

MINISTERRAT DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK
MINISTERIUM FÜR VOLKSBILDUNG

Michaelis

**Lehrplan
für Astronomie
Klasse 10**



VOLK UND WISSEN
Volkseigener Verlag Berlin · 1969

Der Lehrplan für Astronomie,
Klasse 10,
tritt am 1. September 1971 für den Unterricht
in der zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule
in Kraft.

Berlin, 30. Juni 1969

Der Minister für Volksbildung
M. Honecker

Astronomie

ZIELE UND AUFGABEN

Ziel des Astronomieunterrichtes ist es, den Schülern ein Grundwissen über ausgewählte Objekte und Vorgänge im Weltall sowie deren Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten zu vermitteln und sie in einige astronomische Probleme einzuführen. Durch den Astronomieunterricht sollen die Schüler Einblick in die historische Entwicklung astronomischer Erkenntnisse gewinnen und mit wichtigen Arbeitsmethoden und Forschungsergebnissen, zum Beispiel der Astronautik, vertraut gemacht werden. Die Schüler sind zu befähigen, wichtige Erscheinungen am Himmel beobachten und mit Hilfe von Naturgesetzen erklären zu können.

In Einheit mit diesen Zielen hat der Astronomieunterricht die Aufgabe, im System der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer einen Beitrag zur Erziehung sozialistischer Staatsbürger und zur Formung und Festigung ihrer wissenschaftlichen Weltanschauung zu leisten. Er muß vor allem die Überzeugung von der ständigen Bewegung und Entwicklung im Weltall und deren Erkennbarkeit herausbilden.

Zur Realisierung der Zielstellung des Astronomieunterrichtes müssen die Schüler folgende *grundlegende Kenntnisse und Erkenntnisse erwerben*:

Erde und Mond sowie Sonne und Planeten bilden Systeme.

Erde, Mond und Sonne nehmen keine Sonderstellung unter den Himmelskörpern ein. Ihre Besonderheit besteht nur in ihrer günstigen Zugänglichkeit für die verschiedenen Verfahren der Forschung von der Erde aus.

Die Gesetze der Planetenbewegung finden Berücksichtigung und Anwendung in der Astronautik, bei deren Entwicklung die Sowjetunion eine führende Rolle einnimmt.

Die Sonnenaktivität und ihre terrestrischen Auswirkungen sind natürliche, gesetzmäßige Vorgänge.

Energiefreisetzung, Strahlung und chemische Veränderung der Sterne sind auf atomare Prozesse zurückzuführen.

Es ist möglich, Zustandsgrößen der Sterne trotz der großen Entfernungen zu bestimmen sowie Einblick in innere Vorgänge und in die Entwicklung der Sterne zu erhalten.

Winkel- oder Helligkeitsmessungen ermöglichen Entfernungsangaben bis zu nahen Sternsystemen außerhalb unserer Milchstraße.

Sterne entstehen auch gegenwärtig noch aus Ansammlungen von interstellarem Gas und Staub; sie durchlaufen einen Entwicklungsprozeß.

Der Aufbau unseres Milchstraßensystems und seine Bewegungen wurden vor allem durch Vergleiche mit anderen Galaxien erkannt und unter anderem durch radioastronomische Beobachtungen bestätigt.

Die astronomischen Kenntnisse werden ständig mit Hilfe neuer Methoden und modernster Technik überprüft, präzisiert und erweitert.

Im Weltall befindet sich alles in ständiger Veränderung und Entwicklung; die Menschen sind in der Lage, die Strukturen und Prozesse im Weltall und die ihnen zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten zu erkennen. Die Entwicklung der astronomischen Erkenntnis ist abhängig vom jeweiligen Entwicklungsstand der Produktivkräfte.

Die Astronomie fördert die Entwicklung der anderen Naturwissenschaften und der Technik, die ihrerseits auf die Weiterentwicklung der Astronomie zurückwirken.

