

Methodik

Akademie
der Pädagogischen
Wissenschaften
der Deutschen
Demokratischen
Republik

Astronomie- unterricht

Methodik Astronomieunterricht

**Ausgearbeitet von einem
Autorenkollektiv
unter der Leitung
von Helmut Bernhard**



**Volk und Wissen
Volkseigener Verlag Berlin
1979**

**Herausgegeben
von der
Akademie der Pädagogischen Wissenschaften
der
Deutschen
Demokratischen
Republik**

Redaktionskollegium:

Helmut Bernhard (Leiter), Lore Graumann (stellv. Leiter), Heinz Albert, Adelheid Baumgarten, Werner Golm, Hermann Lambrecht, Klaus Lindner, Hermann Risse, Klaus Schmidt, Manfred Schukowski, Joachim Stier, Hellmut Winkler

Autoren:

Heinz Albert, Helmut Bernhard, Wolfgang Gebhardt, Klaus Lindner, Hermann Risse, Klaus Schmidt, Manfred Schukowski, Wolfgang Severin, Joachim Stier

Gutachter und Berater:

Heinz Albrecht, Adelheid Baumgarten, Herbert Bernhardt, Friedemann Berth, Rudolf Brown, Helmut Busch, Gerhard Elsner, Wolfgang Gebhardt, Paul Graf, Rudolf Henkel, Hans Hentschel, Helmut Krystoph, Helga Knopf, Hermann Lambrecht, Oskar Mader, Klaus Raabe, Hermann Risse, Lothar Sauer, Helmut Schmidt, Klaus Schmidt, Eva-Maria Schober, Klaus-Günter Steinert, Gerhard Stierand, Günter Tobien, Karlheinz Tomaschewski, Ewald Topp, Werner Walsch, Rolf Weber, Günter Weinert, Hellmut Winkler, Manfred Wünschmann, die Abteilung mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht sowie die Leitung des Instituts für mathematischen, naturwissenschaftlichen und polytechnischen Unterricht der APW

© Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin 1977

2. Auflage

Lizenz-Nr. 203 1000 (UN 08:21 02-2)

LSV 0645

Redaktion: Werner Golm

Einband: Hans-Joachim Petzak

Typographische Gestaltung: Atelier vvv

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: Offizin Andersen Nexø

Betriebsteil Hildburghausen

Schrift: 9/14 Buchsuper

Redaktionsschluß: 27. 6. 1978

Bestell-Nr. 706 770 4

DDR 6;20 M

Inhalt

	Vorwort	7
1.	Der Beitrag des Faches Astronomie zur Bildung und Erziehung all- seitig entwickelter sozialistischer Persönlichkeiten (Manfred Schu- kowski)	11
1.1.	Die Astronomie und deren gesellschaftliche Funktion	11
1.2.	Ziele des Astronomieunterrichts	13
1.2.1.	Ziele im Bereich des Wissens	14
1.2.2.	Ziele im Bereich des Könnens	18
1.2.3.	Ziele im Bereich der Überzeugungen und Verhaltensweisen	25
2.	Der Unterrichtsstoff des Faches Astronomie	31
2.1.	Beiträge anderer Unterrichtsfächer zur astronomischen Bildung (Wolfgang Gebhardt)	32
2.1.1.	Elemente astronomischer Bildung in den Klassen 1 bis 5	33
2.1.2.	Vorleistungen für den Astronomieunterricht aus dem Unterricht der Klassen 6 bis 10	34
2.2.	Übersicht über den Unterrichtsstoff (Helmut Bernhard)	39
2.2.1.	Stoffeinheit „Das Planetensystem“	42
2.2.2.	Stoffeinheit „Astrophysik und Stellarastronomie“	45
2.2.3.	Übergreifende Aspekte des Unterrichtsstoffes	50
2.2.4.	Zum Unterrichtsstoff über kosmische Objekte und Systeme sowie Arbeitsmethoden zu ihrer Erforschung	57
3.	Der Unterrichtsprozeß im Fach Astronomie	63
3.1.	Grundpositionen des Unterrichts in der sozialistischen Schule in ihrer Anwendung auf den Astronomieunterricht	64
3.1.1.	Wissenschaftlichkeit, Parteilichkeit und Lebensverbundenheit, ein grundlegendes Prinzip des Astronomieunterrichts (Helmut Bern- hard und Klaus Lindner)	64
3.1.2.	Zu den didaktischen Prinzipien der Faßlichkeit und Anschaulich- keit (Klaus Lindner)	70

3.1.3.	Geistige und geistig-praktische Tätigkeiten im Astronomieunterricht (Klaus Lindner)	73
3.2.	Materiell-pädagogische Bedingungen zur Führung des Unterrichts- prozesses durch den Lehrer	81
3.2.1.	Übersicht über Unterrichtsmittel für den Astronomieunterricht (Heinz Albert)	81
3.2.2.	Didaktisch-methodische Möglichkeiten für den rationellen Einsatz der Unterrichtsmittel (Heinz Albert)	82
3.2.3.	Zur Einrichtung und Nutzung von Fachunterrichtsraum, Beobach- tungsstation, Schulsternwarte und Planetarium (Klaus Schmidt)	88
3.3.	Planung des Unterrichtsprozesses im Fach Astronomie	96
3.3.1.	Planung von Stoffeinheiten (Heinz Albert)	96
3.3.2.	Vorbereitung einer Unterrichtsstunde im Fachunterrichtsraum (Heinz Albert)	98
3.3.3.	Vorbereitung eines Beobachtungsabends (Heinz Albert)	101
3.3.4.	Vorbereitung eines Planetariumsbesuches (Klaus Schmidt)	112
3.4.	Leistungskontrolle im Astronomieunterricht (Wolfgang Severin und Heinz Albert)	113
3.5.	Didaktisch-methodische Behandlung einiger Schwerpunkte des Astronomielehrplans	118
3.5.1.	Entfernung und Helligkeit der Sterne (Hermann Risse)	118
3.5.2.	Ausgewählte Zustandsgrößen der Sterne – Hertzsprung-Russell- Diagramm als Zustandsdiagramm (Hermann Risse)	123
3.5.3.	Sternentwicklung und Sternentstehung – Hertzsprung-Russell-Dia- gramm als Entwicklungsdiagramm (Hermann Risse)	133
3.5.4.	Durchführung des zweiten Beobachtungsabends (Heinz Albert)	137
3.6.	Didaktisch-methodische Hinweise zu den Arbeitsgemeinschaften nach Rahmenprogramm (Joachim Stier)	158
3.6.1.	Zur Zielstellung und Stoffanordnung	158
3.6.2.	Zur didaktisch-methodischen Gestaltung der Tätigkeit in der Arbeits- gemeinschaft „Astronomie“	161
3.6.3.	Didaktisch-methodische Hinweise zur Realisierung der Komplexauf- gabe „Bestimmen der geographischen Koordinaten des Beobach- tungsortes	164
	Literaturverzeichnis	169
	Register (Klaus Lindner)	172

Vorwort

Der Aufbau der entwickelten sozialistischen Gesellschaft in der Deutschen Demokratischen Republik erfordert eine ständige Erhöhung des Bildungs- und Erziehungsniveaus des ganzen Volkes. In diesem Prozeß nimmt die Schule einen hervorragenden Platz ein. Der VIII. Parteitag der SED formulierte als schulpolitische Hauptaufgabe, den Übergang zur allgemeinen zehnjährigen Oberschulbildung zu vollenden und die inhaltliche Ausgestaltung unserer zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule als der grundlegenden Bildungs- und Erziehungsstätte für alle Kinder zu realisieren. Mit diesem Auftrag wurde die Generallinie der Entwicklung des Volksbildungswesens für einen längeren Zeitraum abgesteckt. „Inhaltliche Ausgestaltung unserer Schule, das ist nicht einfach eine Lösung, sondern Programm für die weitere Arbeit, dessen Verwirklichung das Mitdenken, die Initiative, das Schöpferium eines jeden Pädagogen erfordert“ (1, S. 8). Auf dem IX. Parteitag der SED wurde bestätigt, daß auch künftig die Aufgabe besteht, unsere Oberschule inhaltlich weiter auszugestalten mit dem Ziel, das Niveau der Oberschulbildung stetig zu erhöhen.

Durch die Einführung neuer Lehrpläne für alle Fächer wurde in den letzten Jahren eine wichtige Voraussetzung für eine kontinuierliche Verbesserung der Bildungs- und Erziehungsergebnisse geschaffen. Nun geht es darum, das in diesen Lehrplänen konzipierte hohe Niveau sozialistischer Allgemeinbildung Wirklichkeit werden zu lassen.

Der Astronomieunterricht hat die Aufgabe, allen Schülern ein solides und dauerhaftes astronomisches Wissen und Können zu vermitteln, und, wie in allen anderen Fächern auch, einen Beitrag zur Erziehung im Geist der Weltanschauung und Moral der Arbeiterklasse zu leisten. Die Astronomielehrer haben zur Erfüllung dieser Forderungen große Anstrengungen unternommen. Es bedarf jedoch ihrer weiteren schöpferischen Arbeit, um die Forderungen nach einem wissenschaftlichen, parteilichen und lebensverbundenen Astronomieunterricht immer besser zu erfüllen.

Das vorliegende Buch soll das Bestreben der Lehrer und Leiter von Arbeitsgemeinschaften, die Qualität ihres Unterrichts ständig zu erhöhen, wirksam unterstützen.

Diese Beiträge zur Methodik beziehen sich auf die Ausführungen des Buches „Allgemeinbildung – Lehrplanwerk – Unterricht“, das die theoretische Konzeption

des Lehrplanwerkes erläutert, Ziel, Inhalt und methodische Konzeption aller Unterrichtsfächer knapp darstellt und Hinweise für die Unterrichtsgestaltung gibt.

In den Beiträgen wurden solche Themen behandelt, die für den Astronomieunterricht typisch sind. Die Ausführungen gehen von allgemeinen schulpolitischen Dokumenten sowie dem derzeit gültigen Astronomielehrplan aus und stehen im Zusammenhang mit dem Lehrbuch und den Unterrichtshilfen.

Das Buch gliedert sich in drei Kapitel, in denen das Ziel, der Stoff und der Prozeß des Unterrichts erläutert werden. Zwischen diesen drei Aspekten bestehen Wechselbeziehungen, auf die bei der Darstellung Bezug genommen wurde.

Im **Kapitel 1** wird gezeigt, welchen Beitrag der Astronomieunterricht im Rahmen der Unterrichtsfächer bei der Bildung und Erziehung allseitig entwickelter sozialistischer Persönlichkeiten zu leisten hat. Es wird dargelegt, welchen Anteil der Astronomieunterricht bei der Formung sozialistischer Staatsbürger hat, die über ein solides und anwendungsbereites Wissen und Können verfügen.

Im **Kapitel 2** wird der Unterrichtsstoff erörtert, mit dessen Hilfe die im Kapitel 1 genannten Ziele realisiert werden. Es wird dargestellt, welche astronomischen Vorkenntnisse die Schüler in anderen Fächern erwarben. Eine Übersicht zeigt diejenigen Unterrichtsstoffe, die zur Verwirklichung der im Kapitel 1 genannten Ziele ausgewählt wurden. Es wird der Unterrichtsstoff der im Lehrplan ausgewiesenen zwei Stoffeinheiten charakterisiert. Übergreifende Aspekte des Unterrichtsstoffs, speziell hinsichtlich der weltanschaulich-philosophischen und politisch-moralischen Bildung und Erziehung, werden zusammenfassend dargestellt und damit gewisse Schwerpunkte für die Unterrichtsgestaltung aufgezeigt. Abschließend werden in diesem Kapitel wichtige Teile des Unterrichtsstoffs – kosmische Objekte und Systeme – unter fachspezifischer Sicht interpretiert.

Die Aussagen über den Unterrichtsprozeß im **Kapitel 3** nehmen den breitesten Raum eines Buches ein. Es wird zunächst darauf eingegangen, wie allgemeingültige Grundpositionen des Unterrichts, insbesondere die marxistisch-leninistischen Prinzipien der Einheit von Wissenschaftlichkeit, Parteilichkeit und Lebensverbundenheit und der Einheit von Bildung und Erziehung, im Astronomieunterricht verwirklicht werden können. Die Ausführungen über materielle Voraussetzungen zur Führung des Unterrichtsprozesses durch den Lehrer stellen dar, wie man zu Entscheidungen über die Auswahl und den Einsatz von Unterrichtsmitteln im Fach Astronomie gelangt. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Einrichtung und Nutzung von Fachunterrichtsräumen, Beobachtungsstationen, Schulsternwarten und Planetarien eingegangen. Ferner enthält dieses Kapitel Aussagen über die Planung des Unterrichtsprozesses sowie über die Leistungskontrolle im Astronomieunterricht. Drei Schwerpunkte der Stoffeinheit „Astrophysik und Stellarastronomie“ sowie die Durchführung eines Beobachtungsabends werden aus didaktisch-methodischer Sicht erörtert. Es wird gezeigt, wie die theoretischen methodischen Grundsätze in der praktischen Arbeit umgesetzt werden können. Im letzten Abschnitt des Kapitels wird auf ausgewählte didaktisch-methodische Fragen der Arbeitsgemeinschaften Astronomie und Astronautik in den Klassen 9 und 10 eingegangen.

Die Autoren und das Redaktionskollegium stützten sich bei der Abfassung dieses Buches auf Erfahrungen fortgeschrittener Lehrer bei deren Arbeit mit dem

neuen Lehrplan. Außerdem halfen ihnen Ergebnisse einzelner wissenschaftlicher Untersuchungen. Alle Autoren sind sich bewußt, daß nicht auf jede Frage, die sich in der Praxis ergibt, eine allgemeingültige Antwort gegeben werden konnte. Daher ist die schöpferische Tätigkeit des Lehrers erforderlich, um die didaktisch-methodischen Überlegungen und Vorschläge unter den konkreten Bedingungen des Unterrichts mit Erfolg durchzusetzen.

1. **Der Beitrag des Faches Astronomie zur Bildung und Erziehung allseitig entwickelter sozialistischer Persönlichkeiten**

Die Ziele und Aufgaben des Astronomieunterrichts erwachsen aus der allgemeinen und grundlegenden Zielstellung jeglicher pädagogischen Arbeit in der Schule, die darin besteht, alle wesentlichen Voraussetzungen für die allseitige Entwicklung der sozialistischen Persönlichkeit zu schaffen.

Mit Hilfe wissenschaftlicher Erkenntnisse der Astronomie gilt es, im Astronomieunterricht dazu beizutragen, daß die Schüler die Welt begreifen, über die Kenntnis der Erscheinungen hinaus zum Wesen vordringen, die Gesetzmäßigkeiten von Prozessen verstehen, um zu weltanschaulichen Erkenntnissen zu gelangen, die ihrem Denken und Handeln die Richtung geben und sie fest und unverlierbar ihren Platz auf der Seite des gesellschaftlichen Fortschritts finden lassen (22).

Um diese Ziele zu erreichen, muß vor allem gesichert werden, daß das im Lehrplan ausgewiesene grundlegende astronomische Wissen und Können fest und solide angeeignet wird. Denn „festes, dauerhaftes und anwendungsbereites Wissen und Können, ein reicher und geordneter Wissens- und Erfahrungsschatz ist schließlich Voraussetzung für die Entwicklung aller Seiten der sozialistischen Persönlichkeit.“ (22; S. 17). Auf dieser Grundlage und in Einheit mit der Wissensaneignung sind die Schüler zu einer festen weltanschaulichen, politischen und moralischen Grundhaltung zu erziehen, ihre Lebensauffassung ist im Sinne der Weltanschauung und Moral der Arbeiterklasse zu formen. Hierin liegt das grundlegende Ziel des Astronomieunterrichts.

1.1. **Die Astronomie und deren gesellschaftliche Funktion**

Astronomie ist die Wissenschaft von den Positionen und Bewegungen, den Eigenschaften, dem Aufbau, der Entstehung und der Entwicklung der Himmelskörper und ihrer Systeme, einschließlich des interstellaren und intergalaktischen Mediums.

Ihre spezifische Aufgabe liegt darin, die kosmische Realität in der Vielfalt ihrer Erscheinungen zu erkennen und Aussagen vom Wesen der im Weltall existierenden Objekte, der ablaufenden Prozesse sowie der ihnen zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten zu gewinnen. Die Astronomie stand und steht in enger Wechsel-

wirkung mit einer Reihe von Natur- und Gesellschaftswissenschaften, in erster Linie mit Physik, Mathematik und Philosophie, in wachsendem Maße mit Chemie, mit Biologie, aber auch mit Geowissenschaften und den technischen Wissenschaften.

Mit der Entwicklung der **Astrophysik** hat die Astronomie im letzten Jahrhundert, in besonderem Maße jedoch in den letzten fünfundzwanzig Jahren, einen außerordentlichen Zuwachs an Erkenntnissen gewonnen.

Ihr gelang der Vorstoß zum Wesen jener physikalischen Prozesse, die mit der Entstehung und Entwicklung der Sterne verbunden sind. Neutronensterne – theoretisch bereits vor Jahrzehnten vorausgesagte Objekte – wurden entdeckt. In den Quasaren wurden kosmische Formen der Materie gefunden, die sich nicht widerspruchsfrei in den Rahmen der bisherigen astronomischen Theorien einordnen lassen, deren Untersuchung mit hoher Wahrscheinlichkeit zur Weiterentwicklung dieser Theorien und zu neuen Erkenntnissen über die Physik der Galaxien führen wird. 1951 fand man die aus theoretischen Überlegungen vorausgesagte 21-cm-Linie des neutralen Wasserstoffs. Seit 1963 wurde eine große Zahl vor allem organischer Moleküle im interstellaren Raum entdeckt. 1965 wurde bei radioastronomischen Untersuchungen die Drei-Grad-Kelvin-Strahlung registriert. Die direkte Untersuchung des erdnahen und des interplanetaren Raumes, des Mondes und der Planeten Venus, Mars, Jupiter und Merkur eröffnete für Forschungen über das Planetensystem, seine Entstehung und Entwicklung völlig neue Erkenntnisquellen.

Der Kosmos erwies sich als Forschungsbereich, in dem mit Größenordnungen und unter Bedingungen operiert werden kann, die bei irdischen Verhältnissen ausgeschlossen sind. So wurden neue Erkenntnisse über den Aufbau kosmischer Objekte, die Struktur astronomischer Systeme und die Wechselwirkungen zwischen Erscheinungsformen der Materie, also tiefere Einsichten in Gesetzmäßigkeiten der Natur gewonnen, die Auswirkungen auf das Erkennen und die Beherrschung grundsätzlich neuer oder die Verbesserung vorhandener wissenschaftlich-technischer Verfahren und Prozesse erwarten lassen. Wenn die Entwicklung in dieser Hinsicht auch noch am Anfang steht, so kann man doch schon heute sagen: **Seit der raschen Entwicklung der Astrophysik trat die Astronomie hinsichtlich ihrer erkenntnistheoretischen und ihrer praktischen Bedeutung in ein neues Stadium.**

Mit der Entwicklung der **Raumfahrt**¹, die sich immer mehr als Stimulator für viele Bereiche der Wissenschaft, Technik und Wirtschaft erweist, wächst die Bedeutung grundlegender astronomischer Kenntnisse für den Menschen weiter an. Die Ergebnisse der Raumfahrt, mit der der Mensch über die Erdoberfläche hinaustrat und das kosmische Geschehen in neuer Weise zu erforschen begann, gehören zu jenen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen, „an denen der weitere Zuwachs an Wissen und Macht des Menschen über die Natur ansetzt, die unser Weltbild mitbegründet und unsere Hoffnungen, Sorgen und Wünsche erregen, die unsere Prognose der Zukunft tragen“ (19).

Die Raumfahrt und die Ausweitung der astronomischen Forschungen auf gänzlich neue Beobachtungsbereiche – von der Radiostrahlung bis zur Röntgen- und Gammastrahlung – lassen die engen Beziehungen der Astronomie zur allgemeinen wissenschaftlich-technischen Entwicklung besonders deutlich werden. Da diese

¹ Die Begriffe Raumfahrt, Kosmonautik und Astronautik werden in diesem Buch synonym benutzt.

eingebettet ist in die gesellschaftliche Entwicklung, bestehen enge Beziehungen der Astronomie und Astronautik zur Gesellschaft.

In der Zielstellung der Raumfahrt wird diese Abhängigkeit von der Gesellschaftsordnung ganz besonders deutlich: Seit dem Start von Sputnik 1 ist die sowjetische Raumfahrt durch wissenschaftliche und technische Zielstrebigkeit, Planmäßigkeit, Ökonomie und durch ihre humanistische Grundkonzeption ausgezeichnet. Der Verzicht auf Hektik und äußeren Effekt resultiert aus den Zielen der sozialistischen Gesellschaftsordnung.

Die Astronomie wurde vom dialektischen Materialismus entscheidend befruchtet und wirkte auf ihn zurück. Sie erbrachte überzeugende Beweise für die Materialität der Welt, die Entwicklung in der Welt und die Erkennbarkeit der Welt.

Kosmologische und kosmogonische Fragen, die in der Astronomie immer stärker in den Mittelpunkt rücken, beinhalten nicht nur astronomische, sondern auch philosophische Probleme. Die Geschichte der Astronomie bietet zahlreiche Beispiele für ideologische Auseinandersetzungen, die mit dem Kampf um das wissenschaftliche Weltbild zuinnerst verknüpft waren. Hier sei nur an Nicolaus Copernicus, Giordano Bruno, Galileo Galilei und Immanuel Kant erinnert.

Unkenntnis in astronomischen Fragen wurde in der Vergangenheit oft zur Irreführung der Menschen, zu idealistischen Manipulationen, zu weltanschaulichen und religiösen Spekulationen ausgenutzt. In kapitalistischen Staaten dauert dieser Zustand noch heute an; man denke nur an die – bei uns gegenstandslos gewordene – Astrologie.

So erweisen sich Astronomie und Astronautik für die naturwissenschaftliche und die weltanschauliche Bildung des Menschen als wertvoll und notwendig. Sie erweitern seine Naturerkenntnis über die Grenzen der Erde hinaus und unterstützen philosophische Erkenntnisse von einer neuen, durch die anderen Einzelwissenschaften nicht erfaßten Seite der objektiven Realität. Sie haben somit einen hohen persönlichkeitsbildenden Wert.

1.2. Ziele des Astronomieunterrichts

Im naturwissenschaftlichen Unterricht sollen die Schüler auf der Grundlage sicheren Wissens Naturerscheinungen und -prozesse theoretisch tiefer durchdringen und an Denk- und Arbeitsmethoden der Naturwissenschaften (Begriffs- und Hypothesenbildung, Arbeiten mit Modellen für Vorgänge und Erscheinungen, Beobachten, Messen und Experimentieren) herangeführt werden. Auf dieser Basis sollen sie zu weltanschaulichen Einsichten geführt und befähigt werden, das erworbene Wissen in der gesellschaftlichen Praxis anzuwenden, um es für den Menschen, für eine progressive gesellschaftliche Entwicklung nutzbar zu machen.

Der Astronomieunterricht hilft, diese Ziele zu erreichen. Er erweitert die von den Schülern in den Klassen 1 bis 9 erworbenen naturwissenschaftlichen Erkenntnisse um die Erkenntnisse über Erscheinungen und Prozesse im Weltall. Die Schüler lernen einen Bereich der Natur kennen, der sowohl hinsichtlich der Größenordnungen von Raum, Zeit und vieler physikalischer Parameter (Masse, Energie, Tempe-

ratur, Dichte usw.) in anderen Unterrichtsfächern nicht behandelt wird. Dabei wird an die in anderen Fächern sporadisch erworbenen astronomischen Kenntnisse und an physikalische und andere wissenschaftliche Grundlagen angeknüpft und darauf aufgebaut.

Im folgenden werden die Ziele des Astronomieunterrichts im Bereich des Wissens, des Könnens und der Überzeugungen, der Charaktereigenschaften und der Verhaltensweisen nacheinander dargestellt. Die Trennung und aufeinanderfolgende Abhandlung erfolgt, um die Ausführungen übersichtlicher zu gestalten. Dabei soll jedoch an keiner Stelle vergessen werden, daß das **reale Unterrichtsgeschehen immer ein komplexer Prozeß von Wissensaneignung, geistiger Entwicklung der Persönlichkeit, Überzeugungsbildung und Charakterentwicklung ist, eine Einheit von Bildung und Erziehung** darstellt.

1.2.1. Ziele im Bereich des Wissens

Einleitend wurde bereits hervorgehoben, daß ein festes Fundament wissenschaftlicher Kenntnisse für alle Unterrichtsfächer die Grundlage ihres Beitrages zur Entwicklung sozialistischer Persönlichkeiten bildet.

Im Astronomieunterricht werden die Schüler systematisch mit exaktem und solidem Wissen über grundlegende astronomische Fakten, Begriffe, Zusammenhänge, Gesetze, Gesetzmäßigkeiten, Theorien und Hypothesen sowie mit einer Auswahl astronomischer Arbeitsmethoden ausgerüstet. Nur auf dieser Basis ist es möglich, Fähigkeiten zu entwickeln, Überzeugungen auszubilden, Verhaltensweisen zu formen und Charaktereigenschaften zu prägen: „Sozialistisches Bewußtsein und Verhalten der Schüler können nur allseitig fundiert und ausgeprägt werden, wenn im Unterricht aller Fächer intensiv gelernt und die Grundlagen der Wissenschaft exakt vermittelt und parteilich gelehrt werden“ (21; S. 3).

Bei der Festlegung der Ziele und Aufgaben des Astronomieunterrichts wurde davon ausgegangen, daß dieser in der Abschlußklasse der Oberschule einsetzt, eine Wochenstunde umfaßt und daß in den vorhergehenden Schuljahren im obligatorischen Unterricht keine systematischen astronomischen Kenntnisse erworben wurden. Es wird beachtet, daß den Schülern nun erst elementare astronomische Fakten und Zusammenhänge in ihren Beziehungen zueinander mitgeteilt werden. Ferner wird berücksichtigt, daß sowohl klassische Grundlagen als auch neue Erkenntnisse der Astronomie angeeignet werden müssen, damit astronomische Prozesse und Erscheinungen theoretisch durchdrungen werden können. Außerdem sollen die Schüler Einblick in Denk- und Arbeitsmethoden der Astronomie erhalten. Entsprechend der Bedeutung der Astrophysik in der Wissenschaft Astronomie liegt der Schwerpunkt dabei auf astrophysikalischen Themen und Betrachtungsweisen.

Das zu vermittelnde Wissen ist im Lehrplan umrissen. Die darin enthaltenen astronomischen Fakten, Begriffe usw. müssen von den Schülern in ihren inneren Beziehungen verstanden und anwendbar gespeichert sein, damit sie zu Erkenntnissen führen, das heißt zum immer tieferen, aktiven, erkennenden Eindringen in die Wirklichkeit (47; S. 19).

Nachstehend werden diejenigen astronomischen Erkenntnisse ausgewiesen, die die Schüler zum Ende des Astronomieunterrichts gewonnen haben sollen. Diese Ziele bestimmen den notwendigen Unterrichtsstoff, der in Kapitel 2 ausführlich dargestellt und interpretiert wird. Es handelt sich um folgende grundlegende Erkenntnisse und Einsichten:

- Die Himmelskörper bilden Systeme. Solche Systeme von Himmelskörpern sind zum Beispiel
 - der Doppelplanet Erde – Mond,
 - die Sonne mit den sie umkreisenden kleineren Körpern (Planeten, Monde, Planetoiden, Kometen, Meteorite),
 - Doppel- und Mehrfachsterne,
 - Ansammlungen von Milliarden Sternen und interstellaren Wolken.
 Im allgemeinen sind die Systeme in übergeordnete Systeme eingeordnet: Das System Erde – Mond ist Teil des Sonnensystems. Dieses wiederum ist Teil der Galaxis. Unsere Galaxis gehört ebenfalls einem übergeordneten System an.
- Die Sonne, die Erde und der Mond nehmen unter den Sternen, Planeten und Satelliten keine Sonderstellung ein. Besonderheiten bestehen nur insofern, als sie der Forschung sehr viel leichter zugänglich sind; Erde und Erdmond bilden wegen der relativ großen Masse des letzteren einen in unserem Sonnensystem einmaligen Doppelplaneten.
- Das Gravitationsgesetz gilt für die Bewegungen in allen genannten Systemen. Aus ihm leiten sich die Keplerschen Gesetze ab, nach denen sich sowohl die natürlichen Körper um die Sonne, als auch künstliche Satelliten um die Erde oder um andere Körper (Erdmond, Planeten, Sonne) bewegen.
- Die Erscheinungen der Sonnenaktivität (Flecken, Protuberanzen, Eruptionen u. ä.) können sich auf der Erde auswirken (ionosphärische, magnetische, evtl. meteorologische und biologische Erscheinungen). Dabei handelt es sich in jedem Falle um natürliche, gesetzmäßige Vorgänge.
- Durch geometrische oder fotometrische Methoden können Entfernungen von Sternen und Sternsystemen bestimmt werden.
- Es ist dem Menschen möglich, die Zustandsgrößen der Sterne (Masse, Radius, Oberflächentemperatur, Leuchtkraft usw.) trotz deren großer Entfernung zu bestimmen und Erkenntnisse über den inneren Aufbau, die inneren Vorgänge und die dadurch bewirkte Entwicklung der Sterne zu gewinnen.
- Die Energiefreisetzung in den Sternen sowie die dadurch hervorgerufenen Veränderungen der Zustandsgrößen (primär der chemischen Zusammensetzung) sind während des überwiegenden Teiles im Entwicklungsweg der Sterne auf Kernprozesse zurückzuführen.
- Die Entstehung von Sternen aus Ansammlungen von interstellarem Gas und Staub dauert auch in der Gegenwart an. Es werden Sterne beobachtet, die sich offenbar im Frühstadium ihrer Entwicklung befinden.
- Es gibt Galaxien mit ähnlicher Struktur wie der unseres Milchstraßensystems und andere, die sich nach ihrer Form und ihren physikalischen Eigenschaften wesentlich von unserer Galaxis unterscheiden.

- Im Weltall finden ständig Prozesse der Veränderung und Entwicklung statt. Die Menschen sind in der Lage, die Strukturen und Prozesse im Weltall sowie die ihnen zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten zu erkennen.
- In Abhängigkeit von der Entwicklung der Produktivkräfte gewinnt die Astronomie ständig neue Erkenntnisse; die bisherigen Erkenntnisse werden überprüft, präzisiert und erweitert. Die Astronomie fördert die Entwicklung der anderen Naturwissenschaften und der Technik, die ihrerseits auf die Weiterentwicklung der Astronomie zurückwirken.

Die Produktionsverhältnisse üben auch auf die Astronomie einen entscheidenden Einfluß aus. Dieser wird in der Astronautik besonders deutlich. Unter sozialistischen Bedingungen ist die Raumfahrt in die gesamtgesellschaftlichen Interessen eingefügt. Sie ist Bestandteil planmäßiger Erschließung und Nutzung wissenschaftlicher und technischer Potenzen zur Lösung der gesellschaftlichen Hauptaufgabe.

Diese Kenntnisse und Einsichten sollen, von verschiedenen Seiten begründet und immer wieder gefestigt, auch dann noch zum Wissen der jungen Menschen gehören, wenn sie die Schule verlassen und manche Einzelheiten des Astronomieunterrichts wieder vergessen haben. Sie bilden im Bereich der Astronomie jenes Gerüst, dem im späteren Leben weitere Kenntnisse angefügt und auf dessen Grundlage neue astronomische Entdeckungen, Forschungsergebnisse oder Erscheinungen verstanden werden können.

Durch die gründliche Vermittlung eines soliden, systematischen und anwendbaren Wissens über grundlegende astronomische Fakten, Begriffe, Gesetze, Theorien, Methoden und Verfahren, d. h., durch einen Beitrag zu jenen wissenschaftlichen Fundamenten, die die Welt überschaubar und beherrschbar machen, wird ein Beitrag zur polytechnischen Bildung der Schüler geleistet.

Auf einige Fragen und Probleme im Zusammenhang mit der Zielstellung im Bereich des Wissens soll im folgenden eingegangen werden.

Die Bildung von Begriffen und die Arbeit mit ihnen besitzt im Erkenntnisprozeß tragende Bedeutung. Begriffe versetzen die Schüler in die Lage, die unübersehbar große Fülle von Erscheinungen, die Vielfalt der Dinge überschaubar zu ordnen, kennzeichnende Merkmale hervorzuheben und von den Dingen und Erscheinungen zum Wesen vorzudringen. „Der Mensch kann die Natur nicht als *ganze*, nicht vollständig, kann nicht ihre ‚unmittelbare Totalität‘ erfassen = widerspiegeln = abbilden, er kann dem nur *ew'g* näher kommen, indem er Abstraktionen, Begriffe, Gesetze, ein wissenschaftliches Weltbild usw. usf. schafft“ (37; S. 172). Gleichzeitig sind die Begriffe notwendige Grundlage, Voraussetzung und Bestandteil der weltanschaulichen Bildung. Denn „die Bildung von (abstrakten) Begriffen und die Operationen mit ihnen schließen schon die Vorstellung, die Überzeugung, das *Bewußtsein* von der Gesetzmäßigkeit des objektiven Weltzusammenhanges in sich“ (37; S. 168). Auf diesen Zusammenhang soll nachdrücklich aufmerksam gemacht werden.

Die exakte Erarbeitung, Anwendung und Festigung von astronomischen Begriffen ist eine grundlegende Aufgabe im Bereich des Wissens. Es kommt darauf an,

daß die Schüler Begriffe mit lebendigen Vorstellungen und konkreten Tatsachen verbinden können. Dabei ist zu beachten, daß die Schüler bereits zu Beginn des Astronomieunterrichts einige Kenntnisse über die Begriffe Mond, Planet, Sonne, Stern besitzen, die nun präzisiert und konkretisiert werden müssen.

Die Forderung nach exaktem, sicherem, anwendungsbereitem Wissen schließt das Wissen um **Eigenschaften**, innere **Beziehungen** zwischen kosmischen Objekten und **Prozesse** im Weltraum ein.

Auf dieser Grundlage kann eine weitere Aufgabe des Astronomieunterrichts verwirklicht werden: Den Schülern die **Dynamik der Entwicklung als Wesensmerkmal auch der astronomischen Wissenschaft** verständlich zu machen. Sie sollen verstehen und schließlich als selbstverständlich erkennen, daß die Wissenschaften immer nach neuen Erkenntnissen streben. Die Schüler sollen erkennen, daß es auch in der Astronomie relativ gelöste, weniger gelöste und offene Fragen gibt. Sie dürfen nicht zu der Auffassung gelangen, die Welt sei entdeckt und es käme nur darauf an, die Beschreibung ihres Zustandes auswendig zu lernen. Es ist gerade ein entscheidendes Ziel der sozialistischen Schule, alle Voraussetzungen im Wissen und Können, in den Fähigkeiten und Willensqualitäten für das Weiterlernen nach der Schulzeit, für die lebenslange, aktive schöpferische Auseinandersetzung mit der Entwicklung in der menschlichen Gesellschaft, in der Natur und im Denken zu schaffen.

Im Astronomieunterricht kann bei der Herausbildung der Erkenntnis von der Entwicklung im Weltall und der Dynamik der wissenschaftlichen Entwicklung überzeugend argumentiert werden. Zum Beispiel werden die Entwicklung der Sterne, die in ihnen ablaufenden energieliefernden Prozesse und die dadurch bewirkten Veränderungen, der Komplex von Beziehungen zwischen den Zustandsgrößen der Sterne, die Wechselwirkung zwischen stellarem und interstellarem Medium im Astronomieunterricht behandelt. Die Schüler erfahren, daß die Astronomie mit der Entwicklung der Radioastronomie und der Raumfahrt im letzten Jahrzehnt einen ungewöhnlich großen Zufluß an Erkenntnissen gewonnen hat. Man braucht den Schülern nur deutlich zu machen, was im Astronomieunterricht am Anfang des vorigen Jahrzehnts alles noch nicht genannt werden konnte: Quasare und Pulsare, die 3-K-Strahlung, die Vielzahl interstellarer organischer Molekülararten, die genauere Kenntnis der Mondoberfläche und der chemischen Zusammensetzung ihrer Gesteine, die Oberflächen des Mars, der Venus und des Merkur, die Atmosphären von Venus und Jupiter usw.

Im Astronomieunterricht sind die Schüler ferner mit wichtigen astronomischen **Arbeitsmethoden** vertraut zu machen. Es ist das Ziel aller naturwissenschaftlichen Fächer, die Schüler an ausgewählte grundlegende Methoden der Wissensfindung und Wissensnutzung über die Natur heranzuführen.

Im Fach Astronomie werden Objekte, Erscheinungen und Prozesse behandelt, die dem Menschen, von einem sehr begrenzten Bereich abgesehen, wegen ihrer Entfernung nicht direkt zugänglich sind. Deshalb muß im Mittelpunkt der Behandlung astronomischer Arbeitsmethoden das Anliegen stehen, den Schüler an Beispielen überzeugend nahezubringen, wie der Mensch Kenntnis vom Zustand von Sternen und Sternsystemen gewinnen kann, von Objekten, die Billionen und Tril-

lionen Kilometer von der Erde entfernt sind und mit denen er nur infolge ihrer Strahlung verbunden ist. Die Schüler sollen darüber hinaus erfahren, daß der Mensch auch in der Lage ist, durch Anwendung von ihm erkannter Naturgesetze einen früheren oder den zukünftigen Zustand von kosmischen Objekten zu erkennen. Ihnen soll gezeigt werden, wie in der astronomischen Forschung „das **Wissen** aus **Nicht-Wissen** entsteht, wie unvollkommenes, nicht exaktes Wissen vollkommener und exakter wird“ (38; S. 96). Dabei festigen die Schüler die Erkenntnis von der Erkennbarkeit der Welt.

Durch das prinzipielle Verständnis für Methoden astronomischer Erkenntnisgewinnung können auch grundlegende Einsichten in den menschlichen Erkenntnisprozeß vertieft werden.

Ein weiteres Ziel des Astronomieunterrichts ist es, die Schüler mit einigen astronomischen **Problemen**, den dadurch aufgeworfenen Fragestellungen und der Art und Weise ihrer Beantwortung bekannt zu machen. Auf diesem Wege kann am praktischen Beispiel die oben geforderte Heranführung der Schüler an charakteristische Denk- und Arbeitsmethoden der Astronomie unterstützt werden. Auch mit Hilfe ausgewählter astronomischer Beispiele werden die Schüler den Weg zur Erkenntnis der Wahrheit, zur Erkenntnis der objektiven Realität „von der lebendigen Anschauung zum abstrakten Denken und von diesem zur Praxis“, geführt (37; S. 160). Das **Bewußtmachen** dieses Weges ist nicht Aufgabe des Astronomieunterrichts.

Als klassisches Beispiel eines astronomischen Problems und seiner glänzenden Lösung gilt die Entdeckungsgeschichte des Neptun. Die jüngere Geschichte der Astronomie bietet ähnliche Beispiele, wie die Entdeckung, Erforschung und Deutung der Pulsare.

Es ist wahrscheinlich, daß die Zukunft weitere Beispiele bringen wird. Hier bieten sich im Astronomieunterricht Möglichkeiten, die Methodik wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung am Beispiel eindrucksvoll und mit nachhaltiger Wirkung deutlich werden zu lassen.

Zusammenfassung:

Ziel des Astronomieunterrichts ist es, den Schülern ein Grundwissen über ausgewählte Objekte und Vorgänge im Weltall, über wesentliche Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten zu vermitteln, ihnen einen Einblick in wichtige Methoden astronomischer Forschungsarbeit zu geben und die Abhängigkeit auch der astronomischen Forschung vom gesellschaftlichen Entwicklungsstand zu beweisen. Exaktes, solides, systematisches und anwendungsbereites astronomisches Wissen bildet die Grundlage für die Realisierung aller weiteren Ziele des Astronomieunterrichts.

1.2.2. Ziele im Bereich des Könnens

Als **Können** wollen wir die Beherrschung bestimmter Handlungen zu einem bestimmten Grad bezeichnen (26; S. 854). Es entsteht durch das spezifische Zusammenwirken und die Integration von **Kenntnissen**, **Fähigkeiten**, **Fertigkeiten** und **Gewohnheiten**. Im folgenden wird dargelegt, welchen spezifischen Beitrag der

Astronomieunterricht zur Entwicklung eines soliden Könnens leistet.

Das Können versetzt die Schüler in die Lage, bestimmte Aufträge richtig auszuführen, zum Beispiel

- sich am Sternhimmel zu orientieren,
 - mit der Sternkarte zu arbeiten,
 - das Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) anzuwenden,
 - mit einfachen Beobachtungsgeräten umzugehen.
- **Die Orientierung am Sternhimmel** soll von den Schülern auf der Grundlage ihrer Kenntnisse über die scheinbare Himmelskugel, über den Aufbau des Sonnensystems, über die wahren und scheinbaren Bewegungen der Erde und anderer Planeten, über wichtige Sternbilder und auffällige Einzelsterne selbständig durchgeführt werden.
 - **Die Arbeit mit der Sternkarte** konzentriert sich auf das Aufsuchen von Sternbildern und auf die Bestimmung von Gestirnskoordinaten. So sollen die Schüler in der Lage sein, mittels der drehbaren Sternkarte die Koordinaten verschiedener Sterne und Planeten zu bestimmen und Objekte auf der Sternkarte nach gegebenen Koordinaten aufzusuchen.
 - **Die Arbeit mit dem Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD)** ist eine zentrale Aufgabe im astrophysikalischen Teil des Astronomieunterrichts. Die Schüler müssen aus diesem Zustandsdiagramm zunächst zwei Zustandsgrößen einander zuordnen können. Darüber hinaus müssen sie in der Lage sein, wesentliche Schlußfolgerungen über den physikalischen Zustand und schließlich auch über die Entwicklung bestimmter einzelner Sterne und von Klassen von Sternen zu ziehen.
 - **Beim Umgang mit den Beobachtungsgeräten** sind die Nutzung des Schulfernrohres zur Beobachtung und der Umgang mit einfachen (u. U. selbstgebaute) Winkelmeßgeräten zu unterscheiden. Das Schulfernrohr wird vorgestellt, seine Wirkungsweise wird erläutert. Winkelmeßgeräte zur Messung von Koordinaten im Horizontsystem sollen von den Schülern sicher bedient werden können. Bei diesen Meßgeräten haben sie das Objekt einzustellen und die Winkelteilung abzulesen. Sorgfalt und Geschicklichkeit, Genauigkeit und Aufmerksamkeit, die die Schüler beim Umgang mit den Beobachtungsgeräten erwerben, sind wesentliche Faktoren für ihre Persönlichkeitsentwicklung.

Im folgenden wird auf die einzelnen Komponenten, die im Können in spezifischer Weise integriert sind und in ihm zusammenwirken, hingewiesen: Auf die Darstellung der Komponente „Kenntnisse“ kann jetzt verzichtet werden, da darauf im Abschnitt 1.2.1. bereits eingegangen wurde.

Fähigkeiten verstehen wir als „verfestigte und verallgemeinerte, für die Persönlichkeit spezifische Eigenarten und Seiten des Verlaufs der Tätigkeit (der psychischen Prozesse), die den Menschen für eine bestimmte, historisch ausgebildete Art gesellschaftlich nützlicher Tätigkeiten geeignet machen“ (26; S. 852). Sie entwik-

keln sich in der aktiven Auseinandersetzung des Menschen mit seiner Umwelt, mit den Gegenständen und Erscheinungen der Wirklichkeit und auf der Grundlage von Kenntnissen über diese Gegenstände und Erscheinungen. Fähigkeiten sind also einerseits das Ergebnis von Handlungen, während sie den Menschen andererseits in die Lage versetzen, Handlungen auszuführen (z. B. sich neue Kenntnisse anzueignen).

Durch den Astronomieunterricht sind die Schüler zu befähigen,

- wichtige Strukturen zu erfassen und Vorstellungen über Entfernungen im Kosmos zu entwickeln;
- wichtige Erscheinungen am Himmel zu beobachten, mit Hilfe von Naturgesetzen zu erklären und auszuwerten;
- astronomische Beobachtungen planvoll durchzuführen, kritisch zu betrachten und zu protokollieren;
- unter der Anleitung des Lehrers Diagramme, Kurven, Sternkarten und Himmelsfotografien zu nutzen und auszuwerten;
- ihr Wissen und Können aus anderen Unterrichtsfächern auf astronomische Sachverhalte anzuwenden;
- mit Modellen zu arbeiten;
- Einzelobjekte oder -erscheinungen richtig in Zusammenhänge einzuordnen;
- neue Erkenntnisse mit Hilfe des bereits Erworbenen zu gewinnen, zu verarbeiten und zu verstehen (28; S. 5 und 6).

Die Entwicklung solcher Fähigkeiten steht mit dem Prozeß der Aneignung von Kenntnissen in untrennbarem Zusammenhang. Die Aneignung und Anwendung von Kenntnissen erfordert von den Schülern vielfältige geistige Tätigkeiten, in deren Verlauf geistige Fähigkeiten entstehen. Wachsende geistige Fähigkeiten wiederum beeinflussen den Prozeß der Aneignung von Kenntnissen günstig. Kenntnisse und Fähigkeiten sind verschiedenartige Ergebnisse des Prozesses der geistigen Tätigkeit im Unterricht (6; S. 63 f.).

Im folgenden sollen die obengenannten Ziele näher erläutert werden.

Zur Erfüllung der Forderung, **wichtige Strukturen** zu erfassen und Vorstellungen über Entfernungen im Kosmos zu entwickeln, ist es im Hinblick auf das Sonnensystem notwendig, daß die Schüler grundlegende Kenntnisse über den Aufbau des Sonnensystems, insbesondere die Anzahl, Größe und Anordnung der Planeten, über die Entfernungsverhältnisse und über die Bewegungsgesetze erwerben. Solche Kenntnisse, die durch anschauliche Vergleiche verdeutlicht und für die Schüler vorstellbar gemacht werden, sind zum Beispiel Voraussetzung, die Lageänderung des Erdmonds und heller Planeten gegenüber dem Himmelshintergrund bewußt wahrzunehmen und richtig verstehen zu können. Erst Kenntnisse über den Aufbau des Sonnensystems und die für die Planeten gültigen Bewegungsgesetze befähigen die Schüler, den Zusammenhang zwischen der scheinbaren Sonnenbahn und der Rotation sowie der Jahresbahn der Erde um die Sonne oder die komplizierten Bewegungen der Planeten gegenüber dem Himmelshintergrund zu verstehen.

So werden die Schüler in die Lage versetzt, ausgehend von richtigen Kenntnissen über das Planetensystem, gezielt zu beobachten und das Beobachtete richtig zu deuten.

Die Forderung, **wichtige Erscheinungen am Himmel zu beobachten und mit Hilfe von Naturgesetzen zu erklären**, entspringt der Erkenntnis von der Bedeutung der Beobachtung sowohl für die individuelle Entwicklung als auch für den Prozeß des immer tieferen Eindringens der Menschen in die Erkenntnis der objektiven Realität. Im Vergleich zur Wahrnehmung bedeutet die Beobachtung eine neue Stufe in der Erkenntnis der Umwelt durch den jungen Menschen, eine höhere Stufe seiner Denktätigkeit. Im Beobachten vereinigen sich wie im Experimentieren geistige und geistig-praktische Tätigkeiten. Die Beobachtung dient der Erziehung zu planmäßiger, gewissenhafter und exakter Arbeit, der Aneignung solider Kenntnisse sowie der Herausbildung von Fähigkeiten.

Die Beobachtung ist in der Astronomie wichtigste Grundlage der Erkenntnisgewinnung. Darin unterscheidet sich der Astronomieunterricht von anderen in der Schule erteilten Naturwissenschaften, in denen neben der Beobachtung das Experiment hervorragende Bedeutung besitzt.

Im Unterschied zur Beobachtung verlangt das Experiment die aktive Einschaltung des Experimentierenden in den untersuchten Vorgang. Indem die untersuchte Erscheinung von Nebenbedingungen befreit oder einzelne Parameter konstant gehalten werden, können Eigenschaften und Zusammenhänge aufgedeckt werden, die unter natürlichen Bedingungen nicht oder schwer erkennbar wären (9; S. 241). Das ist jedoch in der Astronomie nur in sehr begrenztem Maße möglich. Vor allem werden hier Strahlungen registriert (beobachtet) und ausgewertet, die aus dem Weltraum auf die Erde oder in den erdnahen Raum gelangen. Auf die Art, die Intensität, die Richtung oder die Dauer solcher Strahlungen hat der Beobachter keinen Einfluß. Er kann lediglich eine Auswahl treffen.

Bei der Entwicklung der Fähigkeit zum Beobachten braucht der Astronomieunterricht – wie bei vielen anderen Fähigkeiten – nicht von vorn anzufangen. In Heimatkunde, Zeichnen, Biologie, Chemie, Physik und in weiteren Fächern mußten die Schüler beobachten, und schon vor der Schulzeit im Kindergarten wurden sie zum Beobachten angeleitet. Über biologische, chemische und physikalische Beobachtungen oder Experimente führten sie Protokoll.

Im Astronomieunterricht geht es nun um die Entwicklung der Fähigkeit zur Beobachtung kosmischer Erscheinungen und Objekte. Die Schüler sollen durch astronomische Beobachtungen in die Lage versetzt werden, Himmelserscheinungen **bewußt, aktiv, zielgerichtet** wahrzunehmen. Sie sind zu befähigen, sich dabei der vorhandenen Hilfsmittel zu bedienen: Der drehbaren Sternkarte, der Arbeitssternkarten, der Lehrbücher und Nachschlagewerke, in Arbeitsgemeinschaften auch der Fernrohre.

Die Befähigung und das Bedürfnis zur Himmelsbeobachtung sollen möglichst über den Unterricht hinaus wirken. Der junge Erwachsene soll den offenen Blick für die Naturerscheinungen behalten. Dahin zu wirken, ist Aufgabe des Astronomieunterrichts, denn manche astronomische Beobachtung, zu der der Schüler durch den Unterricht angeregt wurde, wird er erst nach seiner Schulzeit durchführen kön-

nen; Finsternisse können an einem gegebenen Ort nicht jährlich beobachtet werden, und Sonnenflecken stehen nicht nach Wahl zur Verfügung.

Für die Befähigung zur **Nutzung und Auswertung von Diagrammen, Kurven, Sternkarten und Himmelsfotos** bietet der Astronomieunterricht viele Möglichkeiten. So dient zum Beispiel das Masse-Leuchtkraft-Diagramm bei gegebener Leuchtkraft bzw. absoluter Helligkeit zur Bestimmung der Masse oder umgekehrt zur Bestimmung der absoluten Helligkeit bei bekannter Masse von Sternen. Die Lichtkurve eines Bedeckungssterns soll von den Schülern richtig interpretiert werden. Sternkarten sind für die Vorbereitung und Auswertung astronomischer Beobachtungen unumgänglich. In Himmelsfotos sind Dunkelwolken und helle Nebel aufzusuchen.

Die **Anwendung von Kenntnissen, Fähigkeiten oder Fertigkeiten aus anderen Unterrichtsfächern** auf astronomische Sachverhalte, die Übertragbarkeit des Wissens, die Entwicklung geistiger Beweglichkeit und Disponibilität der Schüler sind weitere Ziele im Unterrichtsfach Astronomie, deren Realisierung zur polytechnischen Bildung und Erziehung der Schüler beitragen. Beispielsweise sollen die Schüler in der Lage sein, die Leuchtkraft der Sonne und ihre mittlere Dichte unter Verwendung von Gleichungen zu berechnen. Aus der Sternfarbe sollen sie auf die Oberflächentemperatur schließen können. Die Kenntnis der geographischen Erdkoordinaten soll ihnen helfen, das Wesen astronomischer Koordinatensysteme zu verstehen. Zum Verständnis der historischen Entwicklung astronomischer Erkenntnisse brauchen sie Kenntnisse aus dem Geschichtsunterricht.

Im Erkenntnisprozeß werden **Modelle** eingesetzt. Sie sind gegenüber dem Original vereinfachte, auf wesentliche Eigenschaften und die Beziehungen zwischen diesen Eigenschaften begrenzte Objekte; sie werden im Astronomieunterricht zum Beispiel genutzt, um das extrem Große bzw. Entfernte oder um extreme physikalische Zustände oder Zustandsbeziehungen vorstellbar und einprägsam zu machen.

Einzelobjekte oder -erscheinungen in Zusammenhänge einzuordnen heißt, sie zu systematisieren. So sind zum Beispiel die Schüler zu befähigen, die Mannigfaltigkeit der Eigenschaften der einzelnen, sehr verschiedenartigen Himmelskörper zu klassifizieren und unter übergeordneten Gesichtspunkten zusammenzufassen, so daß sie die Menge der Einzelkörper mit wenigen Begriffen erfassen: Planeten, Sterne, Sternhaufen, Galaxien usw.

Objekte, die miteinander durch innere Gesetzmäßigkeiten und Wechselwirkungen verbunden sind, müssen vom Schüler als System erkannt werden: die Sonne, die Planeten, ihre Monde, die planetarischen Kleinkörper sowie Gas und Staub gehören zum Sonnensystem. Zwei Sterne können zu einem Doppelsternsystem, hunderte oder tausende Sterne zu einem Sternhaufen, Milliarden Sterne zu einem Sternsystem (einer Galaxie) gehören.

Die **Fähigkeit zur Klassifikation und zur Systematisierung** ist als eine wesentliche Voraussetzung dafür zu sehen, die unendliche Vielfalt der kosmischen Realität im menschlichen Bewußtsein abbildbar, von den Schülern erfassbar zu machen. Durch Ordnung und Systematisierung werden die Einzelfakten, -begriffe, -methoden in ihren inneren Beziehungen verdeutlicht und für die Schüler besser begreifbar, be-

haltbar und reproduzierbar gemacht. (↗ Abschnitt 3.1.) Damit werden bei den Schülern auch die Fähigkeiten weiterentwickelt, Erscheinungen und Vorgänge zu erklären, Gesetze aufzudecken bzw. abzuleiten und physikalische Größen zu berechnen.

Auf diese Weise leistet der Astronomieunterricht zugleich einen Beitrag zu dem Ziel, die schöpferischen Eigenschaften der Schüler zu entwickeln, ihre schöpferische Phantasie und ihre technischen Interessen und Neigungen zu fördern.

Die Schüler sind durch den Astronomieunterricht zu befähigen, **auf der Grundlage bereits erworbener Kenntnisse zu neuen Erkenntnissen zu gelangen**. Diese Zielsetzung besitzt zwei Aspekte:

- Die Schüler sollen im Unterricht Neues mittels des ihnen bereits Bekannten verstehen können. Beispielsweise müssen die Schüler fähig sein, ihre Kenntnisse über die Sonne in die nachfolgenden sternphysikalischen Erörterungen einzuordnen.
- Die Jugendlichen sollen in der Lage sein, sich auch nach der Schulzeit neues Wissen anzueignen. Denn die Schule kann „den Schülern nicht die Gesamtheit jenes Wissens vermitteln, das sie im Leben benötigen werden. Aber wir können und müssen das grundlegende Wissen und Können so fest und solide vermitteln, daß die Jugend beim weiteren Wissenserwerb darauf aufbauen kann. Wir müssen ihre Fähigkeiten ausbilden, Wissen selbst zu erwerben und im Leben, in der Praxis anzuwenden, und wir müssen bei den jungen Menschen vielfältige Interessen und das Bedürfnis entwickeln, ständig weiterzulernen“ (22; S. 17). Hier wird eine wesentliche Seite der Verbindung von Schule und Leben deutlich.

Als 1975 „Venus 9“ in die Atmosphäre der Venus eintauchte, wich auf ihrer Oberfläche landete und Fotos zur Erde funkte, wurden überraschende Kenntnisse über die Oberfläche dieses Planeten gewonnen. Was den Schülern bis dahin nur als wissenschaftlich begründete Vermutung mitgeteilt werden konnte, wurde präzisiert und gehört seither zum gesicherten, der experimentellen Überprüfung zugänglichen Wissen.

AMBARZUMJAN entwickelte die Hypothese von den aktiven Kernen der Galaxien. Zwar kann noch nichts über den Mechanismus der in den überdichten Kernen ablaufenden Prozesse, über die unter solch extremen physikalischen Zuständen geltenden Gesetze gesagt werden, aber es muß erreicht werden, daß die Schüler aufgeschlossen gegenüber solchen Fragen und Problemen sind, damit sie der fortschreitenden wissenschaftlichen Erkenntnis – soweit sie in einfacher Weise darstellbar ist – folgen können.

An den vorstehenden Erläuterungen der Ziele wird deutlich, daß die Entwicklung der Fähigkeiten im Astronomieunterricht von der Konzeption ausgeht, **grundlegende Fähigkeiten zu entwickeln und sie im Zusammenhang mit dem erworbenen Wissen für die Weiterführung des Erkenntnisprozesses nutzbar zu machen**. Die Fähigkeitsziele des Astronomieunterrichts sind so gewählt, daß sie die bei den Schülern bereits vorhandenen Fähigkeiten berücksichtigen und nutzen und zu ihrer weiteren spezifischen Ausprägung beitragen. Das kann und muß so sein, weil an der Entwicklung von Fähigkeiten (ebenso wie an der Wissensvermittlung, an der Überzeugungs- und Charakterbildung: also an der Persönlichkeitsentwicklung) während der gesamten Schulzeit gearbeitet wird.

Die Schüler sollen zum Beispiel im Unterricht aller Fächer zur Kommunikation, zur schöpferischen Auseinandersetzung mit ihrer Umwelt, zum Vergleichen, zum Verallgemeinern befähigt werden.

Die astronomische Beobachtung, zum Beispiel die Beobachtung der Veränderung des Sternhimmels im Laufe eines Abends, verlangt Fähigkeiten,

- das Beobachtete richtig beschreiben zu können,
- es auf der Grundlage des erworbenen Wissens erklären bzw. begründen und solche Erklärung bzw. Begründung überzeugend vortragen zu können.

Die Schüler sollen befähigt werden, Lehr- und Fachbücher, Nachschlagewerke, tabellarische und grafische Darstellungen, aktuelle Informationsmittel wie Zeitungen und Zeitschriften richtig benutzen zu können. Wer Informationsmittel benutzen will, muß sie kennen. Also sind die Schüler mit der Existenz dieser Informationsmittel und ihrem Anliegen bekannt zu machen, zum Umgang mit ihnen anzuregen und zu befähigen.

Dem Wort „anzuregen“ ist in dieser Hinsicht besondere Bedeutung beizumessen. Denn um dauerhafte Wirkung zu erzielen, muß die Benutzung von Informationsmitteln zum Bedürfnis, zur Gewohnheit werden.

Automatisierte Komponenten des bewußten Handelns des Menschen, die im Prozeß ihrer Durchführung erarbeitet werden, heißen **Fertigkeiten** (47; S. 686). Im Astronomieunterricht sind spezifische Fertigkeiten für die grundlegende Aufgabe in der Arbeit mit der drehbaren Sternkarte notwendig (Einstellen des Sternhimmels für einen bestimmten Zeitpunkt); denn alle weiterführenden Aufgaben der Arbeit mit der drehbaren Sternkarte, wie beispielsweise die Bestimmung von Sternkoordinaten, setzen die Beherrschung dieser Grundaufgabe, die Automatisierung des dazu notwendigen Handlungsablaufes voraus.

Ähnlich wie bei den Fertigkeiten sind die Handlungen bei den **Gewohnheiten** automatisiert. Als entscheidendes Moment tritt bei ihnen jedoch ein **Bedürfnis** nach der Ausführung bestimmter Handlungen in bestimmter Weise hinzu (26; S. 852).

Im Laufe der dem Astronomieunterricht vorausgehenden Schuljahre wurde bei den Schülern eine Fülle von Gewohnheiten geweckt und ausgeprägt, die auch für die erfolgreiche Arbeit im Fach Astronomie von Bedeutung sind. So wird die Arbeit derjenigen Schüler besser sein, die gewohnt sind, sich gründlich auf eine Beobachtung vorzubereiten, Beobachtetes zu protokollieren und mit diesen Protokollen zu arbeiten.

Die Ausprägung von Gewohnheiten ist eng verbunden mit der charakterlichen Erziehung. Bevor Handlungen zur Gewohnheit, also zum Bedürfnis werden, ist – auch wenn diese Entwicklung durch Motivationen unterstützt wird – der Wille ein entscheidender Faktor für die Verinnerlichung der von Lehrern, Mitschülern oder anderen Personen herangetragenen Forderungen. Andere Gruppen von Gewohnheiten sind eng verbunden mit diszipliniertem Verhalten oder mit der persönlichen Ordnung.

Zusammenfassung:

An der Entwicklung des Könnens, einer Persönlichkeitseigenschaft, in der Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Gewohnheiten integriert sind, ist im Astronomieunterricht planmäßig zu arbeiten. Das Können konzentriert sich auf das Orientieren am Sternhimmel, das Arbeiten mit der Sternkarte, das Anwenden des Hertzsprung-Russell-Diagramms und das Umgehen mit einfachen Beobachtungsgeräten.

Die Fähigkeitsentwicklung ist im Astronomieunterricht auf die Weiterentwicklung von Fähigkeiten unter Anwendung auf den Gegenstand der Astronomie zu konzentrieren: Entwicklung von Raumvorstellungen, Beobachtung, Arbeit mit Diagrammen und Modellen, Systematisieren und Strukturieren, Arbeit mit Nachschlagewerken und weiteren Informationsmitteln usw. Zur Entwicklung von spezifischen Fertigkeiten wird im Astronomieunterricht nur in geringem Maße beigetragen (Grundaufgabe in der Arbeit mit der drehbaren Sternkarte). Vor allem werden im Astronomieunterricht bei den Schülern bereits vorhandene Fertigkeiten für die Erreichung seiner speziellen Ziele genutzt und geübt. Die Gewohnheiten der Schüler sind im Astronomieunterricht in der Weise zu fördern oder zu entwickeln, daß sie der effektiven Bewältigung der Anforderungen dieses Unterrichtsfaches und gleichzeitig der Persönlichkeitsentwicklung dienen. Die Beziehungen zwischen der Ausprägung von Gewohnheiten und Charaktereigenschaften sind zu nutzen.

1.2.3. Ziele im Bereich der Überzeugungen und Verhaltensweisen

Die Erziehung der Schüler zur sozialistischen Weltanschauung und Moral wird im Astronomieunterricht weitergeführt. Am Ende der Schulzeit sollen die Schüler eine feste weltanschauliche, politische und moralische Grundhaltung im Sinne der Lebensauffassung und Lebenshaltung der Arbeiterklasse gewonnen haben.

Die naturwissenschaftlichen Fächer haben einen spezifischen Beitrag zur Herausbildung der wissenschaftlichen Weltanschauung der Schüler zu leisten. Auch in diesen Fächern lernen die Schüler, daß die Welt erkennbar ist, daß sie sich in allen Bereichen nach objektiven Gesetzen entwickelt und daß die Erkenntnisse der Naturwissenschaften und Technik vom Menschen bewußt für die revolutionäre Veränderung der Praxis genutzt werden müssen. Grundlage der wissenschaftlichen Weltanschauung – darauf wurde bereits verwiesen – ist solides, anwendungsbe-reites Wissen. „Es wäre irrig, zu glauben“, sagte Lenin, „daß es genüge, sich die kommunistischen Losungen, die Schlußfolgerungen der kommunistischen Wissenschaft anzueignen, ohne sich jene Summe von Kenntnissen anzueignen, deren Ergebnis der Kommunismus selbst ist“ (36; S. 275). Der Astronomieunterricht ist als wissenschaftlicher, parteilicher und lebensverbundener Fachunterricht konzipiert, in dem **„die politischen, weltanschaulich-philosophischen und moralischen Grundüberzeugungen des jungen sozialistischen Staatsbürgers im gesamten System wissenschaftlicher Erkenntnisse fest begründet werden und die Jugend im Geiste der sozialistischen Weltanschauung erzogen wird“** (6; S. 43).

