

Astronomie

Klasse 10

Unterrichtshilfen

Unterrichtshilfen

Astronomie

Klasse 10



Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin

1988

Autoren:

Dr. Helmut Bernhard (Stoffeinheit Aufgaben und Forschungsmethoden der Astronomie, Stoffeinheit Raumfahrt, Stoffeinheit Überblick über das Sonnensystem, Stoffeinheit Sternsysteme und Metagalaxis)
Helmut Kühnhold (Beobachtungen)

Dr. Klaus Lindner (Einleitung, Stoffeinheit Die Sonne, Stoffeinheit Sterne, Stoffeinheit Sternsysteme und Metagalaxis)

Klaus Ullerich (Stoffeinheit Orientierung am Sternhimmel, Stoffeinheit Planeten, Stoffeinheit Mond)

Leiter des Autorenkollektivs: Dr. Klaus Lindner

Redaktion: Werner Golm, Bettina Rosenkranz

Unterrichtshilfen Astronomie Klasse 10 /

[Leiter des Autorenkollektivs: Klaus Lindner].

- Ausg. 1987, 2. Aufl. - Berlin : Volk u. Wissen, 1988. - 64 S. : Ill.

NE: Lindner, Klaus [Mitarb.]

ISBN 03-6-082103-8

2. Auflage

© Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1987

Lizenz-Nr. 203 · 1000/88 (DN 08 21 03-2)

Printed in the German Democratic Republic

Schrift: 9/10p Garamond, Linotype

Gesamtherstellung:

Offizin Andersen Nexö Leipzig, Betriebsteil Hildburghausen

Zeichnungen: Christa Kunz

Einband: Erika Kerschner

Typographische Gestaltung: Atelier vvw

Redaktionsschluß: 2. Februar 1988

LSV 0671

Bestell-Nr. 709 209 6

00380

Inhalt

Einleitung	4
Stoffgebiet Einführung in die Astronomie	8
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte	8
Vorschlag zur Gliederung des Stoffgebietes	10
Empfehlungen zur Gestaltung der Stoffeinheiten	11
Beobachtungen	11
Stoffeinheit Aufgaben und Forschungsmethoden der Astronomie	14
Stoffeinheit Orientierung am Sternhimmel	16
Stoffgebiet Das Sonnensystem	20
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte	20
Vorschlag zur Gliederung des Stoffgebietes	23
Empfehlungen zur Gestaltung der Stoffeinheiten	24
Beobachtungen	24
Stoffeinheit Überblick über das Sonnensystem	29
Stoffeinheit Planeten	31
Stoffeinheit Mond	37
Stoffeinheit Raumfahrt	39
Stoffgebiet Sterne, Sternsysteme, Metagalaxis	42
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte	42
Vorschlag zur Gliederung des Stoffgebietes	44
Empfehlungen zur Gestaltung der Stoffeinheiten	46
Beobachtungen	46
Stoffeinheit Die Sonne	50
Stoffeinheit Sterne	54
Stoffeinheit Sternsysteme und Metagalaxis	59

Einleitung

Im Astronomieunterricht erwerben die Schüler auf der Grundlage des Lehrplans solides und anwendungsbereites Wissen über Bewegungen, physikalische Eigenschaften, Entstehung und Entwicklung von Himmelskörpern, über Arbeitsmethoden der Astronomie, über die Raumfahrt und über die Geschichte der Astronomie. Im Zusammenhang mit der Wissensaneignung gewinnen und vertiefen sie weltanschauliche Einsichten, insbesondere über die Erkennbarkeit der Erscheinungen und Vorgänge im Weltall und über die gesetzmäßige Entwicklung im Kosmos. Es ist Aufgabe des Astronomielehrers, die Vorgaben des Lehrplans in ein methodisches Konzept umzusetzen und einen interessanten, dem Alter und der Reife der Schüler entsprechenden Astronomieunterricht zu gestalten. Dazu sollen die Unterrichtshilfen Anleitung und Unterstützung geben.

Der Lehrplan Astronomie wird von allgemeinen inhaltlichen und methodischen Prinzipien durchzogen, die jeder Lehrer kennen und berücksichtigen sollte. Dabei handelt es sich vor allem um Beiträge zur weltanschaulichen Bildung und Erziehung. Die Schüler sollen den Platz des Menschen im Weltall verstehen lernen. Entwicklung und Geschichtlichkeit als weitere, das gesamte Weltall bestimmende Prinzipien erfahren im Unterricht eine bedeutsame Ergänzung dadurch, daß auch die Historizität des Erkenntnisprozesses in der Astronomie dargestellt wird. Von besonderer Bedeutung ist dabei die copernicanische Wende. Auch die Erkennbarkeit und die Gesetzmäßigkeit des Geschehens im Weltall gehören zu den Linienführungen, die vor allem auf das Weltbild der Schüler, seine Ausformung und Weiterentwicklung, gerichtet sind. Weitere Linienführungen im Astronomieunterricht sind die Orientierung an Denk- und Arbeitsweisen der Fachwissenschaft und die durchgängige Festigung des Wissens und Könnens durch fachübergreifende Beziehungen.

Viele der im Astronomieunterricht zu erarbeitenden Begriffe sind den Schülern nicht völlig neu. Aus ihren Alltagserfahrungen und vor allem aus populärwissenschaftlicher und Jugendliteratur verfügen sie über bestimmte Kenntnisse, Vorstellungen und Einsichten zu astronomischen Sachverhalten. Der Lehrer muß jedoch damit rechnen, daß diese Vorkenntnisse (z. B. über Planeten, Sonne, Sterne) unsystematisch und von Schüler zu Schüler sehr unterschiedlich ausgeprägt sind. Zum Teil können sich auch falsche Begriffsinhalte verfestigt haben. Hier muß der Astronomieunterricht ordnen, systematisieren, ergänzen und auch korrigieren, und dies nicht nur in den ersten Stoffeinheiten.

Die enge Verbindung der Fachwissenschaft Astronomie mit der Physik, der Geographie und der Mathematik ist in den meisten Stoffeinheiten des Unterrichtsfaches Astronomie offenkundig. Darüber hinaus wird aber in bestimmten Abschnitten bei der Vermittlung von Kenntnissen über kosmische Objekte auch auf den oft komplizierten Weg der Erkenntnisgewinnung eingegangen. Dabei dienen Sachverhalte aus der Wissenschaftsgeschichte als Mittel, um den heutigen Erkenntnisstand richtig werten zu können. Das

bedeutet für die Schüler, daß auch Wissen aus dem Geschichtsunterricht in den Astronomieunterricht einfließt.

Die Unterrichtshilfen enthalten Anregungen dafür, wie den Schülern deutlich gemacht werden kann, daß die Entwicklung der Astronomie in ihrer Geschichte mit der Beantwortung weltanschaulicher Fragen nach der Stellung des Menschen im Kosmos verbunden war. Es wird gezeigt, wie im Astronomieunterricht ein für die Schüler überzeugender Nachweis des Zusammenhangs von Kosmosforschung und Raumfahrt mit gesellschaftlichen Zielsetzungen und mit der wissenschaftlich-technischen Entwicklung geführt werden kann. Die Unterrichtshilfen geben Anregung, wie der Astronomieunterricht gestaltet werden kann, damit sich die Schüler aktiv mit dem Stoff auseinandersetzen, Probleme lösen, Wissen in vielfältigen Situationen anwenden sowie fachspezifische und fachübergreifende Fähigkeiten weiterentwickeln.

Der Einbeziehung **astronomischer Schülerbeobachtungen** in den Unterrichtsprozeß wird große Aufmerksamkeit gewidmet. Damit wird der Erkenntnis Rechnung getragen, daß solides naturwissenschaftliches Wissen sowie geistige und praktische Fähigkeiten zur Anwendung dieses Wissens vor allem dann fest und dauerhaft angeeignet werden, wenn die Grundlagen der jeweiligen Naturwissenschaft mit den für sie typischen Arbeitsmethoden erarbeitet werden. Für die Astronomie ist dies vor allem die Beobachtung. Nicht zuletzt wird durch die Vermittlung der Grundlagen der Astronomie in enger Verbindung mit Himmelsbeobachtungen das Interesse der Schüler an der Astronomie und am Astronomieunterricht gefördert, insbesondere deshalb, weil der Astronomieunterricht auch über emotionale Erlebnisse und Eindrücke wirkt. Die Ästhetik einer Planetenkonstellation, eines nahen Vorüberganges des Mondes an einem hellen Planeten oder der schöne Anblick eines Sternhaufens im schwach vergrößernden Fernrohr sollte nicht gering eingeschätzt werden.

Die Abfolge der Beobachtungsaufgaben ist zum Teil von der Sichtbarkeit der Beobachtungsobjekte abhängig. Das erfordert vom Astronomielehrer eine exakte Planung, die vor Schuljahresbeginn abgeschlossen sein muß. Hinweise dazu sind der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ und dem „Kalender für Sternfreunde“ zu entnehmen.

Damit die Beobachtungen zu bleibenden Erlebnissen für die Schüler werden, sind in den Unterrichtshilfen Vorschläge zu deren inhaltlicher und organisatorischer Gestaltung, zur Protokollierung sowie zur Einbeziehung von Beobachtungsergebnissen in den Unterrichtsverlauf enthalten.

Die Unterrichtshilfen sind wie der Lehrplan in drei Stoffgebiete gegliedert:-

Einführung in die Astronomie;

Das Sonnensystem;

Sterne, Sternsysteme, Metagalaxis.

Innerhalb der Stoffgebiete erfolgt eine weitere Untergliederung in Stoffeinheiten. Zu den Stoffgebieten werden jeweils wichtige Aspekte für die inhaltliche Schwerpunktsetzung und die methodische Behandlung des Unterrichtsstoffes erläutert. Diese Vorbemerkungen sollen den Astronomielehrern bei der Lehrplaninterpretation helfen und sie befähigen, wesentliche Ziele des Astronomieunterrichts, die im Stoffgebiet zu realisieren sind, zu erfassen.

Die **Vorschläge zur Gliederung des Stoffgebietes** geben einen Überblick, wie der Unterrichtsstoff logisch sinnvoll aufgeteilt werden kann. In ihnen werden in übersichtlicher Form die Themen und die inhaltlichen Schwerpunkte der Stoffeinheiten sowie die erforderlichen Vorleistungen aus anderen Unterrichtsfächern dargestellt. In der Spalte „Stoffeinheiten, thematische Einheiten“ sind die einzuführenden wichtigen Begriffe, Größen und Ereignisse kursiv aufgeführt.

In den Empfehlungen zur Gestaltung der Stoffeinheiten sind die Ziele des Unterrichts und die benötigten Unterrichtsmittel aufgeführt. Es ist zu beachten, daß die Ziele

innerhalb der Stoffeinheiten nicht nach der Reihenfolge der ihnen entsprechenden Angaben im Lehrplan geordnet sind, sondern nach ihrer Bedeutsamkeit für die Zielsetzung des gesamten Astronomieunterrichts. Diese Angaben sollen ein vertieftes Verständnis für das Anliegen des Lehrplans bewirken. Die darauf folgenden *Schwerpunkte und Hinweise zur Unterrichtsgestaltung* machen auf fachliche und methodische Besonderheiten, auf den Einsatz spezieller Unterrichtsmittel und auf mögliche Varianten der Unterrichtsgestaltung aufmerksam.

Die verbindlichen **Beobachtungsaufgaben** sind auf drei Beobachtungsstunden aufgeteilt, die jeweils am Anfang der betreffenden Stoffgebiete eingeordnet wurden. Damit wird darauf orientiert, die Beobachtungen vor der Behandlung der entsprechenden Thematik im Unterricht zu absolvieren. Diese Variante ist zu bevorzugen, da dann die Beobachtungsergebnisse für die Arbeit im nachfolgenden Unterricht zur Verfügung stehen. Es werden aber auch Hinweise gegeben, wie verfahren werden kann, wenn die Beobachtungen erst nach der Behandlung der betreffenden Objekte und Erscheinungen im Unterricht erfolgen. Da sich die Beobachtungsstunden inhaltlich, methodisch und organisatorisch erheblich vom sonstigen Unterricht im Fachunterrichtsraum unterscheiden, sind sie in den Unterrichtshilfen mit größerer Ausführlichkeit dargestellt. Für jede Beobachtungsstunde werden die Ziele und die benötigten Unterrichtsmittel angegeben; ein Vorschlag für den Verlauf der Stunde ist in Form einer übersichtlichen Tabelle ausgeführt. Zu den einzelnen Abschnitten der Beobachtungsstunde werden im Anschluß an diese Tabelle methodische und organisatorische Erläuterungen gegeben.

Die Beobachtungsergebnisse sollen für die Auswertung im Unterricht reproduzierbar sein. Deshalb ist es notwendig, die Beobachtungsergebnisse zu protokollieren. Wegen der Schwierigkeiten, die unter den Bedingungen einer Beobachtung am Fernrohr bei der Niederschrift des Protokolls entstehen können, sollte der Inhalt des Protokolls auf wesentliche Skizzen und Daten beschränkt werden. Es ist empfehlenswert, daß die Schüler vorbereitete Protokollblätter benutzen (LB, S. 86). Zu jeder Beobachtungsaufgabe gehören Vorbereitungen und Auswertungen, die im Unterricht oder als Hausaufgaben angefertigt werden können.

Während der Beobachtungsveranstaltungen im Klassenverband sollen vorwiegend Beobachtungen zur Orientierung am Sternhimmel und Beobachtungen, für die das Fernrohr erforderlich ist, durchgeführt werden. Beobachtungen, die ohne Fernrohr möglich sind, können, um das im Klassenverband zu bewältigende Beobachtungsprogramm zu entlasten, den Schülern als Hausaufgaben erteilt werden. Deshalb enthält das Beobachtungsprogramm in den Unterrichtshilfen auch Vorschläge für Hausbeobachtungen. Damit auch die Ergebnisse solcher Beobachtungen rechtzeitig zur Motivierung des Lernens sowie zur Gewinnung und Festigung von Kenntnissen bereitstehen, ist eine langfristige Vorbereitung der Schüler auf die Himmelsbeobachtungen unerlässlich. Diese ist eine wichtige Aufgabe für den Astronomielehrer.

Den Schülern wird mitgeteilt, daß alle Beobachtungen (sowohl die Hausbeobachtungen als auch die Beobachtungen im Klassenverband) Bestandteile des Unterrichts sind, und daß sie im allgemeinen am Abend oder morgens vor Unterrichtsbeginn durchgeführt werden können.

Alle Beobachtungsstunden sollen nach Möglichkeit vom gleichen Beobachtungsplatz aus durchgeführt werden. Die gleiche Horizontsilhouette ermöglicht den Schülern, Veränderungen an der Himmelskugel bewußter wahrzunehmen.

Ein ganz wesentliches Unterrichtsmittel ist das Lehrbuch. Es kann im Astronomieunterricht zur Erarbeitung des Stoffes eingesetzt werden, und zwar sowohl zur Unterstützung eines Lehrervortrages oder eines Unterrichtsgesprächs als auch zur selbständigen Erarbeitung von Fakten und Zusammenhängen durch die Schüler. Einzelne Textpassagen oder Abbildungen im Lehrbuch können zur Grundlage einer Diskussion gemacht wer-

den, in der die Schüler ihr Wissen erweitern und vertiefen. Da das Lehrbuch sowohl dem Text direkt zugeordnete Aufgaben als auch Aufgaben zur Wiederholung und Übung enthält, kann es der Lehrer als Grundlage für abwechslungsreiche selbständige Schülertätigkeiten nutzen. Auch die Beobachtungsaufgaben sind im Lehrbuch vollständig formuliert, so daß sich die Schüler mit seiner Hilfe auf die obligatorischen Beobachtungen im Klassenverband und auf die Beobachtungs-Hausaufgaben vorbereiten können. In den Hinweisen zur Unterrichtsgestaltung in den Unterrichtshilfen wird vorausgesetzt, daß der Astronomielehrer diese Einsatzmöglichkeiten des Lehrbuches kennt und selbständig zu nutzen vermag.

Folgende Abkürzungen werden in den Unterrichtshilfen verwendet:

A	Astronomie
AT	Anschauungstafel
BA	Beobachtungsaufgabe
Bio	Biologie
BM	Bildmappe „Ausgewählte astronomische Objekte“
Fo	Folie
Geo	Geographie
G	Geschichte
K-F	Kassettenfilm
LB	Lehrbuch
Ma	Mathematik
Ph	Physik
R	Lichtbildreihe
T-F	Tonfilm
TR	Tonbildreihe
WK	Wandkarte

Anschauungstafeln und Folien sind mit eindeutigen Kurzbezeichnungen benannt.

Ziele und inhaltliche Schwerpunkte

Im Stoffgebiet „Einführung in die Astronomie“ werden die Schüler mit dem für sie neuen Unterrichtsfach **Astronomie**, mit seinen wesentlichen Inhalten und mit seinen Besonderheiten bekannt gemacht. Sie erfahren, daß sie in einem relativ begrenzten Zeitraum (25 Unterrichtsstunden im Klassenraum und 3 Beobachtungsstunden) Wissen und Können über einen Gegenstand erwerben sollen, über den sie in den Klassen 1 bis 9 noch nicht unterrichtet worden sind, von dem sie aber in der Regel bereits Teilkenntnisse besitzen. Diese Kenntnisse zu systematisieren, zu koordinieren und mit neuem Wissen zu verbinden ist eine wichtige Aufgabe des Astronomieunterrichts im Verlaufe des gesamten Schuljahres.

Die Art und Weise, wie die Schüler mit dem neuen Fach **Astronomie** bekannt gemacht werden, entscheidet sehr wesentlich über den Erfolg des Astronomieunterrichts überhaupt. Der Einsatz vielfältiger didaktischer und methodischer Mittel, eine problemhafte Gestaltung des Unterrichts und eine für die Schüler überschaubare Gliederung und Schwerpunktbildung wecken das Interesse und erhalten es. Die Ankündigung gemeinsamer Beobachtungen mit dem Schulfernrohr macht auf einen besonderen Aspekt des Astronomieunterrichts aufmerksam. Der Gegenstand der **Astronomie** sowie wichtige Aufgaben und Forschungsmethoden dieser Wissenschaft bilden Schwerpunkte der ersten Stoffeinheit des Stoffgebietes „Einführung in die Astronomie“. Dabei wird besonders auf die Beobachtung mit dem Fernrohr eingegangen. Ferner erwerben die Schüler Fähigkeiten zur Orientierung am Sternhimmel und zur Arbeit mit der drehbaren Sternkarte. Ihnen soll die Bedeutung der **Astronomie** für die Gesellschaft und das praktische Leben bewußt werden. Sie sollen begreifen, daß der astronomischen Forschung immer leistungsfähigere Geräte zur Verfügung gestellt werden, wodurch die Astronomen in der Lage sind, Vorgänge im Weltall immer besser zu erforschen.

In der Stoffeinheit „Aufgaben und Forschungsmethoden der **Astronomie**“ werden insbesondere Aufgaben der **Astronomie** in Vergangenheit und Gegenwart erörtert; es wird auf einige gesellschaftliche Ursachen eingegangen, die zur Entstehung der **Astronomie** führten. Damit erhalten die Schüler einen ersten Einblick in die historische Entwicklung unserer Vorstellungen vom Weltall. Bei der Darstellung der Beziehungen der **Astronomie** zu anderen Wissenschaften werden sie angeleitet, ihr Wissen aus anderen Fächern, insbesondere aus der **Mathematik** und der **Physik**, für die Aneignung astronomischer Kenntnisse zu nutzen. Die Fähigkeit dazu brauchen sie auch in den folgenden Stoffgebieten immer wieder. Der integrative Aspekt des Astronomieunterrichts wird an dieser Stelle den Schülern erstmals bewußtgemacht.

Die Behandlung von Forschungsmethoden der **Astronomie** konzentriert sich auf die astronomische Beobachtung. Die Schüler vertiefen ihr Wissen vom Aufbau und von der Wirkungsweise des Linsenfernrohres und lernen die Leistungsfähigkeit astronomischer

Fernrohre kennen. Außerdem wird auf die Erweiterung der Beobachtungsmöglichkeiten durch Anwendung der Fotografie, durch den Einsatz radioastronomischer Instrumente und durch die Raumfahrt hingewiesen.

Die Stoffeinheit „Orientierung am Sternhimmel“ soll in engem Zusammenhang mit der Lösung der Beobachtungsaufgaben 1 und 2 behandelt werden. In den Hinweisen zur Unterrichtsgestaltung wird davon ausgegangen, daß die Lösung der Beobachtungsaufgaben 1 bis 3 diesen Stunden unmittelbar vorangeht (Variante A). Der Unterricht dient dann der theoretischen Durchdringung sowie der Festigung der während der Beobachtung erworbenen Kenntnisse.

Wenn zu Beginn des Schuljahres keine Möglichkeiten zur Durchführung der Himmelsbeobachtungen gegeben sind, kann nach der Behandlung der Stoffeinheit „Aufgaben und Forschungsmethoden der Astronomie“ mit der Behandlung des Stoffgebietes „Das Sonnensystem“ begonnen werden. Die Behandlung des Stoffgebietes „Einführung in die Astronomie“ und die Durchführung der zugehörigen Beobachtungen ist jedoch noch vor der Behandlung der Stoffeinheit „Mond“ abzuschließen. Wird diese Möglichkeit in Anspruch genommen, so muß an einigen Stellen des Unterrichtsprozesses anders vorgegangen werden. Das ist in den entsprechenden Hinweisen als Variante gekennzeichnet. Die Stoffeinheit „Orientierung am Sternhimmel“ dient sowohl der Vermittlung von Kenntnissen als auch der Fähigkeitsentwicklung. Ihre Ziele lassen sich sowohl inhaltlich als auch vom zeitlichen Umfang her nur im engen Zusammenhang mit der Beobachtungsstunde 1 erfüllen. Die Schüler lernen, sich am Sternhimmel zu orientieren und sich dabei der drehbaren Sternkarte zu bedienen. Mittels einer Vielzahl von geistig-praktischen Tätigkeiten und mittels methodisch durchdachter Hilfen werden sie befähigt, ihre Beobachtungen mit dem theoretischen Unterricht zu verbinden, z. B. durch das Aufsuchen beobachteter Objekte auf der drehbaren Sternkarte und das Aufsuchen von Objekten am Sternhimmel anhand der Koordinaten.

Die Schüler lernen, daß Sternbilder eine Groborientierung am Himmel ermöglichen; sie erkennen die Notwendigkeit von genaueren Angaben des Gestirnsortes mit Hilfe von Koordinaten. Das Lehrbuch orientiert dazu auf das Horizontsystem, in dem die Orientierung der Schüler am Sternhimmel auf einem der Allgemeinbildung entsprechenden Niveau erfolgt.

Bei der Erarbeitung astronomischer Koordinaten knüpfen die Schüler an ihre Kenntnisse aus der Geographie (Gradnetz der Erde) an und wenden ihre mathematischen Kenntnisse (Koordinatensysteme, Winkelmessung) auf einen astronomischen Sachverhalt an. Ausbildung und Anwendung dieser Fähigkeiten spielen bei der astronomischen Beobachtung eine wichtige Rolle. Die Fähigkeit, sich am Himmel mit Hilfe der drehbaren Sternkarte zu orientieren, sollte bei allen Beobachtungen geschult werden.

Am Beispiel der Rotation der Erde erkennen die Schüler, daß Wesen und Erscheinung eines Sachverhaltes nicht identisch sind. Bei der Beobachtung der scheinbaren täglichen Bewegung des Sternhimmels als Ergebnis der Teilnahme des Beobachters an der wahren Bewegung der Erde vertiefen sie ihre Vorstellungen über die Position der Erde im Weltall.

Vorschlag zur Gliederung des Stoffgebietes

Stoffeinheiten thematische Einheiten	Vorleistungen zu reaktivierendes Wissen
Beobachtungen (1 Stunde)	
BA 1 Sterne und Sternbilder BA 2 Die scheinbare Bewegung der Himmelskugel BA 3 Astronomische Koordinaten	Rotation der Erde (Geo 5, 7) Gradnetz der Erde (Geo 7) Aufbau der Erdatmosphäre (Geo 9)
Stoffeinheit Aufgaben und Forschungsmethoden der Astronomie (2 Stunden)	
Entstehung und Aufgaben der Astronomie Gegenstand und Arbeitsgebiete der Astronomie Entstehung der Astronomie, ihre Aufgaben im Altertum; einige Aufgaben der modernen Astronomie <i>Astronomie</i> <i>Astrophysik</i> Methoden zur Erforschung des Weltalls Beobachtung Einsatz des Fernrohrs Fotografie Erweiterung der Beobachtungsmöglichkeiten durch Anwendung radioastronomischer Instrumente und Raumfahrt	Aufbau der Erdatmosphäre (Geo-9) Fernrohr (Ph 6)
Stoffeinheit Orientierung am Sternhimmel (2 Stunden)	
Orientierung (Grundlagen) Scheinbare Himmelskugel Sternbilder, scheinbare Bewegung des Sternhimmels Horizontsystem <i>Scheinbare Himmelskugel</i> <i>Horizont, Himmelspol</i> <i>Himmelsäquator, Sternbild</i> Orientierung (Drehbare Sternkarte) Drehbare Sternkarte	Rotation der Erde (Geo 5, 7) Gradnetz der Erde (Geo 7)

Empfehlungen zur Gestaltung der Stoffeinheiten

Beobachtungen

1 Stunde

Ziele

Die Schüler

- kennen wichtige Sternbilder und einige helle Sterne und wissen, daß eine Orientierung am Sternhimmel möglich ist;
- wissen, daß ein Sternort an der scheinbaren Himmelskugel durch Koordinaten angegeben werden kann;
- können die Haupthimmelsrichtungen mit Hilfe der Sterne bestimmen;
- erkennen die Bewegung der scheinbaren Himmelskugel als Widerspiegelung der Erdrotation.