Zur Unterstützung der *geistigen Bildung und Erziehung* der Schüler hat der Astronomieunterricht folgenden Beitrag zu leisten:

Die Schüler sind zu befähigen,

- grundlegende Vorstellungen über den Weltraum zu erwerben, wichtige Strukturen zu erfassen und annähernd richtige Raumvorstellungen zu entwickeln;
- die betrachteten Einzelkörper in ihrem Systemzusammenhang zu untersuchen, da bestimmte Erscheinungen (z. B. Phasen und Finsternisse) nur aus den Bewegungen im System zu erklären sind;
- ihr Systemdenken, angebahnt in anderen Unterrichtsfächern, weiterzuentwickeln, da das Einordnen des Erde-Mond-Systems, des Planetensystems oder unseres Milchstraßensystems in die nächstgrößere Einheit Voraussetzung für das Erfassen der Position der Erde im Raum ist;
- sich hier wie in anderen naturwissenschaftlichen Fächern der Hilfe von Modellen zu bedienen und dabei zu berücksichtigen, daß Modelle wesentliche Seiten der objektiven Realität abbilden, aber mit dieser nicht identisch sind;
- an einigen Beispielen durch Anwendung mathematischer Verfahren und Betrachtungsweisen zu quantitativen Aussagen zu kommen, zum Beispiel durch Anwendung des dritten Keplerschen Gesetzes und Errechnung der Strahlungsleistung sowie der mittleren Dichte der Sonne;
- einfache Beobachtungen durchzuführen, zu protokollieren und auszuwerten, die drehbare Schülersternkarte und die Arbeitssternkarten zu benutzen und eigene Messungen kritisch einzuschätzen sowie Diagramme, Kurven, Sternkarten und Himmelsphotographien unter Anleitung auszuwerten.

Im Prozeß der Aneignung des Bildungsgutes ist die *Erziehung der Schüler zu sozialistischen Staatsbürgern* weiterzuführen.

Die bereits in anderen Fächern erworbene dialektisch-materialistische Grundeinstellung der Schüler ist zu festigen. Der Astronomieunterricht hat wesentlich zur Formung ihres wissenschaftlichen Weltbildes beizutragen; sie sollen vor allem zu der Überzeugung geführt werden, daß sich im Weltraum alles in ständiger Veränderung und Entwicklung befindet. Die historischen Betrachtungen sollen den Schülern zeigen, daß der Mensch in der Lage ist, die vielfältigen Erscheinungsformen der Stoffe und physikalischen Felder im Weltraum auf Grund ihrer Ordnung und Gesetzmäßigkeit immer umfassender zu erkennen. Auf der Grundlage des Wissens über die schnelle wissenschaftlich-technische Entwicklung, die auch die Astronomie erfaßt, sollen sie die immer schnellere Erweiterung des astronomischen Wissens verstehen.

Eine weitere Aufgabe des Astronomieunterrichtes ist es, einen Beitrag zur Entwicklung der Überzeugung von der Materialität der Welt zu leisten.

Die Schüler sind am Beispiel des Gravitationsgesetzes zu der Einsicht zu führen, daß es Naturgesetze gibt, die überall im Weltraum gelten und uns helfen, die Vorgänge in allen Teilen des Kosmos zu erkennen. Sie sollen zu der Einsicht gelangen, daß die astronomischen Erkenntnisse durch die Gesellschaft genutzt werden und die Vorzüge der sozialistischen Gesellschaftsordnung der Sowjetunion die führende Position auf dem Gebiet der Raumforschung sichert.

Am Beispiel der zahlreichen astronautischen Erfolge der Sowjetunion und der Errichtung einer Vielzahl von Volks- und Schulsternwarten sowie astronomischen Lehr- und Forschungsstätten in unserer Deutschen Demokratischen Republik sollen die Schüler die Überzeugung gewinnen, daß die Astronomie wie jede andere Wissenschaft vom Charakter des Gesellschaftssystems abhängt und die sozialistische Gesellschaft großzügig die astronomische Wissenschaft fördert.

Den Schülern ist die hohe Verantwortung der Menschen für den humanistischen Charakter aller Raumfahrtunternehmungen und die Anwendung der astronomischen Forschungsergebnisse bewußzumachen. Sie sollen zur Einsicht gelangen, daß die sozialistischen Staaten dieser Verpflichtung voll gerecht werden.

Große Bedeutung kommt der *Koordinierung* des Astronomieunterrichts mit den anderen naturwissenschaftlichen Fächern zu.

Da der Astronomieunterricht in besonders starkem Maße bei der Erarbeitung facheigener Sachverhalte auf Kenntnisse aus dem Fach Physik aufbauen muß, ist vor allem eine enge Zusammenarbeit mit dem Physiklehrer erforderlich.