Die weltanschaulich-philosophische Bildung und Erziehung der Schüler, die systematische Vertiefung und wissenschaftliche Fundierung ihrer ideologischen Überzeugungen sind wesentliches Anliegen der sozialistischen Erziehung im Astronomieunterricht.

Die Ziele der weltanschaulich-philosophischen Bildung und Erziehung im Astronomieunterricht sind vor allem folgende dialektisch-materialistische Überzeugungen, die die Schüler gewinnen sollen bzw. die durch diesen Unterricht gefestigt werden sollen:

- Die Erscheinungen und Prozesse im Kosmos verlaufen nach objektiven Gesetzen.
- Im Weltall finden ständig Prozesse der Veränderung und Entwicklung statt.
- Das Weltall ist der menschlichen Erkenntnis zugänglich.
- Die astronomische Erkenntnis entwickelt sich in Abhängigkeit von den Möglichkeiten und Bedürfnissen der Gesellschaft.

Durch den Astronomieunterricht wird zur Verwirklichung dieser Ziele beigetragen, indem den Schülern ein materialistisches Bild von der Struktur, Bewegung und Entwicklung der kosmischen Objekte und Systeme – also vom Aufbau des Weltalls und von den in ihm vor sich gehenden Veränderungen – vermittelt wird. Dazu trägt bei, daß der gesamte Astronomielehrgang von dem leitenden Gedanken durchzogen ist, Galaxien, Sterne einschließlich unserer Sonne, die Erde und die anderen Planeten und den Erdmond als in Entwicklung befindlich darzustellen. Diese Tatsachen werden wissenschaftlich vielfältig begründet. Die Schüler finden bestätigt, daß die Natur in ihrem Zusammenhang zu begreifen ist. Sie erfahren, wie Kenntnisse über die Objekte des Weltraumes gewonnen werden und daß Naturgesetze für die Erde und ihre nähere kosmische Umgebung ebenso gültig sind, wie für die entferntesten Objekte im Weltall. Die von Engels und Lenin begründeten drei fundamentalen Thesen der materialistischen Naturdialektik (materielle Einheit der Welt; Unerschöpflichkeit der Materie; Welt als Entwicklungsprozeß) sind Grundaussagen auch über die Struktur und die Entwicklung des Kosmos und seiner Teilsysteme. Diese Tatsache widerspiegelt sich in der Zielsetzung, die Schüler im Astronomieunterricht vor allem zu den Überzeugungen zu führen, daß im Weltraum ständig Prozesse der Veränderung und Entwicklung ablaufen und daß die Zustände und Entwicklungsprozesse der Stoffe und Felder im Kosmos erkennbar sind. Damit wird zugleich ein Beitrag zur Herausbildung der Überzeugung von der Materialität und Erkennbarkeit der Welt geleistet.

Die fachwissenschaftlichen und die damit verbundenen weltanschaulich-philosophischen Einsichten und Erkenntnisse sollen das Denken, Fühlen und Handeln der Schüler beeinflussen. Diese Erkenntnisse werden besonders wirksam, wenn sich die Schüler mit ihnen identifizieren, sie sich zu eigen machen und sie vertreten; damit werden **Bekenntnisse** und **Überzeugungen** entwickelt (7; S. 254 und 261).

Im Zusammenhang mit der Herausbildung weltanschaulich-philosophischer Überzeugungen müssen die Schüler an ausgewählten Beispielen astronomischer Forschungsmethoden und -prinzipien Einsichten in den Erkenntnisprozeß gewinnen. Es gilt, den Schülern den Erkenntnisoptimismus des Marxismus-Leninismus

anzuerziehen. Auch im Astronomieunterricht soll ihnen der Weg der Erkenntnis, der Weg vom Nichtwissen zum Wissen, deutlich werden. Dabei sollen neben der Darlegung fachspezifischer Methoden auch Vorstellungen über allgemeine wissenschaftliche Methoden gefestigt werden; im besonderen Maße wird bei den Schülern die Herausbildung der Überzeugung von der Erkennbarkeit der Welt gefördert.

Im Astronomieunterricht wird bewußtgemacht, daß den Erscheinungen und Prozessen objektive Gesetze zugrunde liegen, daß die fortschreitende Erkenntnis keinen Raum läßt für mystische Deutungen, daß es im Weltall natürlich und gesetzmäßig zugeht. Die Schüler sind zu erziehen, wissenschaftlich an die Beantwortung aller naturwissenschaftlichen Fragen und Probleme heranzugehen.

Zur **politischen und moralischen Bildung und Erziehung** ist beizutragen, indem die Schüler zu erziehen sind, klare Standpunkte im Sinne der Weltanschauung der Arbeiterklasse zu beziehen und diesen Standpunkten entsprechend parteilich zu handeln. Sie sollen sich Verhaltensweisen und Gewohnheiten zu eigen machen, die der Moral der Arbeiterklasse entsprechen.

In diesem Sinne geht es im Astronomieunterricht um „die Vermittlung jenes Wissens und Könnens, jener Einsichten . . ., die es dem Schüler ermöglichen,

- den Zusammenhang, das Wesen der Entwicklung in Natur und Gesellschaft wissenschaftlich zu begreifen,
- seine eigene Position zur und in der Welt zu erfassen,
- auf der Grundlage der genannten Einsichten und Fähigkeiten seine eigene Haltung und Tätigkeit auszurichten, um somit eine wissenschaftliche Grundlage bewußter Handlungen zu erreichen“ (13; S. 17).

Die Ziele der **politischen Bildung und Erziehung** im Astronomieunterricht sind Teil der grundlegenden Zielsetzung „alle Jungen und Mädchen im umfassenden Sinne auf das Leben, das heißt auf die Erfordernisse des Kampfes für die Gestaltung der sozialistischen/kommunistischen Gesellschaft vorzubereiten“ (22; S. 10). Ausgehend von den fachwissenschaftlichen Inhalten und anknüpfend an aktuelle Geschehnisse gilt es, die Schüler zur überzeugten, bewußten Parteinahme für den Sozialismus und die ihm zugrunde liegende Ideologie zu erziehen und zu befähigen.

Im Zusammenhang mit der Darstellung der Errungenschaften und Ergebnisse der Astronomie und Raumfahrt in der Sowjetunion ist die Einsicht und Überzeugung der Schüler von den Vorzügen und der Sieghaftigkeit des Sozialismus weiter zu entwickeln und zu festigen. Dazu ist es insbesondere notwendig, die führende Rolle der sowjetischen Kosmonautik in Vergangenheit und Gegenwart darzustellen und den humanistischen Charakter der sowjetischen Kosmosforschung aufzuzeigen, der sich in der Verantwortung des Menschen gegenüber seinem Planeten äußert und jeden Mißbrauch von Wissenschaft und Technik im Weltall ausschließt. Das findet seinen konkreten Ausdruck im Streben der Sowjetunion um den Abschluß internationaler Verträge zur friedlichen Nutzung der Kosmosforschung. Den Schülern sind auch die Bedeutung der wissenschaftlichen, technischen und ökonomischen Zusammenarbeit der sozialistischen Staaten sowie die neuen Bedingun-

gen für die internationale Zusammenarbeit von Staaten unterschiedlicher Gesellschaftsordnung auf dem Gebiet der Raumfahrt beweiskräftig und parteilich darzustellen. Bei der Verwirklichung der Ziele der politischen Bildung ist dem umfangreichen Wissen, dem entwickelten Bewußtsein, den politischen Erfahrungen und Erkenntnissen, der politisch-moralischen Reife der Fünfzehn- und Sechzehnjährigen Rechnung zu tragen.

Die **Ziele der moralischen Erziehung** ergeben sich aus der Sicht des komplexen Ziels der sozialistischen Persönlichkeitsbildung und der darauf aufbauenden Gesamtkonzeption des Lehrplanwerkes. An ihrer Verwirklichung arbeiten die Lehrer aller Fächer und Stufen.

Unter Nutzung der fachspezifischen Möglichkeiten und unter Berücksichtigung der altersspezifischen Besonderheiten muß im Astronomieunterricht dazu beigetragen werden, den Schülern die moralischen Normen der Arbeiterklasse anzuerziehen, sie ihnen tief einzuprägen und zu festen Gewohnheiten werden zu lassen.

Schwerpunkte der moralischen Erziehung, zu denen der Astronomieunterricht beitragen kann, sind:

- Erziehung zu fleißiger, disziplinierter, ausdauernder Arbeit, zu Exaktheit, Zuverlässigkeit, Aufmerksamkeit und Wahrheitsliebe.
- Erziehung zum Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten, zur Selbständigkeit, zur Selbstkontrolle und zur kritischen Einstellung gegenüber der eigenen Arbeit.
- Erziehung zu kollektiver Arbeit, zur Einordnung in ein Kollektiv sowie zur Einflußnahme auf die Arbeit des Kollektivs.
- Erziehung zur Achtung des gesellschaftlichen Eigentums.
- Wecken des Forscherdranges, eines wichtigen Motivs für schöpferische geistige Arbeit, sowie der Freude an geistiger Anstrengung und an astronomischer Beobachtung.
- Ausprägung einer reichen Skala von Gefühlen, die von Freude über eigene und kollektive Leistungen, Begeisterung über wissenschaftliche Großtaten und Erfolge der sowjetischen Raumfahrt bis zum Haß gegenüber denen reichen, die durch ihre Politik das Lebensglück der Jugend gefährden.

Bei den Jugendlichen der Klassen 9 und 10 formen und festigen sich Einstellungen, Urteile, Verhaltensweisen, Charaktereigenschaften im besonderen Maße. Schüler dieses Alters sind aufgeschlossen für die inneren Zusammenhänge zwischen den Erscheinungen, deren Ursachen und ihre Einordnung in die Gesamtzusammenhänge der Welt. Ihr Interesse für philosophische, historische und naturwissenschaftlich-technische Fragen sowie für das aktuelle Tagesgeschehen wächst immer mehr (16; S. 323). Diese Bedingungen stellen spezifische Forderungen an die pädagogisch-psychologisch-methodische Arbeit des Astronomielehrers (→ Kapitel 3).

Zusammenfassung:

Im Astronomieunterricht ist zur Vertiefung und Festigung weltanschaulich-philosophischer Grundüberzeugungen (Materialität der Welt; Entwicklung in der Welt; Erkennbarkeit der Welt), zum tieferen Verständnis aktueller politischer, astronomischer und astronautischer Ereignisse sowie zur weiteren moralischen Erziehung der Schüler im Sinne der Normen der Arbeiterklasse beizutragen.

Überblickt man das bisher Gesagte, so wird deutlich: Es ist das Ziel des Astronomieunterrichts, den Schülern wissenschaftliche Kenntnisse über den Zustand des Kosmos, die Entwicklung kosmischer Objekte und wesentliche Methoden der astronomischen Forschung zu vermitteln, an der Entwicklung der marxistisch-leninistischen Weltanschauung der Schüler, ihrer Überzeugungen, Fähigkeiten und Charaktereigenschaften im Sinne sozialistischer Persönlichkeiten mitzuwirken und sie zu festigen.

Durch die Verwirklichung der Gesamtheit dieser Ziele wird im Astronomieunterricht ein wesentlicher und notwendiger Beitrag zur Entwicklung sozialistischer Persönlichkeiten geleistet.

2. Der Unterrichtsstoff des Faches Astronomie

Im Kapitel 1 wurden die komplexen Ziele des Astronomieunterrichts bei der Herausbildung der sozialistischen Persönlichkeit interpretiert. Neben diesen Zielen ist im Lehrplan der von den Schülern anzueignende Unterrichtsstoff verbindlich festgelegt und „damit wird der Unterrichtsprozeß in seinem Inhalt, in seinem Verlauf und in seinen Wirkungen auf die Persönlichkeitsentwicklung der Schüler entscheidend bestimmt“ (6; S. 55). Im Kapitel 2 wird dieser Unterrichtsstoff erläutert. Mit dem Unterrichtsstoff eignen sich die Schüler die von der Menschheit in ihrer historischen Entwicklung gewonnenen und verallgemeinerten Erfahrungen an, die für die sozialistische Allgemeinbildung bedeutsam sind.

Zum **Unterrichtsstoff des Faches Astronomie** gehören Fakten, Begriffe, gesetzmäßige Zusammenhänge und Theorien aus den verschiedenen Disziplinen der astronomischen Wissenschaft, Methoden und Verfahren des wissenschaftlichen Denkens und Arbeitens in der Astronomie. Techniken der geistigen und praktischen Tätigkeit, Aussagen zur Weltanschauung und Moral der Arbeiterklasse in Form von ideologischen Folgerungen, die mit den anzueignenden Sachgebieten eng verbunden sind (6; S. 68). In diesem Sinne werden im Astronomieunterricht ausgewählte Erscheinungsformen kosmischer Stoffe und Felder, ihre Verteilung, ihre Bewegungen, ihre physikalischen Zustände, ihre chemische Zusammensetzung und ihre Entwicklung sowie spezifische Denk- und Arbeitsmethoden zu ihrer Erforschung behandelt. Außerdem werden im Astronomieunterricht einige wichtige Etappen der historischen Entwicklung der astronomischen Wissenschaft sowie Ergebnisse und Probleme der Raumfahrt erörtert.

In diesem Kapitel wird gezeigt, welcher Unterrichtsstoff als wesentliche Grundlage für die Erreichung der Ziele des Astronomieunterrichts ausgewählt wurde.

Im Abschnitt 2.1. werden die **Beiträge anderer Unterrichtsfächer für die astronomische Bildung** unter den Gesichtspunkten der astronomischen Bildung in der Unterstufe und der Vorleistungen aus anderen Fächern dargelegt.

Im Abschnitt 2.2. wird eine **Übersicht über den Unterrichtsstoff** gegeben. Dabei wird der Unterrichtsstoff der zwei Stoffeinheiten aus der Sicht seiner Anordnung im Lehrgang – die vor allem nach pädagogischen Gesichtspunkten erfolgte – interpretiert, um dem Lehrer zur Planung und Vorbereitung seines Unterrichts Hilfen zu geben. Ausgehend von der Erkenntnis, daß die sozialistische Persönlichkeitsent-

wicklung ein komplexer Prozeß ist, wurden grundlegende Kenntnisse über Erscheinungen und Prozesse im Weltall sowie über Arbeitsmethoden zu deren Erforschung dargelegt und erläutert, welchen Beitrag der jeweilige Unterrichtsstoff zur Festigung und Vertiefung vorhandener Überzeugungen eines sozialistischen Staatsbürgers leisten kann. In diesem Abschnitt wird deutlich gezeigt, daß im Unterricht die Vermittlung von Kenntnissen und die Herausbildung von Überzeugungen eine Einheit bilden; außerdem werden die weltanschaulich-philosophischen und die politisch-moralischen Potenzen des astronomischen Unterrichtsstoffs nochmals in gesonderten Übersichten aufgeführt. Damit soll verdeutlicht werden, zu welchen grundlegenden Überzeugungen das Bewußtmachen des erzieherischen Gehalts des Unterrichtsstoffs im Astronomieunterricht beitragen kann. Es wird der Unterrichtsstoff über kosmische Objekte und Systeme sowie über Arbeitsmethoden zu ihrer Erforschung, ausgehend von fachlogischen Gesichtspunkten, näher charakterisiert.

2.1. Beiträge anderer Unterrichtsfächer zur astronomischen Bildung

Mit Beginn des Astronomieunterrichts in Klasse 10 verfügen die Schüler bereits über

- ein mehr oder weniger gefestigtes astronomisches Wissen,
- Wissen aus anderen Natur- und Gesellschaftswissenschaften, das zum Verstehen astronomischer Sachverhalte und zum Begreifen der historischen Entwicklung der Wissenschaft Astronomie notwendig ist,
- individuell verschieden entwickelte allgemeine geistige Fähigkeiten in Einheit mit einem bestimmten Grad der Beherrschung der Techniken geistiger Arbeit und
- unterschiedlich ausgeprägte weltanschaulich-philosophische, politisch-ideologische und moralische Erkenntnisse, Einsichten und Überzeugungen sowie Charakter- und Verhaltensqualitäten.

Die Planung und Gestaltung eines wissenschaftlichen, parteilichen und lebensverbundenen Unterrichts erfordert vom Astronomielehrer auch die Kenntnis des vorhandenen Ausgangsniveaus.

Elemente des astronomischen Wissens werden bereits in den Klassen 1 bis 5 vermittelt. Weiteres astronomisches Wissen und Grundlagen zum Verständnis astronomischer Fakten, Begriffe, Zusammenhänge, Gesetze und Arbeitsmethoden werden im Fachunterricht der Klassen 6 bis 10 geschaffen. Das so gewonnene astronomische Wissen, das sich im wesentlichen auf die Körper des Sonnensystems bezieht, wurde von den Schülern sporadisch – in die Systematik dieser Fächer eingeordnet – angeeignet.

Weiterhin werden die Schüler durch Berichte der Massenkommunikationsmittel über neueste Erkenntnisse der Astronomie, über die Durchführung neuer Raumfahrtexperimente, über zur Zeit in der Astronomie diskutierte Probleme u. a. m. informiert. Eine aktive geistige Auseinandersetzung damit führt zur Aneignung, Erweiterung und Vertiefung ihres astronomischen Wissens.

Die Berichte in den Massenkommunikationsmitteln stellen in ihrer Gesamtheit betrachtet keine systematische Vermittlung astronomischer Kenntnisse dar, so daß ein auf diese Weise erworbenes Wissen der Schüler zum großen Teil ungeordnet und unsystematisch ist und oft die Zusammenhänge zwischen Einzeltatsachen und Sachverhalten vermissen läßt.

Für einen Teil der Schüler besteht eine Wissensquelle in der Teilnahme an einer astronomischen bzw. astronautischen Arbeitsgemeinschaft, in der systematisch, z. T. nach einem Rahmenprogramm, astronomisches Wissen vermittelt, Fähigkeiten entwickelt und ideologische Erkenntnisse, Einsichten und Überzeugungen sowie Charakter- und Verhaltensqualitäten herausgebildet werden.

Die folgenden Darlegungen zeigen dem Lehrer in kurzer und übersichtlicher Form, welche Beiträge für den Astronomieunterricht in anderen Unterrichtsfächern erbracht wurden. Dadurch wird dem Lehrer verdeutlicht, woran er im Unterricht anknüpfen und auf welchen Vorleistungen er unter Umständen aufbauen kann. In welchem Umfang und in welcher Tiefe dieses im Rahmen der Vorleistungen erworbene astronomische Wissen von den Schülern reproduzierbar ist, wird von Klasse zu Klasse auf Grund der konkreten Bedingungen unterschiedlich sein.

2.1.1. Elemente astronomischer Bildung in den Klassen 1 bis 5

Die bis zur Klasse 4 im Unterricht vermittelten astronomischen Kenntnisse beziehen sich auf einige Naturerscheinungen und Vorgänge, die der Erfahrungswelt der Schüler dieser Altersstufen entnommen sind.

Dazu gehören:

Die Erwärmung der Erde durch die Sonne und der Luft durch die Erde; Erkennen der Bedeutung der Sonnenenergie für den Wasserkreislauf auf der Erde und die Veränderung der Länge des Tagbogens sowie der Auf- und Untergangszeiten und Richtungen der Sonne im Laufe eines Jahres.

Die geplanten Beobachtungen und Messungen in der Natur sowie die daraus abzuleitenden Zusammenhänge sind für die Persönlichkeitsentwicklung der Schüler wertvoll, wenn sie in einem auf aktiver geistiger Auseinandersetzung basierenden Unterrichtsprozeß exakt durchgeführt und ausgewertet werden. Dann tragen sie zur zielgerichteten Beobachtung von Naturerscheinungen, zum exakten Messen und Aufzeichnen der Meßwerte, zur gründlichen Auswertung sowie zum Erkennen kausaler Zusammenhänge und zur Entwicklung des logischen Denkens bei. Diese Beobachtungen und Messungen beziehen sich auf die Bestimmung der Richtungen und der Zeiten des Sonnenauf- und Sonnenuntergangs zu verschiedenen Jahreszeiten, die Messung der Sonnenhöhe (mit senkrechttem Schattenstab) und der entsprechenden Lufttemperatur zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten.

Damit im Zusammenhang steht die Auswertung der Meßergebnisse und die Ableitung kausaler Zusammenhänge zwischen der Sonnenhöhe, dem Einfallswinkel der Sonnenstrahlen und der entsprechenden Lufttemperatur im Laufe eines Tages sowie zwischen der Sonnenhöhe, der Tagbogenlänge der Sonne und der Lufttemperatur während eines Jahres.

Die aus diesen Beobachtungen und Messungen abzuleitenden Zusammenhänge sind Zusammenhänge zwischen Erscheinungen. Die Ursachen, das Wesen der Erscheinungen und Vorgänge in der Natur sind nicht Gegenstand des Unterrichts in dieser Altersstufe.

Erst im Geographieunterricht der Klasse 5 dringt der Schüler im Erkenntnisprozeß zum Wesen ausgewählter Naturerscheinungen vor. Das Gesagte bezieht sich auf die Behandlung der Gestalt und Bewegung der Erde (Rotation) und die daraus resultierende Entstehung von Tag und Nacht und der scheinbaren täglichen Bewegung der Sonne. Wesentlich für das Begreifen der historischen Entwicklung der Astronomie ist die Vermittlung von Kenntnissen über die Anfänge der Wissenschaft Astronomie im Geschichtsunterricht der Klasse 5.

2.1.2. Vorleistungen für den Astronomieunterricht aus dem Unterricht der Klassen 6 bis 10

Im folgenden ist das astronomische Wissen und das zum Verständnis astronomischer Sachverhalte (einschließlich der historischen Entwicklung der Wissenschaft Astronomie) notwendige Wissen aus den Natur- und Gesellschaftswissenschaften dargestellt, das entsprechend den Lehrplänen unserer Oberschule im Rahmen der einzelnen Unterrichtsfächer bis zum Beginn des Astronomieunterrichts vermittelt wird.

Tabelle 1
Vorleistungen aus dem Unterricht in den Klassen 6 bis 10

Unterrichtseinheit	Wissen zum Verstehen astronomischer Sachverhalte	KL/Lpn Abschn. ¹	Fach
1.1.2. Einführung in die Beobachtung	Aufbau und Strahlengang des astronomischen Fernrohrs Kenntnisse über Ausbreitung, Reflexion und Brechung des Lichtes; Bildentstehung am Hohlspiegel und an der Sammellinse; zeichnerische Darstellung von Strahlengängen mit den Hauptstrahlen; Brechungsgesetz (qualitativ); virtuelle und reelle Bilder	6/4.4. 6/4.1. 4.3.	Ph Ph

¹ Verwendete Abkürzungen: Klasse ... Kl.; Lehrplanabschnitt ... Lpn.; Abschn. Physik ... Ph; Geographie ... Geo; Mathematik ... Ma; Chemie ... Ch; Geschichte ... Ge.

Unterrichtseinheit	Wissen zum Verstehen astronomischer Sachverhalte	KL/Lpn Abschn.	Fach
1.2.1. Die Erde und der erdnahe Raum	Die Kraft als Ursache der Formveränderung eines Körpers	6/2.4.	Ph
	Fallbeschleunigung an der Erdoberfläche	9/1.1.	Ph
	Begriffe: Masse und mittlere Dichte	6/2.5. 2.6.	Ph
	chemische Zusammensetzung der Luft	7/2.3.	Ch
	Beleuchtung und Rotation der Erde als Ursache für die Entstehung von Tag und Nacht	7/1.2.	Geo
	Bahnbewegung der Erde um die Sonne und Neigung der Erdachse gegenüber der Erdbahnebene; Wanderung des Zenitalstandes der Sonne zwischen den Wendekreisen; Veränderung der Beleuchtung auf der Erdoberfläche als Folge der Revolution der Erde und Neigung der Erdachse – Entstehung der Jahreszeiten; Begriffe: Rotation, Revolution, Globus, Zenitalstand der Sonne, Gravitationsfeld der Erde und der Sonne	8/1.2.2. 9/1.5.	Geo Ph
	Die Lufthülle der Erde; Bedeutung des Luftdrucks für das Leben	7/3.2.	Ph
	physikalische Merkmale der Lufthülle; Troposphäre als Teil der Erdatmosphäre und ihre physikalischen Merkmale (Vorgänge bei der Erwärmung der Luft); Aufbau der Erdatmosphäre; Bedeutung der Forschungs- und Wettersatelliten für die Genauigkeit der Wettervorhersage	9/2.	Geo
	Kreisbewegung; Radialkraft und ihre Gegenkraft	9/1.4.	Ph
	Gravitation und Gravitationsgesetz	9/1.5.	Ph
	Abhängigkeit des Gewichts eines Körpers vom Abstand des Körpers zum Erdmittelpunkt	6/2.4.	Ph
	Auftreten der Schwerelosigkeit bei Raumflügen		
	Wissenschaftliche, technische und politische Bedeutung künstlicher Satelliten	9/1.5.	Ph
	Potenzschreibweise	9/3.	Ma
1.2.2. Zur Orientierung am Sternhimmel	Gradnetz der Erde; Begriffe: Pole, Äquator, Meridian, Längen- und Breitenkreis	7/1.1.	Geo
	Begriff „Winkel“ sowie die Einheiten „Grad“, „Minute“ und „Sekunde“; Bogenmaß des Winkels	10/1.1.	Ma
1.3. Der Erdmond	Entstehung der Mondphasen und der Stellung von Sonne, Erde und Mond bei totaler Sonnen- und Mondfinsternis	6/4.1.	Ph
	Selbstleuchtende und beleuchtete Körper; diffuse Reflexion; Lichtdurchlässigkeit von Körpern (abhängig von Stoff und Schichtdicke); Entstehung von Kern- und Halbschatten (Experiment)	6/4.1. 4.2. 6/4.1.	Ph Ph Ph

Unterrichtseinheit	Wissen zum Verstehen astronomischer Sachverhalte	KL/Lpn Abschn.	Fach
	Abhängigkeit der Gravitationskraft von der Masse der Körper und von ihrem Abstand; Zuordnung der jeweiligen Beschleunigung zu einem beliebigen Punkt des Raumes, der einen Himmelskörper umgibt	9/1.5.	Ph
	Gezeiten als Naturerscheinung (ohne Erklärung ihrer Ursachen)	6/1.2.	Geo
	Leben und Wirken Galileo Galileis	9/1.1.	Ph
	Zur Information: Überblick über die Fluchtgeschwindigkeiten	9/1.5.	Ph
1.4.1. Die Planetenbewegung und das Planetensystem	Erstes und zweites Keplersches Gesetz und ihre Interpretation unter Anwendung der Kenntnisse über das Gravitationsfeld der Erde und der Sonne	9/1.5.	Ph
	Die frühmittelalterliche Kultur und die Rolle der Kirche in West- und Mitteleuropa; die Kämpfe der Wissenschaftler des Hoch- und Spätmittelalters um die Befreiung von kirchlicher Bevormundung	6/2.4. 2.5.	Ge
1.4.2. Zur Physik der Planeten und 1.4.3. Natürliche Kleinkörper des Planetensystems	Bewegung der Planeten	9/1.5.	Ph
	Errungenschaften der Zeit der großen Entdeckungen und Erfindungen	7/1.	Ge
	Verhältnismäßigkeiten		Ma
	Aufbau der Stoffe aus Atomen und Molekülen; Kräfte zwischen den Teilchen (Kohäsion, Adhäsion); Eigenbewegung der Teilchen	6/7. 6/2.7.	Ph Ph
	Zusammenhang zwischen der Temperatur und der mittleren kinetischen Energie der Teilchen	8/1.1.	Ph
	Begriff: Wärmeenergie		
	Die Photosynthese und die Notwendigkeit bestimmter Umweltbedingungen für die Lebensfähigkeit verschiedener Organismen	9/1.1.3. 2.1.	Bio
	Aggregatzustandsänderungen	8/1.3.	Ph
	Die Wärmestrahlung als eine Form der Wärmeausbreitung (nicht an stoffliche Träger gebunden, durchdringt Stoffe, wird reflektiert und absorbiert)	6/2.11.	Ph
	Begriff „Reibung“; Oberflächenbeschaffenheit und Adhäsion (bzw. Kohäsion) als Ursachen der Reibung; Reibungskraft als bewegungshemmende Kraft	7/2.1.	Ph
	Aufbau des Atoms – Kern und Hülle; Protonen und Neutronen als Bestandteile des Kerns	10/1.1.	Ph
	Das Elektron; Kräfte zwischen elektrisch geladenen Körpern	8/2.1.	Ph
	Begriffe: Proton, Neutron, Elektron, Positron	8/1.1.	Ch

Unterrichtseinheit	Wissen zum Verstehen astronomischer Sachverhalte	KL/Lpn Abschn.	Fach
	Das magnetische Feld als Träger von Energie; Unterscheidung zwischen dem magnetischen Feld als objektiver Realität und den Feldlinien als Modellvorstellung vom Feld	9/2.2.	Ph
	Das elektrische Feld um jeden elektrisch geladenen Körper; das elektrische Feld als Träger von Energie; Wechselwirkung zwischen elektrischem Feld und Ladungsträger	9/2.1.	Ph
	Das Gravitationsfeld der Erde	9/1.5.	Ph
	Vergleich der Kräfte, die an verschiedenen Punkten des Gravitationsfeldes, das einen Himmelskörper umgibt, einen Körper zu diesem Himmelskörper hinziehen		
1.4.4. Künstliche Kleinkörper im Planeten- system	Kraft als vektorielle Größe „actio gleich reactio“ als Erfahrungssatz	9/1.2.	Ph
	Wissenschaftliche, technische und politische Bedeutung künstlicher Satelliten; Anwendung der Gesetze der Dynamik beim Erklären des Startes einer Rakete	9/1.5. 1.2.	Ph
	Betrachtung praktischer Auswirkung der Schwerelosigkeit bei Raumflügen verbunden mit aktuellen Beispielen und Erfolgen der Weltraumforschung	6/2.4.	Ph
2.1. Die Sonne	Magnetfeld (vgl. Unterrichtseinheit 1.4.3.) der Erde	9/2.2.	Ph
2.1.1. Die Sonne und ihre Aktivität	Die Temperatur als Zustandsgröße, die die mittlere kinetische Energie der Teilchen kennzeichnet	8/1.1.	Ph
	Absoluter Nullpunkt, absolute Temperaturskala, Einheit; Grad Kelvin		
	Licht- und Wärmeausbreitung	6/2.11.	Ph
2.1.2. Die Strahlung der Sonne	Aufbau des Atoms und der Elementarteilchen	6/2.12.	Ph
	Begriff: Ion	10/1.	
	Leitungsvorgänge in Gasen;	8/1.3.	Ch
	Erzeugung freibeweglicher Ladungsträger (Ion, Elektron) durch Stoßionisation und Erwärmung	9/2.4.1.	Ph
	Ablenkung freibeweglicher Ladungsträger (Protonen, Elektronen) im Magnetfeld; Deformation des Magnetfeldes der Erde hervorgerufen durch den Einfluß der Sonne	9/2.2.	Ph
	Fotosynthese: Übergang von der Atombindung zur Ionenbeziehung	8/2.3.	Ch

Unterrichtseinheit	Wissen zum Verstehen astronomischer Sachverhalte	KL/Lpn Abschn.	Fach
2.1.3. Chemie und Energiehaushalt der Sonne	Aufbau des Atoms: Veränderung der Anordnung der Elektronen in der Hülle des Atoms bei chemischen Reaktionen. Kernumwandlungsprozesse. Zur Information: Kernfusion als Vorgang der Kernsynthese, bei dem Energie freigesetzt wird	10/1.1.	Ph
	Der Energieerhaltungssatz	10/1.3.2.	Ph
		8/1.3. 2.2.	Ph
	Der Wasserstoff – atomarer Aufbau	7/5.1.	Ch
2.2. Die Sterne 2.2.1. Entfernungsbestimmungen	Die Winkelfunktionen ($y = \sin x$, $y = \tan x$, ...); das Bogenmaß eines Winkels; Einheiten des Winkels „Grad“, „Minute“ und „Sekunde“.	10/1.1.	Ma
2.2.3. Die Sternentwicklung	Das ideale Gas und seine Zustandsgrößen Druck, Volumen und Temperatur; Erläuterung des qualitativen Zusammenhangs zwischen Druck, Volumen und Temperatur einer abgeschlossenen Gasmenge mit Hilfe molekular-kinetischer Betrachtungen; die Zustandsgleichung für ideales Gas	8/1.2.	Ph
	Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes im Vakuum	10/3.2.1.	Ph
2.3.1. Interstellare Wolken und Sternentwicklung	Aufbau der Atomhülle; Energieniveau der Elektronen der Atomhülle; Emission von Licht beim Übergang eines angeregten Atoms in einen energieärmeren Zustand durch Sprung des Elektrons der Atomhülle von einem energiereicheren auf ein energieärmeres Niveau – Licht als Strahlung der Atomhülle; Arten der Spektren und Prinzip der Spektralanalyse	10/3.2.1.	Ph
	Ionisierung der Gase durch intensive kurzwellige Strahlung	9/2.4.1.	Ph

2.2.

Übersicht über den Unterrichtsstoff

Die Anordnung des Unterrichtsstoffs folgt u. a. der historischen Entwicklung der Astronomie, die in Wechselwirkung mit dem Werdegang der Technik und der anderen Einzelwissenschaften zur Herausbildung von Teilgebieten führte. In diesen Teilgebieten werden mit bestimmten Fragestellungen und Methoden Erscheinungen und Vorgänge im Kosmos untersucht. Die folgende Übersicht zeigt, wie die Teilgebiete der Fachwissenschaft die Anordnung des Unterrichtsstoffs im Lehrgang bestimmen.

Teilgebiet der Fachwissenschaft

Astrometrie	— Orientierung am Sternhimmel — Bestimmung von Gestirnskoordinaten
Himmelsmechanik	— Bewegungen natürlicher und künstlicher Himmelskörper und damit verbundene Gesetze
Astrophysik	— Physik der Objekte des Planetensystems — Physik der Sonne — Physik der Sterne — Entwicklung der Sterne
Stellarastronomie	— Aufbau des Sternsystems — Bewegungsverhältnisse und großräumige Verteilung kosmischer Objekte

Durch diese Form der Stoffanordnung vollzieht der Astronomielehrgang im gewissen Sinne den historischen Weg der gesellschaftlichen Erkenntnis über das Weltall nach.

Diese vier Teilgebiete der Astronomie werden im Astronomielehrplan in zwei Stoffeinheiten zusammengefaßt:

- **Das Planetensystem und**
- **Astrophysik und Stellarastronomie.**

Während die Stoffeinheit „Das Planetensystem“ Ergebnisse verschiedener Forschungsgebiete enthält, beinhaltet die zweite Stoffeinheit vor allem Erkenntnisse von wichtigen Teilgebieten der modernen Astronomie, d. h. der Astrophysik und Stellarastronomie.

Die Tabelle 2 gibt über den zu vermittelnden Unterrichtsstoff, der in den beiden folgenden Teilabschnitten unter Berücksichtigung der komplexen Persönlichkeitsentwicklung interpretiert wird, eine erste grobe Übersicht. Dabei wurden für die einzelnen Unterrichtseinheiten ausgewiesen

- die zu behandelnden Erscheinungsformen der Materie im Kosmos,
- die zu erläuternden bzw. von den Schülern selber auszuführenden Arbeitsmethoden und
- die von den Schülern durchzuführenden Beobachtungen.

Tabelle 2
Übersicht über den Unterrichtsstoff im Fach Astronomie

Unterrichtseinheit	Kosmische Objekte und Systeme	Arbeitsmethoden	astronomische Schülerbeobachtungen
1.1. Einführung i. d. Fach			Einführung in die Beobachtung
1.2. Die Erde als Himmelskörper	Erde und erdnaher Raum	Bestimmung von Sternörterern im Koordinatensystem mit Meßgeräten; mathematische Auswertung der Beobachtungsergebnisse bei Untersuchung der Bewegungsformen der Erde, Untersuchung der Form und Größe des Erdkörpers; Erforschung der Hochatmosphäre und des erdnahen Raumes mit Hilfe von Satelliten	Aufsuchen des Polarsterns, der Lage des Meridians und des Himmelsäquators, Aufsuchen wichtiger Sternbilder; Schätzen und Messen von Gestirnspositionen; Beobachtung der Veränderung von Gestirnspositionen zum Nachweis der Erdrotation
1.3. Der Erdmond	Erdmond; Monde bei anderen Planeten;	Anwendung der Kenntnisse über die Gravitation; (Bewegung; Einfluß auf die Erde, Fallbeschleunigung); Anwendung physikalischer Gesetze bei der Erforschung der Physik des Mondes, Einsatz technischer Hilfsmittel	Messen des scheinbaren Monddurchmessers; Betrachten der Mondoberfläche mit bloßem Auge und mittels Fernrohr Beobachtung der Änderungen der Mondphasen
1.4. Das Planetensystem	Planeten Planetoiden; Kometen; Meteorite; Gas; Staub	Wechselwirkung von Theorie und Praxis bei der Auffindung der Planetengesetze; Berechnung von Entfernungen, Bahngeschwindigkeiten und Umlaufzeiten; Anwendung physikalischer Gesetze auf die Physik der Planeten; Einsatz von Fernrohren, der Fotografie der Spektralanalyse und von Raumflugkörpern	Sichelgestalt der Venus; Ringsystem des Saturn; Abplattung und helle Monde des Jupiters

Unterrichtseinheit	Kosmische Objekte und Systeme	Arbeitsmethoden	astronomische Schülerbeobachtungen
1.5. Die Entwicklung der Vorstellungen über das Planetensystem	Objekte des Planetensystems	Abhängigkeit der Entwicklung der Erkenntnisse über das Planetensystem von den gesellschaftlichen Verhältnissen und Bedürfnissen sowie vom Stand anderer Wissenschaften und der Technik	
2.1. Die Sonne	Sonne	Beobachtung der Sonnenoberfläche und ihrer Erscheinungen; Untersuchung des physikalischen Aufbaus und der chemischen Zusammensetzung der Sonnenatmosphäre durch Anwendung der Spektralanalyse; Erforschung des Energiehaushalts mit Hilfe der Erkenntnisse über die Kernfusion; Errechnung der Strahlungsleistung	
2.2. Die Sterne	Sterne; Doppelsterne; Bedeckungssterne; Veränderliche	Entfernungsbestimmung mittels trigonometrischer und fotometrischer Methoden; Bestimmung der Zustandsgrößen durch Beobachtung, mit Hilfe mathematischer Verfahren und der Anwendung physikalischer Gesetze; HRD als Zustands- und Entwicklungsdiagramm; Analogieschlüsse aus Beobachtung von Sternen unterschiedlichen Alters	Scheinbare Helligkeit und Farbe der Orionsterne, Doppelstern Mizar
2.3. Das Milchstraßensystem und extragalaktische Systeme	Sterne; Gas und Staub; Milchstraßensystem; Sternhaufen; extragalaktische Systeme; Galaxienhaufen	Optische und radioastronomische Beobachtungen und Messungen; Anwendung der Fotografie zur Erfassung der Verteilung der Galaxien; Analogieschlüsse über die Struktur der Galaxien; Hypothesen zur Sternentstehung	

Unterrichtseinheit	Kosmische Objekte und Systeme	Arbeitsmethoden	astronomische Schülerbeobachtungen
2.4. Zusammenfassender Überblick unter historischem Aspekt	Objekt-klassen im gegenwärtig beobachtbaren Teil des Weltalls	Entwicklung astronomischer Arbeitsmethoden in Abhängigkeit vom Werdegang der Wissenschaft und Technik	

2.2.1. Stoffeinheit „Das Planetensystem“

In dieser Stoffeinheit stehen im Mittelpunkt die Orientierung am Sternhimmel vom Bezugspunkt Erde, die Beschreibung der Bewegung der planetarischen Himmelskörper und die Erklärung damit verbundener Bewegungsgesetze sowie die Darstellung der physikalischen Verhältnisse des Erdmondes und der Körper des Planetensystems. Die Stoffeinheit schließt ab mit einer Zusammenfassung über die Entwicklung der gesellschaftlichen Erkenntnis über das Planetensystem.

Zu dem in der Unterrichtseinheit **„Die Erde als Himmelskörper“** zu vermittelnden Stoff gehören Kenntnisse über die Bewegungen der Erde und damit verbundene Erscheinungen am Sternhimmel sowie über den mittleren Erdradius. Von den Erdbewegungen besitzen die Schüler bereits Wissen aus dem Geographieunterricht der Klassen 7 und 8. Darauf aufbauend umfaßt der Unterrichtsstoff Kenntnisse über die tägliche und jährliche Bewegung der Erde, den Begriff Erdbahn, die Dauer des Erdumlaufs und die Größe des mittleren Radius der Erdbahn, der ein astronomisches Entfernungsmaß, die „Astronomische Einheit (AE)“, ist.

Ein wesentliches Anliegen, das im Unterricht mit Hilfe dieses Unterrichtsstoffs zu erreichen ist, sind Vorstellungen der Schüler, daß der Beobachter an den Erdbewegungen teilnimmt. Die Schüler sollen zwischen scheinbaren und wahren Bewegungen der Himmelskörper unterscheiden lernen. Scheinbare Bewegungen sind hier als den wahren Bewegungen entgegengesetzte Ortsveränderungen aufzufassen. So nimmt z. B. ein Erdbeobachter die tägliche Rotation der Erde von West nach Ost (wahre Bewegung) nicht wahr, sondern erkennt nur die tägliche Bewegung des Sternhimmels von Ost nach West (scheinbare Bewegung).

Die in diesem Teil des Lehrgangs erworbenen Kenntnisse über die wahren und scheinbaren Bewegungen der Himmelskörper werden bei der Erörterung des Unterrichtsstoffs über die Bewegungen des Erdmondes und über die Planetenbewegungen sowie bei den Schülerbeobachtungen weiter gefestigt. Der angeführte Unterrichtsstoff besitzt gute Potenzen für die ideologisch-erzieherische Einwirkung

im Astronomieunterricht. Indem die Schüler erfahren, daß die Wissenschaft von den Erscheinungen zum Wesen der Dinge vordringt, werden bei ihnen vorhandene Überzeugungen von der Erkennbarkeit der Welt gefestigt und vertieft.

Zum Unterrichtsstoff dieser Unterrichtseinheit gehören weiterhin Kenntnisse über das **Horizontsystem** und das **rotierende Äquatorsystem** und damit über Azimut und Höhe eines Sterns, über die Zählweise und Abhängigkeit dieser Koordinaten von Ort und Zeit sowie über die Begriffe **Frühlingspunkt**, **Rektaszension**, **Deklination**.

Die Kenntnisse über die Koordinaten im rotierenden Äquatorsystem (das ruhende Äquatorsystem wird im Astronomieunterricht nicht behandelt) stehen im engen Zusammenhang mit den im Geographieunterricht der Klasse 7 erworbenen Kenntnissen über die geographische Länge und Breite und deren Zählweise.

Den Schülern ist auch der praktische Nutzen der astronomischen Koordinatensysteme zu verdeutlichen; es ist darauf hinzuweisen, daß mathematische Arbeitsmethoden zum festen Bestandteil der astronomischen Forschung gehören. Das Aufsuchen von Gestirnen auf der drehbaren Sternkarte nach gegebenen Koordinaten ist Bestandteil dieses Unterrichtsstoffs. Die Vermittlung von theoretischen Kenntnissen über die Orientierung am Sternhimmel wird durch praktische Übungen während der obligatorischen Beobachtungen ergänzt und vertieft.

Zum Unterrichtsstoff der folgenden Unterrichtseinheit **„Der Erdmond“** gehören Aussagen über den Erdmond als den räumlich nächsten größeren Himmelskörper und als natürlichen Begleiter der Erde. Der Erdmond wird exemplarisch für alle übrigen Monde des Planetensystems behandelt. Wichtigste Elemente des Unterrichtsstoffs sind die Mondphasen und Finsternisse, die Physik und astronautische Erforschung des Erdmondes.

Die Erörterung des Unterrichtsstoffs über Mondphasen und Finsternisse knüpft an Vorkenntnisse aus dem Physikunterricht an, die allerdings schon in der Klasse 6 vermittelt wurden. Zunächst werden die Ursachen für den Wechsel der Mondphasen, die Entstehung der Finsternisse sowie ihre Arten erläutert. Die Kenntnisse über die Sachverhalte zur Physik des Mondes beziehen sich vor allem auf die fehlende Atmosphäre, die Temperatur, die Gravitationskraft und die damit verbundene Fallbeschleunigung, wobei Vorkenntnisse der Schüler aus dem Physikunterricht der Klasse 9 zu nutzen sind.

Die Unterrichtseinheit **„Der Erdmond“** enthält auch einen Abschnitt über die Entwicklung der Kenntnisse von diesem Himmelskörper. Der Stoff über die astronautische Erforschung des Erdmondes bietet bei seiner unterrichtlichen Behandlung die Möglichkeit, neue Erkenntnisse der Mondforschung, die mittels Raumfahrt sowohl von der UdSSR als auch von den USA gewonnen wurden, in die Betrachtungen einzubeziehen. Auf Zielstellung, Effektivität und Leistungen der sowjetischen Raumfahrt sowie auf die Initiativen der UdSSR zum Abschluß von Verträgen über die ausschließlich friedliche Nutzung des Erdmondes und des Weltraumes ist besonders einzugehen. An diesen Sachverhalten lassen sich die Entwicklung der astronomischen Wissenschaft in Abhängigkeit von der Gesellschaft und die Wechselbeziehungen von Astronomie und Technik verdeutlichen. Das Verständnis für diese Bezüge erhärtet bei den Schülern vorhandene Überzeugungen vom Zusam-

menhang zwischen Wissenschaft und Gesellschaft. Einsichten in das Verhältnis zwischen Astronomie und Technik erweitern auch die polytechnischen Kenntnisse der Schüler über den Zusammenhang von Technik und Gesellschaft.

Im Mittelpunkt der Unterrichtseinheit „Das Planetensystem“ stehen Betrachtungen über Planeten, besonders die Erklärung ihrer Bewegungen und damit verbundener Gesetze, die Erläuterung der Auseinandersetzung um das heliozentrische Weltsystem und ausgewählte Fragen zur Physik der Planeten. Während bisher Bewegungsvorgänge einzelner Körper des Planetensystems beschrieben wurden, werden an dieser Stelle Gesetze der Planetenbewegungen (Keplersche Gesetze und Gravitationsgesetz) behandelt. Dazu werden Vorleistungen aus dem Physikunterricht herangezogen (→ Abschnitt 2.1.). Den Schülern wird erläutert, daß die genannten Gesetze bei allen Körpern im Planetensystem gültig sind.

Die nachstehende Übersicht zeigt, an welchen Unterrichtsstoffen die Kenntnisse über das Wirken der Gravitation erarbeitet, gefestigt und erweitert werden.

Übersicht 1

Gravitationswirkungen im gegenwärtig beobachtbaren Teil des Weltalls

Unterrichtseinheit	Elemente des Unterrichtsstoffes
1.3.1.	Die Mondbahn als Folge der Gravitationswirkung zwischen Erde, Mond und Sonne
1.3.2.	Gravitationswirkung des Mondes auf die Erde; Fehlen einer Mondatmosphäre infolge relativ geringer Gravitationskraft des Mondes
1.3.3.	Einwirkung der Gravitationskraft kosmischer Objekte auf die Flugbahn künstlicher Himmelskörper
1.4.1.	Gravitation als Ursache der Planetenbewegungen; Entdeckung des Gravitationsgesetzes durch Newton
1.4.2.	Abhängigkeit der Atmosphäre von den Gravitationskräften, d. h. von der Masse der Planeten, und von der Temperatur
1.4.3.	Gravitationsfelder im Planetensystem
1.5.2.	Physikalische Begründung des heliozentrischen Weltsystems durch das Gravitationsgesetz
2.1.1.	Die Sonne als Gravitationszentrum im Planetensystem
2.1.2.	Gravitationswirkungen der Sonne
2.2.2.	Massenbestimmung der Sterne mit Hilfe des Gravitationsgesetzes
2.3.1.	Gravitationswirkung bei der Sternentstehung
2.3.2.	Bewegung der Sterne und differentielle Rotation der Galaxis infolge der Gravitationswirkung
2.4.2.	Gravitationsgesetz als Beispiel für Naturgesetze, die überall im gegenwärtig beobachtbaren Weltall wirken und helfen, Aufbau und Vorgänge im Weltall zu erkennen.

Mit Hilfe der in der Übersicht angeführten Elemente des Unterrichtsstoffes werden bei den Schülern die Kenntnisse über den Wirkungsbereich dieses wesentlichen Naturgesetzes schrittweise erweitert. Die Schüler erfahren, daß nachgewie-

sen wurde, daß Naturgesetze überall im gegenwärtig beobachtbaren Weltall wirken und es ermöglichen, Aufbau und Vorgänge im Kosmos zu erkennen. Mit diesen Kenntnissen lassen sich bereits vorhandene Überzeugungen von der Existenz objektiver Gesetze in der Welt und ihrer Erkennbarkeit durch den Menschen festigen und vertiefen.

Bei der Behandlung der Planetenbewegungen geht der Lehrgang auch auf Sachverhalte ein, welche die Weiterentwicklung und den Kampf um die Durchsetzung der copernicanischen Weltvorstellungen enthalten und ideologisch relevant sind. (↗ Abschnitt 2.3.2.).

(Dieser Unterrichtsstoff bildet eine wichtige inhaltliche Voraussetzung für die abschließende Unterrichtseinheit „Die Entwicklung der Vorstellung über das Planetensystem“). Bei der Behandlung des Abschnitts **„Physik der Planeten“** geht es vor allem um die Unterscheidung zwischen erdähnlichen und jupiterähnlichen Planeten auf Grund ihrer unterschiedlichen Radien, Massen und Dichten.

In dem Abschnitt **„Natürliche Kleinkörper im Planetensystem“** kommt es auf eine exakte Unterscheidung zwischen den verschiedenen Erscheinungsformen der Stoffe und physikalischer Felder an. Damit werden vorhandene Vorstellungen über die Mannigfaltigkeit der kosmischen Objekte weiter ausgebaut.

Der Unterrichtsstoff des Abschnitts **„Künstliche Kleinkörper im Planetensystem“** baut auf die Kenntnisse über die astronautische Untersuchung des Erdmondes auf. Mit seiner Hilfe wird die Erforschung des Planetensystems mit Hilfe von Raumsonden erläutert. Der Anteil der sowjetischen Raumfahrt ist an dieser Stelle auch unter dem Aspekt zu würdigen, daß der Start einer Vielzahl von Raumflugkörpern unmittelbar wichtigen volkswirtschaftlichen Aufgaben dient. Dieser Unterrichtsstoff läßt sich erzieherisch nutzen, indem darauf eingegangen wird, wie Zielstellung und Nutzung der Ergebnisse der Raumfahrt vom jeweiligen Gesellschaftssystem abhängen. Der Unterrichtsstoff bietet Möglichkeiten, vorhandene Überzeugungen vom Zusammenhang zwischen Wissenschaft, Technik und Gesellschaft zu erhärten. Am Ende der ersten Stoffeinheit werden in der Unterrichtseinheit **„Die Entwicklung der Vorstellungen über das Planetensystem“** die im Unterricht behandelten Erkenntnisse von Ptolemäus, Copernicus, Kepler, Galilei und Newton historisch geordnet und zusammengefaßt. Die Schüler erhalten Einblick in die Entwicklung der Vorstellungen vom Planetensystem. Dabei wird an das Wissen der Schüler aus dem Geschichtsunterricht in den Klassen 5, 6 und 7 angeknüpft (↗ Abschnitt 2.1.). Es findet eine weitere Verallgemeinerung des Wissens vom Werdegang der gesellschaftlichen Erkenntnis über das Weltall statt (↗ Abschnitt 2.2.18.). Vorhandene Überzeugungen vom Zusammenhang von Wissenschaft und Gesellschaft werden vertieft.

2.2.2. Stoffeinheit „Astrophysik und Stellarastronomie“

Die zweite Stoffeinheit des Astronomielehrgangs enthält ausgewählte Sachverhalte aus der Astrophysik und Stellarastronomie, vor allem über die Sonne, die Sterne, das Milchstraßensystem und über extragalaktische Systeme, sowie einige Arbeitsmethoden, mit denen die genannten kosmischen Objekte erforscht werden.

Dazu gehören besonders die Himmelsfotografie, die Spektralanalyse und radioastronomische Untersuchungen. Auch in dieser Stoffeinheit ist die Durchführung astronomischer Schülerbeobachtungen vorgesehen. Durch die Betrachtung einzelner Objekte gelangen die Schüler zunehmend zu der Einsicht, daß die Erscheinungen und Vorgänge im Weltall mit Hilfe wissenschaftlicher Arbeitsmethoden der menschlichen Erkenntnis zugänglich sind.

Im Zentrum dieser Stoffeinheit stehen Aussagen über Aufbau, Eigenschaften und Entwicklung der Sterne sowie anderer Erscheinungsformen der Stoffe und Felder in der Galaxis. Die gewonnenen astronomischen Kenntnisse werden am Ende der Stoffeinheit nach historischen Gesichtspunkten geordnet. Dabei wird an das in der ersten Stoffeinheit erworbene Wissen über die Entwicklung der Vorstellungen vom Planetensystem angeknüpft. Bei den Schülern festigt und vertieft sich damit die Erkenntnis von der Entwicklung der astronomischen Wissenschaft.

Zum Ausgangsniveau dieser Stoffeinheit gehören vor allem die in der ersten Stoffeinheit erworbenen Raumvorstellungen vom Kosmos, das Wissen über das Wirken der Gravitation im Planetensystem. Zu den physikalischen Vorkenntnissen zählt in erster Linie das erworbene Wissen über die Licht- und Wärmeausbreitung, über die Energieerhaltung und -umwandlung, über das ideale Gas und seine Zustandsgrößen sowie über die Kernphysik (> Abschnitt 2.1.). In der Unterrichtseinheit „Die Sonne“ werden Fragen zur Physik der Sonne ausführlich erörtert. Dabei ist herauszustellen, daß die Sonne ein Stern unter vielen gleichartigen und ähnlichen Objekten ist und sich in ihrem Aufbau und den Eigenschaften grundsätzlich von den Planeten unterscheidet. Bei der Behandlung des Planetensystems wurde darauf hingewiesen, daß die Sonne Gravitationszentrum dieses Systems ist.

Ein wichtiges Anliegen bei der Behandlung der Sonne ist das Eingehen auf die Sonnenaktivität, auf ihre Periodizität und damit verbundene Erscheinungen. Den Schülern ist deutlich zu machen, daß es sich bei der Sonnenaktivität um kurzzeitige veränderliche Erscheinungen in der Sonnenatmosphäre handelt. Als Erscheinungsformen der Sonnenaktivität werden Sonnenflecken, Protuberanzen und Eruptionen erläutert.

In Verbindung mit der Sonnenaktivität wird auch auf solar-terrestrische Beziehungen eingegangen. Erscheinungen und Vorgänge werden erörtert, die durch die solare Strahlung auf der Erde und in ihrer Atmosphäre entstehen. Unter Nutzung physikalischen Wissens erfassen die Schüler, daß die elektromagnetischen Wellen und die Teilchenstrahlung (Sonnenwind) Strahlungsarten der Sonne sind. Dabei wird auch der Begriff Leuchtkraft als eine Zustandsgröße der Sterne eingeführt. Die solar-terrestrischen Wirkungen sind als Beispiel für die Existenz von gesetzmäßigen Vorgängen im Weltall zu interpretieren, die für die Erde besondere Bedeutung haben.

Die Erörterung des Sonnenspektrums gibt den Schülern einen ersten Einblick in die Anwendung der Spektralanalyse als Arbeitsmethode der Astronomie. Es wird beschrieben, wie die Spektren entstehen und was unter einem kontinuierlichen Spektrum, Emissionsspektrum und Absorptionsspektrum zu verstehen ist. Da etwa zur gleichen Zeit im Physikunterricht Kenntnisse über das Spektrum des Lichts vermittelt werden, ist eine Abstimmung mit dem Physiklehrer erforderlich.

Einen Schwerpunkt bei der Behandlung der Sonne bilden Fragen ihres Energiehaushaltes. Aufbauend auf dem Wissen der Schüler aus der Kernphysik (\rightarrow Abschnitt 2.1.) wird erklärt, daß die Kernfusion im Zentralgebiet der Sonne Quelle der Energiefreisetzung ist. Die Schüler müssen die Veränderungen der chemischen Zusammensetzung im Zentrum des Sonnenkörpers als ein Merkmal des Entwicklungsprozesses der Sonne erfassen und erklären können. Damit werden wichtige Vorarbeiten für die später erfolgende Behandlung der Sternentwicklung geleistet, die auch für die Festigung und Vertiefung der Überzeugung von der Entwicklung in der Welt bedeutungsvoll ist.

Die ausführliche Betrachtung der Sonne als Stern schafft wichtige inhaltliche Grundlagen für die Behandlung der Unterrichtseinheit „**Die Sterne**“. Dort werden die Kenntnisse über die Sonne unter neuen Gesichtspunkten aufgegriffen. Da die Entfernungsbestimmung der Sterne eine wesentliche Vorarbeit für das Erkennen ihres physikalischen Zustandes ist, wird eine Methode, die trigonometrische Entfernungsbestimmung, im Unterricht ausführlich behandelt. Dabei sind die Begriffe scheinbare Helligkeit, Größenklasse, absolute Helligkeit und Parallaxe einzuführen. Bei der Erarbeitung des Begriffes scheinbare Helligkeit ist die Abhängigkeit dieser Größe von der Leuchtkraft und der Entfernung des Sterns deutlich herauszuarbeiten (\rightarrow Abschnitt 3.5.1.). Ferner muß den Schülern bewußt werden, daß von alters her die Größenklasse als Einheit der scheinbaren Helligkeit verwendet wird. Außerdem müssen die Schüler den Unterschied zwischen scheinbarer und absoluter Helligkeit eines Sterns erklären können. Sie müssen wissen, wie man die absolute Helligkeit bestimmt.

Kenntnisse für die Entfernungsbestimmungen der Sterne erweitern Vorstellungen der Schüler über kosmische Räume. Bisher wurden Entfernungen im Planetensystem in Kilometer oder in der Astronomischen Einheit angegeben. Jetzt erfahren die Schüler, daß es auf Grund der großen Dimensionen im Weltall zweckmäßig ist, die Entfernungsangaben mit Hilfe der Laufzeit des Lichts in Lichtjahren oder mit Hilfe der Parallaxe in Parsec vorzunehmen.

Der Unterrichtsstoff über ausgewählte Zustandsgrößen der Sterne stellt hohe Anforderungen an das Abstraktionsvermögen der Schüler. Es gilt, die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Zustandsgrößen zu erkennen und zu begründen. Nachdem die Schüler bereits die Leuchtkraft bzw. die absolute Helligkeit als Zustandsgröße der Sterne kennen, wird die Oberflächentemperatur als weitere Zustandsgröße eingeführt und der Zusammenhang von Oberflächentemperatur und Farbe eines Sterns erklärt. Anschließend wird der Begriff Spektralklasse eingeführt. Die Beziehungen zwischen Sternfarbe, Oberflächentemperatur und Spektralklasse sind zu erläutern (\rightarrow Abschnitt 3.5.2.).

Am Beispiel des Hertzsprung-Russell-Diagramms (HRD) wird gezeigt, wie bestimmte Zustandsgrößen miteinander verknüpft sind und warum sich daraus wichtige Aussagen für die Astrophysik ableiten lassen. Nach gegebenen Werten erfolgt das Einordnen der Sterne in das HRD. Als Bezugspunkt gilt der Stern Sonne. Die Standorte der eingeordneten Sterne sind mit der Lage der Sonne im Diagramm zu vergleichen und zu charakterisieren.

Nachdem die Schüler mit dem HRD als Zustandsdiagramm bekannt wurden,

findet mit der Analyse des Entwicklungsweges eines Sterns eine komplexe Betrachtung dieses Diagramms statt (> Abschnitt 3.5.3.). Sie lernen das HRD als Entwicklungsdiagramm kennen. Die Schüler müssen in die Lage versetzt werden, mit Hilfe des HRD wichtige Zusammenhänge, welche die Entwicklung eines Sterns bedingen, zu erkennen und Aussagen über die Sternentwicklung zu interpretieren. Es muß ihnen dabei klar werden, daß Vorstellungen über das späte Stadium der Sternentwicklung noch hypothetischen Charakter tragen.

Alle Betrachtungen über die Sternentwicklung schließen Beziehungen zur gegenwärtigen Entwicklungsphase der Sonne ein. Bereits bei der Erörterung von Problemen der Physik der Sonne wurde darauf eingegangen, daß die Veränderungen des Sonnenkörpers infolge der Energiefreisetzung Merkmale für die Entwicklung der Sonne sind. Aus diesen Kenntnissen aufbauend, wird den Schülern mit Hilfe des Unterrichtsstoffes über die Sternentwicklung beispielhaft und überzeugend die Entwicklung im Weltall erläutert.

In der folgenden Unterrichtseinheit „**Das Milchstraßensystem und extragalaktische Systeme**“ erfolgt eine Einordnung des bisher behandelten Unterrichtsstoffes in neue Zusammenhänge. „Die Schüler sollen erkennen, daß die Wissenschaft mit der Entwicklung verbesserter Methoden und Instrumente immer größere Räume erforscht, die Grenzen des uns bekannten Teils des Weltalls immer weiter hinauschiebt, ständig neue, bisher unbekannte Erscheinungsformen entdeckt (Quasare, Pulsare, Neutronensterne usw.) und zu tieferen Erkenntnissen führt“ (28; S. 28).

Die Erörterung des Milchstraßensystems schließt Betrachtungen über die zwischen den Sternen existierenden interstellaren Wolken ein. In diesem Zusammenhang ist zu erläutern, wodurch sich der Emissionsnebel vom Reflexionsnebel unterscheidet.

Das bereits vorhandene Wissen der Schüler über das Emissionsspektrum ist anzuwenden. Die Schüler werden bei der Behandlung der interstellaren Wolken mit einem neuen Teilgebiet der Astronomie, der **Radioastronomie**, die bestimmte Arbeitsmethoden entwickelt, bekanntgemacht. Neben der Beobachtung der optischen Strahlung ist dadurch auch das Untersuchen der kosmischen Radiostrahlung möglich. Die Schüler müssen wissen, warum Untersuchungen mittels der Radioastronomie heute eine der wichtigsten Arbeitsmethoden zur Erforschung von Erscheinungen und Vorgängen im Weltall sind. Dabei knüpft der Unterricht an die Kenntnisse über die Sternentwicklung an und erörtert auf der Grundlage der Lehrplanforderungen einige wissenschaftliche Vorstellungen über die Sternentstehung. Die Schüler müssen begreifen, was man unter der Kontraktion einer interstellaren Wolke zu verstehen hat. Bei der Darlegung von Erkenntnissen über die Sternentstehung muß deutlich werden, daß die gegenwärtigen Vorstellungen noch zahlreiche offene Probleme enthalten.

Im Sinne eines Beitrages des Astronomieunterrichts zur Herausbildung der Überzeugung von der Entwicklung im Weltall ist die Sternentstehung als Anfangsphase der Sternentwicklung zu behandeln.

Die Kenntnisse über die Struktur der Galaxis beinhalten vor allem Vorstellungen über die Bewegungen der Galaxis sowie über ihre Erscheinungsformen. Dabei wird auch der Standort der Sonne innerhalb der Galaxis angegeben.

Bereits bei der Behandlung der Zustandsgrößen der Sterne wurden den Schülern die Begriffe Doppelstern und Bedeckungsstern erklärt. Entsprechende Objekte sind Erscheinungsformen im Milchstraßensystem. Sternassoziationen, offene Sternhaufen und Kugelsternhaufen werden als weitere Erscheinungsformen in unserer Galaxis vorgestellt. Die Schüler müssen die wichtigsten Merkmale dieser Objekte kennen. Die Plejaden, als Beispiel für einen offenen Sternhaufen, sind Gegenstand obligatorischer Beobachtungen. Ferner soll im Unterricht auf neue, vor kurzem unbekannte Erscheinungsformen hingewiesen werden, wozu u. a. Quasare, Pulsare und Neutronensterne zählen. An der Entdeckung dieser kosmischen Objekte ist den Schülern zu zeigen, wie sich die astronomische Erkenntnis entwickelt. Diese Beispiele tragen ebenfalls zur Festigung der Überzeugung der Schüler von der Erkennbarkeit des Weltalls bei.