Unterrichtsmittel

Schulfernrohr

Stablampe

Schüler: Lehrbuch, Protokollblatt (mit zwei Umrissen und der Tabelle zur BA 3), Bleistift, Taschenlampe, drehbare Sternkarte (nur für Variante B), Uhr

Schwerpunkte und Hinweise zur Unterrichtsgestaltung

Vorschlag für einen Stundenverlauf (Variante A)

Stundengliederung	Tätigkeiten des Lehrers und der Schüler
Verhaltensregeln am Beobachtungsort	Hinweis: Bewährungssituation für das Klassenkollektiv, Erteilen von Hinweisen zur Benutzung des Fernrohrs: Sicherheitsabstand zum beobachtenden Schüler beachten, Okular nicht anhauchen, Fernrohr nicht anfassen!
(1) BA 2: Die scheinbare Bewegung der Himmelskugel BA 2/1 BA 2/2	Einführen wichtiger Begriffe (scheinbare Himmelskugel, Horizont, Zenit) Skizzieren von Konturen am Horizont Aufsuchen eines hellen Sterns (oder Sternbildes) Aufsuchen, Skizzieren des Beobachtungsergebnisses
(2) BA 1: Sterne und Sternbilder BA 1/1 BA 1/2 BA 1/3 BA 1/4	Aufsuchen von Sternbildern und Einzelsternen an der scheinbaren Himmelskugel Skizzieren von Beobachtungsergebnissen Formulieren der Erkenntnis

Stundengliederung	Tätigkeiten des Lehrers und der Schüler
(3) Beobachtung eines auffallenden Himmelsobjekts mit dem Fernrohr	
(4) BA 3: Astronomische Koordinaten BA 3/1	Beschreiben der Ortsbestimmung von Sternen mit Hilfe von Koordinaten (Horizontsystem) Schätzen der Horizontkoordinaten von drei Sternen Eintragen der Werte in die Tabelle Formulieren der Erkenntnis
(5) BA 2: Die scheinbare Bewegung der Himmelskugel BA 2/3 BA 2/4	Bestimmen der Himmelsrichtungen Wiederaufsuchen eines hellen Sterns (oder Sternbildes) (vgl. LB BA 2/1) Vergleichen der Sternörter und Festlegen der Ortsveränderung Skizzieren des Beobachtungsergebnisses Formulieren der Erkenntnis

Erläuterungen zum Stundenverlauf (Variante A)

Hinweise: Bei der Planung der 1. Beobachtungsstunde ist die Festlegung im Lehrplan zu beachten, daß eine enge Bindung von Beobachtung und der Behandlung der Stoffeinheit „Orientierung am Sternhimmel“ erreicht werden soll.

Da die Beobachtungsmöglichkeiten im September durch die Sommerzeit sehr eingeschränkt sind, wird empfohlen, die Beobachtung und die Behandlung der Stoffeinheit „Orientierung am Sternhimmel“ in die ersten Wochen des Monats Oktober zu verschieben (vgl. Lehrplan: Hinweise zur methodisch-organisatorischen Gestaltung des Unterrichts).

Die Wahl der Variante A bietet Möglichkeiten einer emotionalen Gestaltung des Ablaufs. Bei ihr lernen die Schüler die scheinbare Himmelskugel *vor* der Behandlung der drehbaren Sternkarte kennen. Ihnen sollte auch die Möglichkeit geboten werden, ein attraktives Himmelsobjekt durch das Fernrohr zu beobachten. Um eine Überforderung der Schüler zu vermeiden, wird auf die Koordinatenmessung (BA 3/2 und BA 3/3) verzichtet, beide Teilaufgaben werden zu Beginn der 2. Beobachtungsstunde gelöst. Die Koordinatenmessungen können auch als Tagesbeobachtungen absolviert werden (Sonne, Venus u. ä.).

(1) Die Begriffe *scheinbare Himmelskugel*, *Horizont* und *Zenit* werden erläutert.

Die Schüler lösen BA 2/1–BA 2/2 am Anfang der Stunde, um am Ende die Veränderungen des Sternortes eindeutig feststellen zu können. BA 2/1 und BA 2/2 können in Gruppenarbeit gelöst werden: Eine Schülergruppe beobachtet den Osthimmel, die zweite den Westhimmel. Die Südrichtung sollte bereits vor Beginn der Beobachtungsstunde im Gelände markiert sein, um eine Groborientierung zu ermöglichen.

(2) BA 1: Die Leitlinien zum Auffinden des Polarsterns, der Nordrichtung und des Sternbildes Kassiopeia werden eingeprägt (Bild 1). Die Einbeziehung von Sternsagen ist möglich.

Im Zusammenhang mit der Festlegung des Ortes des Polarsterns werden die Begriffe *Himmelsäquator* und *Himmelspol* eingeführt. Die Beziehung zum Nordpol der Erde und dem Erdäquator werden den Schülern erläutert (Abstand: 90°).

(3) Aufbau und Funktionsweise des astronomischen Fernrohrs sind aus dem Physikunterricht (Klasse 6) bekannt. Die Aufmerksamkeit wird auf Besonderheiten gelenkt:

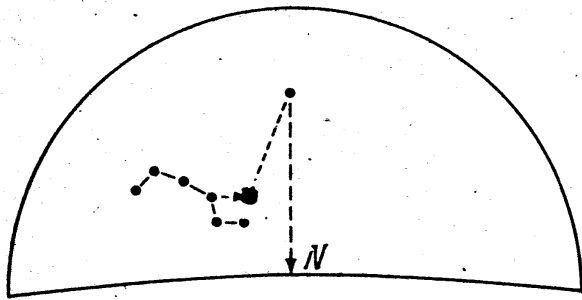


Bild 1

wichtige Teile des Fernrohrs, Vergrößerungsmöglichkeiten, aufrechtes Bild bei Verwendung des Okularrevolvers.

(4) Wir folgen der im Lehrplan gegebenen Empfehlung, die Koordinaten des Horizontsystems zur Festlegung eines Sternortes zu nutzen. Unter Verwendung der Begriffe *Horizont* und *Zenit* (vgl. BA 2/1) wird das Prinzip der Messung auf der Grundlage der Koordinaten Azimut a und Höhe b erklärt.

Der kurze Lehrervortrag wird vom Demonstrieren der Winkelmessung mit dem Beobachtungsgerät (Teilkreise) begleitet.

Es ist zu erwarten, daß den Schülern beim Schätzen der Höhe erhebliche Fehler unterlaufen (die Schätzwerte liegen höher als die Meßwerte).

(5) Für die Bestimmung der Himmelsrichtungen wurde der Nordpunkt (Horizontskizze zu BA 1/2) festgelegt. Außerdem wurde die Südrichtung im Gelände markiert. Nachdem die Schüler verschiedene Bereiche des Sternhimmels beobachtet haben, werden die Beobachtungsergebnisse verglichen (Bild 2).

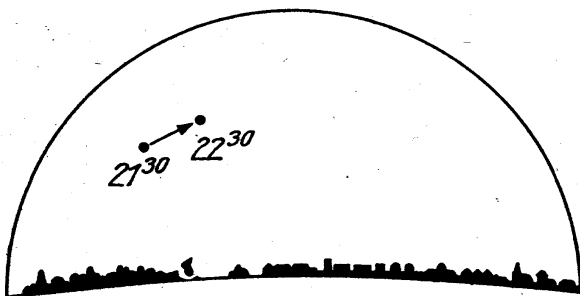


Bild 2

Beim Auswerten der Beobachtungen ist die Beziehung zur BA 3 unbedingt bewußt zu machen: die Horizontkoordinaten sind zeitabhängig und ändern sich deshalb kontinuierlich.

Erläuterungen zum Stundenverlauf (Variante B)

Die Beobachtungsaufgaben können in der gleichen Reihenfolge wie in Variante A absolviert werden.

Abweichungen zum Stundenverlauf gegenüber Variante A:

(1) BA 2/1, BA 2/2: Die Begriffe *scheinbare Himmelskugel*, *Horizont* und *Zenit* sind aus dem vorlaufenden Unterricht bekannt und werden angewendet.

(2) BA 1: Die vorbereitenden Aufgaben (1 bis 4) wurden bereits im Unterricht gelöst. Während der Beobachtung erfolgt die Kontrolle der Ergebnisse.

(3) Entfällt.

(4) BA 3 wird vollständig gelöst (BA 3/1; BA 3/2; BA 3/3): (siehe Tabelle S. 14)

Die Messung der Höhe des Polarsterns kann mit Hilfe eines (oder mehrerer) selbstgefertigter Pendelquadranten erfolgen. In diesem Fall ist die Messung mindestens dreimal zu wiederholen und der Mittelwert (oder der Mittelwert von Messungen mehrerer Schüler) zu bilden. Die Einstellung des Beobachtungsgerätes muß vor dem Beginn der Beobachtungstunde erfolgen (Dosenlibelle, Azimut: Süden = 0°), damit ein zügiger Ablauf der Messungen ermöglicht wird.

Stundengliederung	Tätigkeiten des Lehrers und der Schüler
BA 3/1 BA 3/2	Vgl. Variante A Messen der Horizontkoordinaten eines hellen Sterns Protokollieren des Beobachtungsergebnisses (Tabelle) Vergleichen der Meß- und Schätzwerte
BA 3/3	Messen der Höhe des Polarsterns Protokollieren des Beobachtungsergebnisses

Die geographische Breite des Beobachtungsortes ist aus dem Unterricht bekannt; durch Messung erfolgt die Bestätigung der Beziehung zwischen Polhöhe und geographischer Breite.

(5) Die Lösung der BA 2/3 und 2/4 erfolgt am Ende der Beobachtungsstunde. Die Auswertung erfolgt unmittelbar nach der Fixierung des Beobachtungsergebnisses.

Stoffeinheit

Aufgaben und Forschungsmethoden der Astronomie

2 Stunden

Ziele

Die Schüler

- kennen den Gegenstand und wichtige Aufgaben der Astronomie in Vergangenheit und Gegenwart;
- kennen die Bedeutung der Beobachtung für die astronomische Forschung und die Rolle des Fernrohres in der astronomischen Beobachtung;
- kennen den Aufbau und die Wirkungsweise des Linsenfernrohres;
- besitzen Kenntnisse, wodurch die Beobachtungsmöglichkeiten in der Astronomie erweitert wurden.

Die Schüler gelangen zu ersten Einsichten, daß durch die Entwicklung der Technik den Astronomen immer leistungsfähigere Beobachtungsgeräte und Forschungstechnik zur Verfügung gestellt werden konnte.

Unterrichtsmittel

BM

Lichtbilder aus verschiedenen Lichtbildreihen für das Fach Astronomie

Schulfernrohr

Fo: Aufbau und Funktion des astronomischen Fernrohres

Schwerpunkte und Hinweise zur Unterrichtsgestaltung

Entstehung und Aufgaben der Astronomie. Zu Unterrichtsbeginn sollte auf einige organisatorische Fragen eingegangen werden, die mit der Einführung des neuen Faches verbunden sind. Dazu gehören z. B. Hinweise, daß im Astronomieunterricht obligatorische

Beobachtungsabende stattfinden oder – sofern geplant – ein Planetariumsbesuch vorgesehen ist. Bereits diese Informationen können die Schüler für das Unterrichtsfach motivieren. Ferner werden notwendige Arbeitsmittel für den theoretischen Unterricht und für die Beobachtungen genannt. Hier sollten auch schon die Beobachtungsaufgaben 5 und 6 erteilt werden, damit die Schüler langfristig arbeiten können.

Um die Schüler für den Gegenstand des Faches zu interessieren, ist in der Einführungsstunde eine wirkungsvolle Motivation erforderlich. Das Nennen von aktuellen Beispielen aus der astronomischen Forschung, z. B. die Entdeckung eines Kometen oder einer Nova, die Erkundung der Planeten und ihrer Satelliten mittels Raumsonden oder der Start eines Raumflugkörpers, soll bei den Schülern Neugierde für den Astronomieunterricht wecken.

In das motivierende Gespräch sind möglichst Bildbetrachtungen einzubeziehen. Die Definition für das Wort *Astronomie* wird erarbeitet.

Mit der Fragestellung „Was erforscht die Astronomie, und welche Aufgaben hat sie?“ kann den Schülern die Zielstellung der Unterrichtsstunde genannt werden. Zunächst wird erarbeitet, daß die Astronomie zu den ältesten Naturwissenschaften zählt, und warum sich die Menschen bereits im Altertum mit der Astronomie beschäftigten. Dabei ist an Beispielen herauszuarbeiten, daß vor allem praktische, aber auch religiöse Bedürfnisse und Erkenntnisinteressen der Menschen zur Herausbildung der Astronomie führten. Es sollte deutlich werden, warum man in der damaligen Zeit die Gestirne als machtvolle Gottheiten verehrte.

Der Lehrer weist darauf hin, daß die Astronomie im Verlaufe der Menschheitsgeschichte ein immer tieferes und umfangreicheres Wissen sammelte. Er nennt den Gegenstand und einige wichtige Arbeitsgebiete der modernen Astronomie, z. B. die Himmelsmechanik und die Astrophysik. Die Schüler sollen erkennen, daß die Erforschung kosmischer Strukturen und kosmischer Entwicklungsprozesse heute im Blickpunkt der astronomischen Forschung steht. Im Unterrichtsgespräch wird erörtert, warum dabei die Astronomie mit anderen Wissenschaften zusammenarbeitet und deren Arbeitsmethoden anwendet. Der Lehrer sollte darauf hinweisen, daß Erkenntnisse der modernen Astronomie das wissenschaftliche Bild der Menschen von der Welt erweitern und vertiefen.

Methoden zur Erforschung des Weltalls. Inhaltliche Schwerpunkte sind die Beobachtung als wichtige Forschungsmethode in der Astronomie und der Einsatz des Fernrohrs in der astronomischen Forschung.

Es kann von der Frage ausgegangen werden, warum die Beobachtung eine wichtige Methode zur Erkenntnisgewinnung in der Astronomie ist. Wenn es die Bedingungen zulassen, kann diese Fragestellung auch mit einer ersten Fernrohrbeobachtung (Sonnenoberfläche) als wichtigem Mittel zur Motivierung der Schüler verbunden werden. Dabei sollte der Überlegung nachgegangen werden, worin der Unterschied zwischen Experiment und Beobachtung besteht.

Der Lehrer erläutert, weshalb die Beobachtung Ausgangspunkt und Prüfstein der Erkenntnisgewinnung in der Astronomie ist und welche Bedeutung theoretische Untersuchungen sowie erkannte Naturgesetze für die Erklärung von Beobachtungsdaten haben. In diesem Zusammenhang sollte auf Beobachtungen im Astronomieunterricht zum Zwecke der Aneignung von Erkenntnissen über das Weltall hingewiesen werden. Der Einsatz technischer Hilfsmittel bei astronomischen Beobachtungen wird vor allem am Beispiel des Fernrohrs erläutert. Es soll beschrieben werden, wie sich durch die Anwendung des Fernrohrs die Beobachtungsmöglichkeiten in der astronomischen Forschung erweiterten. Auf die erste Himmelsbeobachtung mittels Fernrohr durch Galilei und andere Gelehrte kann hingewiesen werden. Der Aufbau des Linsenfernrohrs ist zu beschreiben; seine Wirkungsweise wird erklärt. Das Schulfernrohr ist vorzustellen. Dabei reaktivieren die Schüler ihre im Physikunterricht der Klasse 6 erworbenen Kenntnisse

über das Fernrohr. Die Leistungsfähigkeit des Schulfernrohrs wird mit der größerer Fernrohre verglichen. Auf das Spiegelfernrohr ist hinzuweisen, aber dessen Wirkungsweise wird nicht erörtert.

An der Anwendung der Fotografie in der astronomischen Forschung läßt sich die Weiterentwicklung der Beobachtungsmöglichkeiten verdeutlichen. Dabei können Himmelfotos gezeigt werden, die im fakultativen Kurs „Astronomie und Raumfahrt“ angefertigt wurden.

Anschließend erhalten die Schüler ersten Einblick, wie sich durch die Entwicklung der Technik die Beobachtungsmöglichkeiten in der Astronomie ständig erweitern. Der Einsatz von Radioteleskopen und der Raumfahrttechnik in der astronomischen Forschung und die damit verbundenen größeren Erkenntnismöglichkeiten sollten mit Hilfe einiger konkreter Beispiele und mittels Abbildungen beschrieben werden. In diesem Zusammenhang erfahren die Schüler, warum die Erdatmosphäre ein Forschungshindernis ist. Dabei reaktivieren sie ihre im Geographieunterricht der Klasse 9 erworbenen Kenntnisse über den Aufbau der Erdatmosphäre und erläutern an Beispielen die Beobachtungsmöglichkeiten durch das Fernrohr, die Fotografie und die Raumfahrt.

Hilfsmittel zur Beobachtung

<i>Geräte</i>	<i>Beobachtungsmöglichkeiten</i>
<i>Fernrohr</i>	
– <i>Vergrößerung des Schenkels</i>	<i>Vergrößerte Abbildung naher Himmelskörper</i>
– <i>Verdichtung des Lichtstromes</i>	<i>Sichtbarkeit lichtschwacher Objekte</i>
<i>Radioteleskop</i>	<i>Empfang optisch unsichtbarer langwelliger Strahlen von kosmischen Radioquellen</i>
<i>Raumflugkörper</i>	<i>Messung der UV-, Röntgen- und Gammastrahlung kosmischer Objekte</i> <i>Direkt- und Nahuntersuchung benachbarter Himmelskörper</i>
<i>Fortschritte in der Technik</i>	<i>– neue Beobachtungsmöglichkeiten</i>

Bild 3 Tafelbild (Folie) zu „Methoden zur Erforschung des Weltalls“

Stoffeinheit Orientierung am Sternhimmel

2 Stunden

Die Orientierung am Sternhimmel gehört zur Einführung in die Astronomie, weil sie den Schülern die Möglichkeit eröffnet, sich an der scheinbaren Himmelskugel zurechtzufinden, einige der späterhin zu behandelnden Himmelskörper am Sternhimmel aufzufinden und zu beobachten, sowie die Veränderungen im Anblick des Sternhimmels, die durch die Erdrotation verursacht werden, zu verstehen und zu berücksichtigen. Das

im Astronomieunterricht einzuführende System astronomischer Koordinaten entspricht nicht dem kartesischen Koordinatensystem, das den Schülern aus dem Mathematik- und dem Physikunterricht geläufig ist; auf diese Besonderheit muß bei der Einführung geachtet werden. Im Lehrbuch werden die Koordinaten des Horizontsystems behandelt. Wesentliches Ergebnis der Arbeit mit dem Koordinatensystem soll die Fähigkeit der Schüler sein, sich mit Hilfe dieser Koordinaten am Himmel zu orientieren, nicht das Definieren oder Erläutern der Koordinaten! Das betrifft ebenso die drehbare Sternkarte, die nur als Mittel zum Zweck zu betrachten ist.

Ziele

Die Schüler

- können die Entstehung von Tag und Nacht erklären;
- festigen ihre Kenntnisse über Wesen und Erscheinung der Erdrotation;
- kennen die Sternkarte als Projektion der scheinbaren Himmelskugel in die Ebene;
- können die drehbare Sternkarte für einen gegebenen Tag und eine gegebene Zeit einstellen, den Anblick des Sternhimmels ermitteln sowie die Zeitpunkte des Auf- und Untergangs zu beobachtender Sterne bestimmen;
- können mit Hilfe der drehbaren Sternkarte Azimut und Höhe eines Sterns bestimmen und nach gegebenen Koordinaten Sterne auf der drehbaren Sternkarte aufsuchen und ihre Namen bestimmen.

Unterrichtsmittel

WK „Nördlicher Sternhimmel“
Arbeitskarte „Nördlicher Sternhimmel“
AT Horizontsystem
Schultellurium
Erdglobus (physikalischer)
Atlas für die 6. bis 11. Klasse (Lehrer)
R 1180
Fo: Drehbare Sternkarte
Drehbare Sternkarte (Klassensatz)
Schulfernrohr

Schwerpunkte und Hinweise zur Unterrichtsgestaltung

Grundlagen der Orientierung. Bei der theoretischen Erarbeitung ist es erforderlich, die während der Beobachtungsstunde bereits genutzten Begriffe (scheinbare Himmelskugel, Zenit, Horizont, Polarstern, Himmelspol, Himmelsäquator) zu wiederholen. Zur Veranschaulichung der Projektion der scheinbaren Himmelskugel auf die Ebene (WK „Nördlicher Sternhimmel“) eignet sich ein Vergleich mit der Karte der Polargebiete der Erde (Atlas für die 6. bis 11. Klasse, S. 102 u. 103). Bei der Darstellung des Sternbildes Großer Bär (der umgangssprachliche Name Großer Wagen für einen Teil dieses Sternbildes sollte als etwa gleichbedeutend genutzt werden) kann der Lehrer auch auf die Kenntnisse aus dem Lehrgang Zivilverteidigung (Kl. 9) zurückgreifen. Zur Festigung der in der Beobachtungsstunde 1 erworbenen Kenntnisse von Sternbildern und Sternen sowie der Begriffe *Himmelspol* und *Himmelsäquator* können die Schüler diese in die Arbeitskarte „Nördlicher Sternhimmel“ eintragen.

Da die Rotation der Erde bereits aus dem Geographieunterricht bekannt ist und in der Beobachtungsstunde 1 die Veränderung von Sternorten am Himmel als Folge der Erdrotation erkannt wurde, läßt sich dieser Sachverhalt hier durch eine Schülertätigkeit zusammenfassen (Erklären der Entstehung von Tag und Nacht). Zur Veranschaulichung kann das Schultellurium oder der Erdglobus genutzt werden. Dabei ist vor allem die Gegenläufigkeit der wahren und scheinbaren Bewegungen zu betonen. Es sollte darauf hingewiesen werden, daß die Erde neben dieser täglichen Bewegung auch eine jährliche Bewegung (mit anderen Folgen) durchführt, die erst später behandelt wird. Anhand des Lehrbuches (Bild 15/1) wird darauf hingewiesen, daß nicht jeder Stern für den Beobachter auf- und untergeht (z. B. Großer Bär); die Schüler ordnen die Sonne in diese Abbildung ein.

In der Beobachtungsstunde 1 haben die Schüler schon gelernt, daß man mit Hilfe von Winkeln die Lage eines Gestirns am Sternhimmel beschreiben kann (BA 3/1). Bei der Erarbeitung der astronomischen Koordinaten lernen sie jetzt die genauen Bezeichnungen der beiden Winkel und ihre Zählweisen kennen. Sie werden darauf orientiert, daß in der nächsten Beobachtungsstunde die Messung solcher Winkel mit Hilfe des Schulfernrohrs vorgenommen wird. Das kann an dem azimuthal montierten Schulfernrohr und seinen Teilungen im Klassenraum demonstriert werden. Dabei lernen die Schüler wie in der Beobachtungsstunde das Koordinatensystem aus der Sicht *von innen* kennen, was für die praktische Anwendung günstig ist. Das schließt nicht aus, daß die Anschauungstafel „Horizontsystem“ mit ihrer Sicht *von außen* als Ergänzung gegenübergestellt wird.

Findet die erste Beobachtungsstunde später statt, so muß beachtet werden, daß einige Begriffe neu einzuführen sind (scheinbare Himmelskugel, Zenit, Horizont, Himmelspol, Himmelsäquator, Polarstern, Sternbild). Der Lehrer sollte die Kenntnisse der Schüler über das geographische Koordinatensystem nutzen und die Horizontkoordinaten mit Hilfe des Lehrbuches und der Anschauungstafel erläutern. Es ist ratsam, auf die Anwendung dieser Kenntnisse in der Beobachtungsstunde 2 hinzuweisen. Vorbereitend dafür kann der Lehrer ebenfalls das azimuthal montierte Schulfernrohr im Fachunterrichtsraum aufstellen und daran die Messung der astronomischen Koordinaten demonstrieren.

Die Abhängigkeit der Polhöhe von der geographischen Breite kann mit Hilfe des Bildes 16/2 im Lehrbuch erarbeitet werden. Auch das Anlegen einer Pappscheibe (Horizontebene des Beobachters) an den Erdglobus in verschiedenen geographischen Breiten macht den Zusammenhang in kurzer Zeit hinreichend deutlich.

Drehbare Sternkarte. Die Schüler erlernen die Handhabung der drehbaren Sternkarte zum Zwecke der Orientierung am Sternhimmel. Diese Hilfsmittelfunktion der drehbaren Sternkarte darf bei der Arbeit mit ihr vom Lehrer nie außer acht gelassen werden (auch nicht in der Bewertung). Die Schüler sehen schnell, daß die Wandkarte „Nördlicher Sternhimmel“ nicht genau den Anblick des von ihnen beobachteten Sternhimmels wiedergibt. Sie erfassen es als eine Hilfe, wenn die ihnen in die Hand gegebene Verkleinerung des Wandkartenbildes mit der Folie eine Vorrichtung enthält, die den jeweils unsichtbaren Teil des Himmels abdeckt. Sie wiederholen die Begriffe *Horizont* und *Zenit* und finden die Entsprechungen auf der drehbaren Sternkarte, ebenso die bereits bekannten Sternbilder und Sterne. Mit der nun erworbenen Fähigkeit sich zu orientieren, wird dann in die Praxis der weiteren Beobachtungsstunden gegangen.

