der Gravitation in der Galaxis.)
- Die Erkenntnisse über das Weltall entwickeln sich in Abhängigkeit vom Stand der Wissenschaft und Technik (Radioastronomie: Struktur der Galaxis, Entdeckung mehratomiger organischer Moleküle im interstellaren Raum, Entdeckung der Quasare).
- Überzeugung von Unbegrenztheit des Weltalls.

## Stoffliche Gliederung der Unterrichtseinheit

### 1. Interstellare Wolken und Sternentstehung

- Interstellare Wolken
  - Hauptbestandteile, Dichte und Struktur der interstellaren Stoffe
  - Die Erscheinungsformen der interstellaren Stoffe
  - Erarbeiten einer schematischen Übersicht
- Sternentstehung

### 2. Unsere Galaxis und extragalaktische Systeme

- Das Milchstraßensystem
  - Die Milchstraße
  - Struktur, Größe und Dynamik der Galaxis
  - Die Lage der Sonne in der Galaxis
- Extragalaktische Systeme
  - Formen extragalaktischer Systeme
  - Anzahl und Verteilung der Galaxien
- – Die Unbegrenztheit des Weltalls

## Unterrichtsmittel

Wandkarte „Nördlicher Sternhimmel“

Drehbare Schülersternkarte  
(Himmelsglobus)

Folie Hertzsprung-Russell-Diagramm

Bildmappe: Ausgewählte astronomische Objekte (Bild 13, 17)

Lichtbildrehren: R 824 Astronomie II (Bild 1, 2, 4); R 726 Aufbau des Milchstraßensystems (Bild 5, 13); R 641 Aufbau und Struktur des Weltalls (Bild 19, 24, 25, 26, 27, 29)

Filme: T-F: Werdegang eines Sterns (10 min Laufzeit)

Abbildungen auf den Umschlagseiten von „Astronomie in der Schule“: 2/64, 1/65, 4/66, 6/67, 4/68, 5/68, 3/69, 1/70, 3/70, 4/70, 1/71, 1/72, 2/72, 3/74

Karteikarte „Astronomie in der Schule“, Fortsetzung Rückseite

### **Vorkenntnisse der Schüler:**

aus Physik Klasse 8: Zustandsgleichung des idealen Gases

aus Physik Klasse 9: Rotation, Gravitation

aus Physik Klasse 10: elektromagnetische Wellen, Spektren, Vorgänge in der Atomhülle

aus Astronomie Klasse 10:

Unterrichtseinheit 2.1. Die Sonne:

Gravitationswirkung der Sonne, Strahlungsarten, Sonnenspektrum, Energiefreisetzung durch Kernprozesse

Unterrichtseinheit 2.2. Die Sterne:

Zustandsgrößen der Sterne, Entfernungsbestimmung (Perioden-Leuchtkraft-Beziehung), Doppelsterne, Veränderliche, Sternentwicklung

### **Literatur für die Schüler:**

Astronomie-Lehrbuch für Klasse 10 (1973) S. 88–96

Physik in Übersichten (1972) S. 71–72, 201–206

LINDNER, K.: „Astronomie selbst erlebt“ (1973) S. 138–139

LINDNER, K.: „Der Sternhimmel“ (1974) S. 7–25, 85–90, 108–110

LINDNER, H.: „Physik im Kosmos“ (1971) S. 141–152

### **Literatur für den Lehrer in Periodica (Bücher siehe UH S. 71)**

#### **Astronomie in der Schule:**

*Planung und Durchführung der Unterrichtseinheit:*

Forderungen des neuen Lehrplanes 1/71, S. 14; Komplexe Planung der Stoffeinheit 6/71, S. 132; Führung des Unterrichts im Stoffgebiet 2.3. 1/73, S. 16.

*Methodische Beiträge:*

Ideologische Erziehung im AU 4/70, S. 73; Wir beobachten mit dem Schulfernrohr 1/71, S. 24; Behandlung der Kompaktgalaxien 1/73, S. 7; Behandlung der interstellaren Moleküle 3/73, S. 54; Zum wissenschaftlichen, parteilichen und lebensverbundenen Unterricht 2/74, S. 36 und 5/74, S. 106; Begriffe im Astronomieunterricht 3/74, 2/75; Behandlung neuer Erkenntnisse über die Galaxis und extragalaktische Sternsysteme 6/74, S. 130.

*Fachwissenschaftliche Beiträge:*

Kerne in Galaxien 1/70, S. 6; Staub in der Galaxis 3/70, S. 60; Sternbild Orion – Stätte der Sternentstehung 1/72, S. 16; Kompakte Galaxien 1/73, S. 4; Moleküle im interstellaren Raum 3/73, S. 50; Hubble 5/73, S. 105; Wolkenstruktur des interstellaren Gases 6/73, S. 128; Entwicklung der Metagalaxis 3/74, S. 50; Aufbau des Milchstraßensystems 6/74, S. 127.

Karteikarten: Interstellare Materie, Sternhaufen; Milchstraßensystem; Sternsysteme.

*Die Sterne:*

Staubteilchen im interstellaren Raum 2/70, S. 49; Quasare 2/70, S. 53; Sternentstehung und Frühphasen der Sternentwicklung 2/71, S. 64; Kondensierte Materie im Kosmos 3/71, S. 97 und 5/71, S. 161; Größe und Spiralstruktur des Andromedanebels 5/71, S. 173; Extrem junge Sterne 4/72, S. 213; Spiralstruktur der Sternsysteme 2/73, S. 65 und 3/73, S. 130.

*Astronomie und Raumfahrt:*

Sternsysteme der lokalen Gruppe 1/71, S. 1; Interstellare Moleküle 5/72, S. 129; Hier entstehen Sterne 5/73, S. 140; Kosmischer Staub und seine Rolle bei der Sternentstehung 4/74, S. 112.

**URANIA:**

Interstellare Moleküle – Lebenskeime im Weltall? 1/75, S. 40.

*Wissenschaft und Fortschritt:*

Chemische Verbindungen im Kosmos 7/73, S. 332.

<sup>1</sup> In den letzten Jahren sind zu dieser Thematik eine Fülle von Beiträgen erschienen. In den verschiedenen Zeitschriften werden z. T. die gleichen Sachverhalte beschrieben, so daß z. B. das Studium eines Artikels über die interstellaren Moleküle ausreichend ist.

### **Vorschlag für eine schriftliche Leistungskontrolle: Arbeit in zwei Gruppen; Arbeitszeit 10 Minuten**

#### **Gruppe A**

1. Beschreiben Sie die Erscheinungsformen des interstellaren Gases! Nennen Sie Beispiele!

2. Beschreiben Sie die Struktur des Milchstraßensystems!

#### **Gruppe B**

1. Beschreiben Sie die Erscheinungsformen des interstellaren Staubes! Nennen Sie Beispiele!

2. Beschreiben Sie den Vorgang der Sternentstehung!

**ANNELORE MUSTER**

# Interstellare Wolken und Sternentstehung

2. Stoffeinheit  
9. Stunde **31**  
Unterrichtseinheit 2.3.1.

## Ziele:

**Wissen:** Kenntnisse über die interstellaren Wolken und die Sternentstehung.

**Können:** Anfertigen einer schematischen Übersicht über die Erscheinungsformen der interstellaren Stoffe, Aufsuchen von Dunkelwolken und hellen Nebeln auf Himmelsphotographien.

**Einsichten:** Die Kenntnisse über die Vorgänge und Erscheinungen im Weltall sind von dem Stand der Technik und der Anwendung wissenschaftlicher Methoden abhängig. Auch gegenwärtig entstehen Sterne aus interstellarer Materie.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
8/8	<b>Wiederholung (Sternentwicklung) und Motivation</b> (Woraus entstehen Sterne?)	mdl. oder schriftl. Lk. <sup>1</sup>	Projektionsfolie HRD und AT „HRD“
22/30	<b>Interstellare Wolken</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Wissenswertes über den Großen Orionnebel</li> <li>● Hauptbestandteile, Dichte und Struktur der interstellaren Stoffe</li> <li>● Die Erscheinungsformen der interstellaren Stoffe                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Emissionsnebel</li> <li>– optisch nichtleuchtendes Gas (neutraler Wasserstoff; Radiofrequenzstrahlung – 21-cm-Linie)</li> <li>– Reflexionsnebel</li> </ul> </li> <li>– Dunkelwolken (Staub absorbiert das Licht dahinterstehender Sterne – scheinbare Helligkeit und Intensitätsverteilung verfälscht)</li> <li>● Schematische Übersicht über die Erscheinungsformen der interstellaren Stoffe</li> <li>● Zur Information: Entdeckung organischer Moleküle im interstellaren Raum</li> </ul>	Vorbereiteter Schülervortrag <sup>2</sup> Lehrervortrag Vergleich mit Luft U-Gespräch           Aufsuchen der Objekte   gemeinsames Erarbeiten, Wiederholen und Festigen Lehrervortrag	Bildmappe Bild 13  Tafel (1)/Heft!     R 824/1, R 641/19 R 726/5 und 13 Lehrbuch Bild 89/3, Bild 93/2 Bildmappe, Bild 17 R 824/2   Wandkarte „Nördlicher Sternhimmel“  Tafel (2)/Heft!

<sup>1</sup> Beschreiben Sie die wichtigsten Stadien der Sternentwicklung!

<sup>2</sup> Beobachten Sie an einem mondlosen, klaren Abend den Großen Orionnebel mit dem bloßen Auge und dem Feldstecher! Informieren Sie sich in der angegebenen Literatur über Dimensionen, Zusammensetzung, Dichte, Masse und die Ursache des Leuchtens dieses Nebels (Literatur: Lehrbuch Astronomie Kl. 10; Brockhaus ABC Astronomie; Lindner, K. „Der Sternhimmel“ S. 21 ... 25, 85 ... 87, 89)

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
13/43	<b>Sternentstehung</b> Sternentstehung aus einer Wolke interstellaren Gases und Staubes  Zur Information: Orionassoziation als Beispiel sehr junger, kurzlebiger Gebilde und Beweis für ständig ablaufende Entwicklungsprozesse im Weltraum	Selbständige Schülerarbeit Zusammenfassendes U.-Gespräch Lehrervortrag Aufsuchen der Orionassoziation	Lehrbuch S. 90–91, Bilder 90/2; 91/1 Tafel (3)/Heft!  Farbtafel (Lehrbuch)
2/45	<b>Hausaufgabe:</b> Vergleichen Sie einen Kugelsternhaufen mit einem offenen Sternhaufen	Schema (s. Tafel 4)	Lehrbuch S. 92 Bilder 88/1; 92/2; Beobachtungsprotokoll

1	
2	
3	4

#### Tafel (1):

##### Das Milchstraßensystem

Der Raum zwischen den Sternen ist nicht leer; er ist erfüllt mit Gas und Staub sehr geringer Dichte.

#### Tafel (2):

##### Interstellare Wolken

Struktur	Stoff	Hauptbestandteile	Wirkung	Erscheinungsform	Beispiele	Beobachtung
ausgedehnte Wolken von 5–10 pc Durchmesser und Dichten von $10^{-23} \text{ g cm}^{-3}$	nichtleuchtend Gas	neutraler Wasserstoff	Absorption	neutraler Wasserstoff Emissionsnebel	Galaxis Großer Orionnebel	radioastronomisch (21-cm-Linie)
	leuchtend	ionisierter Wasserstoff	Emission			optisch
	nichtleuchtend Staub	feste Teilchen	Lichtschwächung		Pferdekopfnebel	optisch
	leuchtend		Reflexion		Plejadennebel	optisch

#### Tafel (3):

##### Sternentstehung

Interstellare Wolke – Eigengravitation – Wolke kontrahiert – Aufheizung durch freiwerdende Gravitationsenergie – Erreichen der Hauptreihe im HRD – Einsetzen von Kernreaktionen

#### Tafel (4):

	Kugelsternhaufen	offener Sternhaufen
Anzahl der Sterne Anordnung der Sterne Dichte Durchmesser Lage im Milchstraßensystem Alter		

# Unsere Galaxis und extragalaktische Systeme

2. Stoffeinheit 32  
10. Stunde  
Unterrichtseinheit 2.3.2.

## Ziele

**Wissen:** Kenntnisse über Struktur, Ausmaße und Dynamik des Milchstraßensystems; Kennenlernen verschiedener extragalaktischer Systeme.  
**Können:** Fähigkeit, räumliche Dimensionen kosmischer Objekte zu erfassen; Fähigkeit, Himmelsfotos zu analysieren und zu interpretieren.  
**Einsichten:** Das Milchstraßensystem besteht aus einer Vielzahl von Untersystemen. Durch Verbesserung der Beobachtungsinstrumente und -methoden werden immer größere Raumbereiche erforscht und bisher unbekannte Erscheinungsformen entdeckt.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
5/5 20/25	Kontrolle und Ergänzung der Hausaufgabe <b>Das Milchstraßensystem (Galaxis)</b> ● Die Milchstraße – Beschreiben der Milchstraße – Verfolgen des Milchstraßenbandes – Bei Beobachtung mit optischen Instrumenten: Auflösung in eine Vielzahl von Sternen ● Das Milchstraßensystem – Erkenntnisse über die Galaxis durch radioastronomische und optische Beobachtungen und durch den Vergleich mit ähnlichen extragalaktischen Systemen – Die Struktur der Galaxis  – Größe der Galaxis (Durchmesser der Scheibe in Lichtjahre umrechnen) – Dynamik der Galaxis  – Lage der Sonne in der Galaxis fixieren	U.-Gespräch oder Schülervortrag          U.-Gespräch  selbständige Schülerarbeit Erläutern der Lehr- buchskizze selbständige Schülerarbeit	Wandkarte „Nördlicher Sternhimmel“ Himmelsglobus R 641/15          Lehrb. Bild 93/2 R 824/4          R 641/24 Tafel (1) Heft! Tafel (1) Heft!   Lehrb. Bild 93/1 Tafel (2) Heft! Lehrb. S. 109, Aufgabe 43
10/35	<b>Extragalaktische Systeme (Galaxien)</b> – Formen extragalaktischer Systeme – Anzahl und Verteilung der Galaxien	Lehrervortrag U.-Gespräch Vergleich Durchmesser und Entfernung	R 824/4, R 641/25, 26, 27 und 29 Tafel (3) Heft!  R 641/30
10/45	<b>Die Unbegrenztheit des Weltalls</b>	Arbeit mit dem Lehrbuch	Lehrb. Tab. 16 Tafel (4) Heft!



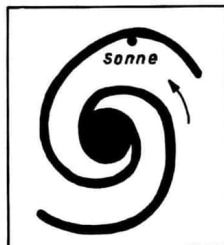
**Tafel (1):****Struktur und Größe der Galaxis****Kern:** Gravitationszentrum des Milchstraßensystems**Spiralarme:** Junge Sterne, offene Sternhaufen, interstellare Wolken**Halo:** Kugelsternhaufen und Einzelsterne**Durchmesser der Scheibe:** 25 kpc**Entfernung der Sonne vom Zentrum:** 10 kpc**Anzahl der Einzelsterne:**  $10^{11}$ 

Abbildung zu Tafel 2

**Tafel (2):****Anblick des Milchstraßensystems von oben** (schematisch)

Der Pfeil gibt die Rotationsrichtung an!

**Tafel (3):****Formen extragalaktischer Systeme**

Form	Beispiele
Spiralsysteme	Andromedanebel, Spiralnebel in den Jagdhunden
elliptische Systeme	Begleiter des Andromedanebels
unregelmäßige Systeme	Große und Kleine Magellansche Wolke (Begleiter des Milchstraßensystems)

**Tafel (4):**

Durch Vervollkommen der Beobachtungsinstrumente und -methoden

- nimmt die Größe des erforschten Raumes zu
- steigt die Zahl der beobachtbaren Sternsysteme
- werden bisher unbekannte Erscheinungsformen (Quasare, Kompaktgalaxien) entdeckt.

Mit Radioteleskopen sind heute extragalaktische Systeme bis zu einer Entfernung von etwa  $10^{10}$  Lj. beobachtbar. Die gegenwärtige Beobachtungsgrenze ist keine Grenze des Weltalls!

1	2
3	4



# Zusammenfassender Überblick unter historischen Aspekt

33

Unterrichtseinheit 2.4.  
2 Stunden  
– Leitkarte –

**Hinweis:** Die beiden letzten Stunden des Astronomieunterrichts knüpfen an die Unterrichtseinheit 1.5. an und setzen die Systematisierung der über das Weltall erworbenen Kenntnisse fort. Aufgrund der Stellung dieser zwei Unterrichtsstunden im Astronomielehrgang ist bei Stundenausfall innerhalb des Schuljahres durch Arbeit nach Schwerpunkten dafür zu sorgen, daß der Stoff der Unterrichtseinheit 2.4. vermittelt und angeeignet wird.

## Ziele:

**Wissen:** *Die letzten beiden Unterrichtsstunden des Astronomielehrgangs dienen der Systematisierung. Das vermittelte Wissen wird geordnet, abgerundet und vertieft. Systematisierung der Kenntnisse insbesondere über die Astrophysik und Stellarastronomie unter historischem Aspekt sowie unter Beachtung des Werdegangs der Technik; Vertiefung der Kenntnisse über die Rolle der Raumfahrt für die astronomische Forschung; Ordnen der Kenntnisse über wichtige kosmische Systeme, über Erscheinungsformen der Stoffe und Felder, über die Entwicklung im Weltall sowie über den Wirkungsbereich des Gravitationsgesetzes.*

**Können:** *Befähigung zum Anwenden astronomischer Kenntnisse in neuen Zusammenhängen, Ausprägung der Fähigkeiten zum Systemdenken und zum ideologischen Werten.*

**Beitrag zur Überzeugungsbildung:** *Vertiefung der Erkenntnis, daß sich die astronomische Wissenschaft in Wechselwirkung mit dem Werdegang der Gesellschaft unaufhörlich entwickelt; Erhärtung der Einsichten, daß das Weltall strukturiert ist, daß ständig Entwicklungsprozesse ablaufen, die Naturgesetzen unterworfen sind und daß ihre Erforschung das Verständnis über den Aufbau und die Vorgänge im Weltall fördert.*

## Stoffliche Gliederung der Unterrichtseinheit

### 1. Wichtige Entwicklungsetappen der astronomischen Wissenschaft

- Entstehung und Entwicklung der Astrophysik, gegenwärtige Hauptarbeitsgebiete
- Bedeutung der Entdeckung der kosmischen Radiostrahlung für die astronomische Forschung
- Rolle der Raumfahrt bei der Erforschung des Weltalls

### 2. Unsere Vorstellung vom Weltall

- Sternsysteme im gegenwärtig beobachtbaren Weltall, ihre Erscheinungsformen
- Unser Milchstraßensystem als ein Sternsystem, Erscheinungsformen der Stoffe und Felder in der Galaxis, Entwicklungsprozesse, Wirken von Naturgesetzen
- Unser Sonnensystem als Teil des Milchstraßensystems, Erscheinungsformen seiner Stoffe und Felder

## Unterrichtsmittel

siehe Unterrichtshilfen Astronomie Klasse 10, Seite 106

## Ferner:

Tonbildreihen T-R 96 (Vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild); T-R (Wichtige Entwicklungsetappen der astronomischen Wissenschaft) in Vorbereitung; T-R (Unsere Vorstellung vom Weltall) in Vorbereitung

## Weitere Unterrichtsmittel:

Selbstgefertigte Projektionsfolien

### Vorkenntnisse der Schüler aus dem Astronomielehrgang:

- Entwicklung der Vorstellungen über das Planetensystem bis zur Entdeckung des Planeten Neptun
- Existenz kosmischer Systeme mit vielfältigen Erscheinungsformen von Stoffen und Feldern
- Arbeitsmethoden und Geräte zur Erforschung des Weltalls

### Literatur für die Schüler:

Lehrbuch Astronomie, Klasse 10 (1971), S. 6–7, 55–60, 97–104.

LINDNER, K.: Der Sternhimmel. Leipzig/Jena/Berlin 1974, S. 10 ... 46.

### Literatur für den Lehrer:

**Bücher:** WORONZOW-WELJAMINOW, B. A.: **Das Weltall.** Leipzig/Jena/Berlin 1976. DORSCHNER, J.; FRIEDEMANN, CH.; MARX, S.; PFAU, W.: **Astronomie heute – Gesicht einer alten Wissenschaft.** Leipzig 1974. HERRMANN, D. B.: **Geschichte der Astronomie von Herschel bis Hertzprung.** Berlin 1975. KRÜGER, A.; RICHTER, G.: **Radiostrahlung aus dem Weltall.** Leipzig/Jena/Berlin 1968. TREDER, H. J.: **Philosophische Probleme des physikalischen Raumes.** Berlin 1974. BERNHARD, H.: **Astronomie und Weltanschauung.** Leipzig/Jena/Berlin 1974. WEIGERT, G.; ZIMMERMANN, H.: **ABC der Astronomie.** Stichwort: Astronomie, Leipzig 1968. Autorenkollektiv: **Methodik Astronomieunterricht.** Berlin 1977.

### Periodica

#### Astronomie in der Schule

Wesentliche astronomische Forschungsmethoden und Forschungsrichtungen der Gegenwart. 5/70, S. 104. Die Astrophysik im Rahmen der Astronomie. 6/70, S. 128. Zur Entwicklung der Metagalaxis. 3/74, S. 50. Einige Probleme der Entwicklung des Kosmos. 2/75, S. 28. Struktur des Kosmos. 3/76, S. 51. Galaxienhaufen. 2/76, S. 31. Evolution im Kosmos. 4/76, S. 79. Sternentstehung und Geschichte des Kosmos aus erkenntnistheoretischer Sicht. 5/76, S. 106. Zur Physik der Planeten. 3/77, S. 50.

#### Astronomie und Raumfahrt

Die Röntgenastronomie. 1/77, S. 1. Das Problem der außerirdischen Zivilisationen und seine philosophischen Aspekte. 4/76, S. 97.

#### Die Sterne

Karl Schwarzschild und die Wechselbeziehungen zwischen Astronomie und Physik. 1/1974, S. 13. Außerirdisches Leben aus astrophysikalischer Sicht. 2/1975, S. 82. Röntgen-Astronomie – ein Überblick. 3/1976, S. 129; 4/1976, S. 193. Kompakte Gruppen von kompakten Galaxien. 3/1975, S. 129.

### Vorschläge für Aufträge an Schüler oder Schülergruppen zur Vorbereitung der Systematisierungsstunden:

1. Erläutern Sie mit Hilfe der Lehrbuchtafel 139/17 die wichtigsten Abschnitte des Werdegangs der Astronomie von ihrer Entstehung bis zur Entdeckung des Planeten Neptun!
2. Zeigen Sie an zwei Beispielen aus der Geschichte der Astronomie, daß sich unsere Vorstellungen über das Weltall in Abhängigkeit von der Entwicklung der Technik ständig vertieften und erweiterten!
3. Warum leitete die Raumfahrt eine neue Etappe in der Erforschung des Weltalls ein (Beispiele anführen!)?
4. Nennen Sie Beispiele für das Wirken der Gravitation im gegenwärtig überschaubaren Weltall!
5. Stellen Sie in einer Tabelle die im Astronomieunterricht behandelten Systeme des Weltalls zusammen! Nennen Sie Erscheinungsformen von Stoffen und Feldern in diesen Systemen!
6. Belegen Sie mit Hilfe aktueller Notizen aus der Presse die Auffassung, daß sich unsere Erkenntnisse über das Weltall ständig entwickeln!
7. Zeigen Sie an zwei Beispielen, daß sich im Kosmos Prozesse der Veränderung und Entwicklung vollziehen!

**Dr. HELMUT BERNHARD**

# Wichtige Entwicklungsetappen der astronomischen Wissenschaft

34

2. Stoffeinheit

11. Stunde

Unterrichtseinheit 2.4.1.

**Ziele:**

**Wissen und Können:** Kenntnisse über die wichtigsten Entwicklungsetappen der astronomischen Wissenschaft seit Herausbildung der Astrophysik. Einblick in wesentliche Forschungsergebnisse, Arbeitsmethoden und technische Hilfsmittel. Systematisierung des erworbenen astronomischen Wissens unter historischem Aspekt.

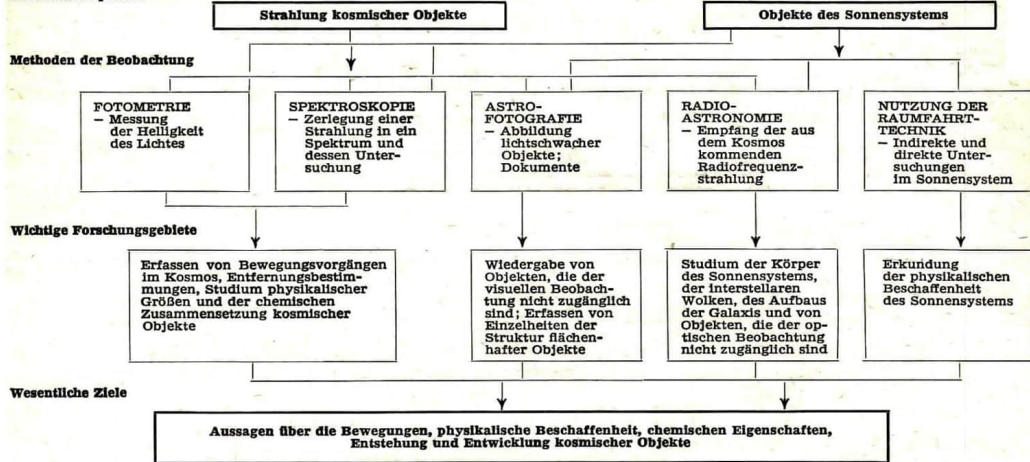
**Einsichten:** Vertiefung der Überzeugung, daß sich die Astronomie – wie jede andere Wissenschaft – in Abhängigkeit von der Gesellschaft unaufhörlich entwickelt.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
5/5	<b>Zielorientierung und Motivation</b> Die astronomische Wissenschaft entwickelt sich in einem unaufhörlichen Prozeß. Unsere Kenntnisse über das Weltall werden immer umfangreicher und genauer.	Lehrervortrag	
8/13	<b>Sicherung des Ausgangsniveaus</b> Wiederholung der Kenntnisse über die Entwicklung der Vorstellungen vom Planetensystem nach Schwerpunkten	Schülervorträge auf der Grundlage der Aufträge 1 und 2 (s. Leitkarte)	Lichtbilder R 642/3, 5, 7, 9, 10, 17
12/25	<b>Herausbildung der Astrophysik</b> ● Gesellschaftliche Ursachen für die Entstehung der Astrophysik in der Mitte des 19. Jahrhunderts ● Wichtige Beobachtungsmethoden und Arbeitsziele der Astrophysik – Beobachtungsmethoden: Helligkeitsmessungen, Spektralanalyse, Radioastronomie, Nutzung der Raumfahrttechnik – Arbeitsziele: Physikalische Beschaffenheit und chemische Eigenschaften der Himmelskörper; Entwicklung kosmischer Objekte ● Wechselwirkung zwischen Astrophysik und Technik – Vordringen in größere Raumbereiche – Erhöhung der Informationen aus der Strahlung kosmischer Objekte	Lehrervortrag oder Arbeit mit Lehrbuch  Information durch den Lehrer Unterrichtsgespräch	Lehrbuch S. 99  Folie (s. Rückseite) Folie
7/32	● Bedeutung der Entdeckung der aus dem Kosmos kommenden Radiofrequenzstrahlung – Erweiterung des Beobachtungsfensters – Unterschiede zwischen radioastronomischen und optischen Instrumenten – Ergebnisse der Radioastronomie	Schülerarbeit: Zwischen der Entwicklung der Astrophysik und Technik bestehen Wechselbeziehungen. Erläutern Sie diese Aussage!	Lehrbuch S. 98, 100, 101 Lichtbilder R 823/3, 4, 5
8/40	● Rolle der Raumfahrt in der astronomischen Forschung	Unterrichtsgespräch Bildbetrachtung  Lehrervortrag	Lichtbild R 823/3, 6 oder Lehrbuch, Abb. 10/1, 2; 89/3 Lichtbild R 824/2 aktuelles Bildmaterial aus Zeitschriften
5/45	● Astronomische Wissenschaft als Teil des gesellschaftlichen Erkenntnisprozesses – Unaufhörliche Entwicklung der Erkenntnisse über das Weltall mit Hilfe ständig verbesserter Methoden und Instrumente – Ausdruck der Wechselbeziehungen zwischen Wissenschaft, Technik und Gesellschaft	Lehrervortrag oder Lösung des Schülerauftrages 3 (s. Leitkarte)  Lehrervortrag oder Arbeit mit Lehrbuch	Lehrbuch S. 97

# Astrophysik

Folie: Text ist nicht zur Abschrift durch den Schüler gedacht!

## Informationsquellen



Dr. HELMUT BERNHARD

# Unsere Vorstellung vom Weltall

35

2. Stoffeinheit

12. Stunde

Unterrichtseinheit 2.4.2.

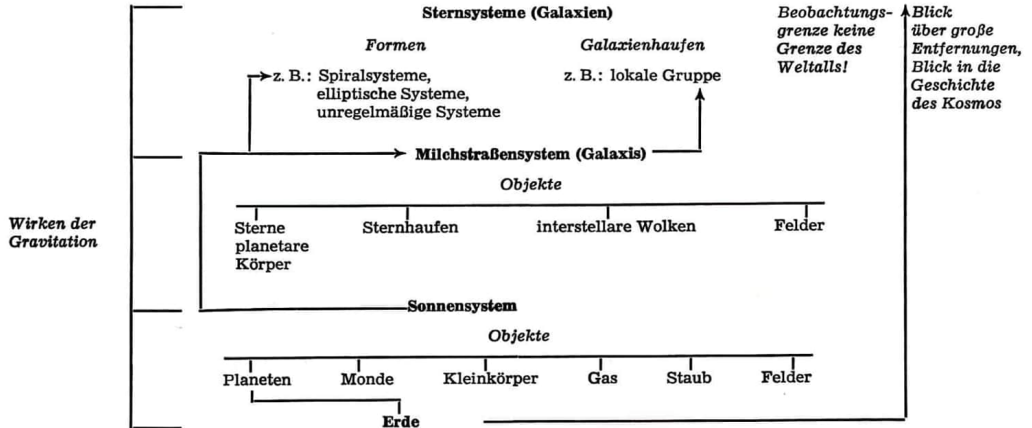
## Ziele:

**Wissen und Können:** Kenntnisse über wichtige Systeme im Weltall und deren Objekte. Erfassen der Strukturen des gegenwärtig überschaubaren Alls. Einblick in den Wirkungsbereich der Gravitation und in Entwicklungsprozesse im Universum. Systematisierung des erworbenen astronomischen Wissens unter fachlogischen Aspekten.

**Einsichten:** Vertiefung der Überzeugung, daß im Weltall vielfältige Erscheinungsformen der Stoffe und Felder existieren, die auf Grund der ihnen innewohnenden Gesetzmäßigkeiten der menschlichen Erkenntnis zugänglich sind.

Zeit	Stundengliederung	Methodische Hinweise	Unterrichtsmittel
8/5	Zielorientierung und Motivation Vielfältige Erscheinungsformen der Stoffe und Felder im Kosmos, ihre Ordnung und ihre Gesetzmäßigkeiten, Voraussetzung für die Erkennbarkeit der Objekte	Lehrervortrag	
10/15	● Sternsysteme im gegenwärtig überschaubaren Weltall - Beobachtungsgrenze keine Grenze des Kosmos - Blick über große Entfernungen, Blick in die Geschichte des Alls - Vielzahl von Sternsystemen mit unterschiedlichen Formen (Neigung zur Haufenbildung)	Unterrichtsgespräch  Bildbetrachtung und Diskussion	Lehrbuch S. 139, Tab. 16 Lehrbuch S. 137, Tab. 14  Lichtbilder R 641/25, 27, 28; R 643/7
10/25	● Unsere Galaxis ein System unter vielen Sternsystemen - Wichtige Erscheinungsformen der Stoffe und Felder in der Galaxis; Gravitationswirkungen - Entwicklungsprozesse im Kosmos	Schülervortrag auf Grundlage der Aufträge 4 und 5 (s. Leitkarte) Unterrichtsgespräch	Folie, s. Rückseite Lichtbild R 824/1
10/35	● Sonnensystem als Teil des Milchstraßensystems - Erscheinungsformen der Stoffe und Felder im Sonnensystem; Gravitationswirkungen	Bildbetrachtung und Diskussion	Lichtbilder R 641/24; R 641/4, 7, 10, 13
10/45	● Erde, Ausgangspunkt der Erforschung des Weltalls durch den Menschen - Ständig bessere Instrumente und Geräte ermöglichen immer genauere Beobachtungen und deren Auswertung - Ungelöste Probleme der Wissenschaft (z. B. Leben im All, Entstehung des Planetensystems), Antrieb für ihre Weiterentwicklung - Weltall der menschlichen Erkenntnis zugänglich, Forschung ein niemals abgeschlossener Prozeß	Lehrervortrag  Arbeit mit dem Lehrbuch  Lehrervortrag	Lehrbuch S. 103

## Aufbau des gegenwärtig überschaubaren Weltalls



- Ausgangspunkt für Erforschung des Weltalls
- Stete Verbesserung der Instrumente und Geräte zur Beobachtung und ihrer Auswertung
- Ständige Erweiterung und Vertiefung der Kenntnisse über das Weltall
- Ungelöste Probleme, Anstoß für Weiterentwicklung der Wissenschaft



# Das Weltall

2. Stoffeinheit

14

10. Stunde

Unterrichtseinheit 2.3.2.

## 36. Unsere Galaxis (I)

- W** 36.1. (4) Beschreiben und begründen Sie den Anblick der „Milchstraße“, ausgehend von eigenen Beobachtungen und der Darstellung auf den Sternkarten!
- P** 36.2. (5) Nicht alle Teile unserer Galaxis sind der direkten optischen Beobachtung zugänglich. Durch welche Beobachtungsmethode konnten dennoch die Kenntnisse über die Struktur unseres Sternsystems erweitert werden?
- 36.3. (8) Fertigen Sie zwei verschiedene Skizzen (Querschnitt und Draufsicht) unserer Galaxis an! Benennen Sie die wichtigsten Teile der Galaxis; markieren Sie den Ort der Sonne!

## 37. Unsere Galaxis (II)

- W** 37.1. (3) In welchen Teilen der Galaxis sind die Voraussetzungen für die Sternentstehung gegeben und durch welche Beobachtungsergebnisse nachgewiesen?
- P** 37.2. (3) Beschreiben Sie die Bewegungen der Sterne in der Galaxis! Welche Gesetze gelten für die Sternbewegung?
- 37.3. (4) Die Galaxis enthält Sterne sehr unterschiedlichen Alters; es sind Gebiete bekannt, in denen die Sternentstehung auch in der Gegenwart noch andauert. Welche weltanschaulichen Schlußfolgerungen ergeben sich daraus?

## 38. Extragalaktische Systeme (Galaxien)

- P** 38.1. (6) Himmelfotografien zeigen Galaxien mit sehr unterschiedlichem Bau. Beschreiben Sie den Bau wesentlicher extragalaktischer Systeme!
- 38.2. (3) Welche Schlüsse lassen sich aus der Lage und der Verteilung der Galaxien im Raum ziehen?
- 38.3. (5) „Die Beobachtung ferner Sternsysteme ist zugleich ein Blick in die Vergangenheit des Kosmos.“ Interpretieren Sie diesen Satz!

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ 18 (1981) 1 – Fortsetzung Rückseite

### 36.1.

Schmales, schwach leuchtendes Band unterschiedlicher Breite quer über den Himmel. Besteht aus Sternen, die in der Tiefe des Raumes angeordnet sind und auf die Himmelskuppel (oder: scheinbare Himmelskugel) projiziert erscheinen. Die große Anzahl der Sterne ergibt die hohe Sterndichte in der Milchstraße.

### 36.2.

Radioastronomische Beobachtung der 21-cm-Strahlung des neutralen interstellaren Wasserstoffs (brachte Hinweise auf die Spiralstruktur der Galaxis).

### 36.3.

Skizzen mit folgenden Elementen:  
Querschnitt mit Kern, Scheibe, Halo aus Kugelsternhaufen, Ort der Sonne.  
Draufsicht mit Kern, Spiralarmen und Ort der Sonne.

### 37.1.

In den Spiralarmen Konzentration von Gas und Staub in der galaktischen Ebene. Staubbmassen verhindern z. B. den Blick zum Kern der Galaxis (oder: die optische Beobachtung des Kerns der Galaxis).

### 37.2.

Die Sterne (der Spiralarme) bewegen sich auf kreisnahen Bahnen um den Kern der Galaxis (oder: um das galaktische Zentrum). Für die Bewegung gelten die Keplerschen Gesetze und das Gravitationsgesetz.

### 37.3.

Sterne sind nicht Objekte eines einmaligen Schöpfungsaktes, sondern Ergebnis (oder Zwischenergebnis) eines ständigen, noch heute andauernden Entwicklungsprozesses. Gleiches gilt für die Galaxis als Ganzes.

### 38.1.

Bekannt sind irreguläre, elliptische und spiralförmige Strukturen. Spiralnebel haben einen Kern unterschiedlicher Größe und Spiralarme unterschiedlicher Öffnung.

### 38.2.

Die extragalaktischen Systeme sind einzeln und in Gruppen im Raum verteilt, die wahrscheinlich ein übergeordnetes System bilden. Unsere Galaxis hat keine besondere (z. B. Mittelpunkt-) Stellung im Raum.

### 38.3.

Infolge der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes und der unterschiedlichen Entfernung der Sternsysteme beobachten wir gegenwärtig Zustände, die die Systeme in der Vergangenheit zu verschiedenen Zeiten hatten.

**JOACHIM STIER**



## P 39. Unsere Vorstellungen vom Weltall

- 39.1. (8) Beschreiben Sie den Aufbau des Weltalls mit seinen verschiedenen Systemen und Untersystemen! Gehen Sie dabei vom Weltall als Ganzem aus!
- 39.2. (5) Im Mittelalter „endete“ die Welt nach dem Saturn mit der Fixsternsphäre; gegenwärtig erforschen wir einen Raum mit fast  $10^{10}$  Lichtjahren Radius.  
Worauf bezieht sich der Begriff „Größe der Welt“?  
Von welchen gesellschaftlichen Faktoren ist diese Größe abhängig?
- 39.3. (10) Erläutern Sie an zwei selbstgewählten Beispielen, daß sich die Objekte im Weltall in ständiger Veränderung und Entwicklung befinden!
- 39.4. (10) Belegen Sie mit Beispielen, daß das Gravitationsgesetz im gegenwärtig beobachtbaren Weltraum überall gilt!

## P 40. Entwicklung der astronomischen Wissenschaft

- 40.1. (10) Legen Sie die Entwicklung der Weltvorstellungen vom Altertum bis zur Gegenwart dar: Benennen Sie das jeweilige System, nennen Sie die wesentlichsten Merkmale; ordnen Sie die Vorstellung in ihre historische Epoche ein!
- 40.2. (10) Legen Sie dar, welche Fortschritte in der astronomischen Wissenschaft durch Einführung folgender Methoden und Verfahren erzielt wurden:
- a) Beobachtung mit immer leistungsfähigeren Fernrohren in Verbindung mit der Himmelsfotografie;
  - b) Spektralanalyse;
  - c) Radioastronomie;
  - d) Raumfahrt!

## 39.1.

Weltall (oder: Metagalaxis) mit Galaxienhaufen;

Galaxien unterschiedlicher Struktur mit Sternhaufen (Kugel- und offene Sternhaufen) und interstellaren Wolken;  
Sterne (Einzel-, Doppel- und Mehrfachsterne);  
Sonnensystem mit Untersystemen: Planeten mit Monden (z. B. Erde-Mond-System);  
Planetoiden;  
Kometen, Meteorite;  
Staub, Gas

## 39.2.

„Größe der Welt“ bezieht sich stets auf den jeweils bekannten bzw. erforschbaren Raum und ist abhängig vom Entwicklungsstand der Produktivkräfte (Mensch, Beobachtungsinstrumente und -verfahren)

## 39.3.

Es können z. B. genannt werden:

- Planetenentwicklung am Beispiel der Erde: endogene und exogene Kräfte wirken;
- Kometenveränderung beim Umlauf um die Sonne: Ausbildung von Koma und Schweif in Sonnennähe, Rückbildung; Zerfall und Auflösung;
- Sonne: Veränderung der chemischen Zusammensetzung durch Kernfusion, Masseverlust durch Strahlung, Aktivitätserscheinungen;
- Sternentstehung und -entwicklung.

## 39.4.

Es können z. B. genannt werden:  
Planeten (auf der Erde fällt alles in Richtung Erdmittelpunkt);  
Mond (Landung bzw. Bewegung von Landkörpern auf der Oberfläche des Erdmondes);  
Sonne (Zusammenhalt des Gasballs);  
Sonnensystem (Planeten und Kleinkörper werden auf ihren Bahnen gehalten);  
Sterne (Prozeß der Sternentstehung);  
Doppelsterne (Bewegung um gemeinsamen Masseschwerpunkt);  
Galaxis (Bewegung der Sterne um den Kern)

## 40.1.

- Babylonisches Weltbild:  
Erde als Scheibe, umgeben vom Ozean, darüber Himmelskuppel mit Sonne, Mond und Sternen; etwa 2000 v. Z.
- Geozentrisches Weltbild:  
Erde als Kugel im Mittelpunkt des Raumes, umlaufen von Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn, umgeben von Fixsternsphäre; Zeitwende bis Mittelalter
- Heliozentrisches Weltbild:  
Sonne im Mittelpunkt, umlaufen von Merkur, Venus, Erde mit Mond, Mars, Jupiter und Saturn, umgeben von Fixsternsphäre; etwa 1500 bis 1800
- Gegenwärtiges Weltbild:  
Weder Sonne noch Galaxis als Mittelpunkt der Welt, Grenzen durch Reichweite der Instrumente bedingt.

## 40.2.

- Erhöhung der Zahl der beobachtbaren Sterne und Objekte; Nachweis der Sternbewegung; optische Auflösung naher extragalaktischer Systeme in Einzelobjekte;
- Erkenntnisse über chemische Zusammensetzung der Sternatmosphären; genauere Aussagen über Oberflächentemperaturen der Sterne; ...
- Erkenntnisse über Spiralstruktur der Galaxis;
- Erkenntnisse über das Magnetfeld der Erde, über solare und kosmische Strahlung, über Oberfläche und Aufbau des Erdmondes, über Atmosphären und Oberflächen von Planeten...

JOACHIM STIER

# Beobachtungen

Unterrichtseinheit 3  
Bewertung  
von Beobachtungsprotokollen  
Beobachtungen  
als Hausaufgabe

## 1. Bewertung von Beobachtungsprotokollen

### 1.1. Vorbemerkungen

Langjährige Erfahrungen besagen, daß die Schüler im Verlaufe des Astronomieunterrichts folgende Zensuren erhalten: vier bis fünf für Kurzkontrollen, etwa zwei für mündliche Leistungen und zwei für Beobachtungsprotokolle. Damit wird die Endzensur mit maximal 25 Prozent durch die Bewertung der Beobachtungsprotokolle beeinflusst. Bei der Durchführung der Beobachtung wird selten zensiert, obwohl es ratsam ist. Meist werden Zensuren auf Protokolle erteilt. Die Addition der Punktzahlen von zwei oder drei Beobachtungsprotokollen und die Erteilung einer Zensur ist sinnvoll.

### 1.2. Vorschlag einer Bewertung der Ergebnisse des 2. Beobachtungsabends (siehe Arbeitsblatt 2. Beobachtungsabend)

1.2.1. Leitsterne des Wintersechsecks und Sternbilder, zu denen diese gehören	2 P.
1.2.2. Geschätzter Winkelabstand Sirius – Prokyon	1 P.
1.2.3. Angabe der Temperatur als Zustandsgröße	1 P.
1.2.4. Ergänzen des Lückentextes ( <i>Temperatur nimmt zu</i> )	1 P.
Einordnen der vier Sterne nach der Farbe	2 P.
1.2.5. Angabe von Leuchtkraft und Entfernung	1 P.
<i>Beobachtbar bis etwa 6<sup>h</sup> 0</i>	1 P.
1.2.6. Ordnen nach der scheinbaren Helligkeit	2 P.
1.2.7. Erklärung: Zwei Sterne bewegen sich um einen <i>gemeinsamen Schwerpunkt</i> (Skizze der Bahnen ohne Bewertung)	1 P.
1.2.8. Eintrag der richtigen Positionen	1 P.
Angabe der Farben der beiden Komponenten	2 P.
	<u>15 P.</u>

Bewertungsmaßstab: 15 P.: 1; 14 bis 12 P.: 2; 11 bis 9 P.: 3; 8 bis 6 P.: 4; 5 bis 0 P.: 5

## 2. Beobachtungen als Hausaufgabe

### 2.1. Vorbemerkungen

Bei Beobachtungen als *Hausaufgabe* erhalten die Schüler eine entsprechende Zeitvorgabe (je nach Wetterlage, jedoch mindestens eine Woche). Die Ergebnisse müssen kontrollierbar sein. Der Einsatz von Arbeitsblättern ist möglich und wird empfohlen. Die Zahlen in Klammern sind Empfehlungen für eine eventuelle Punktbewertung.

### 2.2. Beobachtungsaufgaben

#### 2.2.1. Lageänderung eines Sternes im Verlaufe von etwa einer Stunde

**Aufgabe:** Skizzieren Sie die Lageänderung eines hellen Sternes am Osthimmel (bzw. Westhimmel) im Verlaufe einer Stunde!  
**Arbeitsanweisung:** Fixieren Sie die Lage dieses Sternes von einem festen Standpunkt aus gegenüber einem markanten Punkt am natürlichen Horizont (Baum, Schornstein, Antenne...)! Wiederholen Sie die Beobachtung nach etwa einer Stunde! Fertigen Sie eine Beobachtungsskizze an! Sie soll enthalten: Markanter Punkt des natürlichen Horizonts, Lage des Sternes mit Zeitangabe zum ersten und zum zweiten Beobachtungstermin.

Formulieren Sie das Ergebnis Ihrer Beobachtung in einem Satz! (1 P.)

(Hinweis: Es ist günstig, die Klasse in zwei Gruppen zu teilen und Sterne am Ost- und Westhimmel beobachten zu lassen. Bei der Auswertung kann verallgemeinert werden: Sterne gehen am Osthimmel auf, am Westhimmel unter.)

#### 2.2.2. Messen der Höhe des Polarsternes

**Aufgabe:** Bestimmen Sie die Höhe des Polarsternes mit einem Pendelquadranten! (siehe Lehrbuch S. 22/2)

**Vorbetrachtung:** Fertigen Sie eine Skizze an, wie man mit Hilfe des Großen Wagens den Polarstern auffinden kann! (1 P.)

**Arbeitsanweisung:** Die Messung wird immer von zwei Schülern gemeinsam durchgeführt. Ein Schüler visiert mit der Kante des Pendelquadranten den Polarstern an. Der zweite Schüler beleuchtet mit einer Taschenlampe die Visierkante für den Beobachter blendungsfrei und liest den Wert ab. Die zwei Schüler vertauschen ihre Aufgaben und ermitteln die Höhe ein zweites Mal. Aus den zwei Meßwerten wird der Mittelwert gebildet. (2 Meßwerte 2 P., Mittelwert 1 P., Ergebnissatz 1 P.) Schätzen Sie den Grad der Genauigkeit Ihrer Messung ein! Diskutieren Sie die Möglichkeiten der Entstehung von Meßfehlern! (2 P.)

#### 2.2.3. Messen des scheinbaren Durchmessers des Mondes

**Aufgabe:** Ermitteln Sie den scheinbaren Durchmesser (Winkeldurchmesser) des Mondes etwa um die Zeit des Vollmondes!

**Arbeitsanweisung:** Bringen Sie am Ende einer Schnur eine Schleife an, damit das Lineal des Meßschiebers (Schieblehre) eingeschoben werden kann! Sie ziehen nun die Schnur straff und bringen 57 cm von dem Meßschieber entfernt einen Knoten an! Schneiden Sie die Schnur hinter dem Knoten ab!

**Ausführen der Messung:** Halten Sie die Schnur am Knoten mit den Zähnen fest, spannen Sie die Schnur mit dem Meßschieber und „klemmen“ Sie nun den Mond zwischen die Schnäbel des Meßschiebers ein! Lesen Sie den Wert am Lineal ab:  $1 \text{ cm} \cong 1^\circ$ . Wiederholen Sie die Messung! Bilden Sie aus den beiden Werten den Mittelwert! (2 Meßwerte 2 P., Mittelwert 1 P., Ergebnissatz 1 P.)

(Hinweis: Die Benutzung von Meßschiebern, sie werden am besten aus dem Werkunterricht entliehen, liefert gegenüber dem Lineal wesentlich bessere Meßwerte.)

#### 2.2.4. Beobachtung von Erscheinungen bei zunehmendem Mond

**Aufgabe:** 1. Bestimmen Sie an möglichst drei aufeinanderfolgenden Tagen zur gleichen Zeit und vom gleichen Standpunkt aus die Position des Mondes gegenüber dem natürlichen Horizont!

2. Schätzen Sie jeweils ein, wieviel Prozent der Mondoberfläche beleuchtet erscheinen!

**Arbeitsanweisung:** Skizzieren Sie von einem festen Standpunkt aus den natürlichen Horizont in Richtung des zunehmenden Mondes! Wählen Sie den Horizont möglichst so, daß Sie markante Punkte haben! Fixieren Sie nun zu einer beliebigen Zeit die Position des Mondes und tragen Sie diese in die Skizze ein! Schätzen Sie den beleuchteten Teil! Führen Sie die gleichen Tätigkeiten zur gleichen Zeit möglichst am nächsten und übernächsten Tag durch! Sollte das die Wetterlage nicht erlauben, so können auch ein oder zwei Tage dazwischen liegen! Halten Sie in einer Übersicht fest:

Beobachtungszeit:

Beobachtungstage

Beleuchteter Teil in Prozent

Wie hat sich der Mond im Verlaufe des Beobachtungszeitraumes bewegt? Eine Bewertung ist schwierig, weil nicht alle Positionen kontrollierbar sind

# Beobachtungen

36

Unterrichtseinheit 3.  
3 Stunden  
– Leitkarte –

## Ziele:

- Wissen:** *Kenntnis wichtiger Sternbilder und ihrer Leitsterne sowie der Lage der Sternbilder zueinander; Kenntnis über die verschiedenen Arten kosmischer Objekte; Kenntnis über die ständige Bewegung und Entwicklung kosmischer Objekte.*
- Können:** *Aufsuchen von Sternbildern und Leitsternen mittels Hilfslinien; Bestimmen der Himmelsrichtung mit Hilfe des Polarsternes; Zuordnen wichtiger Begriffe (Horizont, Zenit; Azimut, Höhe; Himmelsnordpol, Meridian, Vertikalkreis) an der scheinbaren Himmelskugel; Schätzen und Messen von Winkeln; Kontrollieren der Ergebnisse mit der drehbaren Sternkarte; sorgfältiges Beobachten kosmischer Objekte; Erkennen wichtiger Eigenschaften der Erscheinungen; Anfertigen von Beobachtungsprotokollen und einfachen Skizzen; Umgehen mit dem Schulfernrohr und einfachen Winkelmeßgeräten.*

## Beitrag zur Entwicklung von Überzeugungen und Verhaltensweisen

*Erziehung zur Achtung vor den Leistungen der Gelehrten des Altertums und des Mittelalters; Erziehung zur bewußten Disziplin, Exaktheit, gegenseitigen Hilfe und Achtung vor gesellschaftlichem Eigentum; Wecken des Forscherdranges.*

## Plan zur Durchführung der Beobachtungen

### 1. Beobachtungsabend

Zeit: September

- Aufsuchen der zirkumpolaren Sternbilder und einiger Herbststernbilder (einschließlich ihrer Leitsterne)
- Festigen der für die Orientierung am Sternhimmel notwendigen Begriffe
- Schätzen von Azimut und Höhe
- Betrachten der Mondoberfläche mit bloßem Auge und Fernrohr

### 2. Beobachtungsabend

Zeit: Januar bis März

- Aufsuchen wichtiger Wintersternbilder
- Feststellen der unterschiedlichen Sternfarben
- Betrachten ausgewählter Objekte (offene Sternhaufen, Doppelsterne, Nebel) mit dem Fernrohr

### 3. Beobachtungen, die den Beobachtungsbedingungen entsprechend dem ersten bzw. zweiten Beobachtungsabend zugeordnet werden müssen

- Beleuchtungsphasen der Venus (möglichst Sichelgestalt)
- Jupiter und seine Monde

- Saturn mit Ringsystem
- (Satellitenbeobachtung)

### 4. Beobachtungen in Form von Hausaufgaben

- Lageänderung eines Sterns bzw. eines Sternbildes innerhalb eines bestimmten Zeitraums
- Messen der Höhe des Polarsterns
- Messen des scheinbaren Durchmessers des Erdmondes
- Ordnen der Sterne nach ihrer scheinbaren Helligkeit
- Finsternisse

## Unterrichtsmittel

### VERBINDLICHE UNTERRICHTSMITTEL:

Schulfernrohr „Telementor“  
Drehbare Sternkarte  
Lichtstarke Stablampe mit guter Strahlbildung (Lehrer)  
Abgeblendete Taschenleuchte  
Uhr, Lineal

### EMPFOHLENE UNTERRICHTSMITTEL:

Kamera für Sternspuraufnahmen  
Prismengläser (für die Hand der Schüler)  
Meßschieber

### SELBSTGEBaute UNTERRICHTSMITTEL:

Pendelquadrant

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ – Fortsetzung Rückseite

### **Vorkenntnisse der Schüler**

aus *Geographie, Klasse 7*: Gradnetz der Erde, Rotation der Erde

aus *Geographie, Klasse 8*: Bewegung der Erde um die Sonne, Neigung der Erdachse

aus *Geographie, Klasse 9*: Entstehung der Wärmeströmung in der Troposphäre

aus *Physik, Klasse 6*: Wärmeströmung, Entstehung der Finsternisse, astronomisches Fernrohr

aus *Physik, Klasse 9*: Kreisbewegung, Drehbewegung (Rotation), Keplersche Gesetze, Gravitationsgesetz, Gravitationsfeld, künstliche Satelliten

aus *Physik, Klasse 10*: Dispersion des Lichtes (2. Beobachtungsabend)

aus *Mathematik, Klasse 6*: Koordinatensystem (Einführung des ersten Quadranten)

aus *Mathematik, Klasse 5*: Drehsinn bei Winkelmessungen

aus *Geschichte, Klasse 6*: Kampf um das wissenschaftliche Weltbild

aus *Geschichte, Klasse 7*: Zeit der großen Entdeckungen und Erfindungen

### **Literatur für die Schüler:**

LINDNER, K.: *Astronomie selbst erlebt*. Leipzig/Jena/Berlin, 1977.

### **Literatur für den Lehrer:**

#### **Bücher, Periodica:**

Autorenkollektiv: *Methodik Astronomieunterricht*. Berlin 1977 (S. 101–111)

AHNERT, P.: *Kalender für Sternfreunde*; besonders Erscheinungen chronologisch geordnet, Sichtbarkeit der mit bloßem Auge beobachtbaren Planeten, Ephemeriden von Sonne und Mond, Finsternisse, Planetenkoordinaten

AHNERT, P.: *Kleine praktische Astronomie*.

AHNERT, P.: *Beobachtungsobjekte für den Liebhaberastronomen*.

LINDNER, K.: *Praktische Schülerbeobachtungen für den Astronomieunterricht*.

ULLERICH, K.: *Nachts am Fernrohr*.

### **Astronomie in der Schule:**

NITSCHMANN, H.-J.: *Wir beobachten* (periodische Beiträge); NITSCHMANN, H.-J.: *Hinweise zum Einsatz des Schulfernrohrs „Telemotor“* 4/74 (88); ZENKERT, A.: *Zur Vorbereitung des zweiten Beobachtungsabends* 1/74 (15); ZENKERT, A.: *Zur Beobachtung von Satelliten* 1/75 (23); LINDNER, K.: *Zur Interpretation der Beobachtungsaufgaben im Lehrbuch* 4/76 (86); WALTHER, U.: *So beobachte ich mit meinen Schülern* 1/76 (14); ALBERT, H.; LINDNER, K.: *Zur Rolle der Schülerbeobachtungen im Unterricht* 5/77 (107); WALTHER, U.: *Zu den Beobachtungsprotokollen* 2/77 (36); STIER, J.: *Für eine höhere Effektivität der schulastronomischen Beobachtungen* 3/78 (59).

**SIEGFRIED SCHREITER**



## 1. Pädagogisch-methodische Grundprinzipien

- Beobachtungen sind integrierende Bestandteile des Astronomieunterrichts.
- Beobachtungen müssen als Mittel der Erkenntnisgewinnung von den Schülern akzeptiert werden.
- Ein vertretbarer Anteil der Beobachtungen muß zu auswertbaren Ergebnissen führen. Sie dürfen kein bloßes „Angucken“ kosmischer Objekte sein.
- Die Beobachtungen müssen für die Schüler zu einem Erlebnis werden. Achte deshalb auf die Einheit von Rationalem und Emotionalem!
- Nutze die den Beobachtungen innewohnenden erzieherischen Potenzen (siehe Leitkarte).
- Der Umfang der Beobachtungen ist durch den Lehrplan bestimmt. Die im Lehrbuch S. 114 bis 127 angeführten Beobachtungen stellen ein Maximalprogramm dar und sind eine Variante zur Umsetzung des Lehrplans, die sehr hohe Anforderungen an Lehrer und Schüler stellt.

## 2.1. Organisatorische Hinweise für die Vorbereitung und Durchführung der Beobachtungen

- Den Schülern und Eltern wird mitgeteilt, daß die Beobachtungen Bestandteil des Unterrichts sind. Es ist bei den Schülern eine Erlebnisenerwartung zu erzeugen.
- Belehrung der Schüler über das Verhalten bei der Beobachtung. Forderung: vorbildliche Disziplin (inkl. Hin- und Rückweg!), exaktes Befolgen der gegebenen Anweisungen (Umgang mit Volkseigentum), zweckmäßige Kleidung.
- Bekanntgabe der mitzubringenden Hilfsmittel: Schreibunterlage, Kugelschreiber und Bleistift, Taschenlampe.
- Angabe des Beobachtungsortes und der Zeit (Hinweis: Die Beobachtung wird durchgeführt, wenn 30 Minuten vor der angegebenen Zeit der Himmel nahezu wolkenfrei ist).
- Risikofaktoren weitgehend ausschalten, d. h. Wettermeldungen beachten und Beobachtungen geplant und doch kurzfristig ansetzen (z. B. Montag den Schülern mitteilen, daß am Mittwoch oder Donnerstag beobachtet werden soll, dann am Mittwoch früh bei entsprechender Wetterlage den Termin konkret ansetzen).
- Bekanntgabe der Beobachtungsaufgaben. Stellen der Hausaufgabe für das vorzubereitende Protokoll. Ausgabe von Arbeitsblättern mit Kurzprotokoll.
- Erteilen von Hinweisen für die Benutzung des Fernrohrs: Sicherheitsabstand zum beobachtenden Schüler, Okular nicht anhauchen, Hände weg vom Fernrohr (Schwingungen!), Nachführung zeigen (bei grob-parallaktischer Montierung können das die Schüler selbst durchführen).

## 2.2. Angenommene Bedingungen, unter denen die Beobachtungen stattfinden

- Die Anleitung erfolgt durch den Lehrer; es stehen keine Fachhelfer einer Arbeitsgemeinschaft „Astronomie und Raumfahrt“ zur Verfügung.
- Es wird kein Stationsbetrieb durchgeführt. Das schließt jedoch nicht aus, daß gegebenenfalls bestimmte Schülergruppen unterschiedliche Aufgaben lösen.
- Die Beobachtung kann in Schulnähe erfolgen. Es steht nur ein Fernrohr Telementor zur Verfügung.
- Die Klassenstärke beträgt etwa 25 Schüler.

### 3. Durchführung des 1. Beobachtungsabends (September, Mond um 1. Viertel)

#### Zeit Gliederung des Beobachtungsabends

- 5/5 Lehrervortrag: nochmalige kurze Belehrung (s. 2.1.); anschließend grobe Positionsbestimmung eines Sterns am Westhimmel (evtl. Arktur)
- 5/10 Schülertätigkeit: Aufsuchen des Polarsternes mit Hilfe des Großen Wagens und Festlegen der Himmelsrichtungen (Lehrbuch S. 1 als vorbereitende Hausaufgabe nutzen). Einbeziehung in eine mündliche Leistungskontrolle möglich!
- 5/15 Lehrervortrag: Zirkumpolare Sternbilder: Großer und Kleiner Wagen, Cassiopeia  
Im Herbst sichtbare Sternbilder: Leier (mit Wega), Schwan (mit Deneb) und Adler (mit Atair) *Sommerdreieck*
- 10/25 Lehrervortrag: Einführung des Horizontsystems und der dazu notwendigen Begriffe: mathematischer Horizont, Zenit, Meridian, Vertikalkreis, Azimut und Höhe, scheinbare Himmelskugel; Hinweis auf rotierendes Äquatorsystem: Himmelsnordpol, Himmelsäquator
- 5/30 Übung: Gemeinsames Schätzen von Azimut und Höhe an zwei Beispielen (Vorschlag: ein Kastenstern des Großen Wagens und der mittlere Stern der Cassiopeia)
- 22/55 1. Die Schüler schätzen Azimut und Höhe von 5 vorgegebenen Objekten (Vorschlag: Atair, Wega, Mizar und Capella, dazu evtl. sichtbarer Planet oder auch der Erdmond). Deneb empfiehlt sich nicht.  
2. Gleichzeitig erfolgt die Beobachtung der Mondoberfläche mit dem Fernrohr (Vergrößerung 52,5 – 16-mm-Okular) in loser Reihenfolge als Vorbereitung für die Behandlung des Mondes.
- 25/80 Es wird angenommen, daß Jupiter sichtbar ist.  
Beobachtung des Jupiters (Streifenstrukturen) und die Stellung seiner Monde im Fernrohr (Vergrößerung 52,5 – 16-mm-Okular, wenn vorhanden evtl. Vergrößerung 84 mit 10-mm-Okular)  
In der Beobachtungszeit erfolgt eine Rückkopplung auf den am Anfang der Beobachtung betrachteten Stern: Veränderung der Horizontkoordinaten, Motivierung der Verwendung eines mit dem Stern verbundenen Koordinatensystems.

#### Variante 2: erste Oktoberhälfte, Mond um 1. Viertel

- 10/25 entspricht der gleichen Zeit wie bei Variante 1  
Die Koordinatensysteme sind im Unterricht behandelt.  
Unterrichtsgespräch mit Aufgabenstellungen (Festigung): Zeigen Sie mit der Stablampe den mathematischen Horizont, den Zenit, den Vertikalkreis, das Azimut, die Höhe (an einem konkreten Beispiel), den Himmelsnordpol! Oder: Ordnen Sie meiner Demonstration mit der Stablampe die entsprechenden Begriffe zu! Auch hier ist die Einbeziehung in eine mündliche Leistungskontrolle möglich.

**SIEGFRIED SCHREITER**



# Beobachtungen

## Unterrichtseinheit 3.

### 2. Beobachtungsabend

**Durchführung des 2. Beobachtungsabends** (Ende März, mondlos)

**Ziele:** s. 1. Beobachtungsabend

**Vorbereitung:** Einführung der Wintersternbilder im Unterricht in der letzten Stunde vor den Winterferien; dazu

**Hausaufgabe:** Suchen Sie die behandelten Sternbilder während der Winterferien am Sternhimmel auf! Bilden Sie aus den Leitsternen das Wintersechseck!

**Hinweis dazu:** Beobachtungszeit auf der drehbaren Sternkarte einstellen, Azimut und Höhe der Leitsterne ablesen, Leitsterne mit Hilfe der ermittelten Werte aufsuchen.

**Zeit** Gliederung des Beobachtungsabends

2/2 Lehrervortrag: Nochmalige kurze Belehrung (s. 1. Beobachtungsabend unter 2.1.)