Im Astronomieunterricht wird auch auf extragalaktische Systeme eingegangen. Diese haben teilweise eine ähnliche Struktur wie das Milchstraßensystem. Bei der Behandlung unserer Galaxis und außergalaktischer Systeme müssen die Schüler begreifen, daß im Weltall vielfältige Erscheinungsformen existieren, die sich entwickeln. Damit wird zur Festigung der Überzeugung von der Mannigfaltigkeit der materiellen Welt beigetragen. Die Betrachtung der Galaxis und extragalaktischer Systeme erweitert bei den Schülern die Vorstellungen über Entfernungen im Kosmos. In diesem Zusammenhang muß erklärt werden, daß für die Beobachtung entfernter Galaxien eine Beobachtungsgrenze existiert, die durch gegenwärtige technische Möglichkeiten bedingt ist. Die Schüler müssen auch begreifen, daß die Beobachtung ferner Galaxien Einblick in die Vergangenheit dieser Objekte gibt. In der Unterrichtseinheit „Zusammenfassender Überblick unter historischem Aspekt“ erfolgt als Abschluß des Astronomieunterrichts eine Zusammenfassung der bei der Behandlung der beiden Stoffeinheiten gewonnenen Kenntnisse über das Weltall. Anknüpfend an das in der ersten Stoffeinheit erworbene Wissen über die Entwicklung der Vorstellungen vom Planetensystem wird auf weitere wichtige Entwicklungsstadien der astronomischen Wissenschaft bis zu unseren heutigen Vorstellungen vom Weltall eingegangen. Den Schülern muß die Bedeutung der Astrophysik und Astronautik für die Erforschung des Kosmos bewußt werden. In diesem Zusammenhang sind nochmals die Rolle der Himmelsfotografie, der radioastronomischen Untersuchungen und des Experiments mit Hilfe von Raumflugkörpern als Arbeitsmethoden der Astronomie zu betonen.

Bei der Erörterung gegenwärtiger Vorstellungen vom Weltall müssen die Schüler mit Hilfe ihrer astronomischen Kenntnisse Entwicklungsprozesse und wichtige Systeme im Weltall erläutern können. Sie müssen begreifen, daß das Gravitationsgesetz überall im Weltall wirkt und deshalb ein allgemeingültiges Naturgesetz ist. Die Schüler sollen die Abhängigkeit der Entwicklung der Astronomie von den Möglichkeiten und Bedürfnissen der Gesellschaft erkennen und erfassen, warum jede neue astronomische Erkenntnis Probleme aufwirft, die es zu lösen gilt. Das Wissen über die Sternentwicklung und über die Sternentstehung gibt Einblick in die im Weltall ablaufenden Entwicklungsprozesse. Mit diesen allgemeingültigen astronomischen Erkenntnissen leistet der Astronomielehrgang einen spezifischen aber wesentlichen Beitrag zur Herausbildung der Überzeugung von der Materialität,

Entwicklung und Erkennbarkeit der Welt und dem Zusammenhang von Wissenschaft und Gesellschaft.

2.2.3. Übergreifende Aspekte des Unterrichtsstoffes

Der Unterrichtsstoff beider Stoffeinheiten enthält wesentliche Potenzen zur weltanschaulich-philosophischen, politischen und moralischen Bildung und Erziehung der Schüler. In der Tabelle 3 werden für die einzelnen Unterrichtseinheiten Schwerpunkte ausgewiesen zur Festigung und Vertiefung der Überzeugungen von

- der Existenz von Gesetzmäßigkeiten in der Welt,
- der Entwicklung in der Welt,
- der Erkennbarkeit der Welt,
- dem Zusammenhang von Gesellschaft und Wissenschaft (13; S. 420).

In der Tabelle 4 werden nur die Unterrichtseinheiten erfaßt, für die im Lehrplan besondere Schwerpunkte zur politischen und moralischen Bildung und Erziehung angegeben sind.

Die in den Tabellen ausgewiesenen ideologisch-erzieherischen Potenzen des Unterrichtsstoffes zeigen dem Lehrer Möglichkeiten der weltanschaulich-philosophischen, politischen und moralischen Bildung und Erziehung der Schüler. Die Nutzung dieser Potenzen hängt von den konkreten Bedingungen der Schulpraxis ab, wozu u. a. das politisch-ideologische Niveau und der Entwicklungsstand des Klassenkollektivs gehören. Neben den in den Tabellen angeführten Erziehungspotenzen sind mit Hilfe des Unterrichtsstoffes weitere Möglichkeiten der erzieherischen Einwirkung zur allseitigen Entwicklung der Schülerpersönlichkeit zu nutzen (↗ Abschnitt 1.2.3.).

Tabelle 3
Weltanschaulich-philosophische Potenzen des Unterrichtsstoffes im Fach Astronomie

Unterrichtseinheit	Existenz von Gesetzmäßigkeiten in der Welt	Entwicklung in der Welt	Erkennbarkeit der Welt	Zusammenhang von Gesellschaft und Wissenschaft
1.1. Einführung in das Fach Astronomie				Gesellschaftliche Bedürfnisse als Triebkräfte für die Entstehung und Entwicklung der Astronomie; Wechselbeziehungen zwischen Astronomie und Technik

Unterrichtseinheit	Existenz von Gesetzmäßigkeiten in der Welt	Entwicklung in der Welt	Erkennbarkeit der Welt	Zusammenhang von Gesellschaft und Wissenschaft
1.2. Die Erde als Himmelskörper	Gesetzmäßigkeiten der Erdbewegungen		Eindringen in das Wesen der Bewegungserscheinungen am Sternhimmel, Aufdeckung der wahren Bewegungsvorgänge	Einsatz von Satelliten zur Erforschung der Erde und des erdnähen Raums
1.3. Der Erdmond	Gesetzmäßigkeiten der Bewegungen des Erdmondes; Gravitationswirkung im System Erde-Mond		Von mystisch-abergläubischen Vorstellungen zu wissenschaftlichen Erkenntnissen über den Erdmond	Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt, Beispiel für die Überlegenheit der sozialistischen/kommunistischen Gesellschaftsordnung
1.4. Das Planetensystem	Gesetzmäßigkeiten der Planetenbewegungen; Gesetzmäßigkeiten des physikalischen Aufbaus der Planeten	Gegenwärtiger Zustand der Planeten als Entwicklungsphase	Entdeckung der Bewegungsgesetze der Planeten durch Kepler und Newton; wachsende Erkenntnis über die physikalische Struktur und die chemischen Eigenschaften der Planeten; Erforschung von Lebensbedingungen auf anderen Planeten	Kampf der herrschenden Klasse des Mittelalters gegen das heliozentrische Weltssystem; indirektes und direktes Studium der Planeten durch den Einsatz ständig verbesserter technischer Hilfsmittel (Fernrohr, Fotografie, Raumsonden)

Unterrichtseinheit	Existenz von Gesetzmäßigkeiten in der Welt	Entwicklung in der Welt	Erkennbarkeit der Welt	Zusammenhang von Gesellschaft und Wissenschaft
1.5. Die Entwicklung der Vorstellungen über das Planetensystem			Vordringen der gesellschaftlichen Erkenntnis von der Erscheinung zum Wesen des Planetensystems; Überwindung mystisch-obergläubischer Vorstellungen durch die fortschreitende Erkenntnis in der Planetenforschung; Entdeckung des Planeten Neptun, ein Beweis für die Gewinnung von Erkenntnissen auf mathematisch-physikalischer Basis	Entwicklung der Vorstellungen vom Planetensystem in Abhängigkeit von den gesellschaftlichen Verhältnissen, den praktischen Bedürfnissen der Gesellschaft und dem Entwicklungsstand von Wissenschaft und Technik
2.1. Die Sonne	Gesetzmäßigkeiten der Energiefreisetzung; gesetzmäßige Beziehungen zwischen Sonne und Erde	Veränderung der chemischen Zusammensetzung im Inneren des Sonnenkörpers und Masseverlust der Sonne als Merkmale ihres Entwicklungsprozesses	Rolle physikalischer Gesetze beim Studium nicht beobachtbarer Zustandsgrößen der Sonne; Bedeutung der Sonnenforschung für das Studium der Sterne	Anwendung der Spektralanalyse bei der Erforschung des physikalischen Zustands und der chemischen Eigenschaften der Sonne

Unterrichtseinheit	Existenz von Gesetzmäßigkeiten in der Welt	Entwicklung in der Welt	Erkennbarkeit der Welt	Zusammenhang von Gesellschaft und Wissenschaft
2.2. Die Sterne	Gesetzmäßige Beziehungen zwischen den Zustandsgrößen der Sterne; Gesetzmäßigkeiten der Sternentwicklung	Entwicklungsalter und Entwicklungsphasen der Sterne; Prozesse der Sternentwicklung	Methoden zur Entfernungsbestimmung der Sterne; HRD als Erkenntnismittel zum Studium des Zusammenhangs zwischen den Zustandsgrößen der Sterne und zur Erforschung der Sternentwicklung; Möglichkeiten zur Erkennbarkeit des Prozesses der Sternentwicklung	
2.3. Das Milchstraßensystem und extragalaktische Systeme	Vielfalt und gesetzmäßige Ordnung der Erscheinungsformen; Gravitationswirkungen	Sternentstehung als Anfangsphase der Sternentwicklung	Empfang von Radiostrahlung aus dem Weltall, Bedeutung für die Erforschung von kosmischen Erscheinungen und Prozessen; Entdeckung bisher unbekannter Erscheinungsformen im Weltall	Bau von Radioteleskopen und immer leistungsfähigeren optischen Instrumenten
2.4. Zusammenfassender Überblick unter historischem Aspekt	Vielfalt kosmischer Erscheinungsformen und damit verbundene Gesetzmäßigkeiten; Wirkungsbereich des Gravitationsgesetzes	Veränderung und Entwicklung kosmischer Objekte auf der Grundlage von Gesetzmäßigkeiten	Entwicklung wissenschaftlicher Arbeitsmethoden der Astronomie; ständige Erweiterung, Präzisierung und Sicherung der Erkenntnisse über das Weltall; Negierung von überholten Vorstellungen	Historische Entwicklung der astronomischen Wissenschaft in Abhängigkeit vom Stand der Technik und Wissenschaft, von den Bedürfnissen und Anschauungen der herrschenden Klasse

Tabelle 4**Potenzen des Unterrichtsstoffs zur politisch-moralischen Bildung und Erziehung**

Unterrichtseinheit	Beispiele
1.1. Einführung in das Fach Astronomie	Astrologie als scheinwissenschaftliches Mittel zur Beeinflussung der Bevölkerung im Interesse der herrschenden Klasse im antagonistischen Gesellschaftssystem (Informationswissen)
1.2.1. Die Erde und der erdnahe Raum	Abhängigkeit der Ziele und Nutzung der Ergebnisse der Raumfahrt vom Gesellschaftssystem (Informationswissen)
1.3.3. Die Entwicklung unserer Kennt- nisse über den Mond	Zielstrebigkeit der sowjetischen Mondforschung; Verantwortung des Wissenschaftlers für die Sicherung einwandfreier Erkenntnisse; Initiativen der UdSSR zum Abschluß von Verträgen über die ausschließlich friedliche Nutzung des Mondes und des Weltraums
1.4.1. Die Planeten- bewegungen und das Planeten- system	Persönlichkeit und Leistungen der Astronomen Copernicus, Galilei, Brahe, Kepler sowie des Philosophen Bruno unter Beachtung der sozialökonomischen Verhältnisse und des Entwicklungsstandes von Wissenschaft und Technik
1.4.4. Künstliche Kleinkörper im Planetensystem	Zielstellung der Raumfahrt in den beiden Gesellschaftssystemen; Bedeutung der Raumfahrt für die planmäßige Entwicklung der Volkswirtschaft in den sozialistischen Ländern zum Nutzen der Menschheit; Zusammenarbeit der UdSSR mit den USA auf dem Gebiet der Raumfahrt, Notwendigkeit und Aufgaben
1.5. Die Entwicklung der Vorstellungen über das Planetensystem	Gesellschaftliche Bedürfnisse nach Lösung der von Ptolemäus, Copernicus, Kepler, Galilei und Newton bearbeiteten Probleme – gesellschaftliche Bedingungen, unter denen die Astronomen arbeiten mußten – Wiederhall der Forschungsergebnisse in der Gesellschaft; Kampf um Auswirkung und Durchsetzung der Forschungsergebnisse
2.4. Zusammen- fassender Über- blick unter historischem Aspekt	Verantwortung der Gesellschaft für die Weiterentwicklung der Erkenntnisse über das Weltall und für den humanistischen Charakter der Wissenschaft (Raumfahrt)

Der Unterrichtsstoff beider Stoffeinheiten enthält auch viele Elemente zur **Geschichte der Astronomie**, speziell zu den folgenden Entwicklungsstapen der astronomischen Wissenschaft:

- Ursprung der Astronomie,
- geozentrisches Weltsystem,
- heliozentrisches Weltsystem,
- Weiterentwicklung der heliozentrischen Weltvorstellung,
- Entstehung und Entwicklung der Astrophysik,
- Entwicklung der Raumfahrt.

Am Beispiel dieser Entwicklungsstapen der Astronomie erhalten die Schüler Einblick, wie das gegenwärtige Wissen über das Weltall historisch gewachsen ist. Historische Betrachtungen schließen sich in der Regel an die Behandlung kosmischer Objekte und Systeme an. So findet z. B. nach der Erörterung des Planetensystems eine Betrachtung über die Entwicklung der Vorstellungen vom Planetensystem statt. Nach der Behandlung der Astrophysik und Stellarastronomie wird im Überblick gezeigt, wie sich die Astronomie von Newton bis zur Gegenwart entwickelte.

Diese zusammenfassenden Überblicke werden bei der Behandlung der einzelnen Unterrichtseinheiten systematisch vorbereitet. So wurden bereits bei der Einführung in das Fach Astronomie Kenntnisse über gesellschaftliche Ursachen, die zur Entstehung der Astronomie führten, und über mystisch-abergläubische Vorstellungen, die im Altertum aus Unkenntnis über wahre Sachverhalte mit beobachteten Erscheinungen und Vorgängen am Sternhimmel verbunden waren, und u. a. auch zur Entstehung der Astrologie führten, vermittelt. Den Schülern soll bewußt werden, daß die Astrologie auch noch heute in den kapitalistischen Staaten im Interesse der herrschenden Klasse zur betrügerischen Beeinflussung leichtgläubiger Menschen dient.

Bei der Behandlung des Erdmondes findet eine Betrachtung über die Entwicklung der Kenntnisse vom Mond statt. Schließlich wird bei der Erörterung der Planetenbewegungen auf das geozentrische und heliozentrische Weltsystem eingegangen.

Mit Hilfe des genannten historischen Unterrichtsstoffs erhalten die Schüler im Astronomielehrgang ein systematisches und chronologisch geordnetes Bild von der Entwicklung der gesellschaftlichen Erkenntnis über das Weltall vermittelt. Der Unterrichtsstoff ist so gewählt, daß den Schülern bewußt gemacht werden kann, wie sich die wissenschaftlichen Erkenntnisse über das Weltall in Abhängigkeit von den gesellschaftlichen Verhältnissen, den praktischen Bedürfnissen der Gesellschaft sowie vom Stand anderer Wissenschaften und der Technik entwickelt haben. Am Beispiel bedeutender Gelehrter des Mittelalters wird den Schülern gezeigt, daß sich alles Neue, Fortschrittliche nur im Kampf gegen das Alte, Überlebte durchsetzt. Die Schüler müssen andererseits erfassen, daß neue Kenntnisse im allgemeinen immer die Ergebnisse der bisherigen Forschung zur Grundlage haben.

Der chronologisch angeordnete Unterrichtsstoff zur Geschichte der Astronomie sollte nach folgenden Gesichtspunkten behandelt werden: Kennzeichnung der in

der jeweiligen Entwicklungsstufe untersuchten Objekte, der angewandten Arbeitsmethoden, der erzielten Ergebnisse und der Wechselbeziehung zur gesellschaftlichen Entwicklung und zur Entwicklung der Technik.

Mit Hilfe des Unterrichtsstoffes leistet jedes Fach einen Beitrag zur Herausbildung von ideologischen Überzeugungen. Deshalb ist die Koordinierung der ideologisch-erzieherischen Arbeit zwischen den einzelnen Unterrichtsfächern möglich und notwendig. Im folgenden wird das Zusammenwirken an einem Beispiel dargestellt. So werden beispielsweise im **Astronomieunterricht** Kenntnisse über Erscheinungsformen der Stoffe und Felder im Weltall und damit verbundene Gesetzmäßigkeiten vermittelt. Gleichzeitig wird verdeutlicht, daß Erscheinungen, Vorgänge und Gesetzmäßigkeiten im Weltall mit wissenschaftlichen Methoden der Erkenntnis zugänglich sind. Dabei wird besonders auf die Rolle der Beobachtung als wichtige Arbeitsmethode der Astronomie eingegangen. Schließlich wird am Beispiel der Wissenschaftsentwicklung der Zusammenhang von Astronomie und Gesellschaft erörtert (13; S. 414 ff.).

Der **Physikunterricht** geht auf Erscheinungsformen, Stoffe und Felder, auf die Energieumwandlung sowie auf den objektiven Charakter von Stoff und Feld ein. Gleichzeitig wird der Begriff des Gesetzes explizit herausgearbeitet und zwischen dynamischen und statistischen Gesetzen unterschieden. Der **Chemieunterricht** behandelt chemische Reaktionen und verdeutlicht ihren Systemcharakter. Es wird auf die Wechselwirkungen materieller Systeme eingegangen. Der **Biologieunterricht** geht auf die Hierarchie lebender Systeme ein und vermittelt Kenntnisse über die Abstammungs- und Entwicklungslehre. In den genannten drei Unterrichtsfächern werden Kenntnisse über das Experiment, die Beobachtung und das Arbeiten mit Modellen als Arbeitsmethoden angewandt. Die **physische Geographie** beinhaltet Kenntnisse über die Landschaft als Ganzes und über die Entwicklungsgeschichte der Erdoberfläche. Dabei wird die Beobachtung als eine wesentliche Arbeitsmethode der geographischen Forschung einbezogen. Der **Mathematikunterricht** verdeutlicht mit seinem Unterrichtsstoff, daß die Praxis Ausgangspunkt mathematischer Strukturen ist und daß objektive Sachverhalte mit Hilfe mathematischer Strukturen erfaßt werden. Im **Geschichtsunterricht** wird der objektive Charakter der Prozesse und Gesetzmäßigkeiten der historischen Entwicklung der Gesellschaft erörtert. Schließlich geht der **Staatsbürgerkundeunterricht** auf ausgewählte Fragen der wissenschaftlichen Weltanschauung ein.

Die fortlaufende Anreicherung von weltanschaulich-philosophischen Erkenntnissen und Schlußfolgerungen in den angeführten Unterrichtsfächern trägt zur Herausbildung folgender **Überzeugungen** bei: Natur und Gesellschaft haben objektiven Charakter. Die Gesetze der Entwicklung in der Natur und der Gesellschaft sind der wissenschaftlichen Erkenntnis zugänglich. Die gesellschaftliche Erkenntnis entwickelt sich in einem historischen Prozeß. Erkannte Gesetze können bewußt von der Gesellschaft genutzt werden. Nur in der sozialistisch/kommunistischen Gesellschaft dient die Wissenschaft dem Fortschritt aller Menschen (13; S. 182 ff.).

Zusammenfassung:

Zum Unterrichtsstoff gehören Fakten, Begriffe und gesetzmäßige Zusammenhänge über ausgewählte Erscheinungsformen der Stoffe und Felder im Weltall, über ihre Strukturen, ihre Bewegungen und Entwicklung. Der Unterrichtsstoff umfaßt auch Kenntnisse über wichtige Arbeitsmethoden der Astronomie und ihre Anwendung bei astronomischen Beobachtungen zum Erfassen und Erklären kosmischer Objekte. Kenntnisse über wichtige Etappen der historischen Entwicklung astronomischer Erkenntnisse sowie Aussagen zur Weltanschauung und Moral der Arbeiterklasse in Form von Ideologischen Folgerungen, die mit den anzueignenden Sachgebieten eng verbunden sind, sind weitere Elemente des Unterrichtsstoffes.

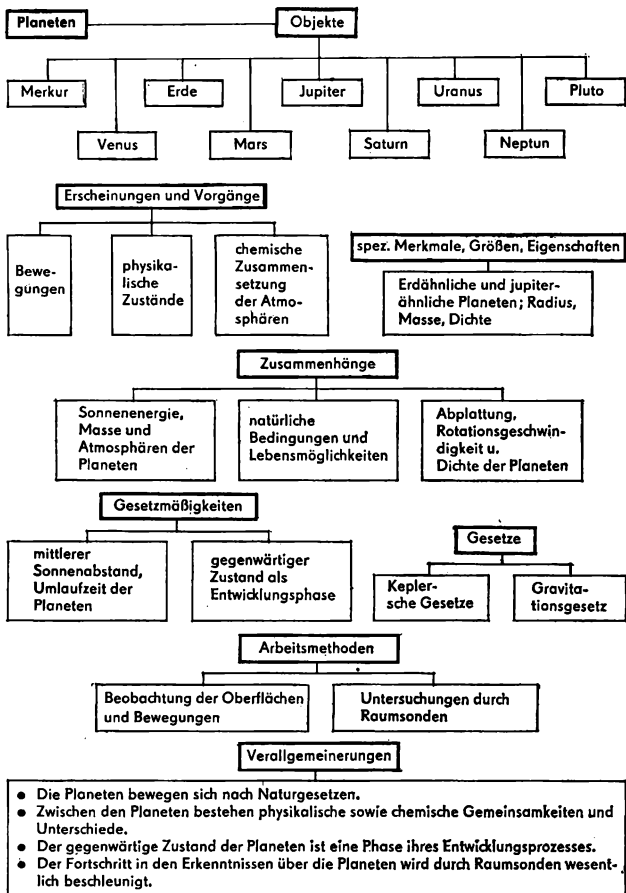
Der Unterrichtsstoff wurde insgesamt so ausgewählt, daß er unter Beachtung der Entwicklung in der Astronomie und des Zusammenhanges von astronomischer Wissenschaft und Gesellschaft eine solide Grundlage für den Beitrag des Astronomieunterrichts zur Herausbildung sozialistischer Persönlichkeiten ist.

2.2.4. Zum Unterrichtsstoff über kosmische Objekte und Systeme sowie Arbeitsmethoden zu ihrer Erforschung

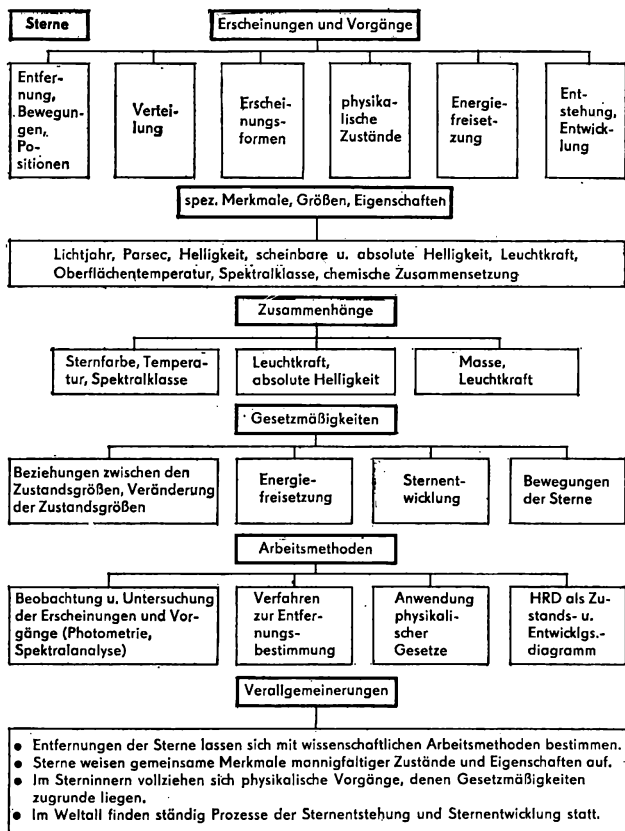
Die grundlegenden Kenntnisse, welche im Astronomieunterricht den Schülern zu vermitteln sind, werden in den folgenden Übersichten 2 bis 6 dargestellt. Diese Übersichten sind nicht für die Hand des Schülers gedacht, da sie in ihrer Anordnung für Schüler nicht überschaubar sind und eine solche Systematisierung im Lehrplan nicht gefordert wird. Sie dienen zur schnellen Information des Lehrers über wichtige Elemente des Unterrichtsstoffes, auf die sich seine Tätigkeit im Unterrichtsprozeß konzentrieren muß. Die Übersichten sollen bei der rationellen Planung und Vorbereitung des Unterrichts helfen. Die Übersichten weisen auch die mit dem astronomischen Bildungsgut verbundenen erzieherischen Potenzen aus und informieren über wirksame Möglichkeiten, den Astronomieunterricht als Bildungs- und Erziehungsprozeß zu gestalten. Die Schüler sollen zu allgemeingültigen Schlußfolgerungen geführt werden, die Grundlage für die Festigung und Vertiefung vorhandener sozialistischer Überzeugungen sind.

Übersicht 2:

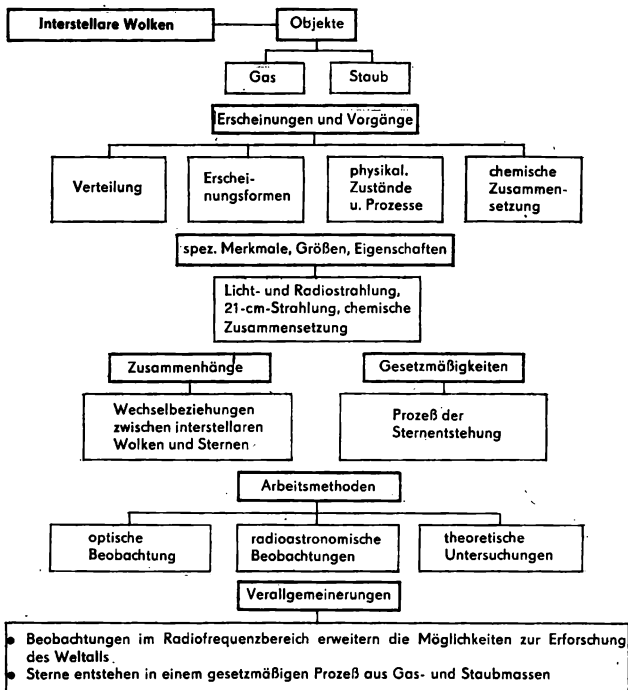
Grundlegendes Wissen über die Planeten und über Arbeitsmethoden zu ihrer Erforschung



Übersicht 3:
Grundlegendes Wissen über die Sterne und über Arbeitsmethoden zu ihrer Erforschung

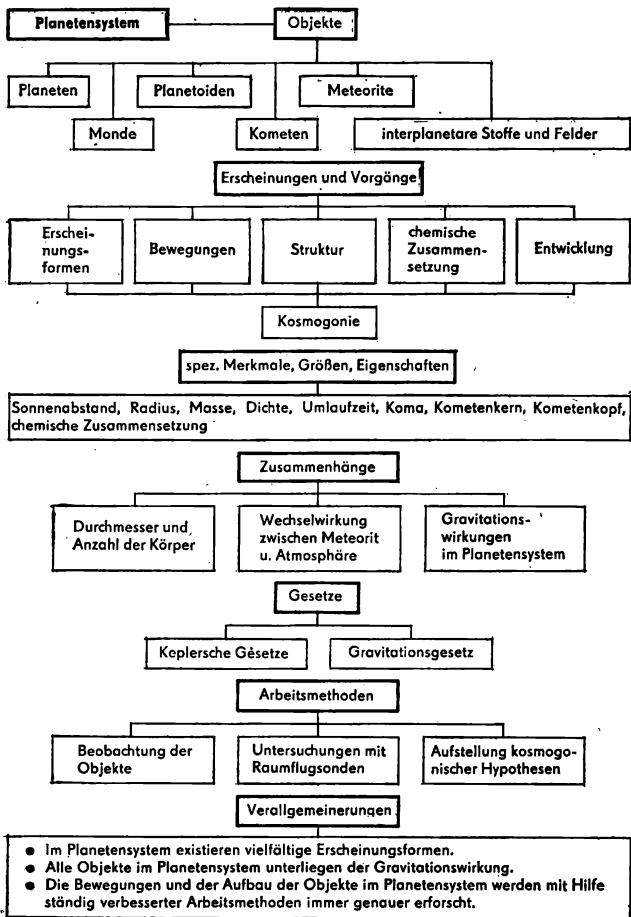


Übersicht 4:
Grundlegendes Wissen über interstellare Wolken und über Arbeitsmethoden zu ihrer Erforschung



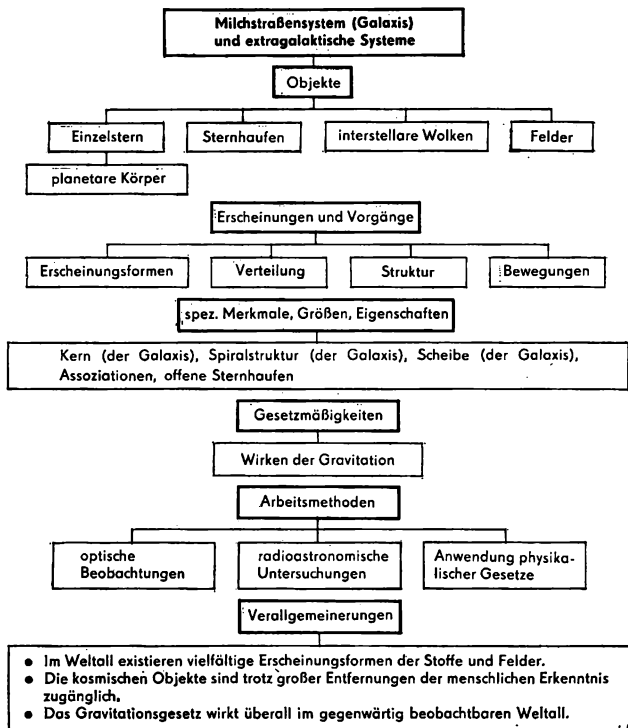
Übersicht 5:

Grundlegendes Wissen über das Planetensystem und über Arbeitsmethoden zu seiner Erforschung



Übersicht 6:

Grundlegendes Wissen über das Milchstraßensystem und über extragalaktische Systeme sowie über Arbeitsmethoden zur Erforschung der Sternsysteme



3. Der Unterrichtsprozeß im Fach Astronomie

Im Kapitel 1 wurde gezeigt, welche **Ziele** durch den Astronomieunterricht in der sozialistischen Schule verfolgt werden. Das Kapitel 2 enthält Ausführungen über den **Unterrichtsstoff** des Faches Astronomie. Im Kapitel 3 wird gezeigt, wie diese Ziele zu erreichen sind, der **Unterrichtsprozeß** im Fach Astronomie soll deutlich werden. Dabei stehen die im Astronomieunterricht häufig angewandten Unterrichtsmethoden und die immer wieder auftretenden didaktischen Funktionen im Mittelpunkt. Sie werden in den verschiedenen Abschnitten an konkreten Unterrichtsbeispielen erläutert, ohne daß sie umfassend und systematisch behandelt werden. Der interessierte Leser findet hierzu in Didaktikbüchern ausführliche Darstellungen.

Grundlegende Prinzipien des Unterrichts – insbesondere das Prinzip der Einheit von Wissenschaftlichkeit, Parteilichkeit und Lebensverbundenheit – werden im Abschnitt 3.1. dargestellt. Weiterhin wird gezeigt, wie sich das Lernen als aktive Auseinandersetzung mit dem Stoff auf der Grundlage vielfältiger geistiger und geistig-praktischer Tätigkeiten der Schüler zu vollziehen hat. Im Abschnitt 3.2. werden methodische Möglichkeiten des Einsatzes von Unterrichtsmitteln dargelegt.

Ein erfolgreicher Astronomieunterricht fordert vom Lehrer eine gewissenhafte Planung des Bildungs- und Erziehungsprozesses. Im Abschnitt 3.3. wird auf diesen Prozeß eingegangen, dabei wird der Planung der Schülerbeobachtungen besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

Im Abschnitt 3.4. werden einige Möglichkeiten der Leistungskontrolle und Leistungsbewertung unter den speziellen Bedingungen des Astronomieunterrichtes dargestellt. Im Abschnitt 3.5. wird an einigen Schwerpunkten des Stoffes die Komplexität des Unterrichts dargelegt.

Eine besondere Bedeutung für den Prozeß der Persönlichkeitsentwicklung haben die Arbeitsgemeinschaften. Auf die Arbeitsgemeinschaft „Astronomie“ wird im Abschnitt 3.6. eingegangen.

3.1. Grundpositionen des Unterrichts in der sozialistischen Schule in ihrer Anwendung auf den Astronomieunterricht

Der Unterricht in der sozialistischen Schule ist ein planmäßig gestalteter Prozeß des zielgerichteten Lehrens und Lernens, der aktiven Aneignung der Grundlagen der Wissenschaft und der sozialistischen Erziehung. Der Unterricht ist im gesamten Bildungs- und Erziehungsprozeß der entscheidende Faktor. Im Unterricht eignen sich die Schüler grundlegendes Wissen und Können an, erwerben sie sozialistische Überzeugungen, Charaktereigenschaften und Verhaltensweisen und entwickeln sie Arbeitsgewohnheiten und Arbeitsfertigkeiten (22; S. 12 f.).

Der Erfolg des Unterrichts wird beeinflußt von der Persönlichkeit des Lehrers. Sie wird hauptsächlich durch Qualitäten wie fachliches Wissen, didaktisch-methodisches Können und politisch-ideologische Bildung bestimmt. Entscheidend für das Vorbild des Lehrers bei der Erziehungsarbeit ist jedoch die Einheit von Wort und Tat. Sie ist ein wichtiges Fundament für ein echtes Vertrauensverhältnis zwischen Lehrer und Schüler und beeinflußt die Herausbildung von Grundüberzeugungen positiv. Um den Unterrichtsprozeß optimal führen zu können, muß der Lehrer tief in dessen Gesetzmäßigkeiten eindringen. Das Verhältnis von Gesellschaft und Schule unterliegt allgemeinen Gesetzmäßigkeiten, die in den Prinzipien sozialistischer Schulpolitik zum Ausdruck kommen (23; S. 41).

Im folgenden wird ausführlich auf das Prinzip der Wissenschaftlichkeit, Parteilichkeit und Lebensverbundenheit des Unterrichts eingegangen.

Weitere gesetzmäßige Zusammenhänge kommen in den didaktischen Prinzipien zum Ausdruck. Aus der Sicht des Astronomieunterrichts werden die Prinzipien der Fächlichkeit und der Anschaulichkeit behandelt.

Zur Entwicklung sozialistischer Persönlichkeiten tragen die vielseitigen geistigen und geistig-praktischen Tätigkeiten der Schüler bei. Wie einige dieser Tätigkeiten im Astronomieunterricht gefördert und genutzt werden, wird im Abschnitt 3.1.3. gezeigt.

3.1.1. Wissenschaftlichkeit, Parteilichkeit und Lebensverbundenheit, ein grundlegendes Prinzip des Astronomieunterrichts

Der Unterricht in der sozialistischen Schule hat die Aufgabe, „alle Mädchen und Jungen im umfassenden Sinne auf das Leben, das heißt auf die Erfordernisse des Kampfes für die Gestaltung der sozialistischen/kommunistischen Gesellschaft vorzubereiten“ (22; S. 10).

Der Unterricht aller Fächer ist auf der Grundlage der **Einheit von Wissenschaftlichkeit, Parteilichkeit und Lebensverbundenheit** zu erteilen. Nur bei Beachtung dieser Einheit sind die Ziele des Astronomieunterrichts zu realisieren. „Um diesem Prinzip gerecht zu werden, kommt es vor allem darauf an, den Erkenntnisprozeß im Unterricht so zu führen, daß die Schüler logisch zwingend zu den notwendigen theoretischen Erkenntnissen und Einsichten gelangen. Es geht um die Frage, wie der Erkenntnisprozeß in jedem Unterrichtsfach die Schüler beweiskräftig zu exakten

politischen, weltanschaulichen und moralischen Schlußfolgerungen hinführt, so daß Oberflächlichkeit vermieden wird" (22; S. 15 f.).

Wissenschaftlichkeit, Parteilichkeit und Lebensverbundenheit des Unterrichts schließt ein, daß der zu vermittelnde Unterrichtsstoff auf der Grundlage des Marxismus-Leninismus behandelt wird, daß er den wissenschaftlichen Kenntnissen entspricht, daß er Verbindungen zum gesellschaftlichen Leben und zur Erfahrungswelt der Schüler einbezieht.

Die Realisierung der Einheit von Wissenschaftlichkeit, Parteilichkeit und Lebensverbundenheit erfordert auch die Beachtung der Wissenschaftlichkeit des methodischen Vorgehens. So ist es notwendig, die einzelnen Aussagen entsprechend dem Erkenntnisprozeß zu erarbeiten und Arbeitsmethoden der Fachwissenschaft in angemessenem Umfang im Unterricht anzuwenden und zu erläutern. Dies gilt vollinhaltlich auch für die astronomischen Beobachtungen der Schüler.

Zu einer Beobachtung im Unterricht gehören Vorbereitung, ordnungsgemäße Protokollführung und sinnvolle Auswertung; sie müssen Beziehungen zum Unterrichtsstoff haben. Ein bloßes „Spazierengucken“ am Himmel ist unwissenschaftlich.

Der Versuch, durch Schülerarbeiten die Gültigkeit von Naturgesetzen „nachprüfen zu lassen“, ist ein Verstoß gegen die Forderung nach Wissenschaftlichkeit des methodischen Vorgehens. Ihm liegt eine grobe Überschätzung der Mittel und Methoden der Schulastronomie zugrunde, verbunden mit bedenklichen Fehleurteilen über den Schwierigkeitsgrad wissenschaftlicher Arbeit, die sich auch erzieherisch negativ auf die Schüler auswirken können. Schülerbeobachtungen der scheinbaren Planetenbewegungen können zum Beispiel allenfalls zur Bestätigung der Tatsache herangezogen werden, daß äußere Planeten die Sonne langsamer umlaufen als innere. (Auch dann liegt diese Forderung noch an der oberen Grenze des für die Schule Möglichen!) Keinesfalls aber ist es angängig, etwa im Unterricht das dritte Keplersche Gesetz quantitativ zu bestätigen. Solche Arbeiten bleiben der Tätigkeit von Arbeitsgemeinschaften vorbehalten, in denen sie als außerordentlich wertvoll einzuschätzen sind.

Der Unterrichtsprozeß ist als **Einheit von Erkennen, Werten und Erleben** zu gestalten. Die Beziehungen des Unterrichtsstoffes zur gesellschaftlichen Praxis sind unter diesem Aspekt zu sehen. Die Schüler dürfen zur Astronomie und zu den Forschungsergebnissen dieser Wissenschaft keine ideologische Neutralität beziehen. Das stellt dem Lehrer die Aufgabe, so zu unterrichten, daß die Schüler zu Wertungen veranlaßt werden. Auf die Verantwortung des Wissenschaftlers für die Nutzung der Ergebnisse seiner Arbeit ist immer wieder hinzuweisen, ganz besonders in jenen Stoffkomplexen, in denen die Abhängigkeit der Wissenschaft vom Charakter des Gesellschaftssystems deutlich wird (z. B. bei der Mondforschung der Sowjetunion und der USA).

Die Schüler sind zu befähigen, ihre im Astronomieunterricht erworbenen Kenntnisse denkend zu verarbeiten, unwissenschaftliche Ansichten und Deutungen kritisch zu analysieren und sich als allseitig gebildete sozialistische Staatsbürger zu bewähren.

Das folgende Beispiel soll zeigen, wie das Prinzip eines wissenschaftlichen, parteilichen und lebensverbundenen Unterrichts realisiert werden kann, indem beson-

ders die Einheit von Wissensvermittlung und Überzeugungsbildung sowie von Erkennen, Erleben und Werten dargestellt wird.

Beispiel:

Beim Thema: „Die Planetenbewegungen und das Planetensystem“ wird bei der Vermittlung eines sicheren Wissens über das heliozentrische und geozentrische Weltsystem an der Überzeugung von der Erkennbarkeit der Welt und an der Einsicht in die Abhängigkeit der Wissenschaft von den gesellschaftlichen Verhältnissen gearbeitet.

Durch das Durcharbeiten der entsprechenden Lehrbuchabschnitte (3; S. 41 f.) erfassen die Schüler das Wesen des geozentrischen und des heliozentrischen Weltsystems. Sie vergleichen die beiden Weltsysteme und charakterisieren die qualitativen Unterschiede. Dabei gelangen sie zu der Einsicht, daß das heliozentrische Weltsystem die Bewegungsvorgänge exakter widerspiegelt und eine wissenschaftliche Grundlage für die weitere Erforschung des Planetensystems ist.

Emotional wirkungsvoll wird den Schülern der Kampf bedeutender Gelehrter des Mittelalters um den Fortschritt der astronomischen Erkenntnis vorgetragen. Mit Hilfe ihres Wissens aus dem Geschichtsunterricht werten und begründen die Schüler die Einstellung der herrschenden Klasse des Mittelalters zur heliozentrischen Weltvorstellung. Sie erkennen, wie die herrschende Klasse versuchte, die fortschrittlichen Ideen zurückzudrängen, die in der Lage waren, die ideologischen Grundlagen ihrer Macht zu erschüttern.

In diesem Zusammenhang werden den Schülern ferner Kenntnisse von der Entdeckung der Planetengesetze und des Gravitationsgesetzes vermittelt. Dabei wird ihr Wissen aus dem Physikunterricht reaktiviert. Die Schüler sollen erkennen, daß diese Gesetze für alle Planeten gültig sind und große Bedeutung für die Erforschung des Planetensystems haben.

Insgesamt sollen die Schüler zu folgenden Erkenntnissen gelangen: Die astronomische Wissenschaft drang von der Beschreibung der scheinbaren Bewegungen zur Erklärung der wirklichen Bewegungen im Planetensystem vor. Alles Neue, Fortschrittliche läßt sich nur im Kampf gegen das Alte, Überholte durchsetzen. Die Keplerschen Gesetze und das Gravitationsgesetz haben für die Planeten allgemeine Gültigkeit. Mit Hilfe der Kenntnis dieser Gesetze ist es der Wissenschaft möglich, die Vorgänge im Planetensystem zu erkennen. Bei der Realisierung von Raumflügen wendet der Mensch die genannten Gesetze aktiv an. Den Schülern wird das Vordringen der Wissenschaft von den Erscheinungen zum Wesen der Planetenbewegungen bewußt gemacht. Durch das Beschreiben des Kampfes der Gelehrten des Mittelalters um die Durchsetzung des heliozentrischen Weltsystems soll erreicht werden, daß die Schüler für den Kampf um den Fortschritt Partei ergreifen. Es werden dabei bei den Schülern auch Emotionen hervorgerufen.

Weitergeführt werden diese Gedankengänge in der Unterrichtseinheit „1.5. Die Entwicklung der Vorstellungen über das Planetensystem“. Die Schüler sollen zur historisch-materialistischen Betrachtungsweise und zu folgenden Einsichten geführt werden: Die Astronomie entstand auf einer bestimmten Stufe der gesellschaftlichen Entwicklung und entwickelte sich in Abhängigkeit von der Gesellschaft, von den Anschauungen der herrschenden Klasse, den Leistungen der zur Verfügung stehenden Geräte sowie von den ständig verbesserten Forschungsmethoden. Die heutigen Erkenntnisse über das Weltall sind das Ergebnis eines langen geschichtlichen Prozesses. Jede neue Erkenntnis baut auf der gewachsenen Erkenntnis auf und stellt gleichzeitig neue, noch zu lösende Probleme.

Bei dieser Systematisierung werden die historischen Kenntnisse in Gesamtzusammenhänge eingeordnet und zu allgemeinen Erkenntnissen über das Weltall und die Methoden seiner Erforschung übergeleitet. Abschließend müssen die Schüler folgende Kontrollaufgaben beantworten können:

1. Beweisen Sie mit Beispielen aus der Geschichte der Astronomie, daß unser gegenwärtiges Wissen über das Weltall das Ergebnis eines langen historischen Prozesses ist!
2. Welche Schlüsse lassen sich aus dem ständigen Wachstum astronomischer Erkenntnis für die Erkennbarkeit der Welt ableiten?
3. Erklären Sie, warum die Wechselbeziehungen zwischen Astronomie und Technik eine notwendige Voraussetzung für den Erkenntnisfortschritt in der Astronomie sind!
4. Begründen Sie, warum Astronomie und Astronautik in der Sowjetunion großzügig gefördert werden!

Historische Betrachtungen haben im Astronomieunterricht die Aufgaben,

- den Weg der menschlichen Erkenntnis in der astronomischen Wissenschaft zu zeigen und damit
- einen Einblick in die Struktur dieser Wissenschaft zu geben,
- Vorbilder vorzustellen und positive Emotionen zu wecken.

Die Behandlung des Unterrichtsstoffes unter dem Aspekt der Einheit von Historischem und Logischem entspricht dem Prinzip der Einheit von Wissenschaftlichkeit, Parteilichkeit und Lebensverbundenheit im Unterricht. Zwar ist es nicht möglich und nicht sinnvoll, in der Darstellung des Stoffes dem Weg der menschlichen Erkenntnis mit all seinen Irrtümern und Umwegen zu folgen, aber der gegenwärtige Stand einer Wissenschaft ist auch für die Schüler besser aus der historischen Entwicklung dieser Wissenschaft zu verstehen.

Im Astronomieunterricht dürfen keine Aussagen erfolgen, die wissenschaftlichen Erkenntnissen in irgendeiner Weise widersprechen. Selbstverständlich kann aber wissenschaftlicher Fortschritt die Unhaltbarkeit bislang anerkannter Aussagen nachweisen. Es kann eintreten, daß in der Schule Gelerntes aufgegeben oder korrigiert werden muß. Das wird immer dann der Fall sein, wenn die Astronomie zu neuen Erkenntnissen vorgedrungen ist, die bisher als gültig erwiesene Erkenntnisse umstoßen.

Ein charakteristisches Beispiel dafür ist die Darstellung der physikalischen Verhältnisse auf der Venus. Während Anfang der sechziger Jahre dem Erkenntnisgrad entsprechend gelehrt wurde, die Temperatur an der Venusoberfläche sei rund 100 grd höher als die Temperatur auf der Erde und in der Atmosphäre der Venus herrsche ein etwas niedrigerer Druck als in der Erdatmosphäre, mußten diese Angaben wenige Jahre später auf Grund neuerer Erkenntnisse entscheidend korrigiert werden. Demnach herrschen an der Venusoberfläche rund 400 °C und ca. 90 at.

Wesentliche Teile des Unterrichtsstoffes lassen sich historisch ordnen und in dieser Form zusammenfassen (s. Kapitel 2), jedoch sind historische Betrachtungen auch für den Erwerb erkenntnistheoretischer Einsichten wichtig. Historische Betrachtungen eröffnen der Schüleraktivität ein weites Feld (Quellenstudium, Schülervorträge, Sammeln von Bildmaterial, biographische Arbeiten). Auch die selbständige Erarbeitung des Stoffes anhand des Lehrbuches und die Verknüpfung mit Kenntnissen aus dem Geschichtsunterricht gehören zu den methodischen Möglichkeiten bei historischen Betrachtungen.

Zur Durchsetzung eines wissenschaftlichen, parteilichen und lebensverbundenen Unterrichts müssen auch die Erfahrungen der Schüler genutzt werden. Die Schüler besitzen, wenn sie in der Klasse 10 mit dem Fach Astronomie bekannt gemacht werden, bereits ein erhebliches Maß an körperlicher und geistiger Reife und verfügen über bestimmte Lebenserfahrungen. Für jeden Schüler sind diese Erfahrungen unterschiedlich, sie haben sie z. B. im täglichen Leben, in einer Arbeitsgemeinschaft (→ Abschnitt 3.6.), im polytechnischen Unterricht, bei der gesellschaftlichen Arbeit erworben. Der Lehrer muß diese verschiedenen Voraussetzungen nutzen.

Ein wissenschaftlicher, parteilicher und lebensverbundener Unterricht schließt die vielfältigen Möglichkeiten zur Aktualisierung des Unterrichts ein. Diese besitzt im Astronomieunterricht besonders in den sich schnell entwickelnden Teilgebieten Astrophysik (hier besonders in Kosmogonie und Kosmologie) und Astronautik erhöhte Bedeutung.

Unter Beachtung der Ziele des Astronomieunterrichts gehören dazu z. B. Forschungsergebnisse im Bereich der Astronomie, Ereignisse und Ergebnisse aus der Astronautik und Verbesserung der Forschungsmöglichkeiten durch neue Geräte. Auch die Einbeziehung astronomischer Schülerbeobachtungen und ihrer Ergebnisse bedeutet für den Schüler eine Aktualisierung, deren Einfluß auf den Unterrichtsprozeß nicht unterschätzt werden darf.

Wissenschaftlicher, parteilicher und lebensverbundener Unterricht verlangt die Vermittlung anwendungsbereiten Wissens und Könnens, die Verbindung des Wissens mit der Befähigung zum selbständigen Beobachten sowie die Herausbildung der Einsicht, daß die astronomischen Erkenntnisse auch zur Entwicklung der Produktivkräfte beitragen.

Am Beispiel der astronomischen Beobachtungs- und Auswertegeräte lassen sich die Zusammenhänge zwischen der technischen Funktion eines Gerätes und dem zugrunde liegenden Naturgesetz zeigen, insbesondere auch das Ineinandergreifen von naturwissenschaftlichem und technischem Fortschritt. Es ist nachzuweisen, daß die Weiterentwicklung der Instrumente zu einem wesentlichen Teil von der Entwicklung der Technik abhängt. Selbstverständlich besitzt auch der Umgang mit den Geräten selbst, die Bekanntschaft mit präzisen Meßmethoden und ihren Anwendungen, polytechnische Aspekte, aus denen sich wichtige Arbeitstechniken und -fähigkeiten gewinnen lassen. Die praktische astronomische Beobachtung und die Auswertung und Verarbeitung der Ergebnisse leistet darüber hinaus einen spezifischen Beitrag zur Festigung einer sozialistischen Arbeitsmoral und weiterer positiver Eigenschaften und Gewohnheiten, wie z. B. Selbsttätigkeit, Fleiß, Sauberkeit, Zuverlässigkeit, Sorgfalt und Genauigkeit.

Bei der Realisierung eines wissenschaftlichen, parteilichen und lebensverbundenen Unterrichts muß der Lehrer immer wieder neu überlegen, wie er erreichen kann, daß die Schüler auf der Grundlage soliden Wissens über astronomische Fakten und Begriffe Zusammenhänge erkennen, in Gesetzmäßigkeiten eindringen, Verallgemeinerungen ableiten und Überzeugungen festigen können.

Jeder Schüler muß zur bewußten und weitgehenden Auseinandersetzung mit dem Stoff aktiviert werden. Im Zentrum müssen dabei das **Mitdenken, Beweisen, Begründen** und **parteiliche Werten** stehen.

Der Lehrer muß wissen, welche Überzeugungen im Astronomieunterricht weiter zu entwickeln sind. Er muß sich ferner über jene astronomischen Sachverhalte klar sein, an denen die Erziehungsarbeit besonders wirksam gestaltet werden kann. Es gilt, diejenigen Schwerpunkte des Astronomielehrgangs herauszufinden, die nicht nur Knotenpunkte für die Aneignung des Wissens, sondern auch für die Erziehung sind. Hierbei müssen stets die Vorleistungen anderer Fächer beachtet werden. Schließlich hat der Lehrer die methodischen Möglichkeiten zu überlegen, die zur Erhöhung der erzieherischen Wirksamkeit des Unterrichts beitragen.

Entscheidend ist nicht die Anzahl erzieherischer Einwirkungen (10; S. 68), sondern ihre Wirksamkeit.

Im folgenden werden Möglichkeiten für solche Einwirkungen dargelegt (13; S. 180 ff.).

Bestimmte Hinweise zu astronomischen Sachverhalten führen zu erzieherischen Wirkungen.

Bei der Behandlung des Planetensystems weist der Lehrer z. B. darauf hin, daß die Planeten einen natürlichen Ursprung haben, daß es über ihre Entstehung bestimmte Hypothesen gibt und der gegenwärtige Zustand der Planeten eine bestimmte Entwicklungsphase charakterisiert. Dadurch sollen die Schüler zum tieferen Nachdenken, zum Vergleich mit der Entwicklungsgeschichte der Erde veranlaßt werden.

Erzieherische Einflechtungen schließen sich organisch an die Erörterung bestimmter Sachverhalte an.

So wird z. B. bei der unterrichtlichen Behandlung der astronautischen Erkundung des Erdmondes begründet, warum die Raumfahrtfolge und der Kampf der UdSSR um die ausschließlich friedliche Nutzung des Erdmondes vom Charakter des Gesellschaftssystems abhängen. Hierbei werden die Schüler durch geeignete Denkipulse angesprochen und zur Stellungnahme, zur Verteidigung ihres Standpunktes veranlaßt.

Diskussionen, in denen die Schüler ihre Urteile vortragen und verteidigen, haben große Bedeutung für eine erzieherisch wirksame Gestaltung des Astronomieunterrichts.

In Systematisierungsstunden werden u. a. an überzeugenden Beispielen die wissenschaftlichen Leistungen der Astronomie diskutiert, wobei eine historische Einordnung und Wertung astronomischer Erkenntnisse auf der Grundlage ihrer Gesellschaftsbezogenheit erfolgt. Bei dieser zielgerichteten Diskussion ordnen die Schüler ihr astronomisches Wissen in größere Zusammenhänge, gelangen dabei zu allgemeinen Erkenntnissen, die ihre vorhandenen sozialistischen Überzeugungen festigen und vertiefen.

Damit jeder Schüler zur bewußten und weitgehend selbständigen Auseinandersetzung mit den erzieherischen Potenzen des Unterrichtsstoffes aktiviert wird, ist Methodenreichtum notwendig. Welche Methode in den Mittelpunkt des Unterrichts gestellt wird, hängt maßgeblich von der konkreten Situation im Klassenkollektiv ab. Wichtig ist jedoch, daß die erzieherischen Absichten in jedem Falle zielgerichtet in den Unterrichtsprozeß eingegliedert werden, sich folgerichtig aus dem wissenschaftlichen Inhalt ergeben und nicht als Zutat oder Anhängsel auftreten (25; S. 452).

3.1.2. Zu den didaktischen Prinzipien der Faßlichkeit und Anschaulichkeit

Für die inhaltliche und methodische Gestaltung des Unterrichts ist weiterhin die Berücksichtigung der didaktischen Prinzipien erforderlich. Dabei muß beachtet werden, daß sie im Unterricht nicht isoliert voneinander wirken, sondern daß sie einander durchdringen und sich wechselseitig bedingen. Im folgenden werden nicht alle didaktischen Prinzipien erörtert, sondern es erfolgt eine Beschränkung auf zwei für den Astronomieunterricht besonders bedeutsame Prinzipien, auf das Prinzip der Faßlichkeit und das der Anschaulichkeit. Diese wurden ausgewählt, da im Astronomieunterricht voneinander weit entfernte Objekte großer Dimensionen behandelt werden und dabei häufig Schwierigkeiten auftreten, den Unterricht wissenschaftlich, anschaulich und faßlich zu gestalten.

Zum Prinzip der Faßlichkeit

Die Ziele des Astronomieunterrichts der sozialistischen Schule sind eingebettet in die Zielstellung der allseitigen Entwicklung **aller** Schüler. Die Grundkenntnisse über das Weltall, die daran erlernbaren Fähigkeiten und die daraus ableitbaren weltanschaulich-philosophischen Überzeugungen sollen allen Schülern vermittelt werden. Das erfordert vom Lehrer, bei seinem methodischen Vorgehen dem Prinzip der Faßlichkeit gerecht zu werden. Alles, was im Astronomieunterricht geschieht, muß dem geistigen Entwicklungsstand der Schüler angemessen sein und ihre weitere Entwicklung fördern. Durch ein ständig steigendes Anforderungsniveau in jeder einzelnen Unterrichtseinheit müssen die Schüler in zunehmendem Maße dazu angehalten werden, Schwierigkeiten zu überwinden. Die Tatsache, daß der Astronomieunterricht in der Klasse 10 ein Anfangsunterricht ist, kommt dieser Forderung entgegen. Die Schüler besitzen über die Objekte, Erscheinungen, Zusammenhänge und Gesetze der Astronomie noch keine systematischen Kenntnisse.

Der Unterrichtsstoff des Faches Astronomie ist bereits durch den Lehrplan didaktisch aufbereitet und vereinfacht.

Eine typische Vereinfachung ist z. B. die Formulierung des **3. Keplerschen Gesetzes** in der bekannten Fassung „Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen ihrer großen Bahnhalbachsen“. Sie ist so nur richtig, wenn die Planetenmassen gegenüber der Sonnenmasse als verschwindend klein betrachtet werden. In anderen Zusammenhängen, z. B. bei der Bestimmung der Massen von Doppelsternkomponenten, tritt das 3. Keplersche Gesetz in einer erweiterten, allgemeiner gültigen Fassung auf:

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{k}{4\pi^2} \cdot (m_1 + m_2), \text{ wobei}$$

a	die große Halbachse der Bahn,
T	die Umlaufzeit,
k	die Gravitationskonstante und
m_1, m_2	die Massen der beiden Sterne bedeuten.

Ein weiteres Beispiel ist die **Mehrfarbenphotometrie**, die zur Ermittlung der Oberflächentemperaturen der Sterne benötigt wird. Der Astronomieunterricht kann lediglich die Defi-

nition des Farbenindex „photographische Helligkeit minus visuelle Helligkeit“ bringen; daß daneben andere Farbenindizes (in anderen Spektralbereichen) benutzt werden, erfährt der Schüler gegebenenfalls aus weiterführender Literatur oder in der Arbeitsgemeinschaft. Die im Unterricht behandelte Form ist aber nicht falsch, sondern stellt lediglich eine Beschränkung auf die in der historischen Entwicklung erste Form dar.

Der Unterrichtsstoff ist aber damit noch nicht von vornherein faßlich; Anstrengungen der Schüler und Hilfen des Lehrers sind notwendig, um jeden Schüler zu dem angestrebten Zuwachs an Wissen und Überzeugungen zu führen und in jedem Schüler das geplante Können auszubilden (6; S. 126). **Wissenschaftlichkeit und Faßlichkeit** schließen einander nicht aus. Dennoch ergeben sich für den Lehrer zwei Fragen:

- Wie weit muß der Unterrichtsstoff aufbereitet werden, um ihn für alle Schüler der durch die Klasse 10 vorgegebenen Altersstufe und Vorbildung faßlich zu machen?
- Wie weit darf bei der Aufbereitung des Stoffes gegangen werden, damit die Wissenschaftlichkeit der Aussage gewahrt ist und bei den Schülern ein angemessenes Verständnis fachwissenschaftlicher Aussagen erreicht wird?

Die **Stärkmentstehung** wird entsprechend dem Lehrplan im Astronomieunterricht nur in groben Zügen behandelt. Im Unterricht werden viele Einzelheiten, die zum Gesamtverständnis des Prozesses wenig oder nicht beitragen können, vernachlässigt, das kommt der Faßlichkeit der Darstellung zugute und bedeutet keine Verfälschung. Wenn die Schüler weiterführende Informationsmittel hinzuziehen, lassen sich Einzelfakten diesem Gesamtbild leicht einordnen.

Zum Prinzip der Anschaulichkeit

Eng verbunden mit dem didaktischen Prinzip der Faßlichkeit ist das Prinzip der Anschaulichkeit. Es bezieht sich sowohl auf den zu vermittelnden Stoff als auch auf den Unterrichtsprozeß. Es ist stets eng verbunden mit dem Erkenntnisprozeß der Schüler.

Das didaktische Prinzip der Anschaulichkeit fordert die Beachtung der Alters- und Entwicklungseigentümlichkeiten sowie der individuellen Besonderheiten der Schüler. Darüber hinaus spielen Auswahl, Anordnung und Präparation eines Stoffes und die Verfügbarkeit reaktivierten Wissens eine wesentliche Rolle (20; S. 1082). Die Anschaulichkeit eines vorgegebenen stofflichen Inhaltes kann durch einen Unterricht, der die Aktivität und die Erfahrungen der Schüler einschließt, erhöht werden. „Die Bedeutung der Anschaulichkeit wächst, je höher die Anforderungen an das theoretische Niveau des Unterrichts steigen“ (6; S. 128). Die Forderung, daß die Schüler bei der Aneignung des Unterrichtsstoffes in zunehmendem Maße auch Schwierigkeiten überwinden sollen, steht dazu nicht im Gegensatz.

Der Unterricht muß so gestaltet werden, daß die Schüler neue Erkenntnisse auf der Grundlage des bereits Bekannten erwerben, daß dieses zur Veranschaulichung neuer Sachverhalte genutzt wird, daß alle materiellen Mittel und der Erfahrungsbereich der Schüler zur Erhöhung der Anschaulichkeit einbezogen werden. So wird

das Prinzip der Anschaulichkeit auch eng verbunden mit dem der Lebensverbundenheit des Unterrichts. Die Anschaulichkeit wird u. a. unterstützt durch

- direkten Kontakt mit dem Gegenstand des Unterrichts, mittels Beobachtungen und Experimente;
- Darbietung der Tatsachen aus Abbildungen und Modellen;
- Vermittlung des Bildungsgutes auf verbalem Wege.

Es ist bekannt, daß eine treffende Schilderung oftmals mehr und festere Eindrücke vermittelt als eine ungeschickt organisierte Beobachtung.

Aber auch eine gelungene Beobachtung muß durch eine verbale Darstellung ergänzt werden. Weiterhin ist in vielen Situationen ein Erfassen der Tatsachen durch Beobachtung oder Experiment im Unterricht gar nicht möglich, so daß das Unterrichtsmittel oder allein das Wort die Brücke zwischen der objektiven Realität und ihrer Widerspiegelung beim Schüler schlagen muß. Im Astronomieunterricht tritt dies relativ häufig auf, da die meisten zu behandelnden Objekte und Erscheinungen mit kleinen Instrumenten und innerhalb kurzer Zeit nicht beobachtet werden können. Selbst verhältnismäßig einfache Aufgaben, wie z. B. die Fixierung der scheinbaren Bahn eines Planeten, liegen bereits an der Grenze des für die Schule Erreichbaren.

Die marxistische Auffassung von der Anschauung fordert die gedankliche Aktivität der Schüler. Auch Modelle und Experimente machen die objektive Realität nicht unmittelbar zugänglich. Man unterscheidet zwischen passiver und aktiver Anschauung, wobei die aktive Form die Anschauung durch Gedanken, Vorstellungen und logische Operationen umfaßt. Hierbei liegt es wesentlich am vorhandenen Wissen und Können, ob die Schüler einen Sachverhalt anschaulich finden oder nicht.

Die Leuchtkraft der Sterne liegt in einem Bereich zwischen 10^{-5} und 10^5 Sonnenleuchtkräften. Diese Zahlen sind für sich genommen unanschaulich. Sie werden anschaulicher, wenn ihnen der Lehrer als Vergleich Werte aus der Technik gegenüberstellt: Wenn z. B. 10^{-3} Sonnenleuchtkraft einer 100-W-Lampe entspricht, dann entsprechen 10^5 Sonnenleuchtkräfte einer Leistung von 10 000 MW. Das ist etwa die Leistung aller Kraftwerke der DDR im Jahre 1975.

Für einige Betrachtungen aus der Astronautik ist der Grad der Anschaulichkeit überdies vom Aktualitätsgrad abhängig.