Das Einstellen der drehbaren Sternkarte nach Datum und Uhrzeit (wobei die volle Stunde für unseren Zweck genügt), bereitet den Schülern erfahrungsgemäß kaum Schwierigkeiten. Etwas mehr Zeit brauchen die Schüler für das Verständnis der Tatsache, daß zur verzerrten Darstellung der scheinbaren Himmelskugel auf der Grundkarte (wie an der Wandkarte) nun auch noch ein verzerrtes Bild des Gradnetzes des Horizontsystems kommt. Das unbequeme Über-dem-Kopf-Halten der Sternkarte für die Übertragung

des Kartenbildes an die scheinbare Himmelskugel kann dadurch umgangen werden, daß man die Schüler gleich darauf orientiert, die Karte senkrecht so vor sich zu halten, daß die gewünschte Himmelsrichtung unten liegt.

Die im Lehrbuch gestellten Aufgaben dienen als Muster für die Anforderungen an die Schüler beim Umgang mit der drehbaren Sternkarte; sie können durch entsprechende Übungsbeispiele ergänzt werden (LB, S. 82, Nr. 4 bis 10).

Variante B: Die BA 1/Vorbereitung 1 und 4 werden beim „Aufsuchen ausgewählter Sternbilder und Sterne“ einbezogen, die BA 1/Vorbereitung 2 und 3 als Hausaufgaben erteilt.

Vorschlag für Aufgaben zur Überprüfung des Wissens und Könnens

1. Nennen Sie mindestens drei Forschungsaufgaben der Astronomie!
2. Erläutern Sie an zwei Beispielen aus der Geschichte den praktischen Nutzen der Astronomie!
3. Kennzeichnen Sie das Azimut und die Höhe des Sterns! (An der Tafel ist dazu eine Skizze ähnlich LB, Bild 16/1 vorzugeben.)
4. Benennen Sie die dargestellten Sterne und Sternbilder! (An der Tafel ist dazu eine Skizze ähnlich LB, Bild 14/4 vorzugeben.)
5. Stellen Sie in einer Skizze dar, wie man mit Hilfe des Sternbildes Großer Bär den Polarstern und den Nordpunkt des Horizonts findet!
6. Beschreiben Sie die Rotation der Erde, ihre Erscheinung und ihre Folgen!
7. Erklären Sie die Entstehung von Tag und Nacht!
8. Welche Sternbilder sind in den Haupthimmelsrichtungen und im Zenitbereich zu folgenden Zeitpunkten für uns sichtbar?
 - a) am 15. 5. um 22.00 Uhr
 - b) am 15. 2. um 20.00 Uhr
 - c) am 15. 11. um 20.00 Uhr
9. Bestimmen Sie mit Hilfe der drehbaren Sternkarte Azimut und Höhe der angegebenen Sterne!

Stern	Sternbild	Datum	Zeit	<i>a</i>	<i>b</i>
a) Kapella	(Fuhrmann)	15. 4.	um 21.00 Uhr		
b) Regulus	(Löwe)	10. 4.	um 22.00 Uhr		
c) Aldebaran	(Stier)	25. 2.	um 20.00 Uhr		

10. Wie heißt der beobachtete Stern? Zu welchem Sternbild gehört er?

Datum	Zeit	Azimut	Höhe	Stern	Sternbild
a) 10. 1.	um 21.00 Uhr	$a = 300^\circ$	$b = 35^\circ$		
b) 5. 3.	um 19.00 Uhr	$a = 60^\circ$	$b = 20^\circ$		
c) 10. 3.	um 20.00 Uhr	$a = 60^\circ$	$b = 45^\circ$		

Ziele und inhaltliche Schwerpunkte

In diesem Stoffgebiet werden den Schülern Einblicke in die räumliche Struktur und in einige Klassen kosmischer Objekte des Sonnensystems vermittelt. Damit ist das Kennenlernen einiger wichtiger Arbeitsmethoden der Astronomie verbunden (Anwendung von Gesetzen, Forschung mit Hilfe der Raumfahrt u. a.). Bei der Vermittlung dieser Kenntnisse werden weltanschauliche Einsichten entwickelt, die sich vor allem auf die Gesetzmäßigkeit der Vorgänge im Weltall, den Zusammenhang zwischen Erkenntnisgewinn und Entwicklungsstand der Produktivkräfte (die Historizität der gesellschaftlichen Erkenntnis) sowie der Produktionsverhältnisse, auf den Zusammenhang von Wesen und Erscheinung und auf das Erkennen von Veränderungen und Entwicklung beziehen.

Durch die Beobachtungen sollen die Schüler ihre Kenntnisse über die Besonderheiten eines Planeten vertiefen und den Unterschied zwischen scheinbaren und wahren Bewegungen (des Mondes und der Planeten) erfassen. Sie werden befähigt, die Bewegung des Mondes, die Mondphasen und die Mondoberfläche bewußt zu beobachten. Dabei erkennen sie, daß sich die Oberflächenstrukturen des Mondes wesentlich von denen der Erde unterscheiden.

In der Stoffeinheit Überblick über das Sonnensystem beginnt die Vermittlung des Wissens über den Ausbau des Sonnensystems mit einer Betrachtung der historischen Entwicklung unserer heutigen Erkenntnisse über dieses System als Ausdruck der Auseinandersetzung des Menschen mit seiner Stellung im Kosmos. Der Lehrer darf an dieser Stelle kein abfälliges Urteil über frühere, aus heutiger Sicht unrichtige Vorstellungen zulassen. Vielmehr sollte den Schülern immer wieder vor Augen geführt werden, daß sich unsere gegenwärtigen Erkenntnisse über das Sonnensystem in einem komplizierten historischen Erkenntnisprozeß, der mit weltanschaulichen Auseinandersetzungen verbunden war, entwickelt haben. Sie sollen erkennen, daß frühere Vorstellungen vor allem auf einer falschen Deutung der beobachteten Erscheinungen beruhten, jedoch eine wichtige Vorstufe der heutigen Erkenntnisse darstellen. Die Schüler gewinnen einen Einblick in Weltbilder des frühen Altertums sowie in das geozentrische Weltbild. Im Zentrum der historischen Betrachtungen stehen das heliozentrische Weltbild des Copernicus und seine Weiterentwicklung durch Kepler und Newton. Am Beispiel des Wirkens von Giordano Bruno (1548 bis 1600) und Galileo Galilei (1564 bis 1642) wird der Kampf um die Durchsetzung der heliozentrischen Weltvorstellung dargestellt. Anhand der Keplerschen Gesetze und des Gravitationsgesetzes sowie der Erfolge der Raumfahrt wird gezeigt, daß sich die Kenntnisse über das Sonnensystem bis in die Gegenwart in Zusammenhang mit der Entwicklung der anderen Wissenschaften und der Technik ständig weiterentwickelt haben. Die Schüler werden befähigt, diese wissenschaftshistorischen Kenntnisse in ihr Wissen aus dem Geschichtsunterricht einzuordnen.

Nach den historischen Betrachtungen erhalten die Schüler einen ersten Einblick in heutige Vorstellungen vom räumlichen Aufbau des Sonnensystems. Dabei ist herauszuarbeiten, daß die Sonne als eine riesige Gaskugel das Massezentrum und die Energiequelle des Sonnensystems bildet. Es wird Wissen über die Namen der Planeten und die Reihenfolge ihrer Anordnung um die Sonne, über einige wichtige Merkmale der Planeten, der Satelliten und der Kleinkörper des Systems vermittelt. Die Schüler erhalten Vorstellungen über die Größen- und Entfernungsverhältnisse im Sonnensystem; dazu gehört auch die Kenntnis der Astronomischen Einheit. Wesentliches Ergebnis dieser Stoffeinheit muß bei den Schülern eine Modellvorstellung vom Sonnensystem sein. Damit werden Grundlagen für das Verständnis des Aufbaus, der Bewegungen und der Physik des Sonnensystems geschaffen. In der Stoffeinheit „Planeten“ werden Kenntnisse und Erkenntnisse über kosmische Objekte vermittelt, von denen die Schüler schon in anderen Unterrichtsfächern gehört haben (z. B. Geo: Bewegungen der Erde). Hier kommt es darauf an, dieses Wissen zu vertiefen und zu erweitern sowie die Erde in das System der Planeten einzuordnen. Dazu sollte den Schülern die besondere Rolle des Planeten Erde für den Menschen als sein Lebensraum und als Ausgangspunkt fast aller bisherigen Beobachtungen ebenso bewußtgemacht werden wie die Rolle der Erde als eines Planeten unter vielen.

Die von Johannes Kepler (1571 bis 1630) und Isaac Newton (1643 bis 1727) erkannten Gesetze der Planetenbewegung dienen als Beispiele für das Wirken von Naturgesetzen im gesamten Sonnensystem und als Beispiele für die Anwendung der Mathematik bei der Beschreibung und Erklärung der Vorgänge und Erscheinungen im Weltall. Wichtige Schülertätigkeiten sind das Beschreiben der Bewegungen der Planeten mit den Keplerschen Gesetzen, Erklären des Umlaufs der Erde um die Sonne mit dem Newtonschen Gravitationsgesetz, das Erläutern der scheinbaren jährlichen Bewegung der Sonne und das Erklären der scheinbaren Bewegung eines Planeten.

Mit den wahren und den scheinbaren Bewegungen der Planeten lernen die Schüler ein Beispiel dafür kennen, wie von den bekannten wahren Bewegungen der Erde und der anderen Planeten auf die Erscheinungen am Himmel geschlossen und die beobachtbaren Bewegungen vorhergesagt werden können. Sie werden befähigt, aus einer heliozentrischen Skizze einer Planetenkonstellation die geozentrische Sichtbarkeit der betreffenden Planeten abzuleiten. Wurde die Beobachtung eines Planeten bereits vorher durchgeführt, dann sollten hier deren Ergebnisse genutzt werden. Die Einteilung der Planeten nach einigen wichtigen Zustandsgrößen in erd- und jupiterartige hilft bei der richtigen Einordnung der Erde in das Sonnensystem. Die genauere Beschreibung physikalischer Eigenschaften eines Planeten sollte anhand des Planeten erfolgen, den der Lehrer entsprechend der jeweiligen Sichtbarkeitsbedingungen auch für die Beobachtung ausgewählt hat. Es ist empfehlenswert, auch die durch die Raumfahrt neu gewonnenen Erkenntnisse vor allem an diesem Planeten zu verdeutlichen. In der Stoffeinheit „Mond“ lernen die Schüler, den Mond in das Sonnensystem einzuordnen, dabei erfolgt eine Festigung der vom Sonnensystem entwickelten Modellvorstellungen. Die Schüler werden befähigt, scheinbare Bewegungen, Phasen und Finsternisse zu beschreiben und mit den Gesetzen der Bewegungen von Erde und Mond zu erklären. Sie beobachten und skizzieren die Mondoberfläche, die Veränderungen der Mondphase und die Veränderungen der Stellung des Mondes relativ zu den Sternen. Im Gegensatz zu der Stoffeinheit „Planeten“ wird hier von der beobachteten Erscheinung ausgegangen und daraus auf das Wesen des Sachverhaltes geschlossen. Es wird an der Überzeugung gearbeitet, daß es dem Menschen möglich ist, durch Kenntnis der Bewegungsgesetze Vorgänge und Erscheinungen im Weltall (z. B. Finsternisse, Gezeiten) zu erklären und vorherzusagen. Am Beispiel der physikalischen Eigenschaften des Mondes wird gezeigt, daß auf dem Mond die Wirkung der gleichen Naturgesetze wie auch auf anderen Körpern des Sonnensystems nachweisbar ist. Die Schüler lernen, wichtige physikalische Eigenschaften des

Mondes (geringere Fallbeschleunigung und geringere Gravitationskraft an der Oberfläche im Vergleich zur Erde, Fehlen einer Atmosphäre) zu erklären. Damit wird die Erkenntnis von der Erkennbarkeit der Welt durch ein weiteres Beispiel konkretisiert. Die Betrachtung der Oberfläche des Mondes ist Anlaß, auf die Tatsache hinzuweisen, daß wir auch hier wie bei den Planeten eine Phase der Entwicklung des Himmelskörpers beobachten und daß Erkenntnisse über den Mond für die Erforschung der Erdgeschichte wichtig sind.

Die Erforschung des Mondes mit Hilfe der Raumfahrt lernen die Schüler als ein weiteres Beispiel dafür kennen, daß der Stand der astronomischen Erkenntnis u. a. von dem Entwicklungsstand der Produktivkräfte abhängt. Mit solchen, die Raumfahrt betreffenden Hinweisen werden weitere Vorleistungen für die Stoffeinheit Raumfahrt erarbeitet. Auf die Satelliten anderer Planeten wird in einem abschließenden Überblick hingewiesen.

In der Stoffeinheit „Raumfahrt“ stehen die Bedeutung der Raumfahrt für den Menschen und der Zusammenhang von Zielen der Raumfahrt und Nutzung ihrer Ergebnisse mit dem Charakter der Gesellschaft im Zentrum der Betrachtungen. Indem die Schüler zu der Einsicht gelangen, daß die Raumfahrt eine entscheidende Wende im Verhältnis des Menschen zur Erde und zum Kosmos einleitet, können sie auch begreifen, wie groß die Verantwortung des Menschen für unseren Planeten ist. Sie gewinnen Einblick in die Entwicklung der Raumfahrt. An Beispielen sollen die Wechselbeziehungen zwischen dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt und der Raumfahrt beschrieben werden, damit den Schülern bewußt wird, unter welchen Bedingungen Raumfahrt möglich ist und welchen Einfluß sie auf den wissenschaftlich-technischen Fortschritt ausübt.

Die Aufgaben der Raumfahrt werden unter dem Aspekt der Nutzung der Bedingungen des Weltraums für astronomische und andere wissenschaftliche und technische Forschungen, für die Erderkundung und für die Erschließung irdischer Energie- und Rohstoffreserven erörtert.

Die Schüler sollen anhand von konkreten Beispielen die hohe Verantwortung der Gesellschaft für die friedliche Nutzung der Raumfahrt und ihrer Ergebnisse erkennen und den Kampf der Sowjetunion und der anderen sozialistischen Länder gegen die Militarisierung des Weltraums durch die USA und ihre NATO-Verbündeten als Beispiel dafür werten, wie dieser Verantwortung durch die sozialistische Gesellschaft entsprochen wird. Die Schüler sollen an konkreten Beispielen erfahren, daß Errungenschaften der Raumfahrt von Monopolen zur Stärkung ihrer politischen und ökonomischen Macht und zur Fortsetzung der Hochrüstung genutzt werden, und in den USA die Raumfahrt von Anfang an in die militärische Hochrüstung einbezogen worden ist. Wird Raumfahrtgeschichte unter diesem Aspekt dargestellt, dann verstehen die Schüler, daß die sozialistischen Staaten sich vor der Gefahr eines „Krieges der Sterne“ schützen müssen und können.

Aufgrund des hohen Entwicklungstempos der Raumfahrt sollte die unterrichtliche Erörterung dieses Gegenstandes vorwiegend an aktuellen Sachverhalten erfolgen. Dazu wird empfohlen, zu Beginn des Astronomielehrgangs oder des Stoffgebietes einige Schüler zu beauftragen, Informationen und Bilder über die Raumfahrt aus Zeitungen und Zeitschriften zu sammeln. Technische Einzelheiten der Raumfahrt werden nicht behandelt.

Vorschlag zur Gliederung des Stoffgebietes

Stoffeinheiten thematische Einheiten	Vorleistungen zu reaktivierendes Wissen
Beobachtungen (1 Stunde)	
BA 4 Planeten BA 5 Mondbewegungen und Mondphasen BA 6 Mondoberfläche	Reflexion des Lichtes (Ph 6) Gravitationsgesetz (Ph 10)
Stoffeinheit Überblick über das Sonnensystem (2 Stunden)	
<p>Entwicklung der Vorstellungen vom Sonnensystem</p> <p>Weltbilder des Altertums Heliozentrisches Weltbild Kampf um die Durchsetzung des heliozentrischen Weltbildes <i>Sonnensystem, heliozentrisches Weltbild um 1500</i> <i>Beobachtung der hellen Jupitermonde 1600</i> Der Aufbau des Sonnensystems</p> <p>Sonne Planeten andere Körper des Sonnensystems Größen und Entfernungen im Sonnensystem <i>Sonne, Planet, Satellit, Komet, Meteorit, Astronomische Einheit</i></p>	<p>Frühmittelalterliche Kultur und Rolle der Kirche in West- und Mitteleuropa Weiterentwicklung der Kultur im Hochmittelalter Weltanschauung und Kunst des deutschen Bürgertums (Ge 6) Zeitalter der großen Entdeckungen (Ge 7) Leben und Wirken Galileis (Ph 9) Scheinbare Himmelskugel (A 10)</p>
Stoffeinheit Planeten (3 Stunden)	
<p>Wahre Bewegungen der Planeten</p> <p>Keplersche Gesetze Gravitationsgesetz Umlauf der Erde <i>Gesetze der Planetenbewegung (Kepler) um 1600, Gravitationsgesetz (Newton) um 1700, Erdumlauf, Jahr (365 $\frac{1}{4}$ d)</i> Scheinbare Bewegungen und Sichtbarkeit der Planeten Scheinbare Bewegungen der Planeten Sichtbarkeit der Planeten Physikalische Eigenschaften der Planeten Erd- und jupiterartige Planeten <i>mittlerer Erdradius</i></p>	<p>Achsenneigung und Umlauf der Erde (Geo 8) Reflexion des Lichtes (Ph 6) Kreisbewegung (Ph 9) Überblick über das Sonnensystem (A 10) Newtonsches Grundgesetz (Ph 9) Gravitationsgesetz (Ph 10)</p> <p>Relativität der Bewegung (Ph 9) Scheinbare tägliche Bewegung des Sternhimmels (A 10)</p> <p>Erweiterung der Beobachtungsmöglichkeiten durch die Raumfahrt (A 10) Namen und Reihenfolge der Planeten (A 10)</p>
Stoffeinheit Mond (2 Stunden)	

Stoffeinheiten thematische Einheiten	Vorleistungen zu reaktivierendes Wissen
Bewegungen des Mondes Bewegungen, Phasen, Finsternisse <i>mittlere Entfernung Erde – Mond:</i> <i>384 000 km</i> Physikalische Eigenschaften und Oberfläche des Mondes Physikalische Eigenschaften Oberfläche Satelliten anderer Planeten <i>Mondradius ($\approx \frac{1}{4} r_E$, Mondmasse ($\approx \frac{1}{80} m_E$))</i>	Reflexion des Lichtes, Mondfinsternis (Ph 6) Überblick über das Sonnensystem (A 10) Fallbeschleunigung (Ph 9) Gravitationsgesetz (Ph 10, A 10)
Stoffeinheit Raumfahrt (2 Stunden)	
Entwicklung und wichtige Aufgaben der Raumfahrt Pioniere und bedeutende Ersterfolge der Raumfahrt Einsatz der Raumfahrt in der astronomischen Forschung und bei der Erderkundung Nutzen der Raumfahrt für die Volkswirtschaft <i>Sputnik 1: 1957</i> <i>Erster bemannter Raumflug (Gagarin): 1961</i> <i>Erster Raumflug eines DDR-Kosmonauten (Jäbn): 1978</i> Raumfahrt für den Frieden Raumfahrt im Sozialismus Raumfahrt im Kapitalismus	Wechselwirkungsgesetz, Trägheitsgesetz, Newtonsches Grundgesetz der Mechanik (Ph 9) Gravitationsgesetz (Ph 10) kosmische Geschwindigkeiten (Ph 10) Erweiterung der Beobachtungsmöglichkeiten durch die Raumfahrt (A 10) Keplersche Gesetze (A 10) Überblick über das Sonnensystem (A 10)

Empfehlungen zur Gestaltung der Stoffeinheiten

Beobachtungen

1 Stunde

Ziele

Die Schüler

- wissen, daß die Planeten die Sonne umlaufen und deshalb ihren Ort relativ zu den Sternen verändern;
- besitzen Kenntnisse über die Besonderheiten des beobachteten Planeten;
- kennen die scheinbaren Bewegungen des Mondes und der Planeten;
- können die Mondbewegungen, die Mondphasen und die Mondoberfläche selbständig beobachten;
- haben erkannt, daß sich die Oberflächenstrukturen des Mondes wesentlich von denen der Erde unterscheiden;
- haben die Einsicht vertieft, daß durch das Fernrohr eine wesentliche Erweiterung der menschlichen Erkenntnisse über das Weltall möglich wurde.

Unterrichtsmittel

Schulfernrohr

Stablampe

Schüler: Lehrbuch; Protokoll (mit je zwei Umrissen der Schablonen 1 und 2), Bleistift, Taschenlampe, drehbare Sternkarte, Protokoll der Hausbeobachtungen

Schwerpunkte und Hinweise zur Unterrichtsgestaltung

Hinweise: Der Ablauf dieser Beobachtungsstunde ist abhängig von der Erfüllung der BA 3 (vgl. Variante A der 1. Beobachtungsstunde). Bei der Wahl der Variante A werden die BA 3/2, BA 3/3 zu Beginn der Stunde absolviert.

Bestimmte Beobachtungsaufgaben können kombiniert werden, z. B. BA 3 und BA 4. Die Koordinatenmessung wird an einem Planeten durchgeführt.

Bei der Planung der 2. Beobachtungsstunde ist genau zu prüfen, welche Planeten zum Zeitpunkt der Beobachtung an der scheinbaren Himmelskugel zu finden sind. Sollte der Planet Mars der einzige sein, empfehlen wir, einen anderen Beobachtungstermin zu wählen (oder die Variante der Morgenbeobachtung), da das Verfolgen der Marschleife (über mehrere Wochen) mehrere Beobachtungen (Hausbeobachtungen!) erfordert.

BA 5 und BA 6/1 sind als Hausaufgabe zu lösen.

Die Einweisung in die beiden Hausbeobachtungen erfolgt in der ersten Unterrichtsstunde Anfang September.

Den Schülern werden die günstigsten Beobachtungstermine mitgeteilt, die Beobachtung der Mondbewegungen und der Änderung der Lichtgestalt (Mondphase) ist während der gesamten Sichtbarkeitsperiode des Mondes möglich; für die Lösung der BA 6/1 ist Vollmondnähe erforderlich.

Die Erfüllung der Hausbeobachtungen ist auch am Morgen möglich. Das Ergebnis der BA 6/1 muß bis zur Beobachtungsstunde vorliegen!

BA 5 ist bis zum Zeitpunkt der Behandlung der Stoffeinheit „Mond“ zu erfüllen.

Vorschlag für die Hausbeobachtungen

Beobachtungsablauf	Tätigkeiten der Schüler
(1) BA 5 Mondbewegungen und Mondphasen BA 5/1 BA 5/2 BA 5/3 BA 5/4 BA 5/5 BA 5/6 BA 5/7	Lösen der vorbereitenden Aufgaben bis zum Beobachtungszeitpunkt Beobachten des Mondes im Abstand einer Stunde Skizzieren des Beobachtungsergebnisses Wiederholen der Beobachtung des Mondes an den nachfolgenden Tagen Vergleichen der Änderung der Lichtgestalt (Mondphase) Skizzieren der Beobachtungsergebnisse
(2) BA 6 Die Mondoberfläche BA 6/1	Beobachten der Mondoberfläche mit bloßem Auge Skizzieren dunkler Gebiete in den Mondumriß

Erläuterungen zu den Hausbeobachtungen

(1) Zur Feststellung der scheinbaren Bewegung des Mondes ist eine Stunde Zeitdifferenz ausreichend, da sich der Mond in dieser Zeit um etwa einen Monddurchmesser von Ost nach West bewegt.

Die Aufmerksamkeit der Schüler ist auch darauf zu lenken, daß der Begriff *Mondumgebung* (BA 5) sehr weit gefaßt werden soll (z. B. im Umkreis einer Handspanne bei ausgestrecktem Arm, also etwa 20°), da Sterne in der engeren Mondumgebung bei Vollmondnähe kaum wahrzunehmen sind. Ein größerer Abstand heller Sterne vom Mond zum ersten Beobachtungszeitpunkt erleichtert das Feststellen der Veränderung des Mondortes nach wenigen Tagen.

Zu erwartendes Beobachtungsergebnis:

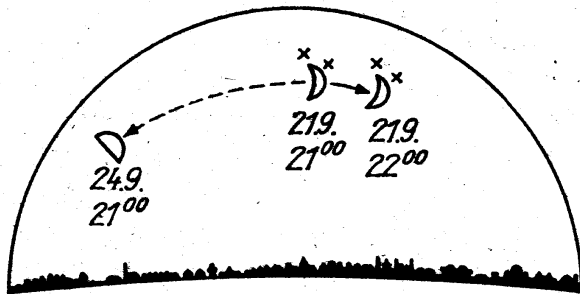


Bild 4

(2) Bei der Beobachtung der Mondoberfläche mit bloßem Auge ist es erforderlich, einen Termin in Vollmondnähe zu wählen; das Mondalter sollte dafür zwischen 11 und 17 Tagen liegen.