8/10 Festigung durch zielgerichtete Fragen: Begriffe zu den Koordinatensystemen, Bestimmen der Himmelsrichtungen mit Hilfe des Polarsterns. Aufsuchen zirkumpolarer Sternbilder

15/25 Schülervortrag (vorwiegend) auf der Grundlage der gestellten Hausaufgabe: Aufsuchen typischer Wintersternbilder bzw. ihrer Leitsterne, Bilden des Wintersechsecks. Schülertätigkeit: Schätzen des Winkelabstandes Sirius-Prokyon nach Lehrbuch Bild 115/2

15/40 Gemeinsame Beobachtung mit Auswertungsgespräch: Feststellen der unterschiedlichen Sternfarben an besonders typischen Beispielen (Beteigeuze, Aldebaran, Capella, Prokyon, Sirius, Bellatrix)

10/50 Schülertätigkeit: Ordnen der hellen Orionsterne (außer Gürtelsterne) nach der scheinbaren Helligkeit

20/70 Schülertätigkeit: Beobachten des Doppelsternsystems Mizar mit dem Fernrohr (Vergrößerung 52,5; 16-mm-Okular)

15/85 Schülertätigkeit: Beobachten eines offenen Sternhaufens (Plejaden oder Praesepe; Vergrößerung 33,6; 25-mm-Okular)

**Organisatorische Hinweise:** Es empfiehlt sich, mit der Hälfte der Schüler zunächst die beiden Fernrohrbeobachtungen durchzuführen (50. bis 85. Minute des Zeitplanes). Danach erfolgt mit allen Schülern gemeinsam der Ablauf bis zur 55. Minute. Anschließend führt die zweite Hälfte der Schüler die Fernrohrbeobachtungen durch. Die Wartezeiten der Schüler verkürzen sich dadurch wesentlich.

**Hinweis für den Lehrer:** Wenn es möglich ist, sollte man den Schülern auf freiwilliger Basis die Möglichkeit anbieten, an einem dritten Beobachtungsabend ausgewählte kosmische Objekte im Fernrohr zu betrachten. Aufzeichnungen werden hier nicht gefordert; dadurch kommt die emotionale Seite stärker zum Tragen. Beobachtungsobjekte: Saturn (N = 52,5), Sternhaufen h und chi im Perseus (N = 33,6), Doppelsternsystem Albireo im Schwan (N = 52,5), Orionnebel (N = 33,6), Mond im aschgrauen Licht drei bis fünf Tage nach Neumond (N = 33,6). Durch eine auf ein Stativ aufgestellte Kamera könnte nebenbei eine Sternspurenaufnahme gewonnen werden (ist auch schon am ersten Beobachtungsabend möglich).

2. Beispiel für den **Einsatz eines Arbeitsblattes**, das die Durchführung der Beobachtung wesentlich unterstützt, den manuellen Aufwand durch die Schüler reduziert und auch die Auswertung erleichtert.

### Arbeitsblatt zum 2. Beobachtungsabend

Name: ..... Klasse: ..... Schule: .....

Datum und Uhrzeit der Beobachtungen: .....

Geräte und Hilfsmittel: .....

Sichtverhältnisse: .....

#### 1. Wintersternbilder

##### 1.1. Vorbetrachtung: Durch welche Leitsterne wird das Wintersechseck gebildet?

Leitsterne						
gehört zum Sternbild						

##### 1.2. Aufgabe: Schätzen Sie nach dem im Lehrbuch Bild 115/2 dargestellten Verfahren den Winkelabstand zwischen dem Sirius und dem Prokyon!

Ergebnis: Der geschätzte Abstand Sirius-Prokyon beträgt .....

#### 2. Farbe des Sternlichts

##### 2.1. Vorbetrachtung: Auf welche Zustandsgröße eines Sternes läßt sich aus der Sternfarbe schließen?

##### 2.2. Ordnen Sie die hellen Orionsterne (außer Gürtelsterne) mit Hilfe der angegebenen Ziffern nach ihrer Farbe in die Tabelle ein! **Hinweis für den Lehrer:** Auf dem Arbeitsblatt befindet sich eine Skizze nach Lehrbuch 142/1, jedoch sind die Sterne mit 1 bis 4 bezeichnet. Die Einführung von neuen griechischen Buchstaben ist nicht notwendig, der Prozeß wird nur kompliziert.

Sternfarbe	rötlich	gelblich	weiß	bläulich
Die Zustandsgröße ..... nimmt .....				
Sterne				

#### 3. Scheinbare Helligkeit von Sternen

##### 3.1. Vorbetrachtungen: Wovon ist die scheinbare Helligkeit eines Sternes abhängig ..... Bis zu welcher scheinbaren Helligkeit ist ein Stern mit bloßem Auge gerade noch beobachtbar? .....

##### 3.2. Ordnen Sie die hellen Orionsterne (außer Gürtelsterne) nach ihrer scheinbaren Helligkeit! Beginnen Sie mit dem hellsten Stern! Helligkeitsschätzung (Nummernfolge angeben): .....

#### 4. Doppelsterne

##### 4.1. Vorbetrachtungen: Was ist ein Doppelstern?

##### 4.2. Aufgabe: Auf einer Skizze sind der mittlere Deichselstern des Großen Wagens Mizar und der „Augenprüfer“ Alkor so dargestellt, wie man beide im Fernrohr sieht. Ergänzen Sie die Skizze durch die Position des zu Mizar gehörenden Doppelsterns und tragen Sie in die Skizze die Farbe der beiden Sterne ein!

**SIEGFRIED SCHREITER**

# Beobachtungen

Unterrichtseinheit 3  
Bewertung  
von Beobachtungsprotokollen  
Beobachtungen  
als Hausaufgabe

## 1. Bewertung von Beobachtungsprotokollen

### 1.1. Vorbemerkungen

Langjährige Erfahrungen besagen, daß die Schüler im Verlaufe des Astronomieunterrichts folgende Zensuren erhalten: vier bis fünf für Kurzkontrollen, etwa zwei für mündliche Leistungen und zwei für Beobachtungsprotokolle. Damit wird die Endzensur mit maximal 25 Prozent durch die Bewertung der Beobachtungsprotokolle beeinflusst. Bei der Durchführung der Beobachtung wird selten zensiert, obwohl es ratsam ist. Meist werden Zensuren auf Protokolle erteilt. Die Addition der Punktzahlen von zwei oder drei Beobachtungsprotokollen und die Erteilung einer Zensur ist sinnvoll.

### 1.2. Vorschlag einer Bewertung der Ergebnisse des 2. Beobachtungsabends (siehe Arbeitsblatt 2. Beobachtungsabend)

1.2.1. Leitsterne des Wintersechsecks und Sternbilder, zu denen diese gehören	2 P.
1.2.2. Geschätzter Winkelabstand Sirius – Prokyon	1 P.
1.2.3. Angabe der Temperatur als Zustandsgröße	1 P.
1.2.4. Ergänzen des Lückentextes ( <i>Temperatur nimmt zu</i> )	1 P.
Einordnen der vier Sterne nach der Farbe	2 P.
1.2.5. Angabe von Leuchtkraft und Entfernung	1 P.
<i>Beobachtbar bis etwa 6<sup>h</sup> 0</i>	1 P.
1.2.6. Ordnen nach der scheinbaren Helligkeit	2 P.
1.2.7. Erklärung: Zwei Sterne bewegen sich um einen <i>gemeinsamen Schwerpunkt</i> (Skizze der Bahnen ohne Bewertung)	1 P.
1.2.8. Eintrag der richtigen Positionen	1 P.
Angabe der Farben der beiden Komponenten	2 P.
	<hr/>
	15 P.

Bewertungsmaßstab: 15 P.: 1; 14 bis 12 P.: 2; 11 bis 9 P.: 3; 8 bis 6 P.: 4; 5 bis 0 P.: 5

## 2. Beobachtungen als Hausaufgabe

### 2.1. Vorbemerkungen

Bei Beobachtungen als *Hausaufgabe* erhalten die Schüler eine entsprechende Zeitvorgabe (je nach Wetterlage, jedoch mindestens eine Woche). Die Ergebnisse müssen kontrollierbar sein. Der Einsatz von Arbeitsblättern ist möglich und wird empfohlen. Die Zahlen in Klammern sind Empfehlungen für eine eventuelle Punktbewertung.

### 2.2. Beobachtungsaufgaben

#### 2.2.1. Lageänderung eines Sternes im Verlaufe von etwa einer Stunde

**Aufgabe:** Skizzieren Sie die Lageänderung eines hellen Sternes am Osthimmel (bzw. Westhimmel) im Verlaufe einer Stunde!  
**Arbeitsanweisung:** Fixieren Sie die Lage dieses Sternes von einem festen Standpunkt aus gegenüber einem markanten Punkt am natürlichen Horizont (Baum, Schornstein, Antenne...)! Wiederholen Sie die Beobachtung nach etwa einer Stunde! Fertigen Sie eine Beobachtungsskizze an! Sie soll enthalten: Markanter Punkt des natürlichen Horizonts, Lage des Sternes mit Zeitangabe zur ersten und zweiten **Beobachtung!** (4 P.)

Formulieren Sie das Ergebnis Ihrer Beobachtung in einem Satz! (1 P.)

(Hinweis: Es ist günstig, die Klasse in zwei Gruppen zu teilen und Sterne am Ost- und Westhimmel beobachten zu lassen. Bei der Auswertung kann verallgemeinert werden: Sterne gehen am Osthimmel auf, am Westhimmel unter.)

#### 2.2.2. *Messen der Höhe des Polarsternes*

**Aufgabe:** Bestimmen Sie die Höhe des Polarsternes mit einem Pendelquadranten! (siehe Lehrbuch S. 22/2)

**Vorbetrachtung:** Fertigen Sie eine Skizze an, wie man mit Hilfe des Großen Wagens den Polarstern auffinden kann! (1 P.)

**Arbeitsanweisung:** Die Messung wird immer von zwei Schülern gemeinsam durchgeführt. Ein Schüler visiert mit der Kante des Pendelquadranten den Polarstern an. Der zweite Schüler beleuchtet mit einer Taschenlampe die Visierkante für den Beobachter blendungsfrei und liest den Wert ab. Die zwei Schüler vertauschen ihre Aufgaben und ermitteln die Höhe ein zweites Mal. Aus den zwei Meßwerten wird der Mittelwert gebildet. (2 Meßwerte 2 P., Mittelwert 1 P., Ergebnissatz 1 P.) Schätzen Sie den Grad der Genauigkeit Ihrer Messung ein! Diskutieren Sie die Möglichkeiten der Entstehung von Meßfehlern! (2 P.)

#### 2.2.3. *Messen des scheinbaren Durchmessers des Mondes*

**Aufgabe:** Ermitteln Sie den scheinbaren Durchmesser (Winkeldurchmesser) des Mondes etwa um die Zeit des Vollmondes! **Arbeitsanweisung:** Bringen Sie am Ende einer Schnur eine Schleife an, damit das Lineal des Meßschiebers (Schieblehre) eingeschoben werden kann! Sie ziehen nun die Schnur straff und bringen 57 cm von dem Meßschieber entfernt einen Knoten an! Schneiden Sie die Schnur hinter dem Knoten ab!

**Ausführen der Messung:** Halten Sie die Schnur am Knoten mit den Zähnen fest, spannen Sie die Schnur mit dem Meßschieber und „klemmen“ Sie nun den Mond zwischen die Schnäbel des Meßschiebers ein! Lesen Sie den Wert am Lineal ab:  $1 \text{ cm} \cong 1^\circ$ . Wiederholen Sie die Messung! Bilden Sie aus den beiden Werten den Mittelwert! (2 Meßwerte 2 P., Mittelwert 1 P., Ergebnissatz 1 P.)

(Hinweis: Die Benutzung von Meßschiebern, sie werden am besten aus dem Werkunterricht entliehen, liefert gegenüber dem Lineal wesentlich bessere Meßwerte.)

#### 2.2.4. *Beobachtung von Erscheinungen bei zunehmendem Mond*

**Aufgabe:** 1. Bestimmen Sie an möglichst drei aufeinanderfolgenden Tagen zur gleichen Zeit und vom gleichen Standpunkt aus die Position des Mondes gegenüber dem natürlichen Horizont!

2. Schätzen Sie jeweils ein, wieviel Prozent der Mondoberfläche beleuchtet erscheinen!

**Arbeitsanweisung:** Skizzieren Sie von einem festen Standpunkt aus den natürlichen Horizont in Richtung des zunehmenden Mondes! Wählen Sie den Horizont möglichst so, daß Sie markante Punkte haben! Fixieren Sie nun zu einer beliebigen Zeit die Position des Mondes und tragen Sie diese in die Skizze ein! Schätzen Sie den beleuchteten Teil! Führen Sie die gleichen Tätigkeiten zur gleichen Zeit möglichst am nächsten und übernächsten Tag durch! Sollte das die Wetterlage nicht erlauben, so können auch ein oder zwei Tage dazwischen liegen! Halten Sie in einer Übersicht fest:

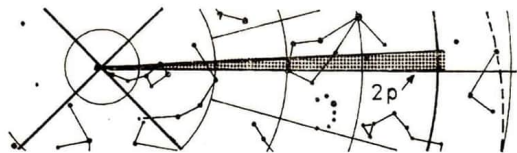
Beobachtungszeit:

Beobachtungstage

Beleuchteter Teil in Prozent

Wie hat sich der Mond im Verlaufe des Beobachtungszeitraumes bewegt? Eine Bewertung ist schwierig, weil nicht alle Positionen kontrollierbar sind.

Für die wahre monatliche Bewegung erhält man demzufolge mit  $n = 13$  in Rektaszension den Wert  $m \cdot 0,69$  min und in Deklination den Wert  $m \cdot (-0^\circ 08')$ , wobei  $m$  die Zahlen von 0 bis 12 durchläuft. Die so ermittelten Koordinaten sind in der Tabelle in den Spalten 4 und 5 eingetragen. Zeichnet man entsprechende Punkte in die Arbeitskarte „Nördlicher Sternhimmel“ ein, so läßt sich der Winkel  $2p$  (die doppelte Parallaxe) durch direkte Messung ermitteln. Er beträgt im Beispiel  $4^\circ$ . Die daraus berechnete Entfernung des Pluto von der Erde beträgt  $D = 28,6$  AE.



**Bemerkungen:** Diese Aufgabe ist außerordentlich anspruchsvoll, da sie neben einem hohen Abstraktionsvermögen auch gute Rechenfertigkeiten voraussetzt. Wichtig bei der Behandlung ist, daß der Begriff der wahren monatlichen Bewegung anschaulich erläutert wird. Es empfiehlt sich deshalb, diese Aufgabe im Zusammenhang mit den scheinbaren und wahren Bewegungen der Planeten zu behandeln. Dabei müssen die Kursteilnehmer aufgefordert werden, die Bahn eines Planeten zu skizzieren und darzulegen, was zu beobachten wäre, wenn einmal die Erde stillstehen würde und nur der Planet sich bewegte und umgekehrt.

Das hier beschriebene Verfahren liefert ausreichend genaue Werte nur für Planeten jenseits der Jupiterbahn. Der mittlere Fehler wird dann unter 10 % liegen. Da mit zunehmendem Planetenabstand die Größe der parallaktischen Ellipse abnimmt, spielen Ungenauigkeiten beim Zeichnen eine entscheidende Rolle. Deshalb empfiehlt es sich, den Maßstab zu verändern. Für das gewählte Beispiel kann man die Ellipse auf Millimeterpapier zeichnen, dabei entspricht

einem Winkel von  $1^\circ$  eine Strecke von 5 cm. Da es sich in diesem Falle leichter arbeiten läßt, wenn beide Koordinaten in Gradmaß angegeben sind, enthält die folgende Tabelle die reduzierten Rektaszensionen in Grad.

Datum	$\alpha_r$
3. 1. 1988	224 $^\circ$ 5
31. 1. 1988	224 $^\circ$ 87
28. 2. 1988	224 $^\circ$ 75
27. 3. 1988	224 $^\circ$ 38
24. 4. 1988	223 $^\circ$ 33
22. 5. 1988	222 $^\circ$ 46
19. 6. 1988	221 $^\circ$ 46
17. 7. 1988	221 $^\circ$ 1

Datum	$\alpha_r$
14. 8. 1988	221 $^\circ$ 1
11. 9. 1988	221 $^\circ$ 6
9. 10. 1988	222 $^\circ$ 4
6. 11. 1988	222 $^\circ$ 9
4. 12. 1988	223 $^\circ$ 8
3. 1. 1989	224 $^\circ$ 5

Schüler der Klassenstufe 9 können die Entfernung auch zeichnerisch ermitteln. Dazu trägt man zunächst die Entfernung Erde–Sonne als Strecke ab (z. B. 1 cm lang). Dann errichtet man auf dem einen Endpunkt dieser Strecke eine Senkrechte, am anderen Endpunkt trägt man den Winkel  $\varphi = 90^\circ - p$  an. Der Schnittpunkt des freien Schenkels dieses Winkels mit der Senkrechten markiert die Position des Planeten. Die Länge der Hypotenuse des so entstandenen rechtwinkligen Dreiecks ergibt die Entfernung Erde–Planet. Bei dem angegebenen Maßstab entspricht die Länge in Zentimetern der Entfernung in AE.

JÖRG LICHTENFELD



## Bestimmung der Masse eines Doppelsternsystems

**Aufgabe:** Bestimmen Sie unter Anwendung der Gesetze der Kreisbewegung und des Gravitationsgesetzes die Masse eines Doppelsternsystems!

**Notwendige Vorkenntnisse:** Gesetze der Kreisbewegung, Gravitationsgesetz, Hebelgesetz

**Einsatzmöglichkeiten:** Wahlkurs 2

**Vorüberlegungen:** Ende des 18. bis Mitte des 19. Jahrhunderts standen Doppelsternsysteme im Mittelpunkt des astronomischen Interesses. Dabei wurden insbesondere die folgenden Fragen untersucht:

- Welche Möglichkeiten gibt es für die Bahnbestimmung dieser Objekte?
- Nach welchen Gesetzen laufen die Bewegungen dieser Objekte ab?

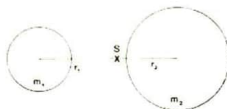
Während die Beantwortung der ersten Frage über die Forderungen des Rahmenprogramms hinausgeht, kann die zweite mit den Schülern unter Anwendung des im obligatorischen Unterricht erworbenen Wissens diskutiert werden.

Die Astronomen des vergangenen Jahrhunderts hatten die Gültigkeit des Gravitationsgesetzes für Objekte innerhalb des Sonnensystems bewiesen. Für sie stand die Frage, ob auch außerhalb des Sonnensystems dieses Gesetz gilt oder ob dort ganz andere Naturgesetze wirken. Sollte die Bewegung der Doppelsterne nach bekannten Gesetzmäßigkeiten ähnlich den Körpern des Sonnensystems erfolgen, dann gab es eine Möglichkeit, Aussagen über die Massen der in dem Doppelstern vereinigten Sterne zu machen. Dies stellt einen Höhepunkt der klassischen Astronomie dar.

Ähnlich wie bei der Karteikarte 4 ergeben sich für ausgewählte Doppelsternsysteme zahlreiche Anknüpfungspunkte für wissenschaftshistorische und erkenntnistheoretische Diskussionen mit den Schülern. Gleichzeitig erfahren Ihre Kenntnisse aus dem obligatorischen Unterricht eine Vertiefung.

**Mathematisch-physikalische Grundlagen:** Bei der Anwendung des Gravitationsgesetzes in Karteikarte 4 konnten wir die dominierende Zentralmasse als ruhend annehmen. Bei Doppelsternsystemen, die aus fast gleich schweren Komponenten bestehen, ziehen sich die beiden Himmelskörper nach dem Newtonschen Reaktionsprinzip gegenseitig an und bewegen sich um einen gemeinsamen Schwerpunkt. Für derartige Systeme gilt:

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ 23 (1986) 5



S: Gemeinsamer Schwerpunkt  
 $r_1, r_2$ : Abstände vom Schwerpunkt  
 $m_1, m_2$ : Massen der Komponenten  
 $r$ : Abstand der beiden Massen voneinander

$$m_1 \cdot r_1 = m_2 \cdot r_2 \quad (1)$$

Außerdem ist

$$r = r_1 + r_2 \quad (2)$$

(1) nach  $r_1$  umgeformt und in (2) eingesetzt liefert

$$r = r_2 + \frac{m_1}{m_2} r_2 \quad \text{bzw.}$$

$$r = r_2 \cdot \frac{m_1 + m_2}{m_2} \quad (3)$$

Für die Gravitationskraft gilt:

$$F_G = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad \gamma: \text{Gravitationskonstante}$$

Für die Radialkraft  $F_R$ , die auf die Masse  $m_2$  wirkt, gilt

$$F_R = m_2 \cdot \frac{v^2}{r_2}, \text{ wobei } v = \frac{2\pi}{T} r_2, \text{ folglich}$$

$$F_R = m_2 \cdot \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot r_2$$

Da  $F_G = F_R$  gesetzt werden kann, folgt

$$\gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = m_2 \cdot \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot r_2 \quad (4)$$

Stellt man Gleichung (3) nach  $r_2$  um und setzt den erhaltenen Term in (4) ein, erhält man die Gleichung

$$m_1 + m_2 = \frac{4\pi^2}{\gamma} \cdot \frac{r^3}{T^2} \quad (5)$$

Auf der rechten Seite dieser Gleichung kommen neben Konstanten nur Größen vor, die von der Erde aus bestimmt werden können. Die für die Berechnung

## Bestimmung der Höhe eines Mondberges

**Aufgabe:** Bestimmen Sie durch Messung der Schattenlänge auf einer Mondfotografie die Höhe des zugehörigen Berges!

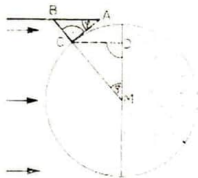
**Notwendige Vorkenntnisse:** Ähnlichkeitssätze, Winkelfunktionen, Verhältnissgleichungen

**Einsatzmöglichkeiten:** Wahlkurse 2 und 3 (Empfehlung)

**Vorüberlegungen:** Eine relativ einfache Möglichkeit zur Bestimmung der Höhen von Mondformationen bietet die Auswertung von Aufnahmen des Mondes, insbesondere von solchen, die zur Zeit des Ersten oder des Letzten Viertels gewonnen wurden. Bei diesen Mondphasen treten in der Nähe des Terminators deutliche Schatten von Bergen oder Kraterrändern auf, die durch die relativ niedrig stehende Sonne (Sonnenhöhe kleiner als  $10^\circ$ ) hervorgerufen werden. Bild 1 zeigt die mathematischen Zusammenhänge:

$$\tan \varphi = \frac{h}{s} \text{ und}$$

$$\sin \varphi = \frac{d}{r};$$



wobei  $d = \overline{CD}$  den Abstand des Berggipfels vom Terminator,  $r = \overline{CM}$  den Radius des Mondbildes,  $h = \overline{BC}$  die Höhe des Berges und  $s = \overline{AC}$  die Schattenlänge bedeuten. Da für kleine Winkel  $\tan \varphi = \sin \varphi$  angesetzt werden kann, folgt im Rahmen der für diese Aufgabe sinnvollen Genauigkeit:

$$h : s = d : r \text{ bzw.}$$

$$h = \frac{d \cdot s}{r}$$

Damit ist die Höhe des Berges für den Bildmaßstab ermittelt; es muß nun noch die tatsächliche Höhe  $H$  errechnet werden:

$$H : h = R : r \text{ bzw.}$$

$$H = \frac{R \cdot h}{r},$$

wobei  $H$  die Höhe des Berges (in km) und  $R$  den Mondradius von 1738 km bedeuten.

**Durchführung:** Auf einer scharfen, genügend großen Aufnahme (Durchmesser des Mondbildes mindestens 10 cm) vom Ersten bzw. Letzten Viertel wählt man in der Mitte der Mondscheibe einen Krater aus, der etwa zur Hälfte vom Schatten ausgefüllt ist. Man ermittelt die Schattenlänge, den Abstand des schattenwerfenden Berges bzw. Kraterrandes vom Terminator und den Durchmesser des Mondbildes.

**Beispiel:** Das Verfahren wird am Beispiel des Kraters Godin erläutert. (Die Zeichnung soll das Prinzip des Verfahrens erläutern, deshalb wurde auf eine exakte Wiedergabe der Oberflächendetails verzichtet.)

Auf dem Original, einer Aufnahme aus dem Fotografischen Mondatlas von W. SCHWINGE, ist

$$s = 1,5 \text{ mm},$$

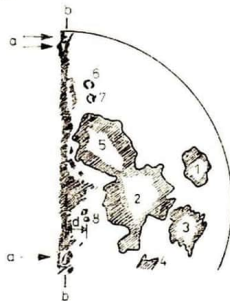
$$d = 12 \text{ mm},$$

$$r = 95 \text{ mm}.$$

Daraus folgt  $h = 0,19 \text{ mm}$ , und daraus errechnet sich die Berghöhe  $H$ :

$$H = 3,5 \text{ km}.$$

(Im Taschenatlas Mond, Mars, Venus von A. ROKL wird für Godin eine Wallhöhe von 3,2 km angegeben.)



**Bemerkungen:** Die ersten Versuche zur Astrofotografie unter Verwendung des Schülfernrohrs erfolgen erfahrungsgemäß am Mond. Die Freude über das erste gelungene Mondfoto, oft das Ergebnis zahlreicher Versuche des ganzen Kollektivs, ist sehr groß. Dieses emotionale Moment kann vom Kursleiter genutzt werden, um gemeinsam mit den Schülern eine quantitative Auswertung vorzunehmen. Aber auch wenn keine eigene Aufnahme vorliegt, kann anhand guter Mondfotos in populärwissenschaftlichen Veröffentlichungen die Höhe einer Oberflächenformation auf dem Mond bestimmt werden.

Geeignete Aufnahmen findet man in SCHWINGE, Fotografischer Mondatlas, Leipzig 1983 (mit praktikablen Hinweisen zur Mondfotografie), und in

BRANDT, MÜLLER, SPLITTERGERBER, Himmelsbeobachtungen mit dem Fernglas, Leipzig 1983.

Für Kursleiter, die mit Schülern der Klassenstufe 9 arbeiten, stellt die Anwendung der Winkelfunktionen bei der Herleitung des Lösungsweges ein Problem dar. Mit Hilfe der Ähnlichkeitssätze kann gezeigt werden, daß die beiden Dreiecke ABC und DCM in Bild 1 einander ähnlich sind. Das ermöglicht die Anwendung des Strahlensatzes:

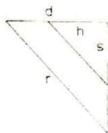
$$h : s = d : f \quad (\text{Bild 3}).$$

Außerdem gilt nach Bild 3

$$f = \sqrt{r^2 - d^2}.$$

Daraus folgt für h:

$$h = \frac{d \cdot s}{\sqrt{r^2 - d^2}}.$$



Die Genauigkeit wird kontrolliert, indem man den errechneten Wert mit den Angaben im Taschenatlas Mond, Mars, Venus von A. RÜKL (Praha 1977) oder auf der Handkarte Mond des VEB Hermann Haack Verlag (Gotha 1977) vergleicht. Die Genauigkeit des Verfahrens wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Grundsätzlich ist zu bemerken, daß Messungen für ein und dasselbe Objekt, die in verschiedenen Monaten durchgeführt werden, unterschiedliche Werte für die Höhen liefern. Ursache dafür ist die Beeinflussung der Schattenlänge durch die Unebenheiten des Mondbodens. Wir können die so hervorgerufenen Verzerrungen nicht exakt bestimmen, da wir immer senkrecht auf den Schatten schauen. Deshalb sollte man bei dem hier beschriebenen Verfahren auch nur Objekte in der Bildmitte berücksichtigen, um nicht noch zusätzliche Verzerrungen durch die Krümmung der Oberfläche in die Rechnung einfließen zu lassen.

Eine weitere Ursache der geringen Genauigkeit ist der durch die stark zerklüftete Mondoberfläche schwierig zu bestimmende Verlauf des Terminators.

Es ist auch nicht Ziel dieser Aufgabe, eine exakte Topographie des Mondes zu erstellen; das haben inzwischen künstliche Mondsatelliten mit sehr großer Genauigkeit getan. Die Schüler sollen aber erkennen, daß es mit Hilfe einfacher geometrischer Überlegungen möglich ist, die Größenordnungen einiger Oberflächenformationen auf dem Mond abzuschätzen.

Nachdem die Höhe des Berges bzw. Kraterrandes errechnet worden ist, empfiehlt es sich noch, die wahre Schattenlänge (in km) ermitteln zu lassen. Damit kann bei den Schülern eine Vorstellung von den Ausdehnungen der Oberflächendetails, die im Fernrohr beobachtbar sind, entwickelt werden.

JÖRG LICHTENFELD



## Ermittlung der Zeitgleichung

**Aufgabe:** Stellen Sie durch Messung des Stundenwinkels der Sonne über mehrere Monate die Zeitgleichung fest!

**Geräte:** Schulfernrohr (parallaktisch aufgestellt), 25-mm-H-Okular, Sonnenprojektionsschirm mit Markierung, Uhr mit Sekundenanzeige

**Notwendige Vorkenntnisse:** scheinbare und wahre Bewegung, Sterntag, Sonnentag

**Einsatzmöglichkeiten:** Wahlkurs 2 (lt. Rahmenprogramm)

**Vorüberlegungen:** Ein wichtiges Arbeitsgebiet der Astronomen ist die Erstellung einer genauen Zeitskala. Dabei erfolgen alle erforderlichen Beobachtungen von der rotierenden Erde aus. Dadurch entstehen je nachdem, welches Objekt zur Beobachtung herangezogen wird, unterschiedliche Zeitskalen.

Die Zeitspanne zwischen zwei aufeinanderfolgenden unteren Meridiandurchgängen der Sonne heißt wahrer Sonnentag. Das damit festgelegte Zeitmaß ist die *wahre Sonnenzeit* (*wahre Ortszeit*, *WOZ*). Sonnenuhren, historisch die ältesten Zeitmeßgeräte, zeigen diese Zeit an. So gilt zum Beispiel, daß der Zeitpunkt, an dem die Sonne im (Orts-)Meridian im Süden steht, 12h WOZ ist.

Dieses Zeitmaß hat aber zwei schwerwiegende Nachteile:

1. Nur die auf dem gleichen Längengrad liegenden Orte haben die gleiche wahre Ortszeit.
2. Die Länge des Zeitabschnittes zwischen zwei aufeinanderfolgenden oberen Kulminationen der Sonne ist veränderlich. Das ist darin begründet, daß die scheinbare Bewegung der Sonne auf der Ekliptik (und nicht auf dem Äquator) erfolgt und daß diese Bewegung wegen der elliptischen Bahn der Erde ungleichförmig ist.

Um ein vom Jahresverlauf unabhängiges Zeitmaß zu bekommen, wurde eine gedachte mittlere Sonne eingeführt, die mit konstanter Geschwindigkeit auf dem Himmelsäquator läuft. Die auf diese Weise erhaltene Zeit heißt *mittlere Sonnenzeit* (*mittlere Ortszeit*, *MOZ*). Die Differenz zwischen der wahren Ortszeit und der mittleren Ortszeit ist die *Zeitgleichung*  $Z$ :

$$Z = \text{WOZ} - \text{MOZ} \quad (1).$$

Sowohl die wahre als auch die mittlere Ortszeit sind also an den (Orts-)Meridian gebunden und damit für Orte, die nicht genau nord-südlich voneinander

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie In der Schule“ 24 (1987) 1

liegen, immer unterschiedlich. Um diesen Übelstand zu vermeiden, wurden *Zonenzeiten* eingeführt:

Die mittlere Ortszeit des Null-Meridians (der durch die Sternwarte Greenwich verläuft) heißt *Weltzeit* (*UT*).

Die mittlere Ortszeit des 15. östlichen Längengrades heißt *Mitteleuropäische Zeit* (*MEZ*).

Die mittlere Ortszeit des 30. östlichen Längengrades heißt *Osteuropäische Zeit* (*OEZ*).

Auf Grund der Definition der wahren Ortszeit und des Stundenwinkels läßt sich aus dem Stundenwinkel der Sonne die wahre Ortszeit WOZ ermitteln:  
 $\text{WOZ} = t_s + 12 \text{ h} \quad (2); t_s = \text{Stundenwinkel der Sonne.}$

Die mittlere Ortszeit MOZ ergibt sich, indem die Differenz zwischen der geographischen Länge des Beobachtungsortes und dem Meridian 15° östlicher Länge gebildet wird. Diese Differenz ergibt sich zunächst in Winkelmaß; sie muß in Zeitmaß umgerechnet werden.

$$1^\circ \cong 4 \text{ min} \quad (3).$$

Die so errechnete Differenz  $\Delta t$  muß für Orte, die westlich des 15. Längengrades liegen, von der gemessenen MEZ subtrahiert werden:

$$\text{MOZ} = \text{MEZ} - \Delta t \quad (4).$$

Für die Lösung dieser Aufgabe ist neben einem exakt aufgestellten Fernrohr die Kenntnis der geographischen Länge des Beobachtungsortes nötig. (Zur Bestimmung der geographischen Länge und Breite siehe FRIEDRICH/MEYER: *Astronomie und Raumfahrt*, Berlin 1986, S. 56 f.)

**Durchführung der Beobachtungen:** Bei jeder Zusammenkunft der Kursteilnehmer wird – sofern es die Witterung zuläßt – mehrmals der Stundenwinkel der Sonne gemessen. Der Teilkreis der Stundenachse an der Montierung des Schulfernrohrs erlaubt die direkte Ablesung des Stundenwinkels bei parallaktischer Aufstellung des Fernrohrs. Dazu wird das Projektionsbild der Sonne mit einer auf dem Projektionsschirm befindlichen Markierung (Kreis mit dem Durchmesser des Sonnenbildes) zur Deckung gebracht. Im Moment der Übereinstimmung muß die Zeit ermittelt und notiert werden. Danach wird auf dem Stundenkreis der zugehörige Wert des Stundenwinkels abgelesen.

Die Messung ist mehrmals zu wiederholen, um für die Zeitgleichung den Mittelwert bilden zu können.

**Auswertung:** Die Werte für den Stundenwinkel und die Zeit (und natürlich das Datum der Beobachtung) hält man am besten in einer Tabelle fest. Danach errechnet man mit Hilfe der Gleichungen (2) und (4) die wahre und die mittlere Ortszeit. Daraus kann dann unter Anwendung von (1) die Zeitgleichung  $Z$  bestimmt werden. Anschließend bildet man für den jeweiligen Beobachtungstag den Mittelwert der Zeitgleichung.

Hat man die Messungen über einen genügend großen Zeitraum durchgeführt, so trägt man die Werte der Zeitgleichung gegen die Zeit graphisch auf.

**Bemerkungen:** Die Genauigkeit der Ergebnisse hängt von der exakten Aufstellung des Fernrohrs und der Genauigkeit der Zeitmessung ab. Deshalb muß die Justierung des Fernrohrs besonders sorgfältig erfolgen. Die Uhr ist vor den Messungen anhand eines Zeitzeichens zu stellen. (Die Zeitansage des Telefondienstes ist nicht geeignet!)

Bei der Lösung dieser Aufgabe werden an die Schüler hohe Anforderungen hinsichtlich der Zuverlässigkeit und der Exaktheit gestellt. Da das Fernrohr – sofern es nicht fest aufgestellt ist – bei jeder Beobachtung justiert werden muß,

erwerben die Schüler dabei sichere Fertigkeiten, die bei Beobachtungen im obligatorischen Unterricht genutzt werden können.

Bei der Interpretation der Zeitgleichung sollte berücksichtigt werden, daß die Kulmination der Sonne den halben Tagbogen markiert. Aus einer über das ganze Jahr reichenden graphischen Darstellung kann entnommen werden, daß die Extremwerte der Zeitgleichung im Februar und im November eintreten. Im Februar hat die Sonne um 12h MOZ ihren höchsten Stand noch nicht erreicht, der größere Teil des Tagbogens wird also am Nachmittag zurückgelegt. Daraus folgt, daß um diese Jahreszeit die Tage merkbar „länger“ werden. Im November liegen die Verhältnisse umgekehrt; die Sonne kulminiert vor 12h MOZ. Der nach 12h MOZ noch zurückzulegende Teil des Tagbogens ist kleiner, und es wird abends zeitiger dunkel.

Die Erläuterung des Entstehens der Extremwerte der Zeitgleichung setzt ein hohes Abstraktionsvermögen voraus (Zusammenwirken der ungleichförmigen Bewegung der Erde und der Neigung der Ekliptik gegen die Richtung der täglichen Bewegung). Um die Schüler nicht zu überfordern, sollte darauf verzichtet werden.

JÖRG LICHTENFELD

## Zustandsgrößen der Sterne

**Aufgabe 1:** Schätzen Sie aus dem visuellen Farbeindruck eines Sterns dessen Oberflächentemperatur ab!

**Geräte:** Schulfernrohr mit 16-mm-O-Okular, Optische Bank, Zusatzgerät Wellenoptik, Anschauungstafel „Spektralklassen der Fixsterne“

**Notwendige Vorkenntnisse:** Wellenlängen einzelner Farbbereiche, Wiensches Verschiebungsgesetz (nicht Bestandteil des obligatorischen Physikunterrichts!), Potenzrechnung

**Einsatzmöglichkeiten:** Wahlkurs 2

**Vorüberlegungen:** Nachdem auf Karteikarte 2 ein Verfahren zur Bestimmung der Oberflächentemperatur der Sonne beschrieben wurde, soll nun eine Möglichkeit gezeigt werden, die Oberflächentemperaturen von Sternen abzuschätzen. Zwischen der Farbe eines glühenden Körpers und seiner Temperatur besteht ein enger Zusammenhang. Bekanntestes Beispiel dafür ist das Glühen von Stahl: Rotglut entspricht einer relativ niedrigen Temperatur. Bei weiterem Erhitzen wechselt die Farbe über orange bis hin zu weiß; aus der Farbe des glühenden Stahls kann man die Temperatur grob abschätzen. Bei glühenden Gasen verhält es sich ähnlich, d. h. aus den Farben der Sterne lassen sich Rückschlüsse auf die Oberflächentemperaturen ziehen.

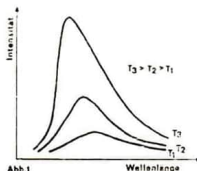


Abb.1

Nimmt man die Spektren von Sternen mit unterschiedlichen Farben auf und mißt die Strahlungsintensitäten in den einzelnen Spektralbereichen, so erkennt man: Die Intensitätsverteilung steht in engem Zusammenhang mit der Oberflächentemperatur (Bild 1). Je heißer also die Oberfläche eines Sterns ist, desto weiter im kurzwelligen Bereich befindet sich das Strahlungsmaximum; der mathematische Zusammenhang lautet

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ 24 (1987) 2

$$T_{\text{eff}} \cdot \lambda_{\text{max}} = \text{const.},$$

wobei  $T_{\text{eff}}$  die (effektive) Oberflächentemperatur und  $\lambda_{\text{max}}$  die Wellenlänge des Intensitätsmaximums bedeuten. Diese Beziehung heißt Wiensches Verschiebungsgesetz; die Konstante auf der rechten Seite der Gleichung wurde zu  $k = 2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$  ermittelt.

**Durchführung:** Im Fernrohr werden Sterne unterschiedlicher Farbe beobachtet. Ein geeignetes Objekt ist der Doppelstern Albireo ( $\beta$  Cygni). Die Kursteilnehmer werden aufgefordert, sich den Farbeindruck gut einzuprägen, da sie im Anschluß an die Beobachtung die Farben auf einer Spektraltafel wiedererkennen sollen. Dafür sind Bilder des kontinuierlichen Spektrums mit der Angabe einiger wichtiger Wellenlängen (z. B. die Abbildungen auf der Farbtafel im Lehrbuch Astronomie oder das kontinuierliche Spektrum auf der Anschauungstafel „Spektralklassen der Fixsterne“) geeignet. Man kann aber auch die Angaben der Wellenlängen aus „Physik in Übersichten“ (Seite 205) entnehmen, wo ohne Abbildung die wichtigsten Spektralfarben aufgeführt werden. Die Kursteilnehmer setzen die dem Farbeindruck entsprechende Wellenlänge in das Wiensche Verschiebungsgesetz ein und errechnen daraus die zugehörige Oberflächentemperatur.

**Beispiele:**

- |   |   |
|---|---|
| 1. $\alpha$ Orionis (Beteigeuze)              | visueller Farbeindruck: rot                                   |
| $\lambda_{\text{max}} \approx 750 \text{ nm}$ | $T_{\text{eff}} \approx 3800 \text{ K}$ (3200 K) <sup>1</sup> |
| 2. $\beta$ Cygni A                            | visueller Farbeindruck: orange                                |
| $\lambda_{\text{max}} \approx 650 \text{ nm}$ | $T_{\text{eff}} \approx 4500 \text{ K}$ (4100 K)              |
| 3. $\beta$ Cygni B                            | visueller Farbeindruck: blau                                  |
| $\lambda_{\text{max}} \approx 450 \text{ nm}$ | $T_{\text{eff}} \approx 6400 \text{ K}$ (11000 K)             |

<sup>1</sup> In Klammern: Werte aus der Literatur

**Bemerkungen:** Die Farbenschtzung stellt eine einfache Art der Spektralphotometrie dar, bei der die Farbe als die Summe der Eindrücke aufzufassen ist, welche die einzelnen Bereiche des Spektrums auf das Auge ausüben. Die Sternfarbe ist deshalb ein Maß für die Intensitätsverteilung im Spektrum und folgt aus ihr im Zusammenhang mit der Farbempfindlichkeit des Auges. Die aufgeführten Beispiele zeigen, wie unzulänglich diese Methode ist, da die Empfindlichkeit des Auges nicht für alle Spektralbereiche gleich groß ist. Ein ohne großen Aufwand durchführbarer Versuch veranschaulicht, weshalb die Temperaturermittlung auf die beschriebene Art ungenau sein muß. Mit der Optischen Bank und dem Zusatzgerät Wellenoptik wird der Versuch 2.2.4. aus der Bedien- und Experimentieranleitung zum Zusatzgerät Wellenoptik, geringfügig abge-

ändert, demonstriert. Statt auf dem Mikroluxschirm wird das kontinuierliche Spektrum auf einer Projektionsleinwand abgebildet. Zunächst wird die Stromstärke so eingestellt, daß die Glühlampe in der Optikleuchte gerade hell genug leuchtet, um ein Spektrum projizieren zu können. In diesem Spektrum dominieren der rote und der gelbe Anteil; blau ist fast nicht vertreten. An das (gerade noch sichtbare) blaue Ende des Spektrums wird der Fluoreszenzschirm gehalten und danach die Optikleuchte ausgeschaltet. Im völlig abgedunkelten Raum ist auf dem Fluoreszenzschirm kein Nachleuchten zu beobachten. Daraus kann die Schlußfolgerung gezogen werden, daß kühle Sterne das Intensitätsmaximum vorwiegend im roten Bereich haben. Die Temperaturbestimmung nach der dargestellten Methode liefert recht gute Näherungswerte.

In einem zweiten Teilversuch wird die Stromstärke so eingestellt, daß die Glühlampe mit größter Helligkeit leuchtet. Das Spektrum ist jetzt viel heller und hat einen deutlich ausgeprägten Blauanteil. Wiederum wird an das blaue Ende der Fluoreszenzschirm gehalten und die Leuchte ausgeschaltet. Auf dem Schirm ist nun ein deutliches Nachleuchten zu beobachten, d. h. das Spektrum enthält Anteile, die den Leuchtstoff aktivieren. Es sind Bereiche, die für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar sind. Um die große Ungenauigkeit bei der Bestimmung der Temperaturen blauer und weißer Sterne erklären zu können, muß also angenommen werden, daß diese Sterne ihr Strahlungsmaximum in einem solchen Bereich haben. Tatsächlich liegen die Strahlungsmaxima von Sternen der Spektralklassen O, B und A im ultravioletten Bereich. Deshalb mußte die Temperaturbestimmung nach der vorgestellten Methode bei blauen Sternen versagen.

**Aufgabe 2:** Ermitteln Sie die Radien von Sternen mit bekannten Leuchtkräften und Oberflächentemperaturen!

**Notwendige Vorkenntnisse:** Leuchtkraft, Stefan-Boltzmannsches Gesetz (siehe Karteikarte 2), Potenzrechnung

**Einsatzmöglichkeiten:** Wahlkurs 2

**Vorüberlegungen:** Multipliziert man im Stefan-Boltzmannschen Gesetz die beiden Seiten der Gleichung mit der Oberfläche des Sterns, so erhält man die Gesamtstrahlungsleistung, also die Leuchtkraft, des Sterns:

$$E = \sigma \cdot T^4 \quad (1)$$

$$4\pi ER^2 = 4\pi\sigma R^2T^4$$

$$L = 4\pi\sigma R^2T^4 \quad (2)$$

Die Beziehung (2) kann auch für die Sonne formuliert werden:

$$L_s = 4\pi\sigma R_s^2T_s^4 \quad (3)$$

Dividiert man die Gleichung (2) durch die Gleichung (3) und verwendet die Leuchtkraft und den Radius der Sonne als Einheiten, so ergibt sich

$$L = R^2T^4/T_s^4 \quad (4)$$

Aus dieser Gleichung kann der Sternradius R ermittelt werden:

$$R = \sqrt{L} \left( \frac{T_s}{T} \right)^2 \quad (5)$$

Die effektiven Temperaturen und die Leuchtkräfte in Einheiten der Sonnenleuchtkraft können entsprechenden Tabellen entnommen werden. Für einige Sterne sind die Daten in der nebenstehenden Tabelle zusammengestellt.

**Bemerkungen:** Die nach dem angegebenen Verfahren ermittelten Sternradien sind nur grobe Näherungswerte, in der Literatur finden sich teilweise erhebliche Abweichungen. Ziel dieser Aufgabe ist es, den Kursteilnehmern eine Vorstellung von den Sternradien zu vermitteln. Hieraus ergeben sich auch Möglichkeiten für die Einbeziehung der im fakultativen Kurs ermittelten Kenntnisse in den obligatorischen Unterricht. Bei der Behandlung des HRD sollten die angeführten Sterne besonders berücksichtigt werden, Kursteilnehmer können den qualitativen Vergleich von Sternradien durch konkrete Beispiele illustrieren. Weiterhin besteht die Möglichkeit, diese Größenverhältnisse durch ein gegenständliches Modell (ähnlich dem Modell des Planetensystems) zu veranschaulichen. Aus diesem Grunde enthält die letzte Spalte der Tabelle die Sternradien in Kilometern.

Tabelle

Stern	$T_{\text{eff}}$ in K	$L/L_s$	$R/R_s$	R in km
$\alpha$ Tau	3 600	144	33	$2,3 \cdot 10^7$
$\alpha$ Ori	3 200	14 000	415	$2,8 \cdot 10^8$
$\alpha$ Lyr	10 200	52	2,5	$1,7 \cdot 10^6$
$\beta$ Ori	12 300	57 000	57	$4,0 \cdot 10^7$
$\alpha$ UMi	6 300	2 500	45	$3,1 \cdot 10^7$
$\alpha$ CMi A	7 500	6	1,5	$1,0 \cdot 10^6$
$\alpha$ CMi B	7 600	0,0005	0,01	6 960
$\alpha$ CMa B	8 200	0,002	0,02	13 920
$\beta$ Cyg A	4 100	630	37	$2,6 \cdot 10^7$
$\beta$ Cyg B	11 000	91	3	$2,0 \cdot 10^6$



## Astrofotografie

Grundsätzlich ist festzustellen, daß gleichbleibend gute Ergebnisse auf diesem, für die Schüler sicher interessantesten Gebiet mitunter erst nach langen Versuchen erreicht werden. Eine wichtige Voraussetzung ist dabei das sorgfältige Protokollieren nicht nur der Aufnahmedaten, sondern auch der Bedingungen bei der Verarbeitung in der Dunkelkammer. Deshalb ist es zu empfehlen, daß Astroaufnahmen selbst entwickelt werden (Ausnahme: Farbfilme). Eine enge Zusammenarbeit mit einer AG „Junge Fotografen“ kann sehr fruchtbar sein. Bei sorgfältiger Planung durch die Leiter kann eine erziehungswirksame kooperative Zusammenarbeit zwischen Schülergruppen mit unterschiedlichen Interessen gestaltet werden, in deren Ergebnis durchaus attraktive Ausgestaltungselemente für den Fachunterrichtsraum entstehen können. Für alle angeführten Beispiele sollte eine Spiegelreflexkamera mit auswechselbaren Objektiven benutzt werden, auch wenn sie nicht in jedem Falle notwendig ist. Dabei ist es zunächst gleichgültig, ob eine Kleinbild- oder eine Mittelformatkamera eingesetzt wird. Bei einer Mittelformatkamera steht zwar eine größere Bildfläche zur Verfügung, die nicht unerhebliche Masse der Kamera stellt aber hohe Anforderungen an die Stabilität der Fernrohrmontierung. Nachfolgend werden einige Hinweise, mathematische Beziehungen und Verarbeitungsempfehlungen gegeben; dabei wird unterschieden zwischen Aufnahmen mit feststehender und mit nachgeführter Kamera.

### Aufnahmen mit feststehender Kamera

Bekannteste Anwendung ist die Anfertigung von Sternspuraufnahmen. Dazu wird die Kamera auf den ausgewählten Himmelsabschnitt gerichtet und mittels feststellbarem Drahtauslöser bei B-Einstellung ausgelöst. Die Länge der Strichspuren hängt von der Belichtungsdauer ab, dabei gilt folgender Zusammenhang:

$$s = \frac{t \cdot f \cdot \cos \delta}{13700} \quad (1)$$

s: Strichlänge  
t: Belichtungszeit (in s)  
f: Brennweite (in mm)  
δ: Deklination des Objekts

Für die Auswertung im obligatorischen Unterricht eignen sich Strichspuraufnahmen von Sternbildern, in denen Sterne unterschiedlicher Farbe vorkommen. Bei Verwendung von Farbumkehrfilmen wird der Farbeindruck deutlich wiedergegeben (z. B. Orion, Bootes, Stier). Setzt man Schwarzweißmaterial ein (in der Astrofotografie in der Regel NP 27), fertigt man 3 Aufnahmen an: eine ohne Objektivfilter (diese Aufnahme gibt die scheinbare Helligkeit wieder), eine mit einem Orange- oder schwachen Rotfilter (hier werden die rötlichen Sterne besonders deutlich abgebildet) und eine Aufnahme mit einem vorgeschalteten Blaufilter.

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ 24 (1987) 3

Damit die Ergebnisse in der Projektion deutlicher hervortreten, empfiehlt es sich, die Sterne bei der Aufnahme etwas unscharf einzustellen. Dadurch werden die Sternspuren breiter, die Anschaulichkeit ist besser. Beim Einsatz von Farbfilmen sollte die Belichtungszeit nicht über 10–15 min liegen, sonst verfälscht das Streulicht den Farbeindruck des Hintergrundes, UT 20 vermittelt dabei am ehesten eine natürliche Wiedergabe.

Mit stillstehender Kamera sind auch Aufnahmen möglich, auf denen die Sterne punktförmig abgebildet werden. Die Belichtungszeit muß nur so gewählt werden, daß die Länge der Strichspuren unterhalb des Auflösungsvermögens des verwendeten Films liegt. Für NP 27 können etwa 0.04 mm angenommen werden. Gleichung (1) muß nach t umgestellt werden:

$$t = \frac{13700 \cdot 0.04}{f \cdot \cos \delta} \quad (2)$$

Für das Sternbild Orion ergäbe sich bei Verwendung eines 50-mm-Objektivs eine Belichtungszeit von 11 s; das reicht aus, um die hellsten Sterne und den Orionnebel abzubilden, vorausgesetzt, das Objektiv hat eine große Öffnung (Blende 2.0).

NP 27 ermöglicht damit auch die Dokumentation von Planetenbewegungen, indem der in Frage kommende Himmelsabschnitt über einen längeren Zeitraum jeden Abend fotografiert wird.

Weitere Objekte für die fotografische Erfassung mit feststehender Kamera sind Sternschnuppen und sehr helle Kometen.

### Aufnahmen mit feststehender Kamera durch das Fernrohr

In diesem Fall wird statt des Normalobjektivs das Fernrohrobjektiv benutzt. Die Anpassung erfolgt durch einen Zwischenring zum Anschluß von Kleinbildkameras an das Fernrohr, die in Optikfachgeschäften erhältlich sind. Für die Ermittlung der Belichtungszeiten kann folgende Beziehung benutzt werden:

$$T = \frac{N^2}{Z \cdot S} \quad (3) \quad N = \frac{f}{D}$$

T: Belichtungszeit (in s)  
f: Brennweite des Objektivs (in mm)  
D: Durchmesser des Objektivs (in mm)  
S: Filmpfindlichkeit (in ASA)  
Z: objektabhängiger Faktor

Bevorzugtes Objekt für diese Art der Fotografie ist der Mond. Wegen der großen Flächenhelligkeit können hier feinkörnige Filme, etwa NP 15 (25 ASA) oder NP 20 (80 ASA) Verwendung finden. Der Faktor Z hängt von der Mondphase ab und kann nachfolgender Tabelle entnommen werden:

Mondalter	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>
3 bzw. 25	11	4
4 bzw. 24	14	7
5 bzw. 23	16	9
6 bzw. 22	19	13
7 bzw. 21	24	17
8 bzw. 20	29	23
9 bzw. 19	34	29
10 bzw. 18	41	38
11 bzw. 17	52	50
12 bzw. 16	67	67
13 bzw. 15	86	86
14	120	120

Das Mondalter ist in Tagen angegeben. Der Faktor Z<sub>1</sub> gilt für eine richtige Belichtung des beleuchteten Teils der Mondoberfläche; der Terminator wird dann unterbelichtet. Für Details in der Nähe des Terminators setzt man den Faktor Z<sub>2</sub> in (3) ein. Der beleuchtete Teil der Mondoberfläche ist dann überbelichtet.

Die nach (3) errechneten oder die im Lehrmaterial „Astronomie und Raumfahrt“ auf S. 76 angeführten Belichtungszeiten sind nur Richtwerte. Es empfiehlt sich in jedem Falle, eine Aufnahmeserie mit unterschiedlichen Belichtungszeiten anzufertigen.

Die Fotografie der Sonne ist ohne entsprechende Schutzmaßnahmen (Sonnenfilter bzw. Herschelpisma) nur bedingt möglich. Beim Erwerb eines Sonnenfilters für das Schulfelrohr muß darauf geachtet werden, daß es nicht zu dicht ist, sonst sind zu lange Belichtungszeiten nötig. Man testet die Durchlässigkeit des Filters am besten, indem man aus etwa 2 m Entfernung eine 60-Watt-Leuchtstofflampe durch das Filter betrachtet. Es muß nicht nur der Lichtschein, sondern die Lampe deutlich wahrnehmbar sein.

Für die Sonnenfotografie kommen nur geringempfindliche Aufnahmematerialien in Frage, also NP 15 oder das Dokumentenaufnahmematerial MA 8. Die Belichtungszeit richtet sich nach der Dichte des Filters, sollte aber, um Verschmierungen durch die Luftunruhe auszuschließen, mindestens 1/250 s, besser 1/500 s oder 1/1000 s betragen.

Von den Planeten kann mit einem feststehenden Fernrohr nur die Venus fotografiert werden. Die Belichtungszeit errechnet man mit einer modifizierten Form der Gleichung (3):

$$T = \frac{N^2}{Z \cdot S \cdot k} \cdot C \quad (4)$$

Für Venus ist Z = 1000

k: beleuchteter Teil der Venus

C: Korrekturfaktor, abhängig von der Höhe der Venus über dem Horizont

Die Werte für k findet man im „Kalender für Sternfreunde“, für C gelten folgende Richtwerte:

Höhe der Venus	55°	10°	20°	30°
C	5.2	2.4	1.4	1.2

Jupiter könnte ebenfalls im direkten Fokus ohne Nachführung aufgenommen werden, das Brennpunktbild ist aber so klein, daß selbst bei starker Nachvergrößerung kaum Oberflächendetails sichtbar werden.

#### Aufnahmen mit nachgeführter Kamera

Die meisten interessanten astronomischen Objekte (Nebel, Sternhaufen, Galaxien) sind so lichtschwach, daß sie nur mit langen Belichtungszeiten (bis zu 60 min) erfaßt werden können. Um die scheinbare Bewegung zu kompensieren, muß die Kamera entgegen der Erdrotation nachgeführt werden. Dazu gehört neben Fingerspitzengefühl auch eine gute Kondition. Selbst die Nutzer motorischer Nachführungen müssen die Nachführungsgenauigkeit ständig kontrollieren und korrigieren.

Erfolgsversprechender ist die fotografische Erfassung von Jupiter und Saturn. Um auswertbare Negative zu erhalten, müssen die Planeten mittels Okularprojekten aufgenommen werden. Dabei wird das Brennpunktbild des Fernrohrobjektivs durch ein Okular auf den Film projiziert. Das zur Anpassung der Kamera nötige Zwischenstück kann man durch Verkleben einer Okularstreckhülse mit einem Kamerazwischenring selbst anfertigen, als Klebstoff eignen sich alle Kunstharzkleber.

Für diese Art von Aufnahmen eignet sich besonders das 16-mm-Okular.

Die effektive Brennweite einer solchen Anordnung hängt insbesondere von der Brennweite des Okulars und dem Abstand der Filmebene vom Zwischenbild im direkten Fokus ab. Da diese Länge schwierig zu bestimmen ist, ermittelt man die effektive Brennweite leichter aus der Größe des Negativbildes nach folgender Gleichung:

$$f_{\text{eff}} = \frac{d}{0.004848 \cdot D} \quad (5)$$

d: Planetendurchmesser auf dem Negativ (in mm)

D: Planetendurchmesser (in Bogen Sekunden); siehe Kalender für Sternfreunde

f<sub>eff</sub>: effektive Brennweite (in m)

Man fertigt eine Testaufnahme der hellen Venus an, ermittelt für die entsprechende Anordnung die effektive Brennweite und kann dann mit diesem Wert die Belichtungszeiten für Jupiter (Z = 18) und Saturn (Z = 6) nach Gleichung (3) errechnen.

Für Sternfeldaufnahmen empfiehlt sich der Einsatz kurzer bis mittlerer Brennweiten (bis 135 mm). Größere Brennweiten stellen höhere Anforderungen an die Nachführungsgenauigkeit.

Bei Einsatz von NP 27 erhält man die erreichbare Grenzgröße aus der Beziehung  $m = 5 \lg D + 1.875 \lg T + 6.51$  (6)

m: erreichbare Grenzgröße (in Größenklassen)

D: Objektivdurchmesser (in mm)

T: Belichtungszeit (in min)

JÖRG LICHTENFELD

## Sterntag

**Aufgabe:** Bestimmen Sie durch die Beobachtung des Meridiantdurchganges eines hellen Sterns die Dauer einer Umdrehung der Erde!

**Geräte:** Schulfernrohr mit 16-mm-O-Okular und Strichkreuzeinsatz; Uhr

**Notwendige Vorkenntnisse:** scheinbare und wahre Bewegung; Definition der mittleren Sonnenzeit

**Einsatzmöglichkeiten:** Wahlkurs 1 (lt. Rahmenprogramm)

**Vorüberlegungen:** Die Zeitspanne zwischen zwei aufeinanderfolgenden oberen Kulminationen des Frühlingspunktes heißt *Sterntag*. Er wird in 24 Stunden, die Stunde in 60 Minuten zu jeweils 60 Sekunden Sternzeit eingeteilt. Durch die scheinbare Bewegung der Sonne längs der Ekliptik sind Sterntag und Sonnentag nicht gleich lang. Kulminieren an einem Tag die Sonne und ein Stern gleichzeitig, so passiert am folgenden Tag zuerst der Stern den Meridian. Da sich die Sonne in der Zwischzeit um etwa  $1^\circ$  auf der Ekliptik nach Osten verschoben hat, kulminiert sie für den gleichen Ort nahezu 4 Minuten später als der Stern. Um diesen Zeitabschnitt ist der mittlere Sonnentag im Durchschnitt länger als der mittlere Sterntag. Die exakte Beziehung lautet

$$1 \text{ Sterntag} = 0,997 \, 2696 \text{ Sonnentage} = 24 \text{ h Sternzeit} \\ = 23 \text{ h } 56 \text{ min } 4,1 \text{ s Sonnentzeit.}$$

**Durchführung der Beobachtung:** Je nachdem, welches Bildungsziel mit dieser Aufgabe verfolgt werden soll, gibt es zwei Möglichkeiten der Durchführung. Sollen die Kursteilnehmer neben der Ermittlung der Rotationsperiode der Erde gleichzeitig einen Einblick in historische astronomische Arbeitsmethoden bekommen, so muß das Schulfernrohr als „Meridiankreis“ oder „Passageinstrument“ eingesetzt werden. Dazu stellt man das Instrument exakt in Nord-Süd-Richtung auf und beobachtet im Gesichtsfeld des mit einem Strichkreuz versehenen 16-mm-Okulars die obere Kulmination eines Sterns. Der Zeitpunkt der Kulmination wird im Protokoll festgehalten. Im Abstand von zwei oder drei Tagen wird diese Beobachtung mehrfach wiederholt.

Soll im Mittelpunkt dieser Beobachtung lediglich die Ermittlung des Zahlenwertes stehen, dann kann sie auch als Hausbeobachtung ohne Fernrohr durchgeführt werden. Dazu muß von den Kursteilnehmern in der Horizontsilhouette ein markanter Punkt ausgewählt werden (siehe dazu Abb. 31/1 im Lehrmaterial „Astronomie und Raumfahrt“). Beobachtet man an mehreren Abenden von ein und demselben Standort aus die Passage eines bestimmten Sterns und hält den Zeitpunkt jeweils fest, so erhält man ebenfalls – im Rahmen der möglichen Genauigkeit – gute Werte für die Rotationsperiode der Erde.

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ 24 (1987) 4

**Auswertung:** Die ermittelten Zeitpunkte der Sternpassagen durch das Strichkreuz bzw. durch den gewählten Punkt der Horizontsilhouette notiert man in Form einer Tabelle.

Die Differenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Meßwerten ist der Unterschied zwischen der Dauer eines Sterntages und der eines Sonnentages. Sollten infolge ungünstiger Witterungsbedingungen zwischen zwei Messungen mehrere Tage liegen, so muß die Meßwertdifferenz durch die Anzahl der dazwischen liegenden Tage dividiert werden.

Es empfiehlt sich, für einen Stern mehrere Messungen durchzuführen, aus deren Ergebnissen dann ein Mittelwert gebildet wird.

Unsere Uhren zeigen mittlere Sonnenzeit an. Subtrahiert man den ermittelten Differenzbetrag von 24 Stunden, so erhält man die Dauer einer Umdrehung der Erde und damit die Dauer eines mittleren Sterntages.

### Beispiele:

Datum	Sirius	Differenz
14. 3. 1987	22 h 31 min 10 s	
18. 3. 1987	22 h 15 min 32 s	3 min 54 s
21. 3. 1987	22 h 04 min 00 s	3 min 51 s
22. 3. 1987	22 h 00 min 42 s	3 min 18 s
	Mittelwert:	3 min 41 s

Datum	Arktur	Differenz
8. 5. 1987	22 h 12 min 42 s	
9. 5. 1987	22 h 08 min 50 s	3 min 52 s
10. 5. 1987	22 h 05 min 17 s	3 min 33 s
14. 5. 1987	21 h 49 min 09 s	4 min 02 s
	Mittelwert:	3 min 49 s

**Bemerkungen:** Da sich die Definition des Sterntages auf die Kulmination des Frühlingspunktes bezieht, ist die Sternzeit eine Ortszeit. Für Orte auf  $0^\circ$  geographischer Länge und für den Zeitpunkt 0 h Weltzeit ist sie im „Kalender für Sternfreunde“ angegeben.

Für den beobachtenden Astronomen hat die Sternzeit eine nicht zu unterschätzende Bedeutung, denn für einen bestimmten Ort kulminiert ein und derselbe Stern täglich um die gleiche Sternzeit. Deshalb gilt an jedem Beobachtungsort

Sternzeit = kulminierende Rektaszension.

Der Winkel zwischen dem Stundenkreis eines Gestirns und dem Meridian heißt **Stundenwinkel**; er wird — wie die Rektaszension — in Stunden, Minuten und Sekunden, also in Zeitmaß, gemessen. Zwischen diesen Größen besteht der Zusammenhang

$$\text{Stundenwinkel} = \text{Sternzeit} - \text{Rektaszension}.$$

Damit man diese Beziehung für das Aufsuchen lichtschwacher Beobachtungsobjekte nutzen kann, muß zunächst die Ortssternzeit berechnet werden. (Die Rektaszension des betreffenden Objekts findet man im „Kalender für Sternfreunde“ oder in einem Sternkatalog.)

**Anleitung zur Berechnung des Stundenwinkels:** Die Rechnung setzt sich aus mehreren Teilschritten zusammen:

1. Berechnung der Sternzeit für den gewählten Beobachtungszeitpunkt (für 0° geographische Länge),
2. Korrektur der Sternzeit für den Beobachtungsort (dessen geographische Länge bekannt sein muß),
3. Berechnung des Stundenwinkels aus Sternzeit und Rektaszension. Der Rechenweg soll an einem Beispiel erläutert werden.