Ein Bild des sowjetischen Erdsatelliten SPUTNIK 1 sagt beispielsweise den Schülern, denen im Jahre 1979 Astronomieunterricht erteilt wird, erheblich weniger als den Schülern einer Klasse aus dem Jahre 1959.

Weitere Beispiele zur Anschaulichkeit sind in verschiedenen Abschnitten des Buches enthalten, so z. B. im Abschnitt 3.2. bei dem Einsatz von Unterrichtsmitteln, im Abschnitt 3.3. bei der Einbeziehung des Lehrbuches, im Abschnitt 3.5. bei der didaktisch-methodischen Gestaltung des Unterrichtsprozesses.

3.1.3. Geistige und geistig-praktische Tätigkeiten im Astronomieunterricht

Die allseitige Entwicklung der Gesamtpersönlichkeit der Schüler wird durch das Lernen im Unterricht wesentlich gefördert. Dabei ist das Lernen nicht nur als Kenntniserwerb aufzufassen, sondern als komplexe aktive Tätigkeit des Lernenden. Die Schüler müssen im Unterricht geistig und geistig-praktisch tätig sein. Es ist eine der wesentlichsten Aufgaben des Lehrers, die Entwicklung der Persönlichkeit durch die Tätigkeit in seinem Unterrichtsfach zu planen und zu steuern. Aus der Vielzahl der auch im Astronomieunterricht auszuführenden Tätigkeiten werden im folgenden solche Tätigkeiten behandelt, die im Astronomieunterricht vielfältig angewandt werden und zu denen fachspezifische Aussagen möglich sind:

- das Vergleichen,
- das Beobachten und das Experimentieren,
- das Arbeiten mit Modellvorstellungen,
- das Klassifizieren, das Systematisieren und das Strukturieren.

Dabei ist zu beachten, daß diese Tätigkeiten einander nicht ausschließen, sondern zum Teil implizite ineinander eingeschlossen sind. So ist z. B. ein Klassifizieren ohne ein Vergleichen nicht denkbar.

Das Vergleichen

Der Vergleich erschließt die Einheitlichkeit und die Vielfalt der Objekte, Sachverhalte, Prozesse usw. Er dient im besonderen als Anschauungshilfe für solche Intervalle und Werte physikalischer Größen, die den Erfahrungsbereich der Schüler übersteigen. Er erleichtert den Vorstoß von den Erscheinungen zum Wesen. Nach dem Gegenstand unterscheiden wir im Astronomieunterricht

- quantitative Vergleiche (Vergleiche realer Größen mit passend gewählten Maßstäben);
- qualitative Vergleiche; bei diesen wiederum Vergleiche zur Analyse eines Sachverhalts und Vergleiche zwischen Theorie und Praxis.

Der quantitative Vergleich ist in der Unterrichtspraxis am häufigsten anzutreffen. Mit seiner Hilfe lassen sich die unanschaulichen großen Maße, mit denen es die Astronomie zu tun hat, auf erfahrungsmäßig faßbare Werte reduzieren.

Die Verkleinerung sehr großer Entfernungen kann durch einfache maßstäbliche Darstellung geschehen:

Wird die Erde durch eine Kugel von 12,7 mm Durchmesser dargestellt, so muß sie sich 150 m von einer Sonnenkugel mit 1,4 m Durchmesser entfernt befinden.

Es ist aber auch möglich, die Entfernung als Produkt aus Geschwindigkeit und Zeit aufzufassen. Auch die dabei verwendeten Maße sollten im Erfahrungsbereich der Schüler liegen: Ein Flugzeug mit einer Geschwindigkeit von 1000 km h^{-1} würde für die Strecke Erde-Sonne etwa 18 Jahre benötigen; das Licht legt diese Strecke in 8,3 Minuten zurück.

Die Bahngeschwindigkeit der Erde beträgt im Mittel $29,8 \text{ km s}^{-1}$. Das kommt den Schülern zunächst sehr schnell vor. Sie gewinnen aber eine deutlichere Vorstellung, wenn sie erfah-

ren, daß dabei die Erde rund 7 Minuten benötigt, um ein Bahnstück von der Länge ihres Durchmessers zurückzulegen. (Der Lehrer sollte einen Schüler bitten, diese Geschwindigkeit an einem Schulglobus der Klasse einmal zu demonstrieren.)

Solche Zahlenwerte der Vergleiche in den Merkstoff des Astronomieunterrichts zu übernehmen, ist allerdings nicht sinnvoll. Sie haben lediglich eine unterstützende Funktion.

Quantitative Vergleiche sind auch auf Zeitabläufe anwendbar, ferner für Massen, Leuchtkräfte und andere Größen. Meist werden sie vom Lehrer gegeben; nur selten findet sich im Unterricht die Zeit, maßstäbliche Umrechnungen von den Schülern selbst anstellen zu lassen.

Quantitative Vergleiche sind aber als Aufgaben, z. B. als langfristige Hausaufgaben (→ Abschnitt 3.4.) gut geeignet:

- Welche Strahlungsleistung gibt 1 m² Sonnenoberfläche ab? (64 MW) Vergleichen Sie mit irdischen Energiequellen!
- Der masseärmste Stern wird in einem Modell durch 100 g dargestellt. Wie groß wäre in diesem Modell die Masse des massereichsten Sterns? (100 kg)
- Die Galaxis rotiert am Ort der Sonne mit einer Umlaufzeit von 250 Millionen Jahren. Um welchen Winkel hat sie sich in den letzten 60 000 Jahren gedreht? (0,1°)

Der **qualitative Vergleich** kann mit analytischer oder synthetischer Zielstellung auftreten. Zur **Analyse eines Sachverhaltes** dient er, wenn einzelne Eigenschaften, Besonderheiten und Erscheinungsformen eines Objekts mit entsprechenden Eigenschaften, Besonderheiten und Erscheinungsformen eines anderen Objektes verglichen werden.

Das kann z. B. geschehen bei der Analyse der Lebensbedingungen auf den Planeten des Sonnensystems, bei der Betrachtung der Unterschiede im physikalischen Aufbau von Hauptreihen- und Riesensternen (Zustandsgrößenvergleich) oder bei gleichartigen Überlegungen für die verschiedenen Arten der Sternenhäufungen in der Galaxis.

Mit synthetischer Zielstellung erfolgt das Vergleichen einer Modellvorstellung mit den entsprechenden Bereichen der Realität.

Die Schüler vergleichen die bisher erarbeitete Modellvorstellung der Galaxis mit einer fotografischen Aufnahme eines außergalaktischen Sternsystems. Sie werden dabei die Richtigkeit dieser Modellvorstellung in wesentlichen Teilen (Spiralstruktur, Kern, Anordnung des absorbierenden Mediums in der Symmetrieebene) bestätigt erhalten, sie bekommen einen optischen Gesamteindruck einer Galaxie und gewinnen überdies die Erkenntnis, daß die Galaxis nichts Einmaliges darstellt.

In diesem Zusammenhang ist auch der Vergleich zwischen modellmäßiger Darstellung und tatsächlichem Ablauf eines Vorganges (z. B. Mondbewegung am Teleskop und in der Natur) zu erwähnen. Qualitative Vergleiche können ihre didaktische Wirksamkeit nur dann vollständig entfalten, wenn sie von den Schülern selbstständig vorgenommen werden. Sie bilden deshalb einen wichtigen Bestandteil der Aufgaben im Astronomieunterricht, sie sind nicht Denkhilfe, sondern erkenntnisfördernde Denktätigkeit und sollten daher so oft wie möglich gefordert werden.

Das Beobachten und das Experimentieren

Die **Beobachtung** (↗ Kapitel 1) ist eine zielgerichtete, absichtsvolle, bewußte Wahrnehmung, verbunden mit Aufmerksamkeit und intensiver Denktätigkeit. Sie ist als eine Form der Beziehungen zwischen dem erkennenden Subjekt und seiner Umwelt zu verstehen. In ihrem Ergebnis spiegelt sich ein Teil der objektiven Realität wider, wobei der Grad der Exaktheit von vielen Faktoren, darunter auch wesentlich von der Aufgabenstellung, beeinflußt wird. Für die Erkenntnisgewinnung in der Astronomie ist die Beobachtung die wichtigste Grundlage und Voraussetzung. Dabei muß aber beachtet werden, daß es sich um mehr handelt als um die einfache Beobachtung ohne Fernrohr/optik, die bis Galilei die einzige Beobachtungsform in der Astronomie war. Seit der Erfindung des Fernrohrs wurde die Aufnahmefähigkeit des menschlichen Auges durch das Instrument vervielfacht. Mit der Einführung der Fotografie in die astronomische Forschung gelang es, die Beobachtungsgrenze noch wesentlich weiter hinauszuschieben. Dadurch haben die fotografischen Beobachtungsverfahren seit nunmehr etwa 80 Jahren in der Astronomie außerordentliche Bedeutung erlangt. Schließlich gelang es, besonders in den letzten Jahrzehnten, Geräte zu schaffen, die auch die Teile des elektromagnetischen Spektrums untersuchbar machen, für die wir keine Sinnesorgane besitzen. In diesem Sinne ist der Begriff der Beobachtung in der astronomischen Forschung zu verstehen.

Weil die Beobachtung eine Auseinandersetzung mit der Wirklichkeit ist, besitzt sie einen hohen bildenden und erzieherischen Wert. In ihr tritt den Schülern nicht ein Abbild oder eine Beschreibung des Gegenstandes entgegen, sondern der Gegenstand oder der Vorgang unmittelbar. Beobachtung ist ein Mittel der Erziehung zur Aktivität und damit zum Erwerb dauerhaften Wissens. Die Selbständigkeit des Wissenserwerbs ist jedoch bei den Schülern in der Klasse 10 noch nicht fertig entwickelt, sondern muß im Verlaufe des Unterrichts vervollkommen werden. Auch in dieser Hinsicht erwachsen der Schülerbeobachtung bedeutende Aufgaben. Sie kann ihnen nur gerecht werden, wenn sie bestimmten Forderungen genügt.

Beobachtungen dürfen sich nicht im bloßen Betrachten der Objekte erschöpfen. Sie sind nie Selbstzweck, sondern stets Mittel der Erkenntnis, die entscheidend durch die gedankliche Verarbeitung der Beobachtungsergebnisse gefördert wird. Eine Trennung zwischen Wesentlichem und Unwesentlichem ist im allgemeinen bereits durch die Aufgabenstellung vorgegeben. Der Wert der astronomischen Schülerbeobachtungen kommt jedoch erst voll zur Geltung, wenn die Schüler angehalten werden, genau zu beobachten und vollständig zu protokollieren. Damit die Schüler die Zielgerichtetheit des Beobachtens in der Praxis erfahren, muß der Lehrer auch für jede darin geforderte Tätigkeit eine präzise Zielformulierung geben. Hierbei ist es nützlich, sich an den Arbeitsaufträgen des Lehrbuches (5; S. 114 ff.) zu orientieren (↗ Abschnitte 3.3. und 3.5.).

Bei der astronomischen Beobachtung eines bestimmten Objektes hat der Beobachter nur die Wahl, den Zeitpunkt und die Hilfsmittel seinen Absichten entsprechend zu bestimmen, wenn ihm nicht der Zeitpunkt sogar vorgeschrieben ist (Finsternisse!). Man kann auch in der Schule nicht jede Beobachtungsaufgabe an jedem klaren Abend lösen.

So lassen sich Mondbeobachtungen mit dem im Lehrplan formulierten Ziel sinnvoll nur bei einem Mondalter von rund 4 bis 16 Tagen anstellen, wobei die Bedingungen bei 12 bis 16 Tagen schon recht ungünstig sind; Planetenbeobachtungen sind für Schüler nur nutzbringend, wenn das Objekt bei genügend dunklem Himmel in genügender Höhe über dem Horizont am Himmel steht.

Trotzdem ist die Beobachtung nicht passiv oder kontemplativ. Auch sie ist eine Form der Praxisbeziehung. Es ist eine Frage der Planung und des Einsatzes entsprechender Hilfsmittel, ob ein Beobachtungsvorhaben im Astronomieunterricht die erwarteten pädagogischen Ergebnisse erbringt (von den äußeren Bedingungen wie Wetter, Sichtbarkeit der Objekte usw. abgesehen).

Die eigenen astronomischen Beobachtungen der Schüler dienen im Unterricht der Erkenntnisgewinnung, der Fähigkeitsentwicklung und der Überzeugungsbildung. Im einzelnen können Beobachtungen eingesetzt werden

- zur Vervollständigung der Fakten (z. B. bei der Beobachtung typischer Sternbilder des Herbst- und des Winterhimmels);
- zur Veranschaulichung von theoretisch behandelten Sachverhalten (z. B. über den Anblick der Jupitermonde oder der Oberfläche des Erdmondes);
- zur Bestätigung von Vermutungen der Schüler (z. B. über die scheinbare tägliche Bewegung der Himmelskörper, über die Lichtgestalt des Mondes oder der Venus).

Experimente dienen im Astronomieunterricht, wie im Unterricht der anderen naturwissenschaftlichen Fächer, der Aneignung, Weiterentwicklung und gegebenenfalls Überprüfung von Wissen und Können. Im Fach Astronomie sind sie nicht die praxisnächste Stufe, sondern nehmen eine Stellung zwischen Theorie und Beobachtung ein.

Es ist nicht möglich, die Beobachtung dem Experiment gleichzusetzen, jedoch ist ein Experimentieren im allgemeinen nicht ohne ein Beobachten möglich. Der Beobachtung fehlen die aktiven, bewußten materiellen Veränderungen des zu untersuchenden Sachverhalts durch den Experimentator. Ein experimentelles System muß, damit es seine Funktion erfüllen kann, folgenden Anforderungen genügen:

- „1. Möglichkeit der Variation der Bedingungen durch den Experimentator.
2. Möglichkeit der Kontrolle der Veränderungen im System durch den Experimentator.
3. Möglichkeit der Beobachtung wenigstens einiger im System bedingter Ereignisse durch den Experimentator.“ (44; S. 76)

Bedingt durch den Gegenstand des Astronomieunterrichts lassen sich **zwei Gruppen von Experimenten** unterscheiden:

- Experimente zur (wiederholenden) Darlegung bereits erarbeiteter physikalischer Sachverhalte unter dem Aspekt ihrer astronomischen Anwendung;

Bekannte Beispiele sind die Entstehung der Tageszeiten und der Jahreszeiten durch die Bewegung der Erde (am Erdglobus oder am Tellurium), die Entstehung der Mondphasen oder

der Phasen eines inneren Planeten, die Entstehung der Finsternisse. Auch die bloße Wiederholung physikalischer Experimente, wie etwa des bekannten Abplattungsversuchs an der Schwungmaschine oder der elektrischen Anregung von Gasen in Entladungsröhren (Polarlicht!) ist dieser ersten Gruppe zuzuordnen.

- Experimente zur Darlegung physikalischer Sachverhalte, die in dieser Form im Physikunterricht (bis zum betreffenden Zeitpunkt) noch nicht behandelt worden sind.

Das entspricht der Tatsache, daß der Astronomieunterricht nicht nur physikalische Vorkenntnisse der Schüler anwendet, sondern auch neue physikalische Aussagen liefert. Das betrifft vor allem die unterrichtliche Behandlung der Spektralanalyse als Vorleistung für den Physikunterricht. Auch die Entwicklung einer Kometenerscheinung, die Beziehungen zwischen Oberflächentemperatur der Sterne und Farbe des Sternlichtes und einige andere Themen aus dem Unterrichtsstoff enthalten physikalische Aussagen, die bei den Schülern nicht vorausgesetzt werden können. Sachliche Darbietungen, zum Teil durch Demonstrationsexperimente gestützt, sind in diesen Fällen zweckmäßig.

Bei Experimenten und auch bei Demonstrationen handelt es sich häufig um Analogiedarstellungen für die Anwendung physikalischer Gesetzmäßigkeiten auf astronomische Objekte und Erscheinungen. Der Verbindung zwischen dem Experiment, der Demonstration und der Auswertung von Beobachtungsergebnissen muß besondere Aufmerksamkeit zugewendet werden.

Beispielsweise können sich die Darstellung der Mondphasen am Tellurium und die Beobachtung des Mondes am Himmel außerordentlich gut ergänzen, wenn es gelingt, folgende Erkenntnisse theoretisch herzuleiten und am Tellurium und in der Natur zu bestätigen:

- Die Mondphasen entstehen durch den periodischen Wechsel der Stellung des Mondes zu Sonne und Erde.
- Der zunehmende Mond steht links von der Sonne und ist daher am Abendhimmel sichtbar.
- Mit zunehmendem Winkelabstand von der Sonne verlängert sich die Sichtbarkeitsdauer am Abendhimmel.
In gleichem Maße vergrößert sich die Sichelbreite.
- Der Vollmond steht der Sonne gegenüber und ist daher die ganze Nacht hindurch sichtbar.
- Der abnehmende Mond steht rechts von der Sonne und ist daher am Morgenhimmel zu sehen.
- Mit zunehmendem Winkelabstand von der Sonne verringert sich die Sichtbarkeitsdauer am Morgenhimmel. In gleichem Maße verkleinert sich die Sichelbreite.

Das Arbeiten mit Modellen

Im Astronomieunterricht werden Modellvorstellungen benutzt, um physikalische Zustände und Entwicklungen oder um große, viele Einzelobjekte umfassende Systeme didaktisch vereinfacht darzustellen.

Die Schüler vertiefen ihr Wissen, daß Modelle nur wesentliche Seiten der Realität abbilden; sie festigen gleichzeitig ihr Können, mit Modellen zu arbeiten und eignen sich dabei erkenntnistheoretische Einsichten an.

Im einzelnen soll dies hier an drei Beispielen dargelegt werden.

Beispiel 1:

Die **Kenntnisse über einen Stern**, die die Schüler bei der Behandlung der Sonne kennenlernen, haben exemplarischen Charakter. Damit wird der innere Aufbau des Sterns, der der Vorstellung der Schüler nicht unmittelbar zugänglich ist, durch einen Komplex physikalisch und mathematisch faßbarer Sachverhalte erschlossen. Temperatur- und Druckverlauf sind, ebenso wie die didaktisch vereinfachte Wiedergabe der chemischen Zusammensetzung, mit graphischen Mitteln darstellbar. Keiner dieser Sachverhalte allein ist jedoch das Sternmodell, sondern erst die vom Schüler zu vollziehende Synthese aller Komponenten ergibt die Vorstellung vom inneren Aufbau des Sterns. Damit ist gesagt, daß, wie bei aller gedanklichen Anschauung, die aktive geistige Mitarbeit der Schüler Voraussetzung für das Entstehen und für das Verständnis eines Modells ist.

Beispiel 2:

Während der Stern hauptsächlich durch physikalische Größen beschrieben wird, erfolgt die **Beschreibung der Galaxis** durch verschiedene Erscheinungsformen der Stoffe und Felder und ihre Beziehungen zueinander.

Die Schüler lernen im Verlauf des Jahreslehrganges die Sterne und ihre Besonderheiten (Variabilität, Duplizität) kennen, ferner die Sternhäufungen, die interstellaren Wolken und die kosmische Strahlung. Sie erfahren weiterhin die wichtigsten Fakten über die Geometrie der Galaxis. Das Modell soll nun alle Einzelheiten vereinigen; die sinnliche Anschauung bleibt jedoch auf Teile des Ganzen beschränkt. So kann z. B. die Vielfalt der Stoffe und Felder durch tabellarische oder schematische Übersichten erfaßt werden; die Geometrie des Systems läßt sich durch Skizzen und durch Vergleiche (s. o.) mit Aufnahmen anderer Galaxien verdeutlichen. Die Synthese zum vollständigen Modell „Galaxis“ erfordert wiederum neben der Kenntnis der Komponenten die tätige Mitarbeit der Schüler.

Beispiel 3:

Der **Entwicklungsweg eines Sterns** im Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) besitzt ebenfalls den Charakter eines Modells, da in ihm ein Komplex physikalischer Vorgänge auf eine in ihrem Ablauf visuell überschaubare Lageänderung im Diagramm reduziert wird. Umfaßten die beiden erstgenannten Modelle im wesentlichen **zeitlich konstante Formen und Zustände** der Stoffe und Felder, so stellt der Entwicklungsweg im HRD einen **Prozeß** dar. Jedoch können nicht die ursächlichen Veränderungen im Stern modellmäßig erfaßt werden. Der Entwicklungsweg dokumentiert lediglich die Ergebnisse dieser Veränderungen. Das geschieht aber in einer so übersichtlichen, für den Schüler faßbaren Darstellung, daß sich daran die Vorgänge im Sterninnern ohne Schwierigkeiten rekonstruieren lassen. Der innere Aufbau des Sterns und die Bedeutung der HRD müssen den Schülern natürlich bekannt sein.

(\nearrow Abschnitt 3.5.3.)

Diesen Überlegungen läßt sich eine wichtige Feststellung entnehmen: Modelle können sich offenbar nicht von allein herausbilden und werden auch innerhalb des Unterrichtsprozesses nicht allein vom Lehrer hervorgerufen. Inwieweit sie bei den Schülern entstehen, ist

- von ihren Vorkenntnissen und
- von ihrer Fähigkeit zur selbständigen geistigen Arbeit abhängig.

Das Klassifizieren, das Systematisieren und das Strukturieren

Klassifizieren, Systematisieren und Strukturieren sind allgemeine Verfahren der Erkenntnisgewinnung, die der Anlage und Vervollständigung von Wissenssystemen und der Gewinnung neuer Erkenntnisse, nämlich bestimmter Systemzusammenhänge, dienen. Die Schüler sollen dabei lernen, unübersichtlich erscheinende Wissensbereiche zu zerlegen, Wesentliches zu erkennen und dieses Wesentliche so zu ordnen, daß es geistig verarbeitet werden kann.

Nur in Ausnahmefällen ist es möglich, bereits am Anfang einer Stoffeinheit Objekte zu klassifizieren und Systematisierungen vorzunehmen.

Eine solche Ausnahme ist z. B. bei der Einführung in das Fach Astronomie gegeben, denn in der 1. Stunde des Jahreslehrganges müssen die Vorkenntnisse der Schüler über astronomische Objekte systematisch geordnet werden. Dazu ist es notwendig, sachliche Wertungen vorzunehmen. So sollen die Schüler z. B. erkennen, daß in der Folge „Sonne – Alpha – Centauri – Planet – Stern – Pluto – Venus“ die Begriffe „Planet“ und „Stern“ eine umfassendere Bedeutung besitzen als z. B. die Eigennamen „Sonne“ und „Venus“.

Erst diese Erkenntnis ermöglicht das richtige Klassifizieren.

Im Normalfall wird das Klassifizieren im Verlauf der Erarbeitung und am Ende der einzelnen Unterrichtseinheiten seinen Platz finden. Die Körper im Sonnensystem, die Arten der Sonnenstrahlung, die Leuchtkraftklassen und die Erscheinungsformen der interstellaren Wolken sind einige Beispiele.

Systematische Betrachtungen sind im Astronomieunterricht durch den Lehrplan vorgegeben und werden in speziellen Systematisierungsstunden als wichtiges Mittel zur Erreichung der Bildungs- und Erziehungsziele angewendet.

Indem die Systematisierung jeweils auch neue Akzente einschließt – der Lehrplan fordert z. B., am Ende der jeweiligen Stoffeinheit **unter historischem Aspekt** zu systematisieren – lernen die Schüler die Fakten und Zusammenhänge aus neuer Sicht kennen, im genannten Beispiel aus der Sicht der Entwicklung der gesellschaftlichen Erkenntnis auf dem Gebiete der Astronomie. Systematisierung kann nicht ohne parteiiche Wertungen vollzogen werden. Sie trägt erheblich zur Herausbildung sozialistischer Überzeugungen und Charaktereigenschaften bei. Sie verlangt ein hohes Maß an Arbeitsdisziplin; die Schüler dürfen nicht wahllos Fakten nennen, sondern müssen sie zielgerichtet auswählen und gliedern.

In engem Zusammenhang mit der Systematisierung muß das Strukturieren gesehen werden. Seine Elemente sind das Analysieren und die Synthese der Kenntnisse über Stoffe und Felder im Weltall.

Eine typische strukturelle Betrachtung ist z. B. die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Anzahl und durchschnittlicher Masse der einzelnen Objekte im Sonnensystem. Sie mündet in die Erkenntnis, daß die Anzahl der Vertreter einer Objektgruppe um so größer ist, je geringer die durchschnittliche Masse ist.

Man kann in der Regel erst dann strukturieren, wenn man einen Gesamtüberblick über die betreffenden Objekte, Sachverhalte und Prozesse besitzt. Es ist jedoch auch möglich, im Unterricht ein Thema von der Struktur her zu erarbeiten, wie folgendes Beispiel zeigt.

Die Galaxis kann zunächst als komplexes Gebilde mit den drei Hauptkomponenten Kern, Scheibe und Halo dargestellt werden, bevor im weiteren Verlauf der Erarbeitung Einzelheiten (z. B. Sternhaufen, interstellare Wolken u. a.) zur Sprache kommen.

Zusammenfassung

Der Unterricht ist ein planmäßig gestalteter Prozeß des zielgerichteten Lehrens und Lernens. Eine wesentliche Grundposition des Unterrichts ist die Verwirklichung der Einheit von Wissenschaftlichkeit, Parteilichkeit und Lebensverbundenheit. Das erfordert die Beachtung der Wissenschaftlichkeit des methodischen Vorgehens und des Stoffes, das Unterrichten auf der Basis der marxistisch-leninistischen Weltanschauung, das Anwenden vielfältiger Methoden zur Befähigung der Schüler zu exakten politischen, weltanschaulichen und moralischen Schlußfolgerungen, die Verbindung des Unterrichts mit dem gesellschaftlichen Leben und mit den Erfahrungsbereichen der Schüler.

Für die Gestaltung des Astronomieunterrichts, in dem voneinander weit entfernte Objekte großer Dimensionen behandelt werden, haben die didaktischen Prinzipien der Faßlichkeit und der Anschaulichkeit besondere Bedeutung. Bei der Durchsetzung des Prinzips der Faßlichkeit, die den Schülern ein angemessenes Verständnis fachwissenschaftlicher Aussagen erleichtern soll, muß beachtet werden, daß die Wissenschaftlichkeit der Aussage gewahrt bleibt. Das Prinzip der Anschaulichkeit fordert die Beachtung der Alters- und Entwicklungsbesonderheiten der Schüler. Die Anschaulichkeit ist nicht allein gebunden an den direkten Kontakt mit materiellen Objekten, sondern kann auch erreicht werden durch verbale Formulierungen, durch ein Anknüpfen an theoretische Erkenntnisse.

Im Fach Astronomie sind vor allem das Vergleichen, das Beobachten, das Experimentieren, das Arbeiten mit Modellen, das Klassifizieren, das Systematisieren und das Strukturieren häufig auftretende geistige und geistig-praktische Tätigkeiten der Schüler.

Vergleiche erlauben außer der Veranschaulichung von Größen auch analytische Zielsetzungen und werden darüber hinaus zur Kontrolle der Theorie durch die wissenschaftliche Praxis eingesetzt. Vergleiche sind erkenntnisfördernde Denktätigkeiten.

Das Beobachten ist im Unterricht die einzige direkte Objekt-Subjekt-Beziehung. Durch die Forderung nach genauem Beobachten und exakter Wiedergabe des Beobachteten wird ein wesentlicher erzieherischer Einfluß auf die Schüler ausgeübt. Mit Modellen können die Schüler bestimmte Seiten der Realität besonders deutlich erkennen. Unwesentliche Aspekte werden weitgehend vernachlässigt.

Klassifizieren, Systematisieren und Strukturieren ist nur in Abhängigkeit vom vorhandenen Wissen und Können der Schüler durchführbar. Sie schließen parteiliche Wertungen ein und aktivieren damit die Überzeugungsbildung.

3.2. **Materiell-pädagogische Bedingungen zur Führung des Unterrichtsprozesses durch den Lehrer**

Jeder Lehrer muß die Unterrichtsmittel in den von ihm geplanten und geführten Bildungs- und Erziehungsprozeß voll integrieren (55; S. 837 ff.). Die Unterrichtsmittel für das Fach Astronomie bieten dem Lehrer dazu vielseitige didaktisch-methodeische Einsatzmöglichkeiten. Ihre pädagogische Wirksamkeit wird durch den Unterricht in Fachunterrichtsräumen gefördert.

3.2.1. **Übersicht über Unterrichtsmittel für den Astronomieunterricht**

Der Einsatz von Unterrichtsmitteln dient der Veranschaulichung von Erscheinungen und Vorgängen in der Natur und der besseren Beobachtung der Natur. Mit Hilfe der Unterrichtsmittel wird den Schülern erleichtert, nicht bei der Betrachtung von Erscheinungen stehenzubleiben, sondern zum Wesen vorzustoßen und Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten zu erfassen. Die Unterrichtsmittel unterstützen den Erkenntnisprozeß.

Zur Ausstattung der Schule für das Fach Astronomie gehören

- ein geeigneter Fachunterrichtsraum (→ Abschnitt 3.2.3.) einschließlich der erforderlichen Geräte der technischen Grundausrüstung,
- die im Bedarfsplan für Unterrichtsmittel im Fach Astronomie ausgewiesenen Unterrichtsmittel (17; S. 94),
- die aus anderen Fächern (z. B. Physik, Geographie) zu nutzenden Unterrichtsmittel,
- literarische Unterrichtsmittel (z. B. Lehrbücher, Zeitschriften),
- selbst angefertigte Unterrichtsmittel.

Im folgenden werden einige Unterrichtsmittelarten erläutert. Zur Realisierung der Ziele des Astronomieunterrichts müssen die **Wandkarten** (Wandkarte „Nördlicher Sternhimmel“, Schiefertuchkarte „Tierkreiszone“ – nach Möglichkeit die haftbare Ausführung –), die **drehbare Schülersternkarte** und die **Arbeitskarten** für die Hand des Schülers („Nördlicher Sternhimmel“ und „Tierkreiszone“) vorhanden sein. Ersatzweise kann auch der Stempelsatz „Tierkreiszone“ zur Selbstherstellung von Kartenblättern dienen.

An **Geräten und Modellen** sind das Tellurium und das Planetenschleifengerät (als Planetariumsersatz) für das Erreichen der Ziele notwendig. Bei einigen der Beobachtungsaufgaben ist der Einsatz des Schulfernrohres notwendig (Mond, Planet, Doppelstern, Sternhaufen). Zur Beobachtung von Sternhaufen und Doppelsternen können auch Kleinfernrohre mit der Basteloptik 50/540 mm und Feldstecher benutzt werden. Diese z. T. in der Hand des Schülers befindlichen Mittel bereichern die Möglichkeiten instrumenteller Beobachtungen und gestatten den Ablauf der Beobachtungsabende erheblich zu rationalisieren (→ Abschnitt 3.3.3.).

Selbstverständlich müssen die für den Astronomieunterricht erforderlichen **visuellen bzw. audiovisuellen Unterrichtsmittel** (Lichtbildreihen bzw. Tonbildreihen,

Filme bzw. Kassettenfilme) zur Verfügung stehen. Gleiches gilt für die **Anschauungstafeln** „Spektralklassen der Fixsterne“ und „Hertzsprung-Russell-Diagramm“ und die **Projektionsfolien** „Drehbare Sternkarte“ und „Hertzsprung-Russell-Diagramm“.

Zu den materiellen Mitteln im Astronomieunterricht gehören auch die von Schülern oder vom Lehrer **selbst hergestellten Unterrichtsmittel** (Meßhilfen, Applikationen, Freihandmodelle, Projektionsfolien, Lichtbilder, fotografischer Zimmerschmuck u. a.). In diesem Zusammenhang ist auf den Wert selbst angefertigter Himmelsaufnahmen durch die Schüler (z. B. Strichspurenaufnahmen, Meteorerscheinungen) und auf die selbstgefertigten Modelle aus Modellbogen oder -baukästen (z. B. Sputnik, Wostok, Sojus) zu verweisen.

Auch **Unterrichtsmittel literarischer Art** (populärwissenschaftliche Bücher bzw. Beiträge in Zeitschriften und Zeitungen) tragen wesentlich zur Aktualisierung und zur Erhöhung der weltanschaulichen Wirksamkeit des Unterrichts bei und dienen der Förderung von Interessen.

Alle hier genannten materiellen Mittel sind in gleichem Maße auch für eine erfolgreiche Tätigkeit der Arbeitsgemeinschaft nach Rahmenprogramm „Astronomie“ erforderlich. Da in den Arbeitsgemeinschaften der Beobachtung besondere Bedeutung zukommt, ist darauf hinzuwirken, daß für je drei bis fünf Teilnehmer ein Beobachtungsinstrument zur Verfügung steht; es selbst anzufertigen, ist eine konstruktiv-schöpferische Aufgabe für die Teilnehmer.

3.2.2. Didaktisch-methodische Möglichkeiten für den rationellen Einsatz der Unterrichtsmittel

Aufgaben der Unterrichtsmittel. Einem bestimmten Unterrichtsmittel muß nicht zwangsläufig nur eine bestimmte Einsatzmöglichkeit und eine einzige Aufgabe eigen sein. Je nach Ziel und Inhalt können ein und demselben Unterrichtsmittel innerhalb einer Unterrichtseinheit oder innerhalb einer einzelnen Unterrichtsstunde unterschiedliche Aufgaben zugewiesen werden. Wie die Unterrichtsmittel im konkreten Fall eingesetzt werden, hängt u. a. ab

- vom Ziel, das im Unterricht erreicht werden soll;
- von den im Unterricht angewandten Methoden;
- von den Bedingungen des Unterrichts;
- von der Gestaltung bzw. technischen Auslegung des Unterrichtsmittels (4; S. 105, und 3; S. 58).

Gerade die Gestaltung bestimmt häufig, welche Aufgaben die Unterrichtsmittel übernehmen können. Zum Beispiel kann die Anschauungstafel „Horizontsystem“ nur in Verbindung mit anderen Unterrichtsmitteln zur Einführung der räumlichen Vorstellung der scheinbaren Himmelskugel herangezogen werden.

Nicht die Anzahl der benutzten Unterrichtsmittel, sondern der methodisch richtige und oftmals mehrfache Einsatz eines bestimmten Unterrichtsmittels bewirkt vielfältige Rückkopplungen beim Schüler, festigt und vertieft früher erworbenes

Wissen, fördert die Anwendungsfähigkeit des bereits Gelernten. Das führt zur Entwicklung des Könnens und erzieht zu tiefgründigem Durchdenken eines Problems.

Jedes Unterrichtsmittel kann – infolge seiner Beschaffenheit und der unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten – im Unterrichtsprozeß verschiedene Aufgaben erfüllen, die vom Lehrer schöpferisch zu nutzen sind.

Beispiel:

Einsatz der Projektionsfolie „Drehbare Sternkarte“

Die Projektionsfolie „Drehbare Sternkarte“ kann in der Unterrichtseinheit	eingesetzt werden als
--	------------------------------

Die Erde als Himmelskörper

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> — beim Thema Orientierung am Sternhimmel | <ul style="list-style-type: none"> — Flachmodell für den sphärischen Raum; — dynamisches Modell für das Erfassen der scheinbaren Bewegungsabläufe; — statisches Modell zur genäherten Festlegung von Koordinaten; — Demonstrationsmittel, um den Gebrauch der Schülersternkarte zu erlernen; — Mittel, um die Ausbildung der Orientierungsfähigkeit der Schüler zu üben, zu vertiefen und zu kontrollieren |
|--|---|
-

Der Erdmond

- Demonstrationsmittel bei der Wiederholung und Festigung der Bewegungserscheinungen;
 - Übungsmittel
-

Das Planetensystem

Das Milchstraßensystem und extragalaktische Systeme

- beim Thema Galaxis

- als Orientierungsmittel;
 - als Mittel zur Kontrolle der Anwendbarkeit von erworbenen Fähigkeiten
-

Beobachtungen

- Mittel zur Schaffung des Ausgangsniveaus
-

Natürlich muß der Lehrer nicht alle Aufgaben, die ein Unterrichtsmittel erfüllen kann, in der einzelnen Unterrichtsstunde nutzen. Aber er muß sie alle kennen, damit er die Unterrichtsmittel bei seiner Unterrichtsvorbereitung, dem Ziel der Stunde entsprechend, richtig für den Lehr- und Lernprozeß planen kann.

Unterrichtsmittel sind auch Mittel zur Unterstützung der Selbsttätigkeit der Schüler im Unterricht. So kann z. B. der aufeinander abgestimmte Einsatz von Lehrbuchtext, Abbildung und Lichtbild zu einem eng begrenzten Problem (z. B. Erscheinungen der Sonnenaktivität) die Arbeit der Schüler und die Erziehung zu selbständigem Wissenserwerb fördern.

Lichtbilder können in gewissen Grenzen auch Bewegungsabläufe veranschaulichen. Im folgenden soll das an zwei Beispielen erläutert werden.

- Mit einem einzelnen Lichtbild wird im allgemeinen ein Augenblicksbild eines Kometen gegeben. Um Entwicklungsphasen darzustellen, müßte eine Reihe von Bildern gezeigt werden. Es ist jedoch auch möglich, diese Abbildungen in einem Lichtbild so zu kombinieren, daß in ihm die Kometenerscheinung in Abhängigkeit von der Stellung des Kometen zur Sonne dargestellt wird.
- Nicht in jedem Jahr ist der Planet Saturn an einem der beiden Beobachtungsabende sichtbar. Abbildungen oder Lichtbilder müssen dann zur Erarbeitung herangezogen werden. Die meisten derartigen Bilder zeigen den Saturn zur Zeit seiner größten Ringöffnung, jedoch zu selten wird den Schülern dazu mitgeteilt, daß dieser Anblick erst wieder in den Jahren 1988 und 2003 möglich ist und in der Zwischenzeit alle Übergangsstufen (bis zur Ringöffnung Null) auftreten. So kann sich aus der Betrachtung eines Bildes, das nur eine Momentaufnahme eines Zyklus darstellt, die Gefahr einer ungerechtfertigten Verallgemeinerung ergeben. Ihr entgeht man, wenn ein Lichtbild zur Verfügung steht, in dem die zu verschiedenen Zeiten von der Erde sichtbaren Ringöffnungen in ihrer Abhängigkeit von der gegenseitigen Lage Erde – Saturn dargestellt sind.

Dem Einsatz jedes Unterrichtsmittels sind **Grenzen** gesetzt. Diese werden durch die Art des Unterrichtsmittels, durch seine Gestaltungsform und seine Funktion bestimmt. Unterrichtsmittel können die objektive Realität nicht allseitig abbilden. So kann zum Beispiel ein Besuch des Planetariums nicht die Himmelsbeobachtung ersetzen.

Das Planetenschleifengerät eignet sich sehr gut, die scheinbaren Bahnschleifen der Planeten an der Sphäre aus deren unterschiedlichen Bahngeschwindigkeiten um die Sonne zu erläutern (Einführung; Anbahnung und Gewinnung von Einsichten und Überzeugungen), auch das 3. Keplersche Gesetz läßt sich damit qualitativ demonstrieren. Nicht aber lassen sich damit z. B. quantitative Aussagen über eine Zeitspanne der Schleifenbewegung oder Meßbreihen, die die größten Elongationen der innerhalb der Erdbahn umlaufenden Planeten zum Ergebnis haben, gewinnen.

Rationeller Einsatz von Unterrichtsmitteln. Unterrichtsmittel helfen dem Lehrer in erster Linie, die Schüler rationell zum Wesentlichen zu führen. Der variable Einsatz von verschiedenen Unterrichtsmitteln gestattet die vielseitige Gestaltung des Unterrichts. An zwei Beispielen sollen die Möglichkeiten für den rationalen Einsatz ausgewählter Unterrichtsmittel diskutiert werden.

Beispiel 1:
Einsatzmöglichkeiten des Telluriums

Unterrichtseinheit	Unterrichtsstoff, bei dessen Behandlung der Einsatz erfolgt	Möglicher Einsatz des Unterrichtsmittels bei	Angaben zum Unterrichtsmittel
Die Erde als Himmelskörper (3. Stunde der 1. Stoffeinheit)	Bewegungsverhalten der Erde; Widerspruch zwischen wahrer und scheinbarer Bewegung (Situation der erdegebundenen Beobachtung); Orientierung der Polachse.	Wiederholung aus Klasse 9 mit Vertiefung (steuernd); Arbeit am neuen Stoff (aktivierend); Sicherung des Ausgangsniveaus: Jahreszeiten.	Tellurium ohne Mond in Verbindung mit: <ul style="list-style-type: none"> • Tafelbild (Ellipse) • (Erd- oder Induktionsglobus).
Orientierung am Sternhimmel (5. Stunde der 1. Stoffeinheit)	Ständige Änderung der Richtung der Gestirne und ihres Abstandes vom Horizont bzw. Zenit; Horizontkoordinaten	Motivierung zur Einführung astronomischer Koordinaten; Festigung der Begriffe „wahre, scheinbare Bewegung“; Veranschaulichung der „Relativität“ der Richtungen (informierend); Vertiefung u. Anwendung der Koordinatenbegriffe „Azimut“, „Höhe“, „Horizont“, „Himmelsrichtung“ (rückkoppelnd). Erarbeitung der Zeit- und Ortsabhängigkeit (rationalisierend).	Tellurium ohne Mond in Verbindung mit: <ul style="list-style-type: none"> • der drehbaren Sternkarte • der Anschauungstafel „Horizontsystem“ • drehbarer Sternkarte und Modell „Horizont- und Äquatorkoordinaten“.
Der Erdmond (7. Stunde der 1. Stoffeinheit)	Siderische und synodische Umlaufzeit; Phasengestalten (Entstehung; Rhythmus);	Beobachtung der Abläufe (aktivierend); Unterstützung der Arbeit am neuen Stoff (steuernd); Ergebnissicherung (Zusammenfassung);	Tellurium mit Mond in Verbindung mit <ul style="list-style-type: none"> • Lehrbuch

Unterrichtseinheit	Unterrichtsstoff, bei dessen Behandlung der Einsatz erfolgt	Möglicher Einsatz des Unterrichtsmittels bei	Angaben zum Unterrichtsmittel
	Finsternisse (Bedingungen ihrer Entstehung).	Problemstellung und -lösung (Effektivitätssteigerung).	<ul style="list-style-type: none"> Film (bzw. Kassettenfilm).
Der Erdmond (8. Stunde der 1. Stoffeinheit)	Gezeiten als Gravitationswirkung des Mondes auf die Erde; Umkehrung: Ursache für die Asymmetrie des Mondkörpers.	Rationalisierung des Erkenntnisweges (Ursache und Wirkung); Rückkopplung (Vertiefung).	Tellurium mit Mond in Verbindung mit <ul style="list-style-type: none"> Lichtbild. Lehrbuch

Am Beispiel 1 wird deutlich, daß das gleiche Mittel relativ häufig bei unterschiedlichen Zielstellungen und in völlig verschiedenen didaktischen Funktionen zum Einsatz kommt und dabei die Wahl des methodischen Vorgehens beeinflussen kann. Am Problem „Finsternisse“ wird gezeigt, daß die im Schema enthaltenen Angaben sogar entgegengesetzte Wege zulassen. Der emotionalen Wirkung wegen kann der Film (Kassettenfilm) zur Einführung der Problematik und der dabei auftretenden Begriffe genutzt werden. Bei diesem Vorgehen sollten die zu klärenden Begriffe vom Lehrer schon vor der Stunde an die Tafel geschrieben werden, aber bis zum Ablauf des Films verdeckt bleiben. Nach dem Film wird die Abdeckung der Wandtafel entfernt, und die Begriffserklärung erfolgt durch entsprechende Einstellungen des Telluriums. Psychologisch wirksamer hat sich aber ein Vorgehen erwiesen, bei dem zuerst die Bedingungen am Tellurium erarbeitet werden, unter denen Finsternisse entstehen. Dieser Arbeit am neuen Stoff läßt man dann den Unterrichtsfilm folgen, der die erarbeiteten Zusammenhänge und Begriffe wiederholt, vertieft und systematisiert und zugleich Emotionen hervorruft, die nicht abgeschwächt werden durch Fragestellungen der Schüler, wenn die Begriffe eingeblendet werden.

Bei dem zuletzt empfohlenen Vorgehen wird der Ergebnissicherung der Unterrichtsstunde weit mehr Rechnung getragen als im umgekehrten Falle. Allerdings sei betont, daß diese hier vorgeschlagene Reihenfolge Modell-Film nicht generell gilt. In jedem Falle hat der Lehrer bei seinen Vorüberlegungen zur jeweiligen Unterrichtsstunde das methodische Problem der Reihenfolge von einzusetzenden Unterrichtsmitteln neu zu entscheiden, wobei er sowohl von der Sachlogik des Stoffes als auch von den pädagogisch-psychologischen Aspekten auszugehen hat, die den verschiedenen Unterrichtsmitteln eigen sind.

Beispiel 2:

Einsatzmöglichkeiten eines Unterrichtsmittelkomplexes „Wahre und scheinbare Bewegung“

Es soll dargestellt werden, wie im Unterrichtsprozeß die einzelnen Unterrichtsmittel erst durch gestalterische Abstimmung und geplantes Zusammenwirken dazu beitragen können, daß der vom Lehrer zu vermittelnde Unterrichtsstoff vom Schüler erfaßt und verarbeitet wird.

Zu dem betrachteten Unterrichtsmittelkomplex zählen:

- die Sternkarten (Wandkarte und Arbeitskarte „Nördlicher Sternhimmel“, drehbare Sternkarte, die Projektionsfolie „Drehbare Sternkarte“, Schiefertuchkarte und Arbeitskarte „Tierkreiszone“)
- das Schulfernrohr
- das Tellurium
- das Planetenschleifengerät
- die Anschauungstafeln „Horizontsystem“ und „Rotierendes Äquatorsystem“
- die Globen (Erd- und Himmelsglobus, evtl. Induktionsglobus)
- ausgewählte Lichtbilder
- das Lehrbuch.

Bereits in der ersten Stunde des Lehrgangs bei der Einführung in das Unterrichtsfach Astronomie wird die **Wandkarte** eingesetzt. Hier dient die Karte als Informationsmittel. Sie wird aber in Verbindung mit dem **Lichtbild** „Altgriechisches Weltbild“ (R 642, B 2) sofort zum Demonstrationsmittel im Stundenabschnitt über die Vorstellungen der Völker früherer Kulturstufen.

Das Ergebnis der ersten Stunde, daß uns der Sternhimmel in unablässiger Bewegung erscheint, wird in der zweiten Stunde beim Schwerpunkt „Wechselbeziehungen zwischen Astronomie und Technik“ vertieft. Durch den Einsatz der **Wandkarte** und der **Projektionsfolie** „Drehbare Sternkarte“ schafft der Lehrer das Ausgangsniveau:

Die meisten Gestirne bewegen sich im täglichen Rhythmus von Ost nach West. Damit ist die Motivation gegeben für die Behandlung des **Beobachtungsinstrumentes** der Schule (Teleskop) und derjenigen an bedeutenden Sternwarten (Lichtbilder und Lehrbuchabbildungen).

Aus dem kombinierten Einsatz der Wandkarte (statisches Bild) und der Projektionsfolie mit ihrer beweglichen Horizontmaske kann dem Schüler überzeugend verständlich gemacht werden, daß Fernrohre entsprechend der Bewegungen am Himmel nachzuführen sind, wenn die kosmischen Objekte eingehend untersucht werden sollen.

Erst bei der Unterrichtseinheit „Die Erde und der erdnahe Raum“ kommt es zur begrifflichen Unterscheidung zwischen Bewegungserscheinung und ihren Ursachen. Deshalb sollten die Schüler schon in der dritten Unterrichtsstunde die **drehbaren Sternkarten** zur Verfügung haben, um bei der Sicherung des Ausgangsniveaus die Bewegungen daran nachvollziehen zu können. Die Teilziele „Tägliche und jährliche Bewegung der Erde“ (als Wiederholung aus dem Geographieunterricht) und „ihre Erscheinungen am Himmel“ können auf rationelle Weise erreicht werden, wenn das Problem z. B. unter Einsatz der Sternkartenfolie und der drehbaren Sternkarte gelöst wird.

In gleicher Weise werden unter Einbeziehung des **Telluriums** die jährliche Bewegung der Erde und die daraus resultierenden Himmelserscheinungen erarbeitet. In der Zusammenfassung muß der Schüler imstande sein, einerseits der Einzelercheinung eine entsprechende Ursache richtig zuzuordnen und andererseits das gleichzeitige Zusammenwirken verschiedener Ursachen an der Komplexität der Erscheinungen zu erläutern. Zur Demonstration der Darlegungen benutzen die Schüler wieder die Sternkarte und das Tellurium (ohne Mond).

In der vierten bis sechsten Stunde der ersten Stoffeinheit werden zusätzlich die **Arbeitskarten** „Nördlicher Sternhimmel“ und „Tierkreiszone“ eingesetzt. Nachdem die Abhängigkeit der geographischen Breite des Beobachtungsortes von der jeweiligen Polhöhe geklärt ist, kann der Terminus „zirkumpolar“ eingeführt werden. Die drehbare Sternkarte (und die zugehörige Projektionsfolie) dient dabei sowohl der Veranschaulichung als auch der sofortigen Vertiefung und Anwendung. Die Arbeitskarte „Nördlicher Sternhimmel“ dagegen ermöglicht die Festigung des Erkannten, weil sich darin die Kreislinie einzeichnen läßt, die den zirkumpolaren Bereich umschließt. Übungen im Erkennen wichtiger Sternbilder werden erst mit der Arbeitskarte sinnvoll. Sie sollten zum immanenten Bestandteil aller Folgestunden werden und auch bei den Kontrollmaßnahmen des Lehrers Berücksichtigung finden.

Wird ferner das **Modell** „Horizont- und Äquatorsystem“ (auch als Himmelsglobus bekannt) eingesetzt, so werden die Schüler befähigt, den Zirkumpolarbereich auch für andere geographische Breiten richtig zu beurteilen.

Obwohl die Einführung der Karten für die „Tierkreiszone“ bei der Behandlung der Orientierungssysteme nicht zwingend ist, dient ihre Gegenüberstellung zu den polständigen Karten einmal der Wiederholung der scheinbaren jährlichen Bewegung der Sonne und zum anderen der Vertiefung der Begriffe „Rektaszension“ und „Deklination“. Durch das Anwenden beider Darstellungsarten wird die Möglichkeit geschaffen, langfristige Beobachtungsaufgaben (z. B. Verfolgen der Mond- oder Planetenbewegungen relativ zu den Sternen) schon zu diesem Zeitpunkt als Schüleraufträge zu vergeben. Unbedingt sind die Karten der Tierkreiszone aber bei der Behandlung der Bewegungen des Mondes und der Planeten einzusetzen. Beim ersten Objekt, dem Mond, geschieht dies in Verbindung mit dem **Tellurium**, bei den Planeten mit dem **Planetenschleifengerät** und dem **Kassettenfilm**. Die intensive Nutzung der **Lehrbuchtexte und -abbildungen** wurde bei allen Beispielen vorausgesetzt.

Bei der Behandlung der Bewegungen des Mondes und der Planeten ist von den täglichen Bewegungserscheinungen auszugehen, wobei die **drehbaren Sternkarten** (für Schüler) und die Projektionsfolie entweder wiederholend, festigend oder in Verbindung mit Kontrollaufgaben zur Anwendung kommen können.

Überhaupt ist darauf zu achten, daß die verwendeten Unterrichtsmittel niemals allein der Erarbeitung des Stoffes, sondern immer auch seiner gleichzeitigen oder darauffolgenden praktischen Anwendung oder Übung dienen. In dieser Art den Unterrichtsprozeß zu planen und zu gestalten bedeutet, die den Unterrichtsmitteln innewohnenden Potenzen effektiv für die Bildung und Erziehung der Schüler zu nutzen, ohne besondere „Übungs- und Anwendungsstunden“ zu benötigen.

Bei dem Beispiel 2 sollte deutlich gemacht werden, welcher Reichtum an Verwendungsmöglichkeiten für die einzelnen Unterrichtsmittel vorhanden ist und wie Unterrichtsmittel komplex in verschiedenen didaktischen Funktionen eingesetzt werden können.

3.2.3. Zür Einrichtung und Nutzung von Fachunterrichtsraum, Beobachtungsstation, Schulsternwarte und Planetarium

Durch zweckmäßig ausgestaltete Fachräume (Fachunterrichtsräume, Beobachtungsstationen, Schulsternwarten und Planetarien) und deren sinnvolle Nutzung werden günstige Bedingungen für die Schüler bei der Aneignung sicheren Wissens und Könnens, bei der Entwicklung sozialistischer Überzeugungen, Charaktereigenschaften und Verhaltensweisen geschaffen. Eine sachbezogene und zugleich emo-

tional wirksame Gestaltung von Fachräumen fördert die angestrebte fachspezifische „Arbeitsatmosphäre“. Außerdem sind im Fachraum durch eine pädagogisch und unterrichtsorganisatorisch zweckmäßige Gestaltung der Arbeitsplätze für Lehrer und Schüler gute Voraussetzungen für die Erhöhung der Effektivität des Unterrichtsprozesses vorhanden.

Fachunterrichtsraum

Kombination von Fachunterrichtsräumen. Bei der Entscheidung über die zu wählende Kombination wird vielfach davon ausgegangen, in welchem weiteren Unterrichtsfach der Astronomielehrer unterrichtet. Bei der Prüfung der sich daraus ergebenden Kombinationen müssen aber auch die inhaltliche Verknüpfung der beiden Unterrichtsfächer und die speziellen schulorganisatorischen Bedingungen (z. B. Auslastung der Räume) beachtet werden.

- In zunehmendem Maße erteilen Physiklehrer auch den Astronomieunterricht. Daher empfiehlt sich eine entsprechende Kombination der Fachunterrichtsräume (8; S. 128 ff.). Damit stehen für den Lehrer ohne zusätzlichen Arbeitsaufwand neben den astronomischen auch physikalische Unterrichtsmittel, z. B. aus der Mechanik, Optik und Atomphysik bereit, die zur anschaulichen Behandlung astronomischer Sachverhalte einsetzbar sind.
- Unterrichtet der Astronomielehrer auch im Fach Geographie, so besteht die Möglichkeit, den Fachunterrichtsraum dieser beiden Fächer zu kombinieren.

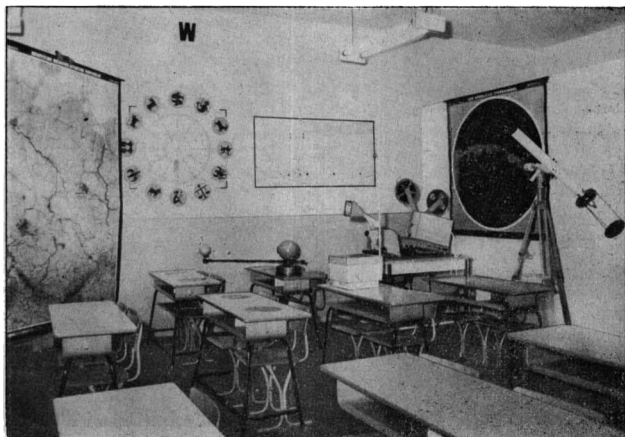


Bild 1 Teilansicht eines Fachunterrichtsraumes Geographie–Astronomie

Zwar bieten sich hier weniger inhaltliche Berührungspunkte als zur Physik, doch sind einige andere Vorzüge zu nennen. Der Geographiefachraum ist an vielen Schulen wegen der geringen Wochenstundenzahl im Vergleich zum Physikunterricht nicht so stark ausgelastet, und in ihm können fachspezifische Unterrichtsmittel – vor allem Karten, Anschauungstafeln, Globen und Demonstrationsgeräte – leichter untergebracht werden, da analoge Unterrichtsmittel auch für das Fach Geographie vorhanden sind. Außerdem stehen hier einige geographische Unterrichtsmittel bereit, die auch für den Astronomieunterricht eingesetzt werden können: Kompaß, Tellurium, Induktionsglobus, Modell zur Veranschaulichung der scheinbaren Sonnenbahnen. Schließlich läßt sich der Fachraum **astronomisch und geographisch abgestimmt ausgestalten** (Bild 1).

Der Ausbau von eigenen Fachunterrichtsräumen für Astronomie an entstehenden zentralen Beobachtungsstationen bzw. Schulsternwarten mit entsprechendem Einzugs- und Aufgabenbereich sollte, entsprechend den ökonomischen Möglichkeiten, durchgesetzt werden. Wegen der höheren Auslastung wird sich in vielen Fällen ein eigener Fachraum lohnen.

Fachspezifische Anforderungen an einen mit dem Fach Astronomie kombinierten Fachunterrichtsraum. Neben der Ausrüstung mit dem Gerätesystem der technischen Grundausrüstung (6; S. 534) sollten wichtige fachspezifische Voraussetzungen



Bild 2 Teilansicht einer Seitenwand im Fachunterrichtsraum

realisiert werden, um damit – unter Nutzung der vorliegenden Erfahrungen – die Forderung einer lehrplangerechten, effektiven Unterrichtsgestaltung 'durchsetzen zu helfen. Im Fachunterrichtsraum sollte möglichst eine Seitenwand für die astronomische Ausgestaltung herangezogen werden (Bild 2). Sie kann je nach ihrer Länge aufnehmen

- einen haftbaren Wandfries,
- eine mehrgleisige Kartenlaufbühne (sie kann vor dem Wandfries entlangführen),
- Bilder berühmter Astronomen und Kosmonauten (49) oder Anschauungstafeln,
- ein Demonstrationsmodell der drehbaren Schülersternkarte, selbst zu fertigen aus der Wandsternkarte „Nördlicher Sternhimmel“ mit einer drehbar darüber gelagerten Deckmaske aus Sperrholz, organischem Glas oder starkem Zellonmaterial.

Um einen ungehinderten Zutritt zur Wand zu gewährleisten, müßten die Schülerarbeitsplätze an dieser Seite des Raumes mindestens einen Meter Abstand von der Wand haben.

Auf dem Wandfries könnte eine heliozentrische Draufsicht des Planetensystems abgebildet sein, auf der sich anhand heliozentrischer Koordinatenangaben aus

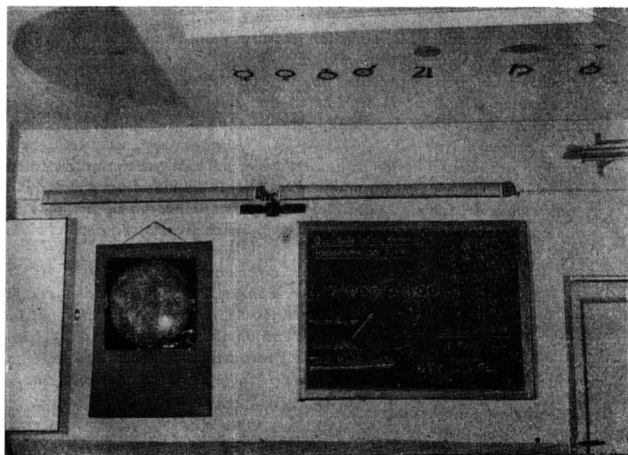


Bild 3 Teilansicht der Decke eines Fachunterrichtsraumes

dem „Kalender für Sternfreunde“ (2) die aktuellen Planetenpositionen mit Hilfe von Applikationen darstellen lassen.

Ferner sollte ein Abschnitt des Wandfrieses für aktuelle Informationen über astronomische und astronautische Forschungsergebnisse vorgesehen werden. Dieser 'aktuelle Informationsteil sollte von Schülern betreut werden, die besonderes Fachinteresse zeigen.

Am Wandfries könnten auch beispielgebende Kollektiv- oder Einzelarbeiten aus dem Unterricht und der Arbeit in den Arbeitsgemeinschaften gezeigt werden, um weitere Schüler zur Selbsttätigkeit anzuregen.

Die Kartenlaufbühne kann im Abstand von 30 cm von der Wand entweder an der Decke oder durch Wandhaken befestigt sein. An ihr lassen sich die Wandkarte „Nördlicher Sternhimmel“, die Schiefertuchkarte „Tierkreiszone“, Anschauungstafeln mit den Koordinatensystemen, den Spektralklassen der Sterne, dem Hertzsprung-Russell-Diagramm u. a. anbringen.

Man kann auch die Decke in die Gestaltung des Fachunterrichtsraumes einbeziehen (Bild 3). Zur Orientierung ist ein deutlich erkennbares Richtungskreuz günstig. Außerdem läßt sich ein Größenvergleich zwischen Sonne und Planeten im Maßstab 1:10⁹ anzeichnen.

Zur Pflege und Aufbewahrung astronomischer Unterrichtsmittel

Die Unterrichtsmittel sind so zu ordnen, daß sie griffbereit und ohne großen Zeitaufwand einsetzbar sind.

Nachfolgende Beispiele sollen das erläutern:

- Projektionsfolien, nach Stoffeinheiten geordnet, können übersichtlich in Hängeregistaturen untergebracht werden;
- Lichtbild-Reihen werden geordnet im Lehrerarbeitsstisch aufbewahrt;
- Arbeitskarten „Nördlicher Sternhimmel“ und „Tierkreiszone“, Beobachtungsprotokollvordrucke und Arbeitsblätter werden, thematisch gegliedert, in Schubfächern aufbewahrt;
- Drehbare Schülersternkarten sollten entweder mit den gelieferten Zwischenlagen aus Wellpappe im Schrank gelagert oder in Schubfächern stehend eingeordnet werden. Sie sind durlaufend zu numerieren, um sie bei der Ausgabe an die Schüler registrieren zu können. Sie sollten stets in einem Folienbeutel transportiert werden;
- Pendelquadranten werden hängend im Schrank aufbewahrt;
- Modelle künstlicher Raumflugkörper werden vor Einstauben und unerlaubtem Zugriff geschützt, indem sie im Vitrinenteil untergebracht werden. Sie tragen dort auch zur Ausgestaltung des Fachunterrichtsraumes bei;
- Alle Applikationen sollten, thematisch geordnet, in Schrankteilen untergebracht sein, deren Rück- oder Seitenwände von innen haftbar gestaltet sind.

Besonders wichtig sind sachgemäße Pflege und Aufbewahrung der Schulfernrohre. Das hauptsächlich verbreitete transportable Gerät „Telementor“ ist – wie alle optischen Instrumente – in den mitgelieferten Spezialbehältern zu lagern, um es so vor Verstauben und Beschädigungen zu bewahren. Sollten derartige Behäl-

ter fehlen, ist ein Folienüberzug als behelfsmäßiger Schutz ratsam. Der dennoch oft unvermeidliche Staub auf den optischen Teilen wird mit einem weichen, zur Ausrüstung gehörenden Pinsel entfernt; erst dann darf bei unvergüteten Linsen mit einem weichen Lappen vorsichtig nachgewischt werden. Vergütete Optik darf dagegen nie mit einem Lappen abgerieben werden. Um deren Belag zu schonen, entfernt man zuerst den Staub mit einem weichen Pinsel und wischt dann vorsichtig mit einem in Alkohol getauchten Wattebausch über die Linsenfläche.

Unlackierte Metallflächen, Lager- und Führungsteile sowie Gewinde werden mit säurefreiem Fett bzw. Öl konserviert, um sie voll funktionstüchtig zu erhalten und vor dem Rosten zu schützen. Aber auch die lackierten Flächen sollten drei- bis viermal pro Jahr mit einem weichen, mit Öl oder Fett getränkten Lappen abgerieben werden.

Sollten Fernrohre für längere Zeit im Freien aufgestellt sein, verhütet ein aufspritzender Überzug aus Schutzwachs Korrosionserscheinungen. Diese Maßnahme ist auch dann unerlässlich, wenn das Gerät mit einer wetterfesten Schutzhülle umgeben wird. Durch regelmäßiges kurzzeitiges Abnehmen der Schutzhülle kann der schädlichen Kondenswasserbildung vorgebeugt werden. Im übrigen sollten die in der mitgelieferten Gebrauchsanweisung für das Schulfernrohr „Telementor“ (52) gegebenen Hinweise beachtet werden.