Zu erwartendes Beobachtungsergebnis:

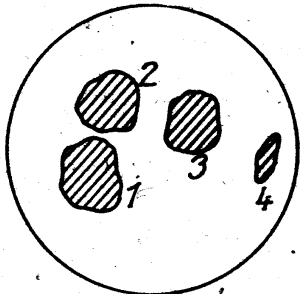


Bild 5

Vorschlag für einen Stundenverlauf (Variante A)

Stundengliederung	Tätigkeiten des Lehrers und der Schüler
Verhaltensregeln (1) Helle Sterne und Sternbilder (2) BA 4 Planeten	Vgl. 1. Beobachtungsstunde Aufsuchen heller Sterne und Sternbilder an der scheinbaren Himmelskugel Aufsuchen des ausgewählten Planeten an der scheinbaren Himmelskugel Bestimmen des Planetenortes auf der drehbaren Sternkarte
BA 4/1	Beobachten des Planeten durch das Fernrohr (außer BA 4/2) in folgenden Varianten: Beobachten der Lichtgestalt der Venus Skizzieren des Beobachtungsergebnisses (Schablone 2)

Stundengliederung	Tätigkeiten des Lehrers und der Schüler
BA 4/2	oder/und: Langfristige Beobachtung der Veränderungen des Marsortes relativ zu den Sternen Skizzieren des Beobachtungsergebnisses (Schablone 1)
BA 4/3	oder/und: Beobachten des Jupiters und der Stellung der Galileischen Jupitersatelliten Skizzieren des Beobachtungsergebnisses (Schablone 2)
BA 4/4	oder/und: Beobachten des Ringsystems des Saturns Skizzieren des Beobachtungsergebnisses (Schablone 2)
(3) BA 6 Die Mondoberfläche BA 6/2	BA 6/1 (Hausbeobachtung) Berichten über das Beobachtungsergebnis Beobachten der Mondoberfläche durch das Fernrohr Formulieren der Erkenntnis

Erläuterungen zum Stundenverlauf (Variante A)

(1) Die Wiederholung wichtiger Erkenntnisse der 1. Beobachtungsstunde erfolgt durch Schülergruppen, die nicht am Beobachtungsgerät arbeiten (Vorbereitung von Beobachtungsaufträgen durch den Lehrer).

(2) für die Planetenbeobachtung ist $f_{ok} = 25 \text{ mm}$ ausreichend (großes Sehfeld, große Bildhelligkeit, geringe Anforderungen an die Nachführung). Die Erscheinung des „Flackerns“ der Sterne (im Unterschied zu den Planeten) wird durch die Luftunruhe der Erdatmosphäre erklärt.

Venus: Steht die Venus in Horizontnähe, so erzeugt die Luftunruhe Überstrahlungseffekte, die das Fernrohrbild negativ beeinflussen. Tagesbeobachtungen ergeben bessere Beobachtungsergebnisse. Sie wirken emotional, da die Schüler überrascht einen „Stern“ am Taghimmel beobachten. Die Aufsuchungsephemeriden sind dem „Kalender für Sternfreunde“ zu entnehmen (diese geben den Winkelabstand der Venus von der Sonne in Äquatorialkoordinaten an). Zum Aufsuchen der Venus wird $f_{ok} = 40 \text{ mm}$ benutzt. Das Beobachtungsobjekt muß exakt eingestellt werden, da sonst erhöhte Unfallgefahr (Sonne!) besteht. Für die Beobachtung selbst wird $f_{ok} = 25 \text{ mm}$ eingesetzt.

Beobachtungen der Venus in der Dämmerung führen zu befriedigenden Beobachtungsergebnissen, da die geringen Helligkeitskontraste nur zu einer schwachen Blendwirkung führen. Der Planetendurchmesser in der Skizze soll etwa 10 mm betragen.

Mars: Das Verfolgen der Planetenbahn relativ zu den Sternen kann als Hausbeobachtung über mehrere Wochen, durchgeführt werden.

Jupiter: Die Schüler beobachten die Stellung der vier hellen Jupitersatelliten, die Neigung der Äquatorebene des Planeten (etwa 25°), in der sich die Satelliten bewegen, und den Abstand der Satelliten zum Planeten. Die Schüler skizzieren den Planeten mit einem Durchmesser von etwa 10 mm und orientieren sich an diesem Durchmesser beim Erfassen des Abstandes der Jupitersatelliten. Die Schüler werden darauf orientiert,

daß im Normalfall vier Satelliten sichtbar sind. Wenn die Beobachtung zu einem anderen Ergebnis führt, sollen mögliche Gründe für das Fehlen von Satelliten diskutiert werden (z. B. Verfinsterung oder Vorbeigang vor der Jupiterscheibe).

Zu erwartendes Beobachtungsergebnis:

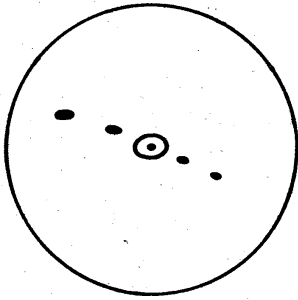


Bild 6

Interessierten Schülern kann empfohlen werden, die Beobachtung der Jupitersatelliten zu späteren Zeitpunkten mit eigenem Beobachtungsgerät (z. B. Feldstecher) zu wiederholen, um die kontinuierliche Veränderung der Orte der Satelliten zu verfolgen.

Saturn: Die Schüler beobachten Ringneigung, Ringbreite und Öffnung des Ringsystems (im Verhältnis zum Durchmesser des Planeten, der in der Skizze 10 mm betragen soll).

Das Beobachtungsergebnis wird mit dem Bild 34/1 im Lehrbuch verglichen.

(3) Für die Beobachtung des Mondes ist die Vollmondphase ungeeignet, da das Sonnenlicht senkrecht auf die Mondoberfläche fällt und deshalb Einzelheiten infolge des fehlenden Schattenwurfes kaum erkannt werden können. Die Fernrohrbeobachtung beginnt mit der schwächsten Vergrößerung ($f_{ok} = 40 \text{ mm}$). Die Luftunruhe kann bei wachsender Vergrößerung zum Verschwimmen der Einzelheiten auf der Mondoberfläche führen.

Das Relief des Mondes kann auffallend gut im Bereich des Terminators (Schattengrenze) beobachtet werden.

Die Schärfe der beobachtbaren Oberflächenformen weist auf das Fehlen einer Mondatmosphäre hin.

Es wird empfohlen, während der Beobachtung die Berechnung einer Vergrößerung vorzunehmen.

Vorschlag für einen Stundenverlauf (Variante B)

Die Beobachtungen (BA 5; BA 6/1) werden von den Schülern bis zur Behandlung im Unterricht (BA 5) bzw. bis zur 2. Beobachtungsstunde (BA 6/1) langfristig als Hausbeobachtung erfüllt.

(2) Die Schüler können bereits erklären, warum die Venus mit bloßem Auge nur als Morgen- oder Abendstern gesehen werden kann (die Aufgabe 1 der Auswertung entfällt). Durch die Beobachtung (und das Skizzieren des Beobachtungsergebnisses) wird überprüft, ob die Lichtgestalt der Stellung der Venus zur Sonne (und zum Planeten Erde) entspricht.

Die Lösung der BA 4/2 kann auch in der 2. Schuljahreshälfte erfolgen. Die Schüler vergleichen in diesem Fall die Veränderung des Marsortes relativ zu den Sternen mit den theoretisch erworbenen Erkenntnissen über die Entstehung der Planetenschleifen.

Jupiter (BA 4/3): Die Schüler wissen, daß auch andere Planeten unseres Sonnensystems von natürlichen Satelliten umlaufen werden. Die Beobachtung der vier hellen Jupitersatelliten bestätigt dies. Die Schüler können erklären, warum einzelne Satelliten zeitweilig nicht beobachtet werden können, indem sie ihre Kenntnisse über die Entstehung der Sonnen- und Mondfinsternisse anwenden.

Saturn: (BA 4/4): Den Schülern ist bekannt, daß den Planeten Saturn in der Äquator-ebene ein Ringsystem umschließt. Die Beobachtung bestätigt diesen Sachverhalt. Wenn

auf die Ursachen des unterschiedlichen Anblicks des Ringsystems im vorlaufenden Unterricht nicht eingegangen wurde, muß die Auswertung in der auf die Beobachtung folgenden Stunde vorgenommen werden.

(3) Die Schüler kennen die Strukturen der Mondoberfläche. Sie können während der Beobachtung ihr Wissen anwenden.

Stoffeinheit Überblick über das Sonnensystem

2 Stunden

Ziele

Die Schüler

- kennen das heliozentrische Weltbild;
- können den räumlichen Aufbau des Sonnensystems mit Hilfe eines Modells beschreiben;
- haben Einsichten in die Bedeutung des heliozentrischen Weltbildes für den wissenschaftlichen Fortschritt und für die weltanschauliche Auseinandersetzung im Mittelalter;
- haben Einblick in Weltbilder des frühen Altertums und in das geozentrische Weltbild;
- kennen einige wichtige Merkmale der Himmelskörper des Sonnensystems;
- kennen die Astronomische Einheit als Grundlage für Entfernungsbestimmungen im Weltall.

Unterrichtsmittel

TR 95

TR 119

R 1135

Atlas für die 6. bis 11. Klasse

BM

Schwerpunkte und Hinweise zur Unterrichtsgestaltung

Entwicklung der Vorstellungen vom Sonnensystem. Inhaltliche Schwerpunkte sind das heliozentrische Weltbild und die weltanschauliche Auseinandersetzung um diese Erkenntnisse im Mittelalter.

Ausgehend von den heutigen Kenntnissen über die Stellung der Erde im Sonnensystem, wird die Frage aufgeworfen, warum man in früheren Zeiten der Erde eine andere Stellung zuschrieb und wie sich die Vorstellungen vom Aufbau des Sonnensystems entwickelten. Das Wort *Sonnensystem* kann dabei wie folgt definiert werden: Sonne und Himmelskörper, die sich um sie bewegen. Diese Definition wird später präzisiert.

Auf die Weltbilder des frühen Altertums sollte vor allem am Beispiel des babylonischen Weltbildes hingewiesen werden, wobei zu erwähnen ist, daß man sich damals die Erde als eine Scheibe vorstellte. Auf die Ursachen zur Entstehung der Astrologie ist hinzuweisen. Es sollte begründet werden, warum die Astrologie mit der Entwicklung der Astronomie ihre historische Rechtfertigung verlor.

Das geozentrische Weltbild wird beschrieben. Dabei ist herauszuarbeiten, warum man

in dieser Zeit zur Auffassung von einer Mittelpunktstellung der Erde gelangte. Um frühere erkenntnistheoretische Ansichten zu verstehen, sind auch Kenntnisse der Schüler, die sie bei der Beobachtung der scheinbaren Bewegung des Sternhimmels gewonnen haben, zu nutzen. Der Lehrer nennt Gründe, warum das geozentrische Weltbild über 1400 Jahre gültig war. Den Schülern soll bewußt werden, daß das geozentrische Weltbild eine historisch bedingte Erkenntnis war.

Die Schüler erfahren Ursachen, die zur Entstehung des heliozentrischen Weltbildes führten. Die Anordnung der Himmelskörper im heliozentrischen Weltbild wird beschrieben. Das heliozentrische und das geozentrische Weltbild sind mit der Zielstellung zu vergleichen, qualitative Unterschiede zwischen beiden Weltbildern zu erkennen.

Den Schülern soll vor allem die große Denkleistung von Nicolaus Copernicus verdeutlicht werden. Der Lehrer weist darauf hin, daß die copernicanischen Vorstellungen die Auffassungen vom Unterschied zwischen einer irdischen und himmlischen Welt, zwischen einer Physik des Himmels und einer Physik der Erde negierten. Damit begann die Anerkennung der materiellen Einheit der Welt, erste Grundlagen für die moderne Astronomie wurden geschaffen. Grenzen der damaligen Erkenntnisse (z. B. Festhalten an der Kreisbewegung der Himmelskörper und an der Fixsternsphäre) können angedeutet werden.

Am Beispiel von Giordano Bruno und Galileo Galilei erfahren die Schüler, wie Gelehrte im Mittelalter wegen ihres Eintretens für den wissenschaftlichen Fortschritt von der Inquisition verfolgt und verurteilt wurden. Die Schüler sollen die Verfolgung von Bruno und Galilei als Teil der ideologischen Auseinandersetzung im Mittelalter werten können. Dabei reaktivieren sie ihre Kenntnisse aus dem Geschichtsunterricht der Klasse 6 über die Rolle der Kirche in West- und Mitteleuropa und über die Kämpfe der Wissenschaftler im Hoch- und Spätmittelalter um die Befreiung von geistiger Bevormundung.

Auf die Weiterentwicklung des heliozentrischen Weltbildes durch Kepler und Newton sollte hingewiesen werden. In der Stoffeinheit „Planeten“ wird ausführlicher auf diese Erkenntnisse eingegangen.

Der Aufbau des Sonnensystems. Inhaltlicher Schwerpunkt sind die heutigen Vorstellungen vom räumlichen Aufbau des Sonnensystems. Die Erörterung des genannten Inhalts läßt sich wie folgt motivieren:

Die Erkenntnisse über das Sonnensystem haben sich seit Copernicus ständig weiterentwickelt. Wie stellen sich die Astronomen heute den Aufbau des Sonnensystems vor? Mit der Zielorientierung „Unsere Erde ist Himmelskörper eines Systems, welches wir als Sonnensystem bezeichnen. Wie ist dieses System aufgebaut?“ kann der Lehrer die unterrichtliche Erörterung über den räumlichen Aufbau des Sonnensystems einleiten. Auf die Bedeutung der Sonne als Massezentrum und Energiequelle des Sonnensystems ist einzugehen. Die Namen der Planeten werden genannt, ihre Anordnung um die Sonne wird beschrieben. Dabei kann die Frage aufgeworfen werden, warum das heliozentrische Weltsystem des Copernicus nur 6 Planeten enthält. Den Schülern soll deutlich werden, daß es durch die Entwicklung der Beobachtungstechnik möglich wurde, die Planeten Uranus, Neptun und Pluto aufzufinden. Auf die „Schreibtischentdeckung“ des Planeten Neptun kann hingewiesen werden. Über andere Himmelskörper, die zum Sonnensystem gehören, wird informiert. Typische Merkmale der Satelliten, Planetoiden, Kometen und Meteorite werden genannt. Es wird darauf hingewiesen, daß zwischen den Himmelskörpern im Sonnensystem Gas und Staub existieren. Der Lehrer muß beachten, daß Planetoiden, Kometen und Meteorite im weiteren Astronomielehrgang nicht mehr erwähnt werden.

Damit bei allen Schülern möglichst richtige Vorstellungen über die Größenverhältnisse im Sonnensystem entstehen, lernen sie mit Hilfe eines maßstablichen Modells die Ab-

stände der Planeten von der Sonne kennen und berechnen die Radien der Planeten im Modell. Ein günstiger Vergleichsmaßstab ist der Maßstab 1:1 000 000 000, weil sich dadurch die Planetenentfernungen auf den Schulort übertragen lassen. (Vergleiche auch LB S. 82!) Vorteilhaft ist, diese Entfernungen auf einer Kreis- oder Stadtkarte einzutragen. Modelle der Planetenkörper im gleichen Maßstab bieten die Möglichkeit, die Größen der einzelnen Planeten vorstellbar zu machen. Bei der vergleichenden Betrachtung wird der Einsatz des Taschenrechners empfohlen. Im Zusammenhang mit der Erörterung der Entfernung der Planeten von der Sonne ist auch auf die Astronomische Einheit und auf ihre Bedeutung für Entfernungsbestimmungen im Weltall einzugehen.

<u>Sonnensystem</u>			
<i>Objekte</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Gesamtmasse in Erdmassen</i>	<i>Durchmesser in km</i>
<i>Sonne</i>	1	300 000	1400000
<i>Planeten</i>	9	400	5000 bis 140000
<i>Satelliten bekannt</i>	≈ 50	0,12	10 bis 5000
<i>Planetoiden</i>	10^5	0,1	1 bis 750
<i>Kometen</i>	10^7 bis 10^{10}	0,1	Kern 1 bis 100
<i>Meteorite</i>	unbekannt	10^{-6} (Wert unsicher)	
<i>Gas</i>			
<i>Staub</i>			
<i>Felder</i>			

Bild 7 Tafelbild (Folie) zu „Der Aufbau des Sonnensystems“

Stoffeinheit Planeten

3 Stunden

In dieser Stoffeinheit werden die Planeten (einschließlich der Erde) hinsichtlich ihrer Bewegungen und ihrer physikalischen Eigenschaften betrachtet. Das Gravitationsgesetz, das die Schüler aus dem Physikunterricht (Klasse 10) bereits kennen, erfährt hier weitere Anwendung, die Keplerschen Gesetze werden erarbeitet und angewendet. Aus den damit beschriebenen wahren Bewegungen werden die scheinbaren Bewegungen und die Sichtbarkeit der Planeten hergeleitet. Bei der Erarbeitung der physikalischen Eigenschaften der Planeten kommt es vor allem darauf an, den Schülern die Unterschiede zwischen den erdartigen und den jupiterartigen Planeten deutlich zu machen.

Ziele

Die Schüler

— kennen die Keplerschen Gesetze und das Gravitationsgesetz;

- kennen die wichtigsten Unterschiede zwischen den erdartigen und den jupiterartigen Planeten und die Zuordnung der Planeten zu diesen Gruppen;
- kennen einige Besonderheiten des beobachteten Planeten;
- können die wahren Bewegungen der Planeten mit Hilfe der Keplerschen Gesetze beschreiben und mit Hilfe des Gravitationsgesetzes erklären;
- können aus der Stellung eines Planeten relativ zu Sonne und Erde auf seine geozentrische Sichtbarkeit schließen;
- können die scheinbare jährliche Bewegung der Sonne beschreiben und ihr Zustandekommen erklären;
- können die Bewegung der Planeten relativ zu den Sternen und das Zustandekommen der zeitweiligen Rückläufigkeit der Planeten erklären.

Bei den Schülern wird durch das Erkennen der Rolle der Keplerschen Gesetze und des Gravitationsgesetzes und die damit ermöglichte Berechenbarkeit der Planetenpositionen die Überzeugung gefestigt, daß der Mensch in der Lage ist, die Welt zu erkennen und zu erklären.

Unterrichtsmittel

Schultellurium

K-F 117

K-F 130

R 1135

R 1180

Planetenschleifengerät

Schiefertuchkarte „Tierkreiszone“

Schwerpunkte und Hinweise zur Unterrichtsgestaltung

Wahre Bewegungen der Planeten. In diesem Stoffabschnitt nehmen die Aussagen der Keplerschen Gesetze und ihre Anwendung eine zentrale Stellung ein. Dabei sollten vor allem die Bedeutung der Keplerschen Gesetze und des Gravitationsgesetzes für die wissenschaftliche Fundierung des heliozentrischen Weltbildes und für die Aufhebung des Gegensatzes zwischen Himmel und Erde betont werden. Der Lehrer sollte auch auf den Nutzen der Keplerschen Gesetze für die Raumfahrt, z. B. bei der Berechnung der Flughöhe und/oder der Umlaufzeit eines künstlichen Satelliten hinweisen. Ausgangspunkt und Motivierung kann das Bild 28/1 im Lehrbuch und der dazugehörige Text sein, der die Frage aufwirft, wie diese „Schreibtischentdeckung“ möglich war.

Das erste Keplersche Gesetz wird den Schülern mitgeteilt.

Bei der im Lehrbuch (S. 28) gewählten Formulierung des ersten Keplerschen Gesetzes wurde erreicht, daß der Erkenntnisfortschritt Keplers über die Bahnform, der durch ihn vollzogene und für die weltanschauliche Erziehung der Schüler wichtige Schritt des Verzichts auf das Axiom, Himmelskörper müßten sich als ideale Gebilde auf Kreisbahnen bewegen, erfaßt wurde. Des weiteren wurde beachtet, daß den Schülern jedoch die geometrischen Parameter der Ellipse (Brennpunkt, Halbachsen u. dgl.) nicht bekannt sind, deshalb werden Bahnen als kreisähnlich charakterisiert, was auch deshalb berechtigt ist, weil bei Anwendungen z. B. des Gravitationsgesetzes auf die Planeten im Physikunterricht i. a. Kreisbahnen zugrunde gelegt werden. Die Formulierung des zweiten Gesetzes bietet die Möglichkeit, dieses aus dem Gesetz von der Erhaltung der Energie bei mechanischen Vorgängen zu folgern. Abnahme der potentiellen Energie eines Planeten bei Annäherung an die Sonne führt zur Erhöhung der kinetischen

Energie und wegen der Konstanz der Masse des Planeten zur Vergrößerung seiner Geschwindigkeit. Diesen Schluß können und sollen die Schüler im Astronomieunterricht vollziehen. Formulierungen des zweiten Keplerschen Gesetzes mit solchen Größen wie Flächengeschwindigkeit oder Drehimpuls kommen nicht in Betracht, da Wissen über diese Größen nicht zur Allgemeinbildung der Schüler gehört und in der Oberschule nicht vermittelt wird. Die Schüler lernen die Tendenz der Bahngeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Sonnenabstand kennen. Es sollte Wert darauf gelegt werden, daß die Schüler auch mit dem Begriff *mittlere Bahngeschwindigkeit* arbeiten, da es sonst zu Verständigungsschwierigkeiten beim dritten Keplerschen Gesetz kommen kann. Aus ähnlichem Grund muß auch betont werden, daß es sich bei diesem Gesetz um die Bewegung eines Planeten handelt. Es empfiehlt sich auch der Hinweis, daß die Bahngeschwindigkeit *eines* Planeten nicht mit seiner Rotationsgeschwindigkeit verwechselt werden darf, daß letztere dann im Stoffabschnitt „Physikalische Eigenschaften der Planeten“ eine Rolle spielen wird (Abplattung). Wird bei der Erarbeitung der Kassettenfilm „Planetengesetze“ eingesetzt, muß der Lehrer darüber hinwegführen, daß im Film die Flächengeschwindigkeit betont wird. Es ist aber auch möglich, den Sachverhalt lediglich mit Hilfe des Bildes 29/1 im Lehrbuch zu erläutern. Um den geringen Betrag der Abweichung der Bahngeschwindigkeiten vom Mittelwert zu verdeutlichen, kann der Hinweis gegeben werden, daß er bei der Erde zwischen etwa 29 bis 31 km · s⁻¹ schwankt.

Beim dritten Keplerschen Gesetz wurde die Formulierung mit Hilfe einer Gleichung gewählt. Die Schüler können selbst mit Hilfe des Taschenrechners aus Bahnradien und Umlaufzeiten der Planeten die Konstanz der Quotienten $\frac{r^3}{T^2}$ nachweisen (LB, Tabelle S. 30). Dabei sollte nicht außer Acht bleiben, daß Schüler auch andere (falsche) Quotienten berechnen sollen, um zu begreifen, welche Leistung Kepler vollbringen mußte, ehe er – ohne Rechenhilfsmittel – zur Erkenntnis dieses Gesetzes kam. Die Erarbeitung des dritten Gesetzes durch die Schüler ist im Astronomieunterricht ein Musterbeispiel für das empirische Erarbeiten eines Gesetzes.

Für die Formulierung des Gesetzes in der Form $\frac{r^3}{T^2} = \text{konstant}$ spricht, daß – z. B. im fakultativen Unterricht – den Schülern der Zusammenhang mit dem Gravitationsgesetz, d. h. die Proportionalität der Masse des Zentralkörpers (Sonne) und der konstanten Quotienten $\frac{r^3}{T^2}$ durch mathematische Umformung nachgewiesen werden kann. Dies wäre dann ein Musterbeispiel für die theoretische Erarbeitung eines Gesetzes im (fakultativen) Astronomieunterricht.

Bei der Interpretation der Gleichung $\frac{r^3}{T^2} = \text{konstant}$ gibt es folgendes zu beachten: Die Aussage, daß von der Sonne weiter entfernte Planeten größere Umlaufzeiten als näherliegende haben, halten die Schüler wegen der offensichtlich größeren Länge der Bahn für trivial. Dahinter steckt, daß diese Schüler oft von der gleichen Bahngeschwindigkeit (zumindest Durchschnittsgeschwindigkeit) aller Planeten ausgehen. Es ist deshalb wesentlich, den Schülern zu erläutern, daß von der Sonne weiter entfernte Planeten eine kleinere Bahngeschwindigkeit als sonnennähere haben. Dies kann den Schülern u. U. auch durch eine Berechnung klargemacht werden, indem die Gleichungen $\frac{r^3}{T^2} = \text{konstant}$ und $v = \frac{2\pi r}{T}$ miteinander kombiniert werden (LB, Tabelle S. 30). Jedoch genügt es und ist durchaus im Sinne des Lehrplans, den angesprochenen Sachverhalt den Schülern z. B. mit Hilfe des Kassettenfilms zu erläutern. Letztlich geht es darum, daß die Schüler wissen, sonnennähere Planeten überholen beim Umlauf um die Sonne die sonnenferneren. Mit diesem Wissen ist es möglich, die scheinbare Bewegung der Planeten relativ zu den Sternen zu verstehen, und je nach methodischer Gestaltung des Unterrichts diese von der Erde aus zu beobachtende Bewegung eines Planeten vorherzusagen oder zu erklären. Zur Erklärung der scheinbaren Bewegung eines Planeten müs-

sen die Schüler befähigt werden. Dies kann im Ergebnis eines Unterrichtsprozesses geschehen, indem zunächst die Vorhersage der scheinbaren Bewegung im Mittelpunkt steht und die Erklärung als weitere Anwendung des dritten Keplerschen Gesetzes erfolgt.