Wegen der besonderen Bedeutung der Koordinierung sind die genauen Angaben in den Zielen der einzelnen Stoffeinheiten zu beachten.

Hinweise zur methodischen und organisatorischen Gestaltung des Unterrichts

Das Verstehen der meisten astronomischen Sachverhalte verlangt ein gutes Abstraktionsvermögen. Deshalb ist es notwendig, der aktiven Auseinandersetzung der Schüler mit dem Unterrichtsstoff und dem Bewußtmachen der bereits vorhandenen vielfältigen Kenntnisse und Fähigkeiten besondere Beachtung zu schenken. Das sollte unter anderem durch einen interessanten, problemreichen Unterricht, durch die selbständige Arbeit mit dem Lehrbuch und die Auswertung von Tabellen, Kurven, Diagrammen und Karten geschehen. Eine weitere Möglichkeit, die Schüler zu aktivieren, stellt die praktische Arbeit in Form von Messungen und Beobachtungen einschließlich der protokollarischen Fixierung der Ergebnisse dar. Auf den sprachlichen Ausdruck ist hier ebenso Wert zu legen wie auf exakte Formulierungen bei Leistungskontrollen.

Die Beobachtungen sind in obligatorischen Schulveranstaltungen außerhalb der Unterrichtszeit durchzuführen. Für die Durchführung der Beobachtungen können auch die Herbst- und Winterferien genutzt werden.

Es wird empfohlen, den Schülern für die Beobachtungen konkrete Arbeitsaufträge zu erteilen, die im Unterricht vorzubereiten sind. Die Beobachtungsabende sind besonders emotional wirksam zu gestalten; es ist zu gewährleisten, daß die Beobachtungsergebnisse in den Unterricht einfließen und entweder der Gewinnung oder Festigung von Erkenntnissen dienen.

Die Beobachtungen sind so gewählt, daß sie nur die Verwendung des Schülerfernrohres 50/540 erfordern und damit an allen Schulen oder zentralen Beobachtungsstützpunkten erfolgen können.

Zur Unterstützung der Vorstellungsbildung haben die Unterrichtsmittel für den Astronomieunterricht besondere Bedeutung, da viele Objekte der schulastronomischen Beobachtung nicht zugänglich sind. Der Einsatz der im Lehrplan ausgewiesenen Unterrichtsmittel ist deshalb verbindlich.

Leistungskontrollen sollten nur als mündliche Kontrollen und schriftliche Kurzkontrollen durchgeführt werden. Die Erfüllung von Aufträgen (Eintragungen in Arbeitssternkarten, Kurzreferate, Presseauswertung usw.) und die praktische Arbeit der Schüler (Protokolle) können ebenfalls bewertet werden.

THEMATISCHE ÜBERSICHT

1. Das Planetensystem	16 Stunden
1.1. Einführung in das Fach Astronomie	2 Stunden
1.2. Die Erde als Himmelskörper (B)	4 Stunden
1.3. Der Erdmond (B)	3 Stunden
1.4. Das Planetensystem (B)	6 Stunden
1.5. Die Entwicklung der Vorstellungen über das Planetensystem (Systematisierung)	1 Stunde
2. Astrophysik und Stellärastronomie	12 Stunden
2.1. Die Sonne	3 Stunden
2.2. Die Sterne (B)	5 Stunden
2.3. Das Milchstraßensystem und extragalaktische Systeme	2 Stunden
2.4. Zusammenfassender Überblick unter historischem Aspekt (Systematisierung)	2 Stunden
3. Beobachtungen	

Anmerkungen

Die angegebenen *Stundenzahlen* sind verbindlich; die im Teil „Inhalt des Unterrichts“ hinter den Überschriften in Klammern vermerkten Ziffern sind Empfehlungen für die zeitliche Aufgliederung.

Zu den mit „(B)“ gekennzeichneten Stoffeinheiten sind *Beobachtungen* als obligatorische außerunterrichtliche Schulveranstaltungen durchzuführen; sie sind unter 3. zusammengefaßt.

Schwerpunkte des Unterrichts sind durch Kursivdruck hervorgehoben. Notwendige *Wiederholungen* aus früheren Astronomiestunden oder aus dem Unterricht anderer Fächer sind mit „(W)“ gekennzeichnet.