Zur Einrichtung und Nutzung einer Beobachtungsstation

Die Beobachtungen können an der eigenen Schule oder zentralisiert an einer Beobachtungsstation oder Schulsternwarte erfolgen. Verbindliches Instrument für die Durchführung von Schülerbeobachtungen ist das Schulfernrohr „Telementor“, ein Refraktor 63/840. Es läßt sich mit seinem Stativ und der angebrachten Dosenlibelle schnell und genau aufstellen. Für die Schüler ergibt sich, wenn an der Schule nur ein Gerät vorhanden ist, bei den Beobachtungen ein großer Zeitaufwand. Die Zahl der Beobachtungen je Schüler und Zeiteinheit läßt sich entweder durch Bildung mehrerer Beobachtungsgruppen je Klasse oder durch den gleichzeitigen Einsatz mehrere Geräte steigern. Es empfiehlt sich, an zentral gelegenen Schulen einige Instrumente zu konzentrieren, d. h. Beobachtungsstationen einzurichten.

Liegt eine Schule mit guten Beobachtungsbedingungen zentral und kann sie von Schülern der Nachbarschulen mit vertretbarem Zeitaufwand erreicht werden, dann lohnt es sich, dort für die Schulfernrohre je eine ortsfeste Säule zu errichten. Ein nahe gelegener Fachunterrichts- oder Arbeitsgemeinschaftsraum kann zur notwendigen Vorbereitung und Auswertung der Beobachtungen sowie für die Anfertigung der Protokolle genutzt werden. Beobachtungsstationen der beschriebenen Art werden zur Durchführung der obligatorischen Fernrohrbeobachtungen von mehreren Schulen und von den Arbeitsgemeinschaften für Astronomie genutzt. Sie können darüber hinaus der Jugendweihervorbereitung sowie der sinnvollen Freizeitgestaltung für Schüler auch außerhalb der Arbeitsgemeinschaft dienen.

Die Zentralisierung der Beobachtungen sollte jedoch nur die Geräte betreffen und keinesfalls so verstanden werden, daß ein fremder Lehrer die Schülerbeobachtungen für verschiedene Klassen übernimmt, während der eigentliche Astronomielehrer der Klasse nur als Begleiter teilnimmt.

Zur Nutzung von Schulsternwarten

Schulsternwarten verfügen oft über recht leistungsstarke Refraktoren oder Reflektoren, die mit zahlreichen Zusatzgeräten bestückt werden können. Zum Teil sind die Schulsternwarten durch Planetarien erweitert.

An den Schulsternwarten arbeiten in der Regel erfahrene Fachlehrer für Astronomie unter sehr guten materiell-technischen Bedingungen. Aus dieser Tatsache ergibt sich, daß diese Einrichtungen besonders geeignet sind

- für die Durchführung der obligatorischen Beobachtungen mit einem Fernrohr,
- als Zentren der Arbeitsgemeinschaften, vor allem nach Rahmenprogrammen,
- als Zentren der Lehrerweiterbildung,
- für die Ausbildung der Leiter von Arbeitsgemeinschaften an Schulen oder Beobachtungsstationen.

Schulsternwarten, die mit einem Planetarium gekoppelt sind, können darüber hinaus für den Unterricht zu Themen der Unterrichtseinheit „Die Erde als Himmelskörper“ genutzt werden.

Es hat sich als günstig erwiesen, an jeder Schulsternwarte für einige Klassen ganzjährig Astronomieunterricht zu erteilen. Dieser Unterricht sollte vom jeweiligen Astronomielehrer der Klasse erteilt werden.

Aufbau und Einsatzmöglichkeiten eines Planetariums

Planetarien gehören innerhalb der Unterrichtsmittel zu den Modellen. Es sind sphärische Funktionsmodelle der scheinbaren Himmelskugel. Sie eignen sich zur Veranschaulichung einiger astronomischer Stoffkomplexe und zur aktiven Einbeziehung der Schüler in den Erkenntnisprozeß. Durch den Einsatz von Planetarien können astronomische Sachverhalte emotional sehr wirksam gestaltet werden. Schließlich bietet der Einsatz von Planetarien durch die gegebenen technischen Voraussetzungen gute Möglichkeiten für eine rationelle Unterrichtsführung (→ Abschnitt 3.3.4.).

Zuerst sollen Einsatzmöglichkeiten für das Behandeln astronomischer Erscheinungen am **ruhenden** Sternhimmel genannt werden.

An der Innenseite einer Kuppel von fünf bis acht Meter Durchmesser können rund 5000 Sterne bis zur 6. Größenklasse in natürlicher Anordnung und realem Helligkeitsverhältnis aufleuchten. Mechanische Blenden an den Projektoren bewirken in Horizontnähe das Verlöschen des Sternlichtes. Eine Silhouette der Umgebung des Standortes ergänzt den Anblick der Himmelskuppel. Man kann sich bei der Vorführung auch auf die hellsten Objekte beschränken, wodurch das Einführen in die Orientierung sehr erleichtert wird. Mittels eines Dia-Projektors können wichtige Sternbildfiguren eingeblendet werden; das trägt zur besseren Einprägung bei.

Die Abbildung von Planeten, Sonne und Mond weicht zugunsten leichterer Erkennbarkeit vom natürlichen Anblick ab. So leuchten Merkur, Venus und Mars intensiver als in der Natur, Jupiter und Saturn sind dem Fernrohranblick ähnlich dargestellt. Die Sonne leuchtet weniger hell als in der Natur; dadurch ist – wie aus

einem Raumschiff – auch der Tagessternhimmel sichtbar. Der Mond kann in allen Lichtphasen naturgetreu gezeigt werden.

Alle im Planetarium darstellbaren astronomischen **Bewegungserscheinungen** werden in Zeitraffung wiedergegeben und sind dadurch sehr anschaulich.

So kann z. B. bei der scheinbaren täglichen Himmelsbewegung ein Umlauf in wenigen Minuten beobachtet werden. Hierbei ist es von Vorteil, die Sterne, die Planeten und den Erdmond gleichzeitig mit der Sonne zu sehen.

Sehr gut läßt sich die scheinbare jährliche Sonnenbahn veranschaulichen. Sie kann als Großkreis vor die Tierkreissternbilder projiziert werden.

Eine weitere im Planetarium darstellbare Himmelsbewegung ist die Präzession, die in der Arbeitsgemeinschaft erörtert werden kann. Der sehr geraffte Ablauf des platonischen Jahres bietet interessante Anregungen für die Betätigung innerhalb der Arbeitsgemeinschaft, z. B. Positionsastronomie in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.

Die sphärische Wiedergabe der Koordinatensysteme aus geozentrischer Sicht ist von außerordentlichem Wert für die rationelle Gestaltung des Unterrichtsprozesses in der Unterrichtseinheit „Zur Orientierung am Sternhimmel“, da alle Beobachtungen und Messungen geozentrisch durchgeführt werden. Es können alle Elemente zum Aufbau des Horizontsystems und beider Äquatorsysteme einzeln und teilweise in verschiedenen Farben am künstlichen Himmelsgewölbe eingeblendet werden. Gradeinteilungen am beweglichen Vertikal- und Stundenkreis sowie am mathematischen Horizont und eine Stundenskala am Himmelsäquator erlauben Koordinatenablesungen. Vergleiche zwischen den Koordinatensystemen lassen sich gut veranschaulichen. Die Orts- und Zeitgebundenheit der Horizontkoordinaten kann den Schülern durch Veränderung der Polhöhe und die scheinbare tägliche Himmelsbewegung gezeigt werden. Mit denselben Mitteln läßt sich die örtliche und zeitliche Konstanz der Äquatorkoordinaten verdeutlichen.

Zusammenfassung

Unterrichtsmittel sind ein wichtiges Glied im Gesamtgefüge der Beziehungen zwischen Zielen – Inhalten – Methoden – Mitteln. Anzahl und Art der notwendigen Unterrichtsmittel werden von den Zielen und Inhalten des Lehrplans bestimmt. Dabei wird auch bei bester zentraler Ausstattung der Selbstbau spezieller Mittel durch Lehrer oder Schüler – besonders zu aktuellen Zwecken und Anlässen – weiter seine Bedeutung und Berechtigung behalten. Der Lehrer sollte nur solche Mittel zusätzlich anfertigen und einsetzen, die den Zielen und Inhalten des Lehrplans exakt dienen und gleichzeitig didaktisch und ästhetisch, aber auch ökonomisch und vom Zeitaufwand vertretbar sind.

Ein Unterrichtserfolg hängt wesentlich mit davon ab, daß der Einsatz der Unterrichtsmittel sorgfältig geplant wird und methodisch richtig erfolgt. Rationeller und effektiver Unterricht setzt eine sorgfältig zusammengesetzte Auswahl an Unterrichtsmitteln voraus.

Für die Realisierung der Ziele des Astronomieunterrichts werden durch einen Fachunterrichtsraum und eine Beobachtungsstation oder Schulsternwarte

günstige Bedingungen geschaffen. Die Aufbewahrung und Pflege der Unterrichtsmittel wird dadurch dem Lehrer erleichtert. Der Einsatz der Unterrichtsmittel kann in diesen fachspezifischen Räumen rationeller und effektiver erfolgen.

Planetarien eignen sich zur Veranschaulichung einiger astronomischer Stoffkomplexe und zur aktiven Einbeziehung der Schüler in den Erkenntnisprozeß. Der Besuch solcher Einrichtungen ist z. B. im Rahmen der Wandertage zu empfehlen.

3.3. Planung des Unterrichtsprozesses im Fach Astronomie

Der Lehrer ist verpflichtet, seinen Unterricht auf der Grundlage des Lehrplans zu planen und vorzubereiten. Diese Arbeit vollzieht sich in zwei Stufen:

- der langfristigen Planung von Stoffeinheiten,
- der Vorbereitung der Unterrichtsstunden bzw. der Beobachtungsabende (50; S. 317).

Planung des Lehrers erfolgt nicht einmalig und statisch, sondern vielmehr dynamisch unter Berücksichtigung der Ergebnisse der eigenen Analysen des Unterrichts und der Hinweise aus Hospitationen.

Um den Unterricht richtig zu planen und zu gestalten, muß der Lehrer stets die konkreten Bedingungen der Klasse berücksichtigen. Das erfordert u. a. vom Astronomielehrer noch vor Einsetzen des Astronomieunterrichts die Einsichtnahme in die Analyse des Klassenleiters und Absprachen mit anderen Fachlehrern. Diese Informationen über den erreichten Entwicklungsstand der zu unterrichtenden Klassen sind für diejenigen Lehrer besonders notwendig, die bisher mit den Schülern noch nicht oder nur wenig Kontakt hatten. Aus diesen Gründen können weder die Planung der Stoffeinheiten noch die der Unterrichtsstunden zentral erfolgen und auch keine Schemata für ihre Form gelten. Form und Umfang tragen in Abhängigkeit von den Erfahrungen des Lehrers individuelle Züge (15; S. 477).

Die Nutzung und aktive Verarbeitung bereit gestellter Hilfen (Unterrichtshilfen) und der Erfahrungen anderer Lehrer (Fachzeitschrift, Fachzirkel) für die Planung setzen voraus, daß geprüft wird, ob die Vorschläge den eigenen Bedingungen im Unterricht etwa entsprechen und wissenschaftlich nicht überholt sind (6; S. 454).

3.3.1. Planung von Stoffeinheiten

Am Anfang der Planungsarbeit steht die Aufbereitung von Stoffeinheiten. Für den Astronomieunterricht gibt es zwei Stoffeinheiten: „Das Planetensystem“ und „Astrophysik und Stellarastronomie“; jede von ihnen enthält neben fachspezifischen Zielen auch übergreifende, sowohl solche der ideologischen Erziehung als auch der geistigen Entwicklung. Es werden dazu jeweils unterschiedlich akzentuierte Beiträge geleistet (→ Kapitel 2).

Die Planung einer Stoffeinheit ist dadurch charakterisiert, daß sie

- die grundlegenden Zielstellungen des Lehrplans unter Berücksichtigung der konkreten Bedingungen der Klasse in Teilziele aufgliedert;
- den Stoff – gestützt auf die Festlegungen im Lehrplan – so aufbereitet, daß er zur Realisierung der Ziele maximal genutzt wird;
- über die Grundlinien des Prozesses entscheidet und damit sichert, daß das Lernen und Arbeiten der Schüler zu den geplanten Bildungs- und Erziehungszielen führen kann;
- wesentliche Organisationsformen und Methoden sowie die Unterrichtsmittel festlegt, die in rationeller Weise den Unterrichtserfolg garantieren sollen.

Die Planung einer Stoffeinheit verlangt Überlegungen zu folgenden Punkten:

- Thema der einzelnen Stunden, deren Schwerpunkte und Abschnitte (einschließlich Beobachtungen, Exkursionen zu einer Sternwarte oder einem Planetarium);
- Bedingungen, die den Unterricht beeinflussen;
- vorauszusetzendes Wissen und Können der Schüler;
- Stoff, der zu wiederholen, zu reaktivieren bzw. zu festigen ist;
- Beziehungen zu anderen Unterrichtsfächern und zur gesellschaftlichen Praxis;
- Maßnahmen, die der Entwicklung des Kollektivs und der individuellen Förderung von Schülern dienen und die im Verlauf der Stoffeinheit immer wieder neu zu überarbeiten sind;
- Kontrollmaßnahmen (Kurzarbeit, Heftkontrolle) und langfristige Schüleraufträge;
- Unterrichtsmittel.

Bei der Planung der beiden Stoffeinheiten des Astronomieunterrichts (/ Abschnitt 2.2.) sind zu beachten:

Am Anfang der **Stoffeinheit Planetensystem** stehen Lehrer und Schüler vor einer ganz andersartigen Ausgangssituation als bei Beginn der zweiten Stoffeinheit. Es gilt, das Interesse für das neue Fach zu wecken und in die richtigen Bahnen zu leiten. Die Schüler erleben die ersten Astronomiestunden in einer ganz anderen emotionalen Haltung als die Stunden zu Beginn der Behandlung des astrophysikalischen Stoffes.

Dem muß schon bei der Planung entsprochen werden, jedoch dürfen die ersten Unterrichtsstunden nicht nur emotional ansprechen, sondern sie müssen bereits die geistige Aktivität der Schüler anregen. Das geschieht z. B. dadurch, daß den Schülern durch interessante Fragestellungen und Impulse bewußtgemacht wird, wie viele astronomische Sachverhalte ihnen schon bekannt sind und in welchem Zusammenhang sie diese kennenlernten.

Beim Beginn der Behandlung der **Stoffeinheit Astrophysik und Stellarastronomie** besitzen die Schüler bereits ein höheres Ausgangsniveau. Für die Planung der Gestaltung des Unterrichtsprozesses muß beachtet werden, daß hier mathematische und physikalische Kenntnisse und Methoden besonders zum Verständnis astro-

nomischer Sachverhalte bedeutsam sind. Es geht um ein weiteres Eindringen in die Methoden der Erkenntnisgewinnung. Das kommt besonders zum Ausdruck durch

- den verstärkten, erweiterten Einsatz fachspezifischer Arbeitsverfahren (z. B. bei der Erarbeitung des Begriffes „Leuchtkraft“ der Sonne);
- die stärkere Einbeziehung quantitativer Aussagen;
- die Nutzung des höheren Abstraktionsniveau der Schüler (z. B. HRD als Entwicklungsdiagramm).

3.3.2. Vorbereitung einer Unterrichtsstunde im Fachunterrichtsraum

Bei der Planung der Stoffeinheit wurden bereits die Themen der einzelnen Stunden festgelegt. Die Vorbereitung der Unterrichtsstunde umfaßt u. a. die Festlegung der exakten Zielstellung der Stunde, die logische Gliederung des zu behandelnden Stoffes, die Festlegung des methodischen Weges und dabei die Planung der geistigen und geistig-praktischen Tätigkeiten der Schüler, die zur Aneignung des Stoffes erforderlich sind, die Ausarbeitung des Tafelbildes, die Auswahl der Unterrichtsmittel, die Festlegung der Hausaufgabe. Bei all den hierzu erforderlichen Überlegungen müssen die konkreten Bedingungen, die in der Klasse vorhanden sind, beachtet werden. Das betrifft z. B. das bei den Schülern vorhandene Wissen und Können, ihre Einstellung zum Unterrichtsfach, ihre Lernbereitschaft, ihr Verhalten, das Lehrer-Schüler-Verhältnis, das methodische und fachliche Wissen und Können des Lehrers, aber in gleichem Maße auch die materiellen Bedingungen (Fachunterrichtsraum, Unterrichtsmittel, Unterrichtszeit).

Das Herangehen des Lehrers bei der Vorbereitung einer Unterrichtsstunde kann unterschiedlich sein, aber einige Schritte sind, unabhängig von der Reihenfolge, immer erforderlich. Einige ausgewählte Arbeitsschritte bei der Festlegung des didaktisch-methodischen Ablaufes der Stunde werden im folgenden dargelegt.

Gliederung des Unterrichtsstoffes. Der Lehrer muß den zu behandelnden Stoff fachlich durchdenken und ihn, sowohl logisch als auch dem Denk- und Lernprozeß der Schüler entsprechend, gliedern. Dabei werden ihm die für die Schüler möglicherweise auftretenden Probleme bzw. Schwierigkeiten bewußt, die bei der Festlegung der einzelnen methodischen Schritte beachtet werden müssen.

Festlegung der Zielstellung. Ausgehend von der Gesamtzielstellung für den Astronomieunterricht und von der Planung der Stoffeinheit muß der Lehrer das konkrete Ziel der Stunde hinsichtlich des Wissens und Könnens der Schüler festlegen und sich Klarheit verschaffen über den Anteil an der Erreichung der für die Stoffeinheit festgelegten Zielstellung hinsichtlich der Überzeugungs-, Charakter- und Verhaltensbildung. Dabei muß er sich überlegen, an welchem Stoff, bei welchen geistigen und geistig-praktischen Tätigkeiten diese Zielstellung realisiert werden kann.

Überlegungen zur Zielorientierung. Die Zielorientierung ist darauf gerichtet, das Interesse der Schüler zu wecken, sie im Unterricht zu aktivieren, ihnen die Verbindung des zu erarbeitenden Stoffes mit dem Leben deutlich zu machen. Die Ziel-

orientierung soll so gewählt werden, daß die Schüler erkennen, wie sie schrittweise die Zielstellung für die Stunde erfüllen können.

Beispiel:

Für die Stunde „Die Strahlung der Sonne“, in der dem Schüler erstmalig Fakten und Einsichten der Astrophysik zu vermitteln sind, ist vor der Angabe der Zielorientierung das Ausgangsniveau zu schaffen. Es besteht in der Erkenntnis, daß die Sonnenstrahlung für das Leben auf der Erde notwendig ist und daß die Erdatmosphäre das Leben vor gefährlicher Strahlung schützt. Darauf folgt die Zielorientierung „Wir berechnen die Strahlungsleistung der Sonne, untersuchen die physikalische Natur der Strahlung und die Wirkungen, die sie auf der Erde hervorruft.“ Der weitere Verlauf der Unterrichtsstunde ist durch diese Art Zielorientierung im wesentlichen umrissen. Wird in solcher Weise das Ziel angestrebt, so wird der Unterricht sowohl aktuell als auch emotional erzieherisch wirksam sein.

Festlegung des methodischen Weges bei der Erarbeitung. Aus der Planung der Stoffeinheit ist zu entnehmen, welches Wissen und Können in einer Stunde zu erarbeiten, zu vertiefen und zu erweitern sind. Wird bei der Einführung von Beispielen ausgegangen, so ist, entsprechend dem Prinzip der Einheit von Wissenschaftlichkeit, Parteilichkeit und Lebensverbundenheit, unbedingt solchen der Vorzug zu geben, bei denen der Schüler auf seinen Erfahrungsschatz zurückgreifen kann, um von Beginn des neuen Stoffes an aktiv in die Gestaltung des Unterrichts einbezogen zu werden. Am folgenden Beispiel, für das nochmals das Thema „Strahlung der Sonne“ gewählt wurde, soll deutlich werden, welche Überlegungen zur Festlegung des methodischen Weges führen können.

Für das erste Stundenglied (Berechnung der Strahlungsleistung – „Leuchtkraft“ – der Sonne) bringen die Schüler aus dem Physikunterricht Klasse 9 die Kenntnis der Fotoemission mit. Die Schüler wissen, daß Lichtenergie in elektrische Energie umgewandelt werden kann, die meßbar ist. Als vorbereitende Hausaufgabe ist dieser Zusammenhang zu wiederholen und zu planen. In der Stunde kann die Solarkonstante von den Schülern dem Lehrbuch entnommen und unter Anwendung ihres physikalischen Wissens (Fotoemission) gedeutet werden. Unter Verwendung der Solarkonstanten sollen die Schüler die Leuchtkraft erarbeiten. Der Lehrer kann deshalb planen, mit Hilfe der Prinzipskizze (Tafelbild, Lehrbuch) (S. 67) den Impuls für das selbständige Auffinden der mathematischen Beziehung zur Bestimmung der Leuchtkraft zu geben.

Je nachdem, welcher Unterrichtsführung der Lehrer mehr zuneigt, können die Definitionen der Begriffe **Solarkonstante** und **Leuchtkraft** vor oder nach der Herleitung der mathematischen Beziehung stehen. In unserem Falle wäre es ratsam, die Begriffsdefinitionen erst als Bestandteil der Teilzusammenfassung zu planen. (Die Leuchtkraft kann in einer Hausaufgabe berechnet werden).

Für den zweiten Abschnitt dieser Stunde (Strahlungsarten der Sonne) wäre der Prozeß in umgekehrter Weise zu konzipieren. Hier steht von Anfang an der Begriff **Strahlung** im Mittelpunkt. Der Lehrer wird bereits jetzt das kontinuierliche Spektrum des sichtbaren Lichtes demonstrieren, um das Ausgangsniveau für die folgenden Stunden zu sichern.

An diesen Beispielen wurde deutlich, wie das Ziel und der gewählte Inhalt die methodischen und organisatorischen Verfahren bestimmen, wie Wissen und Können

nen im Astronomieunterricht reaktiviert und schon bei der Planung und Vorbereitung sinnvoll einbezogen werden können. Gleichmaßen sind bei der Festlegung des methodischen Weges die im Fachunterrichtsraum vorhandenen Möglichkeiten zur Veranschaulichung, zur Demonstration und zum Experimentieren zu beachten.

Festlegen von Übungen, Wiederholungen und Kontrollen. Übungen, die zu Fertigkeiten führen, treten an speziell astronomischen Unterrichtsgegenständen im Zusammenhang mit der Handhabung der Sternkarten auf. Diese sind bei jeder sich bietenden Gelegenheit innerhalb des Lehrgangs sinnvoll für den methodischen Ablauf einer Unterrichtsstunde zu planen, wofür sich die frontale Unterrichtsführung als häufigste Organisationsform am effektivsten erwiesen hat. Ebenso notwendig muß die Orientierung am Sternhimmel häufig geübt werden, denn wer nur mit der Sternkarte umgehen kann, hat noch nicht die Fertigkeit erworben, sich auch in der Natur zurechtzufinden. Da die Orientierung am Sternhimmel auch unter dem Aspekt der Wehrerziehung wichtig ist, sollte dem Üben im Orientieren unbedingte Aufmerksamkeit bei der Planung gewidmet werden. Diese Übungen sind nicht an bestimmte Unterrichtsstunden (einschließlich der beiden Beobachtungsabende) gebunden.

So können z. B. ausgewählte Lichtbilder der Reihe R 608 „Sternbilder“ im Unterricht immer wieder gezeigt werden, damit die Schüler Sicherheit im Erkennen erlangen. Eine Form der Übung, die gleichzeitig die Selbsttätigkeit der Schüler fördert und ihren Willen stärkt, wird durch kurzzeitig belichtete Sternstrichspuraufnahmen möglich. Ein oder mehrere Schüler fotografieren Sternbilder (die mit dem Lehrer gemeinsam ausgewählt worden sind). Die Schüler der Klasse müssen die Sternbilder erkennen. Sie schreiben ihre Ergebnisse auf einen Zettel. Die „Fotografen“ werten die Lösungen aus und informieren den Lehrer.

Bei der Planung des Übens ist auch die Arbeit mit dem Lehrbuch, das Lesen und Auswerten von Tabellen und Diagrammen zu berücksichtigen.

Auch für die Planung von **Wiederholungen** gilt im Astronomieunterricht, daß diese didaktische Funktion nicht isoliert auftritt. Oft wird das zu Wiederholende sofort mit einer Anwendung, als Baustein einer Kette neuer Erkenntnisse auftreten. Das gibt dem Astronomielehrer die Möglichkeit, die Wiederholung immer dort zu planen, wo es gilt, Vergleiche anzustellen.

Zum Beispiel kann der Begriff „Planet“ sogar bei Behandlung der Helligkeit der Sterne wiederholt werden. Ist die Erarbeitung „scheinbare und absolute Helligkeit der Sterne“ abgeschlossen, eignet sich der Vergleich mit den Planeten in ausgezeichneter Weise, zu wiederholen und gleichzeitig zu begründen, weshalb für Planeten nur die Angabe ihrer scheinbaren Helligkeit sinnvoll ist.

Wie es innerhalb der Prozeßgestaltung einer Unterrichtsstunde oder im Gesamtlehrgang Astronomie keinen bestimmten Ort für die Wiederholung gibt, so gibt es diesen Ort auch für die **Kontrolle** nicht (→ Abschnitt 3.4.).

Wenn der Lehrer z. B. die solar-terrestrischen Beziehungen als letzten Stundenabschnitt zum Thema „Strahlung der Sonne“ behandeln will, dann müssen die Schüler die Erscheinungen der Sonnenaktivität unbedingt kennen. Die Kontrolle dazu unmittelbar in das letzte Stundenglied einzufügen ist weit effektiver, als sie

zu Stundenanfang durchzuführen. Aus der Sicht des Schülers hat die Kontrolle des erreichten Wissens- und Erkenntnisstandes in unmittelbarer Verbindung mit dem neu Anzueignenden dann die Bedeutung der Anwendung.

Zur schriftlichen Vorbereitung einer Unterrichtsstunde. Art und Umfang des Stundenentwurfes hängen stark ab von der pädagogischen Erfahrung des Lehrers und seiner fachlichen Qualifikation. In ihm sollten in jedem Falle enthalten sein:

- die **Ziele** hinsichtlich des Wissens und Könnens und des Anteils an der Herausbildung von Einsichten, Überzeugungen;
- die **Gliederung des Unterrichtsstoffes**, die den Stoff logisch zwingend und für die Schüler faßbar in Portionen aufteilt.
- die zur Erreichung der Ziele anzuwendenden **didaktisch-methodischen Schritte** mit ihrer voraussichtlichen Zeitdauer;
- die **Unterrichtsmittel**;
- die Entwürfe der **Tafelbilder**;
- die Hausaufgabe;
- die **Kontrollmaßnahmen**, so z. B. die in der Unterrichtsstunde besonders zu fördernden bzw. zu kontrollierenden Schüler.

3.3.3. Vorbereitung eines Beobachtungsabends

Allgemeine Fragen der Planung

Dieser Teil der Vorbereitung wird umfassend dargestellt. Es soll deutlich werden, daß gerade für den Erfolg des Beobachtungsabends neben den methodischen Überlegungen die organisatorische Arbeit sehr entscheidend ist und auch nachhaltig positiv auf die Disziplin der Schüler wirkt.

Die erste Vorbereitungsarbeit auf die Beobachtungsabende ist unter der Elternschaft – zu Beginn des Schuljahres oder besser noch während die Schüler die Klasse 9 besuchen – zu leisten. Während eines Klassenelternabends sollten Informationen über Ziele und Organisation der Beobachtungsabende gegeben werden. Dabei sind die Zeitdauer, die Häufigkeit und der Weg zum Beobachtungsort für die Erziehungsberechtigten von besonderem Interesse.

Die Organisation ist abhängig davon, ob

- die Schule über eine eigene astronomische Beobachtungsstation verfügt,
- die Beobachtungsstation im Schulort liegt,
- die aufgesuchte Beobachtungsstation über ein oder über mehrere Beobachtungsinstrumente verfügt.

Zur langfristigen Vorbereitung des Lehrers ist es erforderlich,

- den Ort für die Beobachtung festzulegen, wenn keine Beobachtungsstation vorhanden ist;
- den für die zu beobachtenden Objekte günstigen Zeitraum auszuwählen (4; S. 107);
- die Auswahl der zu bearbeitenden Beobachtungsaufgaben zu treffen;

- die in den Aufgaben gestellten Anforderungen durch eigene Beobachtungen zu kennen und Hinweise für die Klasse festzulegen, damit alle Schüler die zu stellenden Ziele erreichen können;
- eine genaue Übersicht über die zur Verfügung stehenden Beobachtungs- und Meßinstrumente zu besitzen und sich von der Funktionstüchtigkeit der Geräte zu überzeugen;
- sich klar zu sein, welches Wissen, welche Gesetze, Gesetzmäßigkeiten und Fähigkeiten beim Schüler aktiv sein müssen und deshalb vor der Beobachtung zu wiederholen sind (4; S. 108).
- den organisatorischen Ablauf während des Beobachtungsabends festzulegen, um darüber zu entscheiden, in wie viele Gruppen die Klasse aufgeteilt wird, welche Schüler zur jeweiligen Gruppe gehören, wie der Stationswechsel erfolgt (41; S. 86 ff.) und welche Schüler für eine bestimmte Gruppe (bzw. für ein bestimmtes Beobachtungs- oder Meßinstrument) verantwortlich sind.

Erst wenn der Lehrer sich über diese Probleme Klarheit verschafft hat, kann er seine Schüler im Unterricht auf die Beobachtung vorbereiten. Dazu gehören:

- Bekanntgabe des Ortes der Beobachtung und des Zeitpunktes für die einzelnen Gruppen (einschließlich der Ersatzzeiten für den Fall eines Witterungsumschlages);
- Bekanntgabe des Ablaufplanes und der Aufgaben des Lehrbuches;
- Hinweise zur Anlage und Vorbereitung des geforderten Protokolls und der bereits anzustellenden Vorüberlegungen;
- die Information, welche Hilfsmittel benötigt werden und wie vor der Beobachtung ein Zeitvergleich durchzuführen ist.

Da das schuleigene Beobachtungsinstrument (Schulfernrohr mit Winkelmeßeinrichtung (42; S. 120 f. und 8; S. 88 f.) bereits in der zweiten Unterrichtsstunde des Lehrgangs vorgestellt und in seiner Funktionsweise beschrieben wird, bedarf es im Unterricht vor dem Beobachtungsabend keiner abermaligen Unterweisung. Trotzdem ist den Schülern aufzutragen, Sinn und Zweck der Fernrohrbeobachtung zu wiederholen.

Die Vorbereitung des Lehrers kurz vor dem Beobachtungsabend hat unter folgenden Gesichtspunkten zu erfolgen – unabhängig davon, welchen Ausstattungsgrad die Schule oder der Beobachtungstützpunkt (→ Abschnitt 3.2.3.) erreicht hat:

- Welche Ziele hinsichtlich des Wissens, des Könnens und der Erziehung werden mit den Einzelaufgaben verfolgt, und welche Ergebnisse müssen aus der Beobachtungstätigkeit erwachsen? (Mindestangaben im Protokoll – Abschnitt 3.5.4. Protokollbeispiele)
- Bei welchen Aufgaben muß vor der Beobachtung das Ergebnis der „Vorüberlegungen“ als Einstimmung herangezogen werden bzw. welche Impulse können die Zielgerichtetheit der Beobachtungstätigkeit erhöhen?
- Wie wird der Beobachtungsabend organisatorisch und methodisch gestaltet, damit das Ziel in der vorgegebenen Zeit erreichbar ist, und in welcher Weise werden die Ergebnisse in dem nachfolgenden Unterricht ausgewertet?

- Nach welchen Gesichtspunkten werden die Protokolle der Schüler kontrolliert und gegebenenfalls bewertet?

Selbstverständlich ist auch die didaktisch-methodische Seite der Beobachtungen in die Vorbereitung einzubeziehen. Die „Orientierungsaufgaben“ sind in Teilschritte aufzugliedern. Denn je sicherer die Schüler sich in der Orientierung fühlen, desto freudiger werden sie auch selbständig (über die obligatorischen Aufgaben hinaus) beobachten. Die Anleitung zum Auffinden der Sternbilder mit Hilfe geeigneter „Leitlinien“ ist der einprägsamste Weg.

Ebenso vorteilhaft ist die Vorgabe bestimmter Maße für die anzufertigenden Skizzen. Den Durchmesser der Planetenskizze sollte man nicht über 2 cm ausdehnen (Venus, Jupiter und Saturn), weil dadurch das maßstabgerechte Einzeichnen der Stellung der Monde, der Ringdimensionen, aber auch die Phasengestalt wesentlich erleichtert wird. (Für den Erdmond in Aufgabe A 5 hat sich ein Skizzendurchmesser von 6 cm als geeignet erwiesen.)

Die Vorhaben zur Auswertung der Beobachtung unterscheiden sich qualitativ voneinander, da das Objekt entweder schon theoretisch im Unterricht besprochen wurde oder erst noch besprochen wird. Die Auswertung muß sowohl Fehlerbetrachtungen (wie z. B. bei den Messungen von Gestirnsörter und Winkeldistanzen sowie bei der Bestimmung der Färbung des Sternlichtes) als auch theoretische Begründungen für wahrgenommene Phänomene (Phasengestalt der Venus, Abplattung der Riesenplaneten etc.) enthalten. Sie muß weiter genutzt werden für Erklärungen von Zusammenhängen, die im Unterricht erst nach der Beobachtung hinreichend aufzudecken sind (Vermutungen, Deutungen).

Mit der Bereitstellung der Unterrichtsmittel (Fernrohr, Meßhilfen, Sternkarten) und der Notierung der Koordinaten der zu beobachtenden Objekte – falls damit gearbeitet werden soll – schließt die Vorbereitung unmittelbar vor Beginn der Schülerbeobachtungen ab.

Ablaufpläne für einen Beobachtungsabend

Um die obligatorischen Beobachtungsaufgaben an den vorgesehenen zwei Abenden im Jahrgang erfüllen zu können, wird eine **Ausstattung mit mehreren Schulfernrohren an einem Beobachtungsstandort als optimal betrachtet**. Daher ist es sinnvoll, für mehrere Schulen gemeinsame Beobachtungsstationen zu schaffen (↗ Abschnitt 3.2.3.). Im folgenden wird von einer Beobachtungsstation mit vier Beobachtungsmöglichkeiten (Stationen) ausgegangen. Für diesen Fall ist es sinnvoll, Ablaufpläne für die Beobachtungen der einzelnen Schülergruppen zu erarbeiten und schon während des Unterrichts am Vormittag den Schülern zu geben.

Für beide Beobachtungsabende werden im folgenden Pläne als Empfehlung mitgeteilt, die – je nach den örtlichen Gegebenheiten – variierbar sind (↗ Tabellen 5 bis 8).

Sie unterscheiden sich voneinander nicht nur inhaltlich, sondern auch im Aufbau. Bei ersterem wird auch deutlich, in welcher Weise Helfer die Durchführung des Beobachtungsabends unterstützen. Solche Helfer können z. B. interessierte Schüler, oder Teilnehmer einer astronomischen Arbeitsgemeinschaft sein.

Tabelle 5

Programm und Unterrichtsmittel für den Beobachtungsabend

Station	Mitte	I	II	III
Aufgabe	Einweisung und Abschluß	A 1 und A 2	A 3 und A 4 oder A 3 und A 7	A 4 und A 5 oder A 3 und A 7
Ausstattung der Station	Sternkarte, Mondkarte (Lehrbuch S. 34)	Sternkarte, Lineal, Uhr, Stableuchte	Telementor, azimuthal; mit Okular $f = 25$ mm Mondkarte, Uhr	Telementor; parallaktisch mit Okular $f = 16$ mm, Mondkarte, Uhr

Tabelle 6

Durchlaufplan für den Beobachtungsabend 1

Station Minuten	Mitte	I	II	III
	Gruppen Lehrer Aufgabe	Gruppen Lehrer Aufgabe	Gruppe Helfer Aufgabe	Gruppe Helfer Aufgabe
5	1 und 2 L. u. H. 3		./.	./.
10	Einweisung		H. 1	H. 2
15		3 und 4 L. u. H. 3	Aufbauen	Aufbauen
20			Horizontkoordinaten der Beobachtungsobjekte bestimmen	Mond- oder Planetenskizze anfertigen
25		— Aufgabe A 1		
30		— A 2 für Hausaufgabe vorbereiten		
35	3 und 4 L. u. H. 3		1 H. 1	2 H. 2
40	Einweisung		Koordinaten messen;	Mond (Planet) skizzieren;
45		3 und 4 L. u. H. 3	Mondort (Planetenort)	beleuchteten Teil schätzen
50				
55			2 H. 1	1 H. 2
60		— Aufgabe 1	Koordinaten messen;	Mond (Planet) skizzieren;
		— Aufgabe 2 für Hausaufgabe vorbereiten	Mondort (Planetenort)	beleuchteten Teil schätzen

Station Minuten	Mitte	I	II	III
	Gruppen Lehrer Aufgabe	Gruppen Lehrer Aufgabe	Gruppe Helfer Aufgabe	Gruppe Helfer Aufgabe
65 70		1 und 2 Lehrer Zusammenfassung	3 H. 1 Koordinaten messen; Mondort (Planetenort)	4 H. 2 Mond (Planet) skizzieren; beleuchteten Teil schätzen
75 80 85 90	1 und 2 H. 3 W: Messen mit Lineal und Hand Protokoll.- Erde (L)		4 H. 1 Koordinaten messen; Mondort (Planetenort)	3 H. 2 Mond (Planet) skizzieren; beleuchteten Teil schätzen
95 100		3 und 4 Lehrer Zusammenfassung	./. H. 1 Koordinaten (Horizont) erneut messen und an Lehrer übergeben	./. H. 2 Skizze wieder- holen und an Lehrer übergeben
105 110 115 120	3 und 4 H. 3 W: Messen mit Lineal und Hand Protokoll.- Erde (L)		Abbau der Station	Abbau der Station

Wechsel der Stationen nur auf Anweisung der Helfer!
Schäden sofort melden!

Tabelle 7**Programm und Unterrichtsmittel für den Beobachtungsabend 2**

(Schule)

(Namen der zur Gruppe gehörenden Schüler)

(Klasse)

Gruppe 1

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Verantwortlich:

Zeit von	bis	Station	Aufgaben des Lehrbuches	Ausstattung der Station	Besondere Hinweise
19.00	19.15	Mitte	A 6 Sternbilder II	Sternkarte, Stableuchte, Uhr	Lehrer mit allen Schülern
19.16	19.36	I	A 7 Planet	Schulfernrohr, Sternkarte, Uhr	Objekt: Saturn Skizze anfertigen (\varnothing Saturn = 2 cm)
19.37	19.57	II	A 9 Doppelstern	Schulfernrohr, Sternkarte, Uhr	Okulare: $f_1 = 25$ mm $f_2 = 16$ mm Skizze anfertigen (Gesichtsfeld $\varnothing = 4$ cm)
19.58	20.17	III	A 10 Sternhaufen	Schulfernrohr, Sternkarte, Uhr	Okular $f_1 = 25$ mm
20.18	20.30	Mitte	A 8 (scheinbare Helligkeit u. Färbung des Sternlichtes) Zusammenfassung	Sternkarte, Stableuchte	Lehrer mit allen Schülern. Einführung; A 8 ist in häuslicher Beobachtungsarbeit abzuschließen Abgabetermin:
20.31	20.45	Abbau der Stationen			

Schäden am Beobachtungsinstrument sind sofort zu melden!

Tabelle 8
Durchlaufplan für den Beobachtungsabend 2

Station		Mitte	I	II	III
Zeit von bis	Aufgabe	A 6 A 8 + Zu- sammen- fassung	A 7	A 9	A 10
19.00	19.15	Klasse	—	—	—
19.16	19.36	—	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
19.37	19.57	—	Gruppe 3	Gruppe 1	Gruppe 2
19.58	20.17	—	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 1
20.18	20.30	Klasse	—	—	—
20.31	20.45	Abbau der Stationen			

Schäden melden!

(Der Stationswechsel erfolgt bei einem verabredeten Signal)

Die empfohlenen Durchlaufpläne sind an einer Schule mit Mindestausrüstung und auch bei allen Beobachtungsstationen mit fortgeschrittenerem Ausrüstungsstand realisierbar.

Natürlich läßt die beschriebene Organisationsform noch mehr Stationen zu. Sie gestattet auch, daß der Lehrer während des Stationsbetriebes von Gruppe zu Gruppe geht, um entweder helfend, steuernd oder kontrollierend tätig zu sein. Der Einsatz von Helfern erleichtert seine Arbeit. Für jede Station sollte ein Helfer anwesend sein. Stationsbetrieb besitzt außerdem den Vorteil, daß an ein und derselben Station jeweils die gleiche Aufgabe bearbeitet wird, was für die Benutzung von (Ersatz-) Instrumenten vorteilhaft wird. Zum Beispiel kann ein Feldstecher für Aufgabe A 10 (Sternhaufen) (5; S. 127) zum Einsatz kommen.

Zur Auswahl der Beobachtungsaufgaben. Bei der Durchführung von Schülerbeobachtungen treten immer wieder Zeitprobleme auf. Wenn mit wenigen Instrumenten und vielen Schülern einer Klasse beobachtet werden muß, dann ist es ratsam, die Beobachtungsaufgaben aus dem Lehrbuch so zu verändern bzw. zu kombinieren, daß zwar der zeitliche Aufwand geringer wird, die im Lehrplan formulierten Ziele und Beobachtungsinhalte jedoch gewahrt bleiben.

Für das Beispiel der Aufgabenkombination A 3 bis A 5 wird zugleich dargestellt, welche Aufgaben für die Helfer zu planen sind.

Beispiel 1:

Kombination mehrerer Aufgaben des Lehrbuches

A 3 bis A 5 Erdmond und astronomische Koordinaten

Aufgabe:

Messen Sie den scheinbaren Durchmesser des Mondes und seinen Ort am Himmel zur Beobachtungszeit!

Beobachten Sie die Mondoberfläche im Fernrohr!

Vorbetrachtungen:

1. Welche Beziehung besteht zwischen scheinbarem Durchmesser d' in Grad, wahrem Durchmesser d in km und Entfernung r in km?
2. Welche Phase hat der Mond am Beobachtungstag? – Schätzen Sie, wieviel Prozent der erdzuwandten Seite des Mondes beleuchtet sind!

Geräte und Hilfsmittel: Winkelmeßgerät (am Fernrohr), Uhr, Sternkarte, Lineal (mit 57 cm langer Schnur), Fernrohr

- | | | |
|--------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Fernrohr: | $f_{\text{Obj.}} = 540 \text{ mm};$ | $f_{\text{Ok.}} = 25 \text{ mm}$ |
| 2. Fernrohr: | $f_{\text{Obj.}} = 840 \text{ mm};$ | $f_{\text{Ok.}} = 16 \text{ mm}$ |

Arbeitsanweisungen:

1. Messen Sie am Fernrohr 1 die Höhe des Mondes und seinen Richtungswinkel auf dem Horizont! (Süden = 0°)
2. Stellen Sie mit der Sternkarte fest, in welchem Sternbild der Mond zur Beobachtungszeit steht!
3. Beobachten Sie den Mond am Fernrohr 2! Skizzieren Sie seine Phasengestalt! (Durchmesser der Mondskizze $d = 4 \text{ cm}$)
4. Zeichnen Sie in die Skizze auffällige Oberflächenerscheinungen des Mondes an seiner Licht-Schatten-Grenze ein!
5. Vergleichen Sie den Anblick des Mondes bei der Beobachtung mit und ohne Fernrohr! Geben Sie dafür eine Begründung!

Hausbeobachtung:

6. Ermitteln Sie mit dem Lineal in 57 cm Augenabstand den scheinbaren Durchmesser des Mondes in cm! (Die Anzahl der Zentimeter entspricht der gleichen Anzahl der Winkelgrade.)
7. Wiederholen Sie Ihre Messung und bilden Sie den Mittelwert! (Fehlerbetrachtung)

Auswertung:

1. Welche Oberflächenerscheinung des Mondes haben Sie in Ihrer Skizze erfaßt? Vergleichen Sie mit der Mondkarte des Lehrbuches, S. 34!
2. Lösen Sie mit dem in der Hausbeobachtung ermittelten Mittelwert des scheinbaren Monddurchmessers Aufgabe 16 des Lehrbuches, S. 107!

Protokoll:

Der Kreis für die Mondskizze ist bereits zu Hause vorzubereiten!

Tabelle 9**Aufgaben der Helfer bei Schülerbeobachtungen zu den Aufgaben A 3 bis A 5**

Zeit	Helfer 1	Helfer 2	Helfer 3
18.25 bis 19.00	Aufbau des Fernrohrs 50/540 mit Okular $f = 25$ mm, Stativ und Montierung des Schulfernrohres. – In Nord-Süd-Richtung stellen. Höhe und Azimut des Mondes messen, Zeit festhalten und die Werte auf Zettel notieren.	Aufbau des Fernrohres 63/840 mit Okular $f = 16$ mm. Meridianstellung der Montierung kontrollieren; Mondphase zeichnen ($\varnothing = 4$ cm) und mehrere Oberflächenerscheinungen am Terminator lagerichtig eintragen (nach Mondkarte benennen) und Zeit der Beobachtung angeben!	Einräumen des Aufenthaltsraumes Hilfe bei den Stationen 1 und 2
bis 19.15	Gruppe 1 die Handhabung des Gerätes erklären und vormachen. – Einzeln messen lassen. Zeit der Beobachtung festhalten lassen. Mit Sternkarte Mondort bestimmen lassen! Wenn genug Zeit, einen Planeten einstellen und nur anschauen lassen	Gruppe 2: Jeden Schüler einzeln die Phase skizzieren und zwei Erscheinungen am Terminator eintragen lassen. Zeitbestimmung festhalten lassen. Vergleich des Mondanblicks mit und ohne Fernrohr durchführen lassen. Beleuchteten Teil der Mondscheibe schätzen lassen!	Hilfe bei den Stationen 1 und 2
bis 19.30	Gruppe 2 (siehe oben!)	Gruppe 1 (siehe oben!)	
bis 19.45	Gruppe 3 (siehe oben!)	Gruppe 4 (siehe oben!)	Gr. 1 und 2 in das Zimmer führen. – Aufsicht bei Protokoll (Vgl. mit Mondkarte);

Zeit	Helfer 1	Helfer 2	Helfer 3
bis 20.00	Gruppe 4 (siehe oben!)	Gruppe 3 (siehe oben!)	Erklären der Schätzmethode mit Hand und des Meßvorgangs mit Lineal und Schnur.
	danach: a und h messen, Zeit bestimmen und notieren (Zettel an Lehrer!)	(Mondskizze an Lehrer!)	Aus dem Haus entlassen
bis 20.30	Abbau der Stationen!		Gruppen 3 und 4 (s. o.)

(Schäden dem Lehrer melden)

Beispiel 2:

Kombination zweier Aufgaben des Lehrbuches

A 3 und A 7 Planet und astronomische Koordinaten

Aufgabe:

Beobachten Sie am Fernrohr Einzelheiten eines hellen Planeten, und messen Sie den scheinbaren Ort des Planeten am Himmel zur Beobachtungszeit! (Planet wird vom Lehrer bestimmt!)

Vorbetrachtungen:

1. Welche Merkmale hat ein Planet? (Physikalisch, Bewegungen)
2. Nach welchen Gesetzen bewegen sich Planeten? (Formulieren Sie die Gesetze!)

Geräte und Hilfsmittel:

Winkelmeßgerät am Fernrohr 1,

Fernrohr 2, Uhr, Sternkarte,

abgeblendete Leuchte

- | | | |
|--------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Fernrohr: | $f_{\text{Obj.}} = 540 \text{ mm};$ | $f_{\text{Ok.}} = 25 \text{ mm}$ |
| 2. Fernrohr: | $f_{\text{Obj.}} = 840 \text{ mm};$ | $f_{\text{Ok.}} = 16 \text{ mm}$ |

Arbeitsanweisungen:

1. Bereiten Sie zu Hause die Planetenzeichnung durch einen Kreis von 6 cm Durchmesser vor! Das ist das Gesichtsfeld im Fernrohr 2.
2. Messen Sie am Fernrohr 1 die Höhe des Planeten und seinen Richtungswinkel auf dem Horizont! (Süden = 0°)
3. Stellen Sie mit der Sternkarte fest, in welchem Sternbild der Planet zur Beobachtungszeit steht!
4. Beobachten Sie den Planeten am Fernrohr 2! Zeichnen Sie in den vorbereiteten Kreis (Gesichtsfeld)
 - a) bei **Venus** die beobachtete Lichtgestalt maßstabgetreu ein!
 - b) bei **Jupiter** die Größe des Planeten maßstäblich ein!
 - c) bei **Saturn** die Größe des Planeten maßstäblich ein!

5. a) Halten Sie bei **Venus** im Protokoll fest, in welcher Richtung die Sonne stehen muß!
- b) Tragen Sie bei **Jupiter** die hellen Monde im richtigen Abstand zum Planeten in die Skizze ein! Benutzen Sie den gezeichneten Planetendurchmesser als Maßstab für die Abstände der Monde!
- c) Skizzieren Sie das Ringsystem bei **Saturn** im richtigen Maßstab! Achten Sie auf die Lageorientierung des Ringsystems!

Auswertung:

- a) Wieso zeigt Venus Phasengestalt, ähnlich wie der Mond?
- b) Lassen sich aus den von Ihnen beobachteten Abständen der Monde vom Jupiter deren wahre Entfernungen ableiten? Begründen Sie ihre Aussage!
- c) Wovon hängt bei Saturn die scheinbare Öffnung des Ringes ab?

Beispiel 3:

Veränderung einer Aufgabe des Lehrbuches

A 10 Offene Sternhaufen

Vorbetrachtungen:

1. Offene Sternhaufen sind Ansammlungen von Sternen in unserem Milchstraßensystem, die räumlich zusammengehören.
Was läßt sich daraus schlußfolgern, daß die Sterne unterschiedliche Helligkeiten haben?
2. Je stärker die Vergrößerung, desto kleiner ist das Gesichtsfeld im Fernrohr. Und: Je kleiner der Objektdurchmesser, desto geringer ist der Intensitätsgewinn an Licht durch das Fernrohr gegenüber dem Auge.
Beurteilen Sie die Wahl der Vergrößerung und des Objektdurchmessers für die Beobachtung von Sternhaufen und begründen Sie die Entscheidung!

Geräte und Hilfsmittel:

Uhr, Sternkarte, Fernrohr mit zwei Vergrößerungen

Arbeitsanweisungen:

1. Suchen Sie die Plejaden (Sternbild Stier) ohne Fernrohr am Himmel auf! Orientieren Sie sich mit der Sternkarte! Wieviel Sterne erkennen Sie?
2. Beobachten Sie den Sternhaufen zunächst mit geringer, dann mit stärkerer Vergrößerung im Fernrohr! Beschreiben Sie die Veränderungen im Fernrohranblick (Überschaubarkeit des Haufens; Anzahl der sichtbaren Sterne; Helligkeit und Färbung des Sternlichtes; gegenseitiger Abstand der Sterne) nach dem Wechsel der Vergrößerung!
3. Achten Sie bei der Beobachtung auf die unterschiedlichen Farben der Sterne! Protokollieren Sie, welche Färbungen des Sternlichtes Sie beobachten und welche Farbe davon bei der überwiegenden Anzahl der Sterne auftritt!

Auswertung (im nachfolgenden Unterricht):

1. Welche Schlüsse lassen die Ergebnisse der Farbbeobachtung zu?
2. Was folgt aus Vorbetrachtung 1 für die Entwicklung der Sterne innerhalb eines Haufens? Gibt es dafür in Ihrer Beobachtung ein Ergebnis?

Jeder Lehrer sollte sich gründlich über die Einsatzmöglichkeiten eines Planetariums informieren. Bereits bei der **Planung** der Stoffeinheit (\nearrow Abschnitt 3.3.1.) sollte ein entsprechender Besuch berücksichtigt werden. Dabei sollte das Zeiss-Planetarium mit seinen speziellen didaktisch-methodischen Möglichkeiten zusammen mit den an der Schule vorhandenen Unterrichtsmitteln in die Überlegungen einbezogen werden.

Der vorgesehene Unterricht im Planetarium sollte vorrangig der Behandlung jener Themen dienen, für deren effektive Behandlung an der Heimatschule nur unzureichende materielle Voraussetzungen vorhanden sind. Das könnten z. B. sein: die Koordinatensysteme, die scheinbare Himmelsbewegung mit ihren astronomischen Folgeerscheinungen, der scheinbare Bahnverlauf der Sonne, des Erdmondes und der Planeten vor dem Sternhimmel und schließlich ausgewählte Planetenkonstellationen mit ihren Beobachtungsbedingungen. Es handelt sich also um schwer überschaubare Zusammenhänge und um räumlich darzustellende Beziehungen, die anschauliche Vergleiche und rationelle Übungsvarianten erfordern.

Der Astronomielehrer hat während der **Vorbereitung** eine Reihe wichtiger Entscheidungen zu treffen. Zuerst muß er überlegen, welche Unterrichtsstoffe im Planetarium effektiver als in der Heimatschule behandelt werden können. In diesem Zusammenhang ist die Entscheidung über die didaktisch-methodische Funktion der Planetariumsstunden innerhalb des gesamten Astronomielehrganges und der Zeitpunkt für die geplante Exkursion zu treffen, damit der Besuch eines Planetariums, der nicht länger als zwei Unterrichtsstunden dauern sollte, zu einem nachhaltigen Erlebnis der Schüler wird.

Das Vorhaben erfordert eine rechtzeitige Anmeldung in einem Planetarium. Sie sollte bereits zu Beginn des Schuljahres erfolgen. Eine Verständigung mit dem Leiter des Planetariums über den vorgesehenen Inhalt und die angestrebten Ergebnisse ist notwendig. Sie sollten auch Angaben zum Entwicklungsstand des Klassenkollektivs im pädagogischen Prozeß sowie Vorschläge für die didaktisch-methodische Gestaltung enthalten.

Der Astronomielehrer wird innerhalb seiner Vorbereitungen auch prüfen, ob die Klasse z. B. im Rahmen der Vorbereitung auf die Jugendweihe schon ein Planetarium besucht hat und welche Erkenntnisse davon noch reaktivierbar sind.

Ebenso wichtig ist aber auch die fachspezifische Vororientierung. Es ist günstig, wenn der Lehrer den Schülern vor Antritt der Exkursion die Zielorientierung und einige Aufträge für die Unterrichtsstunden im Planetarium gibt. Damit wird er rechtzeitig die Aufmerksamkeit der Schüler auf das Wesentliche lenken.

Beides fördert ihre Konzentration und Aufmerksamkeit. Es gehört auch zur sorgfältigen Vorbereitung, daß alle Schüler die notwendigen Arbeitsmaterialien mitbringen, z. B. Sternkarte, Notizblock, Lehrbuch.

Trotz der zahlreichen Vorzüge, die das Planetarium hat, sind von jedem Lehrer auch dessen Grenzen hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten zu beachten. So kann eine Stunde im Planetarium wohl zur gezielten Vorbereitung der Beobachtung von

Sternbildern und Planeten beitragen, aber deren Aufsuchen in der Natur nicht ersetzen. Ein Planetariumsbesuch ersetzt auch keine der im Lehrplan vorgeschriebenen Fernrohrbeobachtungen, obwohl einige der Planeten in fernrohrähnlichem Anblick am Planetariumshimmel dargestellt werden.

Zusammenfassung

Der Unterricht ist langfristig und sorgfältig zu planen, jede Unterrichtsstunde ist gewissenhaft vorzubereiten; Ziele, Grobstrukturen des Inhalts, methodische Schritte in Verbindung mit Unterrichtsmitteln und Organisationsformen sind festzulegen. Tafelbilder oder Übersichten auf Projektionsfolien sollten im Stundenentwurf unbedingt enthalten sein.

Für die Planung der Stoffeinheiten und die Vorbereitung der Unterrichtsstunde gibt es keine allgemeingültigen Schemata. Ihre Form und ihr Umfang hängen im wesentlichen ab von den Erfahrungen des Lehrers und von der Klassensituation.

Obligatorische Schülerbeobachtungen sind Unterricht, der infolge zeitlicher und räumlicher Lage und Bedingungen gesonderter Organisationsformen bedarf. Diese sind ebenso gründlich zu durchdenken wie die pädagogischen und methodischen Maßnahmen. Zur Vorbereitung gehören die Unterweisungen und Informationen, die den Schülern noch vor dem Beobachtungsabend gegeben werden, die Planung der Durchführung der Beobachtungen sowie die Planung der Auswertung und Verarbeitung bzw. der Verknüpfung und Anwendung der Beobachtungsergebnisse im theoretischen Unterricht.

Der Besuch eines Planetariums ist bereits bei der langfristigen Planung einer Stoffeinheit zu berücksichtigen. Er muß in Absprache mit dem Planetariumsleiter besonders sorgfältig geplant werden, damit er zu einem lang anhaltenden Erlebnis der Schüler wird. Zur Vorbereitung gehören einige Aufträge für die Schüler.

3.4. Leistungskontrolle im Astronomieunterricht

Im Bildungs- und Erziehungsprozeß kommt der Kontrolle der Schülerleistungen eine wesentliche Rolle zu. Sie tritt in einer jeden Unterrichtsstunde (\nearrow Abschnitt 3.3.) in irgendeiner Form auf und ist vielfach gekoppelt mit der Leistungsbewertung. Eine rationelle, zielgerichtete Durchführung von Kontrollen erfordert vom Lehrer eine gewissenhafte Planung und Vorbereitung, die sowohl die inhaltliche Aufgabenstellung, die Stellung der Kontrolle im Unterricht als auch den Bezug zu den Schülern umfassen muß.

Unter der **Kontrolle** des Wissens und Könnens der Schüler wird der Vergleich des jeweils erreichten Entwicklungsstandes der Schüler mit den Zielen des Unterrichts verstanden. Die Kontrolle konzentriert sich auf wesentliche Schwerpunkte des Astronomieunterrichts, sie wirkt dadurch auf die Schüler orientierend. Eine regelmäßige Kontrolle des Wissens und Könnens der Schüler trägt zur Vervollkommenung und Vertiefung des angeeigneten Wissens und Könnens bei.

Wird das Resultat der Kontrolle eingeschätzt, so wird von der **Bewertung** gesprochen. Diese tritt im pädagogischen Prozeß in verschiedenen Formen auf, im wesentlichen durch Mimik, Gestik und andere Äußerungen des allgemeinen Verhaltens des Lehrers gegenüber den Schülern, in Form mündlicher und schriftlicher Worturteile oder in Form von Zensuren (53; S. 235). Richtig wird die Bewertung durchgeführt, wenn sie die Entwicklung aller Schüler in Richtung auf die gestellten Ziele fördert und nicht hemmt. Bei allen Bewertungen müssen die Bedingungen der einzelnen Schüler und die Situation der Klasse berücksichtigt werden. Leistungskontrollen müssen bereits bei der Planung der Stoffeinheiten (↗ Abschnitt 3.3.1.) und der Vorbereitung der Unterrichtsstunde (↗ Abschnitt 3.3.2.) berücksichtigt werden. Dabei ist darauf zu achten, daß der Inhalt der Leistungskontrolle stets den Zielstellungen des Astronomieunterrichts entspricht. Innerhalb eines Schuljahres darf es zu keiner Überbetonung oder zu keiner Vernachlässigung einer bestimmten Form der Leistungskontrolle kommen, damit alle Persönlichkeitsqualitäten der Schüler gleichermaßen kontrolliert werden.

Im Astronomieunterricht werden verschiedene Formen der Kontrolle angewendet: **schriftliche Leistungskontrollen, mündliche Leistungskontrollen, Kontrollen der praktischen Schülerarbeiten, der Schülerbeobachtungen und der Hausaufgaben.**

Schriftliche Leistungskontrollen

Die schriftliche Kontrolle erfolgt im Astronomieunterricht in der Form der Kurzarbeit von 10 bis 15 Minuten, da nach dem Lehrplan aus Zeitgründen keine längeren Kontrollen zugelassen sind. Schriftliche Leistungskontrollen ermöglichen die gleichzeitige Kontrolle der Leistungen aller Schüler einer Klasse unter annähernd gleichen Bedingungen. Bei den Aufgabenstellungen können individuelle Besonderheiten der Schüler kaum berücksichtigt werden. Mit schriftlichen Leistungskontrollen kann die sichere Beherrschung des lehrplangerechten Stoffes, die Fähigkeit, Fakten im richtigen Zusammenhang und in logischer Folge darzustellen, und der richtige Gebrauch der Fachtermini erfaßt werden. Die Aufgaben der schriftlichen Kontrollen sollen neben dem Reproduzieren von Fakten, Begriffen und Gesetzen die Schüler auch zum Begründen astronomischer Erscheinungen, zum Darstellen physikalischer Zusammenhänge, die astronomischen Sachverhalten zugrunde liegen und zum Auseinandersetzen mit astronomischen Problemen zwingen. Bei schriftlichen Kontrollen muß überprüft werden, in welcher Weise die Aufgaben den Schülern vorgegeben werden, um zeitsparend zu arbeiten und für alle Schüler günstige Bedingungen zu schaffen. Aus der Korrektur und Analyse der schriftlichen Leistungskontrollen erhält der Lehrer neben der Einschätzung des Leistungsstandes der Schüler Hinweise zu seiner bisherigen Bildungs- und Erziehungsarbeit und zugleich zur Vorbereitung des folgenden Unterrichts. Die Korrektur- und Auswertungsarbeiten sollten vom Astronomielehrer innerhalb einer Woche ausgeführt werden, damit sie bereits in der folgenden Unterrichtsstunde wirksam werden können.

Die Aufgaben für die schriftlichen Leistungskontrollen sind exakt zu formulieren. Stets sollte beachtet werden, daß die Formulierungen fachwissenschaftlich ein-

wandfrei und für die Schüler verständlich sind. Im folgenden werden verschiedene Beispiele gegeben und erörtert, was mit diesen Aufgaben kontrolliert werden kann.

Diese Beispiele stehen exemplarisch für verschiedene Aufgabengruppen:

- Aufgaben, mit denen das sichere, exakte Wissen kontrolliert werden kann:
 - Wie groß ist die astronomische Einheit?
Die Antwort ist dann richtig, wenn sie den Zahlenwert und die Einheit enthält.
 - Was ist ein Stern?
Die richtige Antwort muß Aussagen enthalten über Gaskugel, selbstleuchtender Körper, hohe Temperaturen.
- Aufgaben, mit denen das sichere, exakte Wissen und Können kontrolliert werden kann.
 - Aus welchen Schichten besteht die Sonnenatmosphäre?
Fertigen Sie eine Skizze an!
Die Schüler müssen die verschiedenen Schichten der Sonnenatmosphäre nennen, skizzieren und kennzeichnen.
- Aufgaben, mit denen kontrolliert werden kann, ob die Schüler auf der Grundlage eines sicheren Wissens eine Klassifizierung durchführen können:
 - In welche beiden Gruppen können Planeten eingeteilt werden?
Nennen Sie die physikalischen Größen, die Sie zur Festlegung eines Einteilungsprinzips benutzen! Ordnen Sie die Planeten in diese Gruppen ein!
Aus den mittleren Werten von Radius und Masse muß der Schüler die Planeten in erd- und jupiterähnliche klassifizieren können.
- Aufgaben, mit denen kontrolliert werden kann, ob die Schüler ihr Wissen und Können zur Lösung praxisbezogener Probleme anwenden können:
 - Was geschieht, wenn eine Raumsonde, die zum Mond gestartet wurde, die zweite kosmische Geschwindigkeitsstufe nicht erreicht?
Die Schüler stellen dar, daß die Raumsonde, wenn ihre Geschwindigkeit geringer ist als $11,2 \text{ km s}^{-1}$, den Anziehungsbereich der Erde nicht verlassen kann.
 - Beobachten Sie für einen längeren Zeitraum die Bewegungen des Planeten Mars am Sternenhimmel, geben Sie die Beobachtung zeichnerisch wieder, und erklären Sie den Sachverhalt!
Der Schüler braucht die Fähigkeit zum selbständigen Beobachten, zur zeichnerischen Darstellung und kann auf Grund seines Wissens von der unterschiedlichen Bahngeschwindigkeit bei Mars und Erde die Rückläufigkeit des Planeten Mars als Überholvorgang erklären.
 - Nach dem Kalender für Sternfreunde hat der Planet Mars am 12. Dezember die Rektaszension 15 Stunden 8 Minuten und die Deklination minus 17 Grad. Suchen Sie ihn mit Hilfe der drehbaren Sternkarte am Abendhimmel auf!
Die Schüler müssen die Fähigkeit besitzen, mit der drehbaren Sternkarte arbeiten zu können. Sie müssen die Koordinaten des Äquatorsystems in die Koordinaten des Horizontsystems umwandeln und sie bei der Beobachtung anwenden können.