**Beispiel:** Andromedanebel, Rektaszension 0 h 40 min

Deklination + 41°

Beobachtungszeitpunkt: 20. 10. 1987, 19 h 30 min MEZ

Geographische Länge des Beobachtungsortes: 11° 92'

1. Umwandlung der MEZ in Weltzeit:  
19 h 30 min MEZ = 18 h 30 min Weltzeit (UT)  
(Während der Gültigkeit der Sommerzeit muß diese vorher in MEZ umgewandelt werden!)
2. Sternzeit am 20. 10. 1987, 0 h UT, aus dem „Kalender für Sternfreunde“ entnehmen (S. 43, letzte Spalte): 1 h 51,7 min

3. Umrechnung der Zeitspanne von 0 h UT bis 18 h 30 min UT in Sternzeit an Hand von Umrechnungstabellen, z. B. in AHNERT, Kleine Praktische Astronomie, Leipzig, 1983, S. 37:

Sternzeitäquivalent für 18 h	18 h 02,9 min
Sternzeitäquivalent für 30 min	30,1 min

4. Addition ergibt die Sternzeit um 19 h 30 min MEZ auf 0° geographischer Länge:  
1 h 51,7 min + 18 h 02,9 min + 30,1 min = 19 h 84,7 min  
= 20 h 24,7 min.

5. Korrektur der Sternzeit für den Beobachtungsort: Pro Grad Längendifferenz zu 0° geographischer Länge entsteht eine Zeitdifferenz von 4 min; deshalb ist die eben berechnete Sternzeit noch mit einer Zeitkorrektur zu addieren, die man (in Minuten) erhält, wenn man die geographische Länge des Beobachtungsortes mit 4 multipliziert:  
11° 92' entspricht 47,7 min; folglich ist die Sternzeit um 19 h 30 min MEZ auf 11° 92' geographischer Länge  
20 h 24,7 min + 47,7 min = 20 h 72,4 min  
= 21 h 12,4 min.

6. Der Stundenwinkel des Andromedanebels ist dann zum angegebenen Zeitpunkt für den genannten Beobachtungsort  
Sternzeit — Rektaszension; also  
21 h 12,4 min — 0 h 40 min = 20 h 32,4 min.

Stellt man am Stundenwinkelkreis des sorgfältig parallaktisch aufgestellten Schußfernrohrs den errechneten Stundenwinkel, am Deklinationskreis die Deklination des Andromedanebels (+ 41°) ein, so wird zum gewählten Beobachtungszeitpunkt der Andromedanebel im Gesichtsfeld zu sehen sein. Zum Aufsuchen empfiehlt sich die Verwendung des 40-mm-H-Okulars, das von den zum Schußfernrohr gelieferten Okularen das größte Gesichtsfeld hat.

JÖRG LICHTENFELD



## Der Gnomon

**Aufgabe:** 1. Bestimmen Sie mit Hilfe eines Gnomons (Schattenstabes) die Haupthimmelsrichtungen am Beobachtungsort!

2. Ermitteln Sie die geographischen Koordinaten des Beobachtungsortes!

**Geräte:** Gnomon (Selbstbau); Uhr

**Notwendige Vorkenntnisse:** scheinbare und wahre Bewegungen der Himmelskörper; Tagbogen der Sonne; Winkelfunktionen

**Einsatzmöglichkeiten:** Wahlkurs 1 (laut Rahmenprogramm); Wahlkurs 2 (laut Rahmenprogramm)

**Vorüberlegungen:** Der Gnomon oder Schattenstab zählt sowohl zu den ältesten als auch zu den einfachsten astronomischen Beobachtungsgeräten. Der Anwendung in der Astronomie liegt die Beobachtung zugrunde, daß sich die Länge des Schattens eines lotrecht aufgestellten Stabes nicht nur im Verlaufe eines Tages ändert, sondern für den wahren Mittag auch in den einzelnen Jahreszeiten nicht gleich lang ist. Den kürzesten Mittagsschatten erhält man im Sommer (am längsten Tag), den längsten im Winter (am kürzesten Tag). Das Beobachten des Mittagsschattens, der ja von Süden nach Norden verläuft, ermöglicht nicht nur das Bestimmen des wahren Mittags, sondern auch die Festlegung der vier Haupthimmelsrichtungen und die Ermittlung der Koordinaten des Beobachtungsstandortes. Bei Berücksichtigung einiger geometrischer Überlegungen kann die Rolle des Schattenstabes für das Entstehen des geometrischen Weltbildes im antiken Griechenland herausgearbeitet werden.

### Durchführung der Beobachtung:

1. **Bestimmung der Nord-Süd-Richtung:** In diesem Fall wird der Gnomon mit geeigneten Teilen des Universal-Stativmaterials realisiert (Stab von 1 m Länge und Stativfuß). Mit Hilfe der Stellschrauben kann der Schattenstab senkrecht eingestellt werden. Am vorgesehenen Aufstellungsort des Schulferrnhohrs wird dieser Schattenstab aufgestellt und zum Zeitpunkt des wahren Mittags die Schattenrichtung dauerhaft (Farbe oder farbiger Betonstreifen) markiert. Die auf diese Weise erzielte Genauigkeit reicht für die parallaktische Aufstellung des Schulferrnhohrs aus.

2. **Ermittlung der geographischen Koordinaten:** Um diese Aufgabe auswerten zu können, muß eine Form gefunden werden, die eine Bearbeitung am Schreibtisch erlaubt. Je länger der Schattenstab ist, desto genauer werden die ermittelten Koordinaten, gleichzeitig wächst aber auch die Unhandlichkeit des Versuchs. Als zweckmäßig hat sich der Selbstbau des Gnomons erwiesen. Dazu be-

nötigt man eine Grundplatte aus Holz im Format A3. In der Mitte einer langen Seite, etwa 1 cm vom Rand entfernt, schlägt man einen Nagel so in das Brett, daß er etwa 1,5 cm aus dem Brett herausragt; der Kopf des Nagels wird entfernt. Auf diesen Nagel wird eine kleine Kugelschreibermine gesteckt und lotrecht ausgerichtet (Abb. 1).

Auf einem Bogen Zeichenpapier werden konzentrische Halbkreise mit jeweils um 1 cm wachsendem Radius gezeichnet (Abb. 2). Der gemeinsame Mittelpunkt ist gleichzeitig der Durchstoßpunkt des Gnomons. Um auswertbare Daten zu erhalten, muß das Brett vormittags an einen den ganzen Tag über sonnigen Platz gestellt werden, so daß die Schattenspitze auf die konzentrischen Kreise fällt. Es muß jeweils der Zeitpunkt festgehalten werden, an dem die Schattenspitze die Peripherien der einzelnen Halbkreise berührt. Um eine ausreichende Genauigkeit zu erhalten, müssen etwa 3 bis 4 Werte vor und ebenso viele nach der Kulmination der Sonne ermittelt werden. Wenn die Witterungsverhältnisse es zulassen, hat man am Ende der Messungen auf jeder der Kreislinie zwei Meßpunkte. Für beide Teilaufgaben ist die verwendete Uhr mit dem Zeitzeichen des Rundfunks zu kontrollieren.

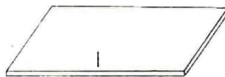


Abb. 1

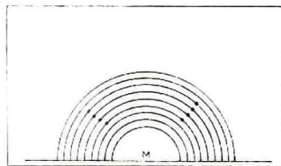


Abb. 2

### Auswertung:

**Ermittlung der geographischen Länge:** Die geographische Länge kann aus der Zeitdifferenz ermittelt werden, die sich ergibt, wenn man den durch die Beobachtung erhaltenen Kulminationspunkt der Sonne von dem im „Kalender für Sternfreunde“ angegebenen subtrahiert. Da der exakte Kulminationszeitpunkt sicher nicht in jedem Fall mit einer Messung zusammenfällt, muß dieser Wert zeichnerisch ermittelt werden. Dazu trägt man die Meßwertpaare in ein Koordinatensystem ein (Abszisse: Zeit; Ordinate: Schattenlänge), am besten auf Milli-

meterpapier. Da die gemessenen Schattenlängen durch die Radien der Halbkreise festliegen, ist die graphische Auswertung relativ einfach und genau. Verbindet man in der graphischen Darstellung die jeweils zusammengehörenden Punkte (d. h. die, die auf derselben Kreislinie liegen) durch eine Gerade und konstruiert dazu die Mittelsenkrechte, so erhält man den Zeitpunkt  $D_0$  des Meridiandurchgangs der Sonne für den Beobachtungsort.

Im „Kalender für Sternfreunde“ ist der Meridiandurchgang  $D$  der Sonne für jeden Tag auf  $15^\circ$  östlicher Länge angegeben. Bildet man die Differenz  $\Delta t = D_0 - D$ , so erhält man den Unterschied der Kulminationszeiten, aus dem unter Berücksichtigung der Beziehung  $4 \text{ min} \cong 1^\circ$  die Differenz  $\Delta \lambda$  zu  $15^\circ$  ö. L. errechnet werden kann. Die geographische Länge  $\lambda$  des Beobachtungsortes ergibt sich dann aus

$$\lambda = 15^\circ \text{ ö. L. } \pm \Delta \lambda.$$

Dabei gilt die Subtraktion für Orte, die westlich vom 15. Längengrad, und die Addition für Orte, die östlich davon liegen.

**Ermittlung der geographischen Breite:** Zwischen der geographischen Breite  $\varphi$ , der Kulminationshöhe  $h_s$  der Sonne und der Deklination  $\delta_s$  der Sonne besteht folgender Zusammenhang:

$$\varphi = 90^\circ - (h_s - \delta_s).$$

Die Kulminationshöhe  $h_s$  läßt sich aus der Schattenlänge  $l$  zum Zeitpunkt der Kulmination und der Höhe  $H$  des Gnomons ermitteln:

$$\tan h_s = \frac{H}{l}.$$

Die Länge  $l$  kann man aus der Zeichnung entnehmen, die zur Errechnung des Kulminationszeitpunktes nötig war. Dazu verbindet man alle Meßpunkte untereinander durch einen Kurvenzug, der seinen Extremwert (Minimum) an der Stelle des Kulminationszeitpunktes hat. Die so gewonnene Schattenlänge  $l$  kann zur Berechnung der geographischen Breite herangezogen werden.

**Beispiele:** Datum: 13. 3. 1987 Ort: Raumflugplanetarium Halle

Zeitpunkt							
9 h 57 min	10 h 15 min	10 h 38 min	11 h 15 min	13 h 28 min	14 h 06 min	14 h 27 min	
Schattenlänge (mm)							
130	120	110	100	100	110	120	

## 1. geographische Länge

Aus der graphischen Darstellung ergibt sich als Kulminationszeitpunkt  $D_0 = 12.22 \text{ Uhr}$

Angabe für  $15^\circ$  ö. L.: 12.09 Uhr

$$\Delta t = 13 \text{ min, d. h. } \Delta \lambda = 3.25^\circ \downarrow \lambda = 11.75^\circ \text{ ö. L.}$$

## 2. geographische Breite

Aus der graphischen Darstellung kann für den Zeitpunkt des Meridiandurchgangs der Sonne eine Schattenlänge  $l = 94 \text{ mm}$  entnommen werden. Die Höhe des Gnomons beträgt  $67 \text{ mm}$ . Daraus folgt

$$\tan h_s = 0.7128 \text{ und } h_s = 35.5^\circ.$$

Damit erhält man für die geographische Breite  $51.35^\circ$ .

**Bemerkung:** Da das Beobachtungsgerät leicht herzustellen und zu transportieren ist, kann diese Beobachtung den Schülern als Aufgabe über die Ferien gestellt werden. Für Kursleiter, die besonders an der Vermittlung von wissenschaftshistorischen Problemen interessiert sind, sei noch auf eine andere Anwendungsmöglichkeit hingewiesen.

Bestimmt man die Sonnenhöhe an zwei Orten, die in Nord-Süd-Richtung mindestens  $200 \text{ km}$  Luftlinie auseinanderliegen, gleichzeitig, kann mit den gewonnenen Werten der Erdumfang berechnet werden. Diese Variante ist eine Wiederholung des Verfahrens von ERATOSTHENES.

**Beispiel:** Am 22. 6. 1986 wurde die Sonnenhöhe gleichzeitig in Rostock und Halle bestimmt:

$$h_{\text{Rostock}} = 59.3^\circ \text{ bzw. } h_{\text{Halle}} = 61.5^\circ.$$

Daraus ergeben sich folgende Werte für die geographische Breite:

$$\varphi_{\text{Rostock}} = 54.1^\circ \text{ und } \varphi_{\text{Halle}} = 51.9^\circ.$$

Der Breitendifferenz von  $2.2^\circ$  entspricht eine lineare Entfernung von  $290 \text{ km}$  (ermittelt aus der Autokarte der DDR). Damit erhält man für den Erdumfang  $47454 \text{ km}$ . Das ist zwar nur eine sehr grobe Näherung, der Wert der Aufgabe liegt auch mehr darin, den Schülern die wissenschaftliche Leistung (Nachweis der Kugelgestalt der Erde) nahezubringen. Außerdem kann sich durch die Kontaktaufnahme mit einem FK (R) einer anderen Schule ein Erfahrungsaustausch über die übrige Arbeit anbahnen, der erzieherisch bedeutungsvoll werden kann.

JÖRG LICHTENFELD

## Entfernungsbestimmung bei Planeten

**Aufgabe:** Bestimmen Sie die Entfernung des Planeten Pluto unter Verwendung der parallaktischen Ellipse!

**Notwendige Vorkenntnisse:** Aufbau des Sonnensystems, scheinbare und wahre Bewegungen der Planeten, Winkelfunktionen

**Einsatzmöglichkeiten:** Wahlkurs 1 (lt. Rahmenprogramm)

**Vorüberlegungen:** Im obligatorischen Astronomieunterricht wird im Zusammenhang mit der jährlichen Bewegung der Erde und mit der Entfernungsbestimmung im Weltall der Begriff „Parallaxe“ behandelt; wegen der bei Parallaxenmessungen auftretenden sehr kleinen Winkel erfolgt aber keine praxisorientierte Anwendung (s. Lehrbuch S. 31 und S. 63 f.). Im fakultativen Kurs müssen bei der Behandlung der Keplerschen Gesetze die von der Erde aus beobachtbaren Schlußfolgerungen, die sich aus diesen Gesetzen ergeben, besprochen werden. Dazu gehören die Planetenbahnschleifen. Mit mathematischen Mitteln kann aus der Planetenbahnschleife die parallaktische Ellipse eines Planeten und daraus seine Entfernung gewonnen werden.

**Mathematische Grundlagen:** Eine Planetenbahnschleife entsteht durch die Überlagerung der wahren Bewegung eines Planeten mit der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne. Eliminiert man die wahre Bewegung des Planeten, so erhält man als scheinbare Bewegung des Planeten, die durch den Umlauf der Erde um die Sonne hervorgerufen wird, die parallaktische Ellipse.

Zu diesem Zweck bestimmt man zunächst einen größeren Zeitraum, für den die Planetenbewegung untersucht werden soll (z. B. ein Jahr). Die Koordinaten des Planeten zu Anfang und am Ende dieses Zeitraumes (seine Rektaszension  $\alpha$  und seine Deklination  $\delta$ ) seien  $\alpha_1$  bzw.  $\alpha_2$  und  $\delta_1$  bzw.  $\delta_2$ . Aus diesen Daten ermittelt man zunächst die Jahresbewegung in Rektaszension und Deklination durch Bildung der Differenzen

$$\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1 \text{ und } \Delta\delta = \delta_2 - \delta_1.$$

Den gewählten Zeitraum unterteilt man in  $n$  gleichgroße Abschnitte. (Die Genauigkeit, aber auch der Rechenaufwand steigen mit dem Betrag von  $n$ .) Die wahre monatliche Bewegung des Planeten ergibt sich nunmehr durch

$$m \cdot \frac{\Delta\alpha}{n} \text{ und } m \cdot \frac{\Delta\delta}{n} \text{ mit } m = 0; 1; 2; \dots; n-1.$$

Durch Subtraktion des Anteils der wahren Bewegung von der jeweiligen aktuellen Position des Planeten, die man z. B. dem „Kalender für Sternfreunde“ entnehmen kann, erhält man die reduzierten Koordinaten

$$\alpha_r = \alpha_{m+1} - m \cdot \frac{\Delta\alpha}{n} \text{ und } \delta_r = \delta_{m+1} - m \cdot \frac{\Delta\delta}{n};$$

wobei  $m$  ebenfalls die Werte 0; 1; 2; ...;  $n-1$  annimmt. Werden die so ermittelten reduzierten Koordinaten in die Arbeitskarte „Nördlicher Sternhimmel“ eingetragen und die erhaltenen Planetenörter miteinander verbunden, so ergibt sich die parallaktische Ellipse, die zu beobachten wäre, wenn der Planet unbeweglich in seiner Bahn verharrte.

Die große Halbachse dieser Ellipse ist gleich der Parallaxe  $p$ , aus der mit Hilfe der Sinusfunktion die Entfernung  $D$  zur Erde bestimmt werden kann:

$$\sin p = \frac{1 \text{ AE}}{D} \text{ bzw. } D = \frac{1 \text{ AE}}{\sin p}.$$

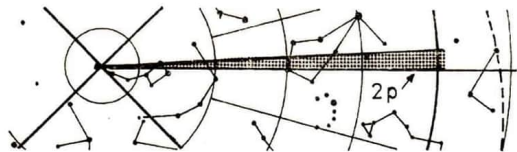
### Beispiel:

Bewegung des Planeten Pluto im Jahre 1988. (Die Planetenörter wurden in diesem Falle nicht dem „Kalender für Sternfreunde“ entnommen, sondern mit Hilfe eines mitteltgenauen Programms auf einem Computer errechnet.) Das Zeitintervall beträgt 28 d.

Datum	$\alpha$	$\delta$	$\alpha_r$	$\delta_r$
3. 1. 1988	14 h 58 min	-0°3	14 h 58 min	-0°3
31. 1. 1988	15 h 00 min	-0°2	14 h 59 min	-0°12
28. 2. 1988	15 h 00 min	0°0	14 h 58,6 min	-0°16
27. 3. 1988	14 h 59 min	0°3	14 h 56,9 min	0°54
24. 4. 1988	14 h 56 min	0°6	14 h 53,2 min	0°92
22. 5. 1988	14 h 53 min	0°8	14 h 49,5 min	1°2
19. 6. 1988	14 h 51 min	0°8	14 h 46,8 min	1°28
17. 7. 1988	14 h 50 min	0°6	14 h 44,2 min	1°16
14. 8. 1988	14 h 50 min	0°3	14 h 44,5 min	0°94
11. 9. 1988	14 h 52 min	-0°1	14 h 45,8 min	0°72
9. 10. 1988	14 h 55 min	-0°5	14 h 48,1 min	0°3
6. 11. 1988	14 h 59 min	-0°9	14 h 51,4 min	-0°02
4. 12. 1988	15 h 03 min	-1°2	14 h 54,7 min	-0°24
3. 1. 1989	15 h 07 min	-1°3	14 h 58 min	-0°3

Aus der Tabelle ergibt sich:  $\Delta\alpha = 9 \text{ min}$  und  $\Delta\delta = -1°3$ .

Für die wahre monatliche Bewegung erhält man demzufolge mit  $n = 13$  in Rektaszension den Wert  $m \cdot 0,69$  min und in Deklination den Wert  $m \cdot (-0^\circ 08')$ , wobei  $m$  die Zahlen von 0 bis 12 durchläuft. Die so ermittelten Koordinaten sind in der Tabelle in den Spalten 4 und 5 eingetragen. Zeichnet man entsprechende Punkte in die Arbeitskarte „Nördlicher Sternhimmel“ ein, so läßt sich der Winkel  $2p$  (die doppelte Parallaxe) durch direkte Messung ermitteln. Er beträgt im Beispiel  $4^\circ$ . Die daraus berechnete Entfernung des Pluto von der Erde beträgt  $D = 28,6$  AE.



**Bemerkungen:** Diese Aufgabe ist außerordentlich anspruchsvoll, da sie neben einem hohen Abstraktionsvermögen auch gute Rechenfertigkeiten voraussetzt. Wichtig bei der Behandlung ist, daß der Begriff der wahren monatlichen Bewegung anschaulich erläutert wird. Es empfiehlt sich deshalb, diese Aufgabe im Zusammenhang mit den scheinbaren und wahren Bewegungen der Planeten zu behandeln. Dabei müssen die Kursteilnehmer aufgefordert werden, die Bahn eines Planeten zu skizzieren und darzulegen, was zu beobachten wäre, wenn einmal die Erde stillstehen würde und nur der Planet sich bewegte und umgekehrt.

Das hier beschriebene Verfahren liefert ausreichend genaue Werte nur für Planeten jenseits der Jupiterbahn. Der mittlere Fehler wird dann unter 10 % liegen. Da mit zunehmendem Planetenabstand die Größe der parallaktischen Ellipse abnimmt, spielen Ungenauigkeiten beim Zeichnen eine entscheidende Rolle. Deshalb empfiehlt es sich, den Maßstab zu verändern. Für das gewählte Beispiel kann man die Ellipse auf Millimeterpapier zeichnen, dabei entspricht

einem Winkel von  $1^\circ$  eine Strecke von 5 cm. Da es sich in diesem Falle leichter arbeiten läßt, wenn beide Koordinaten in Gradmaß angegeben sind, enthält die folgende Tabelle die reduzierten Rektaszensionen in Grad.

Datum	$\alpha_r$
3. 1. 1988	224 $^\circ$ 5
31. 1. 1988	224 $^\circ$ 87
28. 2. 1988	224 $^\circ$ 75
27. 3. 1988	224 $^\circ$ 38
24. 4. 1988	223 $^\circ$ 33
22. 5. 1988	222 $^\circ$ 46
19. 6. 1988	221 $^\circ$ 46
17. 7. 1988	221 $^\circ$ 1

Datum	$\alpha_r$
14. 8. 1988	221 $^\circ$ 1
11. 9. 1988	221 $^\circ$ 6
9. 10. 1988	222 $^\circ$ 4
6. 11. 1988	222 $^\circ$ 9
4. 12. 1988	223 $^\circ$ 8
3. 1. 1989	224 $^\circ$ 5

Schüler der Klassenstufe 9 können die Entfernung auch zeichnerisch ermitteln. Dazu trägt man zunächst die Entfernung Erde–Sonne als Strecke ab (z. B. 1 cm lang). Dann errichtet man auf dem einen Endpunkt dieser Strecke eine Senkrechte, am anderen Endpunkt trägt man den Winkel  $\varphi = 90^\circ - p$  an. Der Schnittpunkt des freien Schenkels dieses Winkels mit der Senkrechten markiert die Position des Planeten. Die Länge der Hypotenuse des so entstandenen rechtwinkligen Dreiecks ergibt die Entfernung Erde–Planet. Bei dem angegebenen Maßstab entspricht die Länge in Zentimetern der Entfernung in AE.

JÖRG LICHTENFELD

## 1. Bau und Wirkungsweise des astronomischen Fernrohrs

Geräte:

- (1) Sechskantschiene, 1 m  
4 Klemmreiter, groß
- (2) Linse + 50
- (3) Linse + 150
- (4) Transparentschild
- (5) Leuchte
- (6) Transparentobjekt (Dia „L“)  
Stromversorgungsgerät für  
Niederspannung  
2 Verbindungsleiter

aus dem Unterrichtsmittel-  
satz „Optikbank“

Geräteanordnung:



Versuchsablauf:

- (1) Das Transparentobjekt wird in den Schiebeschacht der Leuchte eingesetzt und von hinten durchleuchtet.
- (2) Im halbverdunkelten Raum wird mittels der Linse + 150 ein scharfes Bild des Transparentobjekts auf dem Transparentschild entworfen. Das Objekt muß sich dabei mindestens 60 cm vom Bildschirm entfernt befinden. Die Schüler sollen gleichzeitig das Objekt und das Bild sehen können, um sich von der Bildumkehr zu überzeugen.
- (3) Die Linse + 50 wird als Lupe wenige Zentimeter vor den Transparentschild gesetzt. Einige Schüler betrachten durch diese Linse hindurch das umgekehrte Bild. Dabei wird jeweils vom Lehrer

kurzzeitig der Transparentschild entfernt. Während für die Schüler, die das Experiment von außen verfolgen, jeweils das Zwischenbild verschwindet, bestätigt der beobachtende Schüler, daß das vergrößerte umgekehrte Bild für ihn sichtbar bleibt und durch die Wegnahme des Transparentschildes sogar an Helligkeit und Schärfe gewonnen hat.

Methodische Hinweise:

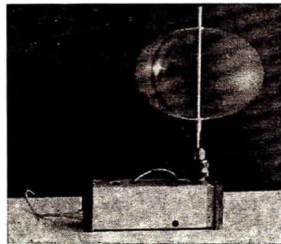
- (1) Die Linse + 150 ist Modell für das Objektiv, die Linse + 50 Modell für das Okular des astronomischen Fernrohrs.
- (2) Die Beziehung zwischen Modellexperiment und Realität läßt sich besonders eindrucksvoll herstellen, wenn den Schülern gleichzeitig mit dem Experiment das Schulfernrohr – und zwar in waagerechter Stellung, parallel zur Schiene der Optikbank – vorgestellt und eine Skizze des Strahlenganges an die Tafel gezeichnet wird. Auch diese Skizze sollte ein waagrecht orientiertes Instrument darstellen.

## 2. Abplattung der Erde

Geräte:

Experimentiermotor  
mit Spannfutter  
Abplattungsring

Geräteanordnung:





#### Versuchsablauf:

- (1) Nach dem Aufsetzen des Spannfutters auf die Motorwelle (auf festen Sitz achten!) wird die Achse des Abplattungsringes bis zum Anschlag in das Spannfutter eingeschoben und festgespannt.
- (2) Der Geschwindigkeitsregler an der Stirnseite des Motors wird auf „1“ gestellt und der Motor eingeschaltet.
- (3) Mit dem Drehzahlregler wird die Drehzahl so eingestellt, daß der Ring etwa die in Bild 2 gezeigte Form annimmt.

#### Methodische Hinweise:

- (1) Die Schüler sind auf die gegenüber der Erdrotation um ein Vielfaches vergrößerte Drehzahl aufmerksam zu machen. Ihnen kann zum Vergleich mitgeteilt werden, daß bei maßstäblich richtiger Abplattung der „Poldurchmesser“ des Abplattungsringes lediglich um 0,8 mm kürzer sein dürfte als der „Äquatordurchmesser“.
- (2) Die Schüler sollen bereits an dieser Stelle auf die Abplattung anderer Planeten hingewiesen werden (Lehrbuchabbildung 47/2 nutzen!).

### 3. Entstehung der Mondphasen

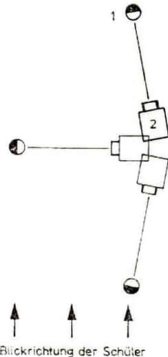
#### Geräte:

- (1) Weiße, undurchsichtige Kugel (z. B. Tennis- oder Tischtennisball), an einem Stab befestigt, auf Stativfuß
- (2) Diaprojektor

#### Versuchsablauf:

- (1) Im weitgehend oder vollständig verdunkelten Raum wird der Diaprojektor (ohne Schiebeschacht und ohne Dia; er dient lediglich als Lichtquelle) so aufgestellt, daß das divergente Licht die etwa 1,5 m entfernt befindliche Kugel beleuchtet

#### Geräteanordnung:



- (2) Durch Verändern der Stellung von Kugel und Projektor demonstriert der Lehrer, daß die von den Schülern wahrgenommenen Phasen von dem unterschiedlich großen Winkel Lichtquelle – Beobachter – Kugel (in der Natur: Sonne – Erde – Mond) abhängig sind. Dabei soll die Verbindungslinie Projektor – Kugel nacheinander unterschiedliche Winkel mit der Blickrichtung der Schüler einschließen.

#### Methodische Hinweise:

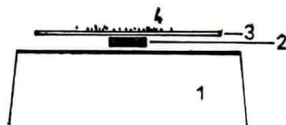
- (1) Der Winkel Sonne – Erde – Mond sollte von den Schülern auch in der Lehrbuchabbildung 30/1 aufgesucht werden.
- (2) Die Schüler sind darauf hinzuweisen, daß in der Natur anstelle der Bewegung der Lichtquelle relativ zum Beobachter eine Bewegung des Beobachters relativ zur Lichtquelle erfolgt.
- (3) Eine gleichzeitige Demonstration der Mondphasen am Tellurium ist ratsam. Sie zeigt die räumliche Anordnung von Erde, Mond und Sonne anschaulicher als das Experiment, steht diesem jedoch hinsichtlich der Deutlichkeit der Phasenerscheinungen erheblich nach

## 4. Magnetfeld eines Sonnenflecks

### Geräte:

- (1) Tageslichtprojektor POLYLUX
- (2) Maniperm-Magnetplättchen, zylindrisch
- (3) Glasplatte
- (4) Eisenfeilspäne

### Geräteanordnung:



### Versuchsablauf:

Das Magnetplättchen wird auf die Magnetträgerfläche (Schreibfläche) des Tageslichtprojektors gelegt, darauf die Glasplatte. Streut man nun Eisenfeilspäne auf die Glasplatte, dann ordnen sie sich in radialen Strukturen um den Magneten. (Gegebenenfalls muß nach dem Aufstreuen, das am besten mit einer Streubüchse, einem Salzstreuer o. ä. erfolgen sollte, ganz vorsichtig an die Glasplatte geklopft werden.)

### Methodische Hinweise:

- (1) Die Eisenfeilspäne bilden die Penumbrastruktur eines Sonnenflecks nach. Diese Struktur ist durch das auf den Beobachter weisende Magnetfeld des Flecks bedingt. Wir benutzen im Modellexperiment ebenfalls ein auf den Beobachter weisendes Magnetfeld.

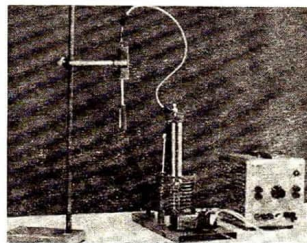
- (2) Die Schüler sollen darauf hingewiesen werden, daß die Magnetfelder in Sonnenflecken im Gegensatz zum Feld des Magnetplättchens sehr unregelmäßige Strukturen aufweisen.

## 5. Polarlichter

### Geräte:

- Spektralröhre (oder Vakuumskala nach Cross)
- Tesla-Transformator
- Stromversorgungsgerät für Niederspannung
- 3 Verbindungsleiter
- Krokodilklemme
- Stativmaterial

### Geräteanordnung:



### Versuchsablauf:

- (1) Die Geräte werden, wie Bild 2 zeigt, angeordnet. Der Tesla-Transformator ist mit Wechselspannung (Ausgang „2...20 V~“) aus dem Stromversorgungsgerät zu betreiben; der Stufenschalter des Gerätes steht dabei auf Stufe 9.
- (2) Die Spektralröhre – besonders geeignet sind Röhren mit Ne-, CO<sub>2</sub>- oder N<sub>2</sub>-Füllung – braucht nur einpolig angeschlossen zu werden.
- (3) Die Elektrodenbereiche der Spektralröhre sollten, wie im Bild 2,



mit schwarzem Papier umhüllt werden, so daß nur die Kapillare zu sehen ist.

- (4) Wenn anstelle der Spektrallöhre die Vakuumkala nach Cross eingesetzt wird, ist kein Stativmaterial erforderlich. In diesem Falle muß beachtet werden, daß – gemäß der 2. Anweisung zum Gesundheits- und Arbeitsschutz ... vom 12.9.1984 – nur die Röhren 1 bis 4 betrieben werden dürfen. Die Röhren 5 und 6 (das sind die Röhren mit den niedrigsten Innendrücken) dürfen nicht in Betrieb genommen werden.
- (5) Die von einem Tesla-Transformator erzeugten Spannungen sind zwar verhältnismäßig hoch, aber für den menschlichen Organismus völlig ungefährlich.

#### Methodische Hinweise:

- (1) Polarlichter entstehen bei der Wechselwirkung energiereicher Teilchen des Sonnenwindes mit Teilchen der Erdatmosphäre. Das Experiment zeigt ebenfalls die Wechselwirkung energiereicher Teilchen (Ionen und Elektronen) mit anderen Teilchen. Die kinetische Energie der Teilchen wird dabei in sichtbare Strahlung umgewandelt und erzeugt „ein Polarlicht in der Röhre“.
- (2) Die Schüler sollen selbständig finden, daß die Teilchen im Demonstrationsexperiment durch eine andere Energiequelle (ein elektrisches Feld) beschleunigt werden, als die Teilchen, die die Polarlichter bewirken. Diese werden durch das Magnetfeld der Erde eingefangen und beschleunigt.

## 6. Ablenkung von Ladungsträgern im Magnetfeld der Erde

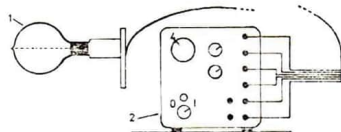
Die Röhrenfassung mit der Perrinschen Röhre wird an einem Stativ befestigt und die gekennzeichneten Anschlußleitungen werden mit den entsprechenden Ausgängen des Stromversorgungsgerätes verbunden. Diese sind, von oben nach unten:

- |   |                |           |
|---|----------------|-----------|
| + | Anodenspannung | } Heizung |
| — | Anodenspannung |           |
| + | Gitterspannung |           |
| — | Gitterspannung |           |

#### Geräte:

- (1) Perrinsche Röhre mit Fassung
- (2) Stromversorgungsgerät für Mittelspannung
- (3) Stativmaterial
- (4) Stabmagnet

#### Geräteanordnung:



#### Versuchsablauf:

- (1) Der Stufenschalter des Stromversorgungsgerätes (links oben) steht auf Stufe 4, beide Feinregler (neben den Ausgängen für Anoden- und Gitterspannung) sind bis zum Anschlag nach rechts zu drehen.
- (2) Nach dem Einschalten (Schalter links unten) leuchtet die Heizung der Röhre hell auf; nach wenigen Sekunden entsteht in der Röhre ein geradlinig verlaufender, rötlich leuchtender, fadenförmiger Strahl.
- (3) Nähert man den Magneten der Röhre, so nimmt der rötliche Strahl eine gekrümmte Form an. Die Ablenkung von der ursprünglichen Strahlrichtung erfolgt rechtwinklig zu dieser und rechtwinklig zur Richtung des Magnetfeldes.

#### Methodische Hinweise:

- (1) Der rot leuchtende Strahl entsteht durch die Wechselwirkung der Elektronen mit den Atomen des Füllgases in der Röhre (Neon). Er markiert den Weg der Elektronen; was man sieht, sind aber nicht die Elektronen selbst.
- (2) Nicht nur Elektronen, sondern alle Arten elektrisch geladener Teilchen können durch Magnetfelder abgelenkt werden.
- (3) Der Einfluß eines Magnetfeldes auf Ladungsträger, der in diesem Demonstrationsexperiment gezeigt wird, bewirkt in der Natur die Ablenkung der Teilchen des Sonnenwindes in die Polregionen der Erde.

KLAUS LINDNER

## 7. Kontinuierliches Spektrum

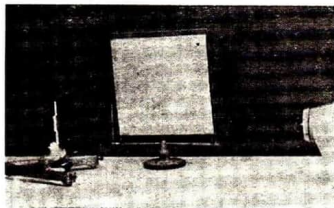
### Variante 1

#### Geräte:

Spaltdia } aus dem Unterrichtsmittelsatz  
Bildschirm } „Optikbank“

Diaprojektor  
Reflexionsgitter  
Stativmaterial

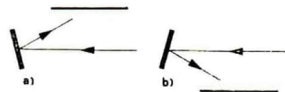
#### Geräteanordnung:



#### Versuchsablauf:

- (1) Das Spaltdia wird in den Projektor eingesetzt und auf den zunächst in 1 m ... 2 m Entfernung befindlichen Bildschirm scharf abgebildet. Dann wird das Reflexionsgitter etwa 0,5 m vor dem Bildschirm in den Strahlengang gebracht. Der Bildschirm wird nun so angeordnet, daß das vom Gitter reflektierte Licht auf ihn trifft (Bild 1), wobei die Entfernung Gitter-Bildschirm wiederum etwa 0,5 m betragen muß.

- (2) Auf dem Bildschirm muß sich jetzt ein helles, kontinuierliches Spektrum zeigen. Ist das Farbenband nur lichtschwach, so ist durch vorsichtiges Drehen des Gitters um die Senkrechte der günstigste Reflexionswinkel einzustellen. (Das Reflexionsgitter erzeugt mehrere Spektren; von denen das Spektrum 1. Ordnung das hellste ist.)
- (3) Läßt sich auf dem beschriebenen Wege kein helles Spektrum erzeugen, so ist die Seite, nach der das Licht reflektiert wird, zu ändern (Bild 2). Das Schul-Reflexionsgitter erzeugt nur in der Anordnung a) ein helles, kontrastreiches Spektrum.



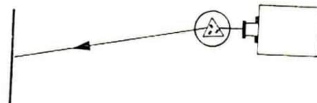
### Variante 2

#### Geräte:

Spaltdia } aus dem Unterrichtsmittelsatz  
Bildschirm } „Optikbank“

Prismatisch  
Dreikantprisma  
Diaprojektor  
Stativmaterial

#### Geräteanordnung:



#### *Versuchsablauf:*

- (1) Das Spaltdia wird in den Projektor eingesetzt und auf den in 1 m ... 2 m Entfernung befindlichen Bildschirm scharf abgebildet. Dann wird der Prismentisch mit dem Dreikantprisma in den Strahlengang gestellt. Damit das Spektrum auf dem Bildschirm erscheint, muß dieser ggf. seitlich verschoben werden.
- (2) Durch vorsichtiges Drehen des Prismas um die Senkrechte ist nun die Stellung zu finden, in der die Ablenkung des Lichtes ein Minimum wird.
- (3) Die Brillanz des Spektrums läßt sich dadurch verbessern, daß man einen Blendrahmen mit quadratischem Ausschnitt (aus dem Schülerübungsgerät Optik) unmittelbar hinter dem Prisma in den Strahlengang bringt. Der Rahmen hält das Licht zurück, das nicht vom Prisma gebrochen wird.

#### **Variante 3**

##### *Geräte:*

Spaltdia	} aus dem Unterrichtsmittelsatz
Bildschirm	

Prismen-tisch  
Geradsichtprisma  
Diaprojektor  
Stativmaterial

##### *Geräteanordnung:*

Die Geräteanordnung entspricht weitgehend der in Bild 3 dargestellten Anordnung, jedoch wird das Licht durch das Geradsichtprisma nicht merklich aus der Geraden abgelenkt. Dadurch erübrigt sich eine seitliche Verschiebung des Bildschirms.

##### *Versuchsablauf:*

- (1) Das Spaltdia wird in den Projektor eingesetzt und auf den in 2 m ... 4 m Entfernung befindlichen Bildschirm scharf abgebildet. Dann wird der Prismentisch mit dem Geradsichtprisma in den Strahlengang gebracht.

- (2) Siehe Variante 2.

##### *Methodische Hinweise:*

Die Schüler sollten darauf aufmerksam gemacht werden, daß eine Zerlegung des Lichtes in seine Bestandteile (Farben, Wellenlängen) sowohl durch Prismen als auch durch Gitter möglich ist.

**KLAUS LINDNER**

## 8. Emissionslinienspektrum

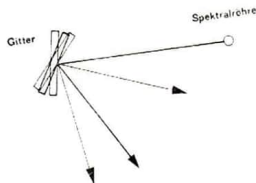
### Variante 1

#### Geräte:

Spektralröhre  
Tesla-Transformator  
Stromversorgungsgerät für Niederspannung  
3 Verbindungsleiter  
Krokodilklemme  
Stativmaterial  
Reflexionsgitter

vgl. Experiment Nr. 5  
(Karteikarte 2)

#### Geräteanordnung:



#### Versuchsablauf:

- (1) Die Spektralröhre wird, wie im Experiment Nr. 5 (Karteikarte 2) beschrieben, in Betrieb genommen. Besonders geeignet ist eine Röhre mit Neon-Füllung. Das Reflexionsgitter wird mit Hilfe von Stativmaterial etwa 1 m von der Spektralröhre entfernt angeordnet.
- (2) Die Schüler beobachten das Spektrum der leuchtenden Kapillare im Reflexionsgitter wie in einem Spiegel. Ein Spalt ist nicht erforderlich. Damit das Spektrum von allen Schülern gesehen werden kann, dreht der Lehrer das Gitter **sehr langsam** um die senkrechte Achse.

#### Methodische Hinweise:

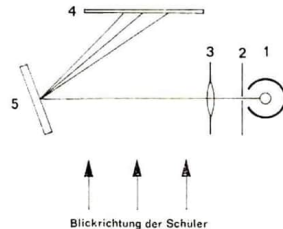
- (1) Die Emissionslinien sind bei dieser Variante des Experiments zwar deutlich getrennt zu sehen, die Abstände zwischen ihnen erscheinen von den Schülerplätzen aus jedoch relativ gering. Die Schüler sollten deshalb zu exaktem Beobachten angehalten werden.
- (2) Die Schüler sind darauf hinzuweisen, daß durch die Unterscheidung zwischen Emissions- und Absorptionslinienspektrum bzw. zwischen Emissionslinienspektrum und Kontinuum auf den physikalischen Zustand der Lichtquelle geschlossen werden kann.

### Variante 2

#### Geräte:

- |   |   |
|---|---|
| (1) Quecksilberdampf Lampe mit Vorschaltgerät | } aus dem Unterrichtsmittelsatz „Optikbank“ |
| (2) Spalt dia                                 |   |
| (3) Abbildungslinse                           |   |
| (4) Bildschirm                                |   |
| (5) Reflexionsgitter                          |   |
| (6) Stativmaterial                            |   |

#### Geräteanordnung:



#### *Versuchsablauf:*

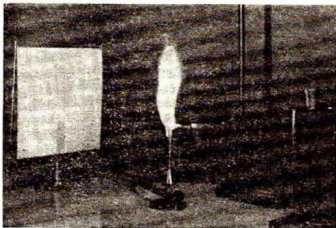
Bei diesem Experiment sind die Angaben zum Ablauf des Experiments 7, Variante 1 (Karteikarte 3), sinngemäß anzuwenden. Das Spektrum erscheint hell und deutlich auf dem Bildschirm.

## 9. Absorption des Lichtes durch Gase

#### *Geräte:*

Natriumdampf Lampe mit Vorschaltgerät  
Bunsenbrenner  
Federklammer  
Glasrohr, mit Kochsalz gefüllt  
Glasrohr, mit Kupfersulfat gefüllt  
Bildschirm  
Stativmaterial

#### *Geräteanordnung:*



#### *Versuchsablauf:*

- (1) Das Licht der Natriumdampf Lampe wird auf den Bildschirm gerichtet. Zwischen Lampe und Schirm wird der Bunsenbrenner angeordnet; er soll mit entleuchteter Flamme brennen, so daß auf dem Bildschirm die Luftschlieren zu sehen sind.

- (2) Das mit Kochsalz gefüllte Glasrohr wird in die Flamme gehalten. Die Flamme färbt sich gelb, auf dem Bildschirm zeigt sich ein kräftiger, dunkler Schatten.
- (3) Das mit Kupfersulfat gefüllte Glasrohr wird in die Flamme gehalten. Es entsteht eine intensive blaugrüne Flammenfärbung, auf dem Bildschirm ist jedoch kein Schatten zu sehen.

#### *Methodische Hinweise:*

- (1) Da mit einfachen Mitteln die Demonstration eines Absorptionslinienspektrums schwierig ist, beschränkt sich dieses Experiment auf die Demonstration des Absorptionsvorganges.
- (2) Der leuchtende Natriumdampf in der Flamme absorbiert das Licht der Natriumdampf Lampe. Der entstehende Schatten wird jedoch nicht von der „undurchsichtigen“ Flamme erzeugt; dann müßte ein gleicher Effekt auch bei der Flammenfärbung durch ein Kupfersalz auftreten. Durch das Kontrollexperiment mit dem Kupfersalz wird den Schülern verdeutlicht, daß der Natriumdampf nur das Licht der Wellenlänge absorbiert, die er selbst aussendet. Auf diesen Unterschied zwischen einfacher Abschattung und (selektiver) Absorption ist hinzuweisen.

KLAUS LINDNER

## 10. Jährliche Parallaxe der Sterne

### Geräte:

Modell zweier Sterne

Stabtaschenleuchte oder Optikleuchte

### Geräteanordnung:



Das Modell zweier Sterne besteht aus zwei Kugeln aus beliebigem Material (Durchmesser ca. 1 cm), die an unterschiedlich langen dünnen Fäden an der Zimmerdecke aufgehängt sind. Zweckmäßig ist, die Aufhängefäden an einem Holzstab zu befestigen. Die Fäden sollen rund 0,5 m bzw. 1,5 m lang sein.

### Geräteanordnung:

(Bild 1)

### Versuchsablauf:

Im verdunkelten Unterrichtsraum werden die beiden Modellsterne von unten mit gerichtetem Licht (Stabtaschenleuchte, Optikleuchte) angeleuchtet. Dabei wird die Leuchte parallel zu sich selbst mit mäßiger Geschwindigkeit im Kreis bewegt. Die Schüler beobachten die Bewegungen, die die Schatten der Modellsterne an der Zimmerdecke beschreiben.

### Methodische Hinweise:

- (1) Auffällig sind bei diesem Modellexperiment sowohl die unterschiedlichen Durchmesser der Kugelschatten als auch die unter-

schiedlich großen kreis- bzw. ellipsenähnlichen Bahnen, die die Schatten an der Zimmerdecke beschreiben. Die Schüler sind dazu anzuhalten, ihre Aufmerksamkeit den Bahnen zuzuwenden.

- (2) Das Experiment modelliert die Entstehung der parallaktischen Ellipsen zweier Sterne beim Umlauf der Erde um die Sonne. Die Blickrichtung des Beobachters auf der Erde wird durch die Ausbreitungsrichtung des Lichtes der Leuchte dargestellt, die Umlaufbewegung der Erde durch die Bewegung der Leuchte. Die Schattenbahnen an der Zimmerdecke werden von einem mit der Leuchte mitbewegten Beobachter als scheinbare Bahnen der beiden Modellsterne „gesehen“.
- (3) Der fernere – im Schattenbild kleinere – Modellstern beschreibt eine kleinere, der nähere Modellstern eine größere parallaktische Bahn.
- (4) Unter Zuhilfenahme der Lehrbuchabbildung 73/2 und/oder einer Skizze (ggf. Folie) entsprechend der Abbildung in „Astronomie in der Schule“ 20 (1983) 4, S. 91, ist den Schülern der Zusammenhang zwischen dem beobachtbaren Radius der parallaktischen Bahn und der Parallaxe zu erläutern. Damit gelingt es, die Meßbarkeit des „Winkels am Stern“ plausibel zu machen.

## 11. Temperatur und Farbe eines Sterns

### Geräte

- |  |   |
|--|---|
| (1) Sechskantschiene, 1 m                | } aus dem Unterrichtsmittelsatz „Optikbank“ |
| 3 Klemmreiter, groß                      |   |
| (2) Optikleuchte                         |   |
| (3) Spaltdia                             |   |
| (4) Linse +150                           | } oder Reflexionsgitter                     |
| Bildschirm                               |   |
| (5) Prismatisches Prisma                 |   |
| Stativmaterial                           |   |
| Stromversorgungsgerät für Niederspannung |   |
| 2 Verbindungsleiter                      |   |





(Bild 2)

*Versuchsablauf:*

- (1) Mittels der Linse  $+150$  wird im verdunkelten Unterrichtsraum auf dem ca. 1,5 m von der Optikleuchte entfernten Bildschirm ein scharfes Bild des Spaltdias entworfen. Dabei ist die Lampenspannung am Stromversorgungsgerät an den mit „0...20 V~“ gekennzeichneten Buchsen abzunehmen; der Stufenschalter des Gerätes steht zunächst auf Stufe 6. Das Prisma bzw. Reflexionsgitter wird vorläufig noch nicht eingesetzt. Die Schüler werden aufgefordert, auf die Farbe des Spaltbildes zu achten.
- (2) Der Stufenschalter des Stromversorgungsgerätes wird nacheinander auf die Stufen 5, 4, 3, ... geschaltet; dadurch wird die an der Glühlampe anliegende Spannung verringert. Dabei verringert sich auch die Stromstärke und folglich die Temperatur der Glühwendel. Es tritt eine Verringerung der Helligkeit und eine zunehmend stärkere Rötung des Spaltbildes auf.
- (3) Mit Hilfe des Prismas (Reflexionsgitters) wird ein kontinuierliches Spektrum des Glühlichtes auf dem Bildschirm entworfen (vgl. dazu Experiment Nr. 7, Karteikarte 3). Dabei soll zunächst der Stufenschalter des Stromversorgungsgerätes wieder auf Stufe 6 stehen.
- (4) Durch allmähliches Verringern der Spannung (Stufenschalter auf 5, 4, 3, ...) wird wiederum die Temperatur des Glühfadens verringert. Die Schüler sind anzuhalten, auf die Zusammensetzung des Spektrums zu achten. Dessen blauer und violetter Anteil werden relativ zum roten Anteil zunehmend schwächer.

*Methodische Hinweise:*

- (1) Das Experiment besteht aus zwei Teilen, die die gleiche Erscheinung verdeutlichen sollen: Die Verringerung der Temperatur eines Strahlers (Stern; Glühlampe) bewirkt eine Veränderung der Zusammensetzung (Farbe; Spektrum) des von ihm ausgestrahlten Lichtes. Wichtig ist, daß die Schüler sich nicht nur auf die auffällige Helligkeitsänderung konzentrieren, sondern die Farbänderung bzw. die Intensitätsänderung der Farbbereiche im Spektrum beachten.
- (2) Die Schüler sind darauf aufmerksam zu machen, daß bei Glühwendeln aus Metall zwar die gleichen Farben des ausgesandten Lichtes auftreten wie bei Sternen, daß jedoch wegen der anderen physikalischen und chemischen Parameter die entsprechenden Temperaturen nicht übereinstimmen. (Z. B. entspricht Gelbglut bei Stahl einer Temperatur von 1400 K, bei Sternen dagegen deutet gelbliches Licht auf eine Photosphärentemperatur von 5500 K.)

**KLAUS LINDNER**



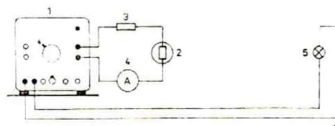
## 12. Lichtelektrische Photometrie

Geräte:

- (1) Stromversorgungsgerät für Niederspannung
- (2) Fotowiderstand
- (3) Schichtwiderstand ca. 50 Ohm
- (4) Strommesser (DsD oder Demomeß; Meßbereich 0 ... 10 mA)  
Verbindungsleiter
- (5) Glühlampe 6 V mit Fassung

Geräteanordnung:

Versuchsablauf:



- (1) Die Glühlampe wird mit zwei langen Verbindungsleitern an die Buchsen „0“ und „6,3 V“ des Stromversorgungsgerätes angeschlossen. Der Stufenschalter des Gerätes ist auf Stufe 4 einzustellen.
- (2) Im verdunkelten Unterrichtsraum wird die Glühlampe etwa 0,5 m von dem Fotowiderstand entfernt angeordnet. Der Strommesser ist dabei so aufzustellen, daß seine Skale von der Glühlampe beleuchtet wird und die Schüler die Möglichkeit haben, die Anzeige selbst abzulesen.

- (3) Durch Verändern des Abstandes zwischen Fotowiderstand und Glühlampe wird demonstriert, daß der Zeigerausschlag am Meßgerät ein Maß für die Intensität und damit für die Helligkeit der am Fotowiderstand auftreffenden Strahlung ist.
- (4) Eine zusätzliche Variante des Experiments besteht darin, die Glühlampe mit einer geringeren Spannung als 6 V zu betreiben und so anzuordnen, daß der Zeigerausschlag am Meßgerät den gleichen Wert aufweist wie bei der unter (2) beschriebenen Anordnung.

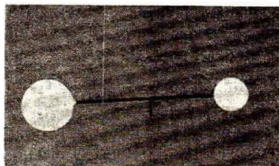
Methodische Hinweise:

- (1) Das Experiment gehört zur Stoffeinheit 2.2.1. und demonstriert eine Möglichkeit, die scheinbare Helligkeit eines Sterns objektiv zu messen. Das Experiment ist dementsprechend zu interpretieren; der Begriff Photometrie sollte im Unterricht nicht verwendet werden. Die Schüler sind darauf hinzuweisen, daß für eine bestimmte Geräteanordnung eine eindeutige Beziehung zwischen der empfangenen Strahlungsintensität und der gemessenen Stromstärke besteht.
- (2) Die zusätzliche Variante ermöglicht, den Zusammenhang zwischen Leuchtkraft, Entfernung und scheinbarer Helligkeit eines Sterns zu veranschaulichen. Der Begriff Leuchtkraft ist den Schülern aus der Stoffeinheit 2.1. bekannt. Er kann bei der Demonstration und Erörterung des Experiments mit dem Begriff absolute Helligkeit verbunden werden.

### 13. Doppelstern

#### Geräte:

Modell eines Doppelsterns



Das Modell eines Doppelsterns besteht aus zwei Kugeln mit unterschiedlichen Durchmessern, die auf einen dünnen Stab aufgesteckt sind. Der Stab ist in seinem Schwerpunkt an einem Faden aufgehängt. Das Experiment läßt sich als Freihandversuch durchführen; auf Stativmaterial kann verzichtet werden.

#### Versuchsdurchführung:

- (1) Man läßt das Modell in einer etwa waagerechten Ebene um seinen Schwerpunkt rotieren.
- (2) Man läßt das Modell in einer deutlich gegen die Waagerechte geneigten Ebene um seinen Schwerpunkt rotieren.
- (3) Man läßt das Modell sehr langsam so rotieren, daß – von den Plätzen der Schüler aus gesehen – die beiden Modellsterne einander bedecken.

#### Methodische Hinweise:

- (1) Mit den Schülern ist zu erarbeiten, weshalb das Modell in mehrfacher Hinsicht erheblich von der Realität abweicht:  
Doppelsterne
  - sind nicht starr miteinander verbunden,
  - durchlaufen ihre Bahnen nicht mit konstanten Geschwindigkeiten,
  - rotieren in der Regel nicht gebunden.Auf die Gültigkeit des 3. Keplerschen Gesetzes für die Bewegungen der beiden Komponenten eines Doppelsterns ist hinzuweisen.
- (2) Das Experiment soll im Teil (2) ausdrücklich darauf aufmerksam machen, daß die Bahnebenen der Doppelsterne unterschiedlich gegen die Blickrichtung geneigt sind. Eine Vorzugsrichtung ist nicht zu erkennen.
- (3) Das Modell eignet sich gut zur Demonstration des Bedeckungsvorganges bei Bedeckungssternen und läßt erkennen, wie der Lichtwechsel zustande kommt.

**KLAUS LINDNER**

## Karteikartenreihe „Unterrichtsmittel für das Fach Astronomie“

### Ziele dieser Reihe

- Geschlossener Überblick über die vorhandenen Unterrichtsmittel unter Einbeziehung von Mitteln, die nicht vom Institut für Unterrichtsmittel der Akademie der Pädagogischen Wissenschaften herausgegeben worden sind. Letztere sollen helfen, das Unterrichtsmittelangebot zu erweitern.
- Darstellung der Einsatzmöglichkeiten von UM bzw. ganzer UM-Komplexe in Anlehnung an den Lehrstoff von Einzelstunden bzw. ganzer Stoffeinheiten (UM = Unterrichtsmittel).
- Empfehlungen zu Lehrer- und Schülertätigkeiten an speziellen Unterrichtsmitteln.
- Nachweis über den Standort des UM (Zugriffsbedingungen) und über Bestellmöglichkeiten.

### Gliederung der Reihe

- Karte 1: **Leitkarte** mit Zielstellung, allgemeinen Orientierungen zum Inhalt der Einzelkarten und Zusammenstellung der benutzten Abkürzungen und Symbole
- Karte 2: Schulfernrohr „Telementor“ mit Zusatzgeräten und Projektionsfolie Fernrohr
- Karte 3: Wandkarten, Drehbare Sternkarte (inkl. Projektionsfolie dazu); Schülerarbeitskarten, Anschauungstafeln
- Karte 4: Geräte und Modelle, wie Tellurium, Planetenschleifengerät; Globen ...
- Karte 5: Geräte für Demonstrationsexperimente
- Karte 6: Filme und Kassettenfilme
- Karte 7: Bild- und Tonbildreihen der APW
- Karte 8: Bild- und Tonbildreihen der URANIA; Schulfernsehsendungen
- Karte 9: UM zur Bewegung des Systems Erde–Mond
- Karte 10: UM zum Erdmond und zu Planetenmonden
- Karte 11: UM zu den Keplerschen Gesetzen und zur Planetenbewegung
- Karte 12: UM zur Physik der Planeten und zu Kleinkörpern
- Karte 13: UM zu den Ergebnissen und Aufgaben der Raumfahrt
- Karte 14: UM zur Sonne
- Karte 15: UM zur Physik der Sterne (Schwerpunkt: HRD, Spektren)
- Karte 16: UM zur Systematisierung und zur Geschichte der Astronomie
- Karten 17 und 18: UM-Selbstbau (Prinzipien, Anleitungen; Beispiele)

## Inhaltsangaben

KK 2 soll neben der kurzen Vorstellung der UM besonderen Wert auf die direkte Arbeit legen. Dagegen dienen die KK 3 bis 8 vorwiegend dem Bekanntmachen mit den Mitteln. Die Karten 9 bis 16 wiederum verzichten auf die Beschreibung der UM zugunsten der Hinweise zur praktischen Arbeit mit den UM-Komplexen (KK = Karteikarte).

## Erläuterungen der Abkürzungen in den Karteikartentexten

A	– Atlas der Erdkunde für die Klassen 7 bis 11
AK	– Arbeitskarte (für die Hand der Schüler)
ASch	– Zeitschrift „Astronomie in der Schule“
AT	– Anschauungstafel
BfU	– Bezirksstelle
KfU	– Kreisstelle
	} für Unterrichtsmittel
BM	– Bildmappe „Astronomische Objekte“
Ex	– Experiment
F	– Film
KF	– Kassettenfilm
TF	– Tonfilm
FS	– Fernsehsendung
GAP	– Gesamtausstattungsplan für Unterrichtsmittel
GM	– Geräte, Modelle
LB	– Lehrbuch
OS	– Oberschule (Standort)
PF	– Projektionsfolie
R	– Bildreihe
RU	– Bildreihe der URANIA
TR bzw. TRU	– Tonbildreihe
SBA	– Selbstbauanleitung
SKUS	– Bestell-Nr. beim Staatlichen Kontor für UM
UM	– Unterrichtsmittel
WK	– Wandkarte

**Erzieherische Funktionen** werden auf den Einzelkarten in Verbindung mit den Stundenzielen gesondert herausgearbeitet.

## 1. Das Schulfernrohr „Telementor“ (SKUS-Nr. 30 003 1; Standort: Schule)

### 1.1. Grundausrüstung:

Rohrmontierung mit C-Objektiv 63/840 und Diopter-Sucher; Zwischenstützen und Okularsteckhülse; Montierung T für azimutale und parallaktische Aufstellung; Holzdreibeinstativ; Huygens-Okular  $f = 25$  mm; orthoskop. Okular  $f = 16$  mm (mit Strichkreuzmikrometer-Einsatz; Okular  $f = 40$  mm; Vierfach-Okularrevolver; Sonnenprojektionsschirm; Sechskant-Imbusschlüssel; Staubpinsel; Poliertuch.

### 1.2. Zusatzausrüstung

Farbglas-Okularrevolver, Sonnenobjektivfilter SFO 63 (mit 5 Neutralfiltern), Mondglas, Marsglas; Okularspektroskop (direkt durch den VEB C. ZEISS zu beziehen).

Das Fernrohr existiert in 2 Varianten

- (1) mit Einstellfassung für einen maximalen Fokussierbereich von 35 mm (ältere Ausführung)
- (2) mit Innenfokussierung für einen Fokussierungsbereich von 100 mm (neuere Ausführung).

### 1.3. Daten

Auflösungsvermögen des Objektivs  $1''/8$ .

Erreichbare Grenzhelligkeit (theoretisch)  $11 \text{ m} \pm 5$ .

Sonnenbildgröße, Fokalbild  $\varnothing = 7,3$  mm

auf Projektionsschirm (mit Okular  $f = 25$ -H)  $\varnothing \approx 100$  mm

Okular $f$ in mm	Ver- größerung $N$	Austritts- pupille $A_p$ in mm	geometrische Lichtstärke $L$	Sehfeld $\omega$
40	21 x	3,0	9,0	$2^\circ 03'$
25	34 x	1,9	3,5	$1^\circ 08'$
16	53 x	1,2	1,5	$48'$
12,5	67 x	0,9	0,9	$39'$

Berechnung der Daten nach

$$N = \frac{f_{\text{Obj.}}}{f_{\text{Oku}}} \quad A_p = \frac{D_{\text{Obj.}} \cdot f_{\text{Oku}}}{f_{\text{Obj.}}} \quad L = \frac{D_{\text{Obj.}} \cdot A_p}{N} \quad \omega \approx 10 \frac{D_{\text{Obj.}} \cdot f_{\text{Oku}}}{(f_{\text{Obj.}})^2}$$

## 2. Projektionsfoliensatz „Aufbau und Funktion des astronomischen Fernrohres“ (SKUS-Nr. 30 737 6; Standort: Schule)

### 2.1. Aufbau (Grundfolie und vier Überdeckfolien)

**Grundfolie:** Das Linsensystem des astronomischen Fernrohres

Oben: Objektiv und Okular mit optischer Achse und gemeinsamem Brennpunkt. Darstellung der Objektiv- und Okularbrennweiten.

Unten: wie oben, allerdings sind die Objektiv- und Okularbrennpunkte auf der optischen Achse auseinandergezogen, um die Bildentstehung darstellen zu können.

**Deckfolie 1:** Die Wirkung des Objektivs

Oben: Begrenzung des Lichtbündels und Lichtbrechung (Refraktion) zum Brennpunkt

Unten: Entstehung eines reellen Zwischenbildes durch Brenn- und Mittelpunktstrahl

**Deckfolie 2:** Die Wirkung des Okulars

Oben: Lichtbündelbegrenzung am Okular

Unten: Entstehung des virtuellen Hauptbildes durch Brenn- und Mittelpunktstrahl

**Deckfolie 3:** Die beiden Hauptfunktionen des Fernrohres

Oben: Verdichtung des Energiestromes, der in das Objektiv einfällt (Intensitätsgewinn abhängig vom Objektivdurchmesser)

Unten: Vergrößerung des Seh winkels

**Deckfolie 4:** Die Bauteile des Fernrohres (Rohr und Okularauszug); Auge des Beobachters

### 2.2. Einsatz der Folie

Der Foliensatz ist – stets in Verbindung mit dem Schulfernrohr – im

☉ **Astronomieunterricht** vornehmlich bei der Einführung in die Beobachtung, evtl. auch vor Beginn des Beobachtungsabends einsetzbar, an dem mit dem Fernrohr gearbeitet werden soll.

☉ **Physikunterricht** der Kl. 6 Stoffabschnitt „Optische Geräte“, falls das astronomische Fernrohr dafür als Beispiel gewählt wird.

In jedem Falle sollte beim Einsatz der Folie davon ausgegangen werden, daß es sich um Stoffvermittlung, nicht um Wiederholung handelt.

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ 19 (1982) 2 – Fortsetzung Rückseite

### 3. Didaktisch-methodische Hinweise

Die Behandlung des astronomischen Fernrohrs (FR) kommt einer Erstvermittlung von Wissen gleich, die unter der Thematik „Einführung in die Beobachtung“ erfolgt. Dabei sollten grundsätzlich das Schulfernrohr und der Projektionsfoliensatz (PF) in wechselseitiger Bedingtheit einbezogen werden.