Es ist jedoch auch möglich, von beobachteten Planetenschleifen auszugehen und diese zu erklären, auf die Vorhersage der scheinbaren Bewegung somit zu verzichten.

Bei der Gleichwertigkeit der methodischen Möglichkeiten bei der Anwendung des dritten Keplerschen Gesetzes auf die scheinbare Bewegung der Planeten ist das Festschreiben eines einzigen Weges ausgeschlossen. Vielmehr geht es darum, daß der Lehrer innerhalb seines Gesamtkonzeptes für den Astronomieunterricht die weltanschaulich bedeutsame Möglichkeit, mit einem Naturgesetz Vorgänge am Sternhimmel zu erklären oder vorherzusagen, überlegt einsetzt.

Bei der Arbeit mit dem Gravitationsgesetz kann davon ausgegangen werden, daß die Schüler dieses Gesetz unmittelbar vorher im Physikunterricht kennengelernt haben (Anfang der Klasse 10). Während dort die Masse eines Zentralkörpers aus der Umlaufzeit seiner Satelliten und die Kreisbahngeschwindigkeit von Raumflugkörpern berechnet wurden, wird das Gravitationsgesetz hier genutzt, um mit Bezug auf das Newtonsche Grundgesetz der Dynamik die Gleichung $a = k \cdot m/r^2$ theoretisch herzuleiten und damit den Umlauf der Erde um die Sonne zu erklären (Schülertätigkeit!). Dabei sollen die Schüler erkennen, daß der unterschiedliche Abstand Erde-Sonne (Sonnennähe und Sonnenferne) eine Änderung des Betrages der Gravitationskräfte zur Folge hat und damit die Aussage des 2. Keplerschen Gesetzes eine inhaltliche Erklärung erfährt. Numerische Berechnungen mit dem Gravitationsgesetz werden an dieser Stelle nicht durchgeführt. Die Schüler üben sich aber im Erklären des Umlaufs der Erde um die Sonne mit dem Newtonschen Gravitationsgesetz.

Im Unterricht kommt es darauf an, die den Schülern im Prinzip bereits bekannte jährliche Bewegung der Erde mit Hilfe der Keplerschen Gesetze genauer zu beschreiben und sie der bereits bekannten täglichen Bewegung – vor allem mit ihren jeweiligen Folgen – gegenüberzustellen. Die Widerspiegelung des Erdumlaufs am Himmel ist für die Schüler nicht leicht einsehbar. Um das Verständnis zu erleichtern, ist neben dem Bild 32/1 im Lehrbuch auch eine Demonstration mit Hilfe zweier Schüler, die Erde und Sonne darstellen, möglich. Auch das Aufstellen des Telluriums mitten im Raum hilft, die scheinbare jährliche Bewegung der Sonne zu beschreiben. Bei der Demonstration am Schultellurium bzw. beim Einsatz des Bildes 31/1 sollte die gleichbleibende Neigung der Erdachse als Ursache für die Entstehung der Jahreszeiten betont werden. Damit wird der verbreiteten falschen Auffassung entgegengewirkt, daß der wechselnde Abstand Erde-Sonne darauf von Einfluß sei.

Die Hinweise auf das Zustandekommen der jährlichen Parallaxe anhand der Abbildung im Lehrbuch und auf die Tatsache, daß es erst relativ spät möglich wurde, eine Sternparallaxe zu messen, macht den Schülern die Problematik der Durchsetzung des heliozentrischen Weltbildes deutlich. Wichtig ist auch der Hinweis auf die spätere Entdeckung des Planeten Neptun mit Hilfe der bekannten Bewegungsgesetze der Planeten und des Gravitationsgesetzes; dadurch wird die Erkennbarkeit der Welt noch einmal deutlich hervorgehoben. Auch der Hinweis auf die Tatsache, daß die Raumfahrt diese Gesetze bestätigt hat und sie ständig anwendet, dient der weltanschaulichen Bildung und Erziehung der Schüler.

Die Aufgabe im Lehrbuch, S. 29, Nr. 4 eignet sich sehr gut als Hausaufgabe und für den Einsatz des Taschenrechners (sofern sie nicht schon bei der Erarbeitung eingesetzt wurde).

Scheinbare Bewegungen und Sichtbarkeit der Planeten. Der Zielorientierung für diesen Stoffabschnitt kann die Diskussion einer in die Schiefertuchkarte „Tierkreiszone“ einge-

zeichneten aktuellen Bahnschleife eines Planeten (evtl. des beobachteten) dienen. Da es vor allem auf die Gewinnung der Erkenntnis ankommt, daß beobachtete Erscheinungen mit den bekannten Gesetzen erklärbar sind, sollte auf die Verwendung unwesentlicher Begriffe verzichtet werden (rechtläufig, rückläufig).

Für die Erläuterung der Entstehung von Bahnschleifen ist der Kassettenfilm K-F 130 sehr gut geeignet, der von einem Schüler kommentiert werden kann. Sollte er nicht einsetzbar sein, kann auch das Planetenschleifengerät genutzt werden. Das erfordert aber einen verdunkelten Raum, weil der vom Gerät projizierte Lichtfleck nur sehr schwach erscheint. Man kann auch zu folgender Lösung greifen: Mit Hilfe von Stativmaterial aus dem Physikunterricht wird der Sehstrahl des irdischen Beobachters zu dem beobachteten Planeten durch einen Stab verdeutlicht, der die beiden Himmelskörper im Modell verbindet. Die Bewegungsrichtung und ihre zeitweilige Veränderung läßt sich so auch im unverdunkelten Raum deutlich erkennbar darstellen.

Die Position des von den Schülern beobachteten Planeten (BA 4) kann Ausgangspunkt der Betrachtungen zur Sichtbarkeit der Planeten sein. Bei noch ausstehender Beobachtung bietet sich auch die Vorherbestimmung seiner Sichtbarkeit an. Der Lehrer entnimmt dazu die Äquatorkoordinaten des Planeten dem aktuellen „Kalender für Sternfreunde“ und gibt den Schülern die Position des Planeten durch Kennzeichnung des Ortes am Himmel an (mit Hilfe von Horizontkoordinaten oder durch seine Lage zu hellen Sternen). Die Schüler sollen befähigt werden zu erkennen, ob ein Planet zu einem gegebenen Zeitpunkt sichtbar ist bzw. wo und wann ein Planet beobachtet werden kann. Damit erleben sie eine praktische Tätigkeit, die ihnen deutlich die Einsicht vermittelt, daß bei Kenntnis der Bewegungsgesetze der Planeten ihre Örter berechenbar und damit vorhersagbar sind. Für die Erarbeitung eignen sich Selbstbau-Modelle (z. B. Folien), die den Schülern die Planetenposition in heliozentrischer und in geozentrischer Sicht zeigen. Im Ergebnis der Erarbeitung müssen die Schüler solche Aussagen treffen können, wie sie das Tafelbild angibt (Stellungen a, b, c₁, c₂, d). Darüber hinaus wäre es denkbar, daß die Schüler auch zu einer Aussage über die zu beobachtende Gestalt des Planeten befähigt werden (z. B. Phasengestalt der Venus).

Physikalische Eigenschaften der Planeten. Zur Motivierung kann eingangs das Lichtbild 1135/8 (Erde im Raum) gezeigt werden. Für die Erarbeitung der Planetengruppierung genügt es, wenn der Lehrer den Kopf der Tabelle an der Tafel vorgibt und darauf hinweist, daß Begriffe wie „klein“ und „groß“ zur Charakterisierung ausreichen. Ein Schüler kann die Aufgabe an der verdeckten Tafel lösen, ein weiterer das Ergebnis der Tafelarbeit kommentieren bzw. erläutern. Dabei sollte darauf eingegangen werden, daß die Erde unter den Planeten keine Sonderstellung einnimmt, sich aber als einzig möglicher Lebensraum für den Menschen erwiesen hat und damit die Verantwortung deutlich wird, die dem Menschen für die Erhaltung des Lebensraumes obliegt.

Für die Beschreibung des beobachteten Planeten steht folgendes Bildmaterial zur Verfügung:

Planet	BA	R 1145 Bild	LB Bild	BM	Astr. i. d. Sch. Jahrg./Heft
Venus	4/1	19	35/1	—	77/1
Mars	—	20 bis 23	Farbtafel 1	—	77/2
Jupiter	4/3	25	Farbtafel 2	—	77/3
Saturn	4/4	27	34/1	5	—

Dabei sind nach Möglichkeit neuere Erkenntnisse über den beobachteten Planeten durch die Raumfahrt in den Unterricht einzubeziehen. Zusätzlich können neuere Bilder aus den Bildreihen der „Urania“ genutzt werden.

Der Hinweis auf die Planetenatmosphären sollte auf Ähnlichkeiten und Unterschiede im Vergleich zur Erdatmosphäre abzielen.

Scheinbare Bewegungen der Planeten

a) meist West → Ost (Ursache: Umlauf um die Sonne)
 b) zeitweilig Schleifenbildung (Ursache: Erde überholt den Planeten)

Sichtbarkeit der Planeten

Stellung relativ zur Sonne	sichtbar	
	wann?	wo?
a östlich von der Sonne	abends	Westhimmel
b westlich von der Sonne	morgens	Osthimmel
c gleiche Richtung	gar nicht	
d gegenüber der Sonne	ganze Nacht	U - S - W

Bild 8 Tafelbild zu „Scheinbare Bewegungen und Sichtbarkeit der Planeten“

Physikalische Eigenschaften der Planeten

<u>Planetengruppe:</u>	<u>Radius</u>	<u>Masse</u>	<u>Dichte</u>
erdartige Planeten (Merkur, Venus, Erde, Mars)	klein	klein	groß
jupiterartige Planeten (Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun)	groß	groß	klein

mittlerer Erdradius 6370 km

Bild 9 Tafelbild zu „Physikalische Eigenschaften der Planeten“

Vorschlag für Aufgaben zur Überprüfung des Wissens und Könnens

1. Vergleichen Sie das geozentrische Weltbild des Ptolemäus mit dem heliozentrischen Weltbild des Copernicus!

2. Welchen Beitrag leisteten Kepler und Newton zur Weiterentwicklung der heliozentrischen Weltvorstellung?
3. Beschreiben Sie am Beispiel des Wirkens von Bruno und Galilei, wie geistlicher und weltlicher Adel im Mittelalter den wissenschaftlichen Fortschritt bekämpften! Nennen Sie die Ursachen für die wissenschaftsfeindliche Haltung der damals herrschenden Klasse!
4. Nennen Sie die Namen der Planeten entsprechend ihrer Anordnung um die Sonne! Wodurch unterscheidet sich die Sonne von den Planeten?
5. Was verstehen wir unter einer Astronomischen Einheit? Wie groß ist ihr Betrag?
6. Beschreiben Sie den Umlauf der Erde um die Sonne mit Hilfe der Keplerschen Gesetze!
7. Die Bahngeschwindigkeit eines Planeten nimmt zu. Was läßt sich über die Veränderung seines Abstandes von der Sonne aussagen?
8. Der Abstand eines Planeten von der Sonne nimmt zu. Was läßt sich über die Veränderung seiner Bahngeschwindigkeit aussagen?
9. Planet A hat einen größeren Bahnradius als Planet B. Vergleichen Sie a) die Umlaufzeiten und b) die mittleren Bahngeschwindigkeiten der beiden Planeten!
10. Planet A hat eine größere Umlaufzeit als Planet B. Vergleichen Sie a) die Bahnradien, b) die mittleren Bahngeschwindigkeiten der beiden Planeten!
11. Erklären Sie den Umlauf der Erde um die Sonne mit Hilfe des Newtonschen Gravitationsgesetzes!
12. Erklären Sie die scheinbare Bewegung eines Planeten!
13. Erläutern Sie die scheinbare jährliche Bewegung der Sonne!
14. Nennen Sie eine Erscheinung am Himmel, die durch den Umlauf der Erde um die Sonne bedingt ist!
15. Nennen Sie eine Erscheinung am Himmel, die durch die Erdrotation bedingt ist!
16. Erläutern Sie die Sichtbarkeit eines Planeten mit Hilfe einer Skizze!
17. Ein Planet steht von der Erde aus gesehen rechts (westlich)/links (östlich) von der Sonne. Was läßt sich über seine Sichtbarkeit aussagen?
18. Ein Planet steht von der Erde aus gesehen in der gleichen Richtung wie die Sonne/der Sonne gegenüber.
Was läßt sich über seine Sichtbarkeit aussagen?
19. Erläutern Sie die Einteilung der Planeten in zwei Gruppen, und charakterisieren Sie diese Gruppen nach wichtigen Zustandsgrößen!

Stoffeinheit Mond

2 Stunden

Die natürlichen Satelliten der Planeten sind bereits in der Stoffeinheit „Überblick über das Sonnensystem“ genannt und in kurzer Form charakterisiert worden. Nunmehr ist als Vertreter dieser Klasse von Himmelskörpern ausschließlich – wenn man von einem kurzen Hinweis am Ende der Stoffeinheit absieht – der Mond der Erde Unterrichtsgegenstand. Im Gegensatz zur Stoffeinheit „Planeten“ sollte hier von den beobachtbaren Bewegungen des Himmelskörpers ausgegangen und auf die wahren Bewegungen geschlossen werden. Dazu eignet sich sehr gut die (langfristig als Hausaufgabe erteilte) Beobachtungsaufgabe 5, deren Auswertung im Unterricht erfolgt. Im Zusammenhang damit werden die Mondphasen und die Finsternisse erarbeitet.

Der Stoffabschnitt „Physikalische Eigenschaften“ leistet einen weiteren Beitrag für das Wissen und Können der Schüler zum Gravitationsgesetz anhand der Fallbeschleunigung auf der Mondoberfläche.

Ziele

Die Schüler

- kennen die wahren und scheinbaren Bewegungen des Mondes;
- kennen die Mondphasen (Neumond, zunehmender Mond, Vollmond, abnehmender Mond) und die wichtigsten Arten der Finsternisse (Sonnenfinsternis, Mondfinsternis);
- kennen die wechselseitigen Gravitationswirkungen zwischen Erde und Mond (Umlaufbahn des Mondes, Gezeiten);
- kennen wichtige Oberflächenformen des Mondes (Tiefebenen, Gebirge, Krater);
- können den Mond und die anderen natürlichen Satelliten räumlich und größenmäßig in das Sonnensystem einordnen;
- können wichtige physikalische Eigenschaften des Mondes erklären (geringe Fallbeschleunigung und geringe Gewichtskraft auf der Oberfläche im Vergleich zur Erde; Fehlen einer Atmosphäre und Folgen);
- können die Entstehung der Mondphasen und der Finsternisse (z. B. mit Hilfe des Telluriums) demonstrieren und erklären.

Bei den Schülern wird die Überzeugung gefestigt, daß auf dem Mond das Wirken gleicher Naturgesetze wie auf der Erde nachweisbar ist und Phasen und Finsternisse berechenbar und vorhersagbar sind.

Unterrichtsmittel

Schultellurium

WK „Erdmond“ (oder Handkarte)

K-F 55

R 1135

Schwerpunkte und Hinweise zur Unterrichtsgestaltung

Bewegungen des Mondes. Für die Motivierung kann das Bild 37/1 im Lehrbuch mit dem dazugehörigen Text genutzt werden. Grundlage für die Behandlung sind die von den Schülern als Hausaufgabe durchgeführten Beobachtungen des Mondes (BA 5). Von einem Schüler kann die Skizze der Mondbewegung an die verdeckte Tafel gezeichnet werden, ein zweiter Schüler macht an dieser Skizze die Veränderung der Koordinaten Azimut und Höhe deutlich.

Die beobachtbaren Bewegungen des Mondes und die wahren Bewegungen von Erde und Mond um die Sonne können mit Hilfe des Lehrbuches (S. 37 und 38) erarbeitet werden.

Sollten Schüler bei der Beobachtung darauf aufmerksam geworden sein, daß man immer dieselbe Seite des Mondes sieht, kann ein Schüler damit beauftragt werden, sich in häuslicher Arbeit auf einen Kurzvortrag zur gebundenen Rotation vorzubereiten.

Bei der Erarbeitung der Lichtgestalten des Mondes verdient die Tatsache besondere Beachtung, daß der Mond stets zur Hälfte beleuchtet wird, es bei den Lichtgestalten jedoch um die wechselnde Größe des für uns sichtbaren Teils der beleuchteten Mondoberfläche geht. Sowohl für diesen als auch für den nächsten Abschnitt eignet sich das Schultellurium als Anschauungsmittel recht gut, möglich sind aber auch einfache Experimentieranordnungen, wie z. B. Erdglobus, Ball, lichtstarke Taschenlampe sowie Bild 39/1 im Lehrbuch. Der festigenden Zusammenfassung kann ein Schülervortrag dienen (Erklären der Entstehung der Mondphasen).

Der Demonstration des Zustandekommens der Finsternisse kann ein vorbereiteter

Schülervortrag vorausgehen, der den Stoff aus dem Physikunterricht der Klasse 6 wiederholt (Erklären der Entstehung einer Mondfinsternis). Zur Lenkung des Auswertungsgesprächs nach der Demonstration können den Schülern Fragen vorgegeben werden, anhand derer sie die Demonstration auswerten sollen (z. B.: In welcher Reihenfolge sind die Himmelskörper angeordnet? Welche Mondphase liegt jeweils vor? Handelt es sich um wahre oder scheinbare Erscheinungen? Wie groß ist das Gebiet auf der Erde, von dem aus man diese Finsternis beobachten kann? Wie groß ist die Häufigkeit, mit der von einem Ort aus eine Mond- bzw. Sonnenfinsternis gesehen werden kann?). Die Zusammenfassung der Ergebnisse eines solchen Vergleichs kann dann in einer Tabelle erfolgen. Die Neigung der Mondbahnebene gegen die Ekliptik ist mit Hilfe des Bildes im Lehrbuch zu erläutern. Es genügt, die Schüler die Erkenntnisse gewinnen zu lassen, daß es wegen dieser Neigung nicht bei jedem Mondumlauf zu Finsternissen kommt und daß Finsternisse sich aus den bekannten Bewegungen von Mond und Erde heraus erklären und vorhersagen lassen.

Physikalische Eigenschaften und Oberfläche des Mondes. Für die Berechnung des Wertes der Fallbeschleunigung auf der Mondoberfläche (LB, S. 43, Nr. 1) wie für den Vergleich der Gravitationskräfte der Sonne und des Mondes für einen Körper auf der Erdoberfläche (LB, S. 84, Nr. 22) eignet sich der Taschenrechner. Für die letzte Aufgabe empfiehlt sich ein Hinweis auf die Darstellung im Lehrbuch (S. 30). Wesentlicher als die durchzuführenden numerischen Berechnungen aber ist die Erreichung des Lehrplanziels, daß die Schüler anhand der Gleichung des Gravitationsgesetzes die unterschiedliche Abhängigkeit des Betrages der Fallbeschleunigung von Masse und Radius des Himmelskörpers erkennen, also das Gesetz interpretieren können. Der Stoffabschnitt kann damit abgeschlossen werden, daß Schüler die physikalischen Verhältnisse auf dem Mond erklären.

Für die Behandlung der Oberfläche des Mondes wird die Beobachtungsaufgabe 8 ausgewertet; die Wandkarte (oder Handkarte) des Mondes sollte über längere Zeit im Fachraum ausgehängt werden. An der Wandkarte des Mondes finden die Schüler gekennzeichnet, wo Mondsonden gelandet sind. Sie werden auf die Bedeutung der Raumfahrt für die Erforschung des Mondes aufmerksam gemacht.

Der Unterricht gewinnt sehr, wenn neuere Ergebnisse der Raumfahrt bezüglich der Oberfläche des Mondes in Presseveröffentlichungen einbezogen werden.

Bei den Marssatelliten sollte auf ihre auffallend kleinen Durchmesser und die unregelmäßige Form hingewiesen werden, bei den Jupitersatelliten auf ihre Rolle in der Astronomiegeschichte (Galilei) sowie auf die Entdeckung weiterer Satelliten bzw. Erforschung von Oberflächendetails mit Hilfe der Raumfahrt in jüngster Zeit.

Stoffeinheit Raumfahrt

2 Stunden

Ziele

Die Schüler

- kennen wichtige Aufgaben und den Nutzen der Raumfahrt für die Menschheit;
- kennen wichtige Zielstellungen und Prinzipien der sowjetischen Raumfahrt, das Streben der UdSSR nach weltweiter Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Raumfahrt, das Ringen der Sowjetunion um die Sicherung der friedlichen Nutzung der Raumfahrt sowie ihren Kampf gegen die Militarisierung des Weltraums;

- besitzen Kenntnisse über den Mißbrauch der Errungenschaften der Raumfahrt durch den USA-Imperialismus;
- gelangen zu Einsichten in die Abhängigkeit der Ziele und Nutzung der Ergebnisse der Raumfahrt von den gesellschaftlichen Verhältnissen;
- besitzen Kenntnisse über die Rolle der Raumfahrt für den Erkenntnisfortschritt in der Wissenschaft und über den Zusammenhang von Raumfahrt und wissenschaftlich-technischem Fortschritt;
- haben Einblick in die Entwicklung der Raumfahrt.

Unterrichtsmittel

R 1115

R 1135

TR 158

Der Lehrer kann entsprechend seiner Planung auch auf die Fernsehsendung „Künstliche Erdsatelliten“ zurückgreifen.

Schwerpunkte und Hinweise zur Unterrichtsgestaltung

Entwicklung und wichtige Aufgaben der Raumfahrt. Mit der Stoffeinheit „Raumfahrt“ wird die Behandlung der natürlichen Himmelskörper des Sonnensystems verlassen. Der Lehrer kann seinen Schülern den Übergang zu dieser neuen Thematik leicht machen, wenn er bereits am Ende der vorhergehenden Stoffeinheit auf die Erforschung des Mondes mit Hilfe der Raumfahrt hinweist (Landungen von Menschen und unbemannten Fahrzeugen auf dem Mond) und dies zu den Untersuchungen von Planeten mit Hilfe der Raumfahrt in Beziehung setzt. Es liegt dann auf der Hand – und dies ist für die Schüler eine günstige Motivation –, sich auch explizit mit der Raumfahrt als einem modernen und hocheffektiven Mittel der astronomischen Forschung zu befassen. Dabei wird sich jedoch zeigen, daß die Raumfahrt für weit mehr Zweige der Wissenschaft und Technik große Bedeutung besitzt.

„Was verdanken *wir* der Raumfahrt?“ Mit dieser Frage kann ein Unterrichtsgespräch eingeleitet werden, in dessen Verlauf die Schüler selbst die verschiedenen, ihnen bekannten Einsatzbereiche der Raumfahrt nennen. Wenn in diesem Zusammenhang auch herausgearbeitet werden kann, daß unterschiedliche Aufgaben auch unterschiedliche Bahnen der Raumflugkörper fordern, so ist dies für ein tieferes Verständnis des Lehrbuchtextes (S. 49 f.) von großem Nutzen. Ein aktuelles Beispiel dafür, wie sich die Wissenschaftler der DDR an der Fernerkundung der Erde und der anderen Raumfahrtunternehmungen beteiligen, lenkt die Aufmerksamkeit der Schüler auf einen wichtigen politischen Aspekt. Solche Beispiele muß der Lehrer jeweils der aktuellen Berichterstattung (z. B. in der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“) entnehmen. Es soll den Schülern als Ergänzung zu den Daten aus der Geschichte der Raumfahrt dienen und die beständige Mitwirkung unseres Landes an der friedlichen raumfahrttechnischen Erforschung der Erde, des erdnahen Raumes und des Sonnensystems belegen. Mit der Frage nach dem ökonomischen Nutzen und der volkswirtschaftlichen Effizienz der Raumfahrt läßt sich die Erörterung motivieren, wie die Raumfahrt für die Volkswirtschaft genutzt werden kann. Auch dazu sollten aktuelle Informationen (z. B. aus der Tagespresse) herangezogen werden.

Raumfahrt für den Frieden. Die gegensätzlichen Tendenzen in der Raumfahrt – bedingt durch die gesellschaftlichen Verhältnisse – lassen sich am besten mit Hilfe aktueller

Beispiele, die den Schülern aus den Massenmedien bekannt sind, erläutern. Am Werdegang der Raumfahrt in der UdSSR und in den USA kann man gegensätzliche Tendenzen der Ziele und der Nutzung der Raumfahrt erkennen, die aus den gesellschaftlichen Verhältnissen erwachsen. Für die sowjetische Raumfahrt lassen sich Zielstrebigkeit, Planmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit überzeugend darstellen. Es ist herauszuarbeiten, daß die UdSSR jegliche Wettlaufbestrebungen in der Raumfahrt ablehnt und daß sie eine verantwortungsvolle und bewußte Einstellung zum Risiko, insbesondere bei bemannten Raumfahrtunternehmungen hat.