Mit „*Zur Information*“ bezeichnete Stoffe stellen Ergänzungswissen dar, das nicht zum reproduzierbaren Wissen der Schüler gehören soll, aber zum Verständnis von Zusammenhängen, als Ergänzung, zur Motivierung oder Anwendung notwendig ist. Es darf nicht in Leistungskontrollen einbezogen werden.

INHALT DES UNTERRICHTS

1. Das Planetensystem

16 Stunden

1.1. Einführung in das Unterrichtsfach Astronomie

2 Stunden

Die Einführungsstunden sollen das Interesse der Schüler am Fach und ihre Bereitschaft zu aktiver Mitarbeit wecken.

An ausgewählten Beispielen ist der Ursprung der Astronomie zu erläutern. Die Schüler sollen erfahren, daß die Astronomie eine der ältesten Wissenschaften ist, deren Ergebnisse aber lange Zeit genutzt wurden, um die Position der herrschenden Klasse zu stärken und das Volk durch Unkenntnis und Aberglauben gefügig zu halten. Es ist die Erkenntnis zu erarbeiten, daß die Astronomie als Naturwissenschaft unmittelbaren Bezug zur gesellschaftlichen Praxis hat und keinen Raum für Aberglauben läßt.

Die Schüler sind auf die wichtigsten Vorhaben des Astronomieunterrichts hinzuweisen.

Auf die Wechselbeziehungen zwischen Astronomie und Technik ist einzugehen; einige Sternwarten und wichtige Geräte sind durch Bilder zu veranschaulichen.

Nach einer Vorstellung des Beobachtungsgerätes der Schule sind notwendige Kenntnisse aus der Optik zu wiederholen und die Schüler in die praktische Beobachtung einzuführen.

1.1.1. Das Interesse der Menschen an den Erscheinungen und Vorgängen am Himmel in Vergangenheit und Gegenwart

Mystische und religiöse Deutung noch nicht erkannter Naturerscheinungen bei allen Völkern auf früher Kulturstufe (W).

Planetenbewegung und Finsternisse als Ausdruck des „Willens der Götter“ bei Babyloniern und Ägyptern; Auslegung durch die herrschende Klasse zur Stärkung ihrer Machtposition.

Zur Information: Die Astrologie als scheinwissenschaftliches Mittel zur Beeinflussung der Bevölkerung im Interesse der herrschenden Klasse in Westdeutschland und anderen kapitalistischen Staaten.

Praktische Nutzung astronomischer Erkenntnisse in Vergangenheit und Gegenwart am Beispiel der Zeitbestimmung und des Kalenders.

Astronomie als Wissenschaft von den Eigenschaften, der Struktur, den Bewegungen und der Entwicklung der kosmischen Gebilde.

Zur Information: Vorhaben im Astronomieunterricht (Kennenlernen der Beschaffenheit und Entwicklung kosmischer Objekte; Orientieren am Sternhimmel; praktisches Beobachten wichtiger Objekte und Erscheinungen im Weltall).

1.1.2. Einführung in die Beobachtung

Wechselbeziehungen zwischen Astronomie und Technik.

Betrachten von Bildern großer Sternwarten, wichtiger Beobachtungsinstrumente und Raumflugkörper.

Bekanntmachen mit dem an der Schule für die Beobachtung vorhandenen Gerät.

Leistungsfähigkeit des Schulgerätes im Vergleich mit den Instrumenten der großen Sternwarten.

Aufbau des Beobachtungsgerätes; die umkehrende und seitenvertauschende Wirkung des astronomischen Fernrohres (W).

Berechnung der Vergrößerung.

Hinweise zur Durchführung der Beobachtungsabende.

1.2. Die Erde als Himmelskörper¹

4 Stunden

Unterrichtsgegenstand sind die Bewegungen der Erde (Rotation und Bahnbewegung) und die sich daraus ergebenden Erscheinungen am Himmel.

Beim Vergleich der Methoden zur Feststellung des Erdradius ist den Schülern der ständige Fortschritt der Wissenschaft in Abhängigkeit von der Entwicklung der Technik zu zeigen.