Mündliche Leistungskontrollen

Die Aufgaben für mündliche Kontrollen können sowohl ein Abfragen wesentlicher Fakten, Begriffe und Gesetze beinhalten, als auch die Schüler zu einer erklärenden, beschreibenden oder begründenden Darstellung auffordern.

Mittels der mündlichen Kontrolle kann die Reaktivierung des Wissens und Könnens zu Beginn einer Stunde erfolgen. Sie ist ein gutes Hilfsmittel bei der selbständigen Tafelarbeit und beim Erfassen vieler Fakten. Die mündlichen Kontrollen ermöglichen dem Lehrer, sowohl das Wissen und Können der Schüler als auch das mündliche Ausdrucksvermögen, die Reaktion auf aufgeworfene Fragen und Impulse einzuschätzen.

Damit können die individuellen Besonderheiten eines jeden Schülers besser berücksichtigt werden. So kann der Lehrer leistungsstarken Schülern und leistungsschwächeren Schülern durch spezielle Aufgaben Erfolgserlebnisse schaffen. Bei der Formulierung der Aufgaben sollten die Hinweise und Beispiele, die bei schriftlichen Leistungskontrollen gegeben wurden, beachtet werden. Bei der mündlichen Leistungskontrolle werden die Aufgaben an alle Schüler gestellt, und erst nach einer kurzen Übergangszeit wird ein Schüler zur Antwort aufgefordert, während die anderen Schüler die Antwort zunächst verfolgen und gegebenenfalls anschließend korrigieren oder ergänzen. Es wird also eine geistige Aktivität aller Schüler auch bei der mündlichen Kontrolle gefordert. Die Bewertung der Schülerleistung sollte bei einer mündlichen Kontrolle nicht beim Erteilen einer Zensur stehenbleiben, sondern durch ein Werturteil ergänzt werden, in dem positive Seiten der Schülerleistung und eventuelle Schwächen oder Lücken genannt werden. Berücksichtigt werden müssen dabei die Vollständigkeit und Richtigkeit des Wissens sowie die Art und Weise der Darstellung, die sprachliche Form und die logische Gedankenführung.

Kontrolle praktischer Schülerarbeiten

Durch praktische Schülerarbeiten, wie das Herstellen von Vergleichskörpern zu Planetengrößen, das Anfertigen von Dias astronomischen Inhalts, das Anfertigen astronautischer Modelle oder das Bauen astronomischer Beobachtungsgeräte, können sachgerechtes Wissen und Können überprüft werden. Dabei muß die Bewertung nicht immer mit einer Zensur verbunden sein. Ein lobendes mündliches Urteil, eine Delegierung zur Messe der Meister von morgen oder eine Anerkennung durch den Direktor können positiv auf die Lernhaltung der Schüler einwirken.

Kontrolle der Schülerbeobachtungen

Die Kontrolle bei der Schülerbeobachtung umfaßt sowohl die Beobachtungsergebnisse, die im Protokoll niedergelegt wurden, als auch die Verhaltensqualitäten, die bei der Durchführung der Beobachtung in Erscheinung treten.

Bei der Bewertung des Beobachtungsprotokolls muß der Lehrer entscheiden, ob er eine Punktbewertung vornehmen will oder ob er das Protokoll insgesamt einschätzen will. Das kann sogar von einer Beobachtungsaufgabe zur anderen unterschiedlich sein. Bei angewandter Punktbewertung muß trotzdem die Gesamtein-

schätzung des Protokolls erfolgen. Die Bewertung sollte stets von folgenden Gesichtspunkten ausgehen:

- a) Wie wurden die geforderten „Vorbetrachtungen“ gelöst?
- b) Wie genau sind die Meßwerte oder die geschätzten Werte, die Skizzen (nach richtiger Lageorientierung, Größenwiedergabe der Objekte und ihre Identifizierung)?
- c) Wie erfolgte die Beschreibung der Beobachtung (Wahrnehmungen; beschrittener Weg, um zum Ergebnis zu gelangen)?
- d) Welcher Grad der selbständigen Auswertung wurde erreicht (Erkennen von Gesetzmäßigkeiten; Einschätzung der eigenen Ergebnisse-Fehlerbetrachtung; Bezugnahme auf „Vorbetrachtungen“)?
- e) Wurden die an die Form der Protokolle gestellten Forderungen eingehalten?

Es ist ratsam, aus allen Protokollen eines Schülers an einem Beobachtungsabend eine Gesamtzensur zu bilden. Auch Beobachtungsaufgaben, die in häuslicher Arbeit gelöst wurden, sollten bewertet werden.

Kontrolle der Hausaufgaben

Schriftliche Hausaufgaben treten im Astronomieunterricht in zwei Formen auf, als kurzfristige und langfristige.

Kurzfristige Hausaufgaben beziehen sich jeweils auf den unmittelbar behandelten oder zu behandelnden Stoff. Bei ihrer Stellung treten kaum fachspezifische Besonderheiten auf, deshalb wird auf diese Form nicht näher eingegangen. **Langfristige Hausaufgaben** stellen besonders hohe Anforderungen an die Schüler. Diese Arbeiten können im Fach Astronomie in der Regel über ein halbes Jahr laufen und werden stets auf freiwilliger Grundlage vergeben. Dazu bieten sich Themen zu aktuellen Anlässen und Gedenktagen an. Bei der Kontrolle dieser langfristigen Hausaufgaben muß beachtet werden, daß sie von den Schülern fordern, von einem Quellenstudium auszugehen, eine logische Gliederung des Stoffes vorzunehmen, Begriffe, Gesetze und Fachtermini richtig anzuwenden und eine eigene Stellungnahme darzulegen. Die Ergebnisse langfristiger Hausaufgaben fließen in unterschiedlicher Weise in den Unterricht mit ein. So können die Schüler z. B. die Ergebnisse ihrer Arbeit vor der Klasse vortragen und verteidigen oder sie am Wandfries (→ Abschnitt 3.2.3.) darstellen.

Bei der Bewertung langfristiger Hausaufgaben müssen die Bereitwilligkeit der Schüler, ihre Arbeitseinstellung, ihr Fleiß und ihre Ausdauer berücksichtigt werden.

Beispiele für langfristige Hausaufgaben:

- Leistungsfähigkeit unseres Schulfernrohres;
- Bedeutung der Fotografie für die Entwicklung astronomischer Erkenntnisse;
- Zum Leben und Werk des ...;
- Zur Arbeit mit den Arbeitssternkarten (Eintragung und Interpretation einer Planetenbahn nach vorgegebenen Koordinaten);
- Stellen Sie die Bemühungen der Sowjetunion um die Sicherung des friedlichen Charakters der Raumfahrt dar, und begründen Sie die Notwendigkeit solcher Bemühungen!

3.5. Didaktisch-methodische Behandlung einiger Schwerpunkte des Astronomielehrplans

Wie der Unterrichtsprozeß in seiner Komplexität zur Realisierung einer Zielstellung didaktisch-methodisch gestaltet werden kann und welche fachwissenschaftlichen, pädagogischen und psychologischen Überlegungen der Lehrer bei der Planung berücksichtigen muß, soll an folgenden drei Beispielen aus der Astrophysik und an einem Beispiel aus den astronomischen Schülerbeobachtungen gezeigt werden:

- Entfernung und Helligkeit der Sterne;
- ausgewählte Zustandsgrößen der Sterne, Hertzsprung-Russell-Diagramm als Zustandsdiagramm;
- Sternentwicklung und Sternentstehung, Hertzsprung-Russell-Diagramm als Entwicklungsdiagramm;
- Schülerbeobachtungen.

Die ersten drei Beispiele wurden gewählt, da sie für das Verständnis der Stoffeinheit „Astrophysik und Stellarastronomie“ von prinzipieller Bedeutung sind. In der Übersicht 8 (S. 125) wird die Einordnung dieser Beispiele in die Stoffeinheit verdeutlicht. Im folgenden werden nur zu einzelnen Abschnitten der entsprechenden Unterrichtsstunden methodische Anleitungen gegeben.

3.5.1. Entfernung und Helligkeit der Sterne

In der Astrophysik werden zur Auswertung der Beobachtungsergebnisse über Sternhelligkeiten **Gesetze** angewendet, die eine mathematisch und physikalisch gesicherte Forschungsgrundlage darstellen. Es werden kosmische **Erscheinungen und Vorgänge** erschlossen. Zur fachwissenschaftlichen Verständigung werden fach-eigene Termini (scheinbare Helligkeit, absolute Helligkeit, Größenklasse, Leuchtkraft, Entfernung, Parallaxe, Entfernungsmodul) genutzt.

Himmelskörper können nicht unmittelbar erforscht werden; dennoch ermöglichen spezielle astronomische **Arbeitsmethoden** (z. B. Beobachtungen) das Aufdecken und Verknüpfen von naturwissenschaftlichen Tatsachen (Leuchtkraft, Entfernung) sowie das Erkennen von Zusammenhängen im Weltall.

Hinweise zur didaktisch-methodischen Gestaltung

Zur Zielstellung und Motivation. Ziel dieses Stoffabschnittes ist, den Schülern eine Einsicht in die schwer vorstellbaren Abmessungen im Weltall zu vermitteln. Die Schüler sollen erkennen, daß die Bestimmung der Entfernung der Sterne nicht nur mit Hilfe der trigonometrischen Parallaxe möglich ist, sondern unter anderem auch durch Helligkeitsmessungen erfolgen kann. Um die **Zielstellung** für die Schüler interessant zu gestalten (S. Abschnitt 3.3.) sollte sie in einen Sachverhalt eingekleidet werden, an dem es möglich ist, eine Veranschaulichung der Abmessung vorzunehmen und die Überzeugung der Schüler von der Erkennbarkeit des Weltalls zu festigen.

Beispiel:

Bei der Zielstellung kann angenüpft werden an eine Beobachtung von Sternhelligkeiten am abendlichen Sternhimmel, bei der die von den Schülern empfundenen Helligkeitswerte am Beispiel eines Sternbildes durch Vergleiche geordnet werden. Eine andere Möglichkeit ist das Anknüpfen an eine Demonstration im Klassenzimmer, bei der die Helligkeitsempfindungen mittels zweier Glühlampen verschiedener Leistung und unterschiedlichem Betrachtungsabstand entstehen (s. S. 121).

Hier liegen Beispiele vor, an denen den Schülern bewußtgemacht werden kann, wie durch sinnvolle Forschungsmethoden (Lichtintensitäten als Grundlage für Entfernungsberechnungen, Entfernungsmodul) immer neue Belege für die marxistisch-philosophische These von der Erkennbarkeit der Welt erbracht werden.

Bei der **Motivation** kann davon ausgegangen werden, daß trotz des zu uns gelangten geringen Lichtes von den zu untersuchenden Sternen gesicherte Aussagen über die Struktur des Weltalls erreicht werden. Den Schülern wird bewußtgemacht, daß ihnen bekannte Verfahren für Bestimmungen im außerirdischen Raum versagen. Sie sollen erkennen, daß mit indirekten Methoden Angaben über Sternentfernungen gemacht werden können. Bisher wissen sie, daß mittels geometrischer Messungen (Strecken, Winkel) Entfernungen festgestellt werden können; aber fotometrische Verfahren als Mittel zur Bestimmungsstellung stellen für sie ein völlig neues Verfahren dar.

Zur vorbereitenden Beobachtung. Zur Vorbereitung der Behandlung der Sternhelligkeiten sollte eine gemeinsame Beobachtung der unterschiedlichen Lichtintensitäten am Naturobjekt durch die Schüler erfolgen.

Dabei kann bereits beim Vergleichen der beobachteten Sternhelligkeit mit den Angaben auf der Sternkarte oder der drehbaren Sternkarte der Terminus „Sterngröße“ bzw. „Größenklasse“ eingeführt werden. Der Begriff „Größe“ löst bei Schülern meist eine geometrische Vorstellungsweise aus. Schon am Beobachtungsabend sollte deshalb die Bedeutung der Sternscheibchengröße auf Karten als Merkmal für die auf der Erde vom Stern eintreffende Lichtmenge gekennzeichnet und der Hinweis gegeben werden, daß die kartografische Scheibchengröße nicht mit dem Sterndurchmesser identisch ist. Erfahrungsgemäß liegt der Trugschluß – großes Scheibchen in der Kartendarstellung gleich Riesenstern in Wirklichkeit – in doppelter Weise nahe, weil durch das Wort Stern „größe“ einerseits und die verschiedenen großen Kreisflächen der Sternsymbole in den Kartenwerken andererseits auf die räumlichen Dimensionen eines Sternkörpers geschlossen wird. Diese Betrachtungen, die der Definition für die Größenklasse zugrunde liegen, stellen eine wichtige Voraussetzung für den einwandfreien Gebrauch der Fachsprache dar. Als Synonym zu „Größenklasse“ wird oft „Helligkeitsklasse“ verwendet, da dieser Begriff für die Schüler verständlicher ist.

Sollten schulorganisatorisch und meteorologisch sehr ungünstige Bedingungen vorliegen, so kann der Fall eintreten, daß die Beobachtung erst nach der unterrichtlichen Behandlung erfolgt. In diesem Fall muß bei der Erarbeitung von einer Demonstration im Klassenraum ausgegangen werden.

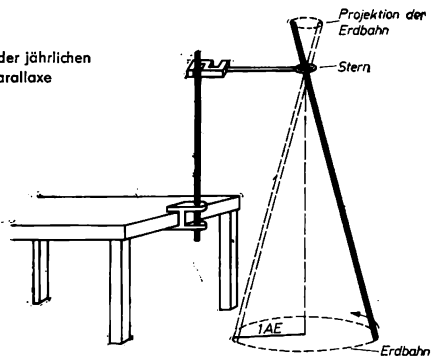
Nach der Erarbeitung wird empfohlen, eine weitere Beobachtung von jedem Schüler selbstständig durchführen zu lassen.

Die erste Beobachtung übernimmt somit die **didaktische Funktion** der Bereitstellung von Fachwissen und die zweite die der Festigung. Ein solches Vorgehen ist leicht möglich, da kein großer Zeitaufwand erforderlich ist und ohne Geräte gearbeitet werden kann. Die Beobachtungsaufgabe A 8 des Lehrbuches *Astronomie* (5; S. 124) gibt eine gute Anleitung für die selbständige Beobachtungsarbeit der Schüler. Ein Protokoll gibt dem Lehrer die Möglichkeit der Kontrolle.

Zur Erarbeitung des Wissens. Wird im Unterricht an eine gemeinsame Schülerbeobachtung angeknüpft, so ist der dabei bereits genannte Begriff „Größenklasse“ bzw. „Helligkeitsklasse“ jetzt zu erarbeiten. Zur Erarbeitung der Begriffe „scheinbare Helligkeit“ und „absolute Helligkeit“, zur Vertiefung des Begriffes „Größenklasse“ und zur Erarbeitung von fotometrischen Entfernungsbestimmungen sind dem Verständnis der Schüler riesige Entfernungen, Sterneigenschaften als physikalische Extremzustände im Vergleich mit irdischen Verhältnissen nahezubringen. Es ist dazu erforderlich, Veranschaulichungen vorzunehmen (↗ Abschnitt 3.1.), aber es muß beachtet werden, daß einer **Veranschaulichung** immer gewisse Grenzen gesetzt sind. So können z. B. riesige Entfernungen nicht mit Geräten und Gegenständen veranschaulicht werden, sondern nur in Form von mathematischen Vergleichen. Den Schülern sind noch nicht jene Erfahrungen der Fachwissenschaft geläufig, mit deren Hilfe sie sich sichere Vorstellungen über Abmessungen und Eigenschaften von Körpern im Weltall bilden können. Deshalb ist anschauliche Arbeit im Astronomieunterricht besonders wichtig und erfordert fortwährende fachmethodische Überlegungen.

So können für die Gegenüberstellung von trigonometrischer und fotometrischer Entfernungsbestimmung zwei Demonstrationen als Impulse genutzt werden. Die erste gehört zum Stundenteil über die trigonometrischen Entfernungsbestimmungen, die zweite zum nachfolgenden Teil der gleichen Stunde über die fotometrische Entfernungsermittlung (↗ Übersicht 8).

Bild 4 Veranschaulichung der jährlichen trigonometrischen Parallaxe



Erste Demonstration:

Über einen Kreidekreis auf dem Boden des Klassenraumes, der die Erdbahn darstellen soll, wird mittels Tischklemme und weiterer Stativmaterialien ein Ring als Modell eines Sterns angebracht (Bild 4). Durch ihn wird ein Stab, der der Visierlinie Erde – Stern entsprechen soll, ebenfalls aus Stativzubehör in entsprechender Länge, geführt. Wird der Kreis mit dem unteren Stabende nachgezogen, so beschreibt das obere Stabende die Erdbewegung gegenüber dem Sternhintergrund. Die damit dynamisch sichtbar gemachte jährliche trigonometrische Parallaxe führt vor Augen, daß dieses Verfahren der Entfernungsbestimmung bei sehr weiten Sternen wegen der unmeßbar kleinen Winkel versagen muß.

Variiert man die Lage des „Sterns“ durch verschiedene Positionen zur Ekliptikachse, so kennzeichnet das obere Stabende das verschiedene Aussehen der Erdbahn von der Ellipse bis zur Geraden in der Ekliptikebene.

Diese Vorgänge können auch durch Bilder oder geometrische Konstruktionen an der Wandtafel dargeboten werden, doch durch eine Demonstration der Bewegung wird das Raumvorstellungsvermögen der Schüler nachhaltiger angesprochen.

Zweite Demonstration:

Mit Hilfe zweier Glühlampen kann gezeigt werden, wie Entfernungen durch die Messung der Lichtintensität bestimmt werden können. Mit der Behauptung „Diese beiden Glühlampen von 3,5 Watt und 40 Watt Leistung können uns in gleicher Helligkeit erscheinen“ wird der Anstoß gegeben für die **Problemstellung**. Die Schüler finden, daß dieser Effekt eintritt, wenn die kleine Glühlampe, die in einem Abstand von ungefähr 15 cm steht, und zugleich die größere Glühlampe an der gegenüberliegenden Klassenzimmerseite betrachtet werden. Es ist zweckmäßig, dieses von zwei oder drei Schülern bestätigen zu lassen, indem sie sich zur kleinen Lampe begeben und diese vergleichend in die Blickrichtung zur größeren Lampe halten. Die Beziehungen zwischen Helligkeitseindruck, Entfernung und Strahlungsleistung der Lichtquelle werden so von den Schülern leicht erfaßt. Die Erkenntnis, daß die scheinbare Helligkeit eines Sternes von der Leuchtkraft und der Entfernung des Himmelskörpers abhängig ist, kann somit angemessen veranschaulicht werden. Das Nebeneinanderhalten beider Glühlampen veranschaulicht die Definition für die absolute Helligkeit. Weiterhin soll den Schülern verständlich werden, daß durch die Kenntnis der absoluten und der scheinbaren Helligkeit von Sternen eine Aussage über die Entfernung möglich ist. Dieser nur wenige Minuten umfassende Unterrichtsabschnitt soll den Schülern anschaulich das Prinzipielle einer Helligkeitserfassung und eines Helligkeitsvergleiches nahebringen. Damit werden Verständnis und Überzeugung geweckt, daß mit Hilfe instrumenteller Mittel die Astrophysik zu aussagekräftigen Meßergebnissen gelangen.

Die Durchführung beider Demonstrationen innerhalb einer Unterrichtsstunde ist methodisch bedeutsam, weil die Schüler zwei Möglichkeiten zur Entfernungsmessung erläutert und veranschaulicht bekommen.

Sie beanspruchen jeweils höchstens 10 Minuten.

Vertiefend kann die Demonstration mit den Glühlampen in einer Arbeitsgemeinschaft fortgeführt werden. Lehrer und Schüler können auf diese Weise mit Hilfe eines fotoelektrischen Belichtungsmessers Helligkeitswerte und Meßentfernungen tabellarisch und grafisch darstellen und in Beziehung setzen, um durch quantitative Aussagen die Exaktheit astrophysikalischer Forschungsarbeit überzeugend nachzuweisen.

Das Bekanntmachen mit den Fakten über die Sternhelligkeit sowie mit dem System ihrer gesetzmäßigen Beziehungen (Größenklassen, Entfernungsmodul, Parallaxe) erfordert zwangsläufig die **Koordinierung mit den Nachbarfächern**. Die Re-

aktivierung mathematischer und physikalischer Kenntnisse ermöglicht den Schülern, den Zusammenhang zwischen Sternhelligkeit (scheinbare und absolute) und Sternentfernung zu erkennen und zu begreifen.

In der gleichen Unterrichtsstunde müssen folgende Fachbegriffe in ihrer Einzelbedeutung wie auch in ihren physikalischen und mathematischen Zusammenhängen gefestigt werden, verbunden mit der Fähigkeit, bei gegebenen Werten Berechnungen und Diagrammauswertungen vornehmen zu können:

Größe		Einheit
Scheinbare Helligkeit	m	Größenklasse
Absolute Helligkeit	M	Größenklasse
Entfernungsmodul	$m - M$	Größenklasse
Entfernung	r	Parsec
Parallaxe	P	Bogensekunde

Aus der einprägsamen Vermittlung des astrophysikalischen Untersuchungsgegenstandes „Lichtintensität“ erwächst die Erkenntnis, daß Wissenschaft und Technik gemeinsam neue Forschungsergebnisse ermöglichen, daß instrumentelle Verfeinerungen und immer bessere Methoden die Genauigkeit der wissenschaftlichen Arbeit erhöhen und somit unsere Vorstellungen vom Weltall präzisieren, wobei u. a. aus Richtung, Entfernung und Stärke der Strahlenquelle und der Strahlung wichtige Teilergebnisse gewonnen werden.

In dieser Unterrichtsstunde werden sowohl Kenntnisse über die Sterngrößen vermittelt als auch das dialektisch-materialistische Weltbild gefestigt. Den Schülern wird z. B. verdeutlicht, daß der Ausgangspunkt der Strahlung, der Himmelskörper Stern, und auch die elektromagnetische Strahlung selbst Beispiele für die **Materi-
alität der Welt** sind.

Von Bedeutung ist, daß die Schüler mit ihrem mathematischen Wissen und ihren Fähigkeiten in der Lage sind, anhand des Entfernungsmoduls Sternentfernungen zu erfassen. Es wird die Überzeugung vertieft, daß mathematische und physikalische Gesetzmäßigkeiten, die auf der Erde gelten, auf kosmische Verhältnisse anwendbar sind.

Zur Entwicklung geistiger und geistig-praktischer Tätigkeiten

Die Schüler sollen Grundlagen vermittelt bekommen über Mittel und Methoden der Erkenntnisgewinnung in der astronomischen Wissenschaft. Beim **Sammeln von Tatsachen** (Aufzeichnungen über Helligkeitsempfindungen bei Sternen, erarbeitende Phase bei den genannten Demonstrationen) nutzen die Schüler die aus den **Beobachtungen** gewonnenen Ergebnisse. Beim **Vergleichen** der Helligkeiten von Sternen ist ihnen folgendes bewußt geworden: Die Punktoobjekte Sterne sind durch ihre Lichtintensität unterscheidbar; die Helligkeit des Lichtes der Sterne, nicht aber Sternentfernungen sind bereits mit bloßem Auge differenzierbar.

Die bei den Beobachtungen ermittelte Abstufung von Sternhelligkeiten, ob unter anleitender Führung im Klassenverband oder in selbständiger häuslicher Einzelarbeit, stellt ein **Quantifizieren von Sachverhalten** dar. Dabei kann von einem Vergleichsstern ausgegangen und ein Ordnen nach dem einfachen Schema „heller – gleich hell – weniger hell“ angewandt werden. Es können auch die Sterne eines Sternbildes durchgehend nach ihrer Helligkeitsfolge geordnet werden. Es ist für die Schüler ein **Vergleichen** ganz besonderer Art: Das Ordnen relativ gleicher Naturobjekte. Das Ergebnis dieses Vergleichs wird im Protokoll festgehalten. Den Schülern wird beim Auswerten der Aufzeichnungen bewußt, daß schon kleine Messungs- bzw. Beobachtungsabweichungen zu beachtlichen Aussagestreuungen führen (Entfernungsmodul) und damit die räumliche Wirklichkeit des Weltraums verfälscht wiedergeben. Es ist für den beobachtenden und ordnenden Schüler ein Erfolgserlebnis, wenn er durch den **Gebrauch des Lehrbuchs, eines Lexikons oder anderer Wissenspeicher** seine geschätzten Werte mit wissenschaftlich gesicherten Angaben vergleichen kann und seine Ermittlung bestätigt findet.

Die Schüler werden darauf hingewiesen, daß die unterschiedlichen Verfahren der Fachwissenschaftler zur exakten Feststellung des Wertes der astronomischen Einheit das Bemühen zeigen, die Entfernungen der mit trigonometrischen Parallaxen erfassbaren Sterne möglichst genau zu bestimmen, um Vorstellungen von der räumlichen Größe des Weltalls zu bekommen. Dabei werden die Schüler gehalten, in jeder Phase eines Arbeitsvorganges exakt und verantwortungsvoll zu handeln. Ihnen werden durch das Zusammenwirken von Beobachtung und Demonstration die mathematischen Beziehungen und Festlegungen (Größenklassen, Entfernungsmodul), mit denen die Astrophysik arbeitet, bewußtgemacht, es wird ihr Verständnis für astronomische Größen (Sternparallaxen, Entfernungsangaben in pc) gefestigt.

Den Schülern wird bei Anwendung der **historischen Betrachtungsweise** bewußt, daß antike Völker, die nur Sternpositionen und Helligkeiten wahrnehmen konnten, ohne geeignete instrumentelle Hilfsmittel und ohne Kenntnis astrophysikalischer Methoden noch keine richtigen Vorstellungen von der räumlichen Verteilung der Sterne gewinnen konnten. Erst seit der Anwendung von Fernrohren ist die Ermittlung von Sternparallaxen möglich. Dadurch konnten Entfernungen kosmischer Objekte zueinander bestimmt werden.

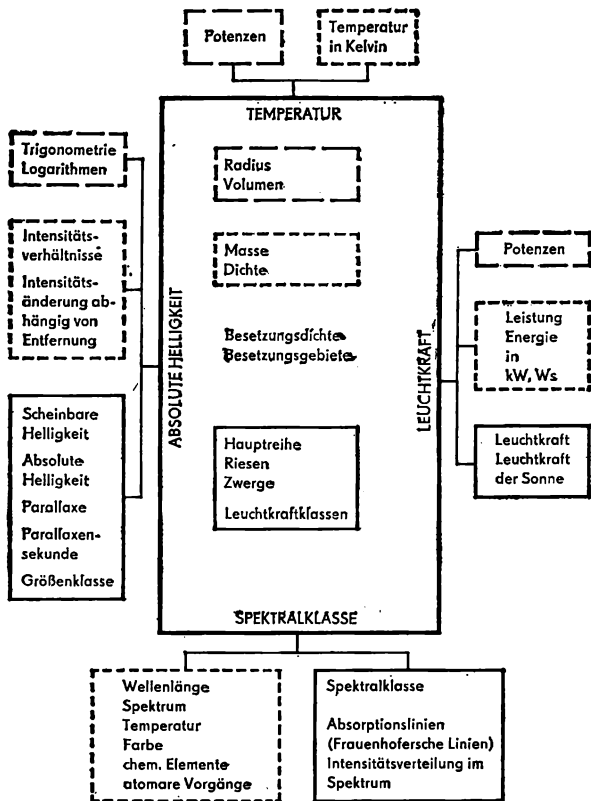
3.5.2. Ausgewählte Zustandsgrößen der Sterne – Hertzsprung-Russell-Diagramm als Zustandsdiagramm

Im Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) werden gesetzmäßige Zusammenhänge natürlicher Erscheinungen dargestellt; es hat grundlegende Bedeutung für die Stützung der Ergebnisse astrophysikalischer Forschung und ihrer Interpretation, deren Aussagekraft für naturwissenschaftliche und für weltanschauliche Betrachtungen von gleicher Bedeutung ist.

Im Astronomieunterricht wird das HRD bei der Behandlung der Zustandsgrößen der Sterne vorbereitet und in weiteren Stunden mit ihm gearbeitet, d. h., den Schülern wird eine Arbeitsmethode zur Erforschung kosmischer Objekte bewußt-

Übersicht 7

Zusammenstellung von Voraussetzungen aus anderen Fächern und Fachausdrücken der Astronomie für die Arbeit mit dem HRD



Grundkenntnisse aus der Mathematik — — — — — Grundkenntnisse aus der Astronomie —
 Grundkenntnisse aus der Physik

gemacht. Zur Unterstützung dieser Arbeit dient auch die Anschauungstafel „Hertzprung-Russell-Diagramm“.

Voraussetzungen der Schüler zum Verständnis des Aufbaus des HRD. Die Schüler bringen bereits viele Voraussetzungen zum Arbeiten mit Diagrammen mit. Sie haben sich Wissen angeeignet über das Anlegen und das Lesen von Diagrammen, über das Zuordnen eines Wertepaares zu einem Punkt im rechtwinkligen Koordinatensystem. Dieses Wissen und die damit zusammenhängenden Fähigkeiten und Fertigkeiten sind bei der Interpretation des HRD anzuwenden.

In der Übersicht 7 ist dargestellt, welche Voraussetzungen aus den Fächern Mathematik, Physik, Chemie und Astronomie für das Verständnis des Diagramms bei den Schülern bereits vorhanden sein sollten. Es enthält Angaben über

- Begriffe und Zusammenhänge, die aus anderen Unterrichtsfächern bekannt sind, und die den Inhalt und die Bedeutung der zugehörigen Sternzustände kennzeichnen (außen angeordnet);
- Begriffe, die zur Auswertung eines HRD erforderlich sind (innen angeordnet).

Die vorstehende Übersicht ist für die Planung der Stoffeinheit und die Vorbereitung der Unterrichtsstunden für den Lehrer bedeutsam; er sollte das rechtzeitige Reaktivieren des Wissens und Könnens der Schüler vorsehen, damit im Unterricht die Erarbeitung der neuen Zusammenhänge im Vordergrund stehen kann.

Gliederung des Unterrichtsstoffes, der im Zusammenhang mit dem HRD steht. In der mehrstündigen Unterrichtsarbeit über Aufbau und Aussagen des HRD wird wesentlich die Befähigung der Schüler gefördert, Zusammenhänge zu erfassen und deren grafische Darstellung zu begreifen. Um die Einzelschritte bei der Behandlung des Stoffkomplexes zum HRD übersichtlich zusammenzustellen, wird in Anlehnung an die Unterrichtshilfe (11; S. 83 ff.) folgender Überblick gegeben. Dabei sind die in diesem Abschnitt ausführlich erläuterten Stundenabschnitte halbfett gedruckt.

Übersicht 8

Gliederung des Unterrichtsstoffes, der in Verbindung zum HRD steht

Stunde der 2. Stoff- einheit	Unterrichtsstoff	Kenn- zeichnung der Arbeit mit dem HRD
4. Std.	Trigonometrische Entfernungsmessungen auf der Erde Trigonometrische Bestimmungen von Entfernungen der Himmelskörper Scheinbare und absolute Helligkeit Fotometrische Bestimmungsbestimmung	Vorbereitung

Stunde der 2. Stoff- einheit	Unterrichtsstoff	Kenn- zeichnung der Arbeit mit dem HRD
5. Std.	Farbe und Temperatur Entstehung von Spektren Spektralklassen Leuchtkraftklassen	
6. Std.	Anlage des HRD Sternverteilung Temperatur – Leuchtkraft Radius Bedeckungssterne	Erarbeitung Übung Systemati- sierung
7. Std.	Masse Dichte Veränderliche Periode–Leuchtkraft–Beziehung	
8. Std.	Sternaufbau Sternentwicklung im HRD Sonne im HRD Sternhaufen im HRD	Systemati- sierung Anwendung
9. Std.	Gas und Staub Strahlung Interstellare Wolkenarten Sternentstehung	

Der Gliederung liegt folgende logische Abfolge von Unterrichtsschritten zugrunde:

- Sicherer Kenntniserwerb über diejenigen Zustandsgrößen, die im HRD ausgewiesen sind (4. und 5. Std.);
- Erklären des Aufbaus des HRD und die in ihm enthaltene Sternverteilung (6. Std.);
- Ableitung indirekt im HRD enthaltener Zustandsgrößen und ihre mathematisch-physikalischen Beziehungen (6. und 7. Std.).

Hinweise zur didaktisch-methodischen Gestaltung

Zur Erarbeitung des Zusammenhanges von Oberflächentemperatur und Farbe des Sternlichtes. Logischerweise steht am Anfang der Behandlung der vier im HRD erfaßten Zustandsgrößen die Erarbeitung des Zusammenhanges zwischen der Oberflächentemperatur des Sterns und der ihr zugeordneten Spektralklasse.

Der Zusammenhang zwischen der Oberflächentemperatur und der Farbe eines Körpers gehört zu den Sachverhalten der Astronomie, die als Demonstrationsexperiment veranschaulicht werden können.

Erstes Demonstrationsexperiment:

Durch den Glühvorgang an einem Nagel in der Bunsenbrennerflamme vom Dunkelrot bis zur Gelbglut wird ein qualitativer Eindruck des Zusammenhanges von Temperatur und Glühfarbe vermittelt. Die Tatsache, daß die gelbe Glühfarbe des Stahls einer Temperatur von 1300 K und die entsprechende eines Sternes einer solchen von 6000 K entspricht, mindert die Aussagekraft des Demonstrationsexperimentes nicht, da der Analogiebetrachtung der gleiche Zusammenhang zwischen Temperatur und Glühfarbe zugrunde liegt.

Bei der Auswertung des Glühfarbenexperimentes wird den Schülern der enge Zusammenhang zwischen den quantitativen und qualitativen Seiten kosmischer Erscheinungsformen bewußtgemacht. Es festigt sich so die Überzeugung, daß Zustände und Veränderungen im Weltall erkennbar und meßbar sind und somit genaue Aussagen über das Weltall gewonnen werden können. Auf diese Weise werden weltanschauliche Erkenntnisse gefestigt.

Dieses physikalische Experiment, das nur wenige Minuten dauert und von allen Schülern gleichzeitig wahrgenommen werden kann, sollte noch durch einen Hinweis auf Vorgänge in der Technik (Temperaturmessung bei glühenden Metallen) ergänzt werden. Wird bei einem solchen Vorgehen an Bekanntes angeknüpft, so ist eine günstige Motivation für den Unterrichtsprozeß gegeben, die sich fördernd auf die aktive Schülermitarbeit auswirkt.

Zweites Demonstrationsexperiment:

Eine effektive Variante stellt die Demonstration mittels Geradsichtprisma oder Spektralapparat dar, weil auf diese Weise das Vorhandensein von Farbbereichen in ihrer Temperaturabhängigkeit sichtbar vorgeführt werden kann. Die Tatsache, daß ein „hell“ glühender Widerstandsdraht eine höhere Temperatur als ein „dunkel“ glühender hat, ist Schülern geläufig.

Mit Hilfe eines Spektralapparates bzw. eines Geradsichtprismas ergeben sich bei den unterschiedlichen Temperaturen des Widerstandsdrahtes unterschiedliche Spektren. Dieser Zusammenhang zwischen Temperatur, Glühfarbe und Spektrum läßt sich auch auf den Zusammenhang zwischen Oberflächentemperatur des Sternes und Sternlicht übertragen. Bei einem Sternwartenbesuch kann zur Vertiefung das Licht zweier heller Sterne durch ein Okularspektroskop hinsichtlich der Farbanteile (z. B. Albireo) verglichen werden.

Dieses Vorgehen ermöglicht es, auch den Temperatur-Farbe-Zusammenhang bei der Erarbeitung der Zustandsgröße „Spektralklasse“ zu nutzen.

Zur Erarbeitung der Zustandsgröße „Spektralklasse“. Für die Schüler ist es schwer vorstellbar, daß weißes Sternlicht einzelne Farbbereiche enthält, die durch die Wellenlängen bestimmt sind. Es ist ihnen auch schwer verständlich, daß bei bestimmten Oberflächentemperaturen von Sternen einzelne im Spektrum enthaltene Farbanteile nicht oder in verschiedener Stärke vertreten sind. Deshalb muß das Vorstellungsvermögen der Schüler durch ein Experiment, ein Dia oder eine Abbildung anschaulich unterstützt werden. Ein Appellieren an die Vorstellungskraft hat wegen noch fehlender naturwissenschaftlicher Voraussetzungen wenig Erfolg. Die enge Zusammenarbeit mit dem Physiklehrer ist unbedingt notwendig. Die

Eigenschaft des „weißen Lichtes“ als „Mischlicht“, d. h. als ein Zusammenwirken von elektromagnetischen Wellen verschiedener Länge in einem relativ kleinen Frequenzbereich, ist in Anlehnung an den Physikunterricht zu erläutern (→ Abschnitt 2.1.).

Die Schüler werden auf eine Forschungsmethode der Astronomie, die Spektralanalyse, hingewiesen.

Im Lehrbuch (S. 80) oder auf der Anschauungstafel „Spektralklassen der Fixsterne“ sind Spektren verschiedener Sterne abgebildet. Aus Spektren können die Oberflächentemperatur eines Sternes und die Farbe seines Lichtes abgeleitet werden. Dieser Zusammenhang wird als Einteilungsprinzip für die Sterne genutzt, d. h. nach dem Aussehen ihrer Spektren teilt man die Sterne in Spektralklassen ein. Die festgelegte Folge der Spektralklassen kennzeichnet wegen der genannten Zusammenhänge also gleichzeitig auch eine Temperatur- und Farbfolge.

Die Überzeugung der Schüler von der Erkennbarkeit der Welt kann durch solche Demonstrationen von Zusammenhängen vertieft werden.

Die beiden diskutierten Demonstrationsexperimente sind sehr anschaulich und zugleich von prinzipieller Bedeutung.

Die Unterrichtsgestaltung durch experimentelle Veranschaulichung ermöglicht folgende **Wiederholung, Festigung und Weiterentwicklung von Wissen und Können**:

- Anwenden des Wissens über die Lichtausbreitung in verschiedenen Stoffen zum Beschreiben des Lichtweges im Spektralapparat;
- Anwenden des Wissens über den elektrischen Widerstand in elektrischen Leitern beim Erkennen des Zusammenhanges zwischen der Glühfarbe eines Drahtes und seiner Temperatur;
- Vertiefen und Weiterentwickeln des Wissens über Spektren beim Untersuchen des Zusammenhanges zwischen der Temperatur, der Glühfarbe und der Spektralklasse.

Im Verlauf der Unterrichtsgestaltung wird, ohne dieses explizite im Unterricht hervorzuheben, ein Beitrag zur **Weiterentwicklung folgender Einsichten und Überzeugungen** geleistet:

- Naturgesetze bilden eine Grundlage für exakte Forschungsarbeit.
- Der Stand der Technik ist eine Voraussetzung für die instrumentellen Grundlagen wissenschaftlicher Tätigkeiten.
- Kosmische Objekte können zustandsmäßig erfaßt werden.
- Der Planet Erde und alle zu untersuchenden Himmelskörper unterliegen im Prinzip gleichen Naturgesetzen.
- Der Mensch ist in der Lage, die der Forschung zugängliche kosmische Umwelt in ihrer räumlichen Ausdehnung und den physikalischen und chemischen Zuständen zu erkennen.

Die Behandlung der dem HRD zugrunde liegenden Größen „Temperatur“ und „Spektralklasse“ nimmt den überwiegenden Teil der 5. Unterrichtsstunde ein

(→ Übersicht 8). Es muß den Schülern erklärt werden, daß die Zusammensetzung des Lichtes die physikalische Grundlage für die Ermittlung dieser beiden Zustandsgrößen ist. Sie müssen erkennen, daß die Zustandsgröße „Leuchtkraft“ auch durch die „absolute Helligkeit“ angegeben werden kann. „Leuchtkraft“ und „absolute Helligkeit“ sind abhängig von der ausgestrahlten Energie; sie werden auf den senkrechten Achsen des HRD abgetragen. Der Begriff „Leuchtkraft“ ist den Schülern aus dem Stoffgebiet „Sonne“ bekannt. Die Reaktivierung des entsprechenden Unterrichtsstoffes bezieht die Sonne auf Grund ihrer Leuchtkraft in die HRD-Zusammenhänge ein. Dieses ist für die nachfolgenden Erläuterungen über die Anlage des Diagramms von Bedeutung.

Zur Erarbeitung der grafischen Darstellung des HRD. Im folgenden sollen methodische Überlegungen zur Erarbeitung des Diagrammaufbaus und zum Erkennen der Zusammenhänge zwischen einigen Zustandsgrößen der Sterne dargelegt werden.

Um die Zustandsgrößen des HRD „Leuchtkraft“ (bzw. „absolute Helligkeit“) und „Temperatur“, (bzw. „Spektralklasse“) in ihren gesetzmäßigen Beziehungen verstehen zu können, müssen bei den Schülern feste Vorstellungen über die Anlage des Diagramms erarbeitet werden. Dazu werden zwei Varianten beschrieben.

Erste Variante:

Dem Vorschlag der Unterrichtshilfe (11; S. 89 ff.) folgend, kann von den Achsen für Temperatur und Leuchtkraft ausgegangen werden. In der dort angeführten einfachen Koordinatenanordnung entsteht aus dem Unterrichtsgespräch heraus der Kurvenverlauf der Hauptreihe. Das Bild 5 zeigt, wie das Tafelbild entsteht.

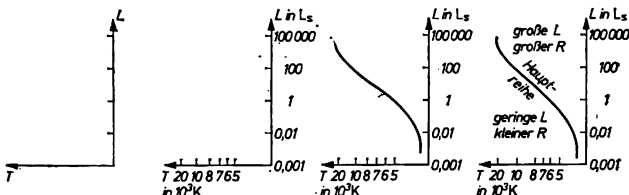


Bild 5 Beispiel für den Aufbau eines Tafelbildes: Anlage des HRD

Mit den letzten Angaben zur Bildkonstruktion erfolgt bereits die Hinführung zu den wichtigsten Besetzungsgebieten (Hauptreihe, Riesen, Zwerge) und damit die Ableitung der indirekt aufgezeichneten Zustandsgröße Sternradius. Erst nach dem Aufbau dieses „Zwei-Seiten-Schemas“ wird die Gesamtdarstellung des HRD betrachtet. An ihr werden Gesamtaufbau und Lesart des Zustandsdiagramms erarbeitet, indem aus der Komplettierung durch die beiden entsprechenden Größen „Spektralklasse“ und „absolute Helligkeit“ ein „Vier-Seiten-Diagramm“ entsteht.

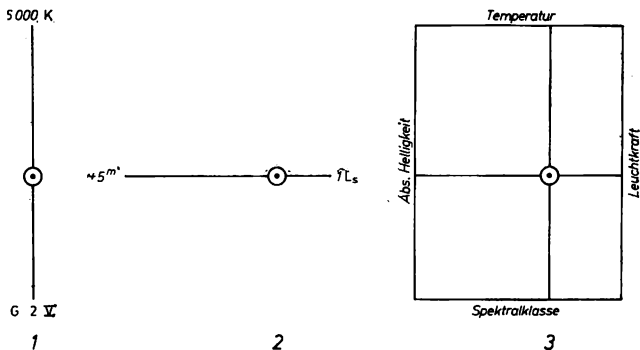


Bild 6 Beispiel für den Aufbau eines Tafelbildes: Anlage des HRD

Zweite Variante:

Auch diese Erklärung der Anlage des HRD setzt die Kenntnis der Zustandsgrößen über die physikalische Beschaffenheit eines Sterns voraus, geht aber beim methodischen Aufbau des grafischen Bildes von den bekannten Werten unserer Sonne aus. Die Angaben der Zustandsgrößen der Sonne führen hin zu den Diagrammachsen und bilden mittels der bekannten Werte die Ausgangspunkte für die Skalierung. Das Bild 6 zeigt, wie das Tafelbild entsteht.

Die drei Teilbilder (1. Temperatur entspricht Spektralklasse, 2. Leuchtkraft entspricht absoluter Helligkeit, 3. Zustandsgrößen in Diagrammanordnung) führen stufenweise zum Verständnis über Aufbau und Inhalt des HRD. Sie erleichtern das Begreifen der vollständigen Gesamtdarstellung des HRD.

Der zweite Weg zur Einführung in die Anlage des HRD unterscheidet sich vom ersten dadurch,

- daß er von einem repräsentativen und gut bekannten Stern ausgeht,
- daß er alle Begriffe und Werte analog der grafischen Anordnung von Lehrbuch und Anschauungstafel zusammenfügt und
- daß er als Tafelzeichnung einfacher zu skizzieren ist, da eine maßstabgerechte Skalierung und deren Bezeichnung nicht erst in das Tafelbild gebracht werden müssen, sondern gleich an der Anschauungstafel „Hertzsprung-Russell-Diagramm“ eingeführt werden können.

Beide Wege haben das Ziel, über ein repräsentatives Einzelgebilde (Hauptreihe im Bild 5; Sonne im Bild 6) hinzuführen zur Gesamtschau über die kosmische Erscheinungsform Stern. Beide methodischen Wege nutzen die Fertigkeit der Schüler, mit einem Diagramm aus zwei funktional zusammengehörigen Größen bzw. Wertepaaren zu arbeiten, da ja die Lage jedes Punktes (Sterns) in einer

Ebene durch zwei Koordinatenwerte festgelegt ist. Solches Vorgehen ist den Schülern geläufig. Neu ist für die Schüler, daß der grafische Ort eines Sternes im HRD auf verschiedene Weise bestimmt werden kann, d. h. er kann durch die Leuchtkraft bzw. durch die absolute Helligkeit und durch die Temperatur bzw. durch die Spektralklasse bestimmt werden.

Zum Interpretieren des HRD. Nachdem die Anlage des HRD aus den Zustandsgrößen Leuchtkraft (bzw. absolute Helligkeit) und Temperatur (bzw. Spektralklasse) entwickelt und die Zuordnung eines Sternes zu einem Bildpunkt verstanden worden ist, wird in Verbindung mit dem Lehrbuch (5; S. 79) eine Charakterisierung der einzelnen Besetzungsgebiete erarbeitet und der Begriff „Leuchtkraftklasse“ eingeführt. Zur weiterführenden Problemstellung wird ausgenutzt, daß im Diagramm ausgezeichnete Häufungsbereiche auftreten.

Nachdem der Lehrer die Schüler zu solchen Fragen wie „Warum kommt außerhalb der relativ dicht besetzten Gebiete Hauptreihe, Riesen und Zwerge keine Sterneinzeichnung vor?“ oder „Wie muß ein Stern beschaffen sein, dessen Bildpunkt außerhalb der Hauptbesetzungsgebiete im HRD liegt?“ hingeführt hat, erfolgt eine Zusammenfassung aller bisher im Unterricht behandelten Zustandsgrößen.

- Die Schüler müssen ihre Kenntnisse wiederholen über den Zusammenhang zwischen Temperatur und Spektralklasse (die auf der Abszisse abgetragen sind) sowie zwischen Leuchtkraft und absoluter Helligkeit (die auf der Ordinate abgetragen sind).
- Sie müssen ihr Wissen festigen, daß durch die Angabe von Temperatur bzw. Spektralklasse und Leuchtkraft bzw. absolute Helligkeit eines Sternes seine Einordnung in das HRD erfolgen kann.
- Die Schüler müssen ihr Wissen wiederholen über Verfahren zur Bestimmung von Radien der Sterne, über die Masse-Leuchtkraft-Beziehung sowie über den Zusammenhang von Dichte, Masse und Radius.
- Sie sollen erkennen, daß aus dem HRD Aussagen abgelesen werden können über Abnahme von Masse und Radius und Zunahme der mittleren Dichte entlang der Hauptreihe sowie über die Veränderung der mittleren Dichte mit zunehmender Entfernung von der Hauptreihe.
- Sie müssen physikalische Einzelheiten eines Sternes aus dem Diagramm entnehmen und aus Zahlenangaben über die Physik eines Sternes seine Stellung im HRD charakterisieren können.

In diesem Unterrichtsabschnitt werden den Schülern Einsichten über Zusammenhänge im Weltall vermittelt und die Überzeugung von der Erkennbarkeit kosmischer Erscheinungen gefestigt.

In diesem Unterrichtsabschnitt leistet die Folie zum HRD gute Dienste. Die Verlaufslinien der Größen Masse (die nur im Bereich der Hauptreihensysteme gelten) und Radius durch das Diagramm lassen das System der Wechselbeziehungen zu den an den jeweiligen Skalen ablesbaren Größen gut erkennen. Die immer wieder auftretenden Verflechtungen physikalischer und astrophysikalischer Zusammenhänge erfordern eine hohe Aktivität der Schüler und geben diesem Unter-

rechtsabschnitt die didaktische Doppelfunktion der Reaktivierung und Übung. Dabei hat der Lehrer zugleich die Gelegenheit, im Prozeß der Erarbeitung Bekanntes zu festigen und mit Neuem zu verbinden. Dabei bilden Aufgabenstellungen im Lehrbuch (5; S. 83) und das Arbeiten mit Tabellen aus dem Lehrbuch (5; Tabellen 10, 12, 13) wichtige Arbeitshilfen. Die Schülerelbsttätigkeit wird dadurch erhöht. Ferner sind die im Lehrbuch enthaltenen Aufgaben und Tabellen geeignet, als Vorlagen für Kurzkontrollen zu dienen (↗ Abschnitt 3.4.).

Im folgenden Unterrichtsabschnitt stehen die didaktischen Funktionen des Festigens und Übens im Vordergrund (↗ Übersicht 8). Nach dem bisher erreichten Verständnis für das HRD und auf der Grundlage der bereits vorhandenen Kenntnisse und Fähigkeiten (↗ Übersicht 7) können die Schüler vorgegebenen Punkten des Diagramms die verschiedenen Zustandsgrößen zuordnen und den Zustand des entsprechenden Sternes charakterisieren. Dies kann frontal (mit Hilfe der Folie zum HRD), als Einzelauftrag oder als Hausaufgabe geschehen.

Damit wird über die Selbsttätigkeit eine Systematisierung zum HRD-Stoffkomplex angebahnt, die in der 8. und 9. Stunde mit den Zusammenhängen über Sternentwicklung und Sternentstehung ihre abschließende Behandlung findet.

Unter diesem Blickpunkt sind Planung und Methodik der gesamten Unterrichtseinheit „Die Sterne“ anzulegen.

Zur Arbeit mit der Projektionsfolie „Hertzsprung-Russell-Diagramm“. Die im Satz Projektionsfolien „Hertzsprung-Russell-Diagramm“ vorhandenen Einzelfolien können durch Kombinationen oder Ergänzungen zur Veranschaulichung der gesetzmäßigen Zusammenhänge der Zustandsgrößen und der Komplexität des Gesamtdiagramms beitragen.

Kombinationsbeispiele zur Arbeit mit den einzelnen Folien:

- Überdeckfolie 2 Linien gleicher Sternmassen und
Überdeckfolie 3 Linien gleicher Sternradien:
Schließen auf die Dichte eines Sterns
- Überdeckfolie 1 Sterne der näheren Sonnenumgebung und
Überdeckfolie 4 Entwicklungsweg eines Sterns:
Verdeutlichen u. a. der Entwicklungsphase „Verlassen der Hauptreihe“
- Überdeckfolie 3 Linien gleicher Sternradien und
Überdeckfolie 4 Entwicklungsweg eines Sterns:
Ableiten des Entwicklungsvorganges „Aufblähen des Sterns“ (↗ Abschnitt 3.5.3.)
- Grundfolie (Temperatur sowie absolute Helligkeit und Leuchtkraft) und Überdeckfolie 3 Linien gleicher Sternradien:
Erkennen des Zusammenhanges, daß ein Stern riesenhafte Ausmaße haben muß, wenn er trotz niedriger Temperatur gegenüber der Sonne eine Tausende Male größere absolute Helligkeit und Leuchtkraft besitzt.
- Grundfolie (Temperatur, Helligkeit) und
Überdeckfolie 2 Linien gleicher Sternmassen:
Erarbeiten des Zusammenhanges, daß ein Zwergstern eine wesentlich gerin-

gere Masse als die Sonne und auch einen kleineren Durchmesser (Überdeckfolie 3 Linien gleicher Sternradien) haben muß, wenn er trotz seiner hohen Temperatur nur mit einer relativ geringen Helligkeit wahrzunehmen ist. Diese Entwicklungsphase (Überdeckfolie 4 Entwicklungsweg eines Sterns) ist selten zu beobachten im Verhältnis zur Anzahl der Hauptreihensterne (Überdeckfolie 1 Sterne der näheren Sonnenumgebung). (↗ Abschnitt 3.5.3.)

Die Auswertung der im HRD dargestellten Zusammenhänge stellt für die Schüler und im Hinblick auf die methodische Unterrichtsgestaltung für den Lehrer eine qualitativ neue Betrachtungsweise dar, da bei der Interpretation mehrere Größen in ihrer Abhängigkeit beachtet werden müssen.

Im Abschnitt 3.5.2. wurden methodische Überlegungen dargelegt über die Erarbeitung der Kenntnisse von einzelnen Zustandsgrößen der Sterne, der Abhängigkeit zwischen diesen Größen und des Aufbaus des HRD. Damit sind die Betrachtungen über Aufbau und Aussagen dieser astrophysikalischen Zusammenschau bei weitem nicht erschöpft, sie können aber als Anregung gelten für die methodische Behandlung des stofflichen Teilgebietes „Zustandsgrößen der Sterne“.

3.5.3. Sternentwicklung und Sternentstehung – Hertzsprung-Russell-Diagramm als Entwicklungsdiagramm

Die Planung des Unterrichts zum Thema „Sternentwicklung“ erfordert, dieses stoffliche Teilgebiet in den gesamten astrophysikalischen Zusammenhang der 2. Stoffeinheit einzuordnen (↗ Übersicht 8). Das Hertzsprung-Russell-Diagramm, das bisher als Zustandsdiagramm betrachtet wurde, wird nun auch als Entwicklungsdiagramm behandelt.

Hinweise zur didaktisch-methodischen Gestaltung

Zur Zielstellung und Motivation. Ziel dieses Abschnittes ist es, die Schüler zu befähigen, mit Hilfe des HRD Entwicklungszustände und Entwicklungsfolgen im Kosmos zu überblicken, die nicht direkt zu beobachten sind. Ein Beitrag zur weltanschaulich-philosophischen Bildung und Erziehung soll geleistet werden, indem Grundgedanken von der Entwicklung in der Welt, von der Erkennbarkeit und vom Zusammenwirken zwischen Gesellschaft und Technik erörtert werden.

Das Gewinnen der Kenntnisse über die Entwicklung eines Sterns stellt hohe Anforderungen an die methodische Arbeit des Lehrers; das Denken der Schüler in Zusammenhängen muß genutzt werden, um zu Abstraktionen zu gelangen.

Die Zielstellung und die Motivation innerhalb dieses Unterrichtsabschnittes müssen an das bei den Schülern vorhandene Wissen und Können anknüpfen. Dabei sollten aus dem Unterricht erwachsene oder vom Lehrer gezielt aufgeworfene Fragestellungen oder thematische Betrachtungen genutzt werden. Diese können den methodischen Gang der Erarbeitung, der modellmäßigen Veranschaulichung (gesicherte und hypothetische Entwicklungs- und Entstehungsvorgänge eines Sterns) und der daraus hervorgehenden weltanschaulichen Folgerungen bestimmen und eine logische Gedankenführung in den Köpfen der Schüler bewirken.

lern klar mitzuteilen. Der gestrichelte Teil der Entwicklungslinie im HRD deutet dies an. Das Bild stellt dieses stark vereinfacht dar.

Unter Berücksichtigung dieser Gedanken sollte das Bild 7 verstanden oder verwendet werden als

- Darstellung für den Leser zum Verständnis dieses Abschnittes,
- „Merkblatt“ für den Lehrer in seinem unterrichtlichen Vorgehen (Stundenvorbereitung bzw. -durchführung),
- Tafelbild oder Anschauungstafel für die Schüler.

Zur Erarbeitung der Stadien der Sternentwicklung. Die 8. Stunde beginnt mit der Arbeit am neuen Stoff. Aus der Reaktivierung des Wissens und Könnens der Schüler über stellare Vorgänge ist die Fragestellung zu entwickeln „Welche Bedingungen ergeben sich für den Zustand eines Sterns, und wie verändert er sich weiter?“. Den Schülern ist bewußt zu machen, daß bei der Behandlung der Sternentwicklung im Unterricht eine Beschränkung auf die Entwicklung durch Kernprozesse erfolgt. Die Schüler besitzen Grundkenntnisse über die Kernphysik, verstehen das Wesen einer Reaktionsgleichung und kennen den Zusammenhang zwischen Druck und Temperatur. Damit lassen sich Energie- und Strahlungszustände eines Sterns bestimmen. Die Tatsache, daß die Energiemenge der Strahlungsquelle Stern aus Kernprozessen hervorgehen kann und diese als Funktion der Sternmasse über lange Zeiträume (bis zu Milliarden von Jahren) andauern können, wird für die Schüler zu einer neuen Erkenntnis über das Objekt Stern. Damit die Schüler begreifen, daß ein Stern die Aufeinanderfolge physikalischer Zustände ist, wird beim Unterrichtsgespräch an bekanntes Wissen angeknüpft und die Aussagen im Lehrbuch zur Sternentwicklung (5; S. 85) werden einbezogen. Das „Normal“-Stadium in der Entwicklung eines Sterns ist im Bild 7 mit **Hauptreihenstern** angedeutet. Im weiteren Verlauf der Stunde kann das als Riese bezeichnete Teilbild entstehen. Dabei wird die Überzeugung von der Entwicklung im Weltall weiter gefestigt. Während bei der Erarbeitung der Hauptreihenstern-Phase das Unterrichtsgespräch vorherrschen kann, ist zur Einführung der Riesen-Phase aus zeitökonomischen Gründen der Lehrervortrag zu bevorzugen.

Zur Darstellung der Sternentwicklung im HRD. Nach der didaktischen Funktion des Erarbeitens stehen nun die Wiederholung, die Festigung und die Anwendung im Vordergrund. Indem z. B. die aus dem Lehrbuch entnommenen Daten von Hauptreihen- und Riesensternen im Diagramm eingetragen werden, werden die Zustandsgrößen mit Hilfe des HRD erneut wiederholt und gefestigt. Dabei merken die Schüler, daß sich die bei der Sternentwicklung betrachteten Sternangaben in die bekannten Häufungsgebiete des HRD einfügen lassen. Die bisher isoliert eingezeichneten Häufungsgebiete der Sterne werden im Zusammenhang gesehen und als Etappen der Sternentwicklung erkannt. Dieses Erkennen ist wichtig, damit der Schüler das HRD als **Zustands-** und als **Entwicklungsdiagramm** erfaßt. Dem Schüler ist also deutlich zu machen, daß das Diagramm nicht nur Angaben über die Zustandsgrößen eines Sterns, sondern auch die Beziehung dieser Zustandsgrößen zur Entwicklung eines Sternes wiedergibt.

Die Hinweis Pfeile im Bild 7 sollen den Hauptreihen-Sternbereich und den Riesen-Bereich im HRD markieren.

Die beiden Stundenteile über Sternaufbau und Sternentwicklung in der 8. Stunde bilden eine Einheit und ihre Sachverhalte durchdringen sich während der unterrichtlichen Behandlung oftmals gegenseitig. Hierbei leistet die **Projektionsfolie zum HRD** gute Dienste.

Gegenüberstellung von

Folienanlage

Die Folien sind so angelegt, daß von der

Grundfolie und den **Häufungsbereichen** (Überdeckfolie 1)

über die

Deckfolien von Masse (Überdeckfolie 2) und **Radialen** (Überdeckfolie 3)

fortgeschritten wird bis zum

Entwicklungsschema (Überdeckfolie 4).

und Folienverwendung

Die Folienverwendung steht in Übereinstimmung mit dem Gang des Unterrichts:

Einzelheiten (Sternzustände),

Zusammenhänge (Masse – Radius – Beziehungen) (Dichte)

Entwicklungen (Schema)

Um in diesem Unterrichtsabschnitt, der ein hohes theoretisches Denken von den Schülern fordert, mit allen Schülern das Ziel zu erreichen, könnte ein Analogiebeispiel die Gewinnung von Vorstellungen bei den Schülern unterstützen. Ein solches Vorgehen ist erforderlich, wenn zweifelnde und fragende Schüler Einwände bringen wie „Woher weiß man von der Entwicklung der so unverändert gleichförmig am Himmel stehenden Sterne?“ oder „Ist der Entwicklungsweg eines Sternes schon einmal verfolgt worden?“

Bei dem Analogiebeispiel ist zu verdeutlichen, daß im Verhältnis zu einem Sternalter die wenigen Jahrzehnte astrophysikalischer Forschungstätigkeit des Menschen nur einer „Augenblickaufnahme“ hinsichtlich des Entwicklungsweges eines Sternes gleichzusetzen sind. Aus dem **Nebeneinander der stofflichen Beschaffenheit** vieler Sterne kann mit mehr oder weniger großer Sicherheit auf das **zeitliche Nacheinander** im Werdegang eines Einzelsternes geschlossen werden. Wenn eine „Augenblickaufnahme“ vom höchsten Turm einer Stadt von einer riesigen Menschenmenge gemacht wird, so sind Menschen aller Altersgruppen vertreten. Aus deren Nebeneinander kann auf den Ablauf eines einzelnen Menschenlebens geschlossen werden, sofern die Grundzüge der Entwicklung eines Menschenlebens bekannt sind. Der überwiegende Teil der Menschen wird der „arbeitsfähigen Bevölkerung“ angehören (Hauptreihe, längster Lebensabschnitt eines Sterns), ein kleiner Teil ist noch nicht in den Arbeitsprozeß eingetreten (Stern vor Eintritt in die Hauptreihe) und ein weiterer kleiner Teil ist bereits aus dem Arbeitsprozeß ausgeschieden (letzter Entwicklungsabschnitt des Sterns). Diese Analogie soll aus Bekanntem das Unbekannte über Raum, Zeit und den Zustand des Sterns dem Verständnis der Schüler nahebringen. Vereinfachte Beispiele sind als Anhalt für das Denken sechzehnjähriger Menschen eine große Hilfe.

Bei oder nach diesen als Lehrervortrag gestalteten Ausführungen wird den Schülern dargelegt, daß der Entwicklungsweg eines Sterns nach dem Riesenstadium noch nicht sicher bekannt ist. Es wird vermutet, daß unter anderem eine Weiterentwicklung zum Weißen Zwerg erfolgt.

Die beiden ersten Unterrichtsschritte der 8. Stunde dauern etwa 30 Minuten. Im Bild 7 finden sie ihren Niederschlag im linken Bildteil Sternentwicklung. Auf die Einordnung der Sonne und die Entwicklung der Sternhaufen wird in diesem Abschnitt nicht eingegangen.

Zur Erarbeitung der Sternentstehung. Der Unterrichtsteil der Sternentstehung kann als Fortsetzung der 8. Stunde angelegt werden. Im Unterrichtsgespräch werden Gas und Staub sowie ihre Erscheinungsformen vorgestellt; damit wird bei den Schülern die fachwissenschaftliche Voraussetzung für die Erarbeitung der Sternentstehung gegeben (Bild 7).