Unter der Zielstellung, die „Wechselbeziehungen zwischen Technik und astronomischer Forschung“ kann die Vorstellung des Fernrohrs durch die Frage motiviert werden: *Was muß ich vom Fernrohr wissen, um Gesehenes richtig zu verstehen?*

Nach der Beschreibung der Teile des FR und seiner Aufstellung werden die beiden Hauptfunktionen (jedes FR-Typs) an Hand der PF erarbeitet: Der Intensitätsgewinn durch die Verdichtung des einfallenden Energiestromes und die Vergrößerung (des Seh winkels). Es ist rationell, zuerst die Grundfolie mit eingeklappter Deckfolie 4 zu zeigen, die zusammen den FR-Aufbau im Schema darstellen. Danach wird Deckfolie 4 ausgeklappt, um an Hand der Grundfolie und Deckfolie 1 die Begriffe Brennpunkt, Brennweite und Zwischenbild aus Physik, Klasse 6, zu rekapitulieren und zu festigen. Dazu sollte unbedingt eine vorbereitende Hausaufgabe gestellt worden sein: *Wiederholen Sie die Begriffe und die Brechung des Lichtes an Linsen (nach (1))!* Im Unterrichtsgespräch oder durch Schülervortrag wird durch zusätzliches Einblenden der Deckfolie 3 die Ausgangssituation geschaffen, um mittels Deckfolie 4 die beiden wichtigen Erkenntnisse zu erarbeiten:

- Je größer der Durchmesser des Fernrohrobjektivs ist, desto mehr kann von der vom Beobachtungsobjekt ankommenden Energie aufgefangen und genutzt werden. Der Intensitätsgewinn ist direkt abhängig vom Durchmesser des Fernrohrobjektivs.

Nach dieser Erkenntnis sollten weitere Fernrohre (Großgeräte) im Bild betrachtet werden, z.B. LB-Bilder 10/1 und 10/2 und/oder aus Bildreihe R 823, Bilder 3 und 5. Dabei ist zu begründen, weshalb Großgeräte als Spiegelteleskope ausgelegt werden.

- Je größer die Brennweite des FR-Objektivs, desto höhere Vergrößerungen des Seh winkels werden möglich. Und: Je stärker die Vergrößerung, desto geringer die Helligkeit pro Flächeneinheit.

Nach dieser Erkenntnis sollten Bilder astronomischer Objekte betrachtet werden. Als geeignete Auswahl sind zu empfehlen:

- LB-Bild S. 61 („Pferdekopfnebel“) und LB-Bild S. 72 (Ausschnitt aus Milchstraßensystem) als Beispiele für Intensitätsgewinn und Vergrößerungsmöglichkeit unter Einsatz der Fotografie.
- LB-Bild S. 11 (Saturn) und LB S. 62 und 64 (Sonne mit Sonnenflecken) als Beispiel für die Vergrößerungsmöglichkeit.

Stehen eigene Aufnahmen (z. B. vom Erdmond) zur Verfügung, dann sollten sie zum Vergleich mit den Mondbildern der Bildmappe (BM) benutzt werden.

Unmittelbar vor der Beobachtung mit dem FR sollten wiederholt werden: die bildumkehrende Wirkung und die beiden Hauptfunktionen des astronomischen Fernrohrs.

**Erzieherisch** ist darauf zu achten, daß die Schüler vor dem Blick durch das Fernrohr das Beobachtungsobjekt unbedingt mit bloßem Auge betrachten und in seiner scheinbaren kosmischen Umgebung identifizieren. Nachdem das Objekt im FR isoliert gesehen wurde, muß dem Schüler bewußt werden, daß der Gewinn an Einzelheiten durch die FR-Beobachtung nur durch den Verzicht auf die „Gesamtschau“ (die Isolation) zu erreichen ist.

Über die praktische Handhabung des FR beim Beobachten vgl. (2).

#### Literatur:

- (1) **Physik in Übersichten**. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1980; S. 163–165.
- (2) H. J. NITSCHMANN: **Einige notwendige Hinweise für den Gebrauch des Schulfernrohrs „Telementor“**. In: *Astronomie in der Schule* 18 (1981), 3, S. 70–72.

HEINZ ALBERT



## 1. Sternkarten

### 1.1. Wandkarte „Nördlicher Sternhimmel“ (SKUS-Nr. 30 825 6)

Dargestellt wird der sichtbare Bereich des Sternhimmels für die geografische Breite von Berlin (52,5°N) in einem abstandstreuen, stereografischen Entwurf mit dem Gradnetz der Stunden- und Deklinationskreise sowie der Ekliptik.

### 1.2. Drehbare Schülersternkarte (SKUS-Nr. 30 995 6)

Die Darstellung des Sternhimmels entspricht verkleinert der Wandkarte. Die drehbare durchsichtige Deckscheibe dient zur Einstellung des Datums und der Uhrzeit.

**Einsatzmöglichkeiten:** Haupteinsatzbereich ist der Lehrplanabschnitt 1.2.2. „Orientierung am Sternhimmel“. Die drehbare Sternkarte besitzt vorrangig den Charakter eines Arbeitsmittels zur Förderung der Schülertätigkeit. Neben der Demonstration des sichtbaren Teiles des Sternhimmels ergibt sich eine Vielzahl von Aufgaben: Bestimmung der Zeiten des Auf- und Unterganges, der Kulmination, der Sichtbarkeitsdauer, der Kulminationshöhe, der Höhe und des Azimutes, der Deklination und Rektaszension sowie der Zusammenhänge zwischen dem Horizont- und Äquatorsystem. Ähnliche Aufgaben sind auch für Sonne, Mond und Planeten möglich, deren Positionen im Gradnetz zu fixieren sind. Spätere Stoffgebiete erfordern ebenfalls die Arbeit mit der Sternkarte, um wichtige Objekte (Sterne, Sternhaufen, Nebel), die in der Astrophysik behandelt werden, aufzufinden.

### 1.3. Schiefertuchkarte „Tierkreiszone“ (SKUS-Nr. 30 900 7)

Auf zwei Feldern wird in Zylinderprojektion der ekliptiknahe Teil des Sternhimmels bis zur Deklination von  $\pm 34^\circ$  dargestellt. Die Umrandung enthält die Einteilungen für die Deklination und die Rektaszension, die Ekliptik ist gestrichelt, Sternbildbezeichnungen sind nicht enthalten.

### 1.4. Arbeitskarte „Tierkreiszone“ (SKUS-Nr. 30 985 1)

Das Kartenbild gleicht in starker Verkleinerung dem der Schiefertuchkarte.

**Einsatzmöglichkeiten:** Diese Karten sind ein wichtiges Hilfsmittel, um

Astronomie in der Schule 20 (1983) 1

Beobachtungen zu protokollieren. Den Sternbildern des Tierkreises, vor denen sich die wechselvollen Bewegungen und Erscheinungen darstellen, kommt damit eine besondere Bedeutung zu.

Die Bewegung des Mondes und die Entstehung seiner Phasen können mit Hilfe dieser Karten gut dargestellt werden. Dies trifft auch für das Vorüberwandern an hellen Sternen bzw. Planeten zu. Der Einsatzbereich liegt an den Lehrplanabschnitten 1.3.1. sowie 1.4.1. Von besonderem Wert ist die Aktualisierung der Karte nach den Angaben des „Kalenders für Sternfreunde“.

Didaktisch ergeben sich bei der Arbeit mit diesen Karten zweierlei Möglichkeiten:

- Die beobachteten Objekte werden eingezeichnet.
- Entsprechend ihren Koordinaten werden die Objekte eingezeichnet, um sie dann am Himmel aufzusuchen. Dieses Vorgehen ist erforderlich, wenn z. B. die Beobachtung eines Planeten aus Zeitgründen nicht möglich ist.

Bei der Maniperm-Ausführung lassen sich Applikationen (Sonne, Mond, Planeten, Bezeichnung der Tierkreissternbilder) verwenden. Für den gesamten Bereich des Tierkreises kann für die Hand des Schülers auch ein viertelliger Stempelsatz vom VEB Lehrmittel In Meißen bezogen werden.

### 1.5. Arbeitskarte des nördlichen Sternhimmels (SKUS-Nr. 30 986 8)

Die kartografische Grundlage dafür bildet die drehbare Sternkarte (Grundscheibe) in einer vereinfachten Darstellung. Das Kartenbild enthält das Gradnetz, die Sternbilder sind nicht bezelchnet.

**Einsatzmöglichkeiten:** Wiederholung und Leistungskontrolle in der Lehrplaneinheit 1.2.2. Hauptanliegen ist auch hier die Förderung der Selbsttätigkeit sowie die Schulung der Beobachtungsfähigkeit. Die Karte eignet sich zum Eintragen von Merklinien (Alignements), wie z. B. des Sommer-Herbst-Dreiecks. Ferner können die Positionen wichtiger Beobachtungsobjekte (s. Kalender für Sternfreunde) zum leichteren Auffinden gekennzeichnet werden. In der außerunterrichtlichen Tätigkeit ergibt sich eine Reihe von Arbeitsmöglichkeiten, wie das Eintragen von Meteoriten und Kometen. Die Arbeitskarte kann mit wenig Aufwand in eine drehbare Sternkarte verwandelt werden.



## 2. Anschauungstafeln

### 2.1. Anschauungstafel „Horizontsystem“ (SKUS-Nr. 30 850 4)

### 2.2. Anschauungstafel „Äquatorsystem, rotierender Himmel“ (SKUS-Nr. 30 851 2)

Es handelt sich um Darstellungen von Vertikalschnitten durch die scheinbare Himmelskugel, um Kugelabbildungen. Im Interesse der Anschaulichkeit und der räumlichen Wirkung wurde für den Horizont- und Parallelkreis die Ellipsenform gewählt. Auf die Darstellung von Details ist verzichtet worden, um das Wesentliche herauszustellen und die zu erarbeitenden Begriffe deutlich hervorzuheben. Die Tafeln sollen plakativ und einprägsam wirken.

**Einsatzmöglichkeiten:** Ebenfalls zum Lehrplanabschnitt 1.2.2. gehörend, bilden diese AT wichtige Voraussetzungen zum Verständnis der Grundlagen der Positionsastronomie. Da das Horizontsystem unserem räumlichen Empfinden entspricht, ist es leichter als das Äquatorsystem verständlich. Die Schüler sollen aus der AT nicht nur eine klare Vorstellung über Höhe und Azimut erhalten, sondern sollen auch in die Lage versetzt werden, mit diesen Begriffen zu arbeiten. Bei der Erarbeitung des Äquatorsystems sind zuerst die Unterschiede gegenüber dem Horizontsystem zu beachten: Die Höhe wird vom Horizont gemessen – die Deklination (ebenfalls ein Höhenwinkel) dagegen vom Himmelsäquator. Den Ausgangspunkt für die Azimutzählung bildet der Meridian – für die Rektaszension (ebenfalls ein Seitenwinkel) der Frühlingspunkt. Auch sind Vergleiche mit dem Gradnetz der Erdkugel anzustreben, um den Schülern verständlich zu machen, daß die astronomischen Koordinatensysteme nichts grundsätzlich Neues sind, sondern lediglich eine Übertragung von Bekanntem auf die Himmelskugel – mit anderen Bezeichnungen. Höhe bzw. Deklination entsprechen der geographischen Breite, Azimut und Rektaszension der geographischen Länge.

### 2.3. Anschauungstafel „Spektralklassen der Fixsterne“ (SKUS-Nr. 30 852 0)

Im oberen Teil ist das Kontinuum enthalten, darunter die Sternspektren der Klassen B, A, F, G, K und M. Die Wellenlängen sind in Nanometern angegeben. Es ist erkennbar, wie sich das Intensitätsmaximum der Strahlung mit der Abnahme der effektiven Temperatur in Richtung zum langwelligeren Teil verlagert. Mit Rücksicht

auf die Anforderungen der Schulastronomie ist die Anzahl der Absorptionslinien stark reduziert worden, wobei es nur auf die charakteristischen Linien ankommt, wie 5 H-Linien, je eine He-, Mg- und Ne-Linie.

Für die Beschriftung der einzelnen Spektralklassen wurde diejenige Farbe gewählt, unter der der betreffende Stern am Himmel erscheint.

**Einsatzmöglichkeit:** Der Schwerpunkt wird auf dem Lehrplanabschnitt 2.2.2. liegen. Dabei sind einzelne Merkmale hervorzuheben sowie Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen den einzelnen Spektralklassen festzustellen, um Verallgemeinerungen zu bilden und daraus Kenntnisse zu gewinnen:

- Feststellen der Lage des Intensitätsmaximums im kontinuierlichen Teil der einzelnen Spektren
- Herausarbeiten der Merkmale der Klassen B, A und F einerseits und der Klassen G, K und M andererseits
- Charakterisierung der Stärke der Balmerlinien in den einzelnen Spektralklassen
- Erklärung des Linienreichtums der Klassen K und M.

### 2.4. Anschauungstafel „Hertzsprung-Russell-Diagramm“ (SKUS-Nr. 30 853 7)

**Einsatzmöglichkeiten:** Lehrplanabschnitte 2.2.2. (Ausgewählte Zustandsgrößen der Sterne) und 2.2.3. (Sternentwicklung). Es kann gezeigt werden, daß es bei gleicher Temperatur Sterne mit verschiedenen Leuchtkräften gibt und daß dadurch Aussagen über die Radien der Sterne gemacht werden können. Vor der Einführung des HRD sind die Zustandsgrößen, besonders Temperatur und Leuchtkraft, zu wiederholen. Nach Erlangung der Sicherheit in der Arbeit mit dem HRD sind die Schüler in der Lage, den Entwicklungsweg eines Sternes im HRD zu verstehen. Die Erkenntnis ist wichtig, daß das HRD nicht nur ein Zustandsdiagramm, sondern auch ein Entwicklungsdiagramm darstellt.

Wir verweisen dabei auch auf die Arbeitsmöglichkeiten mit der Projektionsfolie „HRD“.

## 1. Globen

- 1.1. **Erdglobus** (SKUS-Nr. 139905; physikalisch) mit graduiertem Halbmeridian und um  $23,5^\circ$  geneigter Rotationsachse.
- 1.2. **Induktions-(Schiefer-)Globus** (SKUS-Nr. 259904) mit Gradnetz, graduiertem Halbmeridian.

*Einsatzmöglichkeiten:* Erd- und Induktionsglobus sind bei Behandlung der Erdrotation in den Lehrplanabschnitten 1.2.1. „Die Erde und der irdische Raum“ und 1.2.2. „Orientierung am Sternhimmel“ sowohl für die Wiederholung der geographischen Koordinaten (als Voraussetzung des Verständnisses der Koordinaten an der scheinbaren Himmelskugel) einsetzbar, als auch für die Erläuterung der scheinbaren Bewegungen der Gestirne. Mit Hilfe des Induktionsglobus läßt sich – in Verbindung mit der WK „Nördlicher Sternhimmel“, der drehbaren Sternkarten und der ihr zugehörigen Demonstrationsfolie – die Einführung der astronomischen Koordinaten (rotierendes Äquatorsystem) vorbereiten.

- 1.3. **Mondglobus** (zentrale Lieferung) mit Topographie der Mondoberfläche und Gradnetz.

*Einsatzmöglichkeiten* sind bei den Lehrplanabschnitten 1.3.2. „Zur Physik des Mondes“ und 1.3.3. „Die Entwicklung unserer Kenntnisse über den Mond“ sowie bei 1.5. „Die Entwicklung der Vorstellungen über das Planetensystem“ in Verbindung mit Einzelbildern der Bildreihen R 823 (Astronomie I), R 748 (Astronomische Ergebnisse der Astronautik), RU „Nikolaus Kopernikus“ oder RU „Entdecker des Himmels“ vorhanden (s. unter „Didaktisch-methodische Hinweise“).

Der aus früheren Jahren von SKUS gelieferte Mondglobus mit den durch die sowjetische Sonde Luna 3 fotografierten Teilen der erdabgewandten Mondhälfte sollte unbedingt beim Lehrplanabschnitt 1.3.3. als Vergleichsmodell genutzt werden, um das Entwicklungstempo der Mondforschung seit Einsatz der Raumfahrttechnik anschaulich zu demonstrieren.

## 2. Tellurium

(SKUS-Nr. 300023)

Das Tellurium ist ein handbetriebenes Modell mit einer metallenen Sonnenkugel auf einem ruhenden Sockel.

Unterhalb der Modellsonne setzt ein zerlegbarer Arm an, der in einem Gehäuse endet, in dem das Getriebe für die Erdrotation und die Umlaufbewegung des Mondes um die Modellerde untergebracht ist. Ein Rändelring über dem Getriebegehäuse ermöglicht, die Neigung der Mondbahnebene zu verändern (Überhöhung). Das Mondmodell besteht aus einer etwa 3 cm großen Plasthohlkugel, die auf einem Draht befestigt ist, der wiederum in einen freischwingenden Viertelmeridian eingehängt wird. Die Modellerde – mit ausziehbarer Rotationsachse – läßt sich sowohl senkrecht als auch mit geneigter Rotationsachse durch einfache Steckverbindung über dem Getriebe anbringen. Am Tragarm für Erde und Mond ist ein abwinkelbarer Pfeil zur Demonstration der jahreszeitlichen Zenitstände der Sonne angebracht.

In der Modellsonne ist eine 6-V-Punktlichtquelle untergebracht (Kleintrafo und 2 Verbindungsleitungen aus Physik notwendig), die das Modellsystem Erde-Mond mittels einer in die „Sonnen“-Wandung eingelassenen optischen Linse beleuchtet.

*Einsatzmöglichkeiten:* Bei der Behandlung der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne, der Bewegungen des Mondes, der Erklärung der Mondphasen und der Finsternisse sowie bei der Wiederholung der irdischen Jahreszeiten (Lehrplanabschnitt 1.2. und 1.3.) ist das Tellurium als Demonstrationsmittel sowohl für die Hand des Lehrers als auch des Schülers geeignet.

Aus früheren Jahren befinden sich an den Schulen noch zwei andere Ausführungen dieser Modellart: Das Tellurium TL 03 (mit elektrischem Antrieb) und das handbetriebene Kleintellurium mit Reflektor. Während ersteres allen Anforderungen gerecht wird, genügt das letztere den Ansprüchen im Astronomieunterricht nicht mehr.

## 3. Planetenschleifengerät

(SKUS-Nr. 300072)

Das Planetenschleifengerät ist ein mit 4 verschiedenen Geschwindigkeitsstufen ausgelegtes und durch eine Kurbel per Hand zu betreibendes Gerät, das in Verbindung mit einer 6-V-Spannung lichtoptische Effekte zu zeigen gestattet.

Der das Getriebe beharbergende Grundkörper ist durch Herausdrauen eines Fußes neigbar. Das Getriebe versetzt Hohlachsen in gleichsinnige Umdrehungen mit unterschiedlichen Drehzahlen. Auf der inneren Achse sitzt die Modellsonne. Die innere Achse trägt einen kurzen, die äußere Achse einen langen Arm. Diese Arme nehmen die Planetenhalterungen auf und dienen der Stromzuführung für

die Projektionseinrichtung zur Demonstration der scheinbaren Planetenbewegungen an einer beliebigen Projektionsfläche (Modellsphäre). Die Planeten werden als durchbohrte Kugeln dargestellt, die auf die Planetenhalter gesteckt werden. Die mittleren Sonnenabstände und die Umlaufzeiten der Planeten werden im richtigen Verhältnis dargestellt, dagegen stimmen die Größen nicht; beide Kugeln sind gleich groß, wobei die rote für den ausgewählten Planeten, die blaue Kugel für die Erde gedacht ist. Während am langen Arm der Planetenhalter starr befestigt ist, sind auf dem kurzen Arm vier Markierungen (für Merkur, Venus, Mars, Jupiter) angebracht, um die richtigen Sonnenabstände schnell zu finden. Gleiche Markierungen befinden sich am Grundkörper für die Wahl der richtigen Geschwindigkeitsstufe der Umläufe von Erde und Planet. Der lange Rotationsarm ist vertikal schwenkbar. Dadurch wird auf einem Führungsring eine überhöhte Neigung der Planetenbahnen zueinander erreicht. Die Projektionseinrichtung wird so angeordnet, daß der Projektor stets auf die rote Kugel (Auswahlplanet), die Gegenhalterung über die blaue (Erd-)Kugel gesteckt wird, wodurch die Blickrichtung Erde-Planet-Sphäre eindeutig bestimmt ist. Die energieübertragenden Verbindungseile (in der Gegenhalterung aufgespult untergebracht) zwischen beiden Projektionsteilen veranschaulichen zudem die wechselnden Entfernungen zwischen Erde und Planet. Projektor, Gegenhalterung und Modellsonne leuchten zusätzlich nach oben, wodurch an der Zimmerdecke die heliozentrische Situation darstellbar werden soll. Letztere Demonstrationsmöglichkeit erfordert bei vielen Geräten eine Nachjustierung der Lämpchen. (Weitere Einzelheiten s. Beiheft, das dem Gerät vom Hersteller beigegeben ist.)

**Einsatzmöglichkeiten:** Das Gerät erleichtert die Aufdeckung des Zusammenhangs von Wesen und Erscheinung am Beispiel wahrer und scheinbarer Planetenbewegungen (Lehrplanabschnitt 1.4.1.). Die Begriffe *innere* und *äußere Planeten* werden schnell erfaßt. Die Sichtbarkeitsbedingungen der inneren wie der äußeren Planeten und die Oppositionsschleifen lassen sich in ihren funktionalen Zusammenhängen aus der jeweiligen geozentrischen und heliozentrischen Konstellation (in Verbindung mit den entsprechenden Lehrbuchabbildungen) ableiten. Das Planetenschleifengerät läßt sich auch beim Lehrplanabschnitt 1.4.4. „Künstliche Kleinkörper“ (z. B. Flugbahn einer Planetensonde) einsetzen.

#### 4. Didaktisch-methodische Hinweise

**Zum Erd- und Induktionsglobus:** Beide Modelle sind am effektivsten einsetzbar bei der Einstimmung der Schüler auf die Behandlung der räumlichen Koordinaten sowie der Interpretation beobachtbarer

Erscheinungen an der scheinbaren Himmelskugel. Befestigt man auf dem Globus in einem beliebigen Beobachtungsort einen Vollkreiswinkelmesser als Modellhorizont mittels eines senkrecht dazu stehenden Nagels (Zenitrichtung), dann lassen sich mit Hilfe von Gummibändern vom Beobachtungsort auf dem Modell zu verschiedenen Raumpunkten die Begriffe Auf- und Untergang, Kulmination, die unterschiedlichen Auf- und Untergangsorte bzw. Kulminationshöhen, aber auch die Koordinaten Azimut und Höhe (incl. deren Veränderungen) in räumlicher Anschauung einführen, auf die drehbare Sternkarte leichter übertragen und bei der direkten Beobachtungsübung festigen.

**Zum Mondglobus:** Dieses Modell sollte grundsätzlich vor Betrachtung der Mondkarte im Lehrbuch und vor der Mondbeobachtung gezeigt werden, um den Schülern von Anfang an bewußt zu machen, daß sie es beim Fernrohrbild und der Mondkarte mit den ebenen Abbildungen eines kugelähnlichen Körpers zu tun haben.

Die Topographie des Mondes ist stets im Vergleich zwischen eigener Fernrohrbeobachtung, photographischer Abbildung und Mondglobus zu behandeln. Folgende Dias stehen dafür zur Verfügung (empfohlene Auswahl): Ringgebirge Alphonsus am Fernrohr und von Mondsonde fotografiert (R 748, B. 3–5) – Landschaft um Clavius (R 823, B. 7) – Teil der Rückseite des Mondes und Mondboden (R 823, B. 7 und 10) – Mondforschung mit raumfahrttechnischen Mitteln und Mondgestein (in RU „Entdecker des Himmels“, B. 41 sowie in RU „Planeten“, B. 22–24) – Mondzeichnung von Galilei (in RU „Nikolaus Kopernikus“, B. 22). Die gebundene Rotation des Mondes sollte in Verbindung von Mondglobus, Tellurium und Dia (in RU „Planeten“, B. 5) behandelt werden.

**Standort** (für die UM 1–3): Schule.

HEINZ ALBERT

**Vorbemerkung**

Die vorliegende Karteikarte enthält eine Zusammenstellung aller für physikalische Demonstrationsexperimente im Astronomieunterricht benötigten Unterrichtsmittel. Soweit erforderlich, werden diese Unterrichtsmittel in kurzer Form beschrieben. Durchführung und methodische Einbindung der Demonstrationsexperimente in den Astronomieunterricht sind Inhalt einer gesonderten Karteikartenreihe, die sich an die Reihe „Unterrichtsmittel für das Fach Astronomie“ anschließen wird.

Die in runde Klammern gesetzten Zahlen geben die für die Durchführung der Experimente erforderliche Stückzahl des jeweiligen Unterrichtsmittels an.

**1. Unterrichtsmittel aus der Grundausrüstung****1.1. Diaprojektor (1)****1.2. Tageslichtprojektor „Polylux“ (1)****1.3. Zeigestab (1).****2. Unterrichtsmittel, die selbst herzustellen bzw. zu beschaffen sind****2.1. Doppelsternmodell (1)**

Es besteht aus zwei unterschiedlich großen Kugeln, die an den Enden eines Stabes (Holz, Metall) befestigt sind. Die Kugeln (es könnten z. B. kleine Bälle aus Plast verwendet werden) erhalten einen mattweißen Anstrich.

**2.2. Sternmodell für die Demonstration der Parallaxe (1)**

Zwei gleichgroße Kugeln (Durchmesser etwa 1 cm) aus beliebigem Material (Holz, Knetmasse) werden mittels dünner Fäden in unterschiedlichen Höhen an der Decke des Unterrichtsraumes über dem Lehrertisch befestigt.

**2.3. Glasplatte (1)**

Die Platte, die zur Demonstration der Magnetfelder in Sonnenflecken benötigt wird, sollte mindestens die Größe einer Postkarte, höchstens die Abmessungen  $24 \times 24$  cm aufweisen.

**2.4. Maniperm – Magnetplättchen (1)**

Durchmesser etwa 2 cm

**2.5. Leuchtsplatt (1)**

Der Splatt ist aus zwei zwischen Dia-Gläsern gefaßten Rasierklingen herzustellen; die Splattbreite sollte etwa 0,5 mm betragen.

**2.6. Glasstab oder Glasrohr (1)**

Länge etwa 20 cm

**2.7. Kochsalz**

Das Kochsalz wird zum Färben einer Bunsenflamme benötigt; es sind nur wenige Gramm erforderlich.

**2.8. Taschenlampe (1)**

oder andere Experimentierleuchte (Reuterlampe).

**2.9. Mondmodell aus dem Tellurium (1)**

Das Mondmodell wird aus dem Tellurium ausgebaut und mit dem Ende des Haltedrahtes senkrecht in einer Bohrung einer Grundplatte (Holz; etwa  $7 \times 7$  cm) aufgestellt.

**3. Unterrichtsmittel aus der Physik (Mechanik)****3.1. Stativmaterial**

Mindestbedarf: 2 große V-Füße, 3 Stativstäbe mittlerer Länge, 2 kurze Stativstäbe, 5 Kreuzklemmen, 1 Federklemme mit Stiel

**3.2. Experimentiermotor (1)**

Der Motor wird mit Spannfutter versehen und über eine schutzisolierte Anschlußleitung (Form des Anschlußsteckers beachten!) mit dem 220-V-Netz verbunden.

**3.3. Abplattungsmodell (1)**

Das Gerät wird zur Demonstration der Erdabplattung verwendet. Es besteht aus einer Achse und zwei darauf befestigten Kreisringen aus Bandstahl, die die Gestalt einer Kugel andeuten. Die Achse wird in das Spannfutter des Experimentiermotors eingespannt.



#### 4. Unterrichtsmittel aus der Physik (Elektrizitätslehre)

##### 4.1. Stromversorgungsgerät für Niederspannung (1)

Das Gerät wird über eine schutzisolierte Anschlußleitung (Form des Anschlußsteckers beachten!) mit dem 220-V-Netz verbunden. Es liefert Gleich- und Wechselspannung im Bereich zwischen 0 V und etwa 20 V.

##### 4.2. Stromversorgungsgerät für Mittelspannung (1)

Das Gerät wird über eine schutzisolierte Anschlußleitung (Form des Anschlußsteckers beachten!) mit dem 220-V-Netz verbunden. Es liefert Gleichspannung im Bereich zwischen 0 V und etwa 500 V sowie Wechselspannungen von 4 V, 6,3 V und 12,6 V.

##### 4.3. Tesla-Transformator (1)

Das Gerät dient zur Bereitstellung einer zum Betreiben von Spektralröhren ausreichend hohen Wechselspannung (mehrere tausend Volt), die aber dank ihrer hohen Frequenz für den menschlichen Körper ungefährlich ist. Es wird an die Wechselspannungsbuchsen des Stromversorgungsgerätes für Niederspannung angeschlossen (Stellschalter auf Stufe 10). Die Hochspannung kann einpolig an der Spitzenelektrode abgenommen werden.

##### 4.4. Drehspul-Demonstrations-Meßinstrument DsD (1)

Das Instrument dient der Messung von Spannungen oder Stromstärken. Die Skalen sind auswechselbar; in Verbindung mit dem Fotowiderstand ist die Skala 0 mA ... 10 mA (Gleichstrom) zu verwenden.

##### 4.5. Gleitwiderstand (1)

Der Widerstand wird in Potentiometerschaltung eingesetzt; er soll mit 5 A belastbar sein und einen Widerstandswert von 10 Ohm bis 20 Ohm aufweisen.

##### 4.6. Spektralröhren (mindestens 2 unterschiedliche Röhren)

Die Röhren sind jeweils einpolig mit der Spitzenelektrode des Tesla-Transformators zu verbinden. Mit Wasserstoff, Helium oder Neon gefüllte Röhren ergeben die eindrucksvollsten Emissionsspektren.

##### 4.7. Perrinsche Röhre mit Fassung (1)

Die Röhre dient zur Demonstration der Ablenkung geladener Teilchen im Magnetfeld. Zu ihrem Betrieb ist ein Stromversorgungsgerät für Mittelspannung erforderlich.

##### 4.8. Stabmagnet (1)

##### 4.9. Eisenfeilespäne

##### 4.10. Glühlampen (2)

Die Lampen sollen mit gleicher Spannung zu betreiben sein, aber deutlich unterschiedliche Leistungen aufweisen. Werden 6-V-Lampen („Taschenlampenbirnen“) benutzt, so können sie mit den entsprechenden Fassungen auf Grundbretter aus dem Schüler-Experimentiergerät Elektrik aufgesteckt werden.

##### 4.11. Verbindungsleiter (6)

Länge: 0,5 m oder 1 m

##### 4.12. Fotowiderstand (1)

Verwendbar ist z. B. der Fotowiderstand aus dem Baukastensystem ELEKTRONIK. Er ist mit einem Vorwiderstand von 56 Ohm (aus dem gleichen Baukastensystem) in Reihe zu schalten.

#### 5. Unterrichtsmittel aus der Physik (Optik)

##### 5.1. Optische Bank

Aus dem kompletten Gerätesatz werden benötigt: Sechskantschiene (1 m); Linsen +50, +100, +250; 4 Klemmreiter; große Leuchte; Transparentobjekt („L“); Spaltblende; Transparenschirm

##### 5.2. Halboptik

Aus dem kompletten Gerätesatz werden benötigt: Haftleuchte kurz; Stromverteiler; großer und kleiner Schattenkörper (Halbkugel)

##### 5.3. Hg-Lampe mit Vorschaltdrossel (1)

Die Lampe ist über die Vorschaltdrossel mit Netzspannung (220 V Wechselstrom) zu betreiben.

##### 5.4. Na-Lampe mit Vorschaltdrossel (1)

Die Lampe ist über die Vorschaltdrossel mit Netzspannung (220 V Wechselstrom) zu betreiben.

##### 5.5. Reflexionsgitter (1)

Das Gitter kann auf einem Klemmreiter der Optischen Bank montiert werden. Auch mittels Stativmaterial ist eine Aufstellung des Gitters im Strahlengang möglich.

##### 5.6. Geradsichtprisma (1)

Wenn kein gefaßtes Geradsichtprisma zur Verfügung steht, muß zur Aufstellung aus dem Gerätesatz „Optische Bank“ zusätzlich ein Prismenstisch benutzt werden.

#### 6. Unterrichtsmittel aus der Chemie

##### 6.1. Bunsenbrenner (1)

## 1. Filme

### 1.1. F 806 „Gesetze der Planetenbewegung“

(SKUS-Nr. 30 570 2) (Standort: KfU; Laufzeit 9 min; s/w)

Im Film werden die grundlegenden Planetengesetze veranschaulicht. Ausgangspunkt ist die Bewegung eines Planeten, wie sie von der Erde aus zu sehen ist. Zunächst wird das Zustandekommen der Bahnform der Planeten und der zwischen Sonne und Planeten wirkenden Gravitationskräfte dargestellt. Danach wird im Trick das zweite und das dritte Keplersche Gesetz veranschaulicht. Besonders günstig für den Einsatz im Unterricht ist es, daß alle Gesetze als Satz im Film erscheinen. Den Abschluß bildet die Darstellung des Zustandekommens der Planetenschleifen. Es wird die scheinbare Planetenbahn eines inneren und eines äußeren Planeten dargestellt. *Einsatzmöglichkeiten und didaktisch-methodische Hinweise:* Der Film kann im Lehrplanabschnitt 1.4.1. „Planetenbewegung und das Planetensystem“ in der ersten Stunde gezeigt werden. Dabei sind zwei Varianten zu empfehlen:

1. Der Film ist in Abschnitte zu untergliedern. Es wird jeweils nur der Teil gezeigt, der für den betreffenden Unterrichtsabschnitt von Bedeutung ist.
2. Der Film kann aber auch als Stundeneinführung stehen. In diesem Falle sollten den Schülern vorher orientierende Fragen zum Inhalt des Films gestellt werden, die zu beantworten sind. Damit kann dann das anschließende Unterrichtsgespräch effektiv gestaltet werden.

### 1.2. F 839 „Sonnen- und Mondfinsternisse“

(SKUS-Nr. 30 571 0) (Standort: KfU; Laufzeit 13 min; s/w)

Im Film werden zunächst die Schattenphänomene der Erde (Kern- und Halbschatten) sowie der Neigungswinkel der Bahnebenen von Erde und Mond dargestellt. Es folgen die ausführlichen Darstellungen des Zustandekommens totaler und partieller Sonnenfinsternisse mit Zeitdauerangabe. Es werden außerdem die Zone partieller Verfinsterung und der Totalitätsstreifen auf der Erde gezeigt.

*Einsatzmöglichkeiten und didaktisch-methodische Hinweise:* Der Film kann im Lehrplanabschnitt 1.3.1. „Der Mond als Begleiter der Erde“ eingesetzt werden. Da sämtliche Finsterniserscheinungen

sehr ausführlich dargestellt werden, wäre es zwecks effektiver Unterrichtsgestaltung günstig, nur einige Teile des Films zu zeigen. Es sollte aber entschieden werden, ob dieser Film überhaupt genutzt oder diese Stunde mit dem Tellurium und dem KF 55 gestaltet wird. Entscheidet man sich für den Einsatz des Filmes, so muß vor der Betrachtung unbedingt auf den für die Entstehung von Finsternissen außerordentlich wichtigen Knotenbegriff eingegangen werden.

### 1.3. TF 955 „Werdegang eines Sterns“

(SKUS-Nr. 30 590 3) (Standort: KfU; Laufzeit 14 min; col.)

Der Film beginnt mit der Darstellung interstellarer Wolken. Trickaufnahmen zeigen die Sternentstehung aus interstellarer Materie bis hin zum Protostern. Dabei wird der bisher durchlaufene Entwicklungsweg im HRD eingeblendet. Es folgen der Kernfusionsprozeß im Sternzentrum und das Erreichen der Hauptreihe im HRD. Der zweite Teil beginnt mit der Darstellung einiger solar-terrestrischer Beziehungen. Es folgt die chemische und physikalische Veränderung des Sterns in einzelnen Abschnitten. Am Ende steht der wichtige Hinweis auf die Erkennbarkeit der Vorgänge und Erscheinungen im Weltall.

*Einsatzmöglichkeiten und didaktisch-methodische Hinweise:* Dieser Film sollte unbedingt in den Lehrplanabschnitten 2.2.3. „Die Sternentwicklung“ und 2.3.1. „Interstellare Wolken und Sternentstehung“ eingesetzt werden. Er kann während dieser beiden Stoffabschnitte den notwendigen Vortrag ersetzen. Zur weiteren Veranschaulichung sollten die Anschauungstafel und der Projektionsfoliensatz „Hertzsprung-Russell-Diagramm“ sowie Einzelbilder aus der Lichtbildreihe R 749 „Sternphysik I“ herangezogen werden.

## 2. Kassettensfilme

### 2.1. KF 55 „Sonnenfinsternis“

(SKUS-Nr. 30 615 8) (Standort: FUR; Laufzeit 3 min; s/w)

Der KF 55 ist eine gekürzte Zusammenstellung von Teilen aus dem F 839. Im Film werden zunächst die Schattenphänomene der Erde, Kern- und Halbschatten, und im Anschluß der Umlauf des Mondes um die Erde mit Kernschatten gezeigt. Beim Auftreffen des Mond-

kernschattens auf die Erde erscheint diese in einer Großaufnahme. *Einsatzmöglichkeiten und didaktisch-methodische Hinweise:* Der Film soll im Lehrplanabschnitt 1.3.1. „Der Mond als Begleiter der Erde“ eingesetzt werden. Hier dient er vor allen Dingen als Ergänzung zur Demonstration der Bewegung des Mondes und der Finsterniserscheinungen mit dem Tellurium. Es werden insbesondere das Halbschattengebiet und die Totalitätszone auf der Erde besser veranschaulicht, als das mit dem Tellurium möglich ist. Vor der Vorführung sollte aber der Neigungswinkel zwischen Erdbahnebene und Mondbahnebene behandelt werden. Dies geschieht am besten mit dem Tellurium. Der Film ist vom Lehrer zu kommentieren.

## 2.2. KF 109 „Protuberanzen“

(SKUS-Nr. 30 618 2) (Standort: KfU; Laufzeit 6 min; s/w)

Zu Beginn ist die Sonne mit Korona und Protuberanzen bei einer totalen Sonnenfinsternis zu sehen. Es folgt die Überleitung zu einer Fleckengruppe am Sonnenrand. Eingeblenet werden magnetische Feldlinien, an denen sich Protuberanzenmaterie kondensiert. Als Größenvergleich wird die Erdkugel eingeblenet. Den Abschluß bilden Zeitrafferaufnahmen bewegter Protuberanzen.

*Einsatzmöglichkeiten und didaktisch-methodische Hinweise:* Obwohl als Kassettenfilm ausgewiesen, befindet sich dieser Film doppelt auf einer 16-mm-Filmrolle. Sein Einsatz erfolgt im Lehrplanabschnitt 2.1.1. „Die Sonne und ihre Aktivität“. Der Kassettenfilm verdeutlicht den Schülern den Zusammenhang zwischen Ursache und Erscheinungsbild der Protuberanzen. Der Film ist deshalb besonders wertvoll, weil er das Bewegungsverhalten von Protuberanzen und den Zusammenhang mit anderen Erscheinungen der Sonnenaktivität darstellt. Alle anderen Unterrichtsmittel zu diesem Lehrplanabschnitt vermitteln nur statische Bilder von Aktivitätserscheinungen. Es ist möglich, den Film als Einführungsfilm zum Thema „Sonnenaktivität“ oder bei der Behandlung der Protuberanzen einzusetzen.

## 2.3. KF 117 „Die Keplerschen Gesetze“

(SKUS-Nr. 30 616 6) (Standort: FUR; Laufzeit 3 min; s/w)

Zunächst zeigt der Film die Umlaufbahnen von 4 Planeten um die Sonne. Darauf folgt die Darstellung der Bahn eines Planeten mit

Einblendungen der Begriffe „Sonnennähe“ und „Sonnenferne“. Durch Einblendung einer Uhr und Überstreichen dreier Sektoren wird das 2. Keplersche Gesetz veranschaulicht. Zur Darstellung des 3. Keplerschen Gesetzes werden vier Planeten zur gleichen Zeit an der gleichen Stelle ihrer Umlaufbahnen „gestartet“. Deren Bewegungsabläufe werden gestoppt, wenn der innerste Planet einen Umlauf vollendet hat. Dabei sind für diesen Zeitabschnitt Unterschiede im zurückgelegten Weg der Planeten zu erkennen.

*Einsatzmöglichkeiten und didaktisch-methodische Hinweise:* Der Film kann in den Lehrplanabschnitten 1.4.1. „Die Planetenbewegungen und das Planetensystem“ und 1.5.2. „Weiterentwicklung der kopernikanischen Auffassung“ eingesetzt werden. Im Abschnitt 1.4.1. dient er der wiederholenden Veranschaulichung des 1. und 2. Keplerschen Gesetzes (Physik, Kl. 9) und der Motivation zur Erarbeitung des 3. Keplerschen Gesetzes. Dabei bedarf der Film einer ausführlichen Kommentierung durch den Lehrer.

Im Abschnitt 1.5.2. kann der Film zur Wiederholung eingesetzt werden. Damit ist es gleichzeitig möglich, den Film von leistungsstarken Schülern kommentieren zu lassen.

## 2.4. KF 130 „Bahnschleife eines Planeten“

(SKUS-Nr. 30 617 4) (Standort: FUR; Laufzeit 3 min; s/w)

Der Film beginnt mit der Zeitrafferaufnahme einer Planetenbewegung am Sternhimmel. Darauf folgt die Aufzeichnung einer Planetenschleife im Sternbild Löwe, im Anschluß daran die Darstellung der Erde und des Mars auf ihren Bahnen, die danach in der Draufsicht als Kreisbahnen gezeigt werden. Dabei wird der Projektionsstrahl Erde – Mars eingeblenet. In der Phase, in der die Erde den Planeten Mars in seiner Umlaufbahn überholt, wird die Entstehung der Planetenschleife demonstriert.

*Einsatzmöglichkeiten und didaktisch-methodische Hinweise:* Der Film sollte im Lehrplanabschnitt 1.4.1. „Die Planetenbewegung und das Planetensystem“ unbedingt eingesetzt werden. Obgleich zu dieser Problematik auch das Planetenschleifengerät zur Verfügung steht, ist der Film doch wesentlich anschaulicher.



## 1. Bildreihen

Im FUR sind folgende Bildreihen vorhanden (bzw. werden geliefert):

- R 658 Astronomische Entfernungsbestimmung (10 Bilder, sw)
- R 749 Sternphysik I – Zustandsgrößen – (13 Bilder, color/sw)
- R 823 Bilder zum Planetensystem (11 Bilder, sw)
- R 824 Bilder zur Astrophysik ( 9 Bilder, color/sw)
- R 1115 Nutzen der Raumfahrt (36 Bilder, color/sw)
- R Orientierungshilfen zur Himmelsbeobachtung (15 Bilder, color)

R 1135 Astronomie I

R 1136 Astronomie II (32 Bilder, color/sw)

Von der KfU können zusätzlich folgende Reihen ausgeliehen werden:

- R 608 Sternbilder (20 Bilder, sw)
- R 641 Aufbau und Struktur des Weltalls
- R 642 Entwicklung des astronomischen Weltalls (20 Bilder, sw)
- R 650 Sonne
- R 726 Aufbau und Struktur des Weltalls

Die Diareihen R 650, R 749, R 823 und R 824 werden durch die z. Z. in der Entwicklung befindlichen Diareihen R 1135 „Astronomie I“ und R 1136 „Astronomie II“ abgelöst. Diese zwei Reihen sind Dia-Fundusreihen.

Die Reihe R 1135 „Astronomie I“ wird Bilder zum Planetensystem und zu Raumfahrtsergebnissen enthalten. Sie umfaßt 32 Bilder.

Die Reihe R 1136 „Astronomie II“ wird besonders Dias zur Sonne, zu den Sternen und Sternsystemen enthalten.

Zu beiden Reihen werden mit der Auslieferung Beihefte mit Einsatzempfehlungen erscheinen. Dieser Fundus sollte ergänzt werden durch einige gute (eventuell auch selbstgefertigte) Bilder, z. B. aus Büchern oder Zeitschriften.

Die Reihe R 1115 „Nutzen der Raumfahrt“ ist gleichfalls als Dia-Fundusreihe angelegt. Sie umfaßt 35 Bilder aus folgenden Gebieten:

- Politische und ökonomische Probleme der Raumfahrt (Bilder 2–5)
- Wissenschaftliche und technische Grundlagen der Raumfahrt (B. 6–10, 33–35)

- Wissenschaftlich-technische Grundlagen der Erderkundung (B. 11–18 und 25)
- Ergebnisse der Erderkundung (B. 19–24 und 26–28)
- Nutzen der Raumfahrttechnik für irdische Belange (B. 29–31)

## 2. Tonbildreihen

An der Schule sind im FUR folgende Tonbildreihen vorhanden (bzw. werden geliefert):

- TR 53 Wichtige Etappen der Raumfahrt
- TR 86 Leben und Werk Keplers (im FUR-Ph)
- TR 96 Vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild
- TR 119 Unsere Vorstellungen vom Weltall
- TR 132 Entwicklung astronomischer Beobachtungsmethoden
- TR 195 Entwicklung der Raumfahrt

Die TR 975 „Entwicklung der Raumfahrt“ wird die bisherige TR 53 „Etappen der Raumfahrt“ ablösen. Die neue TR wird bei einer Laufzeit von etwa 15 min 25 Bilder enthalten. Sie folgt der historischen Entwicklung der Raumfahrt (erste Sputniks, Tiere im Weltraum, Mondlandung), besonders der astronomischen Erforschung unseres Planetensystems und dem Nutzen der Raumfahrt für die Erde (Erdfernerkundung, Salut-Sojus-Unternehmen, Interkosmosprogramm), und gibt einen Ausblick auf die Raumfahrt in den 90er Jahren. Diese Tonbildreihe ist als Zusammenfassung und Systematisierung der Kenntnisse der Schüler über die Raumfahrt konzipiert.

Die TR 86 „Leben und Werk Keplers“ (Laufzeit 12 min bei 21 Bildern) ist eine verbindliche Reihe für den Physikunterricht in Klasse 9. Es sollte nach Absprache mit dem Physiklehrer eine Reaktivierung des Inhalts der TR bzw. ein erneuter Einsatz bei der Behandlung der Planetenbewegung erfolgen. Die Darstellung gibt einen kurzen historischen Abriss der Vorstellungen bis zum geozentrischen Weltbild des Ptolemäus. Copernicus wird als maßgeblicher Vertreter des heliozentrischen Weltbildes genannt. Die Versuche der Kirche, diese Auffassungen zu unterdrücken, werden am Beispiel von Bruno und Galilei nachgewiesen. Keplers Lebensweg wird kurz dargestellt. Besonders wird dessen mühevoller und zeitaufwendiger Weg ge-

zeigt, der zur Formulierung der ersten beiden Keplerschen Gesetze führte. Die TR schließt mit einer Würdigung Keplers, der das wissenschaftliche Weltbild seiner Zeit entscheidend erweitert und vertieft hat.

Die **TR 96 „Vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild“** (20 Bilder bei 14 min Laufzeit) ist zum Einsatz in der UE 1.5. „Entwicklung der Vorstellungen über das Planetensystem“ vorgesehen. Anhand ausgewählter und typischer Beispiele gibt die TR einen überzeugenden Einblick in die Entwicklung astronomischer Erkenntnis. Dabei reicht die Darstellung von den Anfängen der Astronomie im Altertum über die geo- und heliozentrischen Weltvorstellungen bis zur Entdeckung des Planeten Neptun. Der Kampf um den Wahrheitsgehalt und die Weiterentwicklung der copernicanischen Auffassungen wird anschaulich und emotional wirkungsvoll dargestellt. Bewährt hat sich, Fragen und Aufträge vorher an die Schüler zu stellen, wie z. B.

- Beschreiben Sie die geozentrische Weltvorstellung!
- Welche Ursachen gab es für die Schaffung eines neuen Weltbildes?
- Beschreiben Sie das heliozentrische Planetensystem des Copernicus! (Zentrum, Bahnverläufe, Bewegungen)
- Warum war es so schwer, die geozentrischen Weltvorstellungen zu überwinden?

Die **TR 119 „Unsere Vorstellungen vom Weltall“** hat bei 25 Bildern eine Laufzeit von etwa 15 Minuten. Die Reihe sollte in geschlossener Form vor allem in der letzten Astronomiestunde (möglichst am Stundenende) eingesetzt werden. Sie ist so konzipiert, daß die Schüler ihr Wissen über das Weltall vertiefen, festigen und systematisieren. Die TR gibt durch ihre inhaltliche Gestaltung einen Gesamtüberblick über die Struktur des gegenwärtig überschaubaren Weltalls und über wichtige Entwicklungsprozesse im Kosmos. Vor dem Einsatz der Bildreihe sollte das Wissen der Schüler nach folgenden Gesichtspunkten geordnet werden (mögliche Schüleraufträge):

- Zeigen Sie, wie durch eine kontinuierliche Erweiterung der For-

schungsaufgaben die Gewinnung neuer Erkenntnisse über das Weltall möglich ist!

- Wie wird durch die Bereitstellung ständig neuer technischer Mittel die Erforschung immer größerer Raumbereiche des Weltalls erreicht?
- Belegen Sie durch Beispiele, wie die Erforschung von Entwicklungsprozessen im Kosmos erfolgt!

Die **TR 132 „Entwicklung astronomischer Beobachtungsmethoden“** (19 Bilder bei etwa 14 min Laufzeit) ist für den Einsatz in der vorletzten Astronomiestunde entwickelt worden. Sie knüpft logisch an die TR 96 an und zeigt vor allem die astrophysikalische Periode der astronomischen Wissenschaft. Mit Hilfe der Tonbildreihe sollen die im Unterricht erworbenen Kenntnisse über die historische Entwicklung der Astronomie am Werdegang astronomischer Beobachtungsmethoden erweitert, geordnet und systematisiert werden. Bei den Schülern soll sich die Einsicht vertiefen und festigen, daß sich unsere heutigen Vorstellungen vom Weltall in Abhängigkeit vom Fortschreiten von Wissenschaft und Technik entwickeln. An ausgewählten Beispielen (Gebrauch einfachere Meßgeräte – Nutzung des Fernrohres – Anwendung der Spektralanalyse – Helligkeitsmessung – Fotografie – Einsatz des Radioteleskops und der Raumfahrttechnik) erleben die Schüler die Entwicklung wichtiger astronomischer Arbeitsmethoden, wobei ihnen die Wechselwirkung zwischen Natur – Gesellschaft – Wissenschaft und Technik bewußt werden soll.

Das Unterrichtsgespräch sollte folgende Fragen erörtern:

- Warum ist die Entstehung der Astrophysik bedeutungsvoll für die Entwicklung der Astronomie?
- Was heißt „Erweiterung des Beobachtungsfensters“?
- Welche Gemeinsamkeiten und welche Unterschiede bestehen zwischen der optischen und der radioastronomischen Beobachtung?
- Warum brachte der Einsatz der Raumfahrttechnik eine Wende in der Entwicklung astronomischer Arbeitsmethoden?

**WERNER TREPTE**

## 1. Titel der Lichtbildreihen

Die Sektion „Astronomie und Raumfahrt“ beim Präsidium der URANIA entwickelte für die populärwissenschaftliche Arbeit Dia-Reihen, die bei den Kreisvorständen der URANIA für den Astronomieunterricht und für die Tätigkeit der fakultativen Kurse „Astronomie und Raumfahrt“ ausgeliehen werden können. Bisher erschienen folgende Lichtbildreihen:

- **Sonne und Mond** (1968), 54 Bilder
- **Die Entwicklung des astronomischen Weltbildes** (1972), 25 Bilder, color und s/w, 1 Textheft
- **Gas, Staub, Sterne – das Milchstraßensystem** (1976), 53 Bilder, color und s/w, 1 Textheft
- **Raumfahrt im Dienste der Erdforschung** (1973), 41 Bilder, color, s/w
- **Galaxien und Kosmos** (1979), 50 Bilder, color, 1 Textheft
- **Entdecker des Himmels** (1980), 43 Bilder, color, 1 Textheft
- **Wissenschaftlicher Gerätebau, Beispiele für optische Präzisionsgeräte zur Fernerkundung der Erde** (1980), 26 Bilder
- **Erkundung aus dem Weltraum, Mittel – Methoden – Ergebnisse** (1980), 37 Bilder

1984 werden herausgegeben:

- **Fernerkundung der Erde**, 30 Bilder
- **Kosmosforschung – gesicherte oder gefährdete Zukunft des Menschen?** 40 Bilder.

## 2. Empfehlungen für den unterrichtlichen Einsatz ausgewählter Dias

Lehrplanabschnitt 1.1. „**Einführung in das Fach**“: *Dia-Reihe* „*Entdecker des Himmels*“, Astronomie in Babylonien (B 3), Astronomie in Ägypten (B 4), Synodische Umlaufzeiten der Planeten (B 5).

Lehrplanabschnitt 1.3.2. „**Zur Physik des Erdmondes**“: *Dia-Reihe* „*Sonne und Mond*“, Ausschnitte der Mondoberfläche (B 3 bis 11), Nahaufnahmen der Mondoberfläche (B 12 bis 15, 17, 22 bis 25), Nahaufnahme von der Rückseite des Mondes (B 21), Erde über Mondhorizont (B 26).

Lehrplanabschnitt 1.4.2. „**Zur Physik der Planeten**“: *Dia-Reihe* „*Erkundung aus dem Weltraum*“, Landegebiete sowjetischer Sonden auf der Venus (B 18), Marspanorama und Nahaufnahme des Marsbodens (B 21), Erosionstäler auf dem Mars (B 22), Grabensystem auf dem Mars (B 23), Riesenvulkan auf dem Mars (B 24), Vergleich der Oberflächen von Phobos und Deimos (B 26), Jupitermonde Io, Europa, Ganymed, Kallisto (B 30, 32, 33, 34), Vulkanausbruch auf Io (B 31), Jupiterring (B 35).

Lehrplanabschnitt 1.4.4. „**Künstliche Kleinkörper**“: *Dia-Reihe* „*Entdecker des Himmels*“, Ziolkowski (B 38), Sputnik/Wostok-Rakete/Gagarin (B 40), Orbitalstation „Salut 6“ (B 42); *Dia-Reihe* „*Wissenschaftlicher Gerätebau*“, Schema MKF-6 (B 3), Anwendungsgebiete der Multispektraltechnik (B 11); *Dia-Reihe* „*Erkundung aus dem Weltraum*“, Sowjetische Venussonde (B 6), MKF-6-Aufnahme von der Ostseeküste (B 12).

Lehrplanabschnitt 1.5. „**Die Entwicklung der Vorstellungen über das Planetensystem**“: *Dia-Reihe* „*Entdecker des Himmels*“, Geozentrisches Weltsystem (B 8), Heliozentrisches Weltsystem (B 11), Keplersche Planetengesetze (B 13), Erste Fernrohrentdeckungen (B 14), Newtons Gravitationsgesetz (B 16).

Lehrplanabschnitt 2.1.1. „Die Sonne und ihre Aktivität“: *Dia-Reihe „Sonne und Mond“*, Sonne mit Flecken zur Zeit eines Maximums (B 1 bis 4), großer Sonnenfleck mit strukturreicher Penumbra und umgebender Granulation (B 5), Sonnenkorona (B 7), eruptive Protuberanzen (B 23), Entwicklungsphasen einer Protuberanz (B 25).

Lehrplanabschnitt 2.1.3. „Chemie und Energiehaushalt der Sonne“: *Dia-Reihe „Sonne und Mond“*, Temperatur- und Dichteverteilung in der Sonne (B 21); *Dia-Reihe „Entdecker des Himmels“*, Fraunhofer und das Sonnenspektrum (B 21); *Dia-Reihe „Gas, Staub, Sterne – das Milchstraßensystem“*, Verlauf von Temperatur, Dichte, Energiefreisetzung, Masse und chemische Zusammensetzung im Sonneninnern (B 34).

Lehrplanabschnitt 2.2.1. „Entfernungsbestimmungen“: *Dia-Reihe „Entdecker des Himmels“*, Fixsternentfernungen (B 20); *Dia-Reihe „Gas, Staub, Sterne – das Milchstraßensystem“*, Lichtkurven eines Bedeckungsveränderlichen (B 5), Lichtkurven von veränderlichen Sternen (B 10, HRD der Sonnenumgebung (B 38), HRD der scheinbar hellsten Sterne (B 37), Masse-Leuchtkraft-Beziehung (B 45); *Dia-Reihe „Entdecker des Himmels“*, Intensitätsverteilung in Sternspektren (B 27), HRD (B 28).

Lehrplanabschnitt 2.2.3. „Die Sternentwicklung“: *Dia-Reihe „Entdecker des Himmels“*, Entwicklung der Sonne im HRD (B 30), Endstadien der Sternentwicklung (B 33); *Dia-Reihe „Gas, Staub, Sterne – das Milchstraßensystem“*, Entwicklung eines Sterns von 5 Sonnenmassen von Beginn des Wasserstoffbrennens an (B 35), schematischer Entwicklungsweg eines Sterns von einer Sonnenmasse im HRD (B 41), FHD verschieden alter offener Sternhaufen (B 40).

Lehrplanabschnitt 2.3.1. „Interstellare Wolken und Sternentstehung“: *Dia-Reihe „Gas, Staub, Sterne – das Milchstraßensystem“*, schematische Darstellung des Milchstraßensystems von der Seite (B 52), Ver-

teilung des interstellaren H I-Gases in der Milchstraßenebene (B 53), Rotationsgeschwindigkeit als Funktion des Abstandes vom Milchstraßenzentrum (B 56), offener Sternhaufen NGC 188 (B 24), Kugelsternhaufen M 3 (B 25); *Dia-Reihe „Galaxien und Kosmos“*, elliptische Galaxie (B 2), irreguläre Galaxie (B 8), Spiralgalaxie (B 5), Spiralgalaxie von der Kante gesehen (B 6), Radiogalaxie M 82 (B 16), Galaxienhaufen (B 41).

### 3. Hinweis

Neben den genannten Dias gibt es in den Bildreihen eine große Anzahl von Lichtbildern, die zur Unterstützung der Tätigkeit in den fakultativen Kursen eingesetzt werden können.

HELMUT BERNHARD



## 1. Auswahl der Unterrichtsmittel

### Dynamische UM Tellurium

Mondglobus

F 839 **Sonnen- und Mondfinsternisse** (KfU)

KF 55 **Sonnenfinsternis**

Modell des Systems Erde–Mond

(Selbstanfertigung)

### Statische UM

Lichtbilder aus R 823 **Bilder zum Planetensystem** (8, 10, 11)

Lichtbilder aus TR 53 bzw. TR 975 **Entwicklung der Raumfahrt** (Bilder 9, 10, 23; bzw. 4, 5, 6, 8, 9)

Lichtbilder aus TR 123 **Entwicklung der astronomischen Beobachtungsmethoden** (Bilder 16 und 26)

Schiefertuchkarte **Tierkreiszone**

Bild **Erdmond** aus der Bildmappe **Ausgewählte astronomische Objekte**

Folie **Flug einer Mondsonde** (Selbstanfertigung)

## 2. Didaktisch-methodische Hinweise

### 2.1. Motivation

Als Motivationsansätze für Stunden- und Teilziele bieten sich an:

- Probleme im Zusammenhang mit der Beobachtung des Mondes durch die Schüler anzuführen (eine optische Unterstützung ist durch den *Mondglobus* bzw. durch *Lichtbilder* möglich);
- den Mond als den der Erde nächsten natürlichen Himmelskörper bzw. als Forschungsobjekt der sowjetischen und der amerikanischen Raumfahrt zu charakterisieren. (Hierzu ist wie oben eine optische Unterstützung durch UM unerlässlich. Gleichzeitig kann in die Motivation die Frage nach dem Grund des Interesses für den Mond eingebaut werden; ihre Beantwortung legt erste – auch weltanschaulich-politische – Wertungen nahe.)
- Anhand der *Mondgloben* (wenn möglich, auch durch Vergleich der alten Ausführungen von 1964 mit dem neuen *Mondglobus*)

kann die stürmische Entwicklung der Kenntnisse über den Erdmond als Motiv genutzt werden. In diese Phase des Unterrichts ist dann auch ein Vergleich der LB-Abbildung 38/1 mit dem Lichtbild 823/1 einzuschließen. Das Foto des Erdmondes aus der Bildmappe „Ausgewählte astronomische Objekte“ sollte in der Zeit der Behandlung des Erdmondes im FUR ausgehängt werden (Wechselrahmen!), um die Zielorientierung optisch zu unterstützen.

### 2.2. Erarbeitung und Festigung

Ausgehend von der beobachteten scheinbaren Bewegung des Erdmondes und der Phasenänderung wird am *Tellurium* die wahre Bewegung des Mondes um die Erde demonstriert. Es ist ratsam, die Schüler diese Demonstration aus der Nähe beobachten zu lassen. Wiederholend wird auf die Neigung der Erdachse gegen die Erdbahnebene (richtiger: gegen die Senkrechte zur Erdbahnebene) hingewiesen; neu und deshalb besonders zu betonen ist die Tatsache, daß die Mondbahnebene gegen die Erdbahnebene geneigt ist. Schon an dieser Stelle kann der Lehrer auf die Bedeutung dieses Sachverhaltes für das Zustandekommen bzw. Nichtzustandekommen von Finsternissen hinweisen.

Bei allen Demonstrationen am *Tellurium* muß den Schülern nachdrücklich gesagt werden, daß dieses UM nur die Radien von Erde und Mond in genähert richtigem Verhältnis zeigt, während alle anderen Relationen – insbesondere die Entfernungen zwischen Sonne, Erde und Mond – ohne Maßstab dargestellt sind.

Eine sehr anschauliche Darstellung der Bahnen von Erde und Mond ist im ersten Teil des F 839 enthalten. Obgleich dieser Film nur an den KfU stationiert ist, lohnt sein Einsatz sehr. Aus Gründen der Effektivität wird man in diesem Falle die Behandlung der Finsternisse (2. und 3. Teil des Films) sofort anschließen. (Der KF 55 ist gegenüber dem F 839 weit weniger aussagekräftig. Er enthält einige kurze Ausschnitte aus dem F 839.)

Die gebundene Rotation des Mondes wird mit Hilfe des *Mondglobus*

demonstriert. Bei der Beschreibung der Mondoberfläche sind – neben den Ergebnissen eigener Mondbeobachtungen der Schüler – die Lichtbilder 823/10 und 823/11 heranzuziehen.

### 2.3. Ergänzende UM für die Erarbeitung des Stoffes

Da die wahren Größen- und Abstandsverhältnisse im System Sonne–Erde–Mond die Alltagserfahrungen der Schüler erheblich übersteigen, kann ein *Modell des Systems Sonne–Erde–Mond* bei der Gewinnung anschaulicher Vorstellungen helfen. Es besteht aus zwei Kugeln (Knetmasse, „Suralin“ o. ä.), die an einem Stab befestigt sind. Zwei Maßstäbe haben sich bewährt:

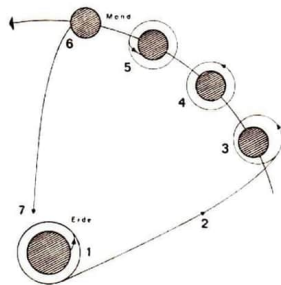
	Variante I	Variante II
Entfernung Erde–Mond	Metallstab l = 38 cm	Zeigestock l = 1,30 m
Erddurchmesser	d = 1,3 cm	d = 4,4 cm
Monddurchmesser	d = 0,3 cm	d = 1,3 cm
Entfernung Sonne–Erde	Strecke auf dem Sportplatz l = 150 m	Strecke im Heimatort l = 513 m
Sonnen- durchmesser	d = 1,4 m	d = 4,8 m

Ein *Maniperm-Modell des Systems Erde–Mond* (der LB-Abb. 30/1 nachgestaltet) erleichtert die Erarbeitung bzw. Wiederholung des Mondphasenwechsels (Ph Kl. 6). Es besteht aus zwei kreisförmigen Pappscheiben, und zwar eines Erdmodells (d = 10 cm), auf der Tag- und Nachtseite der Erde unterschieden sowie die Kontinente angedeutet sind, und eines Mondmodells (d = 2,5 cm) mit Darstellung der beleuchteten und der unbeleuchteten Hälfte.

Die raumfahrttechnische Erforschung des Mondes kann mit Hilfe einer *Folie* veranschaulicht werden (s. Abb.):

#### Flug einer Mondsonde

- 1 = Start in eine Erdumlaufbahn (Parkbahn) und Beschleunigung auf die 2. kosmische Geschwindigkeit
- 2 = Kurskorrektur
- 3 = Einflug in eine elliptische Mondumlaufbahn
- 4 = Bahnkorrektur zum Erreichen einer Kreisbahn
- 5 = Abbremsen und Landung auf dem Mond
- 6 = Start von der Mondoberfläche
- 7 = Abtrennen des Rückkehrapparates und Landung auf der Erde



### 2.4. Wiederholung und Leistungskontrolle

In die *Schiefertuchkarte Tierkreiszone*, die im FUR während der Zeit der Behandlung des Erdmondes (und auch in den nachfolgenden Wochen bei der Behandlung der Planeten) ständig benötigt wird, können die Mondpositionen durch Beobachtungshelfer in Abständen von je 10 Tagen eingetragen werden. Diese Darstellung dient der Vertiefung der Kenntnisse über die Bewegung des Mondes.