Es ist zu erarbeiten, daß die Bewegungen durch die Teilnahme des Beobachters an den Bewegungen nur als scheinbare, den wahren meist entgegengesetzte Ortsveränderungen zu beobachten sind. Diese Erkenntnis ist bei der Behandlung des Erde-Mond-Systems und des Planetensystems zu festigen und zu verallgemeinern. Erzieherisch bedeutsam ist das Entwickeln der Einsicht, daß der Mensch von der Erscheinung zum Wesen der Dinge vordringen muß, um zu richtigen Schlüssen zu kommen. Bei der Behandlung der Form der Erdbahn ist auf die Ellipse einzugehen, soweit es für das Verstehen der Planetenbewegungen notwendig ist.

Die Schüler sollen erfahren, daß die Atmosphäre die erdgebundene astronomische Beobachtung erheblich behindert. In diesem Zusammenhang sind die Notwendigkeit der extraterrestrischen Forschung und astronomisch bedeutsame Ergebnisse der Astronautik zu erläutern. Bei der Behandlung der Ortsbestimmung mittels Koordinatensystemen sind die Schüler darauf hinzuweisen, daß mathematische Methoden fester Bestandteil der Arbeitsweise der astronomischen Wissenschaft sind.

Zur Vorbereitung der praktischen Beobachtungen ist den Schülern die Orientierung am Sternhimmel zu erklären. Sie müssen erkennen, daß

¹ Durchzuführende Beobachtungen und Messungen siehe unter 3.1.!

Sternbilder nur ein grobes Orientierungsmittel darstellen, zur Bestimmung eines Sternortes aber genaue Koordinatenangaben notwendig sind. Die Schüler sind zu befähigen, scheinbare und wahre Bewegungen zu unterscheiden und sich nach Sternbildern zu orientieren. Sie sollen Koordinaten mit Hilfe der drehbaren Schülersternkarte bestimmen und einfache Messungen durchführen können.

Als Vorkenntnisse können genutzt werden aus dem Geographieunterricht: Gradnetz und Rotation (Klasse 7), Achsenneigung und Bahnbewegung der Erde (Klasse 8) sowie Aufbau der Erdatmosphäre (Klasse 9); aus dem Physikunterricht: Lufthülle, Bedeutung des Luftdrucks für das Leben (Klasse 7), Kreisbewegung, Gravitation, magnetisches und Gravitationsfeld (Klasse 8); aus dem Mathematikunterricht: Potenzschreibweise (Klasse 9) und Unterteilung des Grades in Minuten und Sekunden (Klasse 10).

1.2.1. Die Erde und der erdnahe Raum

Mittlerer Radius, Masse, Abplattung, mittlere Dichte, Oberflächenbeschleunigung der Erde.

Aufsuchen der Werte in Tabellen.

Zur Information: Verfahren und erreichter Genauigkeitsgrad bei der Ermittlung des Erdradius durch ERATOSTHENES und bei Satellitenmessungen.

Tägliche und jährliche Bewegung der Erde (W) und ihre Erscheinung am Himmel.

Demonstrieren der Erdbewegungen und der Stellung der Erde im Nordsommer und -winter am Tellurium.

Zur Information: Beweise für die Rotation der Erde.

Erdbahn als Ellipse mit geringer linearer Exzentrizität.

Mittlerer Erdbahnradius als astronomisches Entfernungsmaß: die Astronomische Einheit (AE).

Zur Information: Bedeutung der genauen Bestimmung der Astronomischen Einheit für alle Entfernungsangaben.

Erdatmosphäre als Schutzmantel (W) und Forschungshindernis.

Notwendigkeit der Forschung außerhalb der Erdatmosphäre.

Zur Information: Ergebnisse der Untersuchungen von Raumfluggeräten über die Ausdehnung der Erdatmosphäre, die Strahlungsverhältnisse und die Form des Magnetfeldes der Erde.

Verbrecherischer Mißbrauch von Raumflugkörpern zu Spionagezwecken durch die USA.

1.2.2. Zur Orientierung am Sternhimmel

(3)

Scheinbare Himmelskugel, Sternbilder als Orientierungshilfe in Vergangenheit und Gegenwart.

Einige Sternbilder des September-/Oktoberhimmels: Großer Wagen

(Großer Bär), Kleiner Wagen (Kleiner Bär mit Polarstern), Sommerdreieck, Cassiopeia; Hauptsterne des Sommerdreiecks.