Bei der Erarbeitung von Vorgängen zur Sternentstehung bis hin zum Hauptreihenstern ist den Schülern deutlich zu machen, daß für dieses Stadium keine Zusammenschau von Zustandsgrößen vorliegt wie für die im HRD erfaßten Sterne.

Der methodische Gang des Unterrichts wird auch hier durch die didaktische Funktion der **Arbeit am neuen Stoff** gekennzeichnet. Diese Tätigkeit wird ergänzt durch **Wiederholung** (Reaktivierung von Vorleistungen), **Anwendung** und **Systematisierung**. Bei der Erläuterung der Sternentstehung bis zu der im Diagramm darstellbaren Entwicklungsphase (Pfeil vom neuen Stern zum rechten Rand des HRD) wird erneut auf die Zustandsgrößen der Sterne eingegangen. Ihre Wiederholung bei der Anwendung in weiterführenden Sachzusammenhängen ist aber zugleich auch eine Systematisierung von Aussagen des HRD. Der rechte Teil des Bildes 7 deutet das methodische Vorgehen bei der Erarbeitung der Sternentstehung an.

Zur Veranschaulichung der Vorgänge kann der Tonfilm „Werdegang eines Sternes“ eingesetzt werden. Dabei werden den Schülern Zusammenhänge zwischen Gravitation und Kontraktion, Druck und Temperatur, Verdichtung und Aufheizung, Kernprozessen und Strahlung verdeutlicht.

Mit dem Schlußteil der 9. Stunde der 2. Stoffeinheit wird durch die Behandlung der Sternentstehung noch einmal der ganze Beziehungsreichtum des HRD aufgedeckt. Damit wird auch wertvolle Vorarbeit geleistet für die letzten Stunden des Astronomielehrganges, in denen die Erkenntnisse über Zusammenhänge, Gesetzmäßigkeiten und Entwicklungen im Weltall abschließend betrachtet werden.

3.5.4. Durchführung des zweiten Beobachtungsabends

Astronomische Beobachtungen unter schulischen Bedingungen sind immer an die konkreten lokalen Gegebenheiten und Möglichkeiten gebunden, die von Schule zu Schule stark variieren. Darum lassen sich die Verallgemeinerungen aus den gesammelten Erfahrungen nicht in gleicher Weise allorts anwenden. Die Unterschiedlichkeit der Beobachtungsorte und die damit verbundenen Sicht- sowie Verkehrsverhältnisse stellen jeden Astronomielehrer (und seinen Direktor) vor die Lösung individueller Probleme.

In den folgenden Ausführungen wird davon ausgegangen, daß am Beobachtungsplatz **drei** Beobachtungsinstrumente vorhanden sind, so daß der im Abschnitt 3.3.3. empfohlene „Stationsbetrieb“ angewendet werden kann. Ein solcher Ausstattungsstand ist an jeder Schule erreichbar.

Beim zweiten Beobachtungsabend (11) können dies z. B. sein:

- drei Schulfernrohre oder
- ein Schulfernrohr, ein Refraktor 50/540 mm (Selbstbau) und ein Feldstecher (ab 7fache Vergrößerung) auf einem Stativ.

Unter Schulfernrohr ist in diesen Ausführungen immer zu verstehen ein Instrument auf wahlweise einstellbarer azimutaler und parallaktischer Montierung mit der Öffnung ab 63 mm und der Brennweite ab 840 mm.

Im folgenden wird die Durchführung des zweiten Beobachtungsabends diskutiert. Die Schüler besitzen hierfür bereits allgemeine Kenntnisse über Zweck und Nutzen des Fernrohres aus dem Unterricht und speziellere aus dem ersten Beobachtungsabend. Beispiele für Beobachtungsprotokolle sind am Ende dieses Abschnittes aufgenommen.

Zum Beobachtungsprotokoll

Zur Protokollführung durch den Schüler werden von den Lehrern voneinander abweichende Auffassungen geäußert. Diese beziehen sich sowohl auf die an das Protokoll zu stellenden Gesamtanforderungen als auch auf die Notwendigkeit einer Protokollführung. So wird z. B. teilweise die Meinung vertreten, daß bei der ersten Schülerbeobachtung auf ein Protokoll verzichtet werden soll, damit diese erste Beobachtung emotional stärker auf die Schüler einwirken kann. Für die Mehrzahl der Beobachtungen sollte jedoch von den Schülern ein Protokoll gefordert werden. Hinsichtlich der im Protokoll zu fordernden Mindestangaben besteht allgemein Einigkeit.

Mindestangaben im Beobachtungsprotokoll mit kurzen methodischen Hinweisen für den Lehrer:

- Datum, Uhrzeit und Ort, an dem die Beobachtungen angestellt wurden (bei der Uhrzeit Beginn und Ende).
- Name des Beobachters (für Schüler an Beobachtungsstützpunkten auch die Angabe der Klasse und Schule).
- Lösungen der Vorbetrachtungen zu den Aufgaben (sofern sie zum Beobachtungstermin schon lösbar sind; d. h. der entsprechende Stoff im Unterricht schon behandelt wurde oder die selbständige Lösung mit Hilfe des Lehrbuches zumutbar ist).
- Ziel der Beobachtungsaufgabe.
- Geräte und Hilfsmittel (mit Angaben der Brennweiten der optischen Instrumente).
- Die zur Beobachtungszeit vorherrschenden Sichtverhältnisse am Beobachtungsort. (Das Einschätzen von Sichtverhältnissen sollte am ersten Beobachtungsabend unter Anleitung des Lehrers geschehen.)

- Ergebnisse zu den einzelnen Teilaufträgen, die entweder verbal, numerisch oder als Skizze vorliegen können. (Nach Möglichkeit sollten vom Schüler auch kurze Angaben dazu verlangt werden, wie er bei der Lösung (Beobachtung) vorgegangen ist.)
- Einschätzung der Beobachtungsergebnisse. (Sie kann in selbständiger Arbeit mit dem Lehrbuch oder unter Anleitung des Lehrers erfolgen.)

Der konstante Teil auf jedem Protokollblatt ist von den Schülern bereits zu Hause (einschließlich der Lösungen der Vorbetrachtungen) schriftlich zu fixieren. Ebenfalls haben die Schüler auf dem Blatt für die Planetenbeobachtung schon den Kreis für die entsprechende Skizze mit dem vom Lehrer bekanntgegebenen Radius aufzutragen. Ein gleicher vorbereiteter Kreis auf dem Protokollblatt für die Beobachtung des Doppelsterns (mit einem Radius von etwa 3 cm) erleichtert dem Schüler eine einigermaßen maßstabgetreue Skizzierung des Fernrohranblicks.

Für den Lehrer ist mit den Protokollen ein Mittel zur Kontrolle und Bewertung gegeben. Die Schüler müssen mit Abschluß der Klasse 10 Ergebnisse ihrer geistigen und geistig-praktischen Tätigkeiten in einer ansprechenden Form niederschreiben können. Das exakte Protokollieren ist auch im Fach Astronomie noch zu üben.

Zur Durchführung des zweiten Beobachtungsabends

Bei der Erläuterung der Durchführung des zweiten Beobachtungsabends wird davon ausgegangen, daß dieser vor der unterrichtlichen Behandlung der Sterne und astrophysikalischer Probleme durchgeführt wird.

Da die Gruppeneinteilung der Klasse schon bekannt ist, die Durchlaufpläne für den Stationsbetrieb (↗ Abschnitt 3.3.3.) und die zu bearbeitenden Aufgaben bereits bei Bekanntgabe des Beobachtungstermines (einschließlich Ersatztermin) übergeben wurden, beginnt der Lehrer mit der Klasse (15 Minuten vor dem eigentlichen Beobachtungstermin), die Ziele und Einzelaufgaben dieser Abendveranstaltung zu erläutern.

Es bedarf der Stimulanz für diese Aufgaben, die zum Teil gänzlich neue, unbekannte Probleme aufwerfen. Der Schüler soll auch erfahren, warum solche Beobachtungen noch vor der unterrichtlichen Behandlung der Sachverhalte durchgeführt werden. Auch spezielle Hinweise für die Protokollführung werden in dieser Zeit gegeben; die Sternkarten sind auszuteilen, oder – wenn diese im Besitz der Schüler sind – ihr Vorhandensein zu kontrollieren. Ferner ist zu sichern, daß mindestens zwei bis drei Schüler über eine abblendbare Taschenleuchte verfügen. Unmittelbar vor Beobachtungsbeginn wird ein Zeitvergleich (volle Minute) vorgenommen. In der Vorbereitungszeit haben eingesetzte Helfer die Möglichkeit, auf dem Beobachtungsort die Beobachtungsinstrumente nach den vorher gegebenen Anweisungen des Lehrers aufzustellen. Diese Helfer (↗ Abschnitt 3.3.3.) können als Aufsicht und Berater an den einzelnen Stationen fungieren. (Über das Ausmaß zu erteilender Hilfen an den einzelnen Stationen sollte unter allen Umständen mit den Helfern vorher gesprochen worden sein.)

Ziel des Beobachtungsabends ist, den Schülern weitere Kenntnisse über Sternbilder zu vermitteln. Es ist ihnen die Notwendigkeit weiterer Orientierungsübun-

gen bewußtzumachen, da sich der Anblick des Sternhimmels jahreszeitlich verändert. Wurden während des ersten Beobachtungsabends typische Sommersternbilder ausgewählt, so sind es für den zweiten Abend die des Winters.

Die Beobachtungsaufgabe A 7 im Lehrbuch (§ 5; S. 114) soll die vorhandenen Kenntnisse zum Thema „Planeten“ festigen und vertiefen, gleichzeitig aber als Vergleichsobjekt für die in den Beobachtungsaufgaben A 8 bis A 10 zu beobachtenden Sterne dienen, denen sich der Unterricht in den folgenden Wochen zuwendet. Die Lösung der Aufgaben 8 bis 10 hat darum auch den Zweck, richtige Vorstellungen von den Sternen anzubahnen und einige grundlegende astrophysikalische Beobachtungsmethoden durch eigene praktische Tätigkeit kennenzulernen. Mit Hilfe dieser vorbereitenden Beobachtungen soll das Verständnis der noch zu behandelnden gesetzmäßigen Zusammenhänge erleichtert werden. Eine solche Zielstellung für den Gesamtverlauf und die Einzelaufgaben enthält auch die notwendige **Motivation**. Sie ist auf die unmittelbar bevorstehenden Beobachtungen und auch auf die folgenden Stunden gerichtet, in denen die Beobachtungsergebnisse den Unterricht beleben sollen.

Findet der zweite Beobachtungsabend zu einem späteren Zeitpunkt des Jahres statt, muß die Zielstellung nach dem Stand der Lehrplanerfüllung verändert werden. Auch die Motivation dürfte dann abzuwandeln sein.

Orientierung am Sternhimmel. Die Beobachtungen beginnen frontal in Stationsmitte mit der **wiederholenden Orientierung an bekannten Sternbildern** und führen hin zu Sternbildern des Winters (↗ Beobachtungsprotokoll A 6, S. 150). Indem der Große Bär und davon ausgehend der Polarstern aufgesucht werden, läßt sich die Ausführung der Vorbetrachtungen kontrollieren. Ein oder mehrere Schüler werden befragt, in welcher Himmelsrichtung die Sternbilder Großer Bär, Kassiopeia, Schwan, Leier aufzufinden sind. Zu jedem Sternbild wird die Beobachtungsrichtung genannt. Ein weiterer Schüler „zeigt“ mit der Stablenuchte des Lehrers in die Richtung des betreffenden Objektes. Auf diese Weise wird auch der Polarstern im Sternbild „Kleiner Bär“ markiert. Danach sind die vier Haupthimmelsrichtungen durch die Schüler festzulegen. Auffallende Bezugspunkte nahe der Hauptrichtungen sind anzusprechen. Dieser Teil ist so anzulegen, daß der Lehrer nur die Namen der Schüler nennt, die ihre Kenntnisse und Fähigkeiten zu beweisen haben. Meist wird der Lehrer dabei in der Lage sein, die gezeigten Leistungen sofort zu bewerten. Er kann aber auch davon ausgehen, diesen Teil als erneute Übung zu betrachten, um erst während des weiteren Verlaufs einzelne Schüler an den Stationen zu prüfen.

Auch bei der **Orientierung am Sternhimmel mit Hilfe weiterer Sternbilder** (Orion, Fuhrmann, Zwillinge, Kleiner und Großer Hund, Stier) sollte weitgehend auf Vorkenntnisse der Schüler zurückgegriffen werden. Der Lehrer nennt die Sternbilder und fordert dazu auf, deren Richtung mit der Stablenuchte zu markieren. Versagen die Kenntnisse, hilft der Lehrer aus. Am Schluß dieses Teilschrittes steht die Systematisierung des Zurechtfindens, indem der Lehrer seinen Schülern die „Leitlinien“ zeigt, mit deren Hilfe ein sicheres Auffinden der Objekte möglich ist (Bild 8).

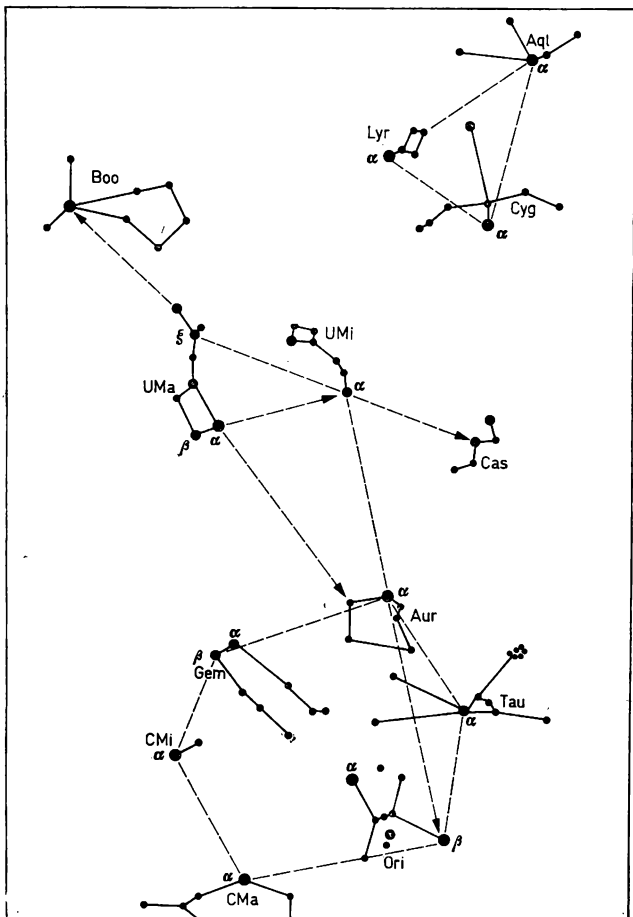


Bild 8 Leitlinien zur Orientierung am Sternhimmel

Zuerst könnte man vom Großen Bären ausgehend zum Fuhrmann mit **Kapella** führen. Eine zweite Hilfslinie weist vom Polarstern über Kapella (Festigung) zum Sternbild Orion (fast genau zum Stern Rigel). Die Gürtelsterne des Orion wiederum weisen in fallender Linie zu Sirius im Großen Hund. Der obere Gürtelstern (δ Ori) markiert den Himmelsäquator.

Sirius stellt den Stern mit der größten scheinbaren Helligkeit dar. Solche Information läßt sich mit der Vorbetrachtung zu Aufgabe 8 verknüpfen, in der gefragt wird, wovon die Sternhelligkeit abhängt.

Sirius wiederum bildet die zum Horizont gerichtete Spitze des „Winterdreiecks“ mit **Be- teigeuze** im Orion und **Prokyon** im Kleinen Hund. Die zwei noch zum „Wintersechseck“ fehlenden Hauptsterne und deren Sternbilder finden die Schüler nun selbst.

Danach wird noch der Winkelabstand Prokyon bis Sirius mittels Handspanne und Faustbreite bei ausgestrecktem Arm geschätzt und das Ergebnis im Protokoll festgehalten (individuelle Arbeit).

Den Abschluß der frontalen Arbeit in Stationsmitte bildet die Wiederholung, wie man vom Großen Bären zum Fuhrmann und vom Polarstern über Kapella zum Orion finden kann.

Beobachtungen kosmischer Objekte mit dem Fernrohr. Die Helfer führen nun die ihnen zugeteilten Schüler zu den Stationen, an denen die instrumentellen Beobachtungen auszuführen sind. Der Durchlaufplan (\nearrow Abschnitt 3.3.3.) ist in der Hand der Helfer. Den Schülern ist der Ablauf vom ersten Beobachtungsabend her nicht mehr fremd. Es soll hier einer einzelnen Gruppe gefolgt werden, die die Stationen I bis III durchläuft und die der Lehrer – bei Anwesenheit von Helfern – wie jede andere Gruppe an jeder Station aufsucht. Indem der Weg einer Gruppe und nicht der des Lehrers verfolgt wird, lassen sich die entscheidenden Schüler- und Lehrertätigkeiten besser herausstellen und charakterisieren.

Unterstützung bei kleinen Pannen, wie Objekt aus dem Gesichtsfeld verloren usw., erhalten die Gruppen durch Helfer, die mit dem Instrument näher vertraut sind.

Der Astronomielehrer ernannt solche Schüler als Helfer, die die Spezifik des Beobachtens schon beherrschen, z. B. durch die Arbeit in einer Arbeitsgemeinschaft Astronomie. Die Entscheidung des Lehrers bewirkt bei der Persönlichkeitsbildung zweierlei:

- Die betreffenden Schüler fühlen sich vor dem Klassenkollektiv durch den Lehrer ausgezeichnet und angespornt, in der Arbeitsgemeinschaft noch besser und aktiver mitzuarbeiten.
- Diese Schüler stellen sich dem Lehrer als Helfer auch für Beobachtungen mit solchen Klassen zur Verfügung, in denen keine Schüler in einer Arbeitsgemeinschaft Astronomie arbeiten. So wird eine Auszeichnung zu echter Stimulanz für gesellschaftlich nützliche Tätigkeit mit hohem Wirkungsgrad. Den FDJ-Leitungen der Klasse und der Schule werden auf diese Weise wertvolle Hinweise für die Arbeit mit diesen Kollektivmitgliedern gegeben.

An der Station I beobachten die Schüler mit dem Fernrohr den Planeten Saturn (\nearrow Beobachtungsprotokoll A 7, S. 152) oder Venus oder Jupiter. Da die zur Verfügung stehende Zeit bei 8 bis 9 Schülern je Gruppe recht knapp ist und den Schülern die Erfahrung im Aufsuchen eines Objektes am parallaktisch montierten Fernrohr fehlt, stellen die Helfer das Instrument auf das Beobachtungsobjekt ein.

Nach der Einweisung der Gruppe durch den Helfer tritt der erste Schüler an das Gerät. Am besten hat sich bewährt, daß – nach kurzem Einsehen in das Fernrohrbild – zuerst der Planetenansicht skizziert wird und weitere Erscheinungen im Gesichtsfeld des Fernrohrs erfaßt und auch in der Skizze fixiert werden. Daraufhin können z. B. das Schätzen der Ringbreite des Planeten Saturn in Einheiten des Planetendurchmessers und die Beurteilung der Ringöffnung vorgenommen werden.

Die Niederschrift der zu protokollierenden Beobachtungsergebnisse geschieht erst, wenn der Beobachter vom Instrument zurücktritt. Nur die Skizze entsteht direkt während der Beobachtung. Diese Maßnahme spart Zeit und hilft, den Durchlaufplan einzuhalten. Während jeweils ein Schüler am Instrument arbeitet, befragt der Lehrer die anderen nach den Ergebnissen der zur Aufgabe gestellten Vorüberlegungen. Dann gibt er Impulse für den Umfang der im Protokoll zu fixierenden Ergebnisse. Schließlich fragt der Lehrer, ob neben dem Planeten weitere Objekte im Bildfeld auszumachen waren, wobei er den Impuls gibt, diese Objekte zu klassifizieren (Mond oder Stern). Haben alle Schüler der Gruppe ihre Aufgabe am Gerät erfüllt, erinnert der Helfer daran, daß die Brennweite f des benutzten Okulars einzutragen ist, damit die gewählte Vergrößerung berechnet werden kann und in das Protokoll eingeht.

An der Station II beobachten die Schüler mit dem bloßen Auge und dem Fernrohr das Doppelsternsystem Mizar (↗ Beobachtungsprotokoll A 9, S. 155). Die Anleitung im Lehrbuch (5; S. 125) orientiert beim Protokollieren des Ergebnisses auf die Beschreibung des Fernrohranblickes; hier sei empfohlen, zunächst den Anblick skizzieren zu lassen. Das erleichtert dem Schüler die Arbeit; er braucht am Instrument nicht sofort den Text zu formulieren. Diese Tätigkeit kann während der Wartezeit geschehen, dabei kann er sich an der Skizze orientieren. Dem Lehrer wird dadurch die Ergebniskontrolle bei der Durchsicht der Protokolle erleichtert.

Läßt es sich ermöglichen, an Station II neben dem astronomischen Fernrohr noch einen Feldstecher einzusetzen, kann äußerst zeiteffektiv gearbeitet werden. Fast alle Schüler sind gleichzeitig aktiv tätig. Ein Schüler arbeitet am Fernrohr (starke Vergrößerung), der zweite am Feldstecher (schwache Vergrößerung). Ihre Vorgänger formulieren den Text im Protokoll. Die restlichen sind mit der Lösung der übrigen Aufgabenteile beschäftigt. Für die Skizzen ist das Gesichtsfeld durch Kreise mit gegebenem Durchmesser im Protokoll vorbereitet. Der Lehrer lenkt die Aufmerksamkeit auf die Bildorientierungen in beiden Instrumenten. Außerdem weist er auf Vorüberlegung 3 des Lehrbuches hin und läßt erklären, weshalb ein Stern vom Fernrohr nicht vergrößert abgebildet wird, aber der Abstand zwischen den Sternen bei stärkerer Vergrößerung scheinbar zunimmt. Schließlich regt der Lehrer an, darüber nachzudenken,

- weshalb Planeten scheibenförmig, Sterne dagegen nur punktförmig abgebildet werden;
- welcher Parallellfall zu einem Doppelsternsystem aus unserem Planetensystem (Doppelplanet Erde–Mond) genannt werden kann.

Diese zweite Anregung wird in jedem Falle zu geben sein, da auch bei einem Beobachtungsabend im März Doppelsterne im Unterricht noch nicht behandelt sind. Demzufolge wird vom Schüler die Definition des Begriffes „Doppelsterne“ nicht verlangt werden können. Es sollte aber der Denkanstoß gegeben werden, über die Bewegungsgesetze im Doppelsternsystem nachzudenken, wenn die Helligkeiten der Sterne beachtet werden. (Die Auswertung dieser Fragen kann nur im Unterricht geschehen, wenn die entsprechende Thematik auftritt.) An dieser Station wird der Lehrer die Schüler anweisen, die unterschiedliche Helligkeit der Sterne durch genügend unterschiedliche Symbole kenntlich zu machen, so wie das auf der drehbaren Sternkarte auch geschieht.

Nach abgeschlossener Beobachtung durch die Gruppe sollte der Helfer erneut auffordern, die Daten der benutzten Instrumente im Protokoll festzuhalten.

An der Station III beobachten die Schüler mit bloßem Auge und mit dem Fernrohr den offenen Sternhaufen M 45 (Plejaden) (↗ Beobachtungsprotokoll A 10, S. 156). In der Vorbetrachtung konnten die Schüler nur die Beobachtungsrichtung für das Objekt festlegen. Der Helfer sollte die Schüler auffordern, die mit dem bloßen Auge sichtbaren Sterne des Sternhaufens zu zählen (frontaler Beginn; Protokoll). Erst danach setzt die Einzelbeobachtung am Fernrohr ein. Es ist wichtig, daß der Helfer jeden Beobachter durch Teilschritte lenkt, damit die Skizze und der Text aussagekräftig genug werden. Nur dann besitzt dieses Protokoll einen direkten Wert für den Unterricht.

Diese Teilschritte sind:

- Tragen Sie die hellsten Sterne lagegerecht in die Skizze ein!
- Führen Sie das Fernrohr so nach, daß der zu Beginn festgestellte Himmelsausschnitt wieder im Gesichtsfeld erscheint!
- Tragen Sie die Lage von fünf bis sechs schwächeren Sternen in die Skizze ein! Achten Sie auf richtige Helligkeitsabstufungen!
- Stellen Sie fest, welche Farben des Sternlichtes bei diesen Sternen überwiegend auftreten!
- Prüfen Sie, ob eine scharfe Begrenzung zwischen Sternhaufen und Umgebung festzustellen ist!

Diese oder eine ähnliche formulierte Folge von Lösungsschritten muß dem Helfer schriftlich vor Beginn des Beobachtungsabends übergeben worden sein und ist für jeden Schüler, der an das Instrument tritt, zu wiederholen. Der Lehrer kann jedem Schüler einen Handzettel geben, auf dem zu allen Aufgaben solche Teilschritte formuliert sind. Dadurch sind dem Schüler die an ihn gestellten Anforderungen bereits vor der Beobachtung bekannt.

Der Lehrer wird zuerst seine Schüler anhalten, mit der an Station II gewonnenen Erkenntnis über die scheinbare Abstandsvergrößerung zweier Sterne (bei Betrachtung mit dem Fernrohr) die Schlußfolgerung zu ziehen, worin der Vorteil der Fernrohrbeobachtung eines Sternhaufens gegenüber der Beobachtung mit bloßem Auge liegt.

Zwei Erkenntnisse müßten sich ergeben:

- Fernrohre trennen Punkte mit geringem Winkelabstand bei ausreichender Vergrößerung besser als das Auge, weil der Winkel, unter dem ein Gegenstand gesehen wird, größer ist.
- Fernrohre sammeln von einem schwachen Objekt mehr Licht als das Auge, deshalb werden mit zunehmendem Durchmesser der Fernrohrobjektive immer schwächere Objekte sichtbar.

In der Mitte der Stationen werden die Schüler nach Durchlaufen der Stationen I bis III auf eine Hausbeobachtung vorbereitet, bei der es um Differenzierung der scheinbaren Helligkeiten und der Färbung des Sternlichtes am Beispiel der Sterne im Orion geht (→ Beobachtungsprotokoll A 8, S. 153). Die Reihenfolge der Erledigung der Teilaufgaben kann den Schülern überlassen werden. Wichtig ist, daß hier das Sternbild noch einmal gezeigt wird und auch der Weg, wie man es leicht auffindet. Das erneute Aufsuchen der Hauptsterne des „Wintersechsecks“ sollte sich anschließen, wobei wiederum die Hilfslinien erwähnt werden, die die Orientierung erleichtern.

Der Lehrer motiviert den Zweck der Farbschätzung an den Sternen damit, daß diese „Sternfarben“ uns Hinweise auf die Sterntemperaturen geben. Schließlich wird die Methode des Schätzens der Sternhelligkeiten erläutert. Dabei ist anzuregen, zunächst den jeweils hellsten und den schwächsten der ausgewählten Sterne aufzufinden. Alle anderen sind dann durch fortwährendes Vergleichen untereinander und mit den beiden bereits markierten in die richtige Helligkeitsfolge zu bringen. Es bedarf des unbedingten Hinweises an die Schüler, daß die bei der Beobachtung herrschenden Sichtverhältnisse in die Auswertung (oder Nachbetrachtung) einzubeziehen sind: störende Faktoren sollen so genau wie möglich im Protokoll festgehalten werden.

Der Abgabetermin dieses Protokolls darf nicht vor der Behandlung der Sternhelligkeiten im Unterricht liegen, damit Größenangaben für die Auswahlsterne gemacht werden können. So läßt sich im Unterricht bei der Erarbeitung des Entfernungsmoduls auf die Aufgabenstellung des Beobachtungsabends eingehen, um den Schülern bewußtzumachen, daß Fehler in der Bestimmung der scheinbaren Helligkeit der Objekte zu Fehlern bei der Bestimmung physikalischer Größen der Sterne führen.

Der Beobachtungsabend schließt mit der knappen Zusammenfassung aller wichtigen Ergebnisse, die an den Stationen gewonnen wurden und dem Auftrag, die Instrumente abzubauen. Der Lehrer signiert die angefertigten Protokolle ab. Mit der Reinschrift des Protokolls sollte das Original dem Schüler wieder abverlangt werden, um die Bewertung so objektiv wie möglich ausführen zu können. Zudem liefert gerade jedes Originalprotokoll dem Lehrer analytisches Material für die Selbsteinschätzung über den Wert und die Mängel, die dem Beobachtungsabend insgesamt oder in einzelnen Teilen anhafteten. Das ist eine gute Möglichkeit, eingeschlagene Wege und Organisationsformen zu überprüfen.

Die Auswertung der Beobachtungen

Schon während der unmittelbaren Beobachtungstätigkeit wurden durch den Lehrer Hinweise zur Auswertung der Beobachtungsdaten gegeben, die in den folgenden Stunden noch vermehrt werden. Es ist zwischen zwei Qualitätsstufen und Formen der Auswertung zu unterscheiden, und zwar

- der **individuellen Auswertung** (häuslichen) durch den Beobachter und
- der **kollektiven Auswertung** in den folgenden Unterrichtsstunden.

Die **individuelle Auswertung** durch den Beobachter soll sich in erster Linie auf die Einschätzung der gewonnenen Beobachtungsdaten innerhalb der Teilaufgaben beziehen (evtl. mit Fehlerbetrachtung) und die persönlich daraus gezogenen Schlüsse und Erkenntnisse enthalten. Natürlich wird nicht jede Teilaufgabe schriftlich gewertet werden müssen. Wenn z. B. der Beobachter erkennt und protokolliert, daß die Sterne „flimmern“, dann muß er durch die Verknüpfung mit seinen Kenntnissen über die Einflüsse der Erdatmosphäre auf astronomische Beobachtungen fähig sein, die Ursache dafür anzugeben. Fehlt diese Darlegung im Protokoll, weist der Lehrer bei Durchsicht der Protokolle an, die Arbeit zu vervollständigen. So geht z. B. aus dem Beobachtungsprotokoll A 6 hervor, daß der Lehrer mit der Fehlerbetrachtung zur Abstandsschätzung Sirius-Prokyon noch nicht zufrieden war. Deshalb findet man den Nachtrag des Schülers. Allerdings muß sich der Lehrer auch davor hüten, die Fehlerbetrachtungen zu weit zu treiben. Wichtiger erscheint, daß der Schüler die zur Beobachtungszeit auftretenden Störfaktoren erkennt und in der Auswertung ihren Einfluß auf die Ergebnisse relativ richtig beurteilen lernt (\nearrow Beobachtungsprotokolle A 7 und A 8). Natürlich richten sich die Anforderungen für die individuelle Auswertung hauptsächlich nach

- den vom Lehrer dazu gegebenen Hinweisen;
- dem Stand der Fähigkeitsentwicklung der einzelnen Schüler;
- dem Zeitpunkt des Beobachtungsabends im Zusammenhang mit den im Unterricht behandelten Unterrichtseinheiten.

Dem Schüler sind zur Auswertung seiner Beobachtungen am ersten Beobachtungsabend weit mehr Anregungen zu geben als bei der letzten Abendveranstaltung.

Bei der **kollektiven Auswertung** der Beobachtungen, die unter Leitung des Lehrers während des nachfolgenden Unterrichts stattfindet, ist eine wesentliche Voraussetzung unbedingt zu beachten: Der Lehrer muß durch vorherige Kontrolle und Bewertung der Einzelprotokolle sich einen Überblick verschafft haben,

- welche Beobachtungsteile von der Mehrheit der Klasse gut und richtig bearbeitet worden sind;
- welche Fehler in der Klasse schon bei der Erfassung zu beobachtender Details aufgetreten sind;
- welche Mängel und Schwächen in der individuellen Auswertung offensichtlich geworden sind.

Mit diesem Wissen und entsprechenden Folgerungen können bei den Auswertungen im Klassenverband einmal die aufgetretenen Schwächen und Mängel beseitigt werden, zum anderen sind die Ansatz- und Verknüpfungspunkte mit dem theoretischen Lehrstoff deutlich gemacht. So wird z. B. während der Bearbeitung des Zusammenhanges von Oberflächentemperaturen der Sterne und der Färbung des Sternlichtes nicht nur auf die Ergebnisse und Fehleinschätzungen der Beobachtung der Orion-Sterne zurückzukommen sein, auch das „Sternflimmern“ muß hier qualitativ betrachtet werden. Die von den Schülern beobachteten Sternfarben dienen zunächst zur Motivation des zu untersuchenden Sachverhaltes. Nach der Erkenntnis, daß blaue Sterne hohe und rote Sterne relativ niedrige Oberflächentemperaturen besitzen, folgt als Schluß aus den eigenen Beobachtungen: Beteigeuze ist ein relativ kühler Stern, Rigel ist zwar heiß, aber kühler als die übrigen fünf beobachteten Sterne. Werden aus den eigenen Farbschätzungen Temperaturangaben angestrebt, ist zu empfehlen, diese innerhalb von Grenzwerten angeben zu lassen, um sie danach mit Angaben in der Literatur (Lehrbuch-Tabellen) zu vergleichen.

Die Tatsache, daß eine große Anzahl der Schüler Rigel heller als Beteigeuze einschätzt, wird bei Behandlung der veränderlichen Sterne für die problemhafte Gestaltung dieses Stoffes eine ausgezeichnete Ausgangssituation schaffen. Auf Auswertungsmöglichkeiten der Beobachtungen bei der Bearbeitung der Helligkeiten und Entfernungen der Sterne sowie ihrer Zustandsgrößen im Zusammenhang mit dem HRD wurde schon in den Abschnitten 3.5.1. und 3.5.2. hingewiesen.

Am Beispiel des beobachteten Doppelsterns Mizar soll gezeigt werden, welche Ergebnisse sich im weiteren Unterricht verwerten lassen (→ Übersicht 9).

Die Vielfalt der Wege, die bei der Auswertung der Schülerbeobachtungen beschritten werden können, um den Unterricht zur Erreichung der Lehrplanziele lebendig, problemhaft und effektiv zu gestalten, läßt sich hier nicht annähernd erfassen. Der Lehrer muß stets darauf bedacht sein, daß die Auswertung der Beobachtungen dem Schüler hilft, seine Persönlichkeitsqualitäten immer besser zu entfalten und die Ziele des Lehrplans zu erreichen.

Die Möglichkeiten bei den besprochenen Schülerbeobachtungen zur Realisierung der Ziele im Astronomieunterricht zeigt die Übersicht 10.

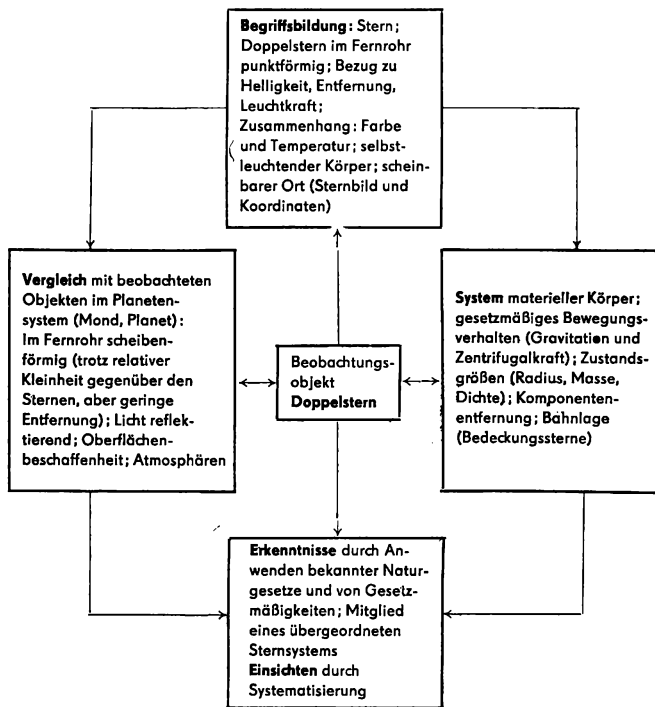
Zusätzliche Bemerkungen zur Organisation des Beobachtungsabends

Die Beobachtungsaufgaben im Lehrbuch (5) sind als Beispiele zu betrachten, die je nach den vorhandenen Bedingungen verändert werden können. Manchmal verändern sich während des Beobachtungsabends die Sichtbedingungen für die einzelnen Gruppen beträchtlich, so daß ein Auswechseln einzelner Objekte notwendig wird. Es kommt in der Praxis vor, daß während der Beobachtungszeit Bewölkung aufzieht, die möglicherweise das Doppelsternsystem Mizar oder ein anderes im Programm enthaltenes Objekt verdeckt. In diesen Fällen läßt der Lehrer ein gleichartiges Objekt beobachten (z. B. statt Mizar den Albireo im Schwan).

Die Farbschätzungen in Beobachtungsaufgabe 8 des Lehrbuches können auch an den Hauptsternen des Wintersechsecks ausgeführt werden anstatt die Orionsterne dafür zu nutzen, deren Farben vom Schüler aus der im Lehrbuch enthalte-

Übersicht 9

Einige Ergebnisse bei der Auswertung der Beobachtung des Doppelsterns Mizar



nen Farbtafel entnommen werden können. Der Lehrer muß jeweils genügend Austauschobjekte kennen, die den Lehrplananforderungen entsprechen. Er muß wissen, welche Schwierigkeiten und Besonderheiten für die Schülerbeobachtungen beim neuen Beobachtungsgegenstand zu beachten sind.

Abschließende Bemerkungen zur Arbeit des Lehrers bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung eines Beobachtungsabends

Die Beobachtungsabende sind für die Persönlichkeitsentwicklung der Schüler und die damit verknüpfte Erweiterung ihrer Leistungsfähigkeit von großer Bedeutung.

Übersicht 10
Einordnung von Beobachtungsergebnissen in den Unterricht

Behandlung des Stoffes vor der Beobachtung		Beobachtungsobjekt	Beobachtung vor der Behandlung des Stoffes bewirkt	
bei der Unterrichtseinheit	mit dem Schwerpunkt		Festigung und Anwendung des Wissens	Motivation nachfolgenden Unterrichtes
1.1. Einführung in das Fach Astronomie	Schulfernrohr; Objekte im Weltall	Mond, Planeten; Sterne	Vergrößerung; Intensitätsgewinn; Auflösung	Weckung des Interesses an kosmischen Erscheinungen
1.2. Die Erde	Orientierung, Koordinatensysteme	Sternbilder	Orientierung am Sternhimmel, Messung	Gebrauch der drehbaren Sternkarte; Koordinatensysteme
1.3. Der Erdmond	Phasengestalt, Bewegungen; Oberflächengestaltung	Erdmond	Bewegungen (scheinbare und wahre); Erscheinungen (Phase, Oberfläche); Vergrößerung	Phasengestalt, Bewegungen, Oberflächenformationen
1.4. Das Planetensystem	Planeten — Abplattung — Atmosphäre	Venus, Jupiter, Saturn; Planetenmonde	Orientierung am Sternhimmel; Erscheinungen, Vergrößerung und Raumvorstellung	Gravitation; Planet, Stern (im Fernrohr)
2.1. Die Sonne	Leuchtkraft	Doppelstern; Sternhaufen	Helligkeit und Leuchtkraft;	Farbe des Lichtes, Temperatur, Spektralklasse; HRD und Sternentwicklung
2.2. Die Sterne	Zustandsgrößen		Wirkung der Erdatmosphäre; Fernrohrauflösung	

Gruppen- und Einzelbeobachtungen fordern Konzentration und Disziplin. Auch darin liegt der erzieherische Wert der astronomischen Schülerbeobachtungen, der bei der Planung, Durchführung und Auswertung der Beobachtungen konsequent zu nutzen ist.

Nicht alles, was bei den Beobachtungen mit den Sinnen erfaßt und wahrgenommen werden kann, wird protokolliert. Dabei bildet der Schüler seine Fähigkeit weiter, Wesentliches vom Unwesentlichen zu scheiden. Nicht alles, was beobachtet wird, ist ausführlich auszuwerten. Einige Erkenntnisse müssen aber von jedem Schüler gewonnen werden:

- Planeten erscheinen gegenüber Sternen wegen ihrer relativ geringen Entfernung im Fernrohr scheibenförmig (flächhaft). Die Sterne dagegen bleiben im Fernrohr auch bei stärksten Vergrößerungen wegen ihrer riesigen Entfernungen punktförmig.
- An der Himmelskugel dicht beieinander stehende Beobachtungsobjekte lassen sich bei starken Vergrößerungen besser trennen. Bei kleineren Vergrößerungen dagegen wird die lichtsammelnde Wirkung der Fernrohre maximal nutzbar.
- Die lichtsammelnde Wirkung der Fernrohre macht dem Menschen größere „Tiefen“ des Weltraumes der Beobachtung zugänglich, wodurch die objektive Realität in ihren Erscheinungsweisen und gesetzmäßigen Zusammenhängen immer klarer und umfassender erkannt werden kann.
- Die zugänglichen Beobachtungstatsachen stehen in Wechselwirkung mit der Leistungsfähigkeit der Technik, deren Entwicklungsstand von der Entwicklung der Produktivkräfte abhängt. Die Nutzung der wissenschaftlichen Erkenntnisse und der Technik jedoch wird von den herrschenden Produktionsverhältnissen bestimmt.

Beispiele für Beobachtungsprotokolle

Beobachtungsprotokoll A 6

Datum: 25. Januar 1973
Uhrzeit: 19.00 bis 19.17 MEZ
Beobachtungsort: Crimmitschau,
Schulhof der J.-Motteler-EOS

Beobachter: M., H.
Pestalozzi-QS
Klasse 10 b

Ziel der Beobachtung:

Aufsuchen bekannter Sternbilder und typischer Wintersternbilder (Lehrbuch S. 121)

Geräte und Hilfsmittel:

Drehbare Sternkarte; Meßhilfe: Hand, Armbanduhr (17.00 MEZ mit Zeitzeichen verglichen)

Sichtverhältnisse:

In Horizontnähe starker Dunst. Ab 20° Höhe gute Sicht. Durch Mond sehr hell, im NW Bewölkung.

Vorbetrachtungen (Lehrbuch S. 121)

Zu 1. Nach der Sternkarte sind zur Beobachtungszeit zu sehen:

Die Sternbilder	In Himmelsrichtung
Großer Bär	NNO
Kassiopeia, Schwan und Leier	NW
Fuhrmann, Zwillinge	O
Kleiner Hund	OSO
Stier, Orion, Großer Hund	SO

Zu 2. Unterschiedliche Sichtbarkeit der Sommer- und Wintersternbilder folgt aus der scheinbaren Wanderung der Sonne durch die 12 Tierkreissternbilder. Die Ursache: Umlauf der Erde um die Sonne in einem Jahr.

Zu 3. Aus Aufgabenteil 1 sind zirkumpolar:

Großer Bär, Kassiopeia	(vollständig)
Schwan, Fuhrmann	(nur Teile)

Beobachtungsergebnisse (zu Lehrbuch-Aufgabe S. 122)

Zu 1. Vorderster Deichselstern vom „Großen Wagen“ wegen Dunst unsichtbar (Lichtauslöschung)

Das Lot vom Polarstern auf den Horizont ergibt den N-Punkt. Durch Kapella im Fuhrmann und Kastor und Pollux (Zwillinge) fand ich die Ost- und Westpunkte auf dem Horizont.

Zu 2. Sternbild Leier und Kopf vom Schwan sind wegen Bewölkung nicht zu sehen.

Zu 3. Alle Sterne des „Wintersechsecks“ gefunden (mit Sternkarte). Alle hellen Sterne flimmern (Farben wechseln rasch).

Zu 4. Abstand Sirius bis Prokyon: 26°

(Schätzung mit Handspanne und Faust bei gestrecktem Arm).

Auswertung

Zu 3. Das Sternflimmern ist durch die Luftbewegung in unserer Atmosphäre zu erklären. Die Farbänderungen müßten mit der Durchlässigkeit der Luft für verschiedene Wellenlängen des Lichtes zusammenhängen.

Zu 4. Richtiger Abstand der beiden Sterne: 25° (vom Lehrer). Mein Schätzfehler beträgt rund 1° . Ich glaube, das ist ganz gut.

(Lehrer): Wie groß ist der Fehler, ausgedrückt in scheinbaren Vollmonddurchmessern?

Der Fehler betrug rund 2 scheinbare Vollmonddurchmesser.

Beobachtungsprotokoll A 7

Datum 25. 1. 1973

Uhrzeit: 19.18 bis 19.22 MEZ

Beobachtungsort: Crimmitschau

Schulhof der J.-Motteler-EOS

Beobachter: H., G.

Pestalozzi-OS

Klasse 10 b

Ziel der Beobachtung:

Fernrohrbeobachtung Saturn

Geräte und Hilfsmittel:

Refraktor 50/540, parallaktisch montiert (ohne Nachführung) Okular: $f = 10$ mm Armband-uhr (17 Uhr mit Zeitzeichen verglichen), drehbare Sternkarte

Sichtverhältnisse:

wolkenfrei; ruhige Luft; in Horizontnähe Dunst

Vorbetrachtungen: (Lehrbuch S. 122 bis 123)

- Zu 1. Heute um 19 Uhr steht der Saturn ungefähr im Süden in einer Höhe von rund 55° (im Sternbild Stier)
- Zu 2. Planeten in Sonnennähe (z. B. Merkur und Venus) ändern ihren Ort unter den Sternen besonders schnell. Auch solche, die in große Nähe der Erde kommen (Venus und Mars). Saturn gehört zu den langsamen.

Beobachtungsergebnisse (Lehrbuch S. 123)

- Zu 1. Saturn wurde mit dem Sucher am Fernrohr eingestellt. Ich mußte das Fernrohr dem Planeten nachführen.
- Zu 2. Das Ringsystem des Saturn ist weit geöffnet. Ich kann daraufsehen. Der Ring steht etwas schräg. Die Ringbreite ist kleiner als der Planetendurchmesser (weniger als die Hälfte).
- Zu 3. Über dem rechten Rand des Ringes steht ein heller Stern. Das könnte ein Mond vom Saturn sein. Mit dem Auge (ohne Fernrohr) sieht man ihn nicht.

$$N = \frac{f_{\text{Obj.}}}{f_{\text{Ok.}}}$$
$$N = \frac{540}{10} = 54 \text{ fach}$$

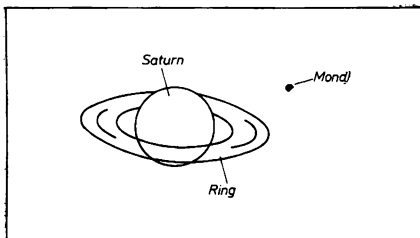


Bild 9 Saturn

Auswertung

- Zu 2. Vielleicht ist der Saturnring auch etwas breiter als ich ihn sah. Der Mond störte mich beim Schätzen. Ich sah bestimmt nur die hellsten Teile vom Ringsystem.
- Zu 3. Der helle Punkt ist der Saturnmond Titan (vom Lehrer). Auch in der Skizze müßte der Ring zu schmal sein.

Beobachtungsprotokoll A 8

Datum: 4. 2. 1973 (Hausbeobachtung)
Uhrzeit: 20.10 bis 20.30 MEZ
Beobachtungsort: Crimmitschau
Rothenmühlenweg („Heimaterde“)

Beobachter: G., B.
Pestalozzi-OS
Klasse 10 b

Ziel der Beobachtung:

Helligkeit und Farbe der Sterne im Sternbild Orion

Geräte und Hilfsmittel:

Armbanduhr (mit Zeitzeichen verglichen), Sternkarte und Lehrbuch S. 124

Sichtverhältnisse:

Im W und NW Bewölkung, sonst leichter Dunst am Horizont

Vorbetrachtungen (Lehrbuch S. 124)

- Zu 1. Die scheinbare Helligkeit des Sterns ist von seiner Leuchtkraft und seiner Entfernung abhängig.
- Zu 2. Scheinbare Helligkeit wird in Größenklassen angegeben. Ein Stern der 1. Größenklasse erscheint uns rund 2,5mal heller als ein Stern 2. Größenklasse.
- Zu 3. Aus der Farbe des Lichtes kann man auf die Oberflächentemperatur des Sterns schließen. Rote Sterne sind kühl, blaue Sterne sind heiß.

Beobachtungsergebnisse

- Zu 1. Ich beobachtete, als das Sternbild Orion genau im Süden stand.
- Zu 4. Farbschätzung an Orionsternen

rötlich	weiß	bläulich
---------	------	----------

α (Beteiguze)	β (Rigel)	$\gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \kappa$
----------------------	-----------------	---

Einen Stern mit gelbem Licht erkannte ich nicht.

- Zu 2. Ordnen der Orionsterne nach der scheinbaren Helligkeit
- | am hellsten | am schwächsten |
|-------------|----------------|
|-------------|----------------|

$\beta - \alpha - \gamma - \epsilon - \zeta - \delta - \kappa$

Erst versuchte ich, den hellsten und den schwächsten Stern zu erkennen. Danach habe ich die anderen Sterne immer wieder mit β und κ verglichen. Bei dem schwächsten könnte die Reihenfolge auch sein $\kappa - \delta$, weil κ eine geringere Höhe hat und nur wenig über der Dunstschicht steht. Auch der Himmel ist im Süden vom Stadtlicht viel heller als in größerer Höhe (bei δ). κ könnte viel leicht auch so hell wie δ sein.

Zu 3. Größenklassenschätzung an Orionsternen

Stern	Größenklasse
α	0,5
β	0,2
γ	1,5
δ	2,4
ϵ	2,0
ζ	2,1
π	2,5
oder:	
$\epsilon-\zeta$	2,0
π	2,3 bis 2,4

Auswertung

Zu 2. und 3. Das Schätzen der Helligkeit ist bei Stadtbeleuchtung und Dunst viel zu ungenau. Mit dem Auge kann man sicher gar keine genauen Werte erhalten. Auch die großen Höhenunterschiede der Sterne und ihre weiten Abstände (wie bei α und β) stören. Das Flimmern der Sterne störte mich beim Schätzen auch.

Nachtrag (Unterricht):

Zu 2. Richtige Reihenfolge: $\alpha-\beta-\gamma-\epsilon-\zeta-\pi-\delta$

Zu 3. Richtige Helligkeit: 0m, 1 bis 1m, 2/0m, 15/0m, 16/1m, 7/1m, 8/2m, 2/2m, 5

α (Beteigeuze) ist ein veränderlicher Stern.

Zu Vorbetr. 1: Die scheinbare Helligkeit der Sterne kann auch durch interstellare Wolken verfälscht werden.

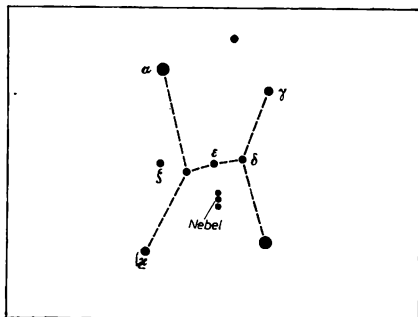


Bild 10 Orion

Beobachtungsprotokoll A 9

Datum: 25. März 1974

Uhrzeit: 20.15 bis 20.40 MEZ

Beobachtungsort: Sternwarte Crimmitschau

Beobachter: P., J.

Pestalozzi-OS

Klasse 10 b

Ziel der Beobachtung:

Beobachtung des Doppelsternsystems Mizar mit dem Fernrohr (Lehrbuch S. 125)

Geräte und Hilfsmittel:

Fernrohr 50/540 mm mit Okular $f = 16$ mm

Vergrößerung $N = 34$ fach

Feldstecher 8×30 (auf Stativ)

Sternkarte, Armbanduhr (18 Uhr mit Zeitzeichen verglichen)

Sichtverhältnisse:

Schwacher Dunst am Horizont

Vorbetrachtungen (Lehrbuch S. 125)

- Zu 1. Sterne, die geringe Entfernung zueinander haben, bewegen sich um einen gemeinsamen Schwerpunkt, weil sie durch ihre Massen aufeinander wirken (Gravitation). Solche Sterne werden Doppelsterne genannt.
- Zu 2. Das Sternbild Großer Bär befindet sich zur Beobachtungszeit in Richtung Ost bis Nordost.
- Zu 3. Je größer der Durchmesser des Fernrohrobjektivs, desto schwächere Sterne kann man auffinden. Durch die Vergrößerung des Fernrohrs wird der Doppelstern besser getrennt gesehen.

Beobachtungsergebnisse (nach Arbeitsanleitungen im Lehrbuch)

- Zu 1. Das Sternbild Großer Bär steht etwa 60° hoch.
- Zu 2. Ich erkannte Alkor und Mizar mit bloßem Auge. Alkor steht von Mizar aus nördlich.
- Zu 3. Mizar ist im Fernrohr deutlich als Doppelstern zu erkennen. Auch Alkor war erkennbar. Außerdem war noch ein Stern zu sehen, der mit Mizar und Alkor ein

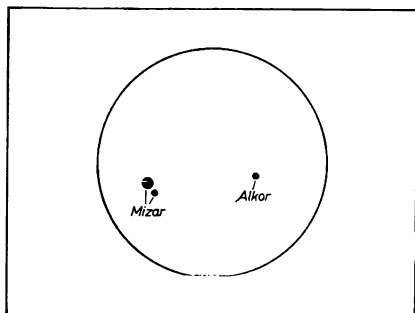


Bild 11 Mizar und Alkor

Dreieck bildet. Im Feldstecher sah ich Mizar nicht eindeutig getrennt. Er war länglich (kurzer Strich).

Die beiden Mizarsterne haben unterschiedliche Helligkeiten und leuchten weiß. Alkor ist ebenfalls weiß und fast gleichhell mit dem schwächeren der beiden Mizarsterne.

Auswertung

Die beiden Mizarsterne haben verschiedene absolute Helligkeiten und deshalb auch verschiedene Leuchtkräfte, da sie gleich weit von uns entfernt sind.

Mizar (hellerer Stern) wird eine größere Leuchtkraft als Alkor haben.

Alle drei Sterne (Mizar und Alkor) müßten eine größere Leuchtkraft als unsere Sonne haben.

Nach dem Unterricht:

1.	Farbe des Lichts	Sp.-Kl.	Oberfl.-Temperatur
Mizar A und B:	weiß	A	etwa 10 000 K
Alkor:	weiß	A	etwa 10 000 K
2. Leuchtkraftbestimmung			
$m - M = 5 \lg r - 5$	bekannt:		
$M = m + 5 - 5 \lg r$	$r_{\text{Mizar}} = 23,8 \text{ pc}$		
$M_{\text{Mizar B}} = 4,1 + 5 - 5 \cdot 1,38$	$m_{\text{Mizar B}} = 4^m, 1$		
$= 9,1 - 6,9$	$r_{\text{Alkor}} = 26,3 \text{ pc}$		
$M_{\text{Mizar B}} = 2^m, 2$	Vergleich: $m_{\text{Alkor}} = 4^m, 0$		
$M_{\text{Alkor}} = 4,0 + 5 - 5 \cdot 1,42$	$M_{\text{Sonne}} = 4^m, 8$		
$= 9,0 - 7,1$			
$M_{\text{Alkor}} = 1^m, 9$			

Ergebnis:

Die beiden Mizarsterne und Alkor haben eine größere Leuchtkraft als die Sonne. Sie gehören aber alle zu den Sternen der Hauptreihe. Masse und Radius können also nicht sehr viel größer sein als bei der Sonne. Die mittlere Dichte müßte geringer als bei der Sonne sein (nach HRD).

Beobachtungsprotokoll A 10

Datum: 2. April 1974

Uhrzeit: 19.30 bis 19.45 MEZ

Beobachtungsort: Sternwarte Crimmitschau

Beobachter: K., R.

Pestalozzi-OS

Klasse 10 a

Aufgabe:

Beobachten Sie den offenen Sternhaufen M 45 (Plejaden) mit dem bloßen Auge und mit dem Fernrohr!

Geräte und Hilfsmittel:

Feldstecher 10 × 50, azimutal montiert, Armbanduhr (18 Uhr mit Zeitzeichen verglichen), Sternkarte

Sichtverhältnisse:

schwacher Dunst, zeitweise kleine Wolken

Vorbetrachtungen (Lehrbuch S. 127)

- Zu 1. Bei einem Kugelsternhaufen sind die Sterne zum Haufenzentrum hin mit höher werdender Konzentration angeordnet. Offene Sternhaufen zeigen keine so deutliche Konzentration.
- Zu 2. Je größer die Brennweite eines Fernrohrobjektives, desto stärkere Vergrößerungen sind möglich (Auflösungsvermögen). Mit größer werdendem Objektdurchmesser erkennt man immer schwächere Sterne im Haufen.
- Zu 3. Die Plejaden sind zur Beobachtungszeit in westlicher Richtung sichtbar.

Beobachtungsergebnisse

- Zu 1. Die Plejaden stehen ungefähr 35° hoch.
- Zu 2. Mit bloßem Auge sind von diesem Sternhaufen 6 Sterne zu erkennen. (Schwacher Dunst)
- Zu 3. Mit dem Fernrohr nimmt die Zahl der sichtbaren Sterne stark zu. Ich erkannte 7 hellere Sterne. Die meisten Sterne des Haufens sind viel weniger hell.
Farbe des Sternlichts: Blau und Weiß überwiegen. Die hellsten Sterne leuchten bläulich, die schwächeren haben meist weißes Licht.
Der Sternhaufen ist gegen die Sterne der Umgebung nicht scharf begrenzt.

Auswertung

Sterne mit blauer Farbe gehören zu den Spektralklassen O oder B. Die weißen Sterne gehören zur Spektralklasse A (oder auch schon F). Diese Sterne sind viel heißer als unsere Sonne. Die Sterne, die im Haufen die hellsten sind, haben auch die größte absolute Helligkeit, weil sie die gleiche Entfernung von uns haben. Das trifft auch für die Leuchtkraft zu. Ob alle Sterne, die ich sah, zu den Plejaden (also zum offenen Sternhaufen) gehören, läßt sich nicht einfach sagen. Wir sehen auch Sterne mit, die in der gleichen Richtung stehen. D. h.: Manche dieser Sterne stehen zwischen uns und den Plejaden und andere hinter dem Sternhaufen. Man brauchte mindestens die Parallaxen aller gesehenen Sterne in dieser Richtung, um die Plejadensterne herauszufinden.

Im Unterricht:

Offene Sternhaufen sind relativ junge Ansammlungen von Sternen. Diese Sterne sind fast zu gleicher Zeit und räumlich am gleichen Ort entstanden. (Kugelförmige Sternhaufen dagegen sind sehr alte Gebilde unserer Galaxis.)

Die Haufensterne haben bei ihrer Entstehung unterschiedliche Massen. Darum entwickeln sie sich verschieden schnell, so daß nicht alle Sterne im Haufen zur gleichen Leuchtkraftklasse und zur gleichen Spektralklasse gehören können.

Nach dem Lehrbuch sind die Plejaden 140 pc oder rund 450 Lj. von uns entfernt. Bei Anwendung des Entfernungsmoduls (Lehrbuch S. 76/2) ergibt sich, daß die hellen Plejadensterne eine größere Leuchtkraft als die Sonne haben.

3.6. Didaktisch-methodische Hinweise zu den Arbeitsgemeinschaften nach Rahmenprogrammen

3.6.1. Zur Zielstellung und Stoffanordnung

Die Arbeitsgemeinschaften „sind Bestandteil des komplexen und einheitlichen Prozesses der sozialistischen Bildung und Erziehung in der Oberstufe“ (51; S. 379).

Arbeitsgemeinschaften haben deshalb das gleiche Ziel wie der obligatorische Unterricht; sie dienen der allseitigen Ausformung der sozialistischen Schülerpersönlichkeit. Auch in anderer Hinsicht tragen Unterricht und Arbeitsgemeinschaften gleiche Züge; in beiden vollzieht sich ein „planmäßig gestalteter Prozeß ... der systematischen Vermittlung und aktiven Aneignung der Grundlagen der Wissenschaften“ (6; S. 103).

Dieser Prozeß soll sich in den Arbeitsgemeinschaften „Astronomie“ und „Astronautik“ durch eine enge Verbindung von Theorie und Praxis auszeichnen. Die Schüler sollen sich die geforderten Kenntnisse in enger Verbindung mit der Lösung gesellschaftlich nützlicher Aufgaben, durch Experimente, Übungen, Untersuchungen und andere Formen der geistig-praktischen Tätigkeit sowie durch die Arbeit mit der Literatur aneignen, und sie sollen befähigt werden, weitgehend selbständig zu arbeiten. Deshalb sollen sie den sachgemäßen Umgang mit astronomischen Geräten und Hilfsmitteln, das selbständige und systematische Beobachten astronomischer Objekte sowie die Auswertung dieser Tätigkeit erlernen (46; S. 5, vgl. auch 45; S. 5).

Wesentliche Unterschiede gegenüber dem obligatorischen Unterricht resultieren aus den spezifischen Aufgabenstellungen der Arbeitsgemeinschaften „Astronomie“ und „Astronautik“, die im jeweiligen Rahmenprogramm fixiert sind, und aus dem Umstand, daß diese Arbeitsgemeinschaften noch vor dem Einsetzen des Fachunterrichts ihre Tätigkeit aufnehmen.

Im Gegensatz zu den Arbeitsgemeinschaften anderer Fächer kann der Leiter einer Arbeitsgemeinschaft „Astronomie“ oder „Astronautik“ nicht auf systematische Fachkenntnisse der Teilnehmer aus zurückliegendem Unterricht aufbauen, aber er muß an Vorleistungen anknüpfen, die in anderen Fächern und anderen Zusammenhängen erbracht wurden (↗ Abschnitt 2.1.).

Die Schüler kommen mit unterschiedlichen Voraussetzungen zur Arbeitsgemeinschaft: wenige mit einigen Vorkenntnissen, die ihr Interesse an der Thematik geweckt haben; die meisten aber mit sehr unklaren Vorstellungen und einfach aus Neugier, weil ihnen hier etwas angeboten wird, was abseits alles bisherigen Unterrichtsinhalts liegt (48; S. 6).

Aus diesem Grunde ist es erforderlich, den Teilnehmern zunächst das notwendige Grundwissen zu vermitteln und Arbeitsgrundlagen zu schaffen. Das bedeutet, daß Vorgriffe auf den Astronomieunterricht nicht vermeidbar sind.

Um Interesse, Aufmerksamkeit und Mitarbeit der Arbeitsgemeinschaftsteilnehmer auch für den erst ein Jahr später einsetzenden Astronomieunterricht zu sichern, ist es ratsam, diese Vorgriffe auf ein unumgängliches Minimum zu be-

schränken. Zu den notwendigen Stoffen gehören der Aufbau der Erdatmosphäre und die physikalischen Prozesse in ihr, die sowohl die erdgebundenen Beobachtungen beeinflussen als auch konkrete Bedingungen für Start und Landung von Raumflugkörpern schaffen, und die Bewegungen der Erde sowie die daraus resultierenden Sichtbarkeitsbedingungen der Beobachtungsobjekte. Notwendige Grundlage für eine erfolgreiche Tätigkeit in der Arbeitsgemeinschaft sind Sicherheit in der Orientierung am Sternhimmel und Fertigkeiten im Umgang mit den Sternkarten. Auch die Vermittlung der Grundlagen der Himmelsmechanik ist unerlässlich.

Es ist deshalb empfehlenswert, beim Aufstellen des Stoffverteilungsplans für die Arbeitsgemeinschaft den Lehrplan und das Rahmenprogramm nebeneinander zu benutzen. Einem erfahrenen Astronomielehrer stehen Inhalt und Ablauf seines Unterrichts zumindest in groben Zügen ständig vor Augen, aber ein Amateurastronom oder ein aus einer Arbeitsgemeinschaft hervorgegangener junger Leiter muß von einem Lehrer mit den entsprechenden Informationen unterstützt werden. Der ständige Vergleich mit dem, was im Unterricht kommen wird, hilft die Vorgriffe auf ein Minimum einzuschränken.