Das *Tellurium* kann mit gutem Erfolg in die mündliche Leistungskontrolle einbezogen werden. Die Schüler demonstrieren daran bestimmte Bewegungen und Erscheinungen und erläutern deren Zustandekommen. Gleiches gilt für den *Mondglobus*.

KLAUS KEMPE



## 1. Auswahl der Unterrichtsmittel

Bei der Behandlung der Physik des Erdmondes stehen Fragen nach dem Zustand dieses Himmelskörpers im Mittelpunkt. Bewegungsvorgänge, Entwicklung und Veränderung bilden hier keinen Schwerpunkt; sie treten aber als Folgerungen im Zusammenhang mit der Vorbereitung weltanschaulicher Verallgemeinerungen in Erscheinung. Dementsprechend sind zur Unterstützung des Unterrichtsprozesses UM auszuwählen, die den Zustand des Mondes und seiner unmittelbaren Umgebung beschreiben. Es sind neben dem zur Beobachtung des Mondes benutzten *Schulfernrohr* (vgl. Karteikarte 2):

die Wandkarte **Der Erdmond**,  
die Wandkarte **Die Erde (physisch)**,  
der **Mondglobus**,

Bild 4 **Der Erdmond** aus der BM „Ausgewählte astronomische Objekte“,

**Lichtbilder** aus den Bildreihen R 641, R 748, R 823, R 1115, TR 53, TR 132;

als ergänzende UM stehen Bilder aus den Bildreihen der URANIA „Entdecker des Himmels“, „Planeten“ und „Erkundungen aus dem Weltraum“ zur Verfügung.

Die Auswahl vieler illustrativ-veranschaulichender Darstellungen verfolgt den Zweck, eine möglichst intensive Zustandsbeschreibung zu vermitteln und damit bei den Schülern die Grundlage für weitergehende Schlüsse (z. B. auf die Ursachen für das heutige Relief der Mondoberfläche) zu schaffen.

## 2. Didaktisch-methodische Hinweise

### 2.1. Motivation

Die Motivation für das Stundenziel und die Teilziele stützt sich auf die bereits zum Thema *Mondbewegung* herangezogenen Ansätze (vgl. Karteikarte 9). Insbesondere kommt den Problemen, die sich bei der Beobachtung des Mondes durch die Schüler ergeben, eine große Bedeutung zu. Eine optische Unterstützung durch den *Mondglobus* und/oder durch *Lichtbilder* ist auch hier anzuraten.

Die Wandkarte „*Der Erdmond*“ enthält neben einer großformatigen zweiteiligen Mondkarte auch mehrere kleinformatige Darstellungen, die zur Erörterung im Unterricht nicht herangezogen werden können. Sie geben den Schülern jedoch Anlaß zu tieferem Nachdenken, wenn die Karte für längere Zeit (z. B. für die Dauer eines Monats) vor der unterrichtlichen Behandlung des Mondes im FUR zum Aushang kommt. Auch damit ist eine Motivation für das Stundenthema „Physik des Mondes“ erreichbar. Daß das Bild 4 der BM „*Ausgewählte astronomische Objekte*“ zur gleichen Zeit für die Ausgestaltung des FUR genutzt werden sollte, ist selbstverständlich.

Als ergänzende UM mit Motivationsaspekt können auch Darstellungen von Monden anderer Planeten in die Ausgestaltung des FUR einbezogen werden. Hierfür kommt eine Auswahl aus der folgenden Aufstellung in Frage:

Zeitschrift *Astronomie in der Schule*,

Heft 3/1982, III. Umschlagseite;

Heft 4/1982, II. Umschlagseite;

AHNERT, *Kalender für Sternfreunde*,

Bildtafelanhang der Jahrgänge 1983 und 1984.

### 2.2. Erarbeitung

Um die Unterschiede zwischen dem Relief des Mondes und dem der Erde zu verdeutlichen, ist eine Gegenüberstellung von Erd- und *Mondglobus* möglich. Dabei muß jedoch nachdrücklich auf das unrichtige Größenverhältnis aufmerksam gemacht werden; keinesfalls dürfen die Schüler zu dem Schluß gelangen, Erde und Mond seien – wie die beiden Globen – gleich groß. Deshalb ist anzuraten, statt des Erdglobus eine *physische Erdkarte* einzusetzen. *Lichtbilder*, die Details der Mondoberfläche zeigen, vertiefen die gewonnenen Erkenntnisse. Sie bereiten das Verständnis dafür vor, daß die Mondoberfläche ihre Struktur bereits in einer relativ frühen Entwicklungsphase des Sonnensystems erhielt.

Im Zusammenhang mit der Erörterung der physikalischen Verhältnisse an der Oberfläche des Mondes steht die Diskussion der Möglichkeit von Leben auf dem Mond. An dieser Stelle kann das *Lichtbild* TR 53/23 eine wichtige stimulierende Funktion übernehmen.

### 2.3. Ergänzende UM für die Erarbeitung des Stoffes

*Handbilder*, die – z. B. in Schutzumschlägen aus Klarsichtfolie – während der Unterrichtsstunde in der Klasse kursieren oder die in kleinen Wechselrahmen mit zur Ausgestaltung des FUR genutzt werden, stellen eine wertvolle Ergänzung zu dem Bildangebot des Lehrbuches dar. Für die Behandlung der Physik des Mondes bieten sich an:

Zeitschrift *Astronomie in der Schule*,  
Heft 3/1982, I. Umschlagseite;  
Heft 5/1983, I. Umschlagseite;  
Heft 5/1983, III. Umschlagseite.

Weiterhin ist empfehlenswert, die besten *Protokolle*, die im Laufe der Jahre von Schülern bei der Beobachtung des Mondes angefertigt werden, zu sammeln und zeitweilig (z. B. in Form einer Wandzeitung) im FUR zu veröffentlichen. Dies kann auch im Hinblick auf die eigene Beobachtungstätigkeit der Schüler des gegenwärtigen 10. Schuljahres eine stimulierende Wirkung ausüben. In diesem Zusammenhang sind Hinweise auf die aktuelle Stellung des Mondes am Sternhimmel nützlich. (Daten hierzu lassen sich dem jährlich erscheinenden Artikel „Astronomische Daten für das Schuljahr ...“ in *Astronomie in der Schule* entnehmen.)

### 2.4. Festigung

Die Schüler wenden ihr Wissen über die Physik des Mondes vor allem bei der Erörterung des historischen Werdeganges unserer Kenntnisse über den Mond an. Zur Veranschaulichung sind wiederum *Lichtbilder* einsetzbar, aber auch die bereits erwähnten Bildtafeln aus AHNERT, *Kalender für Sternfreunde 1984*, lassen sich mit großem Gewinn dafür nutzen. Die Schüler erkennen die drei Hauptphasen in der Geschichte der Mondforschung:

- die vorteleskopische Zeit,
- die Beobachtung des Mondes mit dem Fernrohr von der Erde aus,
- die Erforschung des Mondes mit raumfahrttechnischen Mitteln.

Zum letztgenannten Aspekt bietet ein Hinweis auf die im FUR zur Verfügung stehende *Wandkarte „Der Erdmond“* Gelegenheit, die Schüler zu selbständigem Wissenserwerb anzuregen. Die Karte enthält die Landepunkte der bemannten und unbemannten Mondmissionen (allerdings so klein eingetragen, daß eine Demonstration vor der Klasse nicht sinnvoll ist) und gibt damit einen guten Überblick über die Erforschung des Mondes mit den Mitteln der Raumfahrt. Sie ergänzt die Tabelle auf Seite 37 des Lehrbuches *Astronomie*.

Anhand der Lichtbilder (empfehlenswert: TR 132/2, R 823/7, TR 53/23, TR 53/10, R 823/11, TR 132/16) stellen die Schüler ihre Kenntnisse in einen historischen Zusammenhang, in dem dem Entwicklungsprinzip eine zweifache Bedeutung zukommt:

- Die heutigen Kenntnisse über die Physik des Mondes sind Ergebnis eines historischen Erkenntnisprozesses;
- die heutige Gestalt der Mondoberfläche ist Ergebnis einer zurückliegenden Entwicklungsphase in der Geschichte des Mondes.

### 2.5. Leistungskontrolle

Zur Leistungskontrolle können alle genannten UM – mit Ausnahme des Schulfernrohrs – eingesetzt werden. Sie ermöglichen die Interpretation der Bild- bzw. Karteninhalte durch die Schüler und bieten Detailinformationen, aus denen in der mündlichen Leistungskontrolle allgemeinere Aussagen abgeleitet werden.

KLAUS LINDNER

## 1. Auswahl der Unterrichtsmittel

Überlegungen zum UM-Einsatz im Themenkomplex „Keplersche Gesetze und Planetenbewegung“ müssen davon ausgehen, daß Bewegungsvorgänge vorzugsweise mit Hilfe dynamischer Veranschaulichungen zu erarbeiten sind. Statische Darstellungen kommen besonders für die Motivations- und Anwendungsphase in Betracht.

Dynamische UM: **KF 117 Die Keplerschen Gesetze**  
**KF 130 Bahnschleife eines Planeten**  
**Planetenschleifengerät**

Statische UM: **Lichtbilder aus R 542 Gesetze der Planetenbewegung** (Physik Klasse 9)  
**Lichtbilder aus R 823 Bilder zum Planetensystem**  
**Lichtbilder aus TR 86 Leben und Werk Keplers** (Physik Klasse 9)  
 Folien (Selbsterstellung)

## 2. Didaktisch-methodische Hinweise

### 2.1. Motivation

Zu zeigen ist, daß die von der Erde aus beobachtbare Planetenbewegung im Gegensatz zu den scheinbaren Bewegungen von Sonne und Mond nicht annähernd gleichförmig verläuft, sondern aus rechtläufigen und rückläufigen Bewegungsabschnitten besteht: *Lichtbild 542/1*. Als aktuelles Material eignet sich eine *Folie* (Selbsterstellung; z. B. Nachzeichnung aus *Astronomie in der Schule*, 1981, H. 6, III. Umschlagseite). Erzieherisch ist dabei wichtig, daß sich die theoretische Überlegung aus der Verarbeitung von Beobachtungsergebnissen herleitet.

### 2.2. Erarbeitung

In der Erarbeitung wird von dem bereits behandelten heliozentrischen Weltbild ausgegangen, wonach sich sowohl der betrachtete Planet als auch die Erde bewegen: *Lichtbild 542/7 bzw. 823/9*

oder eine entsprechende *Folie*. Dabei macht sich eine genauere Beschreibung dieser Bewegungen erforderlich: *KF 117 Die Keplerschen Gesetze*. (1. und 2. Keplersches Gesetz sind Wiederholungen aus Physik, Klasse 9.) Ergänzend ist mitzuteilen, daß die Keplerschen Gesetze eine Beschreibung der Planetenbewegungen mit mathematischen Mitteln beinhalten. (Mit Hilfe des Gravitationsgesetzes lassen sich diese Bewegungen physikalisch erklären. In dieser Abfolge ist eine erzieherisch bedeutsame Erkenntnis enthalten!)

Insbesondere aus dem 3. Keplerschen Gesetz folgt, daß zwischen zwei Planeten Überholvorgänge stattfinden müssen. Der *KF 130 Bahnschleife eines Planeten* macht deutlich, wie sich dieser Vorgang darstellt, wenn die Erde der überholende Planet ist. Wenn die genannten beiden KF nicht einsetzbar sind, treten *Lichtbilder aus R 542* an ihre Stelle. Sie verdeutlichen die gleichen Sachverhalte, jedoch in statischer Darstellung. Darüber hinaus können *Lichtbilder aus TR 86* (Bilder 9, 10, 12, 14, 15, 19, 21) zur Illustration des historischen Hintergrundes eingesetzt werden.

Auch das *Planetenschleifengerät* gibt eine räumliche Darstellung des beschriebenen Bewegungsablaufes. Obwohl es durch die dreidimensionale Darstellung der zweidimensionalen filmischen Wiedergabe überlegen ist, übersteigt der Anschaulichkeitsgrad der beiden KF den des Gerätes bei weitem.

Wesentliche Aussagen zum *Gravitationsgesetz* sind in den *Lichtbildern 542/17 und 542/19* enthalten.

### 2.3. Ergänzende UM für die Erarbeitung des Stoffes

Aktuelle – auf das laufende Schuljahr bezogene – Darstellungen der wahren und der scheinbaren Bewegung eines Planeten lassen sich durch Vorarbeit des Lehrers oder in der AGR-Tätigkeit gewinnen:

In eine maßstäbliche Darstellung der Planetenbahnen (verwendbar ist hierfür der *Stempel „Planetenbahnen von Merkur bis Mars“*;

VEB Lehrmittel Meißen, 8250 Meißen, Leninstraße 87, Format 12×14 cm; Preis 18,10 M) werden die Positionen der Erde und des Mars in Abständen von jeweils 20 oder 30 Tagen eingetragen. Die Eintragungen sollen farblich unterschieden werden. In eine *Arbeitskarte der Tierkreiszone* sind mit gleichen Farben für die jeweils gleichen Tage die scheinbaren Orte des Planeten einzuzichnen. Die Zahlenwerte sind dem *Kalender für Sternfreunde* zu entnehmen. Beide Darstellungen stehen für die Erarbeitung als Aushang im Fachunterrichtsraum zur Verfügung und ergänzen die dynamische Veranschaulichung durch eine zwar statische, aber aktuelle und zur Vorbereitung eines Beobachtungsabends nutzbare Wiedergabe. Vorteilhaft für Wiederholung und Festigung ist, daß dieser Aushang über mehrere Wochen im Fachunterrichtsraum verbleiben kann.

Der Film *F 806 Gesetze der Planetenbewegung* enthält alle wesentlichen Aussagen zu den Keplerschen Gesetzen und zum Gravitationsgesetz. (Der *KF 117 Die Keplerschen Gesetze* ist eine Zusammenstellung von Teilen aus *F 806*.) Er kann zur Erweiterung und Vertiefung des Wissens eingesetzt werden; vorzugsweise ist jedoch seine Nutzung für die Tätigkeit der AGR vorzusehen.

#### 2.4. Anwendung und Wiederholung

Die Schüler wenden ihre Kenntnisse über die Planetenbewegungen vornehmlich bei der Ermittlung der Sichtbarkeitsbedingungen des zu beobachtenden Planeten an. Zur Veranschaulichung bieten sich neben dem *Planetenschleifengerät* die *Lichtbilder 542/13, 542/14 und 542/15* an. Sie können durch *Folien* gleichen Inhalts (Selbsterstellung) ersetzt werden. An Hand dieser Darstellungen sind zu erarbeiten:

- günstigste und ungünstigste Stellungen eines äußeren Planeten,
- Winkelabstand von der Sonne,
- Stellung eines Planeten rechts bzw. links von der Sonne,
- günstigste und ungünstigste Stellungen eines inneren Planeten,
- Phasengestalt der inneren Planeten.

Gleichzeitig sind die *Lehrbuchabbildungen 45/1, 45/2, 45/3 und 47/1* zu nutzen. In diesem Zusammenhang ist u. a. deutlich zu machen, daß der Erkenntnisweg (auch der der Schüler) von der praktischen Problemstellung über die theoretische Verarbeitung zu einer wiederum praktischen Anwendung der Erkenntnisse führt

#### 2.5. Leistungskontrolle

Zur Leistungskontrolle eignen sich die genannten Filme nicht. Folgende UM können im Rahmen der Leistungsermittlung eingesetzt werden:

##### **Gesetze der Planetenbewegung**

*Lichtbilder 542/1, 542/10, 542/11, 542/12, 542/17, 542/19*  
*Planetenschleifengerät*

##### **Anwendung der Gesetze der Planetenbewegung**

*Lichtbilder 542/13, 542/14, 542/15*  
bzw. entsprechende *Folien*

### 3. Einsatz der Unterrichtsmittel in anderen Stoffeinheiten

Folgende UM können in anderen Stoffeinheiten des Lehrplans eingesetzt werden:

Entwicklung der astronomischen Erkenntnis bis Copernicus

*Lichtbilder aus TR 86*  
*Lichtbilder aus R 542*  
*Planetenschleifengerät*

Das Milchstraßensystem und außergalaktische Systeme

*Lichtbild 542/11*

Unsere Vorstellung vom Weltall

*Lichtbilder aus R 542*  
*KF 130 Bahnschleife eines Planeten*

**KLAUS LINDNER**



## 1. Auswahl der Unterrichtsmittel

Der physikalische Zustand der Planeten und der natürlichen Kleinkörper im Sonnensystem wird im Astronomieunterricht vorzugsweise durch beschreibende Darstellungen erfaßt. Dem entspricht die Funktion der UM zu diesem Thema; sie enthalten fast ausschließlich illustrativ beschreibende (statische) Abbildungen:

Lichtbilder aus R 823 **Bilder zum Planetensystem,**

R 1135 **Astronomie I,**

Bilder aus der BM „Ausgewählte astronomische Objekte“,

Folien (Selbsterstellung),

Handbilder (Selbsterstellung).

(Die Lichtbildreihe R 1135 löst die an den Schulen befindliche Reihe R 823 ab.)

## 2. Didaktisch-methodische Hinweise

### 2.1. Motivation

Die Thematik ist leicht zu motivieren, da den Planeten des Sonnensystems ohnehin im Bewußtsein der Schüler der Hauch einer „fernen, exotischen Welt“ anhaftet. Die Neugier auf Einzelheiten über diese Welt läßt sich mit Hilfe attraktiver Bilder – als Lichtbilder oder als Handbilder angeboten – leicht entflammen. Insbesondere ist in diesem Zusammenhang auf die Lichtbildreihe „Planeten-system“ der URANIA zu verweisen.

Besonders nachdrücklich motivierende Wirkungen gehen von Abbildungen aus, die einen von den Schülern selbst beobachteten Planeten zeigen. Der Vergleich zwischen dem Bild des Planeten im Schulfernrohr mit einer von der Erde aus mit großen Instrumenten gewonnenen Aufnahme und eventuell mit einer Nahaufnahme des gleichen Planeten durch eine interplanetare Sonde kann den Schülern darüber hinaus auch zu einer eindringlichen Vorstellung von der Entwicklung der Beobachtungstechnik und dem dadurch bewirkten Erkenntniszuwachs verhelfen.

### 2.2. Erarbeitung

zunächst die Einteilung der Planeten in erd- und jupiterähnliche im Mittelpunkt. Sie wird anhand der Lehrbuchtafel 6 (Lehrbuch S. 130/131) vorgenommen und durch eine **Folie** (Selbsterstellung) unterstützt.

Die Behandlung der Planetenatmosphären fordert wiederum den Einsatz von **Bildmaterial** (Lichtbilder und Handbilder). Insbesondere muß den Schülern damit verdeutlicht werden, wie sich der Anblick des atmosphärenlosen Merkur von dem der undurchsichtigen Wolken in der Jupiteratmosphäre unterscheidet. Ein Bild von der Oberfläche des Erdmondes als eines gleichfalls atmosphärenlosen Kleinkörpers kann in diesem Zusammenhang die Erkenntnis fördern, daß alle erdähnlichen Himmelskörper in der Frühphase ihrer Entwicklung eine kraterreiche Oberfläche besessen haben.

Die Ergebnisse der Raumfahrt bei der Erforschung der Planeten sollten durch die Gegenüberstellung aktuellen Bildmaterials mit älteren Abbildungen der betreffenden Planeten veranschaulicht werden.

Auch für die Behandlung der Planetenmonde (mit Ausnahme des Erdmondes) muß ebenfalls auf aktuelles Bildmaterial zurückgegriffen werden, das i. allg. nur in Form von Handbildern vorliegt. Insgesamt ist bei der Erarbeitung der Kenntnisse über die natürlichen Kleinkörper im Sonnensystem ein tabellarischer Überblick über die Untersysteme im Sonnensystem erforderlich, der durch eine **Folie** vermittelt werden kann.

Die zum Thema gehörenden Bilder aus der BM „Ausgewählte astronomische Objekte“ gehören in dieser Phase des Unterrichts zur ständigen Ausstattung des Fachunterrichtsraumes.

### 2.3. Ergänzende UM für die Erarbeitung des Stoffes

Als Ergänzung zu den von SKUS angebotenen UM kommen für die hier behandelte Thematik vor allem selbst hergestellte **Lichtbilder, Handbilder und Folien** in Frage.

**Handbilder** sind – nicht zu kleinformatige – Abbildungen, die, durch eine Klarsichthülle geschützt und mit einem *sehr kurzen* erläutern-

kursieren. Hierfür können insbesondere Abbildungen auf den Umschlagseiten der Zeitschriften „Astronomie in der Schule“ und „Astronomie und Raumfahrt“ genutzt werden:

#### Astronomie in der Schule

1980 Heft 1, II. US	1980 Heft 6, II. US	1982 Heft 4, II. US
1980 Heft 2, III. US	1981 Heft 1, II. und III. US	1982 Heft 5, III. US
1980 Heft 3, II. US	1981 Heft 3, II. US	1983 Heft 4, II. US
1980 Heft 4, II. US	1981 Heft 6, II. US	1984 Heft 1, II. US
1980 Heft 5, II. US	1982 Heft 3, II. und III. US	

#### Astronomie und Raumfahrt

1981 Heft 1, III. und IV. US	1981 Heft 3, I. US	1982 Heft 4, II. US
1981 Heft 2, I. und IV. US	1982 Heft 6, I. und IV. US	1983 Heft 4, II. US

Auch der Bildteil des „Kalenders für Sternfreunde“ bietet – vor allem in den Jahrgängen 1983 und 1984 – sehr gut nutzbares Material für Handbilder.

Für die Selbsterstellung von **Folien** kommen vor allem tabellarische Übersichten in Frage, wie sie auf den Karteikarten der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ – Karteikarten zum Unterrichtsprozeß – Nr. 14 (Physik der Planeten) und Nr. 15 (Natürliche Kleinkörper im Sonnensystem) als Vorlagen für Tafelbilder empfohlen werden.

Eine sehr eindrucksvolle Illustration zum Thema läßt sich mit **Planetenmodellen** schaffen. Es handelt sich dabei um Kugeln, die, in geeigneter Weise bemalt, entweder auf kleinen Ständern aufgestellt werden oder als ständiges Ausstellungsexponat auf einer dünnen, festen Schnur oder einem Draht aufgefädelt ihren Platz unter der Zimmerdecke des FUR finden. Als Material dienen Bälle, Tischtennisbälle oder mit Papier beschichtete Fadenknäuel; für die kleinsten Kugeln kann auch Suralin-Knetmasse Verwendung finden. Die

Planetenmodelle, für die geeignete Maßangaben in der Karteikarte zum Unterrichtsprozeß Nr. 13 (Das Planetensystem) zu finden sind, können z. B. als Exponat für die MMM im fakultativen Kurs „Astronomie und Raumfahrt“ hergestellt werden. Den Schülern muß aber bei der Behandlung der Planeten in geeigneter Weise klargemacht werden, daß nur die Durchmesser, nicht aber die gegenseitigen Abstände der Planetenmodelle maßstabgerecht dargestellt sind.

#### 2.4. Anwendung und Wiederholung

Die Schüler wenden ihre Kenntnisse über die Physik der Planeten und der natürlichen Kleinkörper im Sonnensystem vor allem bei der Behandlung der Raumfahrt, bei der Systematisierung unter historischem Aspekt und bei der zusammenfassenden Systematisierung am Ende des Jahreslehrganges an. In allen Fällen können Lichtbilder von Planeten und Kleinkörpern wiederholt eingesetzt werden; ein nochmaliger Einsatz von Handbildern ist nicht empfehlenswert. An Hand dieser Darstellungen ist zu erarbeiten:

- Neue Erkenntnisse über die Planeten sind stets Berichtigung, Präzisierung oder Erweiterung des bisherigen Wissens;
- bei der Erforschung anderer Himmelskörper spielt die Raumfahrt eine wesentliche Rolle;
- in der Entwicklung der Astronomie vollzog sich eine ständige Erweiterung der Kenntnisse über das Sonnensystem (Uranus, Neptun, Pluto, Untersysteme);
- Leben außerhalb der Erde ist nur auf Planeten oder hinreichend großen planetenähnlichen Körpern möglich; im Sonnensystem existiert nach heutiger Kenntnis Leben nur auf der Erde.

KLAUS LINDNER



## 1. Auswahl der Unterrichtsmittel

Der Lehrplanabschnitt 1.4.4. „Künstliche Kleinkörper im Planetensystem“ enthält folgende Schwerpunkte:

- Wichtige Etappen der Raumfahrt
- Bedeutung der Raumfahrt für die Menschheit
- Abhängigkeit der Raumfahrt vom Gesellschaftssystem.

Bei der Behandlung dieser Inhalte lassen sich zur Illustration folgende Unterrichtsmittel verwenden:

Lichtbilder aus T-R 53 **Wichtige Etappen der Raumfahrt**  
R 1115 **Nutzen der Raumfahrt**  
T-R 119 **Unsere Vorstellungen vom Weltall**  
T-R 132 **Entwicklung astronomischer Beobachtungsmethoden**

Bilder und Tabellen aus dem Lehrbuch „Astronomie 10“  
Folien (Selbsterstellung)

Abbildungen aus Zeitungen und Zeitschriften

### Bemerkungen

1. Die rasche Entwicklung der Raumfahrt erfordert, das Anschauungsmaterial ständig durch aktuelle Bilder aus Zeitungen und Zeitschriften zu ergänzen.
2. Gegenwärtig befindet sich eine Tonbildreihe zum Thema „Entwicklung der Raumfahrt“ in Arbeit. Sie soll die in den Schulen vorhandene Reihe T-R 53 ablösen.
3. Es wird auf folgende Lichtbildreihen der URANIA verwiesen, die bei den Kreisvorständen auszuleihen sind: „Erkundung aus dem Weltraum“, „Fernerkundung der Erde“, „Kosmosforschung, gesicherte oder gefährdete Zukunft der Menschheit?“.

## 2. Didaktisch-methodische Hinweise

### 2.1. Motivation

Die Schüler besitzen durch Bücher, Presse, Rundfunk und Fernsehen bereits Kenntnisse über die Raumfahrt. Um sie für den Unterricht zu dieser Thematik zu motivieren, können Lichtbilder genutzt werden, z. B. der Anblick der Erde aus dem Weltraum (T-R 119/24) oder ein Bild von der Salut-Raumstation 6 (T-R 132/18). Diese Bildbetrachtungen werfen Fragen über die Möglichkeiten der Raumfahrt und über damit verbundene technische Voraussetzungen auf. Die Thematik läßt sich auch mit einem aktuellen Raumfahrtereignis motivieren. Zur Illustration können Abbildungen aus Zeitungen und Zeitschriften genutzt werden. Bereits zu Beginn des Astronomieunterrichts sollten Schüler beauftragt werden, aktuelles Bildmaterial über die Raumfahrt zu sammeln. Geeignete Abbildungen sind rechtzeitig im Fachunterrichtsraum auszustellen (Wandzeitungen).

### 2.2. Erarbeitung

Bei der Vermittlung von Wissen über die Etappen der Raumfahrt unterstützen folgende Lichtbilder den Erkenntnisprozeß der Schüler: *Sputnik I* (T-R 53/3), *Gagarin* (T-R 119/23), *Mensch auf der Mondoberfläche* (R 1115/35), *Automatische Entnahme von Gesteinsproben auf der Mondoberfläche* (R 1115/35). Aus dem Lehrbuch kann das Bild 51/1 *K. E. Ziolkowski* verwendet werden. Für den Überblick über wichtige Raumfahrtereignisse läßt sich die Tabelle 8 im Lehrbuch (S. 132) einsetzen. Die darin enthaltene Übersicht schließt mit dem Jahre 1978 ab. Sie müßte durch eine vom Lehrer anzufertigende Folie bis zur Gegenwart ergänzt werden. Man kann jedoch auch hierfür nur einige wesentliche Ereignisse auswählen. Anregungen dazu enthält „Astronomie in der Schule“ 16 (1979) 5, S. 110 und die Reihe „Karteikarten zum Unterrichtsprozeß“, Karte 17 „Künstliche Kleinkörper im Planetensystem“. Mit Hilfe der genannten Übersichten

lassen sich auch wichtige Ersterfolge der sowjetischen Raumfahrt auswerten.

Die Erörterung der Bedeutung der Raumfahrt für die Menschheit läßt sich durch den Einsatz von Lichtbildern vielfältig unterstützen. Die Nutzenanwendung der Raumfahrt kann man mit Hilfe folgender Bilder aus der Reihe 1115 demonstrieren: *Kartographie aus dem Weltraum* (12), *Küstengebirge am Nordufer des Baikalsees* (21), *Tokio und Umgebung* (24), *Tropischer Wirbelsturm* (25), *Waldbrände im Satellitenbild* (27), *Gerät für Körperbehinderte* (30). Die Zusammenfassung des erarbeiteten Wissens sollte unter Nutzung von Bild 1 erfolgen, das eine tabellarische Übersicht über die Nutzenanwendung der Raumfahrt enthält.

Bei der Diskussion über den Zusammenhang zwischen dem Bahnverlauf und die Aufgaben eines Raumflugkörpers dienen zur Veranschaulichung das Bahnschema des sowjetischen Nachrichtensatelliten „Molnija“ (R 1115/10) oder die Start- und Landephase der Sojus-Raumschiffe (R 1115/6).

Bei der Behandlung der Abhängigkeit der Raumfahrt von den gesellschaftlichen Verhältnissen ist nachstehende Folie einsetzbar.

#### Raumfahrt und Gesellschaft

##### UdSSR

- Weltweite Zusammenarbeit in der Raumfahrt zum Nutzen der Menschheit
- Sicherung des friedlichen Charakters der Raumfahrt

##### USA

- Raumfahrt im Dienste des Profitstrebens der Monopole
- Mißbrauch der wissenschaftlich-technischen Errungenschaften der Raumfahrt für die Rüstung im Weltraum

Die Zusammenarbeit der UdSSR mit den sozialistischen Staaten wird am Programm „Interkosmos“ erörtert. Zur Demonstration können aus der Reihe 1115 folgende Bilder genutzt werden: *Interkosmos-Kooperation* (2), *Multispektralkamera MKF 6* (14, 15), *Moritzburg und Umgebung* (18).

### 2.3. Ergänzende Unterrichtsmittel

Seit 1970 erschienen auf den Umschlagseiten von „Astronomie in der Schule“ zur Raumfahrt folgende Abbildungen:

- |             |        |  |
|-------------|--------|--|
| 1970 Heft 2 | II. US | Wostok I   |
| 1970 Heft 4 | I. US  | Farbaufnahme von der Erde durch Sonde 7 (UdSSR)                            |
| 1971 Heft 2 | I. US  | J. Gagarin   |
| 1971 Heft 2 | II. US | Fernsehbilder von der Mondsonde „Luna 17“                                  |
| 1971 Heft 2 | IV. US | Lunochod 1 auf der Mondoberfläche  |
| 1971 Heft 5 | IV. US | Lunochod 1 auf Mondoberfläche mit Fahrspur                                 |
| 1975 Heft 1 | I. US  | Raumstation Sojus-Salut vor Kopplung                                       |
| 1976 Heft 6 | II. US | Moment der Entkopplung der Orbitalstation vom Transportraumschiff          |
| 1977 Heft 5 | II. US | Multispektralaufnahme des Pamir-Altai                                      |
| 1981 Heft 1 | I. US  | W. Bykowski und S. Jähn an Gedenkstätte von J. Gagarin im Sternenstädtchen |

### 3. Einsatz der Unterrichtsmittel in anderen Lehrplanabschnitten

Die Unterrichtsmittel zum Thema „Raumfahrt“ lassen sich auch bei der Erörterung anderer Stoffgebiete nutzen.

#### Beispiele

1.2.1. „Die Erde und der erdnahe Raum“

1.3.3. „Die Entwicklung der Kenntnisse über den Mond“

1.4.2. „Zur Physik der Planeten“

Mit Hilfe dieser Bildbetrachtungen wird den Schülern bewußt, daß durch die Anwendung der Raumfahrttechnik die Beobachtungsmöglichkeiten in der Astronomie wesentlich erweitert wurden.

HELMUT BERNHARD

Folgende Unterrichtsmittel stehen für die fünf Stunden zur Verfügung:

**Tonfilm TF 955 „Werdegang eines Sterns“** (Standort: KfU)

**Foliensatz Hertzsprung-Russell-Diagramm**

**Lichtbilderreihen:** R 658 **Astronomische Entfernungsbestimmung**

R 749 **Sternphysik I – Zustandsgrößen**

R 824 **Astronomie II – Astrophysik –**

R 608 **Sternbilder** (Standort: KfU)

R 641 **Aufbau und Struktur des Weltalls**  
(Standort: KfU)

**Anschauungstafeln:** **Spektralklassen der Fixsterne**

**Hertzsprung-Russell-Diagramm**

**Bildmappe** „Ausgewählte astronomische Objekte“

**Fernrohr „Telementor“ mit Zubehör**

**HRD-Stempel**

Der Projektionsfoliensatz „Hertzsprung-Russell-Diagramm“ wird parallel mit der AT „HRD“ und dem HRD-Stempel eingesetzt. Sie eignen sich sowohl für die Erstvermittlung als auch zur Festigung und Reaktivierung des Wissens. Der HRD-Stempel ist zum Preis von 19,05 M vom VEB Mantissa (8250 Meißen, Leninstraße) zu beziehen. Günstig ist es, wenn sich die Schüler in einer Pause jeweils 3–4 HRD auf weißes Papier (A 5) stempeln, die dann in den einzelnen Unterrichtsstunden zur selbständigen Schülerarbeit eingesetzt werden können (Sterne aus Lb-Tabelle eintragen/Besetzungsgebiete festlegen/Massen bzw. Radien der Sterne auf der Hauptreihe abschätzen/Entwicklungsweg eines Sternes skizzieren/usw.). Auch für Leistungskontrollen und mündliche Prüfungen hat sich der analog der AT aufgebaute Stempel bewährt.

Aus der **Bildmappe „Astronomische Objekte“** sind die Bilder 11, 12, 13, 14, 17 und 19 für diese UE gut geeignet. Günstig ist es, die Bilder im Wechselrahmen, versehen mit entsprechenden Texten des Beiheftes, auszuhängen.

Die **Anschauungstafel „Spektralklassen der Fixsterne“** wird besonders bei der Behandlung der Zustandsgrößen der Sterne, verbunden mit Experimenten bzw. der Farbtafel im Lehrbuch, eingesetzt. Dazu sollte die AT während dieser Stunden ständig im FUR vorhanden sein.

Sie zeigt die Spektren je eines Sterns der Spektralklassen B, A, F, G, K und M; dazu als Vergleichsspektrum ein reines Kontinuum. Die Wellenlängen sind in Nanometern angegeben, die Beschriftung jedes Spektrums ist in der Farbe ausgeführt, in der der betreffende Stern einem farbtüchtigen Auge erscheinen würde. (Zur Beschriftung gehören die Bezeichnung der Spektralklassen, der Name des Beispielsterns und seine effektive Temperatur.) Aus der AT geht die Zunahme der Zahl der Absorptionslinien bei abnehmender effektiver Temperatur des Sterns hervor. Mit etwas Aufmerksamkeit findet man auch, daß die Intensität des kurzwelligen Spektralbereiches bei den heißen Sternen größer dargestellt ist als bei den kühlen Sternen und daß umgekehrt die Intensität des langwelligen Lichtes im M-Spektrum größer ist als im B-Spektrum.

Die **Bildreihen** sollten nie als geschlossene Serie eingesetzt werden. Sehr gut geeignet sind z. B. R 658 (B. 6), R 749 (B. 8,12), R 842 (B. 5,8,9), R 608 (B. 5,6,17,18). Bewährt hat sich die Darstellung der historischen Entwicklung der Parallaxenmessung anhand der Bilder 1–7 aus der Reihe R 658, wie auch der Einsatz von Bildern aus der R 641 und R 608 zur Vorbereitung der Beobachtungsabende.

Der **Tonfilm TF 955 „Werdegang eines Sterns“** ist für die Stunde zur Sternentstehung vorgesehen. Er hat sich, trotz einiger Probleme (da in der Regel die Sternentwicklung vor der Sternentstehung im Unterricht behandelt wird) auch als zweckmäßig im Einsatz bei der Sternentwicklung erwiesen. Der Film (Laufzeit 14 min – Colorfilm) folgt dem sachlogischen Weg und zeigt im ersten Teil die Sternentstehung bis zum Erreichen des Hauptreihenstadiums. Der zweite Teil stellt die weitere Sternentwicklung bis zum Weißen Zwerg dar

(welches als **ein** mögliches Endstadium kommentiert werden sollte). Für die Zusammenfassung des Filminhaltes hat sich der Einsatz der Bilder 33 und 35 aus den Unterrichtshilfen *Astronomie* (S. 95 und S. 100) als selbsthergestellte Folie bewährt. Eine Filmunterbrechung nach dem ersten Teil und eine Zusammenfassung des Inhaltes im Unterrichtsgespräch anhand dieser Bilder ist sehr zu empfehlen.

Der Tonfilm kann aber auch bei der Einführung der Sternentstehung an die Stelle des Lehrervortrages treten. Dann wird der 2. Teil des Filmes eine Wiederholungsfunktion erfüllen.

**Freihandexperiment** zur jährlichen trigonometrischen Parallaxe:



Die linke Hand markiert den Ort des Sterns, mit ihr wird ein Zeigestock locker gehalten. Mit der rechten Hand wird eine Ebene des Zeigestockes auf dem Tisch in einer Kreisbahn geführt; das soll die jährliche Bahn der Erde darstellen. Der Zeigestock symbolisiert die Blickrichtung von der Erde zum Stern, die im Laufe eines Jahres einen Doppelkegel beschreibt. Am freien Ende des Zeigestockes ist die Projektion der Erdbahn an die Himmelskugel als parallaxtische Ellipse zu erkennen.



Die Karteikarte stellt die Unterrichtsmittel entsprechend dem Lehrplan für drei Unterrichtsstunden geordnet vor.

## 1. Stunde: Die Sonne und ihre Aktivität

- Projektionsfolie „Aufbau und Aktivität der Sonne“
- KF 109 „Protuberanzen“ (Film; Standort KfU)
- Bildmappe „Ausgewählte astronomische Objekte“
- Lichtbilder aus den Reihen R 650, R 824, R 823
- Telemotor und Sonnenprojektionsschirm

Dabei kommt der Einsatz der **Projektionsfolie „Sonne“** für den Aufbau der Sonne vom Kern bis zur Korona und die Einführung der Sonnenaktivität besonders in Frage. Dieses UM erlaubt vielfältige methodische Varianten. Der Einsatz sollte auch in der Phase der Reaktivierung erfolgen.

Der **KF 109 „Protuberanzen“** kann eine starke emotionale Wirkung auf die Schüler ausüben. Dieser Film (er befindet sich mehrfach auf einer Rolle) sollte daher auch gezeigt und durch den Lehrer inhaltlich kommentiert werden. Er verdeutlicht den Schülern den Zusammenhang zwischen Ursache und Erscheinungsbild der Protuberanzen. Der KF 109 ist in zwei Abschnitte gegliedert.

### 1. Beobachtungsbefunde

- Sichtbarkeitsbedingungen für Protuberanzen,
- Anblick einer Protuberanz im Fernrohr

### 2. Zusammenhang zwischen Sonnenfleck und Protuberanz, Bewegung und Veränderung einer Protuberanz

- Magnetfeld einer Sonnenfleckengruppe,
- Kondensation der Protuberanzmaterie an den Feldlinien,
- Bewegung entlang der Feldlinien,
- Größenvergleich mit der Erdkugel,
- Bewegung und Veränderung der Protuberanz (Zeittraffung)

Aus der **Bildmappe „Astronomische Objekte“** sollten die Bilder 9 und 10 nach Möglichkeit während der Behandlung der Sonne einen

festen Platz im Fachunterrichtsraum finden (Wechselrahmen). Bewährt haben sich für die Festigung astronomischer Erkenntnisse die Erklärungen (in Kurzform) zu den Einzelbildern aus dem Beiheft, die auszuhängen sich empfiehlt.

Die Auswahl von Dias aus den Bildreihen bereitet für diese Stunde Probleme (Zeitfaktor; Wesentliches). Nicht verzichtet werden sollte auf eine Auswahl von **Dias aus der Reihe R 650** (alle Bilder s/w). Gut bewährt haben sich **Sonnenbeobachtungen** mit Telemotor und Sonnenprojektionsschirm. Vorteilhaft ist dies nach der 1. Unterrichtsstunde (bzw. zu Beginn der 2. Unterrichtsstunde zur Sonne), weil damit erworbenes Wissen durch die Beobachtung gefestigt wird. Ohne Aufwand werden diese Beobachtungen (auch von Beobachtungshelfern) während der Pausen durchgeführt. Die emotionale Wirksamkeit der Sonnenbeobachtung ist groß. Beobachtungsreihen durch Schülergruppen sind über Tage (Wochen) möglich.

Als einfaches **Experiment** sollte die **Darstellung solarer Magnetfelder** mittels der Projektion über den Polylux vorgenommen werden. Dazu benötigt man 2 bis 3 kleine Maniperm-Haftmagnete (rund), eine Glasplatte und Eisenfeilspäne. Werden zusätzlich Lichtbilder aus R 650 herangezogen, so ergibt sich ein besseres Verständnis für die Vorgänge in der Sonnenatmosphäre. Gut eignen sich dabei der Vergleich zwischen Bild 4 (Spektroheliogramm) und den mittels Manipermmagneten ausgebildeten Feldern. Damit wird für die Schüler besser vorstellbar, warum Protuberanzenmaterial oft wochenlang über der Photosphäre „schweben“ kann (siehe auch Lehrbuchabbildung 65/1).

## 2. Stunde: Die Strahlung der Sonne

- Projektionsfolie „Sonne – Strahlung und solarerterrestrische Beziehungen“
- Anschauungstafel „Spektralklassen der Fixsterne“
- Lichtbildreihen (siehe 1. Stunde)

Die Erarbeitung der **Strahlungsarten der Sonne** sollte anhand der Folie erfolgen. Da vom Physikunterricht keine Vorleistungen dazu

vorhanden sind, ist hier ein Lehrervortrag sinnvoll. Der Foliensatz verdeutlicht neben der ausgesandten Strahlung der Sonne gleichzeitig das Eindringen der verschiedenen Strahlungsarten in die Erdatmosphäre und deren teilweise Absorption.

Die Erläuterung der Auswirkung der solaren Strahlung auf die Erde und ihre Atmosphäre sollte mittels Dias erfolgen. Geeignet sind u. a. die Bilder 19 und 20 aus der Reihe R 650.

Wird das Sonnenspektrum schon in dieser Stunde behandelt, so sind die **Farbtafel des Lehrbuches** und die **AT „Spektralklassen der Fixsterne“** zur Veranschaulichung einzusetzen.

Auch bei der Behandlung der Spektren kann der Astronomielehrer nicht auf Vorkenntnisse zurückgreifen. Es wird deshalb vorgeschlagen, den Schülern dazu mindestens ein **Experiment** vorzuführen, wenn keine Beobachtung des Sonnenspektrums möglich ist.

#### *Kontinuierliches Spektrum*

Dazu werden benötigt:

Polylux, Reflexionsgitter und Spalt ( $0,3 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$ ) und Material zur Abdeckung der Schreibfläche des Lichtschreibes (Papier).

Es wird der Spalt auf der Schreibfläche hergestellt und das Reflexionsgitter etwa  $0,2 \text{ m}$  vor dem Umlenkspiegel in den Strahlengang gebracht. Das projizierte kontinuierliche Spektrum wird durch Drehung des Reflexionsgitters bzw. des Lichtschreibers in die gewünschte Richtung gebracht. Ein Vergleich des Spektrums mit der Lehrbuchdarstellung bzw. der Anschauungstafel sollte erfolgen.

### **3. Stunde: Energiehaushalt der Sonne**

Die **Unterrichtsfernsehsendung „Ein Steckbrief unserer Sonne“** dient der Festigung, Vertiefung und Systematisierung des Wissens der Schüler über die Sonne.

#### **Inhalt und Ablauf der Sendung:**

- Der Einstieg beginnt mit dem vertrauten Erscheinungsbild der Sonne und stellt Beziehungen zum Leben auf der Erde her. Die

Abhängigkeit unseres Lebens von der Sonne wird angedeutet. Erst nach einer Gegenüberstellung der Weltbilder von PTOLEMAÏUS und COPERNICUS erscheint der Titel der Sendung.

- Die Sonnenforschungseinrichtungen von Potsdam und Ondřejov und Astrophysiker bei der Arbeit werden gezeigt. Angaben zur Sonne werden gemacht und die Sonne mit Sonnenflecken vorgestellt.
- Der Hauptteil der Sendung ist der Sonnenphysik gewidmet. Real- und Trickaufnahmen stellen die Entstehung des Spektrums dar. Mittels eines Heliospektrographen werden Emissions- und Absorptionslinien für verschiedene Elemente demonstriert.
- Die Behandlung der Sonnenatmosphäre sowie der dynamischen Vorgänge (Fackeln, Protuberanzen, Eruptionen) leitet zur Behandlung der Radiostrahlung über.
- Vergleiche charakterisieren die Strahlungsleistung der Sonne und den Energietransport. Es wird auf die wichtigsten solar-terrestrischen Beziehungen (Störungen im Funkverkehr, Nordlichter, Störungen des Magnetfeldes und auf die noch nicht gesicherten Beziehungen – Krankheiten, Vermehrung bestimmter Tierarten) eingegangen.

**Nutzung der Sendung:** Aus der Zielstellung ergibt sich der Einsatz der Sendung zur Festigung und Vertiefung des Wissens über die Sonne. Sie soll die Schüler zu der Erkenntnis führen, daß immer bessere Methoden und Instrumente dazu beitragen, noch offene Fragen zu beantworten und die Grenzen der Erkenntnis weiter hinauszuschieben. Folgende Fragen können vor der Sendung zur nachfolgenden Beantwortung gestellt werden:

- *Machen Sie Aussagen über die Entstehung des Sonnenspektrums!*
- *Beschreiben Sie die Erscheinungsformen der Sonnenaktivität!*
- *Schildern Sie anhand von Beispielen die solar-terrestrischen Beziehungen!*

**WERNER TREPTE**



## 1. Auswahl der Unterrichtsmittel

Die didaktische Funktion *Systematisieren* steht im engen Zusammenhang zum Festigen, ihre Aufgabe weist aber darüber hinaus. Systematisierungen schließen sich im allgemeinen an die Behandlung von Stoffeinheiten oder Stoffgebieten an. Vielfach werden systematisierende Darstellungen als **Tafelbild** (TB) bzw. mittels PF verwendet, wozu als Quelle Vorlagen aus dem LB, der Unterrichtshilfe (UH) oder aus Veröffentlichungen in „Astronomie in der Schule“, insbesondere aus deren Karteikartenbeilagen (KK) genutzt werden können. Vor Überladungen muß man sich dabei hüten. UM aus vorangegangenen Erarbeitungsphasen können teilweise wieder herangezogen werden.

Häufig werden im AU systematische Übersichten unter bestimmten Klassifizierungsgesichtspunkten schon bei der Stoffbearbeitung (als TB bzw. PF oder im LB) entwickelt oder benutzt, z. B.

„scheinbare und wahre Bewegungen der Erde“ (KK 5 bzw. LB S. 18)  
 „Natürliche Kleinkörper“ (KK 15)

„Die Sonne – Aufbau und Aktivität“ (PF SKUS 30 740 7)

„Die Sonne – Strahlung und solar-terrestrische Beziehungen“ (PF SKUS 30 741 5)

„Interstellare Wolken“ (PF SKUS 30 742 5)

**Historische Betrachtungen** konzentrieren sich vor allem auf *Systematisierungsstunden* oder werden entsprechend dem Lehrplan in den laufenden Stoff eingebunden. Sorgfältige wohldosierte Auswahl der UM und ihr rationeller Einsatz müssen aus der Sicht auf emotionale und erzieherische Wirksamkeit erfolgen, zu Wertungen führen und dazu beitragen, die materialistische Geschichtsauffassung der Schüler zu festigen.

### Unterrichtsmittel zur Geschichte der Astronomie:

R 542: Gesetze der Planetenbewegung (Auswahl), SKUS 26 502 7

R 642: Die Entwicklung des astronomischen Weltbildes

R 823: Bilder zum Planetensystem (Auswahl), SKUS 30 502 8

TR 53: Wichtige Etappen der Raumfahrt (Auswahl), SKUS 30 540 5

TR 86: Leben und Werk Keplers (Auswahl empfohlen), SKUS 26 541 2

TR 96: Vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild  
 SKUS 30 541 3

TR 132: Entwicklung astronomischer Beobachtungsmethoden  
 SKUS 30 542 1

### URANIA-Bildreihen:

Die Entwicklung des astronomischen Weltbildes (34 Bilder)  
 Nicolaus Copernicus und die Begründung des heliozentrischen Weltbildes (29 Bilder)

Die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt (72 Bilder)

*Bildmappe* „Bedeutende Naturwissenschaftler – Geographie/Astronomie“ (Auswahl: Brahe, Bruno, Galilei, Kepler, Herschel, Gagarin)  
 SKUS 12 935 8

LB (Texte, Abbildungen, Tabellen)

*Populärwissenschaftliche Literatur* (z. B. Herrmann, D. B.: Entdecker des Himmels, URANIA-Verlag 1978)

### Unterrichtsergänzende Sendungen des Schulfunks:

• Das Weltbild der Antike

• Das Weltbild des Copernicus (u. a.)

## 2. Vorschläge zur Verwendung in einzelnen Stunden

### Einführungsstunden

Entstehung der Astronomie: R 823/1, TR 96/4, praktische Nutzung astronomischer Erkenntnisse in der Vergangenheit: TR 96/2, Einführung des Fernrohres in die astronomische Forschung: TR 96/17, 18.

### Die Entwicklung unserer Kenntnisse über den Erdmond

LB-Tabellen S. 37 und S. 132 (Tab. 8) können als Hilfsmittel für geeignete Schüleraufträge dienen. Die Abbildungen der Zeichnungen Galileis in LB S. 37 sind für einen Vergleich der Leistungen Galileis an seinem Fernrohr mit eigenen Beobachtungen des Erdmondes geeignet und unterstützen das Ziel, die Hochachtung vor den Leistungen der Wissenschaftler vergangener Zeiten zu entwickeln.

## Die Planeten

Zur Konzentration auf das Wesentliche wird dringend geraten, von den Gesetzen der Planetenbewegungen ausgehend zu den Erscheinungen vorzudringen (vgl. UM-KK 11), die Leistungen von Copernicus, Kepler und Newton (*daß, wie, warum* sich die Planeten um die Sonne bewegen) nur knapp herauszustellen und kurz auf die Entdeckungsgeschichte des Planeten Neptun einzugehen. Eine ausführliche Behandlung des Historischen erfolgt in der Systematisierungsstunde zum Sonnensystem. Prinzipiell erfüllen Abbildungen des LB die Funktion der Veranschaulichung. Als Lichtbilder bieten sich an: TR 86/3, 5, 6, 9, 12, TR 96/11, 20, TR 132/4, R 542/3, 5, 6, 16.

### Künstliche Kleinkörper (Entwicklung der Raumfahrt)

Aus TR 53 sollte man nur eine Auswahl treffen. (Auf das Tonband wird man verzichten.) Die Verwendung der Tabelle 8 LB S. 132 muß mit sinnvoller Aufgabenstellung verbunden werden (z. B. Herausstellung und Wertung der Pioniertaten der Sowjetunion, Zusammenarbeit der Sowjetunion mit anderen Staaten). Tagespresse, Fernsehen und Rundfunk sind für die Aktualisierung des Unterrichts heranzuziehen. Auf die Möglichkeit der Zusammenstellung von Dokumentationen auf der Grundlage längerfristiger Schüleraufträge sei verwiesen.

### Historische Entwicklung unserer Kenntnisse über das Sonnensystem (Systematisierung)

TR 96 wird man zweckmäßigerweise vollständig einsetzen. Dabei bieten sich Varianten des didaktisch-methodischen Vorgehens an, die die selbständige Schülerarbeit mit LB, den Schülervortrag und den emotional wirksamen Lehrervortrag berücksichtigen sollten:

- Abschnittweises Bearbeiten der Teilthemen (Ansichten im Altertum, heliozentrisches Weltsystem, Kampf um seine Durchsetzung, Weiterentwicklung der Kenntnisse) und abschnittweiser Einsatz der TR
- Bearbeitung der Teilthemen durch Schülergruppen, Zusammenführung durch Diskussion und Systematisierung, Darbieten der LR.

Weitere Varianten sind möglich. Schwerpunkt der Stunde sollte die Behandlung der ideologischen Auseinandersetzung beim Kampf um die Durchsetzung des heliozentrischen Weltsystems sein. Anregungen für systematische Darstellung gibt KK 19. Auch die LB-Tabelle 17 (S. 139) kann verwendet werden.

### Zusammenfassender Überblick unter historischem Aspekt (Systematisierung)

Die in diesen Abschlußstunden vorzunehmende systematisierende Überschau und Rückschau muß den Beitrag des Faches Astronomie zur Ausformung des materialistischen Weltbildes der Schüler deutlich werden lassen.

Schwerpunkte der Systematisierung müssen sein:

- Der Aufbau des Weltalls nach dem gegenwärtigen Erkenntnisstand. Eine Auswahl geeigneter Lichtbilder von typischen Objekten und Erscheinungen sollte zu einer systematischen Übersicht führen. Anregungen hierzu enthält KK 35.
- Die Entwicklung im Universum.
- Die Entwicklung astronomischer Forschungsmethoden. Nach entsprechender Vorbereitung durch die Schüler (es bieten sich Aufgabenstellungen zur Arbeit mit dem LB S. 97–102 und der Tabelle 17 S. 139–140 an) wird hierzu abschließend TR 132 dargeboten.
- In der letzten Unterrichtsphase des Faches muß hinreichend Zeit bleiben für einen Ausblick, in dessen Mittelpunkt bisher ungelöste Probleme der Astronomie stehen.

**UWE WALTHER**

#### Literatur:

- (1) ALBERT, H.: **Systematisierung des Unterrichtsstoffs in der Stoffeinheit „Das Planetensystem“**. Astronomie in der Schule 13 (1976), H. 3, S. 62–64.
- (2) BERNHARD, H.; HERRMANN, D. B.: **Der historische Aspekt im Astronomieunterricht**. Astronomie in der Schule 14 (1977), H. 4, S. 84–86.
- (3) KÜSTER, A.: **Gestaltung der letzten Stunde des Astronomieunterrichts**. Astronomie in der Schule 18 (1981), H. 1, S. 8–9.

## Geräte zum Messen von Höhen

Auf den mehrmals erwähnten Pendelquadrant wird hier nicht eingegangen. Daneben gibt es noch eine Reihe von Möglichkeiten, die Höhe der Sonne zu messen, ohne diese direkt anzuvissieren.

**1. Leiste mit Gnomon:** Ein senkrechter Stab, dessen oberes Ende zugespitzt ist, wird auf einer horizontalen Leiste angebracht. Der Stabschatten (Schattenende) kennzeichnet die Sonnenhöhe, die auf einer Gradeinteilung entsprechend der folgenden Berechnungsgleichung ablesbar ist.

$$\tan \alpha = \frac{h}{s}; s = \frac{h}{\tan \alpha}$$

Bei geringen Sonnenhöhen nehmen die Gradabstände zu und setzen der Leistenlänge damit eine Grenze. Z. B. ergibt ein 100 mm langer Stab bei 8° Sonnenhöhe einen 711,5 mm, bei 5° bereits einen 1 143 mm langen Schatten. Hinzu kommt, daß bei zunehmender Schattenlänge die Abbildungsschärfe des Schattens stark nachläßt.

**2. Leiste für den Mittagsschatten:** Diese einfache Vorrichtung stellt eine Variante von 1. dar; die Ablesung wird nur beim Mittagsschatten (Sonnenkulmination, wahrer Mittag) durchgeführt. Dies ermöglicht eine Erweiterung der Ablesemöglichkeiten, indem neben der Sonnenhöhe auch die Sonnendeklination mit dem dazugehörigen Datum aufgetragen wird. Bis auf die Tage der Sonnenwenden erscheint jedes Datum zweimal bei der betreffenden Deklination. Auf diese Weise kann die Leiste auch als Datumanzeiger verwendet werden. Es ist dabei zu beachten, daß man damit an eine bestimmte geographische Breite gebunden ist. Der wahre Mittag ist dem „Kalender für Sternfreunde“ zu entnehmen, wobei die Längendifferenz (Ortszeitdifferenz) zwischen Görlitz und dem betreffenden Ort zu berücksichtigen ist.

**3. Datums- und Deklinationsanzeiger:** Eine weitere Möglichkeit zum Ablesen des Datums bzw. der Sonnendeklination im wahren Mittag besteht mittels eines schräg gestellten Schattenstabes. Dieser ist nicht wie bei einer Sonnenuhr zum

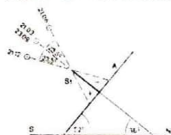


Abb. 1

A = Auffangfläche; St = Stab

Himmelspol gerichtet, sondern in Richtung zum Himmelsäquator. Für 52° geogr. Breite (Mitte der DDR) beträgt die Stabneigung 38°. Die Auffangfläche dagegen verläuft erdachsenparallel, d. h. sie zeigt zum Himmelspol (52°).

Am 21. 3. oder 23. 9. kann daher kein Schattenwurf entstehen. An den übrigen Tagen entsteht ein mehr oder weniger langer Schatten, der im Sommerhalbjahr unterhalb und im Winterhalbjahr oberhalb des Stabes liegt. Für die Skala verwendet man am besten Millimeterpapier, das mit einer Einteilung für die Deklination bzw. das Datum zu versehen ist. Die Länge des Schattenwurfes entspricht dem Tangens der betreffenden Sonnendeklination, multipliziert mit der Länge des Stabes. So wirft ein 100 mm langer Stab maximal einen 44 mm langen Schatten am 21. 12. und 21. 6.

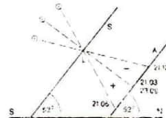


Abb. 2

A = Auffangfläche; S = Schirm; L = Lochblende

Eine Variante dieser Vorrichtung benötigt keinen Schattenstab, sondern lediglich eine Lochblende. Die Fläche, in der sich die Lochblende befindet, verläuft parallel zur Auffangfläche, d. h. ebenfalls unter dem Winkel der geographischen Breite. Es muß auch bei schrägem Lichteinfall (21. 12./21. 6.) garantiert sein, daß auf der Auffangfläche ein kleines Lochbild entsteht. Der Abstand zwischen dem Loch und der Auffangfläche entspricht der Stablänge bei dem vorher erwähnten Modell.

**4. Gnomisches Arbeitsbrett:** Verwendet man anstelle einer Leiste wie bei 1 und 2 ein viereckiges Brett, ist nicht nur die Sonnenhöhe, sondern auch das Sonnenazimut ablesbar. Für die Höhenablesung ist Polkoordinatenpapier zu empfehlen, auf dem die Höhenwerte aufgetragen werden (s. 1.).

Für das Azimut ist keine Umrechnung erforderlich. Vom Fußpunkt des Stabes werden die Azimutwinkel radial gezogen – je nach der Größe der Vorrichtung in 10° oder 20° Abstand. Da der Mittagsschatten in Richtung Norden fällt, für die Ablesung aber das wirkliche Azimut wichtig ist, können die Himmelsrichtungen vertauscht werden. Man wird daher von Norden aus, das als Süden bezeichnet wird, die Azimuteinteilung über Westen (auf dem Brett als Osten bezeichnet) anbringen.

**Hinweise für die Anfertigung:** Auf eine exakte horizontale Lage der Leiste bzw. der Vorrichtung ist zu achten. Zur Kontrolle sollte man eine Libelle, wie sie für die Wasserwaagen verwendet werden, anbringen. Für den Stab verwendet man zweckmäßig Stricknadeln aus Metall oder Plaste. Für die Ablesung ist die Stabspitze (Vorsicht: Arbeitsschutz!) maßgeblich. Bei zu dünnen Stäben kann es vorkommen, daß bei größeren Entfernungen kein Kernschatten mehr entsteht. Die Spitze des Kernschattenkegels befindet sich in der 107fachen Entfernung des Schattenwerfers. So wirft ein Stab von 1 mm Stärke in 107 mm Entfernung keinen Schatten mehr.

Auf dem Prinzip des Quadranten basieren noch mehrere Vorrichtungen, mit denen man die Sonnenhöhe messen kann.

**5. Quadrant auf schwenkbarem Arm:** An einer senkrechten Säule wird mittels eines Bolzens mit Flügelmutter ein schwenkbarer Arm angebracht, auf dem sich eine Einstellung von  $0^\circ$  bis  $90^\circ$  (Winkelmesser) befindet. An der feststehenden Säule ist eine senkrechte Markierung (dünner Stab) oder ein Lot angebracht, die eine Ablesung auf dem Winkelmesser gestattet. Auf dem schwenkbaren Arm befindet sich in Richtung Sonne eine kleine Lochblende, am anderen Ende eine Projektionsfläche, auf den das Sonnenbildchen fällt. Die Vorrichtung wird in

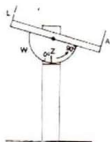


Abb. 3

L = Lochblende; A = Auffangfläche;  
Z = fester, senkrechter Zeiger;  
W = Winkelmesser

Richtung Sonne gebracht und der Arm so lange geschwenkt, daß das Sonnenbildchen auf die Mittelpunktmarkierung der Projektionsfläche fällt. An dem senkrechten Stab (Lot) wird die Sonnenhöhe abgelesen. Eventuell muß beim Winkelmesser die Gradfolge umgekehrt werden, damit bei der waagerechten Lage des Arms  $0^\circ$  angezeigt wird.

**6. Quadrantbrettchen:** Diese Vorrichtung entspricht im Prinzip dem Mauerquadranten, ist aber in verschiedene Richtungen drehbar und ermöglicht deshalb die Bestimmung der Sonnenhöhe zu allen Tageszeiten. Auf einem quadratischen Brett befindet sich in der Nähe einer Ecke ein senkrechter Stab, dessen Fußpunkt mit dem Nullpunkt des Quadranten vergleichbar ist. Die Winkelteilung unterscheidet sich von der eines Quadranten durch die umgekehrte Gradfolge, d. h.

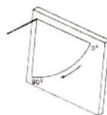


Abb. 4

$0^\circ$  muß in der Höhe des Stabes liegen,  $90^\circ$  darunter (benötigt werden für die DDR nur  $63^\circ$ ). Der Quadrant ist so zu drehen, daß die Ablesefläche Streiflicht erhält und der Stabschatten noch deutlich erkennbar ist. Auch hier ist eine Kombination mit einer horizontalen Winkelteilung zum Ablesen des Sonnenazimutes möglich.

**7. Der Höhengeschattenwerfer:** Es handelt sich hierbei um eine einfache Art der Höhenmessung mittels des Schattenwurfes. Auf einer horizontalen Fläche wird senkrecht zu ihr ein Viertelkreis mit Winkelteilung angebracht. Als Schatten-

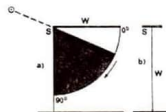


Abb. 5

S = schattenwerfende Oberkante;  
W = Winkelmesser,  
a) = Seitenansicht, b) = Vorderansicht

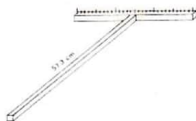
werfer dient einfach die senkrechte Säule, deren Oberseite genau mit der Quadrantenteilung ( $0^\circ$ ) abschneiden muß. Auch hier hat sich das Polkoordinatenpapier gut bewährt.

Auch bei den hier genannten Vorrichtungen muß auf eine genaue horizontale Lage (Libelle) geachtet werden.

ARNOLD ZENKERT

## Vorrichtungen zum Messen scheinbarer Gradabstände am Himmel

**1. Der Meßkamm („Himmelsharke“):** Im Abstand von 57,3 cm erscheint 1 cm unter einem Winkel von  $1^\circ$ . Darauf beruht die Meßmethode von Gradabständen mit Hilfe eines Lineals und einer 57,3 cm langen Schnur. Eine einfachere Möglichkeit, bei der man eine Hand frei hat, ist der Meßkamm, der aus einem 57,3 cm langen dünnen Stab und einer dazu senkrechten Querleiste, auf der im

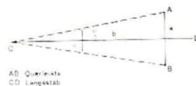


Abstand von 1 cm dünne Stifte (Tapetenstifte, Nägel) angebracht werden. Die Länge der Querleiste ist nicht bindend, sie liegt meist bei 20 bis 30 cm. Die Stifte, von denen jeder 5. oder 10. zur Erleichterung der Ablesung etwas höher sein kann, heben sich selbst in der größten Dunkelheit noch deutlich vom Nachthimmel ab.