Aufsuchen auf der Sternkarte „Nördlicher Sternhimmel“.

Drehbare Schülersternkarte.

Horizontsystem:

Azimet und Höhe und deren Zählweise; Abhängigkeit beider Koordinaten von Ort und Zeit.

Bestimmen von Horizontkoordinaten für einige Sterne mit Hilfe der drehbaren Sternkarte.

Demonstration des Prinzips einer Positionsbestimmung mittels Winkelmeßgerät.

Rotierendes Äquatorsystem:

Äquator und Pole der Himmelskugel im Vergleich mit denen der Erde.

Polhöhe gleich geographischer Breite. Messung der Polhöhe als die einfachste Methode der geographischen Breitenbestimmung bei der Navigation.

Rektaszension und Deklination im Vergleich mit geographischer Länge und Breite; ihre Zählweise.

Frühlingspunkt als natürlicher Nullpunkt für die Rektaszensionszählung.

Aufsuchen von Objekten auf der Sternkarte nach gegebenen Koordinaten.

Bestimmen der Äquatorkoordinaten einiger Sterne nach der drehbaren Schülersternkarte und Vergleichen der Werte mit den Angaben einer Tabelle ausgewählter Sterne im Lehrbuch.

Zur Information: Möglichkeit der Umrechnung vom Horizontsystem in das Äquatorsystem unter Einbeziehung der Beobachtungszeit.

Begriffe:

Erdbahn: Kreisähnliche Ellipse mit einer großen Halbachse von $149,6 \cdot 10^6 \text{ km} = 1 \text{ AE}$.

Azimet: Astronomische Richtungsangabe. Zählung beginnend mit 0° im Süden, über West-Nord-Ost bis 360° entlang des Horizontes.

Höhe: Vertikalwinkel zwischen Horizont und Stern. Zählung 0° (Horizont) bis 90° (Zenit).

Zenit: Scheitelpunkt; senkrecht über dem Beobachter liegender Punkt am Himmel.

Rektaszension: Winkelabstand eines Gestirns vom Frühlingspunkt entlang des Himmelsäquators (entspricht im Gradnetz der Erde der geographischen Länge). Zählung im Zeitmaß von 0 bis 24 Stunden.

Frühlingspunkt: Ort auf dem Himmelsäquator, an dem die Sonne scheinbar zu Frühlingsanfang steht. Beginn der Rektaszensionszählung.

Deklination: Abstand eines Gestirns vom Himmelsäquator (entspricht im Gradnetz der Erde der geographischen Breite). Zählung vom Himmelsäquator (0°) zum Himmelsnordpol ($+90^\circ$) beziehungsweise -südpol (-90°).

Zirkumpolarsterne: Sterne, die infolge ihres geringen Winkelabstandes vom Himmelspol stets über dem Horizont bleiben; abhängig von der geographischen Breite des Beobachtungsortes.

Merkmale:

Mittlerer Erdradius $r = 6370 \text{ km}$

Erdumlauf 1 Jahr, etwa 365,24 d

1.3. Der Erdmond²

3 Stunden

Die Schüler sollen den Mond als natürlichen Begleiter der Erde kennenlernen, mit der er einen Doppelplaneten bildet. Er ist als Beispiel für alle übrigen Monde zu behandeln.

Bei der Erarbeitung der Mondbewegungen ist an die Erkenntnisse aus der Stoffeinheit 1.2. anzuknüpfen: Den sichtbaren Bewegungen (Mond um die Erde; immer gleiche Seite der Erde zugewandt) sind die wirklichen (Mond und Erde um gemeinsamen Masseschwerpunkt; gebundene Rotation) gegenüberzustellen. Die Bahn des Mondes als gestörte Ellipse um die Sonne ist aus seiner Bewegung im Gravitationsfeld der Sonne und der Planeten, besonders der Erde, zu erklären.

Schwerpunkte bilden die Phasen und Finsternisse sowie die Physik des Mondes.

Die Schüler müssen erkennen, daß die Gravitation des Mondes einen realen Einfluß auf die Erde ausübt, jedoch Aussagen über die Abhängigkeit des Wetters von den Mondphasen in den Bereich des Aberglaubens gehören.