Mit der **Stoffanordnung** im Lehrplan ist der methodische Aufbau der Unterweisung bereits in groben Zügen vorgeplant. Die Rahmenprogramme enthalten diese Vorgaben nicht, sie legen aber in den „Vorbemerkungen“ dem Leiter hinsichtlich der Planung seines Vorgehens die Verpflichtung auf: „Gegenüber dem Unterricht steht in der Arbeitsgemeinschaft die Beobachtung im Vordergrund: theoretische Erkenntnisse sind weitgehend aus der praktischen Tätigkeit zu gewinnen oder in ihr zu prüfen“ (46; S. 6).

Mit der Stoffanordnung trifft der Arbeitsgemeinschaftsleiter die erste Entscheidung über sein didaktisch-methodisches Vorgehen. Entweder wird er sich inhaltlich an die Stoffgliederung im Rahmenprogramm halten oder, einem bestimmten Leitgedanken folgend, die Glieder innerhalb eines sachbezogenen Themas umstellen. Eine solche mögliche Umstellung wird im folgenden Beispiel gezeigt.

Rahmenprogramm (46; S. 8 f.)	Stoffverteilungsplan zum Rahmenprogramm (18; S. 84)
1. „Einführung in die Astronomie“	
— Historische Betrachtungen	1.1. Historische Betrachtungen
— Die wichtigsten Himmelsobjekte	1.2. Das Schulfernrohr
— Die Erde als Beobachtungsort (Bewegungen, Atmosphäre)	1.3. Die wichtigsten Himmelsobjekte
— Das Beobachtungsgerät der Arbeitsgemeinschaft	1.4. Die Bewegungen der Erde
	1.5. Die Erdatmosphäre

Bei der Realisierung der gewählten Stoffanordnung in der Arbeitsgemeinschaft können verschiedene methodische Wege beschritten werden. Im folgenden werden zwei mögliche Wege dargelegt.

Erster Weg:

Es wird von der Stoffanordnung im Rahmenprogramm und – entsprechend der oben genannten Empfehlung – von einem Beobachtungsauftrag ausgegangen, den die Schüler zur Vorbereitung auf die Zusammenkunft erhalten und zwischenzeitlich durchgeführt haben. Es kann auch eine gemeinsame Beobachtung durchgeführt und zur Erklärung der beobachteten Erscheinungen eine Reihe theoretischer Erörterungen angestellt werden. Ist diese Aufgabe erfüllt, so folgt die Erarbeitung des nächsten Problems in ähnlicher Weise. So ergibt sich eine Kette kleiner, in sich abgeschlossener Aufgaben, deren Abfolge im wesentlichen auch der Stoffanordnung im Lehrplan entspricht.

So wird der Arbeitsgemeinschaftsleiter z. B. bei der Aufgabe **„Beobachtung eines Sonnenuntergangs“** Uhrzeit, Sonnenhöhe und -färbung etwa für die letzte Viertelstunde vor Sonnenuntergang im Fünf-Minuten-Abstand protokollieren lassen.

Bei der Auswertung wird wiederholend auf die Bewegungen der Erde eingegangen und der Zusammenhang zwischen wahrer Bewegung (Rotation der Erde) und scheinbarer Bewegung (Untergang der Sonne) geklärt. Dann wird der Zusammenhang zwischen Höhen- und Farbänderung der Sonne als wesentlichstes Beobachtungsergebnis herausgearbeitet. Zur Erklärung dieser Erscheinung ist es notwendig, zunächst den Gesamtaufbau der Erdatmosphäre und die Charakteristik ihrer einzelnen Schichten kennenzulernen, da im Geographieunterricht der Klasse 9 bei der Stoffeinheit „Die Lufthülle der Erde“ nur die Troposphäre besprochen wird (32; S. 9 f. und 24; S. 25 und 29 f.). Auf dieser Grundlage werden Kenntnisse aus dem Physikunterricht der Klasse 6 („Brechung des Lichts“, „Richtungsänderung des Lichts an der Grenzfläche zweier Stoffe“, „Brechungsgesetz“) (29; S. 18 und 12; S. 266 ff.) wiederholt und auf die Beobachtung angewandt.

Anknüpfend an die Erinnerung und Vorstellung der Schüler, die alle schon das Funkeln horizonznaher Sterne gesehen haben, werden die neu erarbeiteten Kenntnisse angewandt und erweitert auf die Szintillation. Hier kann sich der Auftrag anschließen, Planeten, horizonznahe und zenitnahe Sterne zu beobachten und hinsichtlich ihrer Szintillation zu vergleichen, um das Thema in der nächsten Zusammenkunft abschließen zu können.

Falls bei der Beobachtung auch Extinktionserscheinungen mit gesehen wurden, werden nun auch diese geklärt und Vermutungen über die Auswirkung solcher Erscheinungen auf die Beobachtung lichtschwächerer Objekte angestellt. Schließlich wird als Konsequenz aus den gesellschaftlichen Erkenntnissen über Eigenschaften und Wirkungen der Atmosphäre die Notwendigkeit extraterrestrischer Beobachtungen und Untersuchungen abgeleitet und in diesem Zusammenhang bereits auf die Leistungen besonders der sowjetischen Weltraumforschung hingewiesen. Ein geeigneter Auftrag zur langfristigen Vorbereitung auf diese spezielle Thematik bietet sich hier an.

Zweiter Weg:

Es wird in der Stoffanordnung und methodischen Grobplanung von der Einhaltung der Reihenfolge der Themen im Rahmenprogramm abgegangen; die Arbeit erfolgt an einer Komplexaufgabe. Diese faßt Inhalte aus verschiedenen Stoffabschnitten unter einer bestimmten Aufgabenstellung zusammen. Damit wird das Interesse der Schüler über einen längeren Zeitraum auf ein bestimmtes Objekt

gelenkt. Die mit der Komplexaufgabe verbundene Motivation kann dazu beitragen, die Schüler verstärkt zu aktivieren und zur Selbsttätigkeit anzuregen.

Auf eine ausführliche Darstellung eines Beispiels für eine Komplexaufgabe wird an dieser Stelle verzichtet, da in den folgenden Teilabschnitten an der Komplexaufgabe „Bestimmen der geographischen Koordinaten des Beobachtungsortes“ verschiedene Überlegungen dargestellt werden.

3.6.2. Zur didaktisch-methodischen Gestaltung der Tätigkeit in der Arbeitsgemeinschaft „Astronomie“

Bildung und Erziehung sind auch in den Arbeitsgemeinschaften untrennbar miteinander verbunden, deshalb ist entsprechend den Zielen auch der Inhalt der Erziehung genau zu planen. So ist bei den Schülern z. B. die Erkenntnis zu vertiefen, daß die Welt erkennbar und der Mensch in der Lage ist, ihre Gesetzmäßigkeiten bewußt zu seinem Nutzen anzuwenden (46; S. 5 und 45; S. 5). Der Arbeitsgemeinschaftsleiter wird sich deshalb überlegen, während welcher Phasen des Vorhabens er allgemein an diesem Ziel arbeiten will und welche besonders geeignet sind, den Schülern diese Einsicht gezielt bewußtzumachen.

Den Weg der gesellschaftlichen Erkenntnis sollen die Schüler bei der Bewältigung der Aufgabe selbst aktiv gestaltend erleben: von der Praxis (der astronomischen Beobachtung und Messung) zur Theorie (zur theoretischen Durchdringung, Verknüpfung und Erkenntnisgewinnung) und von dieser wieder zur Praxis (zur Positionsbestimmung auf der Erde und ihrer Nutzung durch die Gesellschaft).

Weitere Ziele sind die Erziehung zur Genauigkeit und zur Gewissenhaftigkeit beim Beobachten und Messen. Da die Schüler hier erstmalig an gezielte astronomische Beobachtungen herangeführt werden und mit astronomischen Geräten umgehen müssen, kommt es darauf an, vom ersten Augenblick an diesbezüglich hohe Anforderungen an die Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft zu stellen. In den ersten Veranstaltungen werden Maßstäbe gesetzt: Wenn am Anfang die Selbsttätigkeit zu kurz kommt, belastet das die gesamte weitere Tätigkeit in der Arbeitsgemeinschaft; was an Ungenauigkeit und Oberflächlichkeit bei den ersten Beobachtungen, Messungen und Auswertungen durchgeht, wird schnell zur Gewohnheit und muß später mit hohem Kraftaufwand wieder überwunden werden.

Zur Realisierung der Zielstellungen muß der Arbeitsgemeinschaftsleiter sich für einen bestimmten **methodischen Weg** entscheiden.

Ausgangspunkt für die Wahl des methodischen Weges ist die Überlegung „Wie kann man die Schüler erleben lassen, daß ein gesellschaftliches Bedürfnis für die Astronomie in der Vergangenheit ebenso vorhanden war wie in der Gegenwart; daß so eine ‚abseitige‘ Angelegenheit wie die Beschäftigung mit den Sternen einen unmittelbaren Nutzen auf der Erde bringt?“ Die Festlegung jeder Aufgabenstellung ist verbunden mit einer Überprüfung, ob diese ausreichende Praxisverbundenheit aufweist, welche Teilschritte zur Erfüllung der Aufgabe notwendig sind und welcher Art dabei jeweils die Verbindung von Theorie und Praxis sein muß, welches didaktisch-methodische Vorgehen die Lösung der Teilaufgaben er-

fordert und welche materiellen Mittel bereitgestellt werden müssen, um erfolgreich arbeiten zu können. Den Abschluß werden Überlegungen zur Motivierung und Zielorientierung sowie über das taktische Vorgehen bei der gemeinsamen Planung mit den Schülern bilden.

Bei der Komplexaufgabe „Bestimmen der geographischen Koordinaten des Beobachtungsortes“ (→ Abschnitt 3.6.3.) sind hinsichtlich der geographischen Breite die Messung der Polhöhe (Variante 1) sowie die Bestimmung der Kulminationshöhe der Sonne (Variante 2) möglich.

Bei der ersten Variante bieten sich aus dem Thema des Rahmenprogramms „Orientierung am Sternhimmel“ vor allem die Teilthemen „Sternbilder“ (besonders die zirkumpolaren Sternbilder) und „Horizontsystem“ an, das Schätzen von Azimut und Höhe sowie das Messen mit Kompaß und Pendelquadrant oder mit dem Schulfernrohr.

Die zweite Variante ermöglicht besonders das Eingehen auf wahre und scheinbare Bewegungen der Erde (Thema: „Einführung in die Astronomie“) sowie die Erarbeitung der Horizontkoordinaten, das Ermitteln des Ortsmeridians sowie das Beobachten und zeitliche Festlegen des Meridiandurchgangs der Sonne.

Während die Variante I der Breitenbestimmung in unserer Republik überall durchführbar ist, wird der Leiter die Variante II dann zusätzlich nutzen können, wenn die materiellen Voraussetzungen für die Einhaltung der besonderen Sicherheitsvorkehrungen für Sonnenbeobachtungen (46; S. 14 und 28; S. 25) erfüllt sind und die Möglichkeit besteht, die Schüler der Arbeitsgemeinschaft auch über die Mittagszeit zur Beobachtung zusammenzufassen.

Zur Bestimmung der geographischen Länge muß das gesamte Zeitproblem erarbeitet und die Benutzung des Sternkalenders (2) eingeführt werden. Die Zeitproblematik ist im Rahmenprogramm beim Thema „Einführung in die Astronomie“ andeutungsweise enthalten; ihre Beherrschung ist für das selbständige Arbeiten der Teilnehmer unerläßliche Voraussetzung. Die Benutzung des Sternkalenders, eines der wichtigsten Arbeitsmittel des Beobachters, wird bei den Programmenthemen „Der Mond“ und „Die Planeten“ verlangt; eine Einführung ist deshalb zwingend, obwohl sie im Rahmenprogramm nicht ausdrücklich gefordert wird.

Im weiteren Verlauf seiner Vorüberlegungen wird der Arbeitsgemeinschaftsleiter die **Teilaufgaben präzisieren**, dabei den Hauptweg seines methodischen Vorgehens festlegen und sich einen Überblick über die erforderlichen materiellen Mittel verschaffen. Es kommt dabei darauf an, die Wechselwirkung zwischen Theorie und Praxis bei jedem Teilthema augenfällig zu machen und in der ganzen Vielfalt ihrer Erscheinungsformen zu nutzen: von der unmittelbaren individuellen Anschauung, Beobachtung, Messung zu Teilerkenntnissen und mit diesen zu neuen Beobachtungen; vom Studium der Literatur, dem Ergebnis der gesellschaftlichen Praxis und Erkenntnis, über die Erweiterung des individuellen Wissens zur praktischen Anwendung; von der gedanklichen Kombination des Einzelschülers über die kollektive Aufstellung von Vermutungen zur Prüfung in der Praxis.

Bei der Organisation der Tätigkeit der Schüler muß besonders darauf geachtet werden, daß die Schüler nicht den Eindruck gewinnen, daß hier der Unterricht in gewohnter Weise und nur auf einen anderen und kleineren Personenkreis zugeschnitten ist. Deshalb sollte die kollektive Tätigkeit in der Arbeitsgemeinschaft mit der **gemeinsamen Planung** beginnen (51; S. 379).

Diese Arbeitsphase ist schwierig, weil den Schülern zu Beginn ihrer Tätigkeit in

der Arbeitsgemeinschaft die fachlichen Voraussetzungen für die Planungsarbeit noch weitgehend fehlen und sie sich die Kenntnisse über die notwendigen Arbeitsschritte, die anwendbaren Methoden usw. erst im Zuge ihrer Tätigkeit erarbeiten müssen.

Der Leiter wird deshalb seinen Plan, in dem sich bereits alle seine Überlegungen bezüglich Ziel, Inhalt und Methoden seines Vorgehens niedergeschlagen haben, nicht einfach bekanntgeben oder den Schülern zur Diskussion vorlegen. Er wird das erste Ziel, die erste Aufgabe nennen und die Schüler unter seiner Anleitung beraten lassen: „Wie, auf welchem Wege könnten wir das Ziel erreichen? Welche Vorüberlegungen sind nötig? Welche Bedingungen müssen erfüllt sein, um auf den verschiedenen Wegen das Ziel zu erreichen? Welche materiellen Mittel müssen eingesetzt werden?“ Dabei muß der Leiter beachten, daß die Schüler anfangs zwar aktiv mitarbeiten wollen, aber die Aufgabe nicht übersehen und irrealen Vorstellungen äußern. Deshalb ist es schon ein Erfolg, wenn die Schüler zunächst jeden einzelnen Denkschritt aktiv mit- und nachvollziehen, wenn sie einsehen, warum gerade diese oder jene Variante ausgewählt, diese oder jene Untersuchungsmethode angewendet werden soll. Während zu Beginn des Lehrgangs noch in gleicher Front gearbeitet wird, so kann schon bald die **Gruppenarbeit als Organisationsform** angewandt werden. Zunächst tritt sie in der Form auf, daß mehrere Tätigkeiten parallel durchgeführt werden und die Gruppen wechseln, wie das auch für den „Stationsbetrieb“ der Beobachtungsabende (> Abschnitt 3.3.3.) empfohlen wird. Dabei werden noch alle Tätigkeiten von allen Schülern ausgeführt. Später sollte der Arbeitsgemeinschaftsleiter auf diesen Wechsel verzichten und dafür das Berichten der jeweiligen Arbeitsgruppe über Aufgabe, Weg und Ergebnis ihrer Tätigkeit vor dem Kollektiv anwenden lassen. Die Schüler werden dabei aufgefordert, ihre Tätigkeiten und Beobachtungen klar und verständlich zu formulieren. Das erzieht zu klarem Denken und zur Exaktheit in der Kommunikation, denn die anderen Schüler sollen sich ja aus dem gesprochenen Wort eine Vorstellung aufbauen. Sie erleben dabei die echte, arbeitsteilige kollektive Tätigkeit: Nicht jeder muß alles selbst durchführen, aber er muß sich auf die Richtigkeit der Resultate seiner „Mitarbeiter“ verlassen können, weil er selbst mit diesen Ergebnissen weiterarbeiten muß.

So kann die Gemeinschaftsarbeit das Kollektiv festigen, zur gegenseitigen Kontrolle und Kritik anregen und das Bewußtsein der Schüler stärken, daß ihre eigene Arbeit notwendiger Teil des gemeinsamen Vorhabens ist und der Erfolg von der Leistung jedes einzelnen abhängt.

Bei der Durchführung theoretischer Überlegungen wird die Arbeitsgemeinschaft besonders in der ersten Zeit oft an einen Punkt gelangen, von dem aus die Schüler allein nicht mehr weiterkommen. Der Leiter sollte nicht gleich selbst weiterhelfen, sondern zunächst das Nachschlagen in der Literatur empfehlen. Hierzu wird er anfangs den Teilnehmern noch sagen, wo sie nachschlagen können; später sollen sie die Auswahl selbst treffen.

Die ständige Beschäftigung mit der Literatur (Zeitschriften, populärwissenschaftliche Werke, Nachschlagewerke, Tabellenbücher, Sternkalender) wird im Laufe der Zeit zur Selbstverständlichkeit, wird zur Gewohnheit und erweitert den Umfang

der selbständigen Schülertätigkeit, die besonders für die Tätigkeit in den Arbeitsgemeinschaften charakteristisch sein sollte.

3.6.3. Didaktisch-methodische Hinweise zur Realisierung der Komplexaufgabe „Bestimmen der geographischen Koordinaten des Beobachtungsortes“

Im folgenden wird eine Komplexaufgabe ausführlich dargestellt, um dem Leiter einer Arbeitsgemeinschaft auch Anregungen für die Gestaltung und Durchführung weiterer Komplexaufgaben zu geben. Dem schrittweisen Heranführen der Schüler an die Lösung der Komplexaufgabe wird besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Dabei werden viele einzelne methodische Schritte erläutert, die auch für die Durchführung der Arbeitsgemeinschaftstätigkeit auf einem anderen methodischen Weg nutzbar sind.

Die **erste Veranstaltung** dient dem Kennenlernen, der Erläuterung und Motivation des Vorhabens und der gemeinsamen Planung. Hierbei muß deutlich werden, daß insgesamt drei Teilaufgaben zu lösen sind:

1. Bestimmung der geographischen Breite durch Polhöhenmessung,
2. Bestimmung der geographischen Breite durch Messung der Kulminationshöhe der Sonne,
3. Bestimmung der geographischen Länge.

In der **zweiten Veranstaltung** erfolgt die Erarbeitung des Ausgangsniveaus für die Teilaufgabe **„Bestimmung der geographischen Breite durch Polhöhenmessung“** in einer ersten abendlichen Himmelsbeobachtung.

Sie dient zunächst dem Kennenlernen ausgewählter Sternbilder und deren Hauptsterne. Dabei wird mit der Feststellung der Nordrichtung wiederholend an die Arbeit in der Pionierorganisation angeknüpft. Gemeinsam wird eine fotografische Aufnahme der Gegend des Himmelsnordpols angefertigt. Das erzeugt Spannung und regt die Schüler zugleich zu eigenem schöpferischen Handeln an, vor allem, wenn Impulse zur Anwendung des Verfahrens auf andere Himmelsgegenden gegeben werden.

Während der Belichtung (etwa eine Stunde) wird die scheinbare Drehung des Sternhimmels erläutert und am Auf- und Untergang von Sternen oder eines Sternbildes nachgewiesen. Die Anwendung physikalischer Überlegungen führt von den beobachteten Erscheinungen zum Richtungssinn der Rotation der Erde.

Anschließend wird der Zirkumpolarkreis erläutert und eine erste Vermutung über das zu erwartende Aussehen der noch laufenden Himmelsaufnahme aufgestellt. Schließlich werden die Begriffe „Azimut“ und „Höhe“ eingeführt und bei der Wiederholung der Sternbilder und Hauptsterne angewandt und geübt.

Die **dritte Zusammenkunft** dient der Festigung und Anwendung. Sternbilder werden wiederholt und auf der Sternkarte aufgesucht. Es wird die erste Himmelsfotografie ausgewertet. Dabei werden die Entstehung der Sternstrichspuren und ihre kreisförmige Anordnung von den Schülern selbst erkannt und begründet und vielleicht schon durch eigene Aufnahmen ergänzt.

Nach der Wiederholung der Horizontkoordinaten und deren Zeitabhängigkeit wird die drehbare Sternkarte als wichtiges Hilfsmittel zur Vorbereitung von Beobachtungen (Aufbau, Horizontsystem) eingeführt. Um eine weitere Festigung des Erarbeiteten zu erreichen, wird mit Hilfe der drehbaren Sternkarte eine Kontrolle der Zeitabhängigkeit der Horizontkoordinaten bei verschiedenen Sternen, zuletzt beim Polarstern durchgeführt. Dabei wird letzterer wieder als Fixpunkt erkannt und herausgestellt, daß dieser nicht direkt im Pol steht. Damit wird die Erkenntnis, die bereits anhand der Strichspuraufnahme gewonnen wurde, bestätigt.

In der **vierten Veranstaltung** erfolgt die praktische Bestimmung der geographischen Breite durch Polhöhenmessung.

Dabei werden zwei Verfahren parallel angewandt: Eine Gruppe führt die Messungen mit Pendelquadrant oder Sextant (Unterrichtsmittelsammlung Mathematik!) oder besser noch mit beiden durch; die andere bestimmt Azimut und Höhe des Polarsterns mit Hilfe der Teilkreise des azimuthal montierten Schulfernrohrs. Die Ergebnisse werden protokolliert, dann wechseln die Gruppen die Geräte.

Bei der Auswertung der Messungen werden die Ergebnisse beider Verfahren verglichen und Fehlermöglichkeiten diskutiert. Die Zusammenkunft endet mit der Ableitung des Zusammenhangs zwischen Polhöhe und geographischer Breite aus einer Zeichnung und der Erkenntnis, daß sich aus der Messung der Polhöhe die geographische Breite bestimmen läßt.

Die **fünfte Zusammenkunft** dient der Bestimmung des Ortsmeridians. Um das Ausgangsniveau zu sichern, müssen Rotation und Bahnbewegung der Erde und die daraus resultierenden Erscheinungen wiederholt werden. Dazu bieten sich ein Schülervortrag mit Einsatz des Telluriums an oder die selbständige Erläuterung von Ausschnitten aus den Unterrichtsfilmen F 793 „Drehung der Erde“ und F 794 „Umlauf der Erde“ durch Schüler.

Die Wiederholung der Zeitabhängigkeit von Azimut und Höhe, die von der gesamten Gruppe mittels drehbarer Sternkarte durchgeführt wird, führt zugleich zum Erkennen des Ortsmeridians als Kulminationslinie. Der neue Stoff wird dann durch gemeinsames Literaturstudium (5; S. 22 und 39; S. 61) zunächst theoretisch erarbeitet. Dann wird das Verfahren zum Bestimmen des Ortsmeridians mittels Schattenstab (Gnomon) diskutiert und – nachdem praktische Arbeitsanleitungen erfolgten – unter Kontrolle des Leiters selbständig durchgeführt.

Der Südpunkt wird im Gelände bzw. am Horizont bestimmt und das Ergebnis mit Angaben des Marschkompasses verglichen. Differenzen werden analysiert (magnetische Mißweisung beim Kompaß...) und die Ergebnisse gewertet. Hier besteht eine gute Gelegenheit, den Schülern klarzumachen, welche Genauigkeit bei Ortsbestimmungen für Sternwarten oder Standorte von Raumflugkörpern erforderlich und wie diese zu erreichen ist.

Bei der **sechsten Zusammenkunft** wird die zweite Teilaufgabe „**Bestimmung der geographischen Breite durch Messung der Kulminationshöhe der Sonne**“ erarbeitet.

Es wird wieder in Gruppen gearbeitet.

Nach Durchführung einer Arbeitsschutzbelehrung bezüglich Sonnenbeobachtungen wird beim Meridiandurchgang die Sonnenhöhe gemessen, und zwar von einer

Gruppe mittels Gnomon, von der anderen mittels azimutal montiertem und im Meridian fixiertem Fernrohr.

Anschließend wird gemeinsam die Kulminationshöhe der Sonne aus dem Verhältnis von Stabhöhe zu Schattenlänge zeichnerisch festgestellt, da die Winkelfunktionen zu dieser Zeit noch nicht im Unterricht behandelt sind. Der Genauigkeitsgrad der Ergebnisse wird eingeschätzt, beide Ergebnisse werden verglichen und Fehlerbetrachtungen angestellt.

Bei dieser Veranstaltung der Arbeitsgemeinschaft sollte der Erziehung zu diszipliniertem Verhalten, zu Gewissenhaftigkeit und Genauigkeit beim Beobachten und Messen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Die Haltung der Teilnehmer sollte vor allem durch Lob stimuliert werden.

In der **siebenten Zusammenkunft** erfolgt die theoretische Durchdringung der zweiten Teilaufgabe.

Zunächst werden Vorleistungen des heimatkundlichen Deutschunterrichts der Unterstufe und des Geographieunterrichts aus Klasse 8 aufgegriffen, indem Wissen über den Sonnenstand zu verschiedenen Jahreszeiten genutzt und ein Vergleich der Sonnenhöhen in Mitteleuropa und in den Tropen durchgeführt wird.

Nach Einführung des Begriffs „Deklination“ verfolgt die Gruppe in gleicher Front die Sonnenbahn auf der drehbaren Sternkarte, vergleicht besonders die Deklinationswerte mit den Angaben im Monatsteil des Sternkalenders und bildet sich ein Urteil über die Genauigkeit der beiden Angaben. Die Überlegung, welchen Einfluß die Deklination auf die Sonnenhöhe hat, leitet die Endphase des Arbeitsganges ein. Anhand einer Skizze wird die Beziehung $b - (\delta) = 90^\circ - \varphi$ entwickelt und nach φ umgestellt. Wenn dieser Schritt von allen Teilnehmern inhaltlich voll erfaßt ist, erklärt und begründet werden kann, werden die realen Werte eingesetzt und das Ergebnis fixiert.

Den Abschluß bilden der Vergleich und die Wertung der Ergebnisse beider Teilaufgaben und die Überlegung, warum die Existenz zweier Varianten zur Messung der geographischen Breite notwendig ist (oder in welchen Gebieten der Erde das eine oder das andere Verfahren nicht anwendbar ist).

In der **achten Zusammenkunft** wird die dritte Teilaufgabe „Bestimmung der geographischen Länge“ erarbeitet.

Zur Sicherung des Ausgangsniveaus wird kurz die Dauer der Rotation und Bahnbewegung der Erde wiederholt und anschließend der Inhalt der Begriffe „Stern-tag“ und „Sonnentag“ erarbeitet. Zu diesem Zweck wird wieder ein gemeinsames Literaturstudium durchgeführt. Es wird in Gruppen unterschiedliche Literatur durchgearbeitet (39; S. 69 ff. und 54; S. 114 ff.) und anschließend gemeinsam diskutiert. Dabei muß vor allem der Zusammenhang zwischen wahrer und mittlerer Zeit (Zeitgleichung) geklärt und die Darstellung im Sternkalender erfaßt werden. Methodisch bietet es sich an, die Notwendigkeit des Übergangs von der Orts- zur Zonenzeit in einem vorbereiteten Schülervortrag aus der historischen Verkehrsentwicklung erklären zu lassen. Im Anschluß daran sollten Ausdehnung und Begrenzung der Zeitzonen diskutiert und die Anzahl der Zeitzonen der UdSSR unter Benutzung einer Welt- oder Sowjetunion-Wandkarte festgestellt werden. Auch die Erörterung der Problematik „Datumgrenze“, die unmittelbar mit den Zeitzonen

verbunden ist, ist für die Arbeitsgemeinschaft ein interessantes Unternehmen und könnte hier angeschlossen werden. Den Abschluß der recht vielseitigen Veranstaltung bildet der Auftrag, das Zeitzeichen des DDR-Rundfunks zu beschreiben und grafisch darzustellen. Zur Kontrolle wird ein Vergleich mit einer Tonbandaufnahme durchgeführt, die von Teilnehmern der Arbeitsgemeinschaft selbst aufgenommen wurde.

Die **neunte Zusammenkunft** dient der praktischen Vorarbeit für die Lösung des Gesamtvorhabens.

Die Begriffe „Wahre Ortszeit“ und „Mittlere Ortszeit“ sowie „Zonenzeit“ werden wiederholt. Dann werden übungsweise Zeitvergleiche durchgeführt: Vergleich einer Uhr mit dem Zeitzeichen der Tonbandaufnahme, Vergleich zweier Uhren ohne Hilfsmittel, Vergleich zweier Uhren mittels Stoppuhr. Methodisch sollte dabei so vorgegangen werden, daß der erläuternden Demonstration durch den Leiter der gemeinsame Versuch unter Anleitung des Leiters folgt, dann selbständig unter Kontrolle durch den Leiter und schließlich selbständig bei gegenseitiger Kontrolle geübt wird.

Zur weiteren Vorarbeit gehören Einführung und Übung der Umrechnung von Zeitmaß in Gradmaß. Diese Umrechnung erfolgt zunächst ausführlich, bis alle Teilnehmer das Wesen dieser Rechnung voll erfaßt haben, dann wird der Vorgang durch Benutzung der Umrechnungstabellen (1; S. 38) rationalisiert.

Zum Abschluß der Veranstaltung müssen die Teilnehmer einen Überblick über den organisatorischen Ablauf der nächsten Zusammenkunft erhalten, deren erster Teil der selbständigen praktischen Beobachtung dienen soll. Die Zeitgleichung ist zu wiederholen, die Angabe über die Kulminationszeit auf 15° östlicher Länge ist dem Sternkalender zu entnehmen, und es ist zu überlegen, ob die Kulmination am Ort vor oder nach diesem Zeitpunkt erfolgen wird. Schließlich ist für die Beobachtung ein Tag festzulegen, an dem die Mittagszeit unterrichtsfrei ist.

Die **zehnte Zusammenkunft** dient dem Abschluß des Gesamtvorhabens.

Sie beginnt 11.30 Uhr mit einer genauen Aufgabenverteilung, der Festlegung des Arbeitsablaufs, der Bereitstellung der technischen Mittel für die Beobachtung, der Arbeitsanleitung für jeden „Arbeitsplatz“ und mit einer Erinnerung an den Schutz der Augen bei Sonnenbeobachtungen. Dann führen alle Teilnehmer den Uhrenvergleich mit dem 12.00-Uhr-Zeitzeichen durch, nehmen ihre Beobachtungsplätze ein und führen die Beobachtung durch: ein Teil der Arbeitsgemeinschaft am Gnomon, der Rest am azimutal montierten und im Meridian fixierten Schulfernrohr, das entweder mit Chromfilter und Fadenkreuzokular oder mit Herschelprisma und Fadenkreuzokular oder mit Projektionsschirm versehen ist. Zu jeder Gruppe gehört ein Beobachter, ein Zeitnehmer, der auf Kommando des Beobachters die Zeit mit Sekundengenauigkeit abliest, und ein Protokollant.

Die Auswertung beginnt mit der Errechnung der Zeitdifferenz zwischen der Kulmination am Ort und auf 15° östlicher Länge. Es folgt die Umrechnung der Zeitdifferenz in Längendifferenz und die Errechnung der Standlinie.

Bis dahin arbeitet jede Gruppe selbständig und ohne gegenseitige Information. Anschließend werden die Ergebnisse bekanntgegeben und mit den Angaben aus dem Meßtischblatt (oder vom Katasteramt) verglichen. Eine abschließende

Fehleranalyse darf auch bei der dritten Teilaufgabe nicht fehlen. Den Abschluß des Gesamtvorhabens, das sich über zehn Zusammenkünfte erstreckte, bilden die Einschätzung der Lösung der Komplexaufgabe durch die Teilnehmer, die Einschätzung und Wertung der Ergebnisse durch den Leiter und schließlich eine kollektive Wertung der Arbeitshaltung und -leistung jedes einzelnen Mitglieds der Arbeitsgemeinschaft.

Zusammenfassung:

Arbeitsgemeinschaften, die nach Rahmenprogrammen arbeiten, sind wie der Unterricht auf die Allseitigkeit der Persönlichkeitsentwicklung gerichtet.

Die Besonderheit der Arbeitsgemeinschaften auf den Gebieten Astronomie und Astronautik besteht darin, daß sie schon ein Jahr vor dem Beginn des Fachunterrichts einsetzen. Das führt zwangsläufig zu Vorgriffen auf den Unterrichtsstoff.

Zur Unterstützung des Erkenntnisprozesses bei den Schülern werden auch in den Arbeitsgemeinschaften die didaktischen und methodischen Schritte geplant. Dabei ist bei der Gestaltung jeder Aufgabe die Einheit von Wissenschaftlichkeit, Parteilichkeit und Lebensverbundenheit zu gewährleisten. Die Theorie-Praxis-Beziehungen kommen in der methodischen Gestaltung der Tätigkeiten in vielfältigen Formen zum Ausdruck.

Der geistigen und geistig-praktischen Tätigkeit der Teilnehmer sind gleichermaßen Aufmerksamkeit zu schenken, und auch die Organisationsform der Tätigkeiten hat eine wichtige Funktion im Erziehungsprozeß zu erfüllen, damit die Arbeitsgemeinschaft ihren Auftrag realisieren kann: einen fachspezifischen, effektiven Beitrag zu leisten zur Persönlichkeitsentwicklung junger sozialistischer Staatsbürger.

Literaturverzeichnis

- (1) Ahnert, P.: Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig; 2. Auflage, 1968.
- (2) Ahnert, P.: Kalender für Sternfreunde. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig; erscheint jährlich.
- (3) Albert, H.; Gebhardt, W.: Astronomische Schülerbeobachtungen unter didaktischen Gesichtspunkten betrachtet. In: „Astronomie in der Schule“, Berlin 10 (1973) 3, S. 58 ff.
- (4) Albert, H.: Obligatorische Schülerbeobachtungen im Astronomieunterricht. In: „Astronomie in der Schule“, Berlin 8 (1971) 5, S. 105 ff.
- (5) Astronomie, Lehrbuch für Klasse 10. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1973.
- (6) Autorenkollektiv unter Leitung von Gerhart Neuner: Allgemeinbildung – Lehrplanwerk – Unterrichtsgestaltung. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1972.
- (7) Autorenkollektiv: Einführung in den dialektischen und historischen Materialismus. Dietz Verlag, Berlin 1972.
- (8) Autorenkollektiv unter Leitung von Horst Weiß: Fachunterricht – Unterrichtsmittel – Fachunterrichtsraum. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1974.
- (9) Autorenkollektiv: Grundlagen der marxistisch-leninistischen Philosophie. Dietz Verlag, Berlin 1972.
- (10) Autorenkollektiv: Überzeugungsbildung im Staatsbürgerkundeunterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1971.
- (11) Autorenkollektiv: Unterrichtshilfen Astronomie 10. Klasse. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1972.
- (12) Autorenkollektiv: Unterrichtshilfen Physik Klasse 6. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1972.
- (13) Autorenkollektiv: Weltanschaulich-philosophische Bildung und Erziehung im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (Beiträge). Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1972.

- (14) Bernhard, Helmut: *Astronomie und Weltanschauung*. Urania-Verlag Leipzig, Jena, Berlin, 1974.
- (15) Dietzel, Karl: Referat auf der zentralen Fachkonferenz Physik. In: „Physik in der Schule“, Berlin 9 (1971) 11.
- (16) Erlebach, E./Ihlefeld, U./Zehner, K.: *Psychologie für Lehrer und Erzieher*. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1971.
- (17) Gesamtbedarfsplan für Unterrichtsmittel der zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule der DDR. Klassen 1 bis 10. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1971.
- (18) Graf, P.: Ein Stoffverteilungsplan für die Arbeitsgemeinschaft Astronomie. In: „Astronomie in der Schule“, 10 (1973) 4, S. 83 ff und 5, S. 108 ff.
- (19) Hager, Kurt: Grundfragen des geistigen Lebens im Sozialismus. In: „Neues Deutschland“, Berlin 30. 4. 1969, S. 3 bis 8.
- (20) Heinke, G.: Das didaktische Prinzip der Faßlichkeit. In: „Pädagogik“ Berlin 18 (1963), 12, S. 1082 ff.
- (21) Honecker, Margot: Hohe Bildung für alle Kinder des Volkes. Diskussionsbeitrag auf dem VIII. Parteitag der SED. In: „Deutsche Lehrerzeitung“, Berlin 18 (1971) 27.
- (22) Honecker, Margot: Inhaltliche Ausgestaltung der Oberschule – Programm unserer weiteren Arbeit. In: Protokoll der zentralen Direktorenkonferenz des Ministeriums für Volksbildung am 8. 5. 1973. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1973.
- (23) Honecker, M.: Wir lehren und lernen im Geiste Lenins. In: VII. Pädagogischer Kongreß der Deutschen Demokratischen Republik vom 5. bis 7. Mai 1970, Protokoll. Staatsverlag der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin 1970.
- (24) Jahn, W./Kühn, J./Raulien, R.: Unterrichtshilfen für den Geographieunterricht in der 9. Klasse. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1970.
- (25) Jandt, Chr. und J. Kompaß: Grundsätze und Potenzen der sozialistischen Erziehung im Unterricht. In: „Pädagogik“, Berlin 27 (1972) 5, S. 444 bis 456.
- (26) W. Jantos/J. Lompscher: Lerntätigkeit und Lernleistung. In: „Pädagogik“, Berlin 26 (1971) 9.
- (27) Klaus, G.; Buhr, M.: *Philosophisches Wörterbuch*. VEB Bibliographisches Institut, Leipzig 1965.
- (28) Lehrplan für Astronomie Klasse 10. Ministerrat der Deutschen Demokratischen Republik, Ministerium für Volksbildung. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1969.
- (29) Lehrplan Physik Klassen 6 bis 10, Berlin 1974.
- (30) Lehrplan für Chemie der Klassen 9 und 10, Berlin 1969.
- (31) Lehrplan für Biologie der Klassen 9 und 10, Berlin 1969.
- (32) Lehrplan für Geographie der Klassen 9 und 10, Berlin 1969.
- (33) Lehrplan für Mathematik der Klassen 9 und 10, Berlin 1969.
- (34) Lehrplan für Geschichte der Klassen 9 und 10, Berlin 1969.
- (35) Lehrplan für Staatsbürgerkunde der Klassen 9 und 10, Berlin 1969.
- (36) Lenin, W. I.: Die Aufgaben der Jugendverbände. In: Lenin, W. I.: *Werke*. Bd. 31, Dietz Verlag, Berlin

- (37) Lenin, W. I.: Konspekt zu Hegels „Wissenschaft der Logik“. In: Lenin, W. I.: Werke, Bd. 38, Dietz Verlag, Berlin.
- (38) Lenin, W. I.: Materialismus und Empiriokritizismus. In: Lenin, W. I.: Werke, Bd. 14, Dietz Verlag, Berlin.
- (39) Lindner, K.: Astronomie selbst erlebt. Urania-Verlag Leipzig, Jena, Berlin, 2. Auflage, 1974.
- (40) Mader, Oskar/Gebhardt, Wolfgang: Polytechnische Bildung und Astronomieunterricht. In: „Astronomie in der Schule“, Berlin 12 (1975) 2, S. 33 ff.
- (41) Niemz, Herbert: Zur Vorbereitung eines obligatorischen Beobachtungsabends. In: „Astronomie in der Schule“, Berlin 9 (1972) 4, S. 85 ff.
- (42) Nitschmann, H. J.: Unser neues Schulfernrohr. In: „Astronomie in der Schule“, Berlin 9 (1972) 5, S. 120.
- (43) Nitschmann, Hans Joachim: Unser neues Schulfernrohr. In: „Astronomie in der Schule“, Berlin 10 (1973) 4, S. 88 f.
- (44) Parthey, H.: Die empirische Basis naturwissenschaftlicher Erkenntnis. In: „Wege des Erkennens“. Philosophische Beiträge zur Methodologie der naturwissenschaftlichen Erkenntnis. Herausgegeben von H. Laitko und R. Bellmann. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1969.
- (45) Rahmenprogramm für Arbeitsgemeinschaften der Klassen 9 und 10; Astronautik. Ministerrat der Deutschen Demokratischen Republik, Ministerium für Volksbildung, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1970.
- (46) Rahmenprogramm für Arbeitsgemeinschaften der Klassen 9 und 10; Astronomie. Ministerrat der Deutschen Demokratischen Republik, Ministerium für Volksbildung, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1971.
- (47) Rubinstein, S. L.: Grundlagen der allgemeinen Psychologie. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1971.
- (48) Schukowski, M./Klein, P.: Über Ziele, Aufgaben und einige Probleme der Arbeitsgemeinschaften nach Rahmenprogrammen in den Klassen 9 und 10. In: „Astronomie in der Schule“, Berlin 9 (1972) 1, S. 4 ff.
- (49) Sortimentsliste des Staatlichen Kontors für Unterrichtsmittel – Zeichnen und Kunsterziehung, Porträtmappe; Leipzig, erscheint jährlich.
- (50) Verordnung über die Sicherung einer festen Ordnung an den allgemeinbildenden Schulen – Schulordnung – vom 20. 10. 1967, § 28. In: „Verfügungen und Mitteilungen des MFV“. 23 (1967).
- (51) Verfügungen und Mitteilungen des Ministeriums für Volksbildung und des Staatlichen Amtes für Berufsausbildung, 1969, Nr. 25; 53 (1969).
- (52) VEB CARL ZEISS JENA „Telementor“, Abteilung Astronomische Geräte und Planetarien; Druckschriften-Nr. 16–G 210 a–1.
- (53) Waniew, Inge; Weck, Helmut: Probleme, Standpunkte und Aufgaben bei der weiteren Qualifizierung der Bewertungspraxis in unseren Oberschulen. in: „Pädagogik“, Berlin 27. (1972), 3, S. 229 bis 243.
- (54) Weigert, A./Zimmermann, H.: Brockhaus abc Astronomie. VEB F. A. Brockhaus Verlag, Leipzig. 3. Auflage, 1971.
- (55) Weiss, H.: Die Funktion der Unterrichtsmittel in der sozialistischen Schule. In „Pädagogik“ Berlin 25. (1970) 9.

Register

A

- Abbildungen 72
Abplattung 77 104 149
Abstraktionsvermögen 47
Aggregatzustand 36
Aktualisierung, Aktualität 68 72
Alterseigentümlichkeiten der Schüler 71
Ambarzumjan 23
Analogiebeispiele 136
Anforderungsniveau 70
Anschaulichkeit 70 ff.
Anschauungstafeln 82 87 125
Äquatorsystem 95 115
–, rotierendes 43
Arbeit, Erziehung zur – 28
Arbeiterklasse, Weltanschauung und Moral der – 7 11 27 28 31
Arbeitsgemeinschaft 33 65 82 93 94 121 142 158 ff.
–, Planung 162 163
–, Stoffverteilung 159
–, Zielstellung 158 ff. 163
Arbeitsgemeinschaftstätigkeit, Organisation der – 162 163
Arbeitskarten 81 87 88 92 117
Arbeitsmethoden 17 40 49 57 ff. 65
Arbeitsmoral 68
Aspekt der Wehrerziehung 100
–, historischer 42 49 53 79
–, übergreifender 50 ff.
Astrologie 13 54 55
Astrometrie 39
Astronomie, Definition 11
–, Denk- und Arbeitsweisen 14 17 18
–, Einführung in das Fach 40 50 54 79 149 159 162
–, Entwicklung und Geschichte 13 17 55
–, gesellschaftliche Funktion 12 ff.
–, Lehrplan, Schwerpunkte 118 ff.
Astronomieunterricht, Aufgaben 11 14
–, Ziele 11 13 ff. 147
astronomische Koordinaten 19 43 85 95 108 110 115 148 162 164 165 166
–, Probleme 18
Astrophysik 12 14 39 45 ff. 55 97
Atmosphäre der Erde 159 160
Atmosphären der Planeten 58
Atom 36 37 38
Atomhülle 38
Aufgaben und Ziele des Astronomieunterrichts 11 13 ff. 147
Ausgangsniveau 32 46 83 97 165
Azimut 43 164 165

B

- Bedeckungsstern 22 49 126 148
Bedingungen, materielle 81 ff. 94
Begriffe 16 47
Begründen 68
Beobachtung 20 21 24 33 34 40 41 56 65 72 75 ff. 76 82 83 119 122 123 159 160 161
–, Auswertung 103 146 ff. 148

- , Hausaufgaben 108 145
- , Helfer 103 109 139 142 144
- , Kontrolle 116 139 143
- , Organisation 101 147
- , Stationsbetrieb **139 ff.**
- , Zentralisierung 93
- Beobachtungsabend, Ablauf 81 102 **103 ff. 137 ff.**
- , Vorbereitung 96 **101 ff.**
- Beobachtungsaufgaben, Auswahl 106
- , Kombination 108 ff.
- Beobachtungsauftrag in der Arbeitsgemeinschaft 160
- Beobachtungsergebnisse 77 118 139 140 143 149
- Beobachtungsgeräte 19 68 82 102 138 159
- Beobachtungsmethoden, astrophysische 140
- Beobachtungsprogramm 104 ff.
- Beobachtungsprotokoll 102 103 116 138 ff. 143 144 146 150 ff.
- Beobachtungsstation 93 101 103
- Betrachtungen, historische 55 67 123 159
- Bewegungen, scheinbare 42 50 83 85 87 95 112 149 162
- , wahre 42 50 85 87 149 162
- Bewegungsgesetze 20
- Beweisen 68
- Bewertung 114 117 139 140 146
- Beziehungen, solar-terrestrische 46
- Bildung und Erziehung, naturwissenschaftliche 13
- – –, politische und moralische 27 28 50 54
- – –, polytechnische 16 22 68
- – –, weltanschauliche 13 25 26 **50 ff. 133**
- Biologieunterricht 56
- Breitenbestimmung 162 164 165

C

- Charaktereigenschaften 14
- charakterliche Erziehung 24
- Chemieunterricht 56 125
- chemische Zusammensetzung 59
- Copernicus 54

D

- Darstellung, maßstäbliche 73
- Deklination 43 88 166
- Demonstration 77 119 120 121 127
- Denk- und Arbeitsweisen der Astronomie 14 17 18
- Deutungen, mystische 27
- Diagramme 22 122 125 130
- dialektisch-materialistisches Weltbild 122
- dialektischer Materialismus 13
- Dichte 124 126 148 156
- didaktische Funktion 120 132 135 137
- Vereinfachung 70
- didaktisches Prinzip **70 ff.**
- Diskussionen 69
- Doppelplanet Erde–Mond 15 143
- Doppelstern 49 143 144 147 148 149 155
- drehbare Sternkarte 21 24 43 81 83 87 88 92 144 149 150 152 164 165 166
- Drei-Grad-Kelvin-Strahlung 12

E

- Einfluchtungen, erzieherische 69
- Einführung in das Fach Astronomie 40 50 54 79 149 159 162
- Einsichten und Erkenntnisse **15 ff.**
- , weltanschauliche 11 13 127
- Einwirkungen, erzieherische 69 161
- elektrisches Feld 37
- Elektron 36
- Energieerhaltungssatz 38
- Energiefreisetzung 15 52

Entfernungen der Sterne 15 38 47 53 59 **F**

118 ff. 148

Entfernungsmodul 118 119 145 157

Entstehung und Entwicklung der Sterne

12 38 48 53 59 60 71 78 126 **133 ff. 149**

Entwicklung der Astronomie 17

– der Produktivkräfte 16

– und Entstehung der Sterne 12 38 48

53 59 60 71 78 126 **133 ff. 149**

– der Vorstellungen über das Planeten-
system 41 45 52 54 66

– in der Welt 13 17 26 47 48 50 135 137

– technische und wissenschaftliche 12
56 68

erdähnliche Planeten 58

Erde 34 35 40 42 51 54 58 73 83 85 128

149 159 160

–, Bewegung 34 35 42 160

–, Doppelplanet 15 143

Erdmond 20 35 40 43 51 54 61 77 83 85

94 108 148 149 162

erdnaher Raum 35 54

Erkennbarkeit der Welt 13 16 18 25 26

27 43 45 46 49 50 77 118 119 127 128

131

Erkenntnis, gesellschaftliche 161

Erkenntnisse und Einsichten **15 ff.**

– – –, weltanschauliche 11 13 127

Erkenntnisoptimismus 26

Erkenntnisprozeß 18 22 23 26 64 94

erzieherische Einflechtungen 69

– Einwirkungen 69 161

Erziehung, charakterliche 24

– und Bildung, politische und mora-
lische 25 27 28 50 54

– – –, polytechnische 16 22 68

– – –, weltanschauliche 13 25 26 **50 ff.**
133

– zur Arbeit 28

Experiment 21 **72 ff. 127 158**

Extinktion 160

extragalaktische Systeme 41 48 49 53 62

83

Fachunterrichtsraum 81 **89 ff. 93 98**

Fachzeitschrift 96

Fachzirkel 96

Fähigkeiten 14 18 **19 ff. 20 21 22 23 32**

76 146 (\nearrow Können)

Fallbeschleunigung 35

Farbenindex 71

Faßlichkeit **70 ff.**

Fehlerbetrachtungen 103 146

Feld, elektrisches 37

–, interplanetares 61

–, magnetisches 37

–, physikalisches 56

Feldstecher 138 143 155 156

Fernrohr 34 150 (\nearrow Schulfernrohr)

Fertigkeiten 18 24

Festigung 128 132 135

Finsternisse 35 43 77 86

Fluchtgeschwindigkeit 36

Fotografie 75

Frühlingspunkt 43

Funktionen,

didaktische 120 132 135 137

G

Galaxien 12 15 16 23

Galaxis 15 48 72 74 78 80 83 (\nearrow Milch-
straßensystem) .

Galilei 36 43 54

Gas 38 60 126 137

geistige Tätigkeit 20 **73 ff. 122 158**

Geographieunterricht 34 56 89 160 166

geographische Koordinaten 162 **164 ff.**

geozentrisches Weltsystem 55 66

Geschichte der Astronomie 13 55

Geschichtsunterricht 34 45 56 66

gesellschaftliche Erkenntnisse 161

Gesetze, Keplersche 36 50 58 61 65 71
84

–, objektive 45

Gewohnheiten 18 24 27

Gezeiten 36 86

Gravitation 35 36 37 44 86 137 149

Gravitationsgesetz 15 35 44 58 61 62 66

Größenklasse 118 119 120 123 124 153
154

Grundausrüstung, technische 81 89

Gruppenarbeit in Arbeitsgemeinschaften 163

H

Hauptreihensterne 74 124 129 131 135
137 156

Hausaufgaben 74 98 101

–, Beobachtungen 108 145

–, Kontrolle 117

heliocentrisches Weltsystem 55 66

Helligkeit 47 59 100 118 ff. 124 125 129
130 131 132 144 145 148 153

Hertzsprung-Russell-Diagramm 19 47
53 59 78 82 123 ff. 133 ff. 149

Himmelsglobus 88

Himmelskugel, scheinbare 82 150

Himmelsmechanik 39 159

historische Betrachtungen 55 67 123 159

historischer Aspekt 42 49 53 79

Höhe 43 164 165

Horizontsystem 43 85 95 115 162

Hospitalitäten 96

I

Informationsmittel 24

Intensität 124

interplanetares Feld 61

interstellare Wolken 38 48 60 62 79 126
(↗ Gas ↗ Staub)

Ionisierung 38

J

Jahreszeiten 76

Jugendweihevorbereitung 93 112

Jupiter 58 94 110 111 142 149

jupiterähnliche Planeten 58

K

Kalender für Sternfreunde 92 162 166
167

Kassettenfilm 86 88

Kenntnisse 14 18 20 (↗ Wissen)

Kepler 54

Keplersche Gesetze 36 50 58 61 65 71
84

Kern der Galaxis 62 74

Kernfusion 38 47

Kernprozesse 135 137

Kirche 36

Klassifizieren 22 73 79 ff.

Kleinkörper, künstliche 37 45 54

–, natürliche 36 45

Können 11 18 ff. 82 113 128 135 (↗ Fähigkeiten)

–, Ziele 18 ff. 101 102

Kometen 61 77 84

kommunistische Wissenschaft 25

Komplexaufgabe für Arbeitsgemeinschaften 160 164

Kontrollaufgaben 66 67 114

Kontrolle 100 101 113 117 139 143 146

Koordinaten, astronomische 19 43 85 95
108 110 115 148 162 164 165 166

–, geographische 162 164 ff.

Koordinatensysteme 43 85 95 112 115
149 162

Kosmologie 13

Kosmonautik, sowjetische 27

Kugelsternhaufen 49 157

künstliche Kleinkörper 37 45 54

L

Längenbestimmung 162 164 166
langfristige Planung 96
Lebensbedingungen auf Planeten 74
Lebenserfahrungen der Schüler 68
Lebensverbundenheit 23 64 ff. 72 99
Lehrbuch 75 87 88 100 123 135
Lehrer, Persönlichkeit 64
Lehrerweiterbildung 94
Leistungskontrolle 113 ff.
–, mündliche 116
–, schriftliche 114
Leuchtkraft 59 72 74 99 118 121 124 126
129 130 131 148 149 153 156
Lexikon 123
Lichtbilder 83 84 87 92 100
Logarithmen 124
Lufthülle 35

M

Magnetisches Feld 37
Mars 58 94 115
Marxismus-Leninismus 65
Masse 59 74 124 126 131 133 148
Massenkommunikationsmittel 33
maßstäbliche Darstellung 73
Materialismus, dialektischer 13
Materialität der Welt 13 26 49 122
materielle Bedingungen 81 ff. 94
Mathematikunterricht 56 125
Mehrfarbenphotometrie 70 71
Merkur 58 94
Meteorit 61
Mildtstraßensystem 41 48 49 53 62 83
111 (\nearrow Galaxis)
Modell 20 22 72 77 81 88 94
Modellvorstellung 73 74 77 ff.
Mond 20 35 40 43 51 54 61 77 83 85 94
108 148 149 162
Mondbeobachtungen 76
Mondoberfläche 149
Mondphasen 35 43 77 85 95 149

Moral und Weltanschauung der Arbeiterklasse 7 11 27 28 31
moralische und politische Erziehung und Bildung 27 28 50 54
Motivation 118 119 133 140 162
mündliche Leistungskontrolle 116
mystische Deutungen 27

N

Nachschlagewerke 21 24 163
Naturgesetze 21
natürliche Kleinkörper 36 45
Neptun 52 58
Neutron 36
Neutronenstern 12 49
Newton 55

O

Oberflächentemperatur 22 59 77 126
147 (\nearrow Temperatur)
Objekte und Systeme, kosmische 57 128
142
objektive Gesetze 45
offener Sternhaufen 62 111 144 156
Orientierung am Sternhimmel 19 35 43
83 85 95 100 102 140 149 159 162
Ortsmeridian 165

P

Parallaxe 118 121 122 123 124
Parsek 47
Parteilichkeit 64 ff. 99
Persönlichkeit des Lehrers 64
Persönlichkeitsentwicklung 19
Physik der Planeten 36 45
physikalisches Feld 56
physikalische Unterrichtsmittel 89
– Vorkenntnisse 46
Physikunterricht 43 56 66 89 125 128 160

Planetarium 84 **94 ff.** 97 112 ff.
 Planeten 20 36 45 54 58 74 79 94 100
 110 115 148 149 150 152 162
 –, erdähnliche 58
 –, jupiterähnliche 58
 –, Lebensbedingungen 74
 –, Physik 36 45
 Planetenatmosphären 58 149
 Planetenbewegung 36 66
 Planetenschleifengerät 81 84 87 88
 Planetensystem 36 39 40 **42 ff.** 51 54 55
 61 66 83 97 149
 Planetoiden 61
 Planung des Unterrichts 57
 –, langfristige 96
 Plejaden 49 111 144 156 157
 Pluto 58
 Polarlicht 77
 Polhöhe 162 164 165
 politische und moralische Bildung und
 Erziehung 27 28 50 54
 polytechnische Bildung und Erziehung
 16 22 68
 Positron 36
 Praxis, Verbindung von Theorie und –
 158 161
 Präzession 95
 Prinzip, didaktisches **70 ff.**
 Probleme, astronomische 18
 Produktivkräfte, Entwicklung 16
 Projektionsfolien 81 83 87 92 131 132
 136
 Proton 36
 Pulsar 18 49

Q

Quasar 12 49

R

Radioastronomie 17 48 60
 Radiostrahlung 53
 Radioteleskop 53

Radius 124 126 131 136 148
 Raumfahrt 12 16 33 43 45 51 54 55 117
 Raumflugkörper, Raumsonden 58 61
 159 165 (→ Satelliten)
 Rektaszension 43 88
 Riesenstern 74 124 129 131 136

S

Satelliten, künstliche 37 50 (→ Raum-
 flugkörper)
 Saturn 58 84 94 110 111 142 149 152
 scheinbare Bewegungen 42 50 83 85 87
 95 112 149 162
 – Himmelskugel 82 150
 – Sonnenbahn 20 95
 schriftliche Leistungskontrolle 114
 Schüler, Alterseigentümlichkeiten 71
 –, Lebenserfahrungen 68
 Schüleraktivität 67 72 75 97 116 131
 Schulfernrohr 19 81 87 92 93 102 103
 117 138 149 159 165 167
 Schulsternwarte 93 94
 Schwerpunkte des Lehrplans **118 ff.**
 selbständiger Wissenserwerb 83
 solar-terrestrische Beziehungen 46
 Solarkonstante 99
 Sonne 22 33 37 41 46 47 52 73 94 99 100
 126 129 149 156 162 164
 –, Aktivität 15 37 46 100
 –, Atmosphäre 115
 –, scheinbare Bahn 20 95
 –, Strahlung 79 100
 Sonnensystem 20 79
 Sonnenuntergang, Beobachtung 160
 sowjetische Kosmonautik 27
 Sozialismus 27
 Spektralanalyse 38 52 77
 Spektralklasse 47 59 82 124 126 127 128
 131 149 156 157
 Spektrum 46 75 99 124 126 127 128
 Spiralstruktur der Galaxis 62 74
 Sputnik I 72
 Staatsbürgerkundeunterricht 56

Staub 60 126 137
 Stellarastronomie 39 **45 ff.** 97
 Sternbilder 94 100 140 142 149 150 151
 162 164
 Sterne 38 41 47 53 59 78 79 148 149 150
 –, Entfernungen 15 38 47 53 59 **118 ff.**
 148
 –, Entstehung und Entwicklung 12 38 48
 53 59 60 71 78 126 **133 ff.** 149
 –, Farbe 59 77 103 111 124 126 127 144
 147 148 153
 –, Helligkeit 59 **118 ff.** 145 153 (↗ Hel-
 ligkeit)
 –, veränderliche 126
 –, Zustandsgrößen 15 19 49 **123 ff.** 137
 148 149
 Sternhaufen 62 126 149
 –, kugelförmiger 49 157
 –, offener 62 111 144 156
 Sternhimmel, Orientierung am – 19 35
 43 83 85 95 100 102 140 149 159 162
 Sternkalender 92 162 166 167
 Sternkarte 19 22 100 159
 –, drehbare 21 24 43 81 83 87 88 92 144
 149 150 152 164 165 166
 Stoffeinheit, Planung **96 ff.**
 Strahlung 99 137
 Strukturieren 20 73 **79 ff.**
 Stundenentwurf 101
 System 15 22 57 77 148
 –, extragalaktisches 41 48 49 53 62 83
 Systematisierung 22 66 73 **79 ff.** 132 173
 Systematisierungsstunden 69 79
 Szintillation 151 160

T

Tafelbild 101
 Tagbogen 33
 Tätigkeit, geistige 20 **73 ff.** 122 158
 Technik 43 50 52 54 56 68 150
 technische Grundausstattung 81 89
 – und wissenschaftliche Entwicklung 12
 56 68

Telementor 92 93 (↗ Schulfernrohr)
 Tellurium 77 81 **85 ff.** 87 88
 Temperatur 22 36 37 59 77 124 126 127
 129 131 132 135 137 147 149 157
 Theorie und Praxis, Verbindung 158 161
 Tierkreissternbilder 95 151
 Tierkreiszone, Karten 87 88 92
 Trigonometrie 124

U

Überblick unter historischem Aspekt 42
 49 53 54 79
 übergreifende Aspekte **50 ff.**
 Übertragbarkeit des Wissens 22
 Überzeugung 14 26 27 32 43 44 45 47 48
 49 50 56 69 76 79 118 122 127 128 131
 135
 Überzeugungen und Verhaltensweisen,
 Ziele **25 ff.** 101 102
 Übung 100 132 158
 Unterricht **64 ff.**
 –, Planung 57 **96 ff.**
 –, Vorbereitung 57 **96 ff.**
 Unterrichtsfächer, andere 22 **32 ff.** 56
 81 89 97 121 124
 Unterrichtsfilm 137 165
 Unterrichtsmittel **81 ff.** 92 97 101 **104 ff.**
 –, audiovisuelle 81
 –, Aufgaben **82 ff.**
 –, Bedarfsplan 81
 –, geographische 89
 –, literarische 81 82
 –, physikalische 89
 Unterrichtsmittelkomplex 87
 Unterrichtsprozeß **63 ff.**
 –, Planung **96 ff.**
 Unterrichtsstoff 15 **31 ff.** **39 ff.** 50 ff. 57 ff.
 98 101
 Unterrichtsstunde, Vorbereitung 96
98 ff.
 Uranus 58
 Ursprung der Astronomie 55

V

- Venus 23 58 67 94 103 110 111 142 149
- „Venus 9“ 23
- Veränderliche Sterne 126
- Veranschaulichung 120
- Verbindung von Theorie und Praxis 158 161
- Vereinfachung,
 - didaktische 70
- Vergleich 73 ff.
- Vergleichen 122 123
- Verhaltensweisen 14
- und Überzeugungen, Ziele 25 ff. 101 102
- Volumen 124
- Vorbereitung des Unterrichts 57 96 98 ff.
- Vorgriffe auf den Astronomieunterricht 158
- Vorkenntnisse der Schüler 78
- , physikalische 46
- Vorleistungen 33 34 ff. 137 158
- Vorstellungen über das Planetensystem, Entwicklung 41 45 52 54 66

W

- Wahre Bewegungen 42 50 85 87 149 162
- Wärmeenergie 36
- Wärmestrahlung 36
- Wahrnehmung 21
- Wehrerziehung, Aspekt der – 100
- Weiterlernen nach der Schulzeit 17 23
- Welt, Entwicklung in der – 13 17 26 47 48 50 135 137
- , Erkennbarkeit 13 16 18 25 26 27 43 45 46 49 50 77 118 119 127 128 131
- , Materialität 13 26 49 122
- weltanschauliche Bildung und Erziehung 13 25 26 50 ff. 133
- Erkenntnisse und Einsichten 11 13 127
- Weltanschauung und Moral der Arbeiterklasse 7 11 27 28 31
- , wissenschaftliche 25

Weltbild, dialektisch-materialistisches 122

- Weltsystem, geozentrisches 55 66
- , heliozentrisches 55 66
- Werten 65 68 79
- Wiederholung 100 128 135 137
- Winkelfunktionen 38
- Winkelmeßgeräte 19
- Wissen 11 14 16 17 25 113 120 128 135
 - (↗ Kenntnisse)
 - , reaktiviertes 71
 - , Übertragbarkeit 22
 - , Ziele 14 ff. 101 102
- Wissenschaft, kommunistische 25
- wissenschaftliche und technische Entwicklung 12 56 68
- Wissenschaftlichkeit 64 ff. 71 99
- Wissenserwerb, selbständiger 83
- Wissensspeicher 123
- Wolken, interstellare 38 48 60 62 79 126
 - (↗ Gas ↗ Staub)

Z

- Zeit 162 166 167
- Zentralisierung der Beobachtungen 93
- Ziele des Astronomieunterrichts 11 13 ff. 147
- im Bereich des Könnens 18 ff. 101 102
- im Bereich der Überzeugungen und Verhaltensweisen 25 ff. 101 102
- im Bereich des Wissens 14 ff. 101 102
- Zielformulierung 75
- Zielorientierung 98 162
- Zielstellung 98 118 133
- Zusammensetzung, chemische 59
- Zustandsgrößen der Sterne 15 19 49 123 ff. 137 148 149
- Zwergstern 124 129 131

Quellenverzeichnis der Abbildungen:

Klaus Schmidt, Herzberg:

Bild 1, Bild 2, Bild 3.