**2. Der Jakobstab:** Bis ins 18. Jahrhundert war die Schifffahrt auf dieses wichtige Meßinstrument angewiesen. Auf alten Stichen sehen wir Astronomen, die Stäbe mit Querleisten zu Himmel richten, um die Gestirnsabstände zu messen. Entlang eines Stabes, dessen Länge nicht bindend ist, wird ein Querstab verschiebbar angebracht. Die beiden Querstabenden bilden die Begrenzungen zum Anvisieren von Gestirnsabständen am Himmel. Durch das Verschieben erscheint der Querstab größer bzw. kleiner, d. h. unter einem bestimmten Winkel. Auf dem Längsstab befindet sich eine Gradeinteilung, deren Abstände sich aus der folgenden Beziehung ergeben:

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{a}{b} \quad \text{So wird z. B. eine 10 cm lange Querleiste (} a = 5 \text{ cm)}$$

bei 60 cm Augabstand einen Winkel von  $4,76^\circ$ , rund  $5^\circ$ , ergeben, d. h., der Winkel  $\alpha$  beträgt  $9,52^\circ$ . Infolge der begrenzten Armlänge wird der Längsstab nicht größer als 70 cm sein. Verwendet man 2 Querstäbe, kann der Winkelbereich vergrößert werden. In diesem Falle sind 2 Skalen erforderlich.



Der Einsatzbereich des Meßkamms und des Jakobstabes erstreckt sich auf die scheinbaren Gradabstände zwischen zwei Sternen, zwischen Planeten und Sternen sowie zwischen dem Mond und Planeten bzw. Sternen (Mondvorübergänge). Beim Anvisieren ist darauf zu achten, daß der Stab nicht zu nahe an das Auge kommt. Der dafür erforderliche Sicherheitsabstand muß bei der Stablänge für die Winkelberechnung berücksichtigt werden.

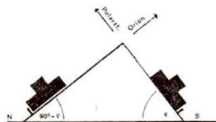
**3. Polarsternvisier:** Diese einfache Visiervorrichtung zum Himmelsnordpol (Polarstern), die auch den scheinbaren Drehpunkt des Himmels veranschaulicht, eignet sich gut für Schul- und Volkssternwarten, wo die Möglichkeiten zur festen Aufstellung einer Säule gegeben sind. Auf einer senkrechten Säule befindet sich in Augenhöhe (für Schüler um 130 cm) schräg angesetzt ein Rohr von etwa 25 cm Länge. Die Neigung des Rohres gegenüber der Horizontalen entspricht der geographischen Breite, die als Winkel zwischen Rohr und Säule deutlich kenntlich gemacht wird. Beim Blick durch das





Rohr, das natürlich keine Optik enthält, erblickt man nachts den Polarstern, der beständig im Blickfeld bleibt.

**4. Auflage für Fotoapparate:** Die Himmelsfotografie beginnt erfahrungsgemäß mit Sternspuraufnahmen. Dafür ist oft kein geeignetes Stativ vorhanden bzw. läßt dessen Stabilität zu wünschen übrig. Für



die Sternspuraufnahmen kommen hauptsächlich zwei Richtungen in Frage, zum Himmelspol und in südliche Richtung in Höhe des Himmelsäquators (Orion und Umgebung). Eine einfache Auflage mit zwei geneigten Ebenen macht ein Fotostativ entbehrlich, man kann

sogar mit zwei Fotoapparaten gleichzeitig arbeiten. Bei der entsprechenden Größe lassen sich auch mehrere Fotoapparate nebeneinander legen. Die Qualität der Apparate – ob Box oder Spiegelreflexkamera – spielt dabei keine Rolle. Auf einem horizontalen Brett werden zwei Auflagebretter angebracht, die unten eine Querleiste besitzen, die das Abrutschen der Fotoapparate verhindern sollen. Man verwechsle dabei aber nicht die Winkel für die Neigung der Auflagen: Das Brett für die Polgegend ist unter  $38^\circ$  geneigt, da die dazu gehörende Senkrechte  $52^\circ$  beträgt (das Beispiel gilt für die Mitte der DDR). Bei der Auflage für die Südrichtung sind die Verhältnisse entsprechend, wie aus der Skizze zu ersehen ist. Verwendet man ein Normalobjektiv von 50 mm Brennweite, bilden sich in der Polgegend die Sterne noch als Punkte ab, wenn nicht länger als etwa 60 Sekunden belichtet wird. Bei den Sternen in der Gegend des Himmelsäquators liegen die Belichtungszeiten bedeutend darunter und betragen nur etwa 10 Sekunden. Infolge der kurzen Belichtungszeiten muß man hochempfindliches Filmmaterial verwenden.

**ARNOLD ZENKERT**



# Die Sonne (I)

## 1. Allgemeine Größen

### 1.1. Entfernung, Durchmesser, Masse

#### 1.1.1. Entfernung von der Erde:

E. RABE gab 1967 in Auswertung der bis 1965 durchgeführten Eros-Beobachtungen die Entfernung Erde-Sonne mit 149 598 000 km an. Bei der Annahme des Erdradius von 6 378,5 km ermittelte er eine Sonnenparallaxe von  $8''.79416$ . Neuere Radarmessungen bestätigten diese Werte.

#### 1.1.2. Durchmesser: Nach den Messungen von AUWERS, 1891, beträgt der mittlere scheinbare Durchmesser 1919.''3. Er schwankt infolge des unterschiedlichen Abstandes von der Erde zwischen 1955.''8 und 1891.''4. Daraus folgt ein wahrer Durchmesser von rund 1 391 400 km.

#### 1.1.3. Masse: Die Masse der Sonne entspricht 332 488 Erdmassen. Wir erhalten aus der bekannten Erdmasse dann eine absolute Masse von $1.9866 \times 10^{30}$ kg.

## 1.2. Helligkeiten:

#### 1.2.1. Die scheinbare Helligkeit in Sterngrößen: $m_v = -26,88$

#### 1.2.2. Die absolute Helligkeit: $M_v = +4,69$

#### 1.2.3. Die absolute bolometrische Helligkeit: $M_{bol} = 4,62$

## 1.3. Energetische Größen

#### 1.3.1. Für die uns zugestrahlte Energie ist die Solarkonstante von besonderer Bedeutung. Wir verstehen darunter den Energiebetrag $q$ , der bei senkrechter Bestrahlung ohne Vorhandensein der Erdatmosphäre auf einen $\text{cm}^2$ in einer min eingestrahlt wird.

$$q = 1.97 \pm 0,01 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2}$$

#### 1.3.2. Die Kenntnis der Solarkonstanten ermöglicht die Berechnung der Flächenhelligkeit der Sonne. Man erhält für die Strahlung eines $\text{cm}^2$ der Sonnenoberfläche: $F = 6,35 \text{ kW cm}^{-2}$ .

#### 1.3.3. Multipliziert man diesen Betrag mit der Sonnenoberfläche, so erhält man die Gesamtausstrahlung, die Leuchtkraft der Sonne: $L = 3,861 \times 10^{23} \text{ kW}$ .

#### 1.3.4. Energieerzeugung: Die Sonne gewinnt ihre Energie wohl im wesentlichen durch die Umwandlung von Wasserstoff in Helium. Dabei wird aus vier Protonen ein Heliumkern aufgebaut. Die mittlere Energieerzeugung beträgt dabei $1,94 \cdot 10^{-7} \text{ W g}^{-1}$ .

## 1.4. Temperatur: Die effektive Temperatur der Sonnenoberfläche wurde zu $T_e = 5 785 \text{ K}$ bestimmt.

## 1.5. Sonnenrotation: Die Sonnenrotation nimmt mit wachsender heliographischer Breite zu. Die siderischen und synodischen Rotationsperioden bei $16^\circ$ Breite betragen $T_{sid} = 25,380 \text{ d}$ und $T_{syn} = 27,275 \text{ d}$ .

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“; Fortsetzung Rückseite

## 2. Das Sonnenspektrum

Das Sonnenspektrum entspricht dem eines Sterns der Spektralklasse G 1 und der Leuchtkraftklasse V. Von rund 26 000 Linien zwischen 293,5 nm und 1 349,5 nm konnten bisher etwa 70 Prozent identifiziert werden. Dabei wurden 64 Elemente sicher nachgewiesen.

## 3. Die Photosphäre

Die Photosphäre der Sonne ist die leuchtende Schicht, aus der die Sonnenstrahlung in den Weltraum abgestrahlt wird, und die wir als die Oberfläche der Sonne erblicken. Ihre einzelnen Erscheinungen sind die Randverdunklung, die Granulation, die Sonnenflecken und die Fackeln.

3.1. Die Randverdunklung läßt sich bereits in kleineren Fernrohren beobachten. Sie entsteht dadurch, daß wir das beobachtete Licht aus verschiedenen tiefen Schichten, und damit aus verschiedenen heißen Schichten empfangen. Nach dem Rand nimmt die Tiefe ab. Wir beobachten daher kühlere, d. h. gleichzeitig dunklere Schichten.

3.2. Die Feinstruktur der Sonnenoberfläche erscheint uns körnig. Wir bezeichnen sie als Granulation. Die Granulen erscheinen vorwiegend in rundlicher Form. Ihre Lebensdauer wird im Mittel auf 3 bis 5 Minuten geschätzt. Der Durchmesser beträgt 0,3 bis 1,5 Bogensekunden. Die Ursache der Bildung der Granulation sind aufsteigende Ströme der Wasserstoffkonvektionszone.

### 3.3. Sonnenflecken

Die Größe beträgt im Mittel 1000 bis 3000 km und reicht bis zu Gebilden von einigen hunderttausend Kilometer Ausdehnung. Die Flecken bilden häufig Gruppen, die zur Ausbildung einer Bipolarität neigen. Die Lebensdauer ist von der Größe abhängig und schwankt zwischen wenigen Tagen und einigen Monaten. Während ihrer Entwicklung führen sie eine geringe Eigenbewegung aus. Die Sonnenfleckentwicklung unterliegt einer periodischen Änderung. Zur Ableitung der Periodizität bestimmt man die von den Flecken bedeckte Flächengröße, oder man ermittelt die Sonnenfleckenzahl:  $R = k (10 g + f)$ . Dabei ist  $k$  ein individueller Gewichtungsfaktor, den man erhält, wenn das Ergebnis einer Beobachtungsreihe  $R'$  mit dem Ergebnis einer Standardreihe, z. B. den definitiven Züricher Sonnenfleckenzahlen, verglichen wird. Es gilt  $k = R_z / R' \cdot g$  ist die Anzahl der beobachteten Gruppen und  $f$  die Anzahl der einzelnen Flecken. Man kann die Ergebnisse beider Beobachtungsmethoden ineinander überführen. Wir erhalten die Fläche  $F$  in Millionstel der Sonnenoberfläche, wenn wir die Züricher Relativzahl mit 16,7 multiplizieren:  $F = 16,7 R_z$ . Die Sonnenfleckperiode schwankt nach bisherigen Beobachtungen zwischen 7,3 und 19,1 Jahren. Der wahrscheinlichste Mittelwert beträgt 11,1 Jahre. Die Flecken erscheinen hauptsächlich in Zonen beiderseits des Sonnenäquators. Am Äquator und in Breiten über 30 Grad sind sie selten oder überhaupt nicht zu beobachten. Die Temperaturen der Flecken liegen mit 4170 K unter der Temperatur der Sonnenoberfläche. 91 Prozent aller Fleckengruppen sind magnetisch bipolar.



# Die Sonne (II)

## 3.4. Fackeln

Als Fackeln bezeichnen wir die hellen, schlangenförmigen Gebilde in der Umgebung von Sonnenflecken. Ihre Temperatur übertrifft die der Photosphäre um rund 2000 Grad. Fackeln zeigen das gleiche Verhalten wie Sonnenflecken. Sie sind jedoch langlebiger. Alle Flecken scheinen in Fackelgebieten zu liegen. Es gibt aber fleckenlose Fackeln. Eine sehr helle Fackel ist stets ein Anzeichen dafür, daß eine Fleckenentstehung unmittelbar bevorsteht, oder daß ein Fleck gerade verschwunden ist.

## 4. Chromosphäre

Die oberhalb der Photosphäre liegende sehr schwach leuchtende Schicht erstreckt sich weit in den Raum hinein, ist aber unter normalen Bedingungen unsichtbar. Bei Sonnenfinsternissen erscheint sie als rötlicher Farbsaum, den wir mit langbrennweitigen Fernrohren in einzelne „Flammenzungen“, die Spiculae, auflösen können. Das Leuchten ist rund 1000mal schwächer als das der Photosphäre. Die Dicke der Chromosphäre beträgt etwa 14 000 km. Die untere Chromosphäre hat eine Temperatur von 4 500 K. Die Temperatur nimmt mit der Höhe, allerdings ungleichmäßig, zu. In der Chromosphäre kommt es zu kurzzeitigen Helligkeitsausbrüchen, den Eruptionen. Nach Beobachtungen des Krim-Observatoriums sind 70 Prozent der Eruptionen flache Gebilde. Die über die Spiculae hinausreichenden Teile der Chromosphäre bezeichnen wir als Protuberanzen. Ihre Höhen schwanken zwischen rund 10 000 und einigen 100 000 km. Normale Protuberanzen besitzen eine hohe Stabilität. Ihre Lebensdauer beträgt nach D'AZAMBUJA bis zu 3 Sonnenrotationen. Die in der Hauptzone vorkommenden Protuberanzen zeigen in Häufigkeit und Breitenwanderung ein fleckenähnliches Verhalten. In manchen Fällen überschreiten die ausgeworfenen Massen die Entweichgeschwindigkeit und verlassen die Sonne.

## 5. Sonnenkorona

Bei totalen Sonnenfinsternissen beobachten wir eine ausgedehnte Zone schwachen Leuchtens, die Korona. Die mittlere Gesamthelligkeit beträgt nur halbe Vollmondhelligkeit. Die Temperatur beträgt bis etwa 1 Million Grad. Die Linien des Spektrums konnten mit hochionisierten Elementen identifiziert werden. Das Aussehen der Korona ändert sich mit der Sonnenfleckenperiode. Im Maximum beobachten wir häufig eine radialsymmetrische Struktur. Dagegen vereinigen sich die Koronastrahlen im Minimum der Fleckenperiode in der Nähe des Sonnenäquators zu einem schwalbenschwanzförmigen Gebilde.

Kartelkarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“; Fortsetzung Rückseite

## 6. Geometrische und physikalische Daten der Sonne

### a) Geometrische und mechanische Daten

Mittlere tägliche Parallaxe	8."80 (8."79)
Mittlere Entfernung von der Erde	149.5 · 10 <sup>6</sup> km
Größte Entfernung von der Erde	152.0 · 10 <sup>6</sup> km
Kleinste Entfernung von der Erde	147.0 · 10 <sup>6</sup> km
Scheinbarer Halbmesser in der mittleren Entfernung	16' 1."2
wahrer Halbmesser = 109.2 Erdhalbmesser	6.9635 · 10 <sup>5</sup> km
Oberfläche = 11 920 Erdoberflächen	6.094 · 10 <sup>12</sup> km <sup>2</sup>
Volumen = 1.302 · 10 <sup>6</sup> Erdvolumen	1.414 · 10 <sup>18</sup> km <sup>3</sup>
Masse = 332 488 Erdmassen	1.986 · 10 <sup>30</sup> kg
Mittlere Dichte = 0.2554 der Erddichte	1.409 g/cm <sup>3</sup>
Schwerebeschleunigung an der Oberfläche (= dem 27.95fachen der mittleren Schwerebeschleunigung auf der Erdoberfläche)	2.7410 · 10 <sup>2</sup> m · s <sup>-2</sup>
Rotationszeit siderisch <sup>1</sup>	25.38 d
Rotationszeit, synodisch <sup>1</sup>	27.28 d
Neigung des Rotationsäquators gegen die Ekliptik	7° 15.'0

### b) Temperatur, Strahlung und Helligkeit

Effektive Temperatur (Strahlungstemperatur der Gesamtstrahlung der Photosphäre)	5785 K
Solarkonstante	2.00 kW cm <sup>-2</sup>
Gesamtleistung der Sonnenstrahlung	3.73 · 10 <sup>23</sup> kW
Leistung der auf die Erdoberfläche einfallenden Strahlung	1.69 · 10 <sup>14</sup> kW
Energieemission der Sonnenoberfläche	6.35 kW cm <sup>-2</sup>
Absolute visuelle Größe	+ 4 m 69
Absolute photographische Größe	+ 5 m 39
Scheinbare visuelle Größe (in der mittleren Entfernung)	- 26 m 90
Scheinbare photographische Größe	- 26 m 18

<sup>1</sup> Bezogen auf die mittlere heliographische Breite der Fleckenzone und das Niveau der Flecken.

## 7. Literatur

WEIGERT, A.; ZIMMERMANN, H.: **Brockhaus ABC der Astronomie**. Brockhaus-Verlag, Leipzig 1961.

GRAFF-LAMBRECHT: **Grundriß der Astrophysik**. Band 2: **Das Sonnensystem**. Teubner-Verlag, Leipzig 1962.

HOPPE, J.: **Planeten, Sterne, Nebel**. Verlag Enzyklopädie, Leipzig 1961.

GÜNTER LAMPE



# Erdähnliche Planeten - physikalische Eigenschaften (I)

Die 9 Planeten werden hinsichtlich ihrer physikalischen Merkmale in 2 Gruppen eingeteilt: erdähnliche und jupiterähnliche (Riesen-) Planeten.

Erdähnliche Planeten sind Merkur, Venus, Erde, Mars, Pluto (?)\*. Sie sind durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Die geometrischen Dimensionen umfassen einen engen Wertebereich.
- Die mittleren Dichten, also die mittleren Quotienten Masse durch Raumeinheit, haben einen sehr engen Spielraum und sind wesentlich größer als bei den Riesenplaneten.
- Die Atmosphären, die nur bei Venus und Erde relativ dicht sind, bilden eine Übergangsschicht von der festen oder flüssigen Planetenoberfläche zum Weltraum.
- Alle Planeten haben gleiche Umlaufsrichtung. Die Bahnneigung erreicht nur bei Pluto einen größeren Wert ( $17^\circ$ ).
- Den irdischen ähnlichen Lebensformen sind schon der Temperaturen wegen auf anderen Planeten des Sonnensystems kaum zu erwarten.

## Physisches von den Einzelplaneten

### Merkur

Die Ermittlung physischer Einzelheiten ist durch die Sonnennähe erschwert. Wegen der geringen Masse und der hohen Temperatur sind nur noch Reste einer **Atmosphäre** vorhanden, die den Blick auf die **Oberfläche** nicht behindern. Wegen der Sonnennähe sind trotzdem nur grobe Strukturen erkennbar. Nach radioastronomischen Messungen bei 2 cm Wellenlänge liegt die **Temperatur**, gemittelt über die Oberfläche und über längere Zeit, bei 350 K. Sie schwankt bis zu etwa  $70^\circ$  höheren und niedrigeren Werten mit der Periode der synodischen Rotation (176 Tage). Die aus Radarbeobachtungen ermittelte siderische **Rotationsperiode** ist 58,65 Tage (direkte Rotation). Die Apisidenlinie des Merkur dreht sich pro Jahrhundert um rund  $43''$ . Das entspricht einem Ergebnis der Relativitätstheorie.

### Venus

Die sowjetischen Sonden Venus 4 bis Venus 6 übermittelten unmittelbare Meßergebnisse aus der **Atmosphäre**. Der Hauptbestandteil ist  $\text{CO}_2$  mit rund 95 %;  $\text{N}_2$ , Edelgase und Wasserdampf tragen nur wenig bei,  $\text{O}_2$  höchstens 0,4 %. Der atmosphärische Druck am Boden liegt in der Größenordnung von 100 atm (abhängig von der Höhenlage des Landeplatzes). Die Oberfläche wird der Beobachtung durch Wolken entzogen, die vielleicht auch Staubeilchen enthalten. Nur Radarbeobachtungen lassen einige Strukturen wie „Ringgebirge“ erkennen. Durch die „Glashauswirkung“ des  $\text{CO}_2$  ist die **Oberflächentemperatur** sehr hoch (etwa  $400^\circ\text{C}$ ). Radarmessungen ergaben eine retrograde Rotation (siderisch 243 Tage, synodisch 217 Tage). Die Sonne geht also am Venushimmel im Westen auf.

---

\* Die ungenauen Kenntnisse über Pluto erlauben noch keine sichere Einordnung.

## Mars

Wegen seiner geringen Masse blieb nur eine dünne **Atmosphäre** erhalten. Aus verschiedenen Untersuchungen ergeben sich Bodendrucke von 3,5 bis etwa 30 mbar. Messungen der letzten Marssonden lassen auf einen Gehalt von 95 %  $\text{CO}_2$  schließen, dazu kommen geringe Mengen von CO und Wasserdampf, auch O und H (atomar). Die **Oberfläche**, die auf Grund visueller Beobachtungen relativ detailreich kartiert wurde, zeigt helle, rötliche Gegenden und dunklere, im Kontrast etwas grünlich erscheinende Gebiete. Die dunklen Stellen, die nach Radarmessungen im allgemeinen höher liegen als die hellen, können zeitweise durch Staubstürme verschleiert werden. Den „Kanälen“, deren Beobachtung früher zu phantasievollen Spekulationen führte, entsprechen keine einfachen und einheitlichen Bodenstrukturen. Durch Marssonden erhaltene Nahaufnahmen zeigen auf der Marsoberfläche viele Einzelheiten, die den Ringgebirgen der Mondoberfläche sehr ähnlich sind. Die Achsenneigung von  $25^\circ 12'$  führt zu **Jahreszeiten** mit unterschiedlichen Temperaturen, die entsprechend der größeren Umlaufperiode des Mars länger andauern als die Jahreszeiten auf der Erde. Die **Polkappen** sind in der kalten Zeit mit einer dünnen Schicht von festem  $\text{CO}_2$  (Trockeneis) bedeckt (Temperatur um  $-125^\circ\text{C}$ ). Darüber bildet sich häufig eine Wolkenschicht aus. Auf manchen Marsaufnahmen scheint deshalb die Polkappe über den Planetenkörper hinauszuragen. Die **Durchschnittstemperatur** in mittlerer Entfernung von der Sonne (Mittel über Oberfläche und Marsjahr) liegt bei  $-53^\circ\text{C}$  (Erde  $+14^\circ\text{C}$ ). In tieferen Lagen der Äquatorzone werden Mittagstemperaturen um  $+20^\circ\text{C}$  erreicht. Wegen der dünnen Atmosphäre ist die tägliche Temperaturschwankung groß (bis  $130^\circ$ ). Die **Rotationsperiode** ergab sich durch eine Auswertung vieler Beobachtungen zu 24 h 37 min 22,668 s.

Für die beiden **Marsmonde** wurden bisher die Durchmesser mit einem angenommenen Wert der Albedo aus der gemessenen Helligkeit berechnet. Phobos konnte jetzt auf 2 von der Sonde Mariner 6 erhaltenen Aufnahmen vermessen werden. Er ist länglich mit Durchmessern von etwa 22,5 km und 18 km. Seine Albedo beträgt nur 0,065. Phobos geht am Marshimmel im Westen auf, da seine Umlaufperiode (7 h 39 min) kleiner als die Länge des Marstages ist. Die Umlaufperiode des Deimos (30 h 18 min) ist nur wenig größer als ein Marstag, deshalb beträgt die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden oberen Kulminationen am Marshimmel etwa 132 h.

## Pluto

Aus einem lichtelektrisch beobachteten Rotationslichtwechsel wurde die **Rotationsperiode** zu rund 6,39 Tagen abgeleitet. KILADSE zeigte später, daß die Beobachtungen auch mit einer Periode von rund 1,18 Tagen verträglich sind. Die **Oberflächentemperatur** wird zu  $-220^\circ\text{C}$  angenommen. Andere Daten mit Ausnahme der Bahndaten sind unsicher. In der Tabelle sind für Durchmesser und Masse obere Grenzwerte angegeben. Die Grenze für den Durchmesser ergab sich daraus, daß die mit einem größer angenommenen Durchmesser vorausberechnete Bedeckung eines Sterns durch Pluto nicht eingetreten ist. Die Masse wurde berechnet mit dem angegebenen Durchmesser und der Annahme, daß die mittleren Dichten von Pluto und Erde gleich wären, was wohl auch eine obere Grenze ist.

Dipl. Geogr. H. RISSE/Dr. habil. O. GÜNTHER

Fortsetzung auf Karteikarte „Erdähnliche Planeten – physikalische Eigenschaften (II)“



# Erdähnliche Planeten - physikalische Eigenschaften (II)

Tabelle der Werte: oben absolute Werte, unten Vergleich mit Werten für die Erde

Planet	D (km)	m ( $10^{24}$ kg)	$\bar{\rho}$ ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	g ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ )	$v_E$ ( $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ )	$\bar{v}_U$ ( $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ )	e	$\Delta$ ( $10^6$ km)	Rot. (Tage)	Alb.
Merkur	4840	0,33	5,62	3,76	4,3	47,9	0,206	82...217	58,65	0,10
Venus	12100	4,87	5,09	8,88	10,3	35,0	0,007	41...257	243,09	0,76
Erde	12757	5,98	5,52	9,81	11,2	29,8	0,017	—	1,00	0,40
Mars	6780	0,64	3,97	3,72	5,0	24,1	0,093	55...400	1,03	0,15
Pluto	6800	0,90	5,50	—	—	4,7	0,253	29... 50AE	6,39	—

	D	m	$\bar{\rho}$	g	$v_E$	$\bar{v}_U$
Merkur	0,38	0,06	1,02	0,38	0,38	1,61
Venus	0,95	0,81	0,92	0,90	0,92	1,17
Erde	1	1	1	1	1	1
Mars	0,53	0,11	0,72	0,38	0,45	0,81
Pluto	0,53	0,15	1,0	—	—	0,16

D Durchmesser

m Masse

$\bar{\rho}$  mittlere Dichte

g Schwerebeschleunigung an der Oberfläche

$v_E$  Entweichgeschwindigkeit

(2. kosmische Geschwindigkeit)

$\bar{v}_U$  mittlere Bahngeschwindigkeit

e Bahnexzentrizität

$\Delta$  Abstand von der Erde

Rotationsperiode

Alb. Albedo

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“; Fortsetzung Rückseite

## **Literatur:**

**HOPPE, J.:** Planeten, Sterne, Nebel. VEB Verlag Enzyklopädie, Leipzig 1961

**WEIGERT, A., ZIMMERMANN, H.:** Brockhaus ABC der Astronomie, Leipzig 1961

**KUSMIN, A. D.:** Der Planet Venus. Astronomie in der Schule 4 (1967) 2, S. 26

**REMANE, K.-H.:** Ergebnisse und Vermutungen über die Oberfläche und Atmosphäre der Venus. Astronomie in der Schule 6 (1969) 4, S. 95

**GÜNTHER, O.:** Zu einigen astronomischen Ergebnissen der Raumfahrt. Astronomie in der Schule 7 (1970) 1, S. 13

Vgl. auch Karteikarten

- Beobachtungsobjekte im Sonnensystem I/II
- Die Planeten (Überblick) I/II
- Vergleiche zum Lehrplanabschnitt „Das Sonnensystem“ I/II

**Dipl. Geogr. H. RISSE/Dr. habil. O. GÜNTHER**

# Interstellare Materie (I)

## 0. Allgemeines

- 0.1. Literatur: WEIGERT, ZIMMERMANN; ABC der Astronomie  
Stichwörter: Atombau, Interstellare Materie, Interstellarer Staub, Interstellares Gas, Milchstraßensystem, Spektrum sowie die dabei gegebenen Verweise.
- 0.2. Definition: I. M. = Im Raum zwischen den Sternen vorkommende nichtstellare Materie, zu der folgende Komponenten gehören:  
1. Gas, 2. Staub, 3. Elektromagnetische Strahlung, 4. Teilchenstrahlung, 5. Magnetfelder.  
Die Komponenten der I. M. befinden sich in ständiger Wechselwirkung miteinander.

## 1. Interstellares Gas

### 1.1. Erscheinungsformen im sichtbaren Spektralbereich

- 1.1.1. Thermisch leuchtende Emissionsnebel um heiße Sterne (W, O, B):  
1. Planetarische Nebel, 2. Diffuse Emissionsnebel.  
Spektrum: 1. Balmer-Linien von H in Emission, 2. Kontinua der Balmer- und Paschen-Serie in Emission, Verbotene Emissionslinien von  $O^{++}$  und  $O^+$  u. a., Emissionslinien von He, C, Ne, O, S, N, Ar, Cl.
- 1.1.2. Nichtthermisch leuchtendes Gas (hauptsächlich Überreste explodierter Supernovae, z. B. Krebs-Nebl).  
Spektrum: Synchrotronstrahlung (starke lineare Polarisation) + Emissionslinienspektrum ähnlich 1.1.1.
- 1.1.3. Vom interstellaren Gas herrührende scharfe Absorptionslinien in Sternspektren. Bisher wurden nachgewiesen:  $Ca^+$ , Ca, Na, K, Fe,  $Ti^+$ , CH,  $CH^+$ , CN.

### 1.2. Erscheinungsformen im Radio-Gebiet

- 1.2.1. Kontinuierliche Radio-Emission der Galaxis, bestehend aus:  
1. thermischer Strahlung der Emissionsnebel (frei-freie Übergänge), 2. nichtthermischer Strahlung der Objekte 1.1.2., 3. großräumiger nichtthermischer Emission (Synchrotronstrahlung in galaktischer Scheibe und im Halo).
- 1.2.2. Linienemission der interstellaren Gaswolken, bestehend aus:  
1. der 21-cm-Linie des neutralen atomaren Wasserstoffs, 2. der 18-cm-Linie des OH-Radikals und einigen anderen Moleküllinien, die nur in speziellen Wolken auftreten, 3. Linien hoher Anregungsstufen von H, He und C im Radiospektrum von Emissionsnebeln.
- 1.2.3. Absorptionslinien in den Spektren von Radio-Quellen (21-cm-Linie, 18-cm-Linie).



### **1.3. Physik des thermischen Leuchtens der Emissionsnebel**

#### **1.3.1. Rekombinationsleuchten**

Die kurzwellige Strahlung des heißen Sterns ionisiert das hauptsächlich aus Wasserstoff bestehende Nebelgas. Die Sternstrahlung muß dazu kurzwelliger als  $912 \text{ \AA}$  sein. Beim entgegengesetzten Prozeß, der Rekombination, gelangt das Elektron in der Regel zunächst auf ein oberes Niveau des Wasserstoffatoms und fällt von dort stufenweise bis zum Grundniveau herunter. Dabei werden z. B. die Balmer-Linien, das Balmer-Kontinuum und die Linien hoher Anregungsstufen (s. 1.2.2. Fall 3) erzeugt.

#### **1.3.2. Verbotene Linien**

Diese Linien treten unter irdischen Laborbedingungen nicht auf. Selbst im Hochvakuum ist die Gasdichte noch zu groß, so daß die Elektronen durch Stöße an der Emission dieser Linien behindert werden. Lediglich bei den viel geringeren Dichten im interstellaren Raum kommt es zu dem sehr unwahrscheinlichen Übergang und damit zur Emission der verbotenen Linien.

#### **1.3.3. Physikalischer Zustand der Nebelmaterie**

Das Nebelgas ist nahezu vollständig ionisiert. Da die Nebelmaterie im Gegensatz zur stellaren sehr weit vom Zustand des thermodynamischen Gleichgewichts entfernt ist, werden die Ionisationsverhältnisse von der modifizierten Saha-Gleichung beschrieben. Mit Hilfe dieser Gleichung können Modelle von Emissionsnebeln, die sogenannten Strömgren-Sphären (H II-Gebiete) berechnet werden, die die Erklärung dafür bieten, warum nur um sehr heiße Sterne Emissionsnebel beobachtet werden. Außerhalb der H II-Gebiete befindet sich der Wasserstoff im neutralen Zustand (H I-Gebiete).

#### **1.4. 21-cm-Strahlung des interstellaren Wasserstoffs**

Der Hauptanteil des interstellaren Wasserstoffes befindet sich in neutralem Zustand (H I-Gebiet) und liegt in atomarer Form vor. Er kann nur über die 21-cm-Emission erforscht werden. Die 21-cm-Linie entsteht, weil der Grundzustand des Wasserstoffatoms in zwei eng benachbarte Hyperfeinstruktur-Niveaus aufgespalten ist (Spin des Atomkerns kann sich parallel oder antiparallel zum Spin der Hülle einstellen). Die Anregung der 21-cm-Linie erfolgt durch Stöße der Atome im H I-Gebiet (Temperatur  $100 \text{ K}$ ).

Da die Galaxis für die 21-cm-Strahlung weitgehend durchlässig ist, kann mit ihrer Hilfe die großräumige Verteilung des interstellaren Gases erforscht werden (Spiralstruktur!).

Dr. J. DORSCHNER

# Interstellare Materie (II)

## 2. Interstellarer Staub

### 2.1. Erscheinungsformen

#### 2.1.1. Nebelfreie Zone

Der in einer dünnen Schicht in der galaktischen Ebene angeordnete Staub verhindert den Blick nach außen. Daher fehlen in einer schmalen Zone beiderseits des galaktischen Äquators die extragalaktischen Nebel.

#### 2.1.2. Dunkelwolken

Durch Staubwolken vorgetäuschte Sternleere am Himmel. Entfernung, Tiefenerstreckung und Extinktionsbetrag einer Wolke können mit Hilfe der Wolfischen Kurven ungefähr ermittelt werden.

#### 2.1.3. Verfärbungsgesetz

Die vom interstellaren Staub herrührende Lichtschwächung ist wellenlängenabhängig (selektive Extinktion). Dadurch wird das Licht hinter einer Staubansammlung stehender Sterne nicht nur geschwächt, sondern auch verfärbt. Diese Sterne erscheinen dann röter als ihnen auf Grund ihres Spektraltyps zukommt. Die Wellenlängenabhängigkeit des Extinktionsbetrages (in Größenklassen) heißt Verfärbungsgesetz. Im Visuellen geht der Extinktionsbetrag ungefähr proportional  $1/\lambda$  ( $\lambda^{-1}$ -Gesetz). Extraterrestrische Messungen zeigen, daß der Extinktionsbetrag im Ultraviolett mit kleiner werdender Wellenlänge weiter kontinuierlich ansteigt.

#### 2.1.4. Interstellare Polarisation

Das Licht verfärbter Sterne ist häufig schwach linear polarisiert. Die Polarisation wird durch im galaktischen Magnetfeld geeignet orientierte längliche Staubteilchen bewirkt.

#### 2.1.5. Reflexionsnebel und diffuses Milchstraßenlicht

Staubansammlungen streuen öfters das Licht von in unmittelbarer Nähe befindlichen Sternen und werden dadurch als Reflexionsnebel sichtbar (z. B. Plejaden-Nebel). Insgesamt zeigt die Milchstraße eine schwache Aufhellung, die von der an den Staubteilchen gestreuten Sternstrahlung herrührt.

#### 2.1.6. Diffuse Linien und Banden

Wahrscheinlich werden einige der in den Spektren stark verfärbter Sterne auftretenden diffusen Linien und Banden (z. B. die Bande bei 4430 Å) vom interstellaren Staub verursacht.



## 2. **Physik des interstellaren Staubes**

Im Gegensatz zum Gas gibt es auf dem Gebiet des interstellaren Staubes noch keine geschlossene Theorie. Es gibt nur eine Reihe physikalischer Hypothesen in Form verschiedener Staubmodelle, die sich mit der Entstehung von Staubeilchen in den interstellaren Gaswolken und in den Atmosphären kühler Sterne, ihrer chemischen Zusammensetzung, ihrem physikalischen Verhalten usw. beschäftigen. Keines dieser Staubmodelle kann alle Beobachtungsbefunde widerspruchsfrei erklären.

### **Stellung der interstellaren Materie im Milchstraßensystem**

Gas und Staub sind auf eine dünne Schicht in der galaktischen Ebene konzentriert (effektive Dicke 250 pc). Die mittlere Gasdichte in dieser Schicht beträgt  $10^{-24}$  g/cm<sup>3</sup>, die mittlere Staubbichte  $10^{-27}$  bis  $10^{-26}$  g/cm<sup>3</sup>.

Die interstellare Materie gehört zur extremen Population I, insbesondere der Staub scheint ein Reservoir für schwere Elemente zu sein. Zwischen stellarer und interstellarer Materie bestehen kosmogonische Zusammenhänge. Die interstellare Materie ist das Baumaterial für heute entstehende Sterne und nimmt andererseits den Müll der Sternenentwicklung (Supernova-Explosionen) auf.

Gas und Staub sind in den Spiralarmen der Galaxis konzentriert. Sie weisen eine Wolkenstruktur auf, wobei die einzelnen Wolken als selbständige Gebilde aufgefaßt werden können. Die Wolkendurchmesser liegen im Mittel bei etwa 5 bis 10 pc. In den Wolken beträgt die Gasdichte ungefähr  $10^{-23}$  g/cm<sup>3</sup>. Die Wolken bewegen sich relativ zueinander mit Geschwindigkeiten, die von gleicher Größe wie die Pekuliargeschwindigkeiten der Population I-Sterne sind. Dadurch beträgt die Lebenszeit einer Wolke etwa  $10^7$  Jahre, bevor sie mit einer anderen zusammenstößt und dabei ihre Selbständigkeit verliert.

Dr. J. DORSCHNER



# Kleinkörper im Sonnensystem (I)

**0. Definition:** Zu den Kleinkörpern des Sonnensystems zählt man alle Körper mit Durchmessern  $< 1000$  km, ausgenommen die Kleinmonde und die Elementarteilchen. Man unterscheidet 4 Gruppen: 1. Planetoiden, 2. Kometenkerne, 3. Meteorite, 4. Staubpartikel. Zwischen den Mitgliedern dieser Gruppen bestehen innere Zusammenhänge.

## 1. System der Planetoiden:

**1.1. Räumliche Anordnung:** Planetoiden (Kleine Planeten, auch Asteroiden) befinden sich überwiegend im Raum zwischen der Mars- und Jupiterbahn. Einige Mitglieder überschreiten den angegebenen Bereich nach innen und außen: EROS, AMOR, HERMES, IKARUS, HIDALGO. Bahnen mit großen Neigungswinkeln sind selten. Das System bildet etwa einen Ring mit elliptischem Querschnitt. Die Verteilung der mittleren Abstände von der Sonne zeigt Häufungsstellen und ausgeprägte Lücken, die man auf den Einfluß der Anziehungskraft von Mars und vor allem Jupiter zurückführt.

**1.2. Anzahl, Größe und Helligkeit:** Bisher sind etwa 4050 Planetoiden entdeckt, davon jedoch nur 1779 Bahnen bis 1971 bekannt. Für die übrigen Objekte liegen keine genauen Angaben vor. Die Gesamtzahl hängt von der angenommenen Grenzhelligkeit ab. Beobachtbar sind Planetoiden bis etwa zur mittleren Oppositionshelligkeit  $m = 20^m$ . Für Vergleichszwecke braucht man eine absolute Helligkeit  $g = m - 5 \lg a$  ( $a-1$ );  $a$  = große Halbachse der Bahn in astr. Einheiten (AE). Die Gesamtzahl der Planetoiden nimmt von  $g = 10^m$  nach der Formel  $\lg N = -2.63 + 0.486g$  zu. Bis zur beobachtbaren Grenzhelligkeit  $g = 16^m$  gibt es danach etwa 140 000 Planetoiden. Die kleinsten dieser Körper haben nach der Beziehung  $\lg D = 3.57 - 0.2g$  einen mittleren Durchmesser von etwa 2 km. Die Anzahl der noch kleineren Körper ist viel größer und geht bei einem Durchmesser von 1 m über die Billion. Mikrometrische Durchmesserbestimmungen konnten nur bei den größten Planetoiden gemacht werden. Man fand bei CERES 770 km, PALLAS 490, JUNO 200, VESTA 390.

**1.3. Massen der Planetoiden:** Bisher konnte nur die Masse von Vesta aus der Störung der Bahn des Planetoiden ARETE berechnet werden.  $M_V = 2,4 \times 10^{23} \text{g}$ . Die Dichte ist danach etwa  $8 \text{ g/cm}^3$  (Eisen). Die mittlere Dichte für alle Planetoiden dürfte bei  $4 \text{ g/cm}^3$  liegen. Danach hat man für die mittlere Masse eines Planetoiden die Formel  $\lg M = 23.03 - 0.6g \text{ kg}$ . Die danach berechnete Gesamtmasse aller Planetoiden ergibt etwa  $5 \times 10^{21} \text{ kg}$ . Aus störungstheoretischen Betrachtungen folgt eine obere Grenze von weniger als  $4 \times 10^{24} \text{ kg}$ .

## 2. System der Kometenkerne

**2.1. Räumliche Struktur und Anzahl:** Das System dieser Weltkörper erfüllt die Gravisphäre der Sonne im Milchstraßensystem, ein Volumen also, das mit einem Halbmesser von 150 000 AE rund das 50milliardenfache des von den bekannten Planeten erfüllten Raumes ausmacht. In dieser Raumkugel befinden sich etwa  $10^{11}$  Kometenkerne, die sich in allen möglichen Richtungen und mit Perioden von 2000 bis 60 Millionen Jahren um die Sonne bewegen. Durch gegenseitige Störungen gelangen laufend Kometenkerne auf Bahnen, die in die innersten Bezirke des Sonnensystems führen. Dadurch befinden sich ständig etwa 14 000 Kometenkerne in einer Raumkugel mit 40 AE Radius. Die Gesamtzahl der Kometenkerne, die im gleichen Raum ihr Perihel haben, wird auf  $10^6$  geschätzt.

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“

Fortsetzung Rückseite

	Stein	Steineisen	Eisen	Mittel	Erde
O	41,5	18,6	—	37,5	28,6
Mg	15,9	12,3	0,03	14,7	11,0
Si	20,8	8,1	—	18,8	14,5
Fe	15,8	55,3	90,5	22,9	37,0
Ni	—	5,4	8,5	1,0	3,0

Die Massenverteilung auf die drei Hauptklassen:

Klasse	Bezeichnung	Massenprozent
I	Stein	88,2
II	Steineisen	5,5
III	Eisen	6,3

#### 4. Interplanetarer Staub

**4.1. Erscheinungsformen:** Die bekannteste Form, in der uns der interplanetare Staub entgegentritt, ist das Zodiakallicht. Die im Bereich des Systems der Planetoiden durch Zusammenstöße laufend gebildeten Partikel mit Durchmessern von  $10^{-3}$  bis  $10^{-5}$  cm werden durch den Poynting-Robertson-Effekt auf Spiralbahnen zur Sonne befördert und erfüllen den ganzen Innenraum des Sonnensystems. Die winzigen Teilchen streuen das Sonnenlicht und erzeugen so das Zodiakallicht. Die Dichte dieser interplanetaren Staubwolke nimmt von außen nach innen zu und beträgt in der Nähe der Erde etwa  $3 \times 10^{-20}$  g/cm<sup>3</sup>. Die Planeten fangen ständig Staubmassen auf. Bei der Erde ergibt sich die Falldichte zu  $10^{-12}$  g/cm<sup>2</sup>s, so daß auf der ganzen Erde je Sekunde rund 5 Tonnen Staub aus dem Weltraum niederfallen.

Eine durch den kosmischen Staub hervorgerufene Erscheinung sind auch die sogenannten „Leuchtenden Nachtwolken“ (LNW). In den Sommermonaten, wenn in der Erdatmosphäre im Bereich der geographischen Breite von 50 bis 75° in 75 bis 85 km Höhe die meteorologischen Bedingungen einen Aufstau der einfallenden Staubpartikel bewirken, treten die LNW auf.

**Literatur:** A. WEIGERT/H. ZIMMERMANN: **Brockhaus ABC der Astronomie.** VEB Brockhaus Verlag, Leipzig 1971.

**Prof. Dr. JOHANNES HOPPE**



# Kosmologische Modelle (I)

## I. Grundlagen

Die wichtigsten kosmologischen Modelle basieren auf vier Voraussetzungen:

1. Alle auf der Erde gefundenen physikalischen Gesetzmäßigkeiten gelten in jedem Punkt des Raum-Zeit-Kontinuums.
2. Die Gravitationstheorie EINSTEINS ist die beste derzeitige Gravitationstheorie.
3. Die Geometrie und die Materieverteilung im Weltall ist im Großen homogen und isotrop (**Kosmologisches Prinzip**).
4. Das Weltall dehnt sich aus (**HUBBLE-Effekt**).

Aus dem kosmologischen Prinzip folgt einmal die Existenz einer universellen kosmischen Zeit (**Weltzeit**) und damit die Existenz eines Bezugssystems, in dem die Materie (bei Vernachlässigung der Pekuliarbewegung von Einzelobjekten) ruht (**Universelles Ruhssystem**). Zum anderen folgt die Möglichkeit der Beschreibung von kosmischer Materie (des **Weltsubstrats**) durch mittlere Dichten und Drücke. Voraussetzung 4 beruht auf der von E. HUBBLE 1929 gefundenen Tatsache, daß die Spektren der entfernten Galaxien eine **Rotverschiebung** aufweisen und diese linear mit der Entfernung zunimmt. Eine sinnvolle Kosmologie muß die Rotverschiebung in Zusammenhang mit 1 und 3 als **Dopplereffekt**, verursacht durch die Ausdehnung des Weltalls, deuten. Ein statischer Kosmos ist somit ausgeschlossen.

## II. ROBERTSON-WALKER-Modelle

Die Raum-Zeit-Metrik eines Kosmos, die der 3. Voraussetzung in notwendiger und hinreichender Weise genügt, ist durch den raum-zeitlichen Abstand (**ROBERTSON-WALKER-Form**)

$$ds^2 = c^2 dt^2 - R(t) \frac{dx^2 + dy^2 + dz^2}{1 + \frac{k}{4}(x^2 + y^2 + z^2)}$$

gegeben, wobei  $x, y, z$  die räumlichen Koordinaten,  $R$  den Krümmungsradius,  $c$  die Lichtgeschwindigkeit,  $t$  die Weltzeit und  $k = +1, 0, -1$  den Krümmungsindex bedeuten. Die einzelnen Werte des Krümmungsindex korrespondieren für eine bestimmte Weltzeit  $t = t_0$  mit den dreidimensionalen sphärisch gekrümmten Räumen für  $k = 1$ , den dreidimensionalen hyperbolisch gekrümmten Räumen für  $k = -1$  und den dreidimensionalen flachen Räumen für  $k = 0$ . Die **GAUSSsche Krümmung** des Raumes zu einer Zeit  $t$  ist durch  $K(t) = k/R^2(t)$  gegeben. Aus dem Linienelement folgt ein allgemeiner Ausdruck für die Rotverschiebung, der sich in der ersten Näherung auf die erwähnte Proportionalität zwischen Rotverschiebung und Entfernung reduziert. Der Proportionalitätsfaktor ist die **HUBBLE-Zahl H**. Damit ist die 4. Voraussetzung erfüllt.

Die EINSTEINSchen Gleichungen (2. Voraussetzung) liefern für den Krümmungsradius  $R = R(t)$ , für den Druck  $p = p(t)$  und die Dichte  $\varrho = \varrho(t)$  des Weltsubstrats zwei Differentialgleichungen für die weltzeitliche Entwicklung dieser Größen. Um eine determinierte Zeitentwicklung zu erhalten, muß eine **Zustandsgleichung** des Weltsubstrats (1. Voraussetzung) vorgeschrieben werden. Bei festgelegter Zustandsgleichung erhält man für  $k = 0$  eine einparametrische und für  $k = \pm 1$  je eine zweiparametrische Lösungsschar. Das Weltmodell und das jetzige **Weltalter**  $t_0$  werden also durch drei Parameter festgelegt. Geeignet sind die **HUBBLE-Zahl**  $H_0 = (\dot{R}/R)_0$ , der **Verzögerungsparameter**  $q_0 = -(\ddot{R}/R^2)_0$  und die **Massendichte**  $\varrho_0$ . Der Index 0 kennzeichnet das jetzige Weltalter; Punkte kennzeichnen die Ableitungen nach der Weltzeit. Die Gesamtheit der so erhaltenen Weltmodelle bezeichnet man als die **ROBERTSON-WALKER-Modelle**. Die empirisch ermittelbaren Werte von  $H_0$ ,  $q_0$ ,  $\varrho_0$  streuen jedoch derart, daß aus ihnen nicht eindeutig auf ein bestimmtes Weltmodell geschlossen werden kann. Die EINSTEINSchen Gleichungen mit **kosmologischem Glied**  $\Lambda$  für die ROBERTSON-WALKER-Form liefern für die derzeitige Epoche  $t = t_0$  folgende Beziehungen zwischen den angegebenen Größen ( $G$  ist die NEWTONsche Gravitationskonstante):

$$q_0 H_0^2 = \frac{4\pi}{3} G (\varrho_0 + 3 \frac{p_0}{c^2}) - \frac{1}{3} \Lambda c^2 \quad (1)$$

$$H_0^2 (2 q_0 - 1) = \frac{k c^2}{R_0^2} + \frac{8\pi G}{c^2} p_0 - \Lambda c^2 \quad (2)$$

Spezielle kosmologische Modelle werden aus den obigen Gleichungen durch Angabe einer speziellen Zustandsgleichung erhalten. Die wichtigsten Fälle sind die **Staubmodelle** und die **Strahlungskosmen**. Im ersten Fall wird auf Grund der geringen Eigenbewegung der Galaxien (geringer kinetischer Druck) und der Kleinheit des intergalaktischen Strahlungs- und Gasdrucks  $p = 0$  gesetzt. Im zweiten Fall (für frühe Stadien des Kosmos) wird die Zustandsgleichung  $p = \frac{1}{3} \varrho c^2$  angenommen, wo  $\varrho c^2$  die Energiedichte der Strahlung bedeutet.

### III. Literatur:

1. VOIGT, H.: **Außergalaktische Sternsysteme und Struktur der Welt im Großen**. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, Leipzig 1960
2. SCHMUTZER, E.: **Relativistische Physik**. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1968
3. TREDER, H.-J.: **Relativität und Kosmos**. Akademie Verlag, Berlin 1970.

Fortsetzung auf Karteikarte „Kosmologische Modelle II“

Dipl.-Phys. ULRICH DYLLONG



# Kosmologische Modelle (II)

## IV. Spezielle ROBERTSON-WALKER-Modelle

1. **EINSTEIN-Kosmos:**  $\Lambda \neq 0$ ,  $\dot{R} = 0$ ,  $p = 0$ ,  $k = +1$

Der EINSTEIN-Kosmos (1917) war der erste Kosmos auf der Basis der Relativitätstheorie. Es handelt sich hierbei um einen statischen und druckfreien Materiekosmos konstanter positiver Krümmung (**EINSTEINsche Zylinderwelt**). Mit  $R = \text{konst.}$  gehört er zu den ROBERTSON-WALKER-Typen. Er erklärt nicht die Rotverschiebung und ist außerdem instabil. Aus (1) und (2) folgen die Beziehungen

$$\frac{4\pi G}{3} \varrho_0 - \frac{1}{3} \Lambda c^2 = 0$$

$$\frac{c^2}{R_0^2} - \Lambda c^2 = 0$$

$$R_0 = \frac{c}{\sqrt{4\pi G \varrho_0}}, \quad \Lambda = \frac{1}{R_0^2}$$

$$\text{Masse: } M = \frac{c^2 \pi R_0}{2 G}$$

Für  $\varrho_0 \sim 10^{-29} \text{ g/cm}^3$  ergeben sich folgende Werte:

$$R_0 \sim 10^{28} \text{ cm} \quad \Lambda \sim 10^{-56} \text{ cm}^{-2}$$

$$M \sim 10^{56} \text{ g}$$

2. **FRIEDMAN-Kosmen:**  $\Lambda = 0$ ,  $p = 0$ ,  $k = \begin{cases} +1 \\ -1 \end{cases}$

Aus (1) und (2) folgen die Beziehungen

$$\varrho_0 H_0^2 = \frac{4\pi}{3} G \varrho_0$$

$$H_0^2 (2q_0 - 1) = \frac{k c^2}{R_0^2}$$

Der Typ des Kosmos wird durch  $q_0$  bestimmt. Für  $0 \leq q_0 < \frac{1}{2}$  liegt ein hyperbolisch gekrümmter

Raum vor, für  $q_0 > \frac{1}{2}$  ein sphärisch gekrümmter Raum.  $q_0$  selbst wird bei vorgegebenem  $H_0$  durch

die Dichte bestimmt. Die **kritische Dichte** ist durch  $\varrho_c = 3H_0^2 / 8\pi G$  gegeben. Für  $H_0 = 75 \text{ km/s Mpc}$  beträgt sie  $1,19 \cdot 10^{-29} \text{ g cm}^{-3}$ . Nähere Diskussion zeigt, daß das sphärisch gekrümmte Weltmodell eine Expansions- und eine Kontraktionsphase aufweist; das hyperbolisch gekrümmte Modell besitzt dagegen entweder eine Expansionsphase oder eine Kontraktionsphase. Der zeitliche Verlauf von  $R = R(t)$  kann aus den EINSTEINschen Gleichungen gewonnen werden. Für Weltalter, Krümmung und Dichte läßt sich folgende Tabelle angeben:

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“, Fortsetzung Rückseite



Dichte:  $\rho_0 = 10^{-28} \text{ g cm}^{-3}$   $\rho_0 = 10^{-29} \text{ g cm}^{-3}$   
Weltalter:  $t_0 = 4,64 \cdot 10^9 \text{ Jahre}$   $t_0 = 8,6 \cdot 10^9 \text{ Jahre}$

**3. EINSTEIN-DE-SITTER-Kosmos:**  $p = 0$ ,  $\Lambda = 0$ ,  $k = 0$

Dieser Kosmos ist der einfachste expandierende FRIEDMAN-Kosmos. Der Wert von  $H_0$  legt alles übrige fest. Es gelten folgende Relationen:

$$\rho_0 = \frac{1}{2}, \rho \sim R^{-3}, R \sim t^{2/3}, 3 H_0^2 = 8 \pi G \rho_0$$

Für das Weltalter ergibt sich  $t_0 = \frac{2}{3} H_0$ . Mit dem obigen Wert für  $H_0$  beträgt das Weltalter im EINSTEIN-DE-SITTER-Kosmos  $8,3 \cdot 10^9 \text{ Jahre}$ .

Die hier angegebenen kosmologischen Modelle sind die einfachsten, die aus den allgemeinen Beziehungen (1) und (2) folgen.

**V. Andere kosmologische Modelle**

Die wichtigsten kosmologischen Modelle, die nicht auf der EINSTEINschen Gravitationstheorie basieren sind:

1. **Die NEWTONsche Kosmologie.** Grundlage ist hier die NEWTONsche Gravitationstheorie und Mechanik. Von der kinematischen Seite her führt sie größtenteils zu denselben Aussagen wie die relativistische Kosmologie. Schwierigkeiten ergeben sich bei der Verknüpfung von kinematischen mit optischen Aussagen.
2. **Die Steady-State-Theorie von BONDI und HOYLE.** Grundlage dieser Theorie ist die Forderung nach einer konstanten mittleren Dichte im expandierenden Weltmodell. Um sie zu erfüllen, muß eine fortlaufende Entstehung von Materie im Weltall angenommen werden. Mit der Entdeckung der 3-K-Strahlung kann die Steady-State-Theorie als widerlegt angesehen werden.

Neben diesen Theorien hat auch die relativistische Kosmologie in den letzten Jahren eine Weiterentwicklung erfahren. Es wurden hauptsächlich Weltmodelle mit geringerer Symmetrie als die ROBERTSON-WALKER-Modelle konstruiert (Aufgabe des kosmologischen Prinzips), um die zeitliche Entwicklung von Anisotropien zu untersuchen.

Bei allen hier aufgeführten Weltmodellen handelt es sich um physikalische Modelle und die Frage, welches Modell der Wirklichkeit am besten entspricht, ist eine physikalische Frage. Es geht dabei nicht darum, ob die Welt – im philosophischen Sinne – unendlich ist.

Sicher wirft die Diskussion um die Weltmodelle auch philosophische Fragen auf. Diese können nur im Zusammenwirken von Philosophen und Physikern geklärt werden.

**Dipl.-Phys. ULRICH DYLLONG**

# Optische Systeme in Spiegelfernrohren (I)

## Bilderklärung

**Abb. 1a:** Spiegelteleskop, welches im Prinzip dem holländischen Fernrohr ähnelt. Als Okular besitzt es eine Konkavlinse, die sich bei der Fokussierung auf unendlich um den Betrag der Brennweite vor dem Brennpunkt des Hohlspiegels befindet. Den ersten Versuch, an Stelle von Sammellinsen Hohlspiegel zu verwenden, führte 1616 NICOLAUS ZUCCIIUS durch.

**Abb. 1b:** Der Mathematiker GREGORY konstruierte 1660 ein Spiegelteleskop, in dem das Bild durch einen Fangspiegel noch einmal in der Nähe der Durchbohrung des Hauptspiegels abgebildet wurde. Dort wird es mit einem Linsenokular betrachtet.

**Abb. 1c:** NEWTON verwendete beim Bau seines ersten Spiegelteleskops (1668) einen parabolischen Hohlspiegel als Objektiv und ein normales Linsenokular. Durch einen kleinen, unter  $45^\circ$  stehenden Planspiegel im vorderen Ende des konvergenten Strahlengangs wird das Bild seitlich aus dem Tubus reflektiert.

**Abb. 1d:** 1672 konstruierte der Franzose CASSEGRAIN ein Spiegelteleskop, welches ebenfalls einen durchbohrten Spiegel besaß (vgl. Abb. 1b). An Stelle des ellipsoidischen Fangspiegels verwendete er einen gekrümmten Fangspiegel, der sich vor dem Brennpunkt des Hauptspiegels befindet.

**Abb. 2a:** Der Optiker SCHMIDT konstruierte ein Spiegelteleskop (1930) welches einen kugelförmig geschliffenen Spiegel besitzt. Seine Brennweite ist halb so groß wie sein Krümmungsradius.

**Abb. 2b:** Die sphärische Aberration korrigierte SCHMIDT mit einer Korrektionsplatte, die die Lichtstrahlen in der Weise ablenkt, daß sie nach der Reflektion am Kugelspiegel sich in einem Punkt treffen. Der Schmidt-Spiegel ist bis heute die einfachste und leistungsfähigste Form eines Spiegelsystems geblieben. Das größte Schmidt-Teleskop der Erde mit einer freien Öffnung der Korrektionsplatte von 1340 mm steht seit 1960 in Tautenburg bei Jena.

**Abb. 3a:** Der sowjetische Optiker MAKUTOW erfand um 1940 den Maksutow-Spiegel. Dieses System hat, wie der Schmidt-Spiegel, einen Kugelspiegel, aber statt der Korrektionsplatte in der Nähe der Bildfläche eine dicke, zum Spiegel konzentrische Meniskuslinse, die die sphärische Aberration des Spiegels korrigiert.

**Abb. 3b:** Für visuelle Beobachtungen kann das Meniskusteleskop als Newtonspiegel gebaut werden.

**Abb. 3c:** Auch für die Bauweise nach CASSEGRAIN ist das Prinzip des Meniskusteleskops geeignet.

**Abb. 4:** Super-Schmidt-Systeme enthalten eine Kombination von Kugelspiegel, Meniskuslinsen und Korrektionsplatte. Derartige Spiegel werden für große Gesichtsfelder und Öffnungsverhältnisse konstruiert.

**Literatur:** RIEKHER, R.: Fernrohre und ihre Meister. VEB Verlag Technik, Berlin 1957.



# Optische Systeme in Spiegelfernrohren (II)

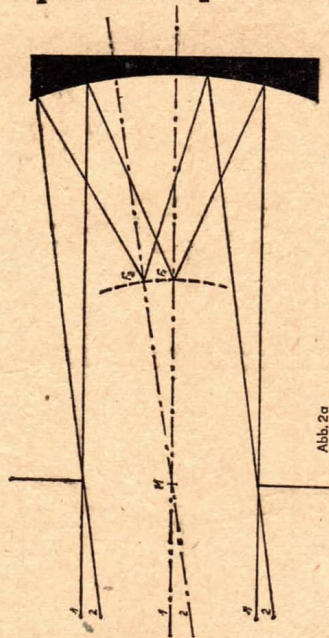


Abb. 2a

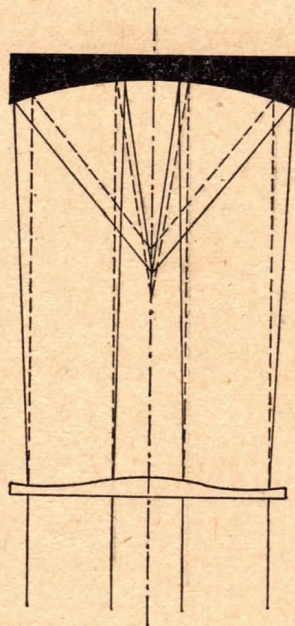


Abb. 2b

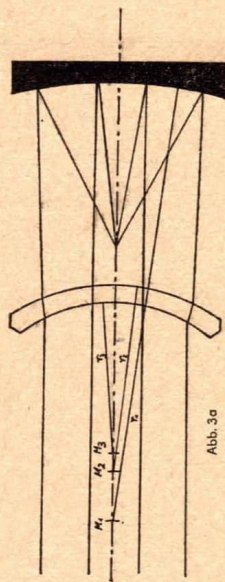


Abb. 3a

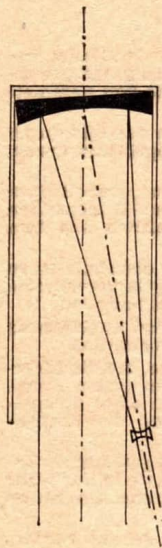


Abb. 1a

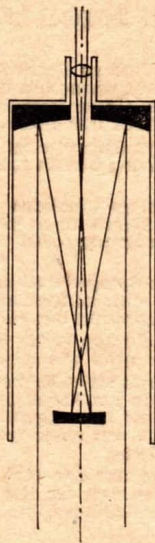


Abb. 1b

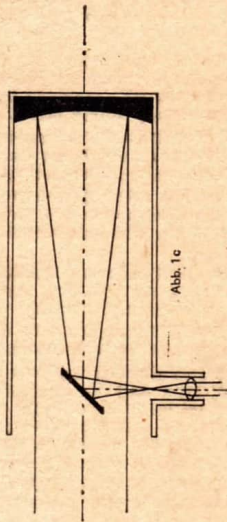


Abb. 1c

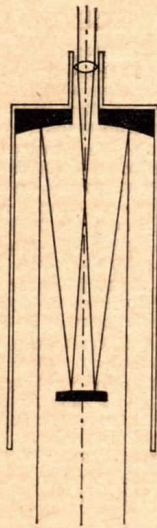


Abb. 1d

Fortsetzung auf Karteikarte „Optische Systeme in Spiegelfernrohren (II)“  
**WALDEMAR HÖHNE**

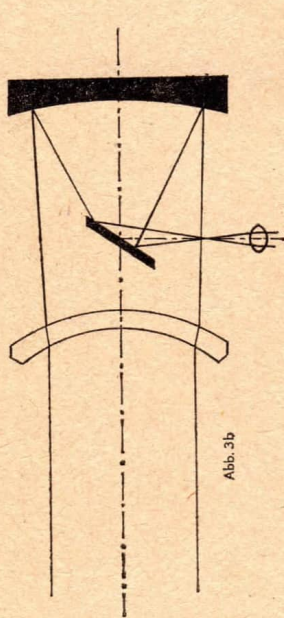


Abb. 3b

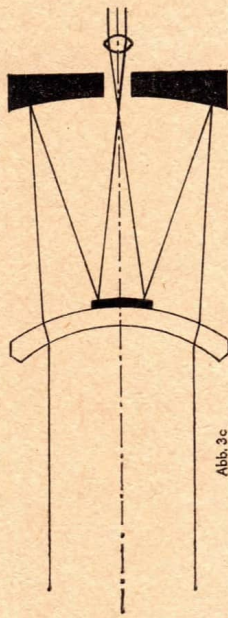


Abb. 3c

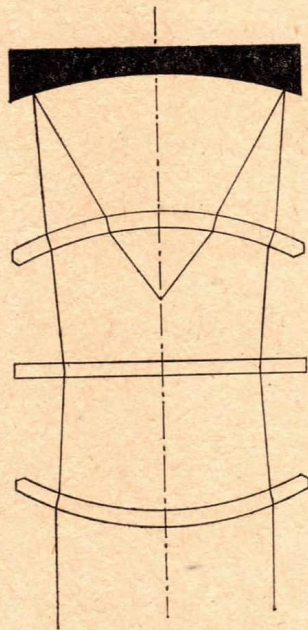


Abb. 4



# Spektroskopie (I)

## 1. Allgemeines

Unter Spektroskopie versteht man die Auflösung der in einen Spektralapparat einfallenden Strahlung in ihre spektralen Anteile. Als Meßgrößen werden dabei die Wellenlängen von spektralen Merkmalen und die Intensitätsverteilung im Spektrum gewonnen. Innerhalb der Astronomie nimmt die Spektroskopie einen wichtigen Platz ein, da sie die einzige Möglichkeit bietet, die stoffliche Beschaffenheit der entfernteren Himmelskörper zu studieren. Außerdem leistet die Spektroskopie eine wesentliche Hilfe bei der Untersuchung der Bewegungsverhältnisse der Himmelskörper im Raum und zum Teil an ihren Oberflächen. Aus historisch verständlichen Gründen waren die ersten Spektralapparate für visuelle Beobachtungen eingerichtet und erhielten die Bezeichnung Spektroskope. Mit der Einführung der Fotografie in die Astronomie wurden auch Spektralapparate konstruiert, die als Strahlungsempfänger Fotoplatten verwenden und Spektrographen genannt werden.