Den Schülern sind Unterschiede des Reliefs des Mondes im Vergleich mit dem der Erde bewußt zu machen, und auch die andersartigen physikalischen Verhältnisse auf dem Mond sind im ständigen Vergleich mit denen auf der Erde zu erklären.

Bei der Behandlung von 1.3.3. „Entwicklung unseres Wissens über den Mond“ ist die führende Rolle der sowjetischen Astronautik herauszuarbeiten; die Schüler sollen besonders die wissenschaftlichen Leistungen und die Zielstrebigkeit der sowjetischen Forschung erkennen. Auf den Beginn der unmittelbaren Erforschung des Mondes durch die Menschen

² Durchzuführende Beobachtungen und Messungen siehe unter 3.1.!

ist hinzuweisen. Durch Hinweis darauf, daß alle zur Landung auf einem anderen Himmelskörper bestimmten Raumflugkörper sorgfältig sterilisiert werden, ist die hohe Verantwortung zu zeigen, die die Wissenschaftler für die Sicherung einwandfreier Erkenntnisse übernehmen müssen. Die Initiative der Sowjetunion zum Abschluß von Verträgen über die ausschließlich friedliche Nutzung des Mondes und des Weltraumes sind zu würdigen.

Die Schüler sind zu befähigen, den Wechsel der Mondphasen als Folge der Beleuchtung durch die Sonne und der Bewegung zu erfassen.

Bei der Erarbeitung dieser Stoffeinheit können aus dem Physikunterricht als weitere Vorkenntnisse genutzt werden:

Reflexion, Mondphasen und -finsternisse (Klasse 6) und Fallbeschleunigung (Klasse 9).

1.3.1. Der Mond als Begleiter der Erde

Definition des Begriffs „Mond“.

Mittlere Entfernung Erde – Mond.

Sichtbare und wirkliche Bewegungen des Mondes.

Zur Information: Form der Mondbahn, ihre Neigung gegen die Erdbahn; die Drehung der Knotenlinie.

Reflexion des Sonnenlichtes durch den Mond (W); Wechsel der Mondphasen durch die Veränderung des Winkels Sonne – Erde – Mond.

Demonstration der Entstehung der Mondphasen am Tellurium.

Zur Information: Synodischer Monat als Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden gleichen Phasen (Umlauf $> 360^\circ$) in Gegenüberstellung zum siderischen Monat als der Umlaufzeit, bezogen auf einen Stern (Umlauf = 360°).

Entstehung und Arten der Finsternisse (W).

Zur Information: Unterschiedliche Bedingungen für die Sichtbarkeit der Sonnen- und Mondfinsternisse.

1.3.2. Zur Physik des Mondes

Zur Information: Durchmesser und Masse des Mondes.

Bestimmen des scheinbaren Monddurchmessers mittels Lineal.

Gravitationswirkung (Gezeiten) als nachweisbarer Einfluß des Mondes auf die Erde; Widerlegung abergläubischer Vorstellungen über den Einfluß des Phasenwechsels auf das Wettergeschehen.

Oberfläche des Mondes: „Meere“, Wallebenen, Ringgebirge und Krater; Rillen; Strahlensysteme.

Physikalische Verhältnisse auf dem Mond: Keine Atmosphäre (kein Schall, kein Streulicht, kein Wetter); Temperaturen zwischen -120°C und $+130^\circ\text{C}$; geringere Gravitationskraft und Fallbeschleunigung als auf der Erde durch geringere Masse des Mondes.

1.3.3. Die Entwicklung unserer Kenntnisse über den Mond

Unkenntnis über die Natur des Mondes bis GALILEI. —

Erste Fernrohrbeobachtung durch GALILEI: Gebirge, Krater, „Meere“. — Photographien, gewonnen mit den größten Teleskopen der Welt: Objekte bis 100 m Ausdehnung erkennbar.

Astronautische Erforschung des Mondes

Auswerten einer Lehrbuchtabelle über die wichtigsten astronautischen Ereignisse: Erkennen der Etappen der Erforschung des Mondes und des großen Anteils der planmäßigen entwickelten sowjetischen Astronautik.

Ergebnisse der Mondforschung als Beispiel für den Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Technik und der wissenschaftlichen Erkenntnis.

Verantwortung der Wissenschaftler für die Sicherung einwandfreier Forschungsergebnisse.