Das Streben der Sowjetunion nach einer weltweiten friedlichen Zusammenarbeit in der Raumfahrt kann sehr gut anhand der Ziele und Prinzipien des Interkosmos-Programms erläutert werden. Auch hierbei ist es geboten, auf die Aktivitäten der DDR bei der Realisierung dieses Programms einzugehen. Die Schüler sollen auch erfahren, daß Interkosmos nicht die einzige Form der internationalen Zusammenarbeit darstellt. Sie erfassen den politischen Aspekt dieser Zusammenarbeit besser, wenn ihnen der Lehrer auch Beispiele für die Zusammenarbeit der UdSSR mit nichtsozialistischen Staaten und Raumfahrtorganisationen nennen kann. Das können Ereignisse aus der Vergangenheit sein (z. B. der gemeinsame Flug eines sowjetischen und eines US-amerikanischen Raumschiffes im Jahre 1975 oder die Zusammenarbeit der UdSSR und der anderen sozialistischen Staaten mit der westeuropäischen Raumfahrtbehörde ESA bei der Erforschung des Kometen Halley 1985/86). Es sollten aber auch aktuelle Beispiele genannt werden.

Bei der Darstellung der Raumfahrt in den USA sollten die wissenschaftlichen und technischen Leistungen der US-Raumfahrt genannt werden. Ganz wichtig ist aber, daß die Schüler die Ziele, die von den USA mit der Raumfahrt verfolgt werden, kennen und parteilich werten können. Mit Hilfe von Beispielen sind Aktivitäten und Vorhaben der USA zur Militarisierung der Raumfahrt und des Weltraums zu erläutern, welche das Ziel verfolgen, militärische Überlegenheit über die UdSSR zu erlangen. Auch zu diesem Thema ist das Einbeziehen aktueller Meldungen (z. B. aus den Massenmedien) eine Möglichkeit, den Unterrichtsstoff persönlich bedeutsam für die Schüler zu machen. Aber auch die Geschichte der Raumfahrt – z. B. das im Lehrbuch auf S. 51 erwähnte Beispiel – bietet Material zu dieser Thematik. Die Stoffeinheit soll mit einem optimistischen Ausblick beschlossen werden, der den Schülern bewußtmacht: Der Weltraum gehört allen Menschen und muß deshalb ein Gebiet des Friedens und der internationalen Zusammenarbeit sein.

Ziele und inhaltliche Schwerpunkte

Im Stoffgebiet „Sterne, Sternsysteme, Metagalaxis“ gibt es einen zentralen Begriff, der die gesamte Unterrichtsthematik beherrscht und in allen Stoffeinheiten eine wesentliche Stellung einnimmt. Es ist der Begriff *Stern*. Die Schüler lernen ihn in der einführenden Stoffeinheit am Beispiel der Sonne kennen; sie vertiefen ihr Wissen über diesen Begriff und weiten es aus, wenn sie in der Stoffeinheit „Sterne“ über physikalische Eigenschaften und über die Entstehung und Entwicklung der Sterne unterrichtet werden, und sie benötigen ihn wieder bei den Betrachtungen zum Aufbau der Galaxis, der Galaxien und der Metagalaxis am Ende des Jahreslehrganges. Damit ist zugleich gesagt, daß der Unterricht im Stoffgebiet „Sterne, Sternsysteme, Metagalaxis“ den Blick der Schüler auf sehr viel größere Dimensionen und Entfernungen lenkt, als sie im Sonnensystem zu finden sind. Das Voranschreiten vom Nahen zum Entfernten im Astronomieunterricht wird hier konsequent fortgesetzt. Die Stoffeinheit Sonne bildet eine Brücke zwischen der Behandlung der Körper des Sonnensystems und der Vermittlung von Wissen und Können über die Physik der Sterne und Sternsysteme. Im vorangehenden Stoffgebiet „Das Sonnensystem“ wurde die Sonne als Gravitationszentrum betrachtet. Sie erhielt dadurch eine gewisse Sonderstellung unter den behandelten astronomischen Objekten.

Im Stoffgebiet „Sterne, Sternsysteme, Metagalaxis“ wird nun die Sonne als Stern charakterisiert, der sich nicht von vielen anderen Sternen unterscheidet, für den aber wegen seiner geringen Entfernung von der Erde besonders gute Beobachtungsmöglichkeiten bestehen. Bestimmte Einzelheiten, die bei anderen Sternen nicht beobachtbar sind, lassen sich auf der Sonne leicht untersuchen.

Bei der Beobachtung der Sonne mit dem Schulfernrohr ist die Aufmerksamkeit der Schüler besonders auf die Gestalt, auf die scharfe Abgrenzung der Sonne von ihrer Umgebung und die Sonnenflecke zu lenken. Form und Abgrenzung der Sonne machen die Wirkung der Gravitationskraft deutlich; aus der Erscheinung der Sonnenflecke kann auf veränderliche Prozesse im Sonneninneren geschlossen werden. Die Betrachtung des Sonnenspektrums lenkt den Blick der Schüler auf die Spektralanalyse als ein für die gesamte Astronomie wichtiges Forschungsverfahren.

Die Beobachtung der Sonne sollte auch dazu genutzt werden, früher im Astronomieunterricht erworbene Kenntnisse zu reaktivieren und zu festigen. Dazu zählen Kenntnisse über die Rotation der Erde (erkennbar an der Bewegung des Sonnenbildes auf dem Projektionsschirm), über die Ermittlung der Koordinaten der Sonne zum Zeitpunkt der Beobachtung und über die unterschiedlichen Kulminationshöhen der Sonne im Sommer und im Winter.

Die Schüler erwerben in der Stoffeinheit „Die Sonne“ auch Kenntnisse über Spektren, über die Frequenzbereiche des elektromagnetischen Spektrums und über die Kernfusion. Ihre Erarbeitung muß sich jedoch auf die Anwendung in der Astronomie beschränken;

eine umfassendere Darstellung erfolgt später im Physikunterricht der Klasse 10. Bei der Erarbeitung der Größe Leuchtkraft und deren Berechnung lernen die Schüler ein weiteres Beispiel für die Anwendung der Mathematik in der Astronomie kennen.

Bei der Einführung in die Stoffeinheit „Sterne“ sollen die Schüler erkennen, daß die Bestimmung der Entfernung eines Sterns Voraussetzung für die Ermittlung weitergehender Aussagen ist. Gleichzeitig wird aber mit der Behandlung der Entfernungsbestimmung eine Grundlage dafür geschaffen, daß die Schüler in der nachfolgenden Stoffeinheit „Sternsysteme und Metagalaxis“ die Verteilung der Sterne im Weltall zu begreifen vermögen und sich dadurch eine Vorstellung von der Struktur der Galaxis und der anderen Sternsysteme erarbeiten können. Die Schüler erkennen, daß mit der Entwicklung neuer Methoden (Messungen von Sternparallaxen, Bahnbestimmung bei Doppelsternen, Methoden zur Beobachtung von Radiowellen und anderen unsichtbaren Strahlungen) und Instrumente (große Spiegelteleskope, radioastronomische Instrumente, astronomische Beobachtungsinstrumente in Raumflugkörpern) der astronomischen Forschung immer größere Räume zugänglich werden und daß sich die Grenzen des beobachtbaren Teiles des Weltalls immer weiter hinausschieben. Bei der Arbeit mit dem Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) lernen die Schüler Zusammenhänge zwischen wichtigen Eigenschaften der Sterne kennen, sie wenden das HRD als Zustands- und Entwicklungsdiagramm an. Darüber hinaus üben sie sich darin, wichtige Strukturen zu erfassen.

Auch die Fähigkeit zum Klassifizieren und zum Systematisieren wird in den drei Stoffeinheiten des Stoffgebietes ausgebaut. In der Stoffeinheit „Sternsysteme und Metagalaxis“ vervollständigen die Schüler ihre Vorstellung vom Weltall und ordnen die Sonne, das Sonnensystem und damit auch die Erde in dieses Bild ein. Sie erwerben Wissen über den stofflichen und räumlichen Aufbau des Weltalls und erfassen, daß die Erkenntnisgewinnung durch Beobachtungen und theoretische Verarbeitung der Beobachtungsergebnisse nicht auf die Objekte unserer Galaxis beschränkt ist. Daraus leiten sie die Überzeugung ab, daß durch die Weiterentwicklung der Beobachtungsinstrumente und die Verfeinerung der Forschungsmethoden die Grenzen des beobachtbaren Weltraumes erweitert und dadurch ständig neue kosmische Objekte und Prozesse erkannt werden.

Die in der Stoffeinheit „Sterne“ begründeten Kenntnisse über kosmische Entfernungen sind zu reaktivieren und zu erweitern, damit die Schüler die Struktur der Metagalaxis erfassen können: Mit der Behandlung der Expansion der Metagalaxis und des Urknalls greift der Astronomieunterricht ein Thema von eminenter weltanschaulicher Bedeutung auf. Die Schüler sind zu der Erkenntnis zu führen, daß die Erforschung der Frühphasen des Kosmos eng mit der Entwicklung der Radioastronomie verbunden ist, daß die Lösung der hierbei noch offenen Fragen auf der Grundlage wissenschaftlicher Methoden möglich ist. Die Überzeugung der Schüler von der umfassenden Gültigkeit des Entwicklungsprinzips im Kosmos wird in entscheidendem Maße bei der Behandlung der Entwicklung der Sterne und der Metagalaxis gefestigt. Die Befähigung der Schüler zum Beschreiben der Entstehung und Entwicklung eines Sterns (am Beispiel der Sonne) zielt in Einheit mit der Vermittlung von Wissen über die Entstehung und Entwicklung der Planeten darauf ab, zum Verständnis der Entstehung und Entwicklung des Sonnensystems insgesamt beizutragen. Die Geschichtlichkeit des Kosmos und die der kosmischen Objekte – insbesondere der Erde – bewußtzumachen und aus bisher noch ungeklärten Problemen die Aufgabe zur Weiterentwicklung der Kenntnisse über das Weltall abzuleiten, gehört in diesem Stoffgebiet zu den wichtigsten erzieherischen Aufgaben des Astronomielehrers.

Je größer die von der astronomischen Forschung zu überbrückenden Entfernungen werden, desto schwieriger gestaltet sich die Gewinnung von Aussagen über die Forschungsobjekte. Es entspricht dem Erkenntnisinteresse der Schüler und dem erzieherischen Ziel des Astronomieunterrichts, wenn im Stoffgebiet „Sterne, Sternsysteme, Metagalaxis“ besonders intensiv über die Methoden der Erkenntnisgewinnung gesprochen wird. Damit

ist verbunden, daß die Schüler in größerem Umfange als bisher physikalische und mathematische Kenntnisse anwenden müssen. Mit dieser engen Bindung von Erkenntnissen und Erkenntnismethoden festigt sich bei den Schülern die Überzeugung von der Erkennbarkeit der Welt. Die mathematischen Verfahren sollten den Schülern soweit erläutert werden, daß am Beispiel Verständnis für den wissenschaftlichen Erkenntnisweg erzielt wird.

Mit diesen Betrachtungen erwerben die Schüler gleichzeitig Kenntnisse, die zur Festigung zweier erzieherisch sehr bedeutsamer Überzeugungen beitragen:

- Naturgesetze gelten überall im Kosmos;
- astronomische Erscheinungen und Vorgänge können mit Hilfe von Naturgesetzen erklärt und vorhergesagt werden.

Sie betrachten die astronomischen Erkenntnisse in ihrem historischen Werden (Bessel, Kant, Herschel, Hubble) und vertiefen die weltanschauliche Einsicht, daß auch im Kosmos eine Entwicklung stattfindet. Dieser Gesichtspunkt erfährt seine konsequenteste Ausprägung in der Stoffeinheit „Sternsysteme und Metagalaxis“.

Vorschlag zur Gliederung des Stoffgebietes

Stoffeinheiten thematische Einheiten	Vorleistungen zu reaktivierendes Wissen
Beobachtungen (1 Stunde)	
BA 7 Die Oberfläche der Sonne BA 8 Scheinbare Helligkeit der Sterne BA 9 Sternfarben BA 10 Doppelstern BA 11 Sternhaufen BA 12 Die Milchstraße	
Stoffeinheit Die Sonne (3 Stunden)	
Sonne und Sonnenaktivität Sonne als Stern Angaben über die Sonne <i>Stern, Photosphäre, Sonnenaktivität, Sonnenmasse, Sonnenradius, Photosphären-temperatur</i> Strahlung der Sonne Zusammensetzung der Sonnenstrahlung Wirkungen der Sonne auf die Erde, Sonnenspektrum <i>Spektralanalyse,</i> Energiehaushalt und Aufbau der Sonne Leuchtkraft, innerer Aufbau der Sonne Energiefreisetzung <i>Leuchtkraft</i>	Überblick über das Sonnensystem (A 10) Gravitation (Ph 10) Gravitation (Ph 10) Leistung (Ph 7, 8)

Stoffeinheiten thematische Einheiten	Vorleistungen zu reaktivierendes Wissen
Stoffeinheit Sterne (6 Stunden)	
<p>Helligkeiten und Entfernungen der Sterne Scheinbare Helligkeit Entfernungsbestimmung <i>Scheinbare Helligkeit, Parallaxe, Lichtjahr, Parsec, Erste Parallaxenmessungen</i> Spektren und Leuchtkräfte der Sterne Temperaturen, Spektren, Leuchtkräfte</p> <p><i>Sterntemperaturen</i> Hertzsprung-Russell-Diagramm Hertzsprung-Russell-Diagramm Radien der Sterne <i>Hauptreihenstern, Riesenstern, Weißer Zwerg</i> Massen und mittlere Dichten der Sterne Massen Mittlere Dichten <i>Doppelstern, Sternmassen</i> Entstehung und Entwicklung der Sterne Sternentstehung Sternentwicklung Entstehung und Entwicklung der Planeten Entstehung der Sonne und der Planeten Entwicklung der Planeten</p>	<p>Potenzen (Ma 9) Parallaxe (A 10) Leistung (Ph 7, 8) Photosphäre der Sonne (A 10) Sonnenspektrum, Spektralanalyse (A 10) Leuchtkraft der Sonne (A 10) Gravitation (Ph 10) Dichte (Ph 6) Gravitation (Ph 10) Energiefreisetzung im Sonneninneren (A 10) Gravitation (Ph 10) Nutzung der Geosphäre, erdgeschichtliche Entwicklung (Geo 8) Erdartige und jupiterartige Planeten (A 10)</p>
Stoffeinheit Sternsysteme und Metagalaxis (3 Stunden)	
<p>Die Galaxis Struktur der Galaxis Ort des Sonnensystems <i>Galaxis (Milchstraßensystem), Sternhaufen, Radioastronomie</i> Außergalaktische Sternsysteme Außergalaktische Sternsysteme, Metagalaxis <i>Außergalaktisches Sternsystem, Metagalaxis</i> Entwicklung im Kosmos Aufbau der Metagalaxis Expansion der Metagalaxis Heißer Anfangszustand und Entwicklungsprozesse in der Metagalaxis <i>„Flucht“ der Galaxien</i></p>	<p>Potenzen (Ma 9) Überblick über das Sonnensystem (A 10) Stadien der Sternentwicklung (A 10) Erweiterung der Beobachtungsmöglichkeiten durch Anwendung radioastronomischer Instrumente (A 10) Potenzen (Ma 9) Entwicklung des Lebens (Bio 10) Entwicklung der Erde (Geo 9) Sternentstehung (A 10)</p>

Empfehlungen zur Gestaltung der Stoffeinheiten

Beobachtungen

1 Stunde

Ziele

Die Schüler

- erkennen, daß die Sonne bestimmte Aktivitätserscheinungen zeigt und daß sich das Sonnenlicht in seine Bestandteile zerlegen läßt;
- können die scheinbaren Helligkeiten der Sterne unterscheiden und die Beobachtungsergebnisse selbständig protokollieren;
- können die Farben heller Sterne erkennen und diese miteinander vergleichen;
- erkennen, daß es in unserer Galaxis neben Einzelsternen Sternhaufen und Doppelsterne gibt.

Unterrichtsmittel

Schulfernrohr mit Sonnenprojektionsschirm

Millimeterpapier

Stablampe

Schüler: Lehrbuch, Protokollvorlage (mit je einem Umriss der Schablonen 1 und 2, Tabelle zu BA 9, Bleistift, Taschenlampe, drehbare Sternkarte)

Schwerpunkte und Hinweise zur Unterrichtsgestaltung

Hinweis: BA 7 wird als Tagesbeobachtung absolviert (ohne Protokollierung). BA 8 ist als Hausbeobachtung geeignet. Die Beobachtungsobjekte für BA 9, BA 10 und BA 11 sind nicht verbindlich. Die Beobachtungsaufgaben können auch kombiniert werden (z. B. BA 9 und BA 10, wenn der Stern Albireo (Sternbild Schwan) als Beobachtungsobjekt ausgewählt wird). Bei BA 12 ist eine besondere Protokollierung des Beobachtungsergebnisses nicht erforderlich.

Tagesbeobachtung (BA 7)

Das Beobachtungsergebnis wird in der Stoffeinheit „Die Sonne“ benötigt.

Beobachtungsablauf	Tätigkeiten des Lehrers und der Schüler
BA 7 Die Oberfläche der Sonne und das Sonnenspektrum BA 7/1 BA 7/2 BA 7/3	Arbeitsschutzbelehrung (vgl. Hinweis zu BA 7 im LB) Beobachten des Sonnenbildes auf dem Sonnenprojektionsschirm Beschreiben der beobachteten Erscheinungen Vergleichen der Durchmesser der Erde und eines Sonnenflecks Beobachten der Farbzerlegung des Sonnenlichtes und Beschreiben des Sonnenspektrums

Erläuterungen zum Beobachtungsablauf

Für die Projektion wird $f_{ok} = 25 \text{ mm}$ eingesetzt. Wenn der Schatten des oberen Teils der Visiereinrichtung am Fernrohr auf den unteren Teil fällt, befindet sich das Sonnen-

bild auf dem Projektionsschirm. Bei einem Vergleich der Durchmesser der Erde und eines Sonnenflecks muß beachtet werden, daß Bilder von Sonnenflecken zum Sonnenrand hin perspektivisch verzerrt sind. Deshalb ist nach Möglichkeit ein Fleck aus der Sonnenmitte auszuwählen. Das Anbringen von Millimeterpapier auf dem Sonnenprojektionsschirm erlaubt das direkte Ablesen des Durchmessers des Bildes eines Sonnenflecks. Zum Vergleich ist folgender Ansatz geeignet:

$$D_F = \frac{d_F \cdot D_S}{d_s}$$

D_F : Durchmesser des Sonnenflecks (in km)

d_F : Durchmesser des Bildes des Sonnenflecks (in mm)

D_S : Durchmesser der Sonne (in km)

d_s : Durchmesser des Sonnenbildes (in mm)

Daraus folgt: $\frac{D_F}{\text{Durchmesser der Erde}} = k$

Da die Sonnenaktivität periodisch schwankt, muß damit gerechnet werden, daß zeitweilig keine Sonnenflecke beobachtet werden können.

Da die Sonne im Januar tief am Horizont steht, sollte die Beobachtung zu einem früheren Zeitpunkt durchgeführt werden. Eine vorgezogene Sonnenbeobachtung (auf dem Schulhof oder aus dem geöffneten Fenster eines geeigneten Unterrichtsraumes) wirkt motivierend auf den Unterrichtsprozeß und die noch zu absolvierenden Himmelsbeobachtungen.

Die Farberlegung des Sonnenlichts kann nur in einem verdunkelten Raum gezeigt werden. Ein schmaler Spalt in der Verdunklungseinrichtung reicht aus, um über das Reflexionsgitter das Spektrum an eine weiße Fläche zu projizieren. Absorptionslinien können dabei nicht (und sollen auch nicht) beobachtet werden.

Betrachtungen zum Sonnenspektrum können anhand des Lehrbuches, Farbtafel, Bild 5, erfolgen.

Hausbeobachtung (BA 8)

Beobachtungsablauf	Tätigkeiten der Schüler
BA 8 Scheinbare Helligkeit der Sterne BA 8/1 BA 8/2	Aufsuchen des Sternbildes Orion mit Hilfe der drehbaren Sternkarte Vergleichen der scheinbaren Helligkeiten Protokollieren des Beobachtungsergebnisses

Erläuterungen zur Hausbeobachtung

Der Ort des Sternbildes Orion an der scheinbaren Himmelskugel wird mit Hilfe der drehbaren Sternkarte bestimmt. Die Aufgabe ist während der Monate Januar und Februar zu erfüllen.

Zu erwartendes Beobachtungsergebnis (vgl. Tabelle, LB, S. 92):

	Ziffernfolge
sehr helle Sterne	1, 7
helle Sterne	2, 6
weniger helle Sterne	3, 4, 5

Vorschlag für einen Stundenverlauf (Variante A)

Stundengliederung	Tätigkeiten des Lehrers und der Schüler
Verhaltensregeln (1) BA 9 Sternfarben BA 9/1 BA 9/2	Vgl. 1. Beobachtungsstunde Aufsuchen des Wintersechsecks auf der Sternkarte und an der scheinbaren Himmelskugel Beobachten und Vergleichen der Sternfarben Protokollieren des Beobachtungsergebnisses
(2) BA 10 Doppelsterne BA 10/1 BA 10/2	Aufsuchen des Großen Wagens an der scheinbaren Himmelskugel Beobachten des Sterns Mizar mit bloßem Auge und durch das Fernrohr Skizzieren des Beobachtungsergebnisses
(3) BA 11 Sternhaufen BA 11/1 BA 11/2 BA 11/3	Aufsuchen und Beobachten der Plejaden Schätzen der Anzahl der sichtbaren Sterne Beobachten der Sternverteilung im Sternhaufen
(4) BA 12 Die Milchstraße BA 12/1	Aufsuchen und Beobachten der Milchstraße Beschreiben des Verlaufs Bestimmen wichtiger Sternbilder mit Hilfe der drehbaren Sternkarte

Erläuterungen zum Stundenverlauf

Die vorbereitenden Aufgaben sind bis zum Termin der Beobachtung zu erfüllen. BA 10 und BA 11 erfordern den Einsatz des Schulfernrohrs. Wenn für diese Stunde ein (zusätzlicher) Feldstecher bereitgestellt werden kann, ist eine sehr effektive Nutzung der Beobachtungszeit durch einen Stationsbetrieb möglich.

Variante 1: BA 9 (mit bloßem Auge), BA 10 (Schulfernrohr), BA 11 (Feldstecher), BA 12 (mit bloßem Auge).

Variante 2: BA 9 wird zuerst gemeinsam gelöst, danach Aufteilung auf drei Stationen.

Steht ein zusätzlicher Feldstecher nicht zur Verfügung, müssen die Aufgaben nacheinander erfüllt werden. In diesem Fall ist es ratsam, die Klasse in zwei Gruppen zu teilen, die zeitlich versetzt die Beobachtungen absolvieren.

(1) Für die Beobachtung der Sternfarben können nur sehr helle Sterne ausgewählt werden, die höher als 30 Grad über dem Horizont stehen. Die vorgeschlagenen Sterne weisen (mit bloßem Auge) die deutlichsten Farbunterschiede auf. Beim Beobachten der Sternfarben ist die Anleitung des Lehrers erforderlich. Das Aufsuchen des „Wintersechsecks“ dient der Orientierung am winterlichen Sternhimmel (Übung mit der drehbaren Sternkarte). Drei der vier ausgewählten Sterne sind dem „Wintersechseck“ zugeordnet (Kapella, Aldebaran, Rigel). Beim Aufsuchen des „Wintersechsecks“ wird darauf verwiesen, daß Pollux der uns am nächsten befindliche Riesenstern ist (Entfernung: 35 ly).

Zu erwartende Beobachtungsergebnisse (vgl. Tabelle, LB, S. 93):

1 Kapella	(Fuhrmann)	gelblich
2 Beteiguze	(Orion)	rötlich

3 Rigel (Orion) weiß-bläulich
 4 Aldebaran (Stier) orange

Der Vorteil der Beobachtung der Farben heller Sterne besteht darin, daß diese zu späteren Zeitpunkten von den Schülern mit bloßem Auge (also ohne weitere Hilfsmittel) wiedererkannt werden können.

(2) Für die Beobachtung eines Doppelsterns wird Mizar (Zeta im Sternbild Großer Wagen) empfohlen. Die zielgerichtete Beobachtung des Mizar führt für ein normalsichtiges Auge zu dem Ergebnis, daß zwei Sterne (Mizar und Alkor) benachbart an der scheinbaren Himmelskugel stehen. Die Entfernung zwischen beiden beträgt 8 ly. Für die Fernrohrbeobachtung wird $f_{ok} = 16 \text{ mm}$ benötigt. Die Fernrohrbeobachtung zeigt Mizar als Sternpaar. Den Schülern ist zu verdeutlichen, daß sich Alkor noch im Gesichtsfeld befindet und in den Umriß einzutragen ist.