## 2. Historische Entwicklung

Die Anfänge der Spektroskopie gehen in das Jahr 1666 zurück, in dem NEWTON bei der prismatischen Zerlegung des Sonnenlichtes zu der Erkenntnis kam, daß es aus einer Mischung von verschieden brechbaren Strahlen besteht. Die ersten sieben Linien im Sonnenspektrum entdeckte WOLLASTON 1802, als er Sonnenlicht durch einen Spalt auf ein Prisma fallen ließ. Mit einem wesentlich verbesserten Spektralapparat vermaß FRAUNHOFER in den Jahren 1812–1814 etwa 600 dunkle Linien im Sonnenspektrum. Im Jahre 1823 stellte FRAUNHOFER einige spektroskopische Beobachtungen bei helleren Sternen an und machte auf die Unterschiede zwischen den Sternspektren aufmerksam. Etwa um die gleiche Zeit beschäftigte er sich mit der Herstellung von Beugungsgittern und deren Theorie. Die erste fotografische Aufnahme des Linienspektrums der Sonne von 340 nm bis 770 nm gelang BERQUEL 1842.

Die Begründung der „Chemischen Analyse durch Spektralbeobachtungen“ durch KIRCHHOFF und BUNSEN fiel in das Jahr 1859. Bereits zwei Jahre danach veröffentlichte KIRCHHOFF die erste Analyse des Sonnenspektrums. Etwa von 1860 an wurden durch verschiedene Astronomen Versuche unternommen, für die Sternspektren Klassifikationssysteme aufzustellen. Diese Bemühungen führten 1901 zur Aufstellung der berühmten HARVARD-Klassifikation. An ihrer Vervollkommenung unter teilweise neuen Gesichtspunkten wurde auch später noch weiter gearbeitet.

## 3. Spektralapparate

### 3.1. Objektivprismenspektrograph

Der einfachste Spektrograph besteht aus einem Prisma, das vor dem Objektiv einer Astrokamera befestigt ist. Durch das Prisma wird die von den Sternen einfallende Strahlung spektral zerlegt. Die fadenförmigen Spektren können durch eine Bewegung der Sterne senkrecht zur Dispersionsrichtung in gewünschter Weise verbreitert werden.

### 3.2. Spaltspektrograph

Gegenüber dem Objektivprismenspektrographen ist der Spaltspektrograph komplizierter aufgebaut. Bei ihm befindet sich im Brennpunkt des Teleskops ein Präzisionsspalt, durch den das Licht

des zu untersuchenden Sterns fällt. Es wird durch den Kollimator parallel gemacht und passiert dann das Prisma bzw. mehrere Prismen. Durch eine weitere Linse wird das entstandene Spektrum auf der Photoplatte abgebildet. Beiderseits des Spektrums können Vergleichsspektren aufgenommen werden, die von Lichtquellen im Spektrographen stammen. Da die Wellenlängen der dabei auftretenden Linien bekannt sind, lassen sich die Wellenlängen der Linien in den Spektren der Himmelskörper bestimmen.

Falls in einem Spektrographen mehrere Prismen zur Erreichung einer gewünschten spektralen Auflösung erforderlich sind, macht sich der lange Glasweg nachteilig bemerkbar, da er starke Lichtverluste verursacht. Den ebengenannten Nachteil besitzen die Beugungsgitter nicht. Bei ihnen wird das Licht an regelmäßig angeordneten eng beieinander stehenden Stegen spektral zerlegt. Je nach Güte des Gitters befinden sich 300 bis 700 Linien pro Millimeter auf ihm. Entsprechend den Beugungsgesetzen entstehen bei einem Gitter mehrere Spektren unterschiedlicher Dispersion und Intensität, die sich teilweise überlappen. Daher wird das Sternlicht auf mehrere Spektren verteilt und geschwächt. Gibt man jedoch den eingeritzten Linien ein besonderes geometrisches Profil, dann gelingt es, das meiste Licht in einem Spektrum zu konzentrieren. Gitter mit dieser Eigenschaft werden als Glanz (blaze)-Gitter bezeichnet.

Neben der Fotoplatte zur Aufnahme des Spektrums werden auch lichtelektrische Zellen zur Registrierung der Spektren eingesetzt. Entsprechend den Erfordernissen wurden ebenso Spektrographen zur Untersuchung des infraroten und ultravioletten Spektrums entwickelt. Für die spektrale Untersuchung der Sonne schuf man spezielle Instrumente. Auf radioastronomischem Gebiet werden mit Hilfe der Hochfrequenztechnik in schmalen Wellenlängenbereichen spektrale Untersuchungen angestellt.

#### **4. Anwendungsgebiete der Spektroskopie**

##### **4.1. Quantitative Spektralanalyse**

Wie bereits KIRCHHOFF und BUNSEN zeigten, ermöglicht die Untersuchung der Spektren der Himmelskörper Rückschlüsse auf deren stoffliche Zusammensetzung. Bei der quantitativen Spektralanalyse kann aus den Linienstärken in den Spektren die Anzahl der absorbierenden bzw. emittierenden Atome berechnet werden, wenn auch Druck und Temperatur bestimmbar sind.

##### **4.2. Verschiebung der Linien, Untersuchung von Linienprofilen**

Unter Ausnutzung des Dopplereffektes wird aus den vorhandenen Linienverschiebungen die Radialgeschwindigkeit der Himmelskörper bestimmt.

Im Fall der Sonne können eingehend Bewegungsvorgänge auf ihrer Oberfläche, wie z. B. Strömungen in der Nähe von Sonnenflecken, aktive Protuberanzen studiert werden. Die Untersuchung der Linienprofile in den stellaren Linien ermöglichen, für den Fall, daß wir ziemlich senkrecht auf die Rotationsachsen der Sterne blicken, eine Bestimmung ihrer Rotationsgeschwindigkeit. Ist dagegen die Rotationsachse auf uns gerichtet, dann läßt sich unter Umständen die Stärke des stellaren Magnetfeldes aus der ZEEMAN-Aufspaltung der Linien ableiten. Auch expandierende Gaschüllen, die von Novae oder Supernovae abgestoßen werden, und Gasströme zwischen den Komponenten enger Doppelsternsysteme verraten sich in den Sternspektren.

Die Untersuchungen der inneren Bewegungen von Gasnebeln und Sternsystemen sowie die Fluchtbewegung der Sternsysteme gehören ebenfalls zu den wesentlichen Aufgaben der Spektroskopie.

Dr. CHRISTIAN FRIEDEMANN



# Sternaufbau (I)

## 1. Allgemeines

1.1. **Literatur:** WEIGERT, ZIMMERMANN: **ABC der Astronomie**. 3. Aufl. Leipzig 1971. Stichwörter: **Sternaufbau, Energieerzeugung der Sterne, Zustandsgleichung, Sternentwicklung** und alle dabei gegebenen Verweise.

1.2. Definitionen: Sternatmosphäre = der Teil eines Sterns, von dem Licht direkt in den Raum ausgestrahlt wird (mit herkömmlichen Mitteln direkt beobachtbar). Sterninneres = der Teil eines Sterns, der mit herkömmlichen Mitteln nicht direkt beobachtbar ist; nur theoretische Überlegungen und Rechnungen geben Aufschluß über die physikalischen und chemischen Verhältnisse. Die Theorie des Sternaufbaus befaßt sich nur mit dem Sterninneren. Es enthält fast die gesamte im Stern vereinigte Masse und umfaßt den weitaus größten Teil des Gesamtvolumens des Sterns.

1.3. Sterne sind kugelförmig. Ausnahmen nur bei schneller Rotation, bei starken Magnetfeldern oder bei nahen Begleitern.

## 2. Mechanisches Gleichgewicht

Die beobachtbaren Zustandsgrößen (z. B. Leuchtkraft, effektive Temperatur) eines Sterns (bei physischen Veränderlichen die Mittelwerte dieser Größen) ändern sich nur in sehr langen Zeiträumen. Ausnahmen bilden die relativ sehr seltenen Novae und Supernovae sowie gerade entstehende und Sterne in gewissen kurzen Abschnitten ihrer Entwicklung. Folgerung: der innere Aufbau ändert sich auch nur langsam, so daß sich im Stern überall mechanisches Gleichgewicht einstellt, d. h. an jeder Stelle ist der nach außen wirkende Druck gleich dem Gewicht der über der Stelle befindlichen Sternmaterie. (Bei Verletzung des Gleichgewichts würde eine **schnelle Expansion** oder Kontraktion erfolgen.) Der nach außen wirkende Druck setzt sich aus Gas- und Strahlungsdruck zusammen; bis auf massereiche Sterne ist der Strahlungsdruck unbedeutend.

## 3. Zustandsgleichung

3.1. Im Sterninneren ist die Materie im allgemeinen gasförmig. Zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Druck, Temperatur und Dichte kann die ideale Gasgleichung benutzt werden: der Druck ist dem Produkt aus Dichte und Temperatur proportional.

3.2. Im Innern von Weißen Zwergen und im Zentralgebiet einzelner Riesensterne ist die Materie so dicht, daß die Elektronen nicht der idealen Gasgleichung gehorchen. Sie sind entartet. Der Druck hängt (bei vollständiger Entartung) nur von der Dichte, nicht von der Temperatur ab.

3.3. In Weißen Zwergen sehr niedriger Temperatur kann es zur Verflüssigung und zur Gitterbildung (Verfestigung) der Materie kommen. Die Beziehungen zwischen Druck, Dichte und Temperatur sind dann sehr kompliziert.

Karteikarte „Astronomie in der Schule“, Fortsetzung Rückseite

#### 4. Energiebilanz

Die von einem Stern ausgestrahlte Energie stammt aus dem Vorrat von Kernenergie, potentieller Energie (Gravitationsenergie) und Wärmeenergie.

4.1. Kernenergie. Aus leichten Atomkernen werden schwerere gebildet. Da Atomkerne positive elektrishe Ladungen tragen, sich also gegenseitig abstoßen, finden Kernprozesse nur bei hohen Temperaturen (hohe kinetische Energie der Reaktionspartner) statt. Je höher die Kernladungen, um so höher müssen die Temperaturen sein. Die höchsten Temperaturen sind im Sterninnern nahe dem Zentrum, die Kernenergiequellen daher im allgemeinen dort konzentriert. Die Ergiebigkeit hängt von Dichte, Temperatur und chemischer Zusammensetzung ab. Ist eine Kernsorte durch die Bildung schwererer Kerne im Sternzentrum verbraucht, können die Kernprozesse in einer Kugelschale um das Zentrum herum stattfinden.

4.1.1. Wasserstoffprozesse. Pro Gramm Reaktionsmaterial wird bei den Wasserstoffprozessen die meiste Energie frei. Über Zwischenstufen wird im Endeffekt aus vier Wasserstoffkernen ein Heliumkern aufgebaut. Die H-H-Reaktion läuft bei mindestens 10 bis  $12 \cdot 10^6$  K, der C-N-O-Zyklus bei mindestens  $16 \cdot 10^6$  K ab.

4.1.2. Heliumprozesse. Aus Heliumkernen werden Kohlenstoff-, Sauerstoff-, Neon- und noch schwerere Kerne bis Kalzium gebildet. Mindesttemperatur  $100 \cdot 10^6$  K.

4.1.3. Ist alles Helium in den zentrumsnahen Gebieten verbraucht, können auch Kohlenstoff- bzw. Sauerstoffkerne miteinander reagieren.

4.2. Gravitationsenergie wird durch Kontraktion der Sternmaterie frei. Sie spielt vor dem Beginn der Wasserstoffprozesse und jeweils zwischen dem Erschöpfen einer Kernenergiequelle und dem Einsetzen einer neuen Kernreaktion eine Rolle. Die freigesetzte Energie wird teils ausgestrahlt, teils dient sie der Temperatursteigerung.

4.3. Wärmeenergie. Bei Abkühlung nimmt die gespeicherte Wärmeenergie ab; sie wird in Strahlung umgesetzt und vom Stern abgestrahlt. Weiße Zwerge decken so ihre Energieausstrahlung.

Dr. habil. H. ZIMMERMANN

Fortsetzung 6/72 auf Karteikarte „Sternaufbau“ (II)



# Sternhaufen (I)

## 1. Allgemeines

### 1.1. Definition

Sternhaufen sind Ansammlungen von physisch zusammengehörigen Sternen im Milchstraßensystem (oder in extragalaktischen Sternsystemen). Im allgemeinen Sternfeld fallen die Haufen durch die erheblich höhere Sterndichte auf. Die Mitglieder eines Haufens zeigen einheitliches Bewegungsverhalten, sind gleichen Ursprungs und haben damit das gleiche Alter. Der Zusammenhalt des Haufens erfolgt durch die von allen Mitgliedern ausgehende Schwerkraft.

### 1.2. Benennung

Die häufigsten und seit dem Altertum bekannten Sternhaufen tragen spezielle Namen (Plejaden, Hyaden, Praesepe). Später entdeckte werden gewöhnlich mit der Nummer bezeichnet, die sie im Katalog von Messier (M + Nummer), in Dreyers New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars (NGC + Nummer) und den beiden ergänzenden Indexkatalogen (IC + Nummer) besitzen. Neuerdings aufgefundene Haufen erhalten die Nummer im Katalog ihres Entdeckers (Abkürzung des Namens des Entdeckers + Nummer).

### 1.3. Klassifikation

Es gibt drei Arten von Sternhaufen: Offene Sternhaufen, Kugelsternhaufen und Bewegungshaufen. Sie unterscheiden sich durch ihr Erscheinungsbild am Himmel, durch Sternreichtum und -konzentration zum Zentrum, durch die Verteilung im Milchstraßensystem, die Sternpopulation und die Beschaffenheit des Farben-Helligkeits-Diagramms.

### 1.4. Anzahlen

Bisher wurden 1039 offene, 125 Kugelsternhaufen und 16 Bewegungshaufen entdeckt.

## 2. Offene (früher auch galaktische) Sternhaufen

### 2.1. Definition

Offene Sternhaufen sind unregelmäßig begrenzte Sternhaufen, zu denen einige Dutzend bis zu einigen 10 000 Sternen gehören, die eine mäßige Konzentration zum Haufenzentrum erkennen lassen.

### 2.2. Räumliche Verteilung

Die offenen Sternhaufen sind Mitglieder des Milchstraßensystems und zeigen eine auffällig starke Konzentration zur galaktischen Ebene. Diejenigen offenen Sternhaufen, die heiße Hauptreihensterne enthalten, befinden sich bevorzugt innerhalb von Spiralarmen und werden daher zum Nachweis der Spiralstruktur in der Sonnenumgebung benutzt. Die Gesamtzahl der offenen Sternhaufen im Milchstraßensystem wird auf mehr als 10 000 geschätzt.



### **2.3. Physikalische Eigenschaften**

#### **2.3.1. Durchmesser**

Die linearen Durchmesser der offenen Sternhaufen liegen im Bereich zwischen 1 und 10 pc; die meisten offenen Sternhaufen haben einen Durchmesser zwischen 3 und 5 pc.

#### **2.3.2. Massen**

Die Massen der meisten offenen Sternhaufen liegen zwischen 250 und 3000 Sonnenmassen.

#### **2.3.3. Sterndichte und Haufenauflösung**

Während sich in der Sonnenumgebung etwa 0.1 Sterne pro  $\text{pc}^3$  befinden, treten in offenen Sternhaufen Dichten im Bereich zwischen 0.25 und 80 pro  $\text{pc}^3$  auf. Haufen mit Massendichten unterhalb 0.1 Sonnenmassen pro  $\text{pc}^3$  sind instabil und lösen sich unter der Einwirkung des allgemeinen Schwerefeldes des Milchstraßensystems auf. Die Haufenmitglieder werden somit zu Feldsternen. Auch innerhalb dichter offener Sternhaufen treten Auflösungserscheinungen auf. Durch Begegnungen untereinander können Haufenmitglieder die zum Verlassen des Haufens notwendige Fluchtgeschwindigkeit erreichen und zu Feldsternen werden. Die meisten offenen Sternhaufen haben danach eine Lebensdauer von einigen  $10^8$  bis  $10^{10}$  Jahren.

#### **2.3.4. Farben-Helligkeits-Diagramm**

Wenn die Störung durch bei der Photometrie irrtümlich miterfaßte Vorder- und Hintergrundsterne nicht zu stark ist, zeigen die FHD der offenen Sternhaufen eine deutlich ausgebildete Hauptreihe und einen (meist weniger markanten) Riesenast. Die Hauptreihe besitzt bei den einzelnen Haufen unterschiedliche Länge. Im Gegensatz zur Hauptreihe im HRD fehlen in den FHD oft die massereichen und heißen Hauptreihensterne. Es handelt sich dabei um einen kosmogonischen Effekt: Die Sterne eines offenen Sternhaufens sind etwa gleichzeitig entstanden. Die einzelnen Haufenmitglieder entwickeln sich aber (d. h. verbrauchen ihren Vorrat an Kernbrennstoff) um so schneller, je größer ihre Masse (und damit ihre Leuchtkraft und Oberflächentemperatur) ist. Die Hauptreihe wird daher nach und nach von oben nach unten (in Richtung abnehmender Leuchtkraft und Oberflächentemperatur) entvölkert. Die Sterne wandern zunächst in das Riesengebiet ab und werden dann wahrscheinlich, nach Verbrauch ihrer Reserven an Kernbrennstoff, zu leuchtschwachen Endprodukten der Sternentwicklung (Weißen Zwergen, Neutronensternen). Während ein Haufen mit einem Alter von einigen  $10^6$  Jahren noch die gesamte Hauptreihe bis zu den O-Sternen zeigt, fehlen bei einem solchen vom Alter der Sonne bereits die O-, B-, A- und F-Sterne. Aus dem oberen Endpunkt der Hauptreihe eines Sternhaufens läßt sich unter Benutzung der Ergebnisse der Theorie der Sternentwicklung das Alter des Haufens bestimmen.

# Sternhaufen (II)

## 3. Kugelsternhaufen

### 3.1. Definition

Kugelsternhaufen sind auffallend radialsymmetrisch aufgebaute Sternhaufen mit Mitgliederzahlen in der Größenordnung von  $10^4$  bis  $10^7$ , die eine starke Konzentration zum Zentrum erkennen lassen.

### 3.2. Räumliche Verteilung

Die Kugelsternhaufen bilden ein die Scheibe des Milchstraßensystems einhüllendes, nur wenig abgeplattetes System, den galaktischen Halo. Die Gesamtzahl der Kugelsternhaufen im Milchstraßensystem schätzt man auf 200 bis 300. Auch in extragalaktischen Sternsystemen wurden Kugelsternhaufen nachgewiesen.

### 3.3. Physikalische Eigenschaften

#### 3.3.1. Durchmesser

Die linearen Durchmesser der Kugelsternhaufen streuen zwischen 16 und 190 pc; die meisten liegen im Bereich von 20 bis 30 pc.

#### 3.3.2. Massen

Entsprechend den Mitgliederzahlen werden die Massen der Kugelsternhaufen auf  $10^4$  bis  $10^6$  Sonnenmassen geschätzt.

#### 3.3.3. Sterndichte und Haufenauflösung

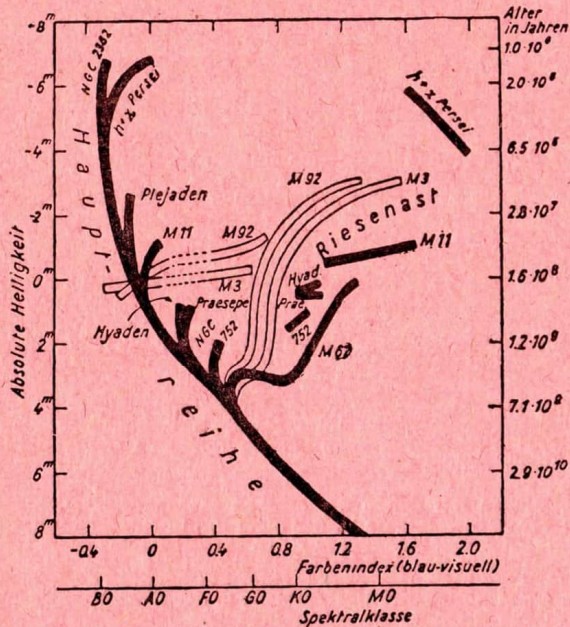
In einem durchschnittlichen Kugelsternhaufen beträgt die Sterndichte größenordnungsmäßig  $10^2$  bis  $10^3$  pc<sup>-3</sup>. Die Kugelsternhaufen sind im Milchstraßenschwerefeld stabil. Infolge ihres Sternreichtums können sie sich eine relativ große Rate an entweichenden Sternen leisten, ohne sich während des Alters des Milchstraßensystems vollständig aufzulösen.

#### 3.3.4. Farben-Helligkeits-Diagramm (s. Abb. Rückseite)

Die FHD der Kugelsternhaufen wirken, verglichen mit denen der offenen Sternhaufen, ziemlich einheitlich. Die Hauptreihe endet innerhalb der Spektralklasse G. Sie biegt um in einen steil nach oben verlaufenden Riesenast. Dieser „vertikale“ Riesenast mündet in einen „horizontalen“ Riesenast ein. Die Kugelsternhaufen sind die ältesten Objekte des Milchstraßensystems; ihr FHD spiegelt diesen Umstand deutlich wider. Vergleicht man die FHD sehr alter offener Sternhaufen mit denen gleichaltriger Kugelsternhaufen, dann fallen charakteristische Unterschiede in der Lage der Riesenäste auf. Sie rühren daher, daß beide Typen von Sternhaufen unterschiedliche Sternpopulationen besitzen. Die Mitglieder von Kugelsternhaufen repräsentieren die extreme Population II (Halo-Population), d. h. sie sind sehr arm an schweren Elementen, während die offenen Sternhaufen zur Population I gehören, deren Ausgangsmaterial an schweren Elementen schon beträchtlich angereichert war.

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ – Fortsetzung Rückseite





Farben-Helligkeits-Diagramm einiger offener Sternhaufen sowie der Kugelsternhaufen M 92 und M 3

#### 4. Bewegungshaufen

Bewegungshaufen sind teils auf engem Raum konzentrierte, teils aber auch über den ganzen Himmel verstreute Sterngruppen. Sie fallen durch ihre einheitliche Bewegung auf; scheinbar streben sie einem Zielpunkt (Vertex) zu. Der bekannteste Bewegungshaufen sind die Hyaden. Die meisten Bewegungshaufen umfassen nur einige Dutzend Mitglieder und sind dynamisch instabil.

#### 5. Literatur

WEIGERT, A.; ZIMMERMANN, H.: **Brockhaus ABC der Astronomie**. 3. Auflage, VEB F. A. Brockhaus-Verlag, Leipzig 1971

FRIEDMANN, CH.: **Das Weltall – eine moderne Kosmogonie**. Urania-Verlag, Leipzig/Jena/Berlin 1969; Illustrationsvorschlag: FHD aus ABC Astronomie, 3. Auflage, S. 247

Dr. JOHANN DORSCHNER

# Teilgebiete der Astronomie (I)

## 1. Einleitung

Auf einem langen Entwicklungswege durch die Jahrtausende hat die astronomische Wissenschaft ihre heutige vielfältige und komplizierte Struktur erlangt. Die Komplexität der Astronomie ist eine Folge der Wechselwirkung zwischen der ständigen Verfeinerung der Meßinstrumente und der Interpretation der Meßergebnisse einerseits und der allgemeinen Entwicklung von Technik und Naturwissenschaft, insbesondere Mathematik und Physik andererseits. Im Lichte der Dialektik bedingt die Art und Weise des Entstehens des derzeitigen Wissensgebäudes der Astronomie eine starke Verflechtung der astronomischen Teilgebiete, die wechselweise befruchtend aufeinander wirken. Es gibt deshalb verschiedene Gesichtspunkte für die Einteilung der Astronomie in Teilgebiete. In der Sowjetunion sind alle Zweige der astronomischen Wissenschaft sehr hoch entwickelt, so daß es zweckmäßig erscheint, für die vorliegende Karteikarte die in sowjetischen Lehr- und Handbüchern eingeführte Einteilung der Astronomie im wesentlichen als Grundlage zu verwenden. [1], [2], [3], [4]

## 2. Allgemeine Formulierung der Aufgaben der astronomischen Teilgebiete

Die Astronomie ist die Wissenschaft von den Positionen, den Bewegungen, dem Bau, der Entstehung und der Entwicklung der Himmelskörper und ihrer Systeme einschließlich des interstellaren und intergalaktischen Mediums. Sie stand und steht in enger Wechselwirkung mit einer Reihe von Natur- und Gesellschaftswissenschaften, in erster Linie mit Mathematik, Physik, Chemie und Philosophie, aber auch mit den technischen Wissenschaften.

Bei der Lösung ihrer Probleme hat die Astronomie drei grundlegende Aufgaben zu bewältigen [2]:

- Die Untersuchung der scheinbaren und der wahren Orte und Bewegungen der Himmelskörper im Raum sowie die Bestimmung ihrer Ausmaße und Formen. (Lösung durch die Teilgebiete Astrometrie, Himmelsmechanik und theoretische Astronomie, die auch als klassische Astronomie bezeichnet werden.)
- Die Untersuchung des physischen Baus der Himmelskörper, d. h. die Untersuchung der chemischen Zusammensetzung und der physikalischen Bedingungen (Dichte, Druck, Temperatur usw.) an der Oberfläche und im Inneren der Himmelskörper und ihrer Systeme. (Lösung durch die Teilgebiete Astrophysik und Stellarastronomie.)
- Probleme der Entstehung, der bisherigen Entwicklung und nach Möglichkeit der weiteren Entwicklung einzelner Himmelskörper und der Systeme von Himmelskörpern sowie des Universums als Einheit. (Lösung durch die Teilgebiete Kosmogonie und Kosmologie.)

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“, Fortsetzung auf Karte II, Vorderseite



### 3. Tabellarische Übersicht der Teilgebiete

Teilgebiet Astrometrie	Objekte	Instrumente	Methoden	Ziele und Ergebnisse
– <b>sphärische Astro- nomie</b>		Rechenmaschinen Computer Hilfstafeln	mathematische Methoden zur Re- duktion von be- obachteten Ge- stirnskoordinaten (wegen Refrak- tion, Aberration, Parallaxe, Nu- tation, Präzession, Eigenbewegun- gen, Unregel- mäßigkeiten der Erddrotation)	Sternkataloge, Fundamental- kataloge, Eigenbewegungen der Fixsterne, Rotation des Milchstraßensystems, astro- nomische Konstanten, Inertialsystem, Inertialzeit
– <b>fundamen- tale Astro- nomie</b>	Körper des Sonnen- systems (ein- schließlich künstlicher Himmelskör- per), Fix- sterne, Galaxien	Meridiankreis, Vertikalkreis, Passageinstru- ment, Astrograph	Visuelle, photo- graphische, photoelektrische, fernsehtechnische Positionsbestim- mungen (absolut und differentiell)	
– <b>praktische Astro- nomie</b>		Universalinstr., Passageinstr., Theodolit, Höhen- durchgangsinstr.	Beobachtung der Durchgangszeit durch einen be- stimmten Verti- kal oder Almukantarat	Astronomische Bestimmung geographischer Koordinaten auf der Erdoberfläche und deren Veränderung mit der Zeit (Rotationszeitschwan- kungen, Polbewegung, Kontinentaldrift)



# Teilgebiete der Astronomie (II)

In der historischen Entwicklung, aber auch aus sachlichen Gründen ergibt sich die Einteilung der Astronomie in 6 Teilgebiete [1], [2].

Die **Astrometrie** ist die Wissenschaft von der Vermessung von Raum und Zeit. Ihr mathematisches Skelett wird von der sphärischen Astronomie gebildet, die die Theorien der Gesetzmäßigkeit der Veränderung von Gestirnskoordinaten mit der Zeit ausarbeitet. Die praktischen Arbeiten der Astrometrie zerfallen in die fundamentalen Arbeiten der Aufstellung von Sternkatalogen (Bestimmung von Sternkoordinaten und deren Veränderungen) sowie von astronomischen Konstanten und in die Arbeiten der Bestimmung von Orten, Zeiten und Richtungen auf der Erdoberfläche sowie zur Überwachung und Deutung der Unregelmäßigkeiten der Bewegung des Erdkörpers.

Die **Himmelsmechanik** untersucht die Bewegungsgesetze der Himmelskörper unter dem Einfluß der Schwerkraft, bestimmt die Massen und Formen der Himmelskörper und den Bau ihrer Systeme.

Die **theoretische Astronomie** (Bahnbestimmung) liefert die Methoden für die Bestimmung von Bahnelementen der Himmelskörper aus den Beobachtungen scheinbarer Orte und umgekehrt die Berechnung von Ephemeriden, wie sie in astronomischen Jahrbüchern oder Kalendern gebraucht werden, aus bekannten Bahnelementen.

Den breitesten Raum in der astronomischen Forschung nimmt die **Astrophysik** ein. Sie untersucht den Aufbau, die chemische Zusammensetzung und die physikalischen Eigenschaften (Zustandsgrößen) der Gestirne und ihrer Atmosphären sowie des interstellaren Mediums. Die Astrophysik erforscht die Energiequellen der Sonne, der Fixsterne, des Gases und des Staubes im interstellaren Raum. In den letzten Jahrzehnten sind neue Spezialgebiete der Astrophysik erschlossen worden: Radio-, Röntgen-, Gamma-, Infrarot- und Neutrinoastronomie. Besonders groß ist bis jetzt die Zahl der Entdeckungen und Ergebnisse mit Hilfe der Radioastronomie (Entfernungsmessungen im Sonnensystem, Quasare, quasistellare Galaxien, Pulsare, interstellare Moleküle). Während die praktische Astrophysik sich mit der Entwicklung der Beobachtungsinstrumente und der Gewinnung von Beobachtungsdaten beschäftigt, gibt die theoretische Astrophysik auf der Grundlage physikalischer Gesetze Erklärungen und Interpretationen der Beobachtungsergebnisse.

Die **Stellarastronomie** untersucht u. a. mit statistischen Methoden die Gesetzmäßigkeiten der Verteilung der Sterne, der Sternsysteme und des interstellaren Mediums im Raum und ihre systematischen Bewegungen unter Berücksichtigung der physikalischen Eigenschaften der kosmischen Erscheinungsformen. Bei ihrer Untersuchung bedient sich die Stellarastronomie der Ergebnisse aller anderen bisher genannten Teilgebiete.

Teilgebiet Astrometrie	Objekte	Instrumente	Methoden	Ziele und Ergebnisse
<b>Stellar- astronomie</b>	Fixsterne (Veränderl., magnetische Sterne, Dop- pelsterne) interstellare Materie, Sterngruppen, Galaxien, z. B. Seyfert- u. Markarjan- galaxien	astrometrische und astrophysikali- sche Instrumente	Vorwiegend sta- tistische Unter- suchungen der Er- gebnisse der Astrometrie, theoretischen Astronomie und Astrophysik, Auswertung der radioastronomi- schen Messungen	Gesetzmäßigkeiten im Auf- bau der Galaxien, in der Be- wegung der Materie und Untersuchung der Eigen- schaften von Feldern im bis- her überschaubaren Teil des Weltalls. Entfernungs- bestimmungen, Radial- geschwindigkeiten, Eigen- bewegungen, Bestimmung der Zustandsgrößen der Sterne und deren Verände- rungen.
<b>Himmels- mechanik</b>	Körper des Sonnen- systems (einschl. deren künstlicher Satelliten und Raumsonden), Mehrfach- sterne, Stern- systeme	Instrumente für visuelle, photo- graphische und fernsehtechnische Positionsbeob- achtungen, funk- technische Bewe- gungsbeobach- tungen (Doppler- effekt)	Untersuchung der Bewegungsgesetze der Him- melskörper unter dem Einfluß der Gravitation	Massen und Formen der Himmelskörper sowie Bau und Dynamik ihrer Systeme, Definition des Inertial- systems
<b>Theoretische Astronomie (Bahn- bestimmung)</b>			Ableitung und ständige Verbes- serung der Bahn- elemente aus Be- obachtungen	Vorausberechnung von scheinbaren Orten aus be- kannten Bahnelementen (Ephemeridenrechnungen)



# Teilgebiete der Astronomie (III)

Fortsetzung von Karteikarte II (Rückseite)

Teilgebiet Astrophysik	Objekte	Instrumente	Methoden	Ziele und Ergebnisse
– praktische Astrophysik	Sonne, Körper des Sonnen- systems, Fix- sterne, spe- zielle Einhei- ten des Stern- systems, interstellares Medium, Milchstraßen- system, Galaxien	Spiegelteleskope bis zu den größ- ten Öffnungen und Öffnungsver- hältnissen, teilw. Refraktoren. Zusatzgeräte: fotogr., fotoel. u. thermoelektrische Fotometer, Pris- men-, Gitter- spektrographen, Objektivprismen, Instrumente zum Empfang der Radio-, Gamma- und Röntgen- strahlung	Messende Unter- suchung d. Quan- tität und Qualität der von den Him- melskörpern und dem Medium zwi- schen ihnen kom- menden Strah- lung des gesam- ten elektromagne- tischen Spek- trums (z. B. Foto- metrie, Spektral- fotometrie, Polarimetrie, Spektroskopie)	Physikalische Eigenschaften und chemische Zusammen- setzung der Sterne. Deutung der Sternstrahlung, insbes. des Spektrums. Entfernun- gen und Bewegungen der Sterne. Erkennen der inte- gralen Eigenschaften von Einzelsternen und Stern- gruppen durch Bestimmung der stellaren Zustandsgrößen und deren gegenseitiger funktionaler Abhängigkeit mit Hilfe von Zustandsdia- grammen und Zustands- gleichungen. Innerer Auf- bau und Entwicklung der Sterne. Sternatmosphären. Wechselwirkung zwischen den Sternen und dem inter- stellaren Medium. Besonders intensive Untersuchung der Sonne und ihrer Atmo- sphäre, als Beispiel für einen Stern der Hauptreihe. Neuere Entdeckungen der Astrophys.: Magnetische Eigenschaften der Sterne, Quasare, quasistellare Ga- laxien, Pulsare; Moleküle und organische Verbindun- gen im Weltraum.
– theoretische Astrophysik			Deutung der Be- obachtungstat- sachen der prak- tischen Astrophy- sik durch Anwen- dung allgemein-	

Teilgebiet	Objekte	Instrumente	Methoden	Ziele und Ergebnisse
<b>noch Astrophysik</b>			gültiger physikalischer Gesetze. Berechnung von Sternmodellen. Magnetohydrodynamik	den folgende Zweige besonders gefördert: Erforschung der Planetenoberflächen, der Atmosphären der Planeten und ihrer Monde; solar-terrestrische Beziehungen
<b>Kosmogonie</b>	Erde, alle Körper des Sonnensystems, Sterne, Sternsysteme, interstellares Medium	Neben den eigentlichen astronomischen Instrumenten spielen Raumsonden eine große Rolle (Mond, Mars, Venus)	Auswertung der auf allen Gebieten der Astronomie erhaltenen Ergebnisse unter Einbeziehung der Geowissenschaften und Physik	Entstehung und Entwicklung der Himmelskörper. Untersuchung und kritische Prüfung der vorhandenen kosmogonischen Hypothesen und Theorien
<b>Kosmologie</b>	Universum als Ganzes		Untersuchung verschied. Weltmodelle, Relativistische u. extragalakt. Forschung	Untersuchung der allgemeinen Gesetzmäßigkeiten des Baus und der Entwicklung des Universums. Expansion, 3-Kelvin-Strahlung

Die **Kosmogonie** beschäftigt sich mit Fragen der Entstehung und Entwicklung der Himmelskörper (einschließlich derer des Sonnensystems, insbesondere auch der Erde) und der Sternsysteme. Die Kosmogonie stützt sich in ihrer Aussage und in ihren Schlußfolgerungen auf das Beobachtungsmaterial aller Zweige der Astronomie und auf die Ergebnisse der Physik.

Die **Kosmologie** schließlich untersucht die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten des Baus und der Entwicklung des Gesamtweltalls.

#### Literatur:

- [1] KULIKOVSKIJ, P. G.: Spravočnik ljubitelja astronomii. Izdatel'stvo „Nauka“, Moskva 1971, S. 11–13.
- [2] BAKULIN, P. I.; KONONoviČ, E. V.; MOROZ, V. I.: Kurs obščej astronomii. Izdatel'stvo „Nauka“, Moskva 1970, S. 11–13.
- [3] MARTYNOV, D. J.: Kurs praktičeskoj astrofiziki. Izdatel'stvo „Nauka“, Moskva 1967.
- [4] PODOBED, V. V.: Fundamental'naja astrometria. Izdatel'stvo „Nauka“, Moskva 1968.
- [5] WEIGERT, A. und ZIMMERMANN, H.: Brockhaus ABC der Astronomie. VEB F. A. Brockhaus-



# Wahre und scheinbare Bewegungen der Himmelskörper

## 1. Vorbemerkungen

Der Inhalt dieser Karteikarte enthält naturgemäß wenig neue Fakten für den Leser. Deswegen brauchen Einzelheiten, wie Bestimmungsverfahren, Zahlenangaben, Erklärungen usw., nur angedeutet zu werden. Es kommt vielmehr darauf an, über die wahren und scheinbaren Bewegungen im Weltall einen zusammenfassenden Überblick zu geben und dabei eine Reihe von Begriffen zu nennen, über die in [1] nachgelesen werden kann.

In der geschichtlichen Entwicklung des astronomischen Weltbildes spielten entsprechend dem geozentrischen bzw. topozentrischen Standpunkt des irdischen Beobachters die scheinbaren Bewegungen der Gestirne eine große Rolle. Erst in einem langwierigen Erkenntnisprozeß konnte der Charakter der wahren Bewegungen erkannt und durch empirisch, z. T. auch spontan gefundene allgemeingültige Gesetze belegt werden.

Der Inhalt dieser Karteikarte sollte verwendbar sein bei der unterrichtlichen Behandlung der zusammenfassenden Lehrbuchthemen: Vorstellungen über das Planetensystem, Überblick über die Struktur der Galaxis, wichtige Entwicklungsetappen der astronomischen Wissenschaft, unsere Vorstellungen vom Weltall.

## 2. Wahre Bewegungen

**2.1. Rotationsbewegungen** führen fast alle Himmelskörper aus. Besonderheiten sind die **gebundene Rotation** (Erdmond), die **retrograde Rotation** (Venus) und die **differentielle Rotation**.

**2.2. Keplerbewegungen (Bahnbewegungen, Revolutionsbewegungen** der Planeten) führen Himmelskörper aus, die sich unter der Wirkung der **Gravitation** nach den drei Keplergesetzen umeinander bewegen. Hierzu gehören die Bewegungen der Planeten, der Monde und aller natürlichen und künstlichen Kleinkörper um ihre Zentralmasse. Hierzu gehören auch die Bewegungen der Komponenten von Doppel- und Mehrfachsystemen um den gemeinsamen Schwerpunkt.

In ihrer allgemein anwendbaren Form lauten die drei Keplergesetze nach [2]:

1. Unter der Wirkung der Anziehungskraft bewegt sich ein Himmelskörper im Schwerfeld eines anderen Himmelskörpers auf einem Kegelschnitt (Kreis, Ellipse, Parabel oder Hyperbel).

2. Die Fläche, die der Radiusvektor zu einem Himmelskörper in der Zeiteinheit überstreicht, ist eine konstante Größe.

3. Das 3. Gesetz beschreibt die Bewegung von zwei Massen  $m_1$  und  $m_2$  um ihre Zentralmasse  $M_1$  und  $M_2$

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} \cdot \frac{(M_1 + m_1)}{(M_2 + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \quad (1)$$

Bewegen sich  $m_1$  und  $m_2$  um die gleiche Zentralmasse  $M$  und gilt  $m_1 \approx m_2 \ll M$ , so wird aus (1) die bekannte einfache Form des dritten Keplergesetzes:

Die ersten beiden KEPLERSchen Gesetze gelten streng nur im **Zweikörperproblem der Himmelsmechanik**. Meist vorhandene Kraftwirkungen weiterer Körper bewirken **Störungen** der Kepler-

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ – Fortsetzung Rückseite



Bewegungen, die mit Hilfe mathematischer Näherungsmethoden berechnet werden können (z.B. Bewegung des Mondes oder der kleinen Planeten). Weitere Begriffe: **Bahnbestimmung, Bahnelemente, Präzession, Apsiden, Aphel, Perihel, Periheldrehung.**

2.3. Die **Rotation des Milchstraßensystems** ist eine differentielle Bewegung des gesamten Sternsystems um sein Zentrum. Die Geschwindigkeit von Objekten in großer Entfernung von diesem Zentrum wird mit wachsendem  $r$  kleiner (ähnlicher Effekt, wie der durch das 3. Keplergesetz beschriebene). Die **Rotation des Milchstraßensystems** wird mit den **Oortschen Formeln** durch die Komponenten der Raumgeschwindigkeit

**Radialgeschwindigkeit**  $RG = A \cdot R \sin 2(\lambda + \lambda_0)$  und **Tangentialgeschwindigkeit**  $TG = A \cdot r \cos 2(\lambda + \lambda_0) + B \cdot r$  beschrieben.

$\lambda_0, \lambda$ : galaktische Länge des galaktischen Zentrums bzw. eines Objektes. Die Tangentialgeschwindigkeit wird meist unkorrekt als Eigenbewegung bezeichnet (s. 8.3.). Die Konstanten  $A$  und  $B$  lassen sich schwer bestimmen, da die Objekte außer der durch die Rotation hervorgerufenen Raumbewegung (motus parallacticus) noch individuellen Bewegungen (motus peculiaris) unterliegen [3].

2.4. Die **Expansionsbewegung** der Sternsysteme wird erkennbar durch die Rotverschiebung in den Spektrallinien der Galaxis, die einen Dopplereffekt darstellt. Nach der Formel

$$v = H \cdot r \text{ in km/s} \quad (3)$$

erhält man die Radialgeschwindigkeit einer Galaxie, die um so größer ist, je größer ihr Abstand vom Beobachter ist.  $H = 50 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$  ist die Hubble-Konstante (Formel (3) wird allerdings nicht zur Bestimmung der Geschwindigkeit verwendet).

### 3. Scheinbare Bewegungen

3.1. Die **scheinbaren täglichen Bewegungen** der Himmelskörper entstehen durch die Rotation der Erde für einen geozentrischen bzw. topozentrischen Beobachter. Begriffe: **Auf- und Untergang, Kulmination, Zirkumpolarstern, Polarnacht, tägliche Parallaxe.**

3.2. Die **scheinbaren Bewegungen der Sonne, der Planeten, des Mondes und der Kleinkörper** unter den Sternen infolge der Bahnbewegungen gehören zu den auffälligsten Erscheinungen am Himmel. Begriffe: **Konjunktion, Elongation, Quadratur, Opposition (Schleifenbewegung); Äquinoktium, Solstitien, Tierkreiszeichen und Sternbilder; Radiant eines Meteorstroms; Fixsternparallaxe, jährliche Aberration.**

3.3. Die wahren Raumbewegungen der Fixsterne werden von der Erde aus als **Eigenbewegungen** EB beobachtet. Die EB ist der Winkel, unter dem sich ein Stern infolge seiner Tangentialgeschwindigkeit (s. 2.3.) in der Zeiteinheit (z. B. 1 Jahr) an der Himmelskugel gegenüber sehr weit entfernten Fixsternen oder Galaxien mit vernachlässigbaren EB bewegt. Der Effekt der Rotation der Galaxis wird von der **Pekuliärbewegung** der Sonne in Richtung auf den **Apex** überdeckt.

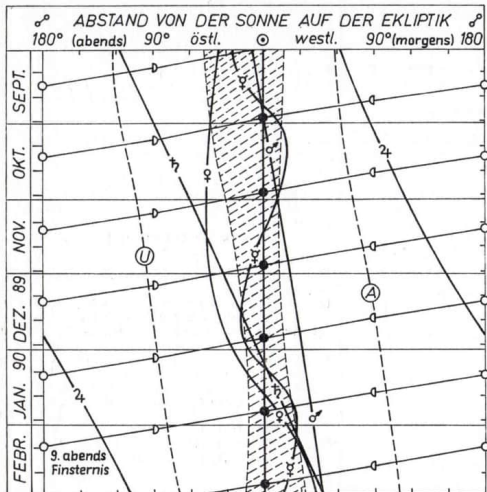
Anmerkung: Über die Begriffe in fetter Schrift kann in [1] nachgelesen werden.

### Literatur:

- [1] WEIGERT-ZIMMERMANN: **ABC der Astronomie**. VEB Brockhaus-Verlag Leipzig 1961 und 1971.
- [2] BAKULIN, P. I., KONONOVIC, E. V. und MOROZ, V. I.: **Kurs obščej astronomii**. Izdatel'stvo Nauka, Moskva 1970. S. 93–96.
- [3] STEINERT, K. G.: **Astronomie in der Schule** 5, 1968, 4. S. 75–80.

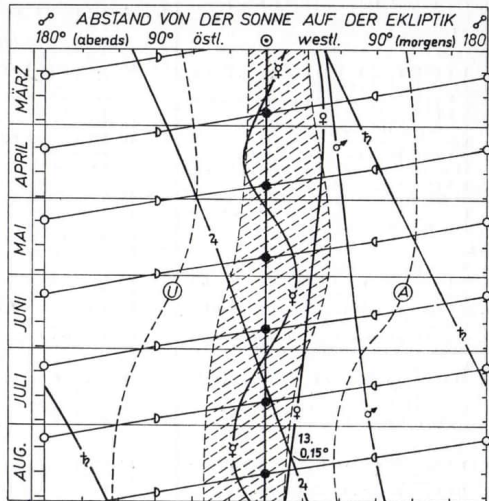
Dr. habil. KLAUS-GÜNTHER STEINERT

# Astronomischer Kalender für das Schuljahr 1989/90



○ Sonne ● ☾ ☽ Mond ♿ Merkur ♀ Venus  
♂ Mars ♃ Jupiter ♄ Saturn ☿ Opposition

//// //// Dämmerung oder unsichtbar wegen Sonnennähe



**Linie U:** Untergang um Mitternacht

rechts von Linie U: sichtbar abends, Untergang vor Mitternacht  
links von Linie U: sichtbar morgens, Untergang nach Mitternacht

**Linie A:** Aufgang um Mitternacht

rechts von Linie A: sichtbar morgens, Aufgang vor Mitternacht  
links von Linie A: sichtbar abends, Aufgang nach Mitternacht  
(Mitternacht ist ≈ 0h MEZ bzw. ≈ 1h MESZ)

# Das Sonnensystem 1989/90

Alle Angaben sind für einen Beobachter in Berlin berechnet. Eingeklammerte Zeitangaben sind Sommerzeit (MESZ), alle anderen Mitteleuropäische Zeit (MEZ). **Halbfett gedruckte Termine sind unterrichtsfreie Tage (Sonn- und Feiertage, Ferien).**

## September 1989

- So., 3. 19 h (20 h) Mond 5° links unter Venus (in der Abenddämmerung beobachtbar)  
 Sa., 9. 21 h (22 h) Mond 7° rechts unter Saturn (bis 22 h (23 h) beobachtbar)  
 Mo., 11. Saturn wird rückläufig  
 Fr., 15. Vollmond  
 Di., 19. 23 h (24 h) Mond bedeckt die Plejaden  
 Sa., 23. 1 h (2 h) Mond 5° links neben Jupiter (ab 22. 9. 23 h (24 h) beobachtbar)  
 Sa., 23. 2 h (3 h) Herbstanfang  
 So., 24. Merkur in unterer Konjunktion mit der Sonne  
 Fr., 29. Mars in Konjunktion mit der Sonne

## Oktober 1989

- Di., 3. Beginn der Morgensichtbarkeit des Merkurs  
 Di., 3. 18 h Mond 5° rechts unter Venus (in der Abenddämmerung beobachtbar)  
 Sa., 7. 20 h Mond 6° links unter Saturn (bis 21 h beobachtbar)  
 Di., 10. Merkur in größter westlicher Elongation (18°; ab 4 h 50 min beobachtbar)  
 Sa., 14. Vollmond  
 Fr., 20. 4 h Mond 3° rechts über Jupiter (bis zum Hellwerden beobachtbar)  
 Sa., 28. Ende der Morgensichtbarkeit des Merkurs  
 So., 29. Jupiter wird rückläufig

## November 1989

- Do., 2. 17 h Mond 3° rechts unter Venus (bis 18 h beobachtbar)  
 Fr., 3. 18 h Mond 5° unter Saturn (bis 19 h beobachtbar)  
 Mi., 8. Venus in größter östlicher Elongation (47°; bis 18 h beobachtbar)  
 Fr., 10. Merkur in oberer Konjunktion mit der Sonne  
 So., 12. Mond in Erdnähe (357 500 km)  
 Mo., 13. Vollmond  
 Mo., 13. 19 h Mond bedeckt die Plejaden  
 Di., 14. Beginn der Morgensichtbarkeit des Mars  
 Do., 16. 17 h Venus 4° links unter Saturn (bis 18 h beobachtbar)

- Do., 16. 21 h Mond 5° links unter Jupiter (ab 20 h beobachtbar)  
 Sa., 25. Mond in Erdferne (406 100 km)

## Dezember 1989

- Fr., 1. 17 h Mond 8° rechts unter Venus (bis 18 h beobachtbar)  
 Sa., 2. 17 h Mond 4° links über Venus (bis 18 h beobachtbar)  
 So., 10. Bis zum 14. 12. sind zahlreiche Meteore des Geminidenstroms zu erwarten (Maximum am 14. 12. gegen 2 h)  
 Mo., 11. Mond in Erdnähe (361 300 km)  
 Di., 12. Vollmond  
 Mi., 13. 20 h Mond 3° links über Jupiter (ab 18 h beobachtbar)  
 Do., 14. 6 h Mond 5° links über Jupiter (bis zum Hellwerden beobachtbar)  
 Mo., 18. Beginn der Abendsichtbarkeit des Merkurs  
 Di., 19. Ende der Abendsichtbarkeit des Saturns  
 Do., 21. 22 h Winteranfang  
 Fr., 22. Mond in Erdferne (405 200 km)  
 Sa., 23. Merkur in größter östlicher Elongation (20°; bis 17 h beobachtbar)  
 Mi., 27. Venus wird rückläufig  
 Mi., 27. Jupiter in Opposition zur Sonne  
 Sa., 30. 17 h Mond 4° links unter Venus (bis 18 h beobachtbar)  
 So., 31. Ende der Abendsichtbarkeit des Merkurs

## Januar 1990

- Do., 4. In den frühen Morgenstunden sind zahlreiche Meteore des Quadrantidenstroms zu erwarten  
 So., 6. Saturn in Konjunktion mit der Sonne  
 Di., 9. Merkur in unterer Konjunktion mit der Sonne  
 Di., 9. 21 h Mond 4° über Jupiter (vom Dunkelwerden an beobachtbar)  
 Mi., 10. 6 h Mond 3° über Jupiter (bis 7 h beobachtbar)  
 Do., 11. Vollmond  
 Mi., 17. Beginn der Morgensichtbarkeit des Merkurs und Ende der Abendsichtbarkeit der Venus  
 Do., 18. Venus in unterer Konjunktion mit der Sonne  
 Fr., 19. Beginn der Morgensichtbarkeit der Venus  
 Fr., 26. 20 h ringförmige Sonnenfinsternis, in der DDR nicht beobachtbar

## Februar 1990

- Do., 1. Merkur in größter westlicher Elongation (25°; ab 6 h 50 min beobachtbar)  
 Sa., 3. 23 h Mond bedeckt die Plejaden

- So., 4. Beginn der Morgensichtbarkeit des Saturns  
 Mo., 5. 23 h Mond 5° rechts über Jupiter (vom Dunkelwerden an beobachtbar)  
 Di., 6. 4 h Mond 3° rechts über Jupiter (bis 5 h beobachtbar)  
 Di., 6. Ende der Morgensichtbarkeit des Merkurs  
 Do., 8. Venus wird rückläufig  
 Fr., 9. 20 h Vollmond; gleichzeitig totale Mondfinsternis (ab 18 h 30 min beobachtbar)  
 Sa., 24. Jupiter wird rückläufig  
 Di., 27. 6 h Venus, Saturn und Mars in einer Geraden (bis zum Hellwerden beobachtbar)

## März 1990

- So., 4. 22 h Mond 8° rechts unter Jupiter (vom Dunkelwerden an beobachtbar)  
 So., 11. Vollmond  
 Mo., 19. Merkur in oberer Konjunktion mit der Sonne  
 Di., 20. 22 h Frühlingsanfang  
 Do., 29. Beginn der Abendsichtbarkeit des Merkurs  
 Fr., 30. Venus in größter westlicher Elongation (47°; ab 4 h 40 min (5 h 40 min) beobachtbar)

## April 1990

- So., 1. 21 h (22 h) Mond 3° rechts über Jupiter  
 Di., 10. Vollmond  
 Fr., 13. Merkur in größter östlicher Elongation (20°; bis 20 h 50 min (21 h 50 min) beobachtbar)  
 Mi., 18. 4 h (5 h) Mond 3° unter Saturn (bis zum Hellwerden beobachtbar)  
 Sa., 21. 4 h (5 h) Mond 6° links neben Mars (bis zum Hellwerden beobachtbar)  
 Mo., 23. Ende der Abendsichtbarkeit des Merkurs  
 Do., 26. 21 h (22 h) Mond bedeckt die Plejaden  
 Sa., 28. 22 h (23 h) Mond 8° rechts unter Jupiter (bis 23 h (24 h) beobachtbar)  
 So., 29. 22 h (23 h) Mond 7° links über Jupiter (bis 23 h (24 h) beobachtbar)

## Mai 1990

- Fr., 4. Merkur in unterer Konjunktion mit der Sonne  
 Sa., 5. Saturn wird rückläufig  
 Mi., 9. Vollmond  
 Do., 31. Merkur in größter westlicher Elongation (25°; der Planet bleibt unsichtbar)

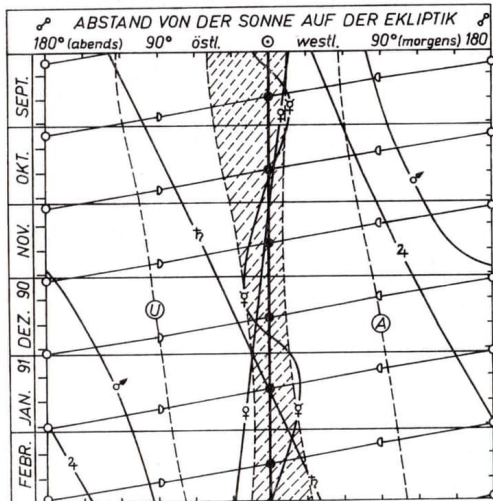
## Juni 1990

- Fr., 8. Vollmond  
 Di., 19. Ende der Abendsichtbarkeit des Jupiters  
 Do., 21. 17 h (18 h) Sommersanfang

KLAUS LINDNER

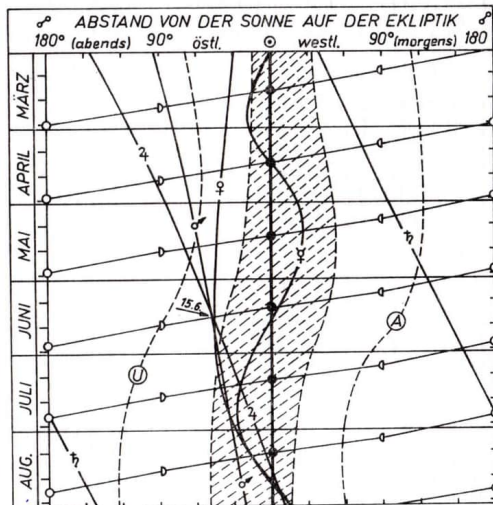


# Astronomischer Kalender für das Schuljahr 1990/91



○ Sonne    ● D O D Mond    ♀ Merkur    ♀ Venus  
○ Mars    ♃ Jupiter    ♄ Saturn    ☾ Opposition

////// Dämmerung oder unsichtbar wegen Sonnennähe  
→ besondere Konstellation



Linie U: Untergang um Mitternacht  
rechts von Linie U: sichtbar abends, Untergang vor Mitternacht  
links von Linie U: sichtbar abends, Untergang nach Mitternacht

Linie A: Aufgang um Mitternacht  
rechts von Linie A: sichtbar morgens, Aufgang vor Mitternacht  
links von Linie A: sichtbar morgens, Aufgang nach Mitternacht  
(Mitternacht ist  $\approx 0h$  MEZ bzw.  $\approx 1h$  MESZ)

Karl-Heinz Bücke

# Das Sonnensystem 1990/91

Alle Angaben sind für einen Beobachter in Berlin berechnet. Eingeklammerte Zeitangaben sind **Sommerzeit (MESZ)**, alle anderen **Mitteleuropäische Zeit (MEZ)**.

## September 1990

- Mi., 5. Vollmond
- Mo., 10. 4 h (5 h) Mond 12° rechts über Mars
- Di., 11. 4 h (5 h) Mond 6° links über Mars
- Sa., 15. 4 h (5 h) Mond 1° rechts neben Jupiter
- Di., 18. Beginn der Morgensichtbarkeit des Merkurs
- So., 23. 8 h (9 h) Herbstanfang
- Mo., 24. Merkur in größter westlicher Elongation (18°; ab 4 h 30 min (5 h 30 min) beobachtbar)
- Do., 27. 20 h (21 h) Mond 7° rechts unter Saturn
- Fr., 28. 20 h (21 h) Mond 6° links neben Saturn

## Oktober 1990

- Do., 4. Vollmond
- So., 7. 19 h Mond bedeckt die Plejaden
- Di., 9. 4 h Mond 7° links über Mars
- Mi., 10. Ende der Morgensichtbarkeit des Merkurs
- Sa., 13. Ende der Morgensichtbarkeit der Venus
- Sa., 13. 4 h Mond 5° links unter Jupiter
- Sa., 20. Mars wird rückläufig
- Do., 25. 20 h Mond 2° links unter Saturn

## November 1990

- Fr., 2. Vollmond
- So., 4. Mond in Erdnähe (358 600 km)
- Mo., 5. 6 h Mond 3° rechts über Mars
- Fr., 9. 6 h Mond 2° rechts unter Jupiter
- Mo., 19. Mond in Erdferne (406 500 km)
- Di., 20. Mars in Erdnähe
- Do., 22. 18 h Mond 6° links über Saturn
- Di., 27. Mars in Opposition zur Sonne
- Fr., 30. Jupiter wird rückläufig

## Dezember 1990

- Sa., 1. 19 h Mond 3° rechts über Mars
- So., 2. Mond in Erdnähe (356 500 km)
- So., 2. Vollmond

- Do., 6. 7 h Mond 6° rechts unter Jupiter
- Mo., 10. Bis zum 14. 12. sind zahlreiche Meteore des Geminidenstroms zu erwarten
- So., 16. Mond in Erdferne (406 600 km)
- Di., 18. Beginn der Abendsichtbarkeit der Venus
- Sa., 22. 4 h Winteranfang
- Fr., 28. 21 h Mond 3° rechts über Mars
- Sa., 29. 5 h Mond bedeckt die Plejaden
- Mo., 31. Vollmond
- Mo., 31. Mond in Erdnähe (357 700 km)
- Mo., 31. Ende der Abendsichtbarkeit des Saturns

## Januar 1991

- Di., 1. Beginn der Morgensichtbarkeit des Merkurs
- Di., 1. Mars wird rechtläufig
- So., 2. 21 h Mond 2° rechts unter Jupiter
- Fr., 4. In den Morgenstunden sind zahlreiche Meteore des Quadrantidenstroms zu erwarten
- Mo., 14. Merkur in größter westlicher Elongation (24°; ab 6 h 45 min beobachtbar)
- Mi., 16. 1 h ringförmige Sonnenfinsternis, in Deutschland nicht beobachtbar
- Do., 17. 18 h Mond 3° rechts über Venus
- Fr., 25. Ende der Morgensichtbarkeit des Merkurs
- Fr., 25. 19 h Mond 3° links über Mars
- Di., 29. Jupiter in Opposition zur Sonne
- Di., 29. 23 h Mond 4° rechts neben Jupiter
- Mi., 30. Vollmond

## Februar 1991

- Sa., 16. 18 h Mond 6° rechts neben Venus
- Do., 21. 18 h Mond bedeckt die Plejaden
- Fr., 22. Beginn der Morgensichtbarkeit des Saturns
- Fr., 22. 21 h Mond 4° links über Mars
- Mo., 25. 22 h Mond 7° rechts neben Jupiter
- Di., 26. 21 h Mond 8° links unter Jupiter
- Do., 28. Vollmond

## März 1991

- Mi., 13. Beginn der Abendsichtbarkeit des Merkurs
- So., 17. 19 h Mond 5° rechts über Merkur
- Mo., 18. 20 h Mond 5° rechts neben Venus
- Do., 21. 4 h Frühlingsanfang
- Fr., 22. 22 h Mond 2° links über Mars

- Mo., 25. 21 h Mond 5° links unter Jupiter
- Mi., 27. Merkur in größter östlicher Elongation (19°; bis 20 h 15 min beobachtbar)
- Sa., 30. Vollmond
- Sa., 30. Jupiter wird rechtläufig

## April 1991

- Do., 4. 3 h (4 h) Mond bedeckt Antares im Skorpion
- Sa., 6. Ende der Abendsichtbarkeit des Merkurs
- Mi., 17. 21 h (22 h) Mond 2° über Venus
- Fr., 19. 23 h (24 h) Mond 2° rechts unter Mars
- So., 21. 21 h (22 h) Mond 3° links unter Jupiter
- So., 28. Vollmond

## Mai 1991

- Mo., 6. 3 h (4 h) Mond 2° rechts über Saturn
- Do., 16. 22 h (23 h) Mond 7° rechts unter Venus
- Fr., 17. 22 h (23 h) Mond 8° rechts unter Mars
- Sa., 18. 23 h (24 h) Mond 6° rechts unter Jupiter
- So., 19. 23 h (24 h) Mond 10° links neben Jupiter
- Di., 28. Vollmond

## Juni 1991

- So., 2. 2 h (3 h) Mond 6° rechts über Saturn
- Do., 13. Venus in größter östlicher Elongation (45°; bis 23 h 10 min (0 h 10 min) beobachtbar)
- Sa., 15. 22 h (23 h) Mond 5° links unter Venus und 4° links unter Mars und Jupiter
- Fr., 21. 22 h (23 h) Sommersanfang
- Do., 27. Vollmond
- Fr., 28. Ende der Abendsichtbarkeit des Mars

Klaus Lindner



# Entstehung des Sonnensystems

## Hinweise für den Lehrer

Es empfiehlt sich, die voraussetzende Entstehung des solaren Urnebels (s. Folie I) zuerst getrennt von der anschließenden Phase der Bildung der Körper des Sonnensystems (s. Folie II) darzustellen.