Verantwortung der Raumfluggationen für die ausschließlich friedliche Nutzung des Mondes; Kampf der Sowjetunion um den Abschluß entsprechender internationaler Verträge.

Diskutieren der Bahn eines Flugkörpers zum Mond und zurück.

Begriffe:

Mond: Kugelähnlicher Himmelskörper, der sich um einen Planeten bewegt und dabei Licht der Sonne reflektiert.

Mondphase: Von der Erde aus sichtbarer Teil der beleuchteten Seite des Mondes, abhängig vom Winkel Sonne — Erde — Mond.

Merkmale:

Monddurchmesser	etwa $\frac{1}{4}$ Erddurchmesser
Mittlere Mondentfernung	$r = 3,84 \cdot 10^5$ km
Synodischer Monat	etwa 29,5 d

1.4. Das Planetensystem³

6 Stunden

In dieser Stoffeinheit sollen die Schüler erstmalig Körper kennenlernen, die sie nur mit dem Fernrohr als flächenhafte Gebilde sehen können.

Bei der Planetenbewegung sollen die Schüler die Dialektik von Wesen und Erscheinung am Beispiel der Bewegungen erneut bestätigt finden.

³ Durchzuführende Beobachtungen siehe unter 3.2.!

Es ist ihnen zu zeigen, daß alle Vorgänge im Planetensystem gesetzmäßig ablaufen und deshalb erkennbar sind.

Am Beispiel des Kampfes bedeutender Gelehrter des Mittelalters um den Fortschritt der astronomischen Erkenntnis ist das Wissen aus dem Geschichtsunterricht zu aktivieren, daß sich alles Neue, Fortschrittliche, nur im Kampf gegen das Alte, Überholte, durchsetzen läßt. Die Schüler sollen erkennen, wie die herrschende Klasse versuchte, den Fortschritt derjenigen Wissenschaftler zu hemmen, deren Erkenntnisse in der Lage waren, die ideologischen Grundlagen ihrer Macht zu erschüttern.

Die Keplerschen Gesetze und die Wirkung des Newtonschen Gravitationsgesetzes sind bei den Körpern des Planetensystems nachzuweisen; ihre Allgemeingültigkeit im Planetensystem ist herauszuarbeiten.

Beim Erweitern der Vorstellungen über Aufbau und Größe des Planetensystems ist den Schülern der gegenwärtige Zustand als eine Phase der Entwicklung der Planeten zu erläutern. Auf die unterschiedlichen Hypothesen über die Entstehung und die Entwicklung der Planeten ist hinzuweisen; mit den Hypothesen selbst sind die Schüler nicht bekanntzumachen.

Die Planeten sind nach ihren Zustandsgrößen zu vergleichen, und am Beispiel der Planetenatmosphären ist das Gravitationsgesetz in neuen Zusammenhängen zu wiederholen.

Den Schülern ist die Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen der Stoffe und physikalischen Felder im Planetensystem bewußtzumachen. Es ist zu erläutern, daß im Planetensystem auch Untersysteme existieren.

Nachdem die astronomischen Ergebnisse der Raumforschung bei den jeweiligen Objekten dargelegt wurden, ist in einer Stunde die Problematik dieser astronomisch-technischen Forschungsmethode zu erfassen. Technische Einzelheiten sollten dabei nicht im Mittelpunkt stehen.

Besondere Beachtung ist der Rolle der sowjetischen Raumforschung zu widmen; deshalb ist eine weitere Stunde, deren zeitliche Ansetzung dem Lehrer überlassen bleibt, einem aktuellen Beispiel systematischer Erforschung des Mondes oder eines Planeten vorbehalten. Das Ringen der Sowjetunion um die Sicherung des friedlichen Charakters der Raumfahrt ist zu würdigen.

Die Diskussion der Bahn eines Raumflugkörpers und die Auswertung der Tabelle über die Zustandsgrößen der Planeten dienen der Entwicklung der Fähigkeit, bekannte Gesetzmäßigkeiten in neuen Zusammenhängen anzuwenden.

Durch die Berechnung der Planetenentfernung nach dem dritten Keplerschen Gesetz sollen die Schüler erkennen, daß die Mathematik Tatsachen erschließen hilft, die der direkten Messung nicht zugänglich sind.

Die Auswertung einer Skizze über