Beobachtungsergebnis:

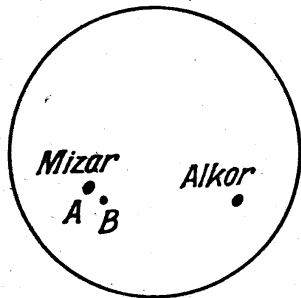


Bild 10

Der Stern Albireo (Beta im Sternbild Schwan) ist gleichfalls ein Doppelstern, der im Schulfernrohr als solcher zu erkennen ist. Das Sternpaar zeigt auffallende Farbunterschiede. Die hellere Komponente erscheint rötlich-gelb, die lichtschwächere bläulich. Die Sternfarben werden noch deutlicher, wenn das Fernrohrbild etwas unscharf eingestellt wird (die Sternpunkte erscheinen dann als „Scheibchen“). Infolge abnehmender Höhe verschlechtern sich die Beobachtungsmöglichkeiten des Albireo im Winterhalbjahr. Wenn die Beobachtungsaufgaben so gruppiert werden, daß die Beobachtung des Albireo bereits in der 2. Beobachtungsstunde möglich wird, ist die Kombination der Beobachtungsaufgaben 9 und 10 möglich;

BA 9–BA 10: Sternfarben und Doppelsterne
 (Beobachtungsobjekt: Albireo im Sternbild Schwan)

Vorbereitung

1. Fertigen Sie einen Umriß der Schablone 2 an!
2. Suchen Sie das von Ihnen auf der Arbeitskarte „Nördlicher Sternhimmel“ eingetragene „Sommerdreieck“ auf (vgl. BA 1)! Benennen Sie mit Hilfe der drehbaren Sternkarte das Sternbild Schwan auf dieser Arbeitskarte!

Beobachtungen (mit dem Schulfernrohr)

BA 9–BA 10/1: Suchen Sie mit Hilfe der drehbaren Sternkarte das Sternbild Schwan an der scheinbaren Himmelskugel auf! Orientieren Sie sich dabei am „Sommerdreieck“ (vgl. BA 1)!

BA 9–BA 10/2: Beobachten Sie den Stern Albireo (das „Auge des Schwans“) mit dem Schulfernrohr! Skizzieren Sie den Fernrohrblick! Markieren Sie im Umriß den helleren Stern mit A und den dunkleren mit B!

BA 9–BA 10/3: Beobachten Sie die Sternfarben des Sternpaares! Welche Farben können Sie erkennen? Geben Sie in der Skizze die erkannten Farben der Sterne A und B an!

Auswertung

1. Wodurch kommen die unterschiedlichen Sternfarben zustande?

2. Ermitteln Sie die Photosphärentemperaturen dieser Sterne (vgl. Farbtafel im Lehrbuch)!

(3) Der offene Sternhaufen Plejaden bietet gegenüber anderen vergleichbaren Objekten den Vorteil, daß er bereits mit bloßem Auge eindeutig identifiziert werden kann. Damit stellt dieser Sternhaufen am Winterhimmel eine wertvolle Orientierungshilfe dar. Das normalsichtige Auge trennt sechs Sterne voneinander. Durch das Fernrohr ($f_{ok} = 40 \text{ mm}$) fallen sieben Sterne durch ihre Helligkeit auf. Die Zahl der erkennbaren Sterne beträgt bei dieser Vergrößerung etwa 50–60.

Die Plejaden sind etwa 450 ly von uns entfernt.

Die Plejaden weisen an der scheinbaren Himmelskugel einen Durchmesser von zwei Grad auf. Das Sehfeld unseres Schulfernrohrs beträgt bei $f_{ok} = 40 \text{ mm}$ gleichfalls zwei Grad. Damit füllt der Sternhaufen das gesamte Sehfeld aus. Dieser Sachverhalt muß den Schülern während der Beobachtungen mitgeteilt werden.

Als Beobachtungsobjekt kann auch der Doppelhaufen η und χ im Grenzbereich zwischen den Sternbildern Kassiopeia und Perseus gewählt werden. Beide Sternhaufen sind allerdings nur bei idealen Beobachtungsbedingungen mit dem bloßen Auge als winzige Aufhellungen in der sternreichen Milchstraße zu erkennen. Damit sind diese Sternhaufen bezüglich ihrer Auffälligkeit mit dem Sternhaufen der Plejaden nicht zu vergleichen. Einzelsterne der Sternhaufen η und χ sind bereits mit $f_{ok} = 40 \text{ mm}$ zu identifizieren. Beide Objekte heben sich – im Unterschied zu den Plejaden – durch ihre scheinbar kleine räumliche Ausdehnung eindeutig gegenüber dem Himmelshintergrund ab. Die Entfernung beider Sternhaufen beträgt etwa 7 000 ly.

(4) Beim Beobachten der Milchstraße ist den Schülern zu verdeutlichen, daß wir uns am Rande dieses Systems befinden und unser Blick „längs“ durch die Milchstraße fällt. Im Winter sind die Sternbilder Fuhrmann, Kassiopeia und Schwan im Bereich der Milchstraße zu sehen.

Stoffeinheit Die Sonne

3 Stunden

In dieser Stoffeinheit wird die Sonne als Stern unter folgenden Gesichtspunkten betrachtet: Was ist an der Sonne beobachtbar? Durch welche Strahlungen werden uns Erkenntnisse über die Sonne zugänglich? Welche Einflüsse übt die Sonne auf die Erde aus? Woraus besteht das (weiße) Sonnenlicht? Wie hell leuchtet die Sonne? Was geschieht im Inneren der Sonne? Woher stammt die Sonnenenergie? Bei konsequenter Unterrichtsführung ist die Stoffeinheit „Die Sonne“ ein Beispiel dafür, wie bei der Erforschung eines astronomischen Objekts von der Erscheinung zum Wesen vorgedrungen wird.

Die Schüler sollen bei der Behandlung der Strahlungsleistung und der mittleren Dichte der Sonne sowie der Temperatur und der chemischen Zusammensetzung der Photosphäre erkennen, daß durch Messung und Berechnung physikalische Eigenschaften ermittelt werden können, obgleich sie der direkten Untersuchung nicht zugänglich sind.

Ziele

Die Schüler

- kennen den Aufbau der Sonne und einige auf ihr beobachtbare Aktivitätserscheinungen;
- wissen, daß die Sonnenenergie aus Kernfusionsprozessen im Sonneninneren stammt;

- kennen die Zusammensetzung der Sonnenstrahlung;
- besitzen Kenntnisse über das Spektrum des Sonnenlichtes und die daraus ableitbaren Aussagen;
- können die Sonne als einen aus relativ geringer Entfernung beobachtbaren Stern charakterisieren;
- können einige Auswirkungen der Sonnenstrahlung auf die Erde nennen und erläutern.

Die Schüler verstehen, daß diese Erscheinungen auf natürliche Ursachen zurückzuführen sind.

Unterrichtsmittel

Fo: Die Sonne

R 1136

K-F 109

BM

AT Spektralklassen

Schulfernrohr

Prisma

Lehrbuch Physik Klasse 10

Der Lehrer kann entsprechend seiner Planung auch auf die Fernsehsendung „Die Sonne“ zurückgreifen.

Schwerpunkte und Hinweise zur Unterrichtsgestaltung

Sonne und Sonnenaktivität. Zur Motivation und zur Orientierung der Schüler auf das Unterrichtsziel kann von der Frage ausgegangen werden, welche Bedeutung die Sonne für das Leben auf der Erde besitzt. Es ist aber auch möglich, mit einem Hinweis auf die Lehrbuchaussage „Die Sonne ist ein Stern...“ zu beginnen und zunächst die scheinbar gravierenden Unterschiede zwischen der Sonne und den anderen Sternen zu diskutieren. (Für die meisten Schüler ist ja ein Stern bislang nicht mehr als ein Lichtpunkt am nächtlichen Himmel.) Dabei ergibt sich, daß sich die Sonne für einen irdischen Beobachter nur durch ihre geringe Entfernung zur Erde von den anderen Sternen unterscheidet. Die Tatsache, daß die anderen Sterne am Tage unsichtbar sind, wird mit der starken Aufhellung der Erdatmosphäre durch das Sonnenlicht erklärt. Zur Illustration kann der Lehrer mitteilen, daß der zweitnächste Stern (Proxima Centauri) nahezu 266 000 mal weiter von der Erde entfernt ist als die Sonne. Bei der Beschreibung des Aufbaus der Sonnenatmosphäre ist zu betonen, daß man nicht „in die Sonne hineinsehen“ kann, wie das bei einer Gaskugel eigentlich zu erwarten wäre. Das kann sehr gut durch die Ergebnisse der Sonnenbeobachtung (BA 7) belegt werden. Aber nicht nur die Physik der Sonne läßt sich bei dieser Beobachtung vertiefend behandeln: Am „Herauslaufen“ des Sonnenbildes aus dem Gesichtsfeld des Fernrohrs sollen die Schüler selbst wiederholend erläutern, wie sich die Erdrotation auf die Sichtbarkeit eines Objektes auswirkt.

Die Strahlung der Sonne. Bei der Behandlung der Strahlungsarten der Sonne ist zu beachten, daß die Schüler bereits über Kenntnisse von der absorbierenden Wirkung der Erdatmosphäre verfügen. Die Reaktivierung dieser Kenntnisse hat Bedeutung für die Festigung des Wissens und motiviert die Schüler für die Arbeit in den folgenden Stundenabschnitten. Die Beobachtung des Sonnenspektrums verdient unbedingten Vor-

rang gegenüber dem Demonstrationsexperiment mit einer künstlichen Lichtquelle. Dabei genügt es, die Entstehung der kontinuierlichen Komponente zu zeigen. Die Schüler sollen das Experiment und sein Ergebnis beschreiben. Ein Vergleich des Sonnenspektrums mit den Spektren anderer Sterne (AT Spektralklassen) zielt auf die Festigung der Erkenntnis, daß die Sonne ein ganz normaler Stern ist. Den Schülern wird mitgeteilt, daß das auf der AT enthaltene 6000-K-Spektrum der Kapella dem Spektrum der Sonne nahezu gleich ist.

Energiehaushalt und Aufbau der Sonne. Nachdem die Schüler wissen, welche Wirkungen die Sonnenstrahlung auf die Erde ausübt, ist folgende gedankliche Orientierung möglich: Die Erde wird nur von einem kleinen Teil der Sonnenstrahlung erreicht. Kann man die Gesamtstrahlung der Sonne von der Erde aus zahlenmäßig ermitteln – etwa durch eine bereits aus dem Physikunterricht geläufige Größe (Energie oder Leistung)? Wo befindet sich die „Quelle“ der Sonnenenergie?

Bei der Einführung des Begriffes Leuchtkraft wird die Sonnenstrahlung quantitativ betrachtet. Während die Definition dieses Begriffes vom Lehrer gegeben werden muß, sollen die Schüler bei der Behandlung des Lösungsweges für die Berechnung der Sonnenleuchtkraft selbst mitarbeiten.

Für die weitere Arbeit an diesem Thema ist wichtig, darauf hinzuweisen, daß die Sonnenenergie vorwiegend aus der Photosphäre abgestrahlt wird, daß ihre Quelle aber im Innern der Sonne zu suchen ist. Damit werden Überlegungen über das Innere der Sonne angeregt. Für die Kernfusion soll eine vollständige Reaktionsgleichung nicht dargestellt werden. Besonderer Wert ist jedoch auf die Erkenntnis zu legen, daß und warum extrem hohe Dichte und Temperatur Voraussetzungen für das Zustandekommen der Kernfusion sind. Der Schluß auf die Entwicklung der Sonne soll den Schülern deutlich machen, daß der gegenwärtige Zustand der Sonne eine Phase ihrer Entwicklung ist.

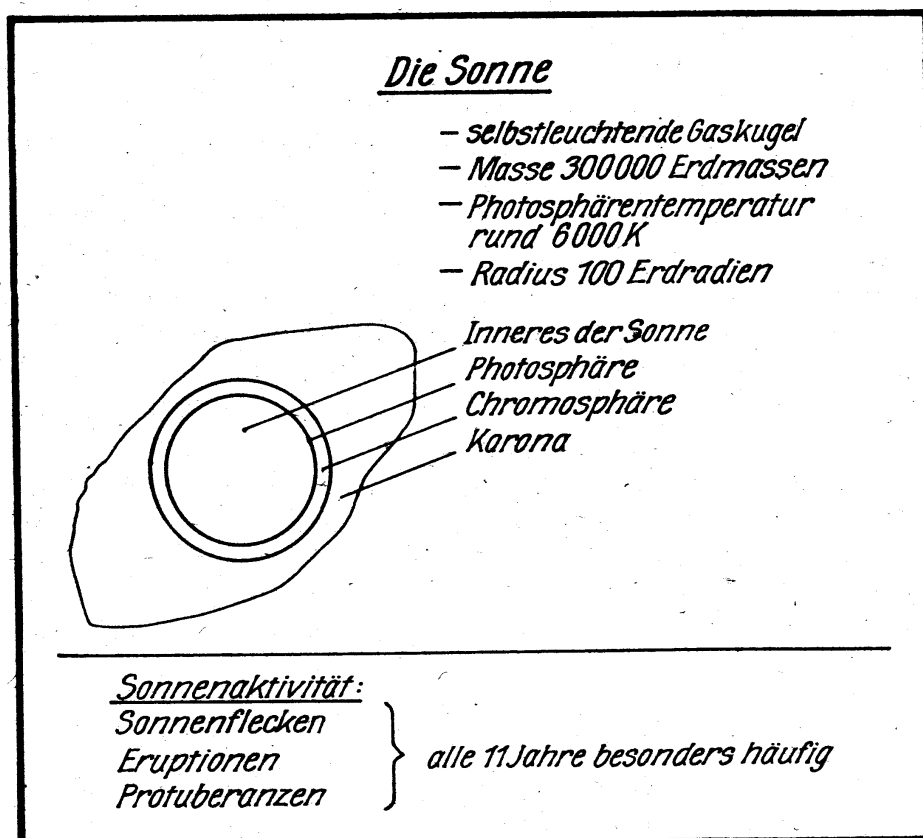


Bild 11 Tafelbild zu „Sonne und Sonnenaktivität“

Vorschlag für Aufgaben zur Überprüfung des Wissens und Könnens

(Variante 1)

1. Beschreiben Sie den Aufbau der Sonne (vom Zentrum ausgehend)!
2. Erläutern Sie den Begriff Leuchtkraft der Sonne!
3. Nennen Sie vier Einflüsse, die die Sonne auf die Erde ausübt!
4. Erläutern Sie die wichtigsten Erscheinungsformen der Sonnenaktivität!
5. Geben Sie den Radius und die Photosphärentemperatur der Sonne an!
6. Nennen Sie die Strahlungsarten, die in der Sonnenstrahlung enthalten sind!

(Variante 2: Aufgaben mit gebundenen Antworten)

(Aufgaben und Lösungsangebote sind entweder den Schülern in schriftlicher Form auszuhändigen oder während der Kontrollarbeit nacheinander durch Projektion darzubieten. Die Schüler sind darauf hinzuweisen, daß zu einzelnen Fragen auch mehrere richtige oder gar keine richtige Antwort angeboten werden.)

1. Was ist die Sonne?
 - a) eine selbstleuchtende Gaskugel
 - b) ein Stern
 - c) ein Planet
2. Was ist die Photosphäre der Sonne?
 - a) die Sonnenatmosphäre
 - b) die Zone, in der die Kernfusion stattfindet
 - c) der Bereich, in dem Leben möglich ist
3. Was sind Protuberanzen?
 - a) eine in der Photosphäre auftretende Form der Sonnenaktivität
 - b) Gasausbrüche, die bei Finsternissen am Sonnenrand zu sehen sind
4. Was ist Leuchtkraft?
 - a) Strahlungsleistung
 - b) eine Form der Sonnenaktivität
5. Was ist ein Sonnenfleck?
 - a) eine Stelle verstärkter Lichtaussendung in der Korona
 - b) eine Stelle verminderter Lichtaussendung in der Photosphäre
 - c) eine Wellenstrahlung von der Sonne
6. Wodurch werden Polarlichter bewirkt?
 - a) durch die Ultraviolettstrahlung der Sonne
 - b) durch die Teilchenstrahlung der Sonne
 - c) durch das sichtbare Licht
7. In welchem Verhältnis befinden sich Wasserstoff und Helium in den äußeren Schichten der Sonne?
 - a) 1:1
 - b) 3:4
 - c) 3:1
8. Wodurch wird in der Sonne die Energie freigesetzt?
 - a) durch Kernfusion
 - b) durch Verschmelzung von Wasserstoff- zu Heliumkernen
9. Wie hoch ist die Temperatur in der Photosphäre der Sonne?
 - a) 15 Millionen K
 - b) 60 000 K
 - c) 6 000 K
10. Welche Erscheinungen gehören zur Sonnenaktivität?
 - a) Sonnenflecke
 - b) Leuchtkraft

- c) Masse der Sonne
d) Protuberanzen
11. Was ist die Korona?
a) die gesamte Sonnenatmosphäre
b) ein Teil der Photosphäre
c) die Oberfläche der Sonne
12. Mit welcher Periode schwankt die Sonnenaktivität?
a) rund 1 Jahr
b) rund 11 Jahre
c) 365, 2 422 Tage
13. Welche Bestandteile gehören zur Sonnenstrahlung?
a) sichtbares Licht
b) Röntgenwellen
c) Radiowellen
14. Was sind magnetische Stürme?
a) Störungen des Erdmagnetfeldes durch die Teilchenstrahlung der Sonne
b) das ist noch ungeklärt
15. Welcher Art ist das Sonnenspektrum?
a) farbiges Band ohne Absorptionslinien
b) farbiges Band mit Absorptionslinien
16. Wie ändern sich Druck und Temperatur bei Annäherung an das Zentralgebiet der Sonne?
a) Druck sinkt, Temperatur steigt
b) Druck steigt, Temperatur sinkt
c) Druck steigt, Temperatur steigt

(Für die Variante 2 gelten die folgenden Zuordnungen als richtig:

1 ab, 2 -, 3 b, 4 a, 5 b, 6 b, 7 c, 8 ab, 9 c, 10 ad, 11 -, 12 b, 13 abc, 14 a, 15 b, 16 c)

Stoffeinheit Sterne

6 Stunden

In der Stoffeinheit „Sterne“ ist der Begriff *Stern*, der für den Spezialfall Sonne bereits gebildet wurde, in seiner Mannigfaltigkeit zu betrachten. Hier lernen die Schüler, auf welche Weise Aussagen über die Eigenschaften der Sterne ermittelt werden können, die viel weiter von der Erde entfernt sind als die Sonne. Von entscheidender Bedeutung für die Ausformung des wissenschaftlichen Weltbildes der Schüler ist die Erkenntnis, daß und warum jeder Stern eine Entwicklung durchläuft und wovon diese Entwicklung abhängt. In diesem Zusammenhang wird auch über die Entstehung und Entwicklung der Planeten des Sonnensystems gesprochen.

Ziele

Die Schüler

- verstehen den Zusammenhang zwischen scheinbarer Helligkeit, Leuchtkraft und Entfernung eines Sterns;
- kennen den Zusammenhang zwischen Photosphärentemperaturen und Leuchtkräften der Sterne sowie das Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) als mathematischen Ausdruck dieses Zusammenhangs;

- haben Vorstellungen über die Entstehung und Entwicklung von Sternen erworben;
- wissen, wie das HRD als Entwicklungsdiagramm zu interpretieren ist;
- kennen den Zusammenhang zwischen den Photosphärentemperaturen der Sterne und den Farben des von ihnen ausgestrahlten Lichtes;
- kennen Doppelsterne als Sternpaare, die durch die Gravitationskräfte aneinander gebunden sind und durch deren Beobachtung Sternmassen ermittelt werden können;
- wissen, welche Arten von Sternen besonders große und welche besonders kleine mittlere Dichten besitzen;
- kennen die wesentlichen Phasen der Entstehung und der Entwicklung von Planeten;
- können die Entfernungsbestimmung mit Hilfe der Parallaxe erklären;
- können die Besetzungsgebiete des HRD angeben und einen gegebenen Stern in das HRD einordnen;
- sind in der Lage, die Entwicklung eines Sterns anhand des HRD zu erläutern;
- können aus dem gegebenen Wert für die Parallaxe eines Sterns die Entfernung des Sterns berechnen.

Die Schüler gelangen zu der Einsicht, daß alle Himmelskörper eine Entwicklung durchlaufen. Sie erweitern ihre Vorstellungen von der Mannigfaltigkeit der Materie. Anhand des HRD festigen sie die Einsicht, daß im Weltall gesetzmäßige und deshalb erkennbare Zusammenhänge bestehen.

Unterrichtsmittel

AT Spektralklassen
 AT Hertzsprung-Russell-Diagramm
 Fo: Hertzsprung-Russell-Diagramm
 R 1136
 T-F 995

Schwerpunkte und Hinweise zur Unterrichtsgestaltung

Helligkeiten und Entfernungen der Sterne. Eine Motivation für diesen Schwerpunkt ergibt sich verhältnismäßig leicht, wenn man die Schüler noch einmal auf die Unterschiede im Anblick der Sonne und der Sterne, die sie bei den Beobachtungsaufgaben 1 bis 3 und 8 bis 10 wahrgenommen haben, hinweist (vgl. Stoffeinheit „Die Sonne“). Sie kennen bereits den Grund dafür: Die anderen Sterne sind viel weiter von der Erde entfernt als die Sonne. Diese Entfernungen der Sterne sollen nun ermittelt werden. Bei der Einführung der Einheit für die scheinbaren Helligkeiten der Sterne hat es sich als zweckmäßig erwiesen, den Schülern die Helligkeitsskala als eine Art „Zensur“ für die scheinbaren Helligkeiten der Sterne vorzustellen. Dabei muß betont werden, daß die Worte *Größenklassen* bzw. *Größe* keine geometrische Bedeutung besitzen. Auf die photometrische Entfernungsbestimmung wird nur hingewiesen.

Den Schülern ist deutlich zu machen, daß die Sterne sehr unterschiedlich weit von der Erde entfernt sind und daß es deshalb sehr wichtig ist, eine zuverlässige Methode zur Bestimmung ihrer Entfernungen zu kennen. Der Parallaxeneffekt wird wiederholend demonstriert (z. B. nach Bild 12; darin ist Z ein Zeigestock, der im Punkt A beweglich eingespannt oder lose gehalten und von Hand auf dem Tisch in einer Kreislinie geführt wird).

Mit Hilfe des Taschenrechners kann die Gleichung $r = 1/p$ wie folgt bestätigt werden:

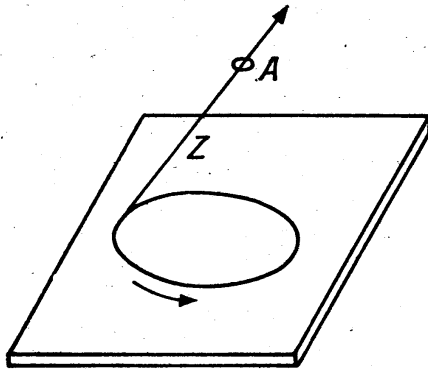


Bild 12

Im Dreieck Erde - Sonne - Sterne (ESSt) ist $\overline{ES} = 1 \text{ AE} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$. Das Dreieck kann stets so orientiert werden, daß der Winkel ESSt 90° beträgt. Dann gilt:

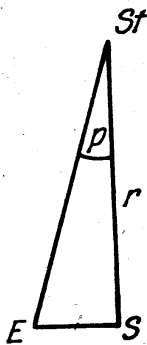


Bild 13

$$\frac{\overline{ES}}{r} = \tan p \text{ und folglich } r = \frac{\overline{ES}}{\tan p}.$$

Mit $p = 1'' = \frac{1}{3600}^\circ$ ergibt sich $r = 3,09 \cdot 10^{13} \text{ km} = 1 \text{ pc}$; weiterhin:

p	r
$0,5'' = \frac{1}{2}''$	$6,19 \cdot 10^{13} \text{ km} = 2 \text{ pc}$
$0,1'' = \frac{1}{10}''$	$3,09 \cdot 10^{14} \text{ km} = 10 \text{ pc}$
$0,05'' = \frac{1}{20}''$	$6,19 \cdot 10^{14} \text{ km} = 20 \text{ pc}$

Folglich ist $r \sim 1/p$ und, wenn als Einheiten für p die Bogensekunde und für r das Parsec vereinbart werden, $r = 1/p$.

Spektren und Leuchtkräfte der Sterne. Die Motivation für dieses Thema ergibt sich aus der Möglichkeit, bei Kenntnis der Sternentfernungen weitergehende Untersuchungen der Sternstrahlung vorzunehmen und damit zu zeigen, daß die Sterne in der Tat „ferne Sonnen“ sind. Bei der Einführung der Sternspektren lohnt es sich, die Kenntnisse der Schüler über das Sonnenspektrum gründlich zu wiederholen und als Vorkenntnisse zum neuen Stoff zu nutzen. Dabei sollte auch zum Ausdruck kommen, daß die Spektralanalyse u. a. wichtige physikalische Eigenschaften der Lichtquelle zu erkennen gestattet. Die Schüler sind auf die unterschiedlichen Intensitäten der verschiedenen Farbbereiche in den Spektren rötlicher (kühler) und bläulicher (heißer) Sterne hinzuweisen.

Den Schülern wird mitgeteilt, daß aus dem Sternspektrum nicht nur die Temperatur, sondern auch die Leuchtkraft eines Sterns entnommen werden kann. Sie erkennen daraus, welche große Bedeutung die Spektralanalyse für die Astronomie besitzt.

Der Wertebereich der Leuchtkräfte von Sternen kann durch ein Beispiel illustriert werden (z. B. die geringste bisher ermittelte Leuchtkraft eines Sterns verhält sich zur größten wie $1:10^{10}$, d. h. wie die Leistung einer 60-W-Lampe zur Leistung aller Kraftwerke der DDR).