### Grundlagen

1. Es gibt über 50 Erklärungsversuche zur Entstehung des Sonnensystems, aber noch keiner wurde allgemein anerkannt!  
Zu den hier wiedergegebenen Folienvorschlägen wurden die akzeptiertesten Komponenten der Entstehungskonzeptionen von H. ALFVÉN, A. CAMERON, G. KUIPER, D. MOHLMANN, V. SAFRONOW und F. v. WEIZSÄCKER verwendet.
  2. Man beachte, daß grundsätzlich noch unklar ist, ob die Sonne kurz vor oder etwa gleichzeitig mit der Planetenscheibe gebildet wurde. Als theorieunabhängiges Geburtsdatum unseres Sonnensystems gilt die Zeitspanne von 4,55 bis 4,6 Milliarden Jahren als relativ gesichert.
  3. Besonders beachtenswert ist ferner, daß die hier wiedergegebenen entscheidenden Gestaltungsphasen unseres Sonnensystems im wesentlichen in der relativ kurzen Zeit von nur wenigen Millionen Jahren vollzogen waren.  
Folgende Fakten oder „Häufigkeitsregeln“ müssen von einer Entstehungstheorie erklärt werden:
    1. Das Massenverhältnis von Sonne zu Planeten liegt bei 750 : 1 (!)
    2. Der Bahndrehimpuls aller Planeten erreicht fast das 200fache vom Drehimpuls der Sonne.
3. Alle Planeten umkreisen die Sonne nur in einer Richtung und haben meist den gleichen bevorzugten (prograden) Richtungssinn in ihrer Rotation.

## Folie I

### Entstehung des Sonnensystems

1. **Gas und Staub im interstellaren Raum**, angereichert mit schweren Elementen aus Supernova-Ausbrüchen früherer Sternenerationen
2. Geburtsstätten junger Sterne in leuchtenden Gasnebelhüllen
3. **Bildung einer Materiescheibe** mit einer Verdickung („Ursonne“) in der Mitte

## Formierung des planetaren Systems

### Hinweise für den Lehrer

Mehrere Entwicklungswege gelten zur Zeit als diskutabel, da drei wesentliche Faktoren in ihrer wahren Wirksamkeit noch nicht genauer abschätzbar sind. Sehr unterschiedliche Meinungen herrschen danach über

1. die ursprüngliche Scheibenmasse. (Entweder erreichte sie kaum mehr als 2 Prozent im Vergleich zur Sonne (Folie II, Weg A) oder sie war dieser sogar annähernd äquivalent (Folie II, Weg B))
2. die Geschwindigkeit der Zusammenballung der Kondensate zu größeren Körpern im Vergleich zur Abkühlungsgeschwindigkeit der Scheibe
3. ab welchem Akkretionsstadium der Scheibenmaterie modifizierte die heißer werdende Ursonne (a) durch ihr wachsendes Magnetfeld, b) durch die zunehmend von ihr ausgehenden Korpuskularströme (z. B. Sonnenwind) sowie c) durch den temperaturabhängigen Strahlungsdruck) die weitere Planetenentwicklung ganz wesentlich?

## Entstehung der Körper des Sonnensystems

Für die Bildung der Körper des Sonnensystems gibt es zwei **Möglichkeiten**:

Weg A

### massearme Materiescheibe

#### 4. Phase der Kleinkörper

(Durchmesser bis etwa 1 km), die durch Aneinanderlagerung kleinerer Körper bei Stößen entstanden

#### 5. Hauptwachstumsphase

einer Vielzahl kleiner Planeten (bis 1000 km Durchmesser), dabei Verminderung ihrer Zahl durch Zusammenballung

#### 6. Endphase der Massenanlagerung,

die Wege A und B vereinigen sich schrittweise, Nachlassen der Stoßprozesse.  
Es treten Unterschiede zwischen den erdartigen und jupiterartigen Planeten bedingt durch ihre Sonnenentfernung auf.

#### a) erdartige Planeten

(Innerer Bereich des Sonnensystems, Körper aus vorwiegend schwerflüchtigen Stoffen)

#### 7. Aufheizung durch den Zerfall radioaktiver Stoffe,

Aufschmelzen, schwerere Bestandteile sinken nach innen, Bildung der Kern-Mantel-Schichtung

#### 8. Abkühlung, Krustenbildung;

Aufschläge von Kleinkörpern bewirken Kraterentstehung; Bildung kohlendioxidreicher Uratmosphären

#### 9. Uratmosphären des Merkurs und der meisten Satelliten

(auch des Mondes) entweichen wegen zu geringer Gravitationskräfte. Wasserdampf- und kohlendioxidreiche **Uratmosphäre der Erde** wird durch Lebewesen verändert (Entstehung des Sauerstoff-Anteils).  
Heutiger Zustand.

Weg B

### massereiche Materiescheibe

#### 4. Phase der massereichen Urplaneten

#### 5. Umformungsphase

von Massescheiben zu Ur-Ringplaneten und nachfolgender Umgruppierung der Ringmaterie zu Satelliten

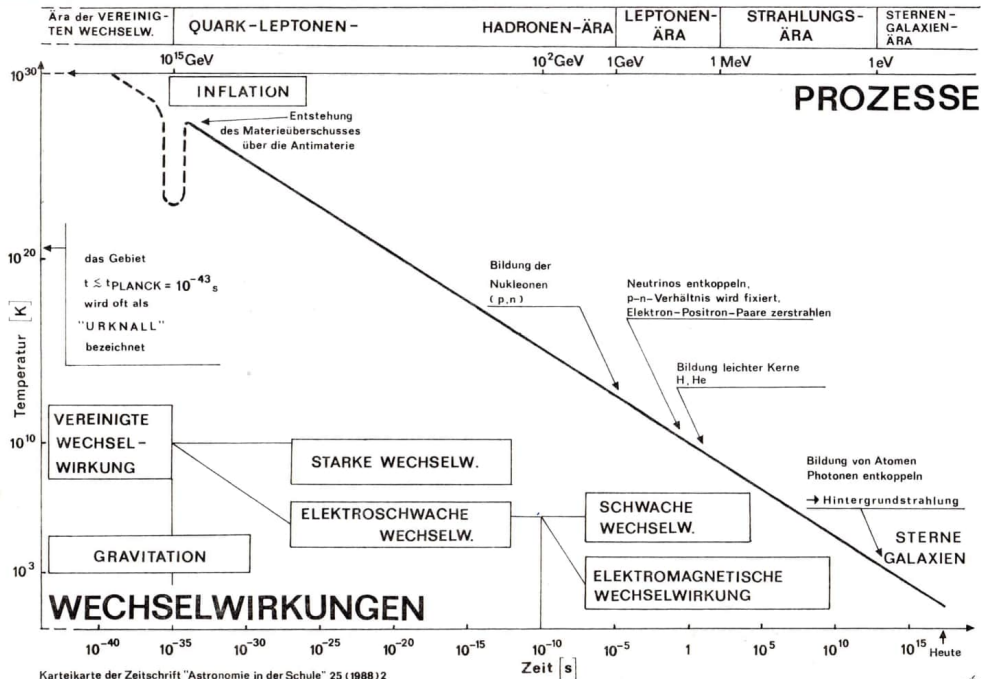
#### b) jupiterartige Planeten

(äußerer Bereich des Sonnensystems, Körper aus vorwiegend leichtflüchtigen Stoffen)

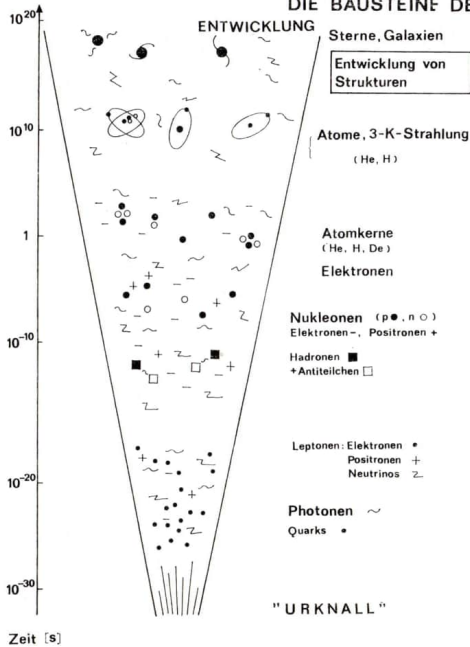
#### 7. Aufheizung durch den Zerfall radioaktiver Stoffe,

Abkühlung, heutiger Zustand mit wasserstoffreichen Atmosphären

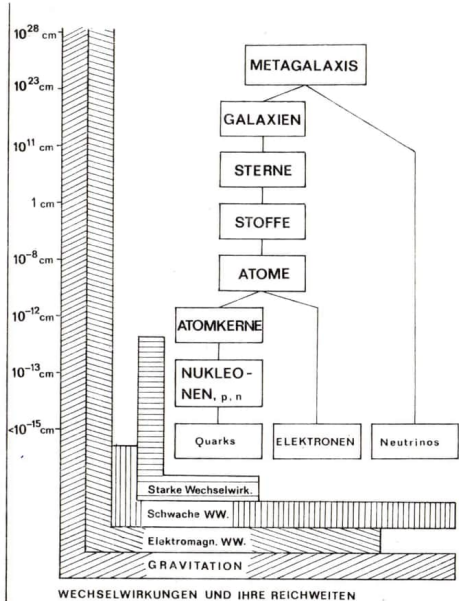
# Entwicklungsgeschichte der Metagalaxis



# DIE BAUSTEINE DES KOSMOS



## AUSDEHNUNG



## Erstleistungen in der Raumfahrt (Auswahl)

	Jahr	Erdumlaufbahn	Mond	Planeten
<b>Abschnitte der Raumfahrtgeschichte</b>  <b>Ab 1957</b>  – Erste Flüge in den erdnahen Raum und zum Mond – Vorbereitung des bemannten Raumfluges durch Tierversuche  <b>Ab 1961</b>  – Erster Raumflug eines Menschen bis zur Landung von Menschen auf dem Mond – Nähere Erforschung des Mondes und der Nachbarplaneten mit Automaten  <b>Ab 1971</b>  – Einsatz zeitweilig bemannter experimenteller Raumstationen – Genauere Untersuchungen auf den Oberflächen von Mond, Venus und Mars – Erste Flüge zu den Riesenplaneten  <b>Ab 1977</b>  – Einsatz langlebiger Raumstationen mit einer großen Zahl von z. T. internationalen Besatzungen – Neuer Abschnitt der US-Raumfahrt mit den Flügen der Space-Shuttle  <b>Ab 1986</b>  – Einsatz ständig bemannter, komplexer Raumstationen mit auswechselbaren Spezialmodulen – Erste Flüge zu den Kleinkörpern des Sonnensystems	1957 1959	<i>Sputnik 1</i>	<i>Luna 1, 2, 3</i>	
	1961 1962 1964 1965  1966 1967 1968  1969 1970	<i>Wostok 1</i>  <i>Woßchod 1</i> <i>Woßchod 2,</i> <i>Gemini 3, 6, 7</i> <i>Gemini 10</i>  <i>Sojus 4 und 5</i>	  <i>Ranger 7</i>   <i>Luna 9, 10</i>  <i>Sonde 5,</i> <i>Apollo 8</i> <i>Apollo 11</i> <i>Luna 16, 17</i>	  <i>Mariner 2 (Venus)</i>  <i>Mariner 4 (Mars)</i>  <i>Venus 4 (Venus)</i>  <i>Venus 7 (Venus)</i>
	1971 1973 1974 1975 1976	<i>Salut 1</i> <i>Skylab</i>  <i>Sojus-Apollo</i>		<i>Mariner 9, Mars 3</i> <i>Pioneer 10 (Jupiter)</i> <i>Mariner 10 (Merkur)</i> <i>Venus 9, 10 (Venus)</i> <i>Viking 1, 2 (Mars)</i>
	1977 1979 1981	<i>Salut 6</i>  <i>Columbia</i> <i>(Space Shuttle)</i>		  <i>Pioneer 11 (Saturn)</i>
	1986  1988	<i>Mir</i>		  <i>Voyager 2, VEGA 1, 2 (Halley)</i> <i>Phobos 1, 2 (Mars)</i>



# Ablauf der Phobos-Mission

1. — Aus einer Parkbahn um die Erde erfolgt der Start in eine *Übergangsbahn zum Mars* (Flugdauer etwa 200 d)

— Forschungen im interplanetaren Raum und Beobachtungen der Sonne

2. — Nach Kurskorrektur im letzten Abschnitt der Übergangsbahn Einschwenken in eine stark elliptische *Parkbahn um den Mars* (Verweildauer etwa 25 d)

— Bei jeder *Annäherung bis auf etwa 500 km* Übermittlung von Daten über Oberfläche, Atmosphäre und Magnetosphäre des Mars

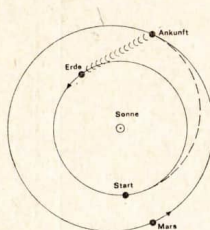
3. — Durch wiederholte Bahnmanöver erreichen die Sonden über eine Übergangsbahn (Verweildauer 30 d) eine *Parallelbahn zur Phobosbahn* in einem Abstand von etwa 350 km (Verweildauer etwa 35 d)

— Präzisierung der Parameter der Phobosbahn

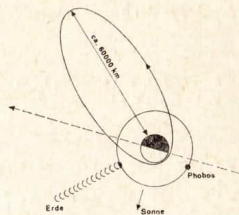
4. — Nach Übergang in eine Synchronbahn (Verweildauer etwa 30 d) *Annäherung bis auf etwa 30 m* mit Hilfe von 4 Orientierungstriebwerken für etwa 15 min.

— Übermittlung von Meßdaten und Bildern sowie Absetzen von Landeapparaten

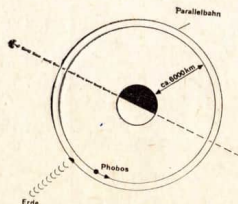
1.



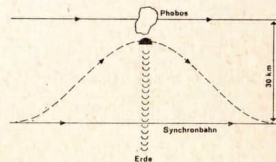
2.



3.



4.



# Kopernikanisches Weltbild

## Kopernikanisches Weltbild – Einleitung einer revolutionären Wende im Denken in der Astronomie

### Die Erde ist kein Zentrum des Weltalls

- Erde bewegt sich als Planet um die Sonne (STE 2.1.)
- Erkenntnisse über den wirklichen Aufbau des Sonnensystems (STE 2.1., 2.2.)
- Nachweis der parallaktischen Verschiebung von Sternen (u. a. Bessel) als Beleg für den Umlauf der Erde um die Sonne und damit für die Richtigkeit des kopernikanischen Weltbildes (STE 3.2.)
- Studium des Aufbaus des überschaubaren Weltalls (STE 2.3.)

*Erkenntnis:* Erde, Sonnensystem, Milchstraßensystem und andere Galaxien haben in der Metagalaxis keine Sonderstellung.

*Folgerung:* Im überschaubaren Weltall gibt es keinen ausgezeichneten Ort.

### Die Erde und der Kosmos sind eine naturgesetzliche Einheit

- Unterscheidung zwischen beobachtbaren und wirklichen Bewegungen der Himmelskörper (STE 1.2., 2.2.)
- Auffinden der Bewegungsgesetze der Planeten (Kepler, Newton) (STE 2.2.)
- Wirken des Gravitationsgesetzes auf der Erde und bei allen beobachtbaren kosmischen Objekten (STE 2., 3.)

*Erkenntnis:* Alle kosmischen Objekte unterliegen Naturgesetzen, die erkennbar sind.

*Folgerung:* Auf der Erde und im Weltall wirken unter gleichen Bedingungen dieselben Naturgesetze, welche die Erforschung des Kosmos ermöglichen.

### Die Erde, alle Himmelskörper haben eine Geschichte

(eine weitreichende Konsequenz aus dem kopernikanischen Weltbild)

- Aufwerfen der Frage, ob nur bei der Erde als Himmelskörper ein Werden und Vergehen erfolge und ob die anderen kosmischen Objekte etwas Gegebenes und Unverständliches seien (STE 2.1.)
- Beobachtung von Veränderungen am Sternhimmel (STE 3.2.)
- Studium der Entwicklung der Planeten, der Sterne ab dem 19. Jahrhundert und der Evolution der Metagalaxis im 20. Jahrhundert

*Erkenntnis:* Kosmische Objekte sind nicht unveränderlich. Sie durchlaufen in sehr langen Zeiträumen einen Entwicklungsprozeß (STE 3.2., 3.3.)

*Folgerung:* Im Weltall vollziehen sich ständig Prozesse der Veränderung und Entwicklung, die mit Hilfe von Naturgesetzen erkennbar sind.

### Hinweise für den Lehrer:

Das kopernikanische Weltbild leistete einen wesentlichen Beitrag zur Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes der Menschheit. Deshalb ist es ein Schwerpunkt und eine der Linienführungen des Astronomieunterrichts, die sowohl die Ideen des Copernicus und die damit unmittelbar verbundenen wissenschaftlichen sowie weltanschaulichen Auswirkungen als auch die sich daraus ergebenden Folgerungen für die weitere Entwicklung der Astronomie beinhalten. Dazu gehört auch der Kampf um die Durchsetzung des kopernikanischen Weltbildes im 16. und 17. Jahrhundert (STE 2.1.), der hier nicht aufgeführt ist. Die Übersicht nennt jene grundlegende Erkenntnisse, die das kopernikanische Weltbild als revolutionäre Wende und damit verbundene Konsequenzen im Denken der Astronomie charakterisieren. Sie führt ausgewählte Unterrichtsinhalte an, durch deren Aneignung die Schüler diese Konsequenzen für den weiteren wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritt begreifen sollen, der zum Entwicklungsdenken und letztlich zum heutigen evolutionären Weltbild führte. Die angeführten Folgerungen enthalten wichtige ideologisch-erzieherische Potenzen, die den Schülern durch die Aneignung des Unterrichtsstoffes bewußt werden sollen und zur Ausprägung ihrer wissenschaftlichen Weltanschauung beitragen.

## **fähigkeiten der Schüler**

Wissen über das kopernikanische Weltbild und zur Herausbildung des Verständnisses für die revolutionäre Wende im Denken der Astronomie, die mit diesem Weltbild eingeleitet wurde

### **Die Erde ist kein Zentrum des Weltalls**

- Beschreiben Sie das geozentrische und heliozentrische Weltbild! (STE 2.1.; LB S. 21, 23)
- Vergleichen Sie die beiden Weltbilder, und erläutern Sie die grundlegenden Unterschiede, die zwischen ihnen bestehen! (STE 2.1.; LB Bilder 21/2, 23/1)
- Beschreiben Sie den Aufbau des Sonnensystems! (STE 2.2.; LB S. 25 bis 27)
- Erläutern Sie, weshalb die ersten Parallaxenmessungen ein wichtiger Beleg für die Richtigkeit des kopernikanischen Weltbildes waren! (STE 3.2.; LB Bild 64/1)
- Beschreiben Sie die Struktur der Galaxis und ordnen Sie das Sonnensystem in die Galaxis ein! (STE 3.3.; LB S. 76)
- Erläutern Sie, weshalb unser Milchstraßensystem kein Mittelpunkt der Metagalaxis ist! (STE 3.3.; LB Bild 80/1)

### **Die Erde und der Kosmos sind eine naturgesetzliche Einheit**

- Nennen Sie die Keplerschen Gesetze und beschreiben Sie mit ihrer Hilfe den Umlauf der Planeten um die Sonne! (STE 2.2.; LB S. 28, 29)
- Erläutern Sie, wie Kepler und Newton die Vorstellungen des Copernicus über den Umlauf der Planeten um die Sonne weiterentwickelten! (STE 2.1., 2.2.; LB S. 23, 28 bis 30)
- Erläutern Sie, wie bei Bahnrechnungen für Raumflugkörper die Gesetze der Planetenbewegungen angewandt werden! (STE 2.4.; LB Bilder 49/1, 49/2)
- Erläutern Sie am Beispiel des Wirkens des Gravitationsgesetzes, daß auf der Erde und im Weltall unter gleichen Bedingungen dieselben Naturgesetze wirken! (STG 2, 3; LB S. 25 bis 82)

### **Die Erde, alle Himmelskörper haben eine Geschichte**

- Erläutern Sie, warum mit der Herausbildung des kopernikanischen Weltbildes die Frage nach der Veränderung der Himmelskörper gestellt wurde! (STE 2.1.; LB S. 21, 22)
- Erläutern Sie die Veränderungen der Sonne infolge der Kernfusion und der Strahlung! (STE 3.1.; LB S. 57, 60, 61)
- Beschreiben Sie am Beispiel der Sonne die Entstehung und Entwicklung eines Sterns! (STE 3.2.; LB Bild 70/3, S. 71)
- Vergleichen Sie mit Hilfe des HRD die Sonne, Sirius A, Beteigeuze und Sirius B bezogen auf die Entwicklungsphasen, in der sich die Sterne befinden! (STE 3.2.; LB Bild 3)
- Beschreiben Sie die Entstehung und Entwicklung der Planeten! (STE 3.2.; LB S. 72)
- Beschreiben Sie die Entwicklungsprozesse in der Metagalaxis, die sich seit dem Urknall vollzogen! (STE 3.3.; LB S. 80)

**Abkürzungen:** STG = Stoffgebiet; STE = Stoffeinheit; LB = Lehrbuch

### **Literatur:**

Herrmann, D. B.: Die „Kopernikanische Wende“ aus der Sicht der marxistischen Wissenschaftsgeschichte. In: AS 25 (1988) 5.  
Gehlhar, F.: Zur Entwicklung des neuzeitlichen astronomischen Weltbildes. In: AS 22 (1988) 2.

Helmut Bernhard

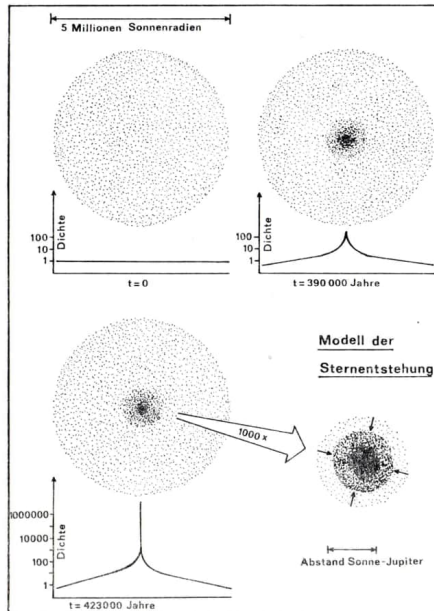
## Satelliten des Sonnensystems

Planet/Nummer und Name des Satelliten, Entdeckungsjahr	Durchmesser in km	Masse in kg	Dichte in $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	Bahnradius in km	Bahnneigung in Grad	Umlaufzeit in Tagen	Exzentrizität e
<b>Erde</b> Mond	3 476	$7,35 \cdot 10^{22}$	3,34	384 400	(5,87)	27,322	0,055
<b>Mars</b> Phobos 1877 Deimos 1877	27 · 21 · 19 13 · 11 · 9	$9,6 \cdot 10^{15}$ $2,0 \cdot 10^{15}$	1,9–2,3 2,1	9 400 23 500	1,0 2,0	0,32 1,26	0,015 0,001
<b>Jupiter</b> 16 Metis 1979 14 Adrastea 1979 5 Amalthea 1892 15 Thebe 1979 1 Io 1610 2 Europa 1610 3 Ganymed 1610 4 Kallisto 1610 13 Leda 1974 6 Himalia 1904 10 Lysithea 1938 7 Elara 1905 12 Ananke 1951 11 Carme 1938 8 Pasiphae 1908 9 Sinope 1914	40 40 270 · 165 · 150 80 3 632 3 126 5 276 4 820 10 180 20 75 20 30 40 30	$8,916 \cdot 10^{22}$ $4,873 \cdot 10^{22}$ $1,490 \cdot 10^{23}$ $1,064 \cdot 10^{23}$	3,55 3,04 1,93 1,81	128 000 128 500 181 300 222 000 421 600 670 900 1 070 000 1 880 000 11 110 000 11 480 000 11 710 000 11 740 000 20 700 000 22 350 000 23 300 000 23 700 000	0 0 0,46 0 0,03 0,47 0,18 0,25 27 28 29 26 147 163 147 156	0,295 0,297 0,498 0,675 1,769 3,551 7,155 016,689 238,7 250,6 259,2 259,7 631 692 735 758	0 0 0,003 0,013 0,004 0,009 0,002 0,007 0,148 0,158 0,107 0,207 0,169 0,207 0,40 0,275
<b>Saturn</b> 15 Atlas 1980 17 Prometheus 1980 16 Pandora 1980 11 Epimetheus 1966 10 Janus 1966 1 Mimas 1789 2 Enceladus 1789	40 · 20 · ? 140 · 100 · 80 110 · 90 · 70 140 · 120 · 100 220 · 200 · 160 390 250	$0,45 \cdot 10^{20}$ $0,74 \cdot 10^{20}$	1,44 1,13	137 670 139 350 141 700 141 420 141 470 185 540 238 040	0 0 0 0 0 1,52 0,02	0,602 0,613 0,629 0,694 0,695 0,942 1,370	0,002 0,004 0,004 0,007 0,009 0,020 0,004

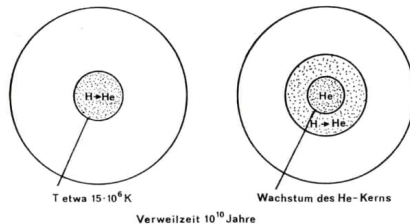
Planet/Nummer und Name des Satelliten, Entdeckungsjahr	Durchmesser in km	Masse in kg	Dichte in g · cm <sup>-3</sup>	Bahnradius in km	Bahnneigung in Grad	Umlaufzeit in Tagen	Exzentri- tät e
<b>Saturn</b>							
3 Tethys 1684	1 060	7,55 · 10 <sup>20</sup>	1,21	294 700	1,09	1,888	0,000
13 Telesto 1980	34 · 28 · 26			294 700	1,0	1,888	0
14 Calypso 1980	34 · 22 · 22			294 700	1,0	1,888	0
4 Dione 1684	1 120	1,05 · 10 <sup>21</sup>	1,43	377 400	0,02	2,737	0,002
12 Dione B 1980	36 · 32 · 30			377 400	0	2,737	0,005
5 Rhea 1672	1 530	2,49 · 10 <sup>21</sup>	1,33	527 000	0,35	4,518	0,001
6 Titan 1655	5 150	1,35 · 10 <sup>25</sup>	1,88	1 221 900	0,33	15,945	0,029
7 Hyperion 1848	410 · 260 · 220			1 481 000	0,4	21,280	0,104
8 Iapetus 1671	1 460	1,88 · 10 <sup>21</sup>	1,15	3 560 800	14,4	79,331	0,028
11 Phoebe 1898	220			12 954 000	150	550,4	0,163
<b>Uranus</b>							
1986 U 7	40			49 700	0	0,333	0
1986 U 8	50			53 800	0	0,375	0
1986 U 9	50			59 200	0	0,433	0
1986 U 3	60			61 800	0	0,463	0
1986 U 6	60			62 700	0	0,475	0
1986 U 2	80			64 600	0	0,492	0
1986 U 1	80			66 100	0	0,513	0
1986 U 4	60			69 900	0	0,559	0
1986 U 5	60			75 300	0	0,622	0
1985 U 1	170			86 000	0	0,762	0
5 Miranda 1948	484	2,2 · 10 <sup>19</sup>	1,26	129 780	3,4	1,414	0,027
1 Ariel 1851	1 160	1,6 · 10 <sup>21</sup>	1,65	191 240	0	2,520	0,003
2 Umbriel 1851	1 190	9,3 · 10 <sup>20</sup>	1,44	265 970	0	4,144	0,005
3 Titania 1787	1 610	3,0 · 10 <sup>21</sup>	1,59	435 850	0	8,706	0,002
4 Oberon 1787	1 550	2,8 · 10 <sup>21</sup>	1,50	582 600	0	13,463	0,001
<b>Neptun</b>							
Triton 1846	2 400–3 200	3,4 · 10 <sup>22</sup>	(1,4–2,0)	355 000	160	5,877	0,00
Nereide 1949	400–700	2,8 · 10 <sup>19</sup>	(1,1–1,4)	5 562 000	28	365,2	0,75
<b>Pluto</b>							
Charon 1978	1 200	1,5 · 10 <sup>21</sup>	1,6	19 130	(94)	6,387	0,0



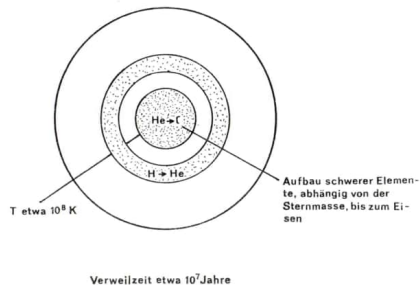
# Sternentstehung und Sternentwicklung (Folienvorschläge)



## Modell eines Hauptreihensterns

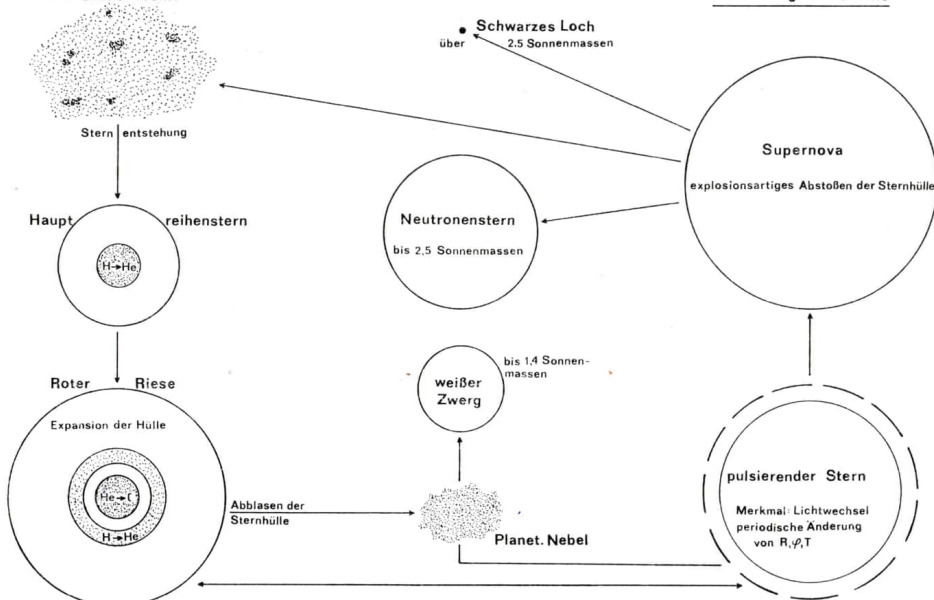


## Modell eines Riesensterns



## Gas - Staub - Wolke

## Lebensweg der Sterne



# Tafelbilder – Folien – Aufgaben

## Aufgaben für eine Leistungskontrolle mit gebundenen Antworten zur Stoffeinheit *Das Sonnensystem*

### Gruppe A

1. In welchem der genannten historischen Weltbilder nimmt die Erde eine zentrale Stellung ein?
  - a) geozentrisches Weltbild
  - b) heliozentrisches Weltbild
2. Welcher der genannten Forscher gab als erster eine physikalische Begründung für die Bewegungen der Planeten?
  - a) Copernicus
  - b) Kepler
  - c) Newton
  - d) Ziolkowski
3. Wie heißt die Dauer einer Umdrehung der Erde um ihre Achse?
  - a) Tag
  - b) Jahr
  - c) Schaltjahr
4. Ein Planet, der sich rechts von der Sonne befindet, ist
  - a) abends sichtbar.
  - b) morgens sichtbar.
  - c) die ganze Nacht hindurch sichtbar.
5. Von welchen der genannten Planeten kann die Erde beim Umlauf um die Sonne „überholt“ werden?
  - a) Merkur
  - b) Venus
  - c) Mars
  - d) Jupiter
  - e) Saturn

### Gruppe B

1. In welchem der genannten historischen Weltbilder wird die Erde als Planet betrachtet?
  - a) babylonisches Weltbild
  - b) geozentrisches Weltbild
  - c) heliozentrisches Weltbild
2. Welches der Keplerschen Gesetze handelt von den Formen der Planetenbahnen?
  - a) das 1.
  - b) das 2.
  - c) das 3.
3. Eine Astronomische Einheit (AE) ist
  - a) die Dauer eines Erdumlaufes um die Sonne.
  - b) die Zeitspanne, in der das Licht den Weg von der Sonne zur Erde zurücklegt.
  - c) die Entfernung Erde–Mond.
  - d) die Entfernung Sonne–Erde.
4. Ein Planet, der sich links von der Sonne befindet, ist
  - a) abends sichtbar.
  - b) morgens sichtbar.
  - c) die ganze Nacht hindurch sichtbar.
5. Welche der genannten Planeten haben beim Umlauf um die Sonne eine geringere Bahngeschwindigkeit als die Erde?
  - a) Merkur
  - b) Venus
  - c) Mars
  - d) Jupiter
  - e) Saturn

### Gruppe A

6. Welche der genannten Planeten zeigen im Fernrohrblick Phasen wie der Mond?
- a) Merkur
  - b) Venus
  - c) Jupiter
  - d) Saturn
7. Welcher der genannten Planeten besitzt keine feste Oberfläche?
- a) Merkur
  - b) Venus
  - c) Mars
  - d) Jupiter
8. Wovon hängt es ab, ob ein Planet eine Atmosphäre besitzt oder nicht?
- a) von der Rotationsperiode
  - b) von der Masse
  - c) von der mittleren Dichte
  - d) vom Radius
9. Die dunklen Flächen auf dem Mond sind
- a) durch Magma bzw. Lavaüberflutung entstanden.
  - b) Wasserflächen.
  - c) Gebirge.
  - d) Ebenen.
10. Wann und mit welchem Raumflugkörper begann die bemannte Raumfahrt?
- a) 1969 Apollo
  - b) 1978 Sojus
  - c) 1961 Wostok
  - d) 1957 Sputnik

### Gruppe B

6. Welcher der genannten Planeten ist in Bezug auf Radius und Oberflächengestalt dem Mond am ähnlichsten?
- a) Merkur
  - b) Erde
  - c) Jupiter
  - d) Uranus
7. Welcher der genannten Planeten besitzt keine Atmosphäre?
- a) Merkur
  - b) Venus
  - c) Erde
  - d) Saturn
8. Wodurch unterscheiden sich erdartige und jupiterartige Planeten?
- a) Masse
  - b) Rotationsperiode
  - c) Atmosphäre
  - d) Radius
  - e) mittlere Dichte
9. Wie entsteht eine Mondfinsternis?
- a) Der Schatten des Mondes fällt auf die Erde.
  - b) Der Schatten des Mondes fällt auf die Sonne.
  - c) Der Schatten der Erde fällt auf den Mond.
10. Welche der genannten Forscher arbeiteten aktiv an der Entwicklung der Raumfahrt?
- a) K. E. Ziolkowski
  - b) G. Galilei
  - c) G. Bruno
  - d) H. Oberth

Lösungen der Aufgaben Gruppe B: 1 c; 2 a; 3 d; 4 a; 5 c und d und e; 6 a; 7 a; 8 a und d und e; 9 c; 10 a und d

Lösungen der Aufgaben Gruppe A: 1 a; 2 c; 3 a; 4 b; 5 a und b; 6 a und b; 7 d; 8 b; 9 a und d; 10 c

Klaus Lindner

# Tafelbilder – Folien – Aufgaben

## Scheinbare Bewegung und Sichtbarkeit der Planeten

Tafel 1

### Scheinbare Bewegung und Sichtbarkeit der Planeten

↓  
bei Beobachtung von der Erde aus

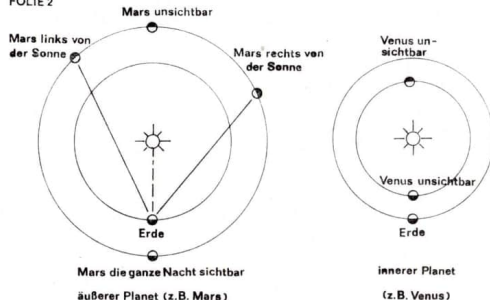
Folgerung aus dem 3. Keplerschen Gesetz:

Innere Planeten überholen zeitweilig äußere Planeten

→ dabei scheinbare Rückwärtsbewegung (Bahnschleifen)

Beispiele:	Venus	27. 12. 1989 bis	8. 2. 1990
	Mars	20. 10. 1990 bis	1. 1. 1991
	Jupiter	29. 10. 1989 bis	24. 2. 1990

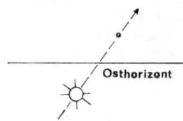
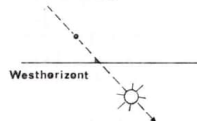
FOLIE 2



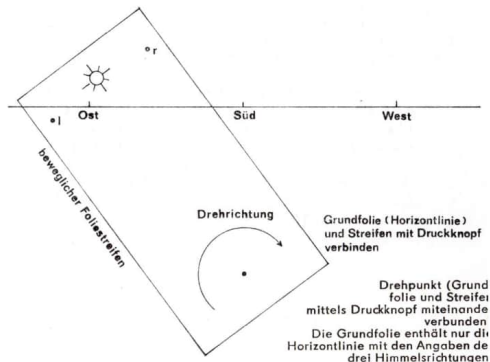
TAFEL 3

Planet links von der Sonne:  
nur abends sichtbar

Planet rechts von der Sonne:  
nur morgens sichtbar



Tafelbild 3 kann durch eine bewegliche Folie ersetzt werden:





## Methodische Hinweise

Die thematische Einheit *Scheinbare Bewegungen und Sichtbarkeit der Planeten* gliedert sich in zwei Abschnitte, die jeweils etwa 20 Minuten Unterrichtszeit beanspruchen. Beide behandeln den Anblick von der Erde aus (das Adjektiv *scheinbar* hat also, wie auch später bei der *scheinbaren Helligkeit*, keine abwertende Bedeutung).

**Scheinbare Bewegungen.** Ausgehend vom 3. *Keplerschen* Gesetz und seiner Folgerung, daß die Geschwindigkeit eines sonnenferneren Planeten kleiner als die eines sonnennäheren ist (Lehrbuch S. 29, 30 (Tabelle)) kann an Hand eines Modells (Freihandmodell, Planetenschleifengerät) oder mit Hilfe des Kassettenfilms K-F 130 die Entstehung der Planetenbahnschleifen hergeleitet werden. Die Daten im Beispiel (Tafel 1) sollten jährlich aktualisiert werden (Karteikartenbeilage in AS, Heft 3).

**Sichtbarkeit.** Die Schüler lernen in diesem Abschnitt, in welchen Stellungen relativ zu Sonne und Erde der betrachtete Planet a) gar nicht, b) abends, c) morgens und d) die ganze Nacht hindurch sichtbar ist. Dazu kann eine Folie genutzt werden (Folie 2). Sie besteht aus einer Grundfolie (Zeichnungen) und einer Deckfolie (Beschriftung). Folie 2 gibt den Anblick „von außen“ auf die Sonne und die betrachteten Planeten wieder. Der entsprechende Anblick von der Erde aus wird durch Tafel 3 bzw. die statt dessen einzusetzende bewegliche Folie vermittelt.

## Aufgaben

1. Ermitteln Sie aus der Stellung der Planeten Venus, Mars und Jupiter relativ zur Erde am ..... (Folie) Angaben über die Sichtbarkeit dieser Planeten von der Erde aus!

*Folie gemäß AS Heft 3 vorgeben! Die Lösung dieser Aufgabe ist im Beitrag „Astronomische Daten für das Schuljahr...“ enthalten.*

2. Im Lehrbuchbild 33/2 ist Mars in der Stellung M3 die ganze Nacht hindurch sichtbar. Welchen weiteren Vorteil bietet diese Stellung des Planeten gegenüber den Stellungen M1, M2 und M4 für die Beobachtung von der Erde aus?

*Geringstmögliche Entfernung, daher Einzelheiten im Fernrohr besonders gut erkennbar.*

3. Warum kann von der Erde aus die Venus niemals die ganze Nacht über beobachtet werden? Von welchem Planeten aus wäre das (theoretisch) möglich?

*Weil sie niemals einen Punkt außerhalb der Erdbahn (auf der Nachtseite der Erde) einnehmen kann. Theoretisch vom Merkur aus.*

4. Im Lehrbuchbild 33/2 sind die Durchmesser der Himmelskörper nicht maßstäblich gezeichnet. Jemand behauptet, wenn sich die Venus in der Stellung V3 befindet, könnten wir von der Erde aus eine Sonnenfinsternis beobachten. Nehmen Sie zu dieser Behauptung Stellung!

*Venus erscheint von der Erde aus viel kleiner als die Sonne und kann allenfalls als winziger schwarzer Punkt vor der Sonnenscheibe gesehen werden. Das tritt aber sehr selten ein.*

KLAUS LINDNER

# Tafelbilder – Folien – Aufgaben

## Daten zur Physik der Sterne

Zur Einführung in das Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) können zwei Folien genutzt werden:

1. Der mit halbfetten Linien eingerahmte Teil der untenstehenden Tabelle (in dem nicht eingerahmten Teil sind weiterführende Angaben zu den einzelnen Sternen sowie Lösungshinweise zu einigen Aufgaben enthalten)
2. Das HRD der in der Tabelle enthaltenen Sterne

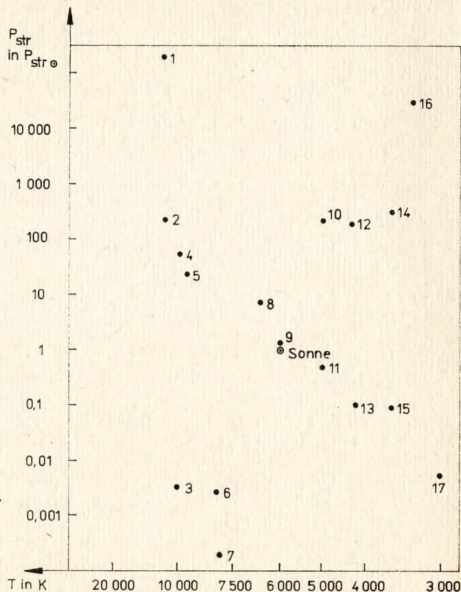
Nr.	Bezeichnung des Sterns	Photosphären-temperatur in K	Leuchtkraft in Sonnen-leuchtkr.	Radius in Sonnen-radien	Masse in Sonnen-massen
1	Rigel	11 200	$2 \cdot 10^5$	138	40
2	Zeta im Fuhrmann	11 000	220	3,5	10,2
3	40 im Eridanus	10 000	0,0035	0,0017	0,44
4	Wega	9 900	50	3,0	3,2
5	Sirius A	9 500	23	2,0	2,2
6	Sirius B	8 200	0,0027	0,02	1,0
7	van Maanens Stern	8 000	0,0002	0,01	0,3
8	Prokyon A	6 570	7,4	2,2	1,8
9	Alpha Centauri	5 800	1,3	1,2	1,0
10	Kapella	4 900	220	23	3,3
11	70 im Schlangenträger	4 900	0,51	0,89	0,78
12	Arktur	4 300	200	26	4,2
13	Xi im Bootes	4 200	0,10	0,82	0,72
14	Aldebaran	3 600	300	45	4,0
15	Eta in der Kassiopeia	3 600	0,09	0,82	0,54
16	Antares	3 300	$3 \cdot 10^4$	560	19
17	Krüger 60	3 000	0,007	0,26	0,26

### Hinweis für den Lehrer:

In der Literatur sind z. T. sehr unterschiedliche Daten für die einzelnen Sterne zu finden. Für diese Karteikarte wurden die im Lehrbuch gegebenen Werte verwendet. Quelle für weitere Daten war KAPLAN, S. A.:

Physik der Sterne. Leipzig 1980.

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ 26 (1989) 2 – Fortsetzung Rückseite



## Aufgaben:

1. Der Stern ... besitzt eine Oberflächentemperatur von ... K und eine Leuchtkraft von ... Sonnenleuchtkraften. Zeichnen Sie seinen Diagrammpunkt in ein HRD ein und ermitteln Sie daraus, zu welchem Besetzungsgebiet der Stern gehört!

**Lösung:** Hauptreihensterne: Nr. 2, 4, 5, 8, 9, 11, 13, 15, 17

Riesen: Nr. 10, 12, 14

Überriesen: Nr. 1, 16

Weißer Zwerge: Nr. 3, 6, 7

**Mögliche Erweiterungen der Aufgabe 1:**

- Vergleichen Sie den Radius und die mittlere Dichte dieses Sterns mit den entsprechenden Größen der Sonne!
  - Vergleichen Sie die Anzahl der Absorptionslinien im Spektrum dieses Sterns mit der Linienanzahl im Spektrum der Sonne!
  - Vergleichen Sie das Entwicklungsstadium dieses Sterns mit dem der Sonne!
2. Entnehmen Sie der Farbtabelle im Lehrbuch (Bild 3), welche Farben im Licht der in der Tabelle (Folie) aufgeführten Sterne vorherrschen!
3. Was können Sie mit Hilfe des HRD über die Masse des Hauptreihensterns Nr. ... aussagen? (Folie)

**Hinweis für den Lehrer:**

Füllen Sie die Leerstellen in den Aufgaben anhand der Tabelle nach eigenem Ermessen aus! Variieren Sie die Aufgaben durch Auswahl unterschiedlicher Sterne!

## Wie lange dauern die wichtigsten Stadien der Sternentwicklung?

Masse des Sterns in Sonnenmassen	ungefähre Dauer des Hauptreihenstadiums in Jahren	ungefähre Dauer des Riesenstadiums in Jahren
16	8 Mill.	2 Mill.
10	20 Mill.	4 Mill.
6	70 Mill.	20 Mill.
3	200 Mill.	70 Mill.
1,5	1,5 Mrd.	400 Mill.
1,0	10 Mrd.	4 Mrd.
0,6	15 Mrd.	?

## Aufgaben:

1. Sternhaufen sind Ansammlungen von gemeinsam entstandenen Sternen unterschiedlicher Massen.
- Welche Sterne eines Sternhaufens entwickeln sich zuerst zu Riesensternen?
  - Die Diagrammpunkte aller Sterne eines Sternhaufens befinden sich zunächst auf der Hauptreihe des HRD. Welcher Teil der Hauptreihe verändert sich infolge der Entwicklung der Sterne zuerst, d. h. welche Diagrammpunkte „wandern“ zuerst in das Gebiet der Riesensterne?

**Lösungen:** a) die massereichen Sterne

b) das „obere Ende“ der Hauptreihe, in dem sich die Diagrammpunkte der massereichen Sterne befinden.

2. Für einen Stern von einer Sonnenmasse beträgt die Dauer des Riesenstadiums etwa 40 Prozent der Dauer des Hauptreihenstadiums. Berechnen Sie eine entsprechende Angabe für einen Stern von 10 Sonnenmassen!

**Lösung:** 20 Prozent

# Zuordnung von Lichtbildern zu den Stoffeinheiten des Lehrplans (I)

Bildtitel	Dia-Reihe	Bild-Nummer	Bildtitel	Dia-Reihe	Bild-Nummer
<b>Stoffeinheit 1.1. Aufgaben und Forschungsmethoden der Astronomie</b>					
Kalendertafel	TR 96	2	Stellung des Großen Wagens am Himmel	R 1180	5
Tierkreis	TR 96	5	Der Große Wagen als Wegweiser am Sternhimmel	R 1180	6
Relief mit Sonnengott	TR 96	3	Scheinbare Winkelabstände am Himmel	R 1180	7
Turm E-temanantl	TR 96	4	Sternspuraufnahme Richtung Nord	R 1180	8
Erste Messung im Weltraum	R 658	1	Sternspuraufnahme Richtung Süd	R 1180	9
Erdmessung Eratosthenes	R 658	2	Koordinaten im Horizontsystem	R 1180	10
Messung Mondentfernung durch Hipparch	R 658	3	Unterschiedliche Sichtbarkeit der Sternbilder I	R 1180	13
Astronomische Visiereinrichtungen	TR 132	1	Unterschiedliche Sichtbarkeit der Sternbilder II	R 1180	14
Copernicus, Arbeitsstätte in Frombork	TR 96	10	Abhängigkeit der Polhöhe von der geographischen Breite	R 1180	15
Brahe, Mauerquadrant	TR 96	13	<b>Stoffeinheit 2.1. Überblick über das Sonnensystem</b>		
Fernrohr Galilei	TR 96	17	Tierkreis	TR 96	5
Fernrohr Galilei	TR 132	2	Altgriechisches Weltbild	R 823	1
Fernrohrbilder (Galilei), Sonne, Mond, Jupiter, Venus	TR 96	18	Ptolemäus (Porträt)	R 542	2
Linsenfernrohr	R 823	3	Geozentrisches Weltbild	R 542	3
Refraktor/Reflektor	TR 119	20	Geozentrisches Weltbild	TR 96	8
Refraktor/Reflektor	TR 132	3	Copernicus	TR 119	1
Kuppel 6-m-Spiegelteleskop	TR 119	10	Copernicus, Arbeitsstätte in Frombork	TR 96	10
Kuppel 6-m-Spiegelteleskop	R 823	4	Copernicus und seine Epoche	TR 96	1
K.-Schwarzschild-Observatorium, Spiegelteleskop	R 823	5	Copernicanisches Weltbild	R 823	2
Radioteleskop	TR 119	21	Heliozentrisches Weltbild	TR 96	11
Radioteleskop	R 823	6	Heliozentrisches Weltbild	TR 119	2
Radioteleskop, Ratan 600	TR 132	13	Heliozentrisches Weltbild	R 542	6
Fotometer	TR 132	10	Brahe, Mauerquadrant	TR 96	13
Sternkarte und photometrische Aufnahme	TR 132	9	Ketzerverbrennung	TR 96	16
Typische Sternspektren	TR 132	11	Fernrohr Galilei	TR 96	17
Sonnenspektrum mit Vielzahl von Absorptionslinien	R 1136	6	Fernrohrbilder Galilei (Sonne, Jupiter, Venus, Mond)	TR 96	18
Automatische Auswertung von Fotos	TR 119	23	Gesamtes Planetensystem	R 542	12
Forschungslabor	TR 119	17	Planetensystem, Überblick	R 1135	1
Astronomische Datenverarbeitung	TR 132	12	Planetensystem, Größenverhältnisse	R 1135	2
Beobachtungsmethoden der Astronomie	TR 132	8	Raumfahrttechnische Erschließung	R 1135	3
Entwicklung der Beobachtungsmethoden der Astronomie	TR 132	20	Merkur, Polgebiet	R 1135	18
Startende kosmische Rakete	TR 53	1	Venus, Erde, Mond	R 1135	4
Sputnik 1	TR 53	2	Venuspanorama (von Venera 9 und 10)	R 1135	19
Raumstation Salut 6	TR 132	19	Erde aus 9000 km Höhe	TR 119	25
Elektromagnetische Strahlung	TR 119	22	Erde mit Wolken	TR 53	7
Durchlässigkeit der Erdatmosphäre	TR 132	18	Erde aus dem Weltraum	TR 158	15
<b>Stoffeinheit 1.2. Orientierung am Sternhimmel</b>			Mars von der Erde	R 1135	20
Gradnetz der Erde und scheinbare Himmelskugel	R 1180	1	Mars aus 3500 km Höhe	R 1135	21
Erdkugel und scheinbare Himmelskugel (HK)	R 1180	2	Jupiter (s/w u. c)	R 1135	25
Die scheinbare HK in Seitenansicht	R 1180	3	Saturn mit Monden	R 1135	27
Die scheinbare tägliche Bewegung des Himmels	R 1180	4	Pluto	R 1135	28
			Jupiter, Saturn, Mond, Komet	TR 119	15
			Komet	R 1135	29



Bildtitel	Dia-Reihe	Bild- Nummer	Bildtitel	Dia-Reihe	Bild- Nummer
<b>Stoffeinheit 2.2. Planeten</b>					
Kepler, Porträt	R 542	8	Sichtbarkeit Mondphasen II (abnehmender Mond)	R 1180	12
Kepler, Porträt	TR 96	14	Mond und Erde, Größenvergleich	R 1135	5
„de revolutionibus“, Titelblatt (Kepler)	TR 96	12	Messung der Mondentfernung durch Hipparch	R 658	3
Newton, Porträt	R 542	16	Mond-Aufnahme	TR 53	22
Newton „Mathematische Prinzipien“, Titelblatt	TR 96	19	Mond, Nahaufnahme	TR 132	17
Kant, „Allgemeine Naturgeschichte“, Titelblatt	TR 132	7	Mond und DDR, Größenvergleich	R 1135	15
Sonnensystem, Entdeckung der Planeten	TR 132	4	Mond, Krater, Fernrohr-Satellit	R 1135	11
Karte Neptunentdeckung	TR 96	20	Mond, Krater, Durchmesser 10 km	R 1135	16
1. und 2. Keplersches Gesetz	TR 96	15	Mond, Mare Imbrium	R 1135	14
1. und 2. Keplersches Gesetz	TR 119	3	Mond, Landschaft um Clavius	R 823	7
Nachrichtensatellit, Bahnschema	R 1115	10	Mond, Bilder	TR 158	5
Nachrichtenübermittlung, Molnija-Satellit	TR 53	6	Mond, Boden	R 823	10
Gravitationswirkung Sonne-Erde	TR 119	16	Mond, Rückseite	TR 53	10
Entstehung der Bohnschleife nach Copernicus	R 323	9	Mond, Teil der Rückseite	R 823	11
Epizykel	TR 96	9	Mond, Schatten auf der Erde	R 1135	6
Planetensystem, Überblick	R 1135	1	Mond, zur Entstehung der Gezeiten	R 823	8
Planetensystem, Größenverhältnisse	R 1135	2	Formung der Mondoberfläche I und II	R 1135	12 u. 13
Planetensystem, Entdeckung von Planeten	TR 132	4	Reisezeiten zu entfernten Raumfahrtzielen (Mond...)	TR 158	24
Planetensystem, Raumfahrttechnische Erschließung	R 1135	3	Vollmond mit Aufschlagstelle Luna 2	TR 53	9
Merkur, Polgebiet	R 1135	18	Luna 9	TR 158	6
Venus, Panorama	R 1135	19	Mondsatellit	TR 158	7
Venus 1	TR 132	11	Luna 16	R 1115	35
Flugschema Venus 3	TR 132	12	Mondsonden, Funktionsschema	R 1115	34
Venus-Erde-Mond	R 1135	4	Lunochod 2	R 1115	36
Erde aus 9000 km Höhe	TR 119	25	Lunochod auf der Mondoberfläche	TR 158	10
Erde mit Wolken	TR 53	7	Mondlandung Apollo 11	TR 53	23
Erde aus dem Weltraum	TR 158	15	Der Mensch auf der Mondoberfläche	R 1115	33
Erde, zur Entstehung der Gezeiten	R 823	8	Der Mensch auf der Mondoberfläche mit Rover	TR 158	9
Erde, Magnetosphäre	TR 53	5	Apollo 15 vor Hadleybergen	R 1135	11
Erde, Durchlaßfähigkeit der Atmosphäre	TR 132	18	Erde am Mondhimmel	R 1135	9
Elektromagnetische Strahlung	TR 119	22	Marsmonde, Vergleich der Oberflächen	R 1135	24
Mars von der Erde aus	R 1135	20	Jupitermonde	R 1135	26
Mars aus 3500 km Höhe	R 1135	21	Saturn mit Monden	R 1135	27
Mars, Oberfläche	R 1135	22			
Mars, ehemaliger Flußlauf	R 1135	23			
Mars, Nahaufnahme	TR 132	17			
Mars, Lebensuche (Viking-Sonde)	TR 158	11			
Jupiter (s/w u. c)	R 1135	25			
Saturn mit Monden	R 1135	27			
Jupiter, Saturn, Mond, Komet	TR 119	15			
Pluto, Foto und computerbearbeitet	R 1135	28			
<b>Stoffeinheit 2.3. Mond</b>			Fortsetzung Karteikarte Heft 1, 1989		
Jupiter, Saturn, Mond, Komet	TR 119	15			
Venus, Erde, Mond	R 1135	4			
Sonne, Jupiter, Venus, Mond (Fernrohrbilder Galileis)	TR 96	18			
Sichtbarkeit Mondphasen I (zunehmender Mond)	R 1180	11			

LUISE GRAFE



# Zuordnung der Lichtbildreihen zu den Stoffeinheiten des Lehrplans (II)

Bildtitel	Dia-Reihe	Bild- Nummer	Bildtitel	Dia-Reihe	Bild- Nummer
<b>Stoffeinheit 2.4. Raumfahrt</b>					
Entwicklung der Beobachtungsmethoden	TR 132	20	Interkosmos 1	TR 53	26
Rakete auf der Startrampe	TR 53	24	Interkosmos-Kooperation	R 1115	2
Start einer kosmischen Rakete	TR 53	1	Erdsatelliten, 100– 500 km Höhe	R 1115	8
Sputnik 1	TR 53	2	Erdsatelliten, 500–1000 km Höhe	R 1115	9
Sputnik 2 (mit Laika)	TR 158	3	Nachrichtensatellit (Bahnschema)	R 1115	10
Tiere im Raumanzug (Kaninchen)	TR 158	2	Nachrichtenübermittlung der Molnija-Satelliten	TR 53	6
Raumfahrtthund	TR 53	3	Nachrichtenübertragung Kuba–SU	TR 158	13
Gagarin und Koroljow	TR 53	15	Erde aus dem Weltraum	TR 158	15
Gagarin, Porträt	TR 53	13	Erde aus 9000 km Höhe	TR 119	25
Gagarin in Raumkabine	TR 53	14	Erde mit Wolken	TR 53	7
Gagarin in Raumkabine	TR 119	24	Wettersatellit Meteor	R 1115	11
Landekapsel Gagarins	TR 53	4	Tropischer Wirbelsturm	R 1115	25
Sojus 4 und 5	TR 53	21	Hurrikan im Mikrowellenbild	R 1115	26
Kopplung Sojus 4 und 5	TR 158	17	Nutzen der Raumfahrt (Tabelle)	R 1115	1
Nikolajew und Popowitsch	TR 53	16	Kartographie aus dem Weltraum	R 1115	12
Gagarin und Tereschkowa	TR 158	4	Schema eines Ozeanerkundungssatelliten	R 1115	13
V. Tereschkowa in Raumkabine	TR 53	17	MKF 6	R 1115	14
V. Tereschkowa berichtet	TR 53	18	MKF 6, Schema	R 1115	15
Sowjetische Kosmonauten	TR 53	25	Spektralcharakteristika	R 1115	16
Leonow beim Ausstieg	TR 53	20	Süßer See, Falschfarbenfoto	R 1115	17
Aufenthalt im freien Weltraum (Schweikert)	TR 158	16	Moritzburg und Umgebung	R 1115	18
US Astronauten	TR 53	19	Moritzburg, Grauwertspreizung	R 1115	19
Saturn V auf Startrampe	TR 158	8	MKF-6-Bilder, Übersichtskarte	R 1115	20
Raumschiff, Start- und Landephase	R 1115	6	Nordufer des Baikalsees	R 1115	21
Raumschiff Sojus	TR 158	18	Selenga-Mündung	R 1115	22
Raumschiff Sojus im Weltraum	TR 158	1	Mittellauf des Wiljni	R 1115	23
Besatzung von Sojus	R 1115	3	Tokio und Umgebung	R 1115	24
Sojus-Apollo, Kopplung	R 1115	5	Waldbrände im Satellitenbild	R 1115	27
Sojus-Apollo, Pressekonferenz	R 1115	4	Waldbrandwarngerät	R 1115	32
Raumstation Salut 6	TR 132	19	Ätna, Falschfarbenbild	R 1115	28
Raumstation Salut 6, innen	R 1115	7	Vereiste Inselwelt Kanadas	R 1115	29
Raumstation Salut 6, Inneres mit S. Jähn	TR 158	19	Gebirge, Schneelandschaft	TR 158	20
Interkosmonauten mit S. Jähn	TR 158	21	Halbinsel Sinai	TR 158	14
Raumstation der 90er Jahre	TR 158	25	Gerät für Körperbehinderte	R 1115	30
Reisezeiten zu entfernten Raumfahrtzielen			Arzt Tasche	R 1115	31
(Mond, Ende Planetensystem, nächster Stern)	TR 158	24	Eindringtiefe elektromagnetischer Strahlung		
Space Shuttle auf Startrampe	TR 158	22	in Erdatmosphäre	R 1135	10
Space Shuttle, militärischer Einsatz (Möglichkeiten)	TR 158	23	Elektromagnetische Strahlung	TR 119	22
Kosmosatellit	TR 53	8	Durchlässigkeit der Erdatmosphäre	TR 132	18
			Relief mit Sonnengott	TR 96	3

Bildtitel	Dia-Reihe	Bild- Nummer	Bildtitel	Dia-Reihe	Bild- Nummer
Gravitationswirkung Sonne-Erde	TR 119	16	Fernrohrbeobachtung eines Nebels	TR 119	5
Ort unserer Sonne im Weltall	TR 119	14	Dunkelwolken vor leuchtenden Emissionsnebel	R 1136	19
Sonne mit Flecken	R 1136	1	Pferdekopfnebel, Lagunennebel, Plejaden	TR 119	12
Sonne mit Flecken, Wechsel der Polarität	R 824	6	Pferdekopfnebel	R 824	2
Sonne, Schichten und Aktivitäten	R 1136	5	Rosettennebel mit Globulen als Orte		
Sonne, Chromosphäre	R 824	7	möglicher Sternentstehung	R 1136	20
Sonne, Protuberanzen	R 1136	2	Entwicklungsweg zweier Sterne in Abhängigkeit von ihrer Masse	R 1136	24
Sonne, eruptive Protuberanz (Größenvergleich zur Erde)	R 1136	4	Stern im Riesenstadium	R 1136	22
Sonne, Eruptionen (Vergleich Erde-Mond)	R 1136	3	Veränderlicher Stern mit Lichtkurvenverlauf	R 1136	13
Sonne, Koronaaufnahme nach totaler Finsternis	R 1136	7	Krebsnebel mit Pulsar	R 1136	23
Sonne, Spektrum	R 1136	6	Entstehung eines Planetensystems aus interstellarer Gas-Staub-Wolke	R 1136	21
Sonne, Bestimmung der Parallaxe	R 658	5	Bild und HRD eines offenen (jungen) Sternhaufens	R 1136	25
<b>Stoffeinheit 3.2. Sterne</b>			Bild und HRD eines (alten) Kugelsternhaufens	R 1136	26
Beobachtungsmethoden der Astronomie	TR 132	8	<b>Stoffeinheit 3.3. Sternsysteme und Metagalaxis</b>		
Sternkarte und photographische Aufnahme	TR 132	9	Bau des Milchstraßensystems (Herschel)	TR 132	6
Sterne in der Sonnenumgebung	TR 119	4	Sternpartie in der Milchstraße	R 1136	27
Messung der Mondentfernung durch Hipparch	R 658	3	Entwicklung der Beobachtungsmethoden	TR 132	20
Erste Messung im Weltraum	R 658	1	Radioteleskop	TR 119	21
Entfernung kosmischer Objekte	TR 119	11	Radioteleskop Ratan 600	TR 132	13
Scheinbare und absolute Helligkeit	R 1136	8	Verteilung des Wasserstoffs	TR 132	14
Scheinbare und absolute Helligkeit	R 824	5	Milchstraße (Grund- und Aufriß)	R 1136	28
Scheinbare und absolute Helligkeit	R 658	9	Kugelsternhaufen	TR 119	13
Scheinbare Helligkeit und Entfernung	R 658	8	HRD und Bild Kugelsternhaufen	R 1136	26
Horizontalparallaxe	R 658	4	HRD und Bild offener Sternhaufen	R 1136	25
Bestimmung der Sonnenparallaxe	R 658	5	Ort unserer Sonne in der Galaxis	TR 119	14
Jährliche Parallaxe	R 658	6	Lokale Gruppe	TR 119	8
Jährliche Parallaxe	R 658	7	Andromedanebel	R 824	3
Sternparallaxen	R 1136	10	Andromedanebel	TR 119	9
Nachweis der Fixsternparallaxen	TR 132	5	Andromedanebel mit Randauflösung	R 1136	29
Photometer	TR 132	10	Formen von Galaxien	TR 119	6
Sternspuraufnahme Orion	R 1136	11	Spiralnebel unterschiedlicher Form	R 1136	30
Objektivprismenaufnahme	R 1136	12	Spiralnebel in den Jagdhunden	R 824	4
Typische Sternspektren	TR 152	11	Galaxienhaufen	TR 119	7
HRD als Zustandsdiagramm	R 1136	17	Galaxienhaufen in Jungfrau, Mond als Größenvergleich	R 1136	31
HRD, Zusammenhang zwischen Farbe, Spektralklasse, Temperatur	R 824	8	Galaxienhaufen, Bildmontage	R 1136	32
Durchmesser einiger Sterne	R 824	9	Unsere Erde im Weltall	R 1136	33
Bahnen eines visuellen Doppelsterns	R 1136	14	Intergalaktisches Gas (radioastronomisches Bild)	R 1136	34
Masse-Leuchtkraft-Beziehung	R 1136	15	Quasar	TR 132	15
Perioden-Helligkeits-Beziehung	R 658	10	Expansion des Weltalls (Modellvorstellung)	R 1136	35
Eigenbewegung der Sterne	R 1136	9			
Interstellare Gas- und Staubmassen	R 1136	18			
Großer Orionnebel	R 824	1			