Hertzsprung-Russell-Diagramm. In diesem Schwerpunkt lernen die Schüler die gesetzmäßigen Zusammenhänge zwischen zwei ihnen bereits bekannten Größen kennen und erfahren, daß aus dieser Verknüpfung weitere Erkenntnisse über die Sterne gefolgert werden können. Dabei kann von einer Alltagserfahrung ausgegangen werden: Glühende Metalle leuchten um so heller, je höher ihre Temperaturen sind. Beim Betrachten des HRD muß herausgearbeitet werden, daß die Beziehung „Je heißer, desto heller“ für die Hauptreihensterne gültig ist, daß sie aber keinesfalls für alle Sterne zutrifft.

Eine vorhergehende wiederholende Erörterung des Zusammenhangs zwischen Leuchtkraft, Entfernung und scheinbarer Helligkeit soll verdeutlichen helfen, daß bei den nachfolgenden Betrachtungen ausschließlich die Leuchtkraft gemeint ist, wenn von *hell* oder *weniger hell* gesprochen wird.

Bei allen Überlegungen zum HRD muß genau zwischen dem Stern und seinem Diagrammpunkt unterschieden werden.

Die für die Schüler ungewohnte logarithmische Teilung der Leuchtkraftachse im HRD bedarf einer besonderen Erläuterung. Den Schülern ist darzulegen, daß auf diese Weise die Eintragung von Werten eines besonders großen Wertebereiches möglich ist. Beim Einordnen von Sternen in das HRD sind Hilfen für die Schüler erforderlich.

Die Schüler sind darauf hinzuweisen, daß aus der Stellung eines Sterns (genauer: seines Diagrammpunktes) im HRD keine genaue zahlenmäßige Angabe für den Sternradius abzulesen ist.

Massen und mittlere Dichten der Sterne. „Eine der wichtigsten charakteristischen Größen der Sonne ist ihre Masse. Weshalb?“ Mit dieser Frage ergibt sich für den Lehrer die Möglichkeit, die Betrachtungen über weitere Größen der Sterne mit einer Wiederholung einzuleiten, in der die Schüler wesentliche Aussagen über den Aufbau des Sterns *Sonne* reaktivieren können. Es ist nicht schwer, davon ausgehend die Notwendigkeit der Massenbestimmung bei anderen Sternen deutlich zu machen. Die Schüler kennen das Gravitationsgesetz. Davon sollte der Lehrer ausgehen, wenn er ihnen erläutert, daß es möglich ist, die Massen der in einem Doppelstern vereinigten Sterne zu ermitteln. Auf Einzelheiten des Verfahrens muß verzichtet werden. Die Schüler sollen aber verstehen lernen, daß eine genaue Beobachtung der Bewegungen dieser Sterne und die dadurch mögliche Berechnung der Bahnen der Sterne die Voraussetzung für die Ermittlung der zwischen ihnen wirkenden Gravitationskräfte ist. Bei Kenntnis der Gravitationskräfte kann daraus auf die beteiligten Massen geschlossen werden.

Beim Vergleichen der mittleren Dichten von Sternen kann der Lehrer zur Veranschaulichung erwähnen, daß die mittlere Dichte des Hauptreihensterns Sirius A etwa gleich der Dichte von Paraffin ist, daß eine Streichholzschachtel voll Substanz mittlerer Dichte aus dem Weißen Zwerg Sirius B eine Masse von 1,6 t repräsentiert und daß ein Würfel mit 2,6 m Kantenlänge, gefüllt mit Substanz mittlerer Dichte aus dem Stern Beteigeuze (Überriese), lediglich 1 g Masse enthalten würde. (Ein gleichgroßer Würfel voll Luft unter Normalbedingungen hat die Masse 23 kg!)

Entstehung und Entwicklung der Sterne. Bei der Einführung in dieses Thema kann nicht mit Vorkenntnissen der Schüler gerechnet werden. Deshalb ist es angebracht, die erforderlichen Fakten in einem Lehrervortrag konzentriert darzubieten. Dabei sollte davon ausgegangen werden, daß bereits der Philosoph Immanuel Kant und der Astronom Wilhelm Herschel begründete Vorstellungen über die Entstehung und Entwicklung von Sternen ausgearbeitet haben. Unter Hinweis auf die Grundlage dieser Vorstellungen – das Gravitationsgesetz – ist dann der gegenwärtige Stand der Erkenntnis zu schildern.

Ein Schwerpunkt dieses Abschnittes ist die Erörterung der einsetzenden Kernfusion. Die Schüler müssen begreifen, daß infolge der Energiefreisetzung im Zentrum des entste-

henden Sterns durch den Gasdruck eine der Gravitationskraft entgegenwirkende Kraft ausgeübt wird und daß diese Kraft die Kontraktion zum Stehen bringt.

Die Schüler lernen das HRD nun auch als Entwicklungsdiagramm kennen. Dabei sollte wiederholend auf die Modellhaftigkeit des HRD eingegangen werden.

Bei der Behandlung der Spätstadien der Sterne kommt noch einmal die Relation von Gravitations- und Gasdruckkraft zur Sprache. Es wird gezeigt, daß durch das Erlöschen der Kernfusion wiederum ein Zustand eintritt, in dem die Gravitationskraft größer ist als die nach außen wirkenden Kräfte. An dieser Stelle sollte der Lehrer auf den analogen Fall am Anfang der Sternentstehung hinweisen.

Entstehung und Entwicklung der Planeten. Fast am Ende des Schuljahres greift der Astronomieunterricht einen Gegenstand wieder auf, der in den ersten Wochen des 10. Schuljahres eine bedeutende Rolle spielte: die Erde. Wurde sie in der Stoffeinheit „Orientierung am Sternhimmel“ als Beobachtungsbasis im Hinblick auf ihre Rotation, in der Stoffeinheit „Überblick über das Sonnensystem“ unter dem Aspekt ihrer Einordnung in dieses System und in der Stoffeinheit „Planeten“ hinsichtlich ihrer jährlichen Bewegung betrachtet, so erarbeiten sich die Schüler nunmehr Erkenntnisse und Einsichten über die Geschichtlichkeit des Planeten Erde und der anderen Planeten. Auch darin kommt eine Linienführung zum Ausdruck, die den gesamten Astronomieunterricht durchzieht.

Die Schüler erhalten u. a. eine Erklärung für die gravierenden Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der beiden Planetengruppen. Sie sollen verstehen lernen, daß Temperatur und Strahlung der entstehenden Sonne entscheidenden Einfluß auf die Zusammensetzung der Urplaneten besaßen. In diesem Zusammenhang werden Kenntnisse über die beiden Planetengruppen reaktiviert. Die Hauptphasen der frühen Entwicklung erdartiger Planeten (Aufschmelzen, Entstehung der Uratmosphäre und Entstehung einer kraterreichen Gesteinskruste) werden den Schülern zweckmäßigerweise in einem Lehrervortrag geschildert. Auf die Veränderung der *Erdatmosphäre* durch die Lebewesen (Anreicherung mit Sauerstoff) ist besonders hinzuweisen. Die anschließende

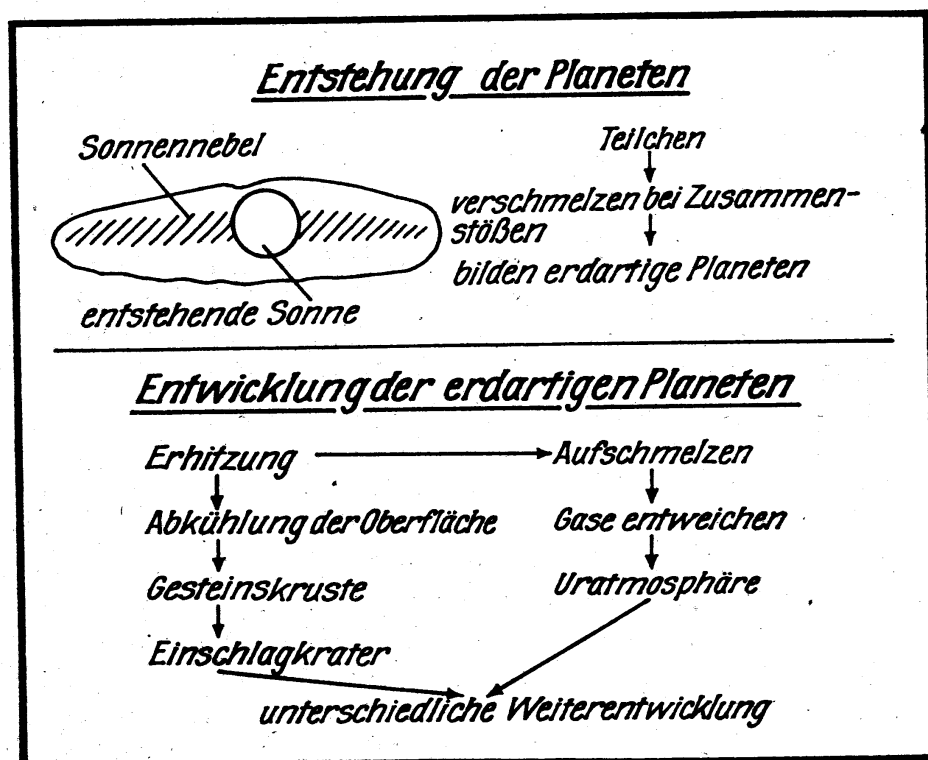


Bild 14 Tafelbild zu „Entstehung und Entwicklung der Planeten“

Diskussion über die anthropogenen Veränderungen der Erde und ihrer Atmosphäre soll bis zu einer parteilichen Stellungnahme zur Verantwortung der Wissenschaftler für die Nutzung ihrer Forschungsergebnisse und zur Verantwortung aller Menschen für die Erhaltung des Friedens und der natürlichen Umwelt auf der Erde geführt werden.

Vorschlag für Aufgaben zur Überprüfung des Wissens und Könnens

1. Skizzieren Sie ein Hertzsprung-Russell-Diagramm und tragen Sie die Diagrammpunkte der folgenden Sterne ein:

Stern Nr.	Temperatur	Leuchtkraft	Stern Nr.	Temperatur	Leuchtkraft
1	7 500 K	$10^4 P_{\text{Str}} \odot$	4	10 000 K	$10^{-3} P_{\text{Str}} \odot$
2	6 000 K	$1 P_{\text{Str}} \odot$	5	5 000 K	$10^2 P_{\text{Str}} \odot$
3	4 000 K	$0,1 P_{\text{Str}} \odot$	6	7 500 K	$10 P_{\text{Str}} \odot$

2. Geben Sie an, zu welchen Besetzungsgebieten die Diagrammpunkte der drei Sterne gehören! Vergleichen Sie die Temperaturen und die Radien dieser Sterne mit den entsprechenden Größen der Sonne!

3. Für welche Sterne gilt die Beziehung „Je höher die Photosphärentemperatur, desto höher ist die Leuchtkraft des Sterns“?

4. In welchem Besetzungsgebiet des HRD befinden sich die meisten Diagrammpunkte?

Stoffeinheit Sternsysteme und Metagalaxis

3 Stunden

In den letzten Stunden des Astronomieunterrichts wird das Bild, das die Schüler vom Bau der Welt im Großen gewonnen haben, ausgebaut und vervollständigt. In der systematischen Begriffsfolge Stern – Galaxis – Galaxienhaufen – Metagalaxis erweitert sich die räumliche Ausdehnung der betrachteten Objekte weit über die Grenzen des Vorstellbaren hinaus. Auch die anschließenden Betrachtungen zur Entwicklung der Metagalaxis vom Urknall bis zur Entstehung des Lebens und der Menschen sollen deutlich machen, daß die Welt sowohl hinsichtlich räumlicher Strukturen als auch im Blick auf zeitliche Abläufe erkennbar ist.

Insbesondere bei der Behandlung der Expansion der Metagalaxis ist den Schülern zu erläutern, daß in der Astronomie die Theorie Grundlage für astronomische Beobachtungen ist und daß Beobachtungsergebnisse zur weiteren Bestätigung und zur Weiterentwicklung der Theorie beitragen.

Ziele

Die Schüler

— besitzen Vorstellungen über die wichtigsten Erscheinungsformen der Materie in der Galaxis;

- wissen, was außergalaktische Sternsysteme sind;
- kennen die Erscheinung der Expansion der Metagalaxis;
- kennen den heißen Anfangszustand und einige wichtige Entwicklungsprozesse der Metagalaxis;
- haben ihre Kenntnisse über wichtige Objekte und Systeme im Weltall systematisiert;
- können die Struktur der Galaxis beschreiben;
- sind in der Lage, den Ort des Sonnensystems in der Galaxis anzugeben.

Die Schüler haben erkannt, daß das Weltall unbegrenzt ist und daß die Grenzen der Erkenntnisse über das Weltall im jeweiligen Stand der Beobachtungstechnik begründet sind.

Unterrichtsmittel

BM

R 1136

Der Lehrer kann entsprechend seiner Planung auch auf die Fernsehsendung „Galaktische Dimensionen“ zurückgreifen.

Schwerpunkte und Hinweise zur Unterrichtsgestaltung

Die Galaxis. Aus ihren Beobachtungen ist den Schülern bekannt, daß helle und weniger helle Sterne annähernd gleichmäßig an der scheinbaren Himmelskugel verteilt sind. Ein Blick auf eine Fotografie der Milchstraße lehrt jedoch, daß dies eine Täuschung ist. Hier kann eine Motivation angesetzt werden, die die Frage nach der wahren räumlichen Verteilung der Sterne zum Inhalt hat.

Die Schüler bauen aus den unterschiedlichen Teilerkenntnissen über die Galaxis (Strukturelemente, Gliederung, Abmessungen) die Modellvorstellung *Sternsystem* auf. Es kommt besonders darauf an, ihnen deutlich zu machen, wie sich Sterne, Sternhaufen und interstellare Materie im Milchstraßensystem anordnen. Dieser Schwerpunkt führt von der Erscheinung (der Milchstraße) zum Wesen (dem Sternsystem). Es ist deshalb notwendig, vom Beobachtungsergebnis auszugehen. Die Milchstraße wird als „Innenansicht“ des Sternsystems, in dem wir uns befinden, interpretiert.

Außergalaktische Sternsysteme. Der Übergang zur Betrachtung anderer Sternsysteme außerhalb der Galaxis wird dazu genutzt, den Schülern die Ähnlichkeit vieler Sternsysteme mit dem Milchstraßensystem vor Augen zu führen. Sie sollen erfahren, daß erst das Studium außergalaktischer Sternsysteme dazu Anlaß gab, auch in der Galaxis nach einer Spiralstruktur zu suchen und daß somit die Erforschung ferner Sternsysteme die Kenntnisse über unser eigenes Sternsystem erweiterte.

Die Beziehungen zwischen dem Stand der Beobachtungstechnik und den jeweiligen Grenzen des beobachtbaren Weltalls lassen sich anhand der Übersicht im Lehrbuch (S. 79) erläutern.

Die Interpretation des Satzes „Der Blick in die Tiefe des Weltalls ist ein Blick in ferne Vergangenheit“ kann mit Hilfe der folgenden Zahlen erfolgen:

Laufzeit des Lichtes zur Erde:

vom Sirius	9 Jahre
vom Polarstern	650 Jahre
vom Andromedanebel	2 250 000 Jahre
vom Galaxienhaufen im Sternbild Jungfrau	72 Mill. Jahre
von den entferntesten Galaxienhaufen	10 Mrd. Jahre

Entwicklung im Kosmos. Mit dieser Thematik wird eine Linienführung abgeschlossen, die den Astronomieunterricht in weiten Bereichen charakterisiert. Die Schüler sind damit vertraut, daß Sterne und Planeten Entwicklungsprozesse durchlaufen. Völlig neu ist jedoch für sie, wie sich die Entwicklung der Metagalaxis darstellt.

Zunächst eine Bemerkung zur Verwendung der Begriffe *Weltall*, *Universum*, *Kosmos*, *Metagalaxis*. Bekanntlich werden diese Begriffe in der Fachwissenschaft nicht einheitlich verwendet. Es ist z. B. üblich, das Wort *Kosmos* sowohl als Synonym für Weltall aber auch als Bezeichnung des Modells theoretischer kosmologischer Untersuchungen zu verwenden.

Bei der Erarbeitung der Lehrmaterialien ging es auch aus Gründen weltanschaulicher Bildung darum, jenen Teil des Weltalls gegenüber den Schülern zu charakterisieren, über den wir Kenntnisse besitzen, dessen Horizont sich erweitert, der prinzipiell der astronomischen Forschung zugänglich ist, in dem sich durch Wechselwirkung mit seiner Umgebung Entwicklungsprozesse vollziehen. Für diesen Teil des Weltalls benutzen wir den Begriff Metagalaxis. Die im Lehrbuch enthaltene Definition der Metagalaxis als erforschter Raum einschließlich der darin enthaltenen Objekte ist im Sinne des heute erforschten sowie des künftig beobachtbaren und erforschbaren Raumes zu verstehen, des prinzipiell der Beobachtung und Erforschung zugänglichen Teils des Weltalls. Die Definition der Metagalaxis darf natürlich nicht so verstanden werden, als ob jede „Zelle“ des prinzipiell erforschbaren Raumes auch heute schon erforscht, als ob jede Entwicklungsphase der Metagalaxis bereits durch die Wissenschaft aufgeklärt wäre. Die z. Z. noch nicht gelösten Fragen der Erforschung der Metagalaxis den Schülern nahezubringen, ist auch ein Ziel weltanschaulicher Bildung im Astronomieunterricht.

Für den Astronomieunterricht ist gegenwärtig weder notwendig noch beabsichtigt, den Schülern eine Unterscheidung von *Weltall*, *Universum*, *Kosmos*, *Metagalaxis* anzuerziehen. Jedoch sollte sich der Lehrer bewußt sein, mit welcher Sinnggebung er diese Worte im Astronomieunterricht selbst verwendet.

In der Expansion der Metagalaxis eine Entwicklung zu erkennen, ist nicht leicht. Es bedeutet eine wesentliche Hilfe für die Schüler, wenn der Lehrer ihnen deutlich macht, daß die Suche nach Antwort auf die Frage „Was war der *Ausgangspunkt* der Expansion?“ – auch die Frage nach der zeitlichen Veränderung der Metagalaxis beantwortet. Dies aber ist ein wichtiger Aspekt der Entwicklung.

Das Thema „Urknall“ ist zweifellos ein attraktiver Diskussionsgegenstand; es soll aber mehr sein, als ein glanzvoller Schlußpunkt des Astronomieunterrichts. Dazu brauchen die Schüler Beweise dafür, daß eine derartige heiße und dichte Frühphase der Metagalaxis tatsächlich stattgefunden hat. „Flucht“ der Galaxien und 3-K-Strahlung gehören also als bestätigende Fakten unmittelbar zum Begriff „Urknall“. Wie sie nachgewiesen wurden, kann im Unterricht nur angedeutet werden. Es genügt, darauf hinzuweisen, daß die Bewegung der Galaxien im Raum aus genauen Untersuchungen der Spektren dieser Objekte ermittelt wird. (Dies ist eine sehr weitgehende didaktische Vereinfachung. Sie trifft aber das Wesentliche, und sie macht darüber hinaus die Schüler noch einmal auf die große Bedeutung der Spektralanalyse aufmerksam.) Die 3-K-Strahlung ist eine Radiostrahlung, die mit radioastronomischen Instrumenten beobachtet wird. Dieser Sachverhalt ist für die Schüler ohne weiteres verständlich. Die Behandlung der Entwicklung der Metagalaxis bietet die Möglichkeit, das Zusammenwirken von Theorie und Beobachtung bei der Erforschung des Weltalls den Schülern nahezubringen. Beobachtung der Spektrallinien ferner Galaxien und Deutung als Fluchtbewegung, Rückschluß auf den „Urknall“ und Vorhersage der Reliktstrahlung, Beobachtung der 3-K-Strahlung sind den Schülern als Belege für die Wechselbeziehung von Theorie und Beobachtung in der astronomischen Forschung zu erläutern.

Von großer Wichtigkeit ist, daß die Schüler den „Urknall“, den Beginn der Expansion der Metagalaxis, nicht als ein von der übrigen Entwicklung im Kosmos abgehobenes

Ereignis werten. Die Entstehung der Galaxien, der Sterne und Planeten und deren weitere Entwicklung sowie die Entstehung des Lebens auf der Erde, gehören zur Entwicklung der Metagalaxis, die mit dem „Urknall“ begonnen hat. Daß er in diese Entwicklung einzuordnen ist, kann anhand der Tabelle im Lehrbuch, S. 80, erläutert werden. Mit Hilfe des Bildes 15 kann man den Schülern verdeutlichen, in welchen zeitlichen Dimensionen sich die Entwicklung der Metagalaxis vollzogen hat.

Der „Urknall“ darf nicht mit einem Beginn der Existenz aller Materie gleichgesetzt werden. Damit die Schüler diese für die Formung ihres Weltbildes außerordentlich wichtige Erkenntnis gewinnen können, ist folgende Gedankenführung zweckmäßig: Die Metagalaxis ist „unser Teil“ des Weltalls, über das wir Aussagen machen können. Nur von diesem Teil wissen wir, daß es jenen Zustand, den wir als „Urknall“ bezeichnen, durchlaufen hat. Welche Gesetze zum Zeitpunkt des Urknalls galten und wie sich die Metagalaxis in ferner Zukunft entwickeln wird, wissen wir heute noch nicht. Manche Astronomen nehmen z. B. an, daß sich in ferner Zukunft die Metagalaxis wieder zusammenziehen wird. An dieser Stelle muß sich der Lehrer auf Schülerfragen einstellen, die zum Teil noch nicht gelöste Probleme der Erforschung des Weltalls berühren.

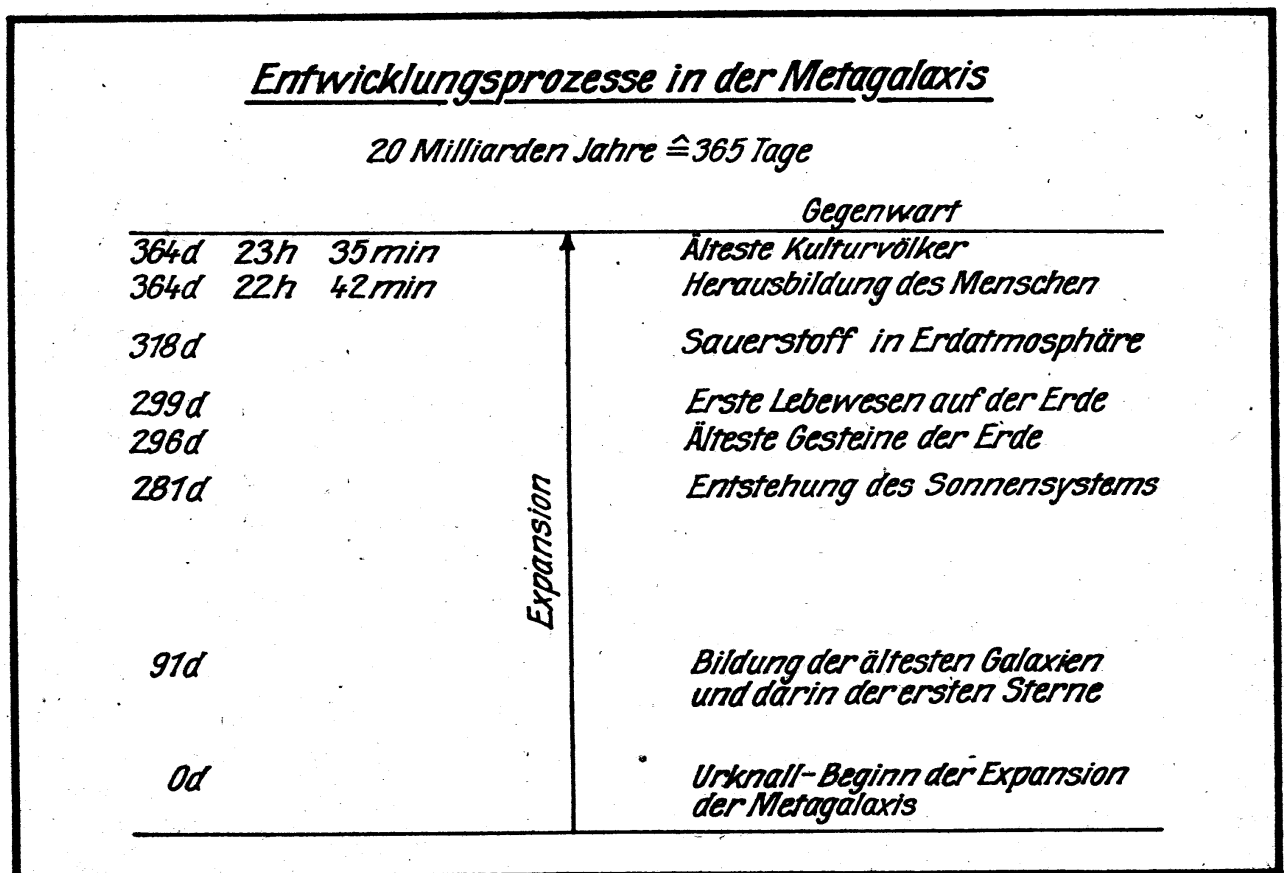


Bild 15 Tafelbild (Folie) zu „Entwicklung im Kosmos“

Kurzwort: 08 21 03 UH Astronom. Kl. 10
ISBN 03-6-082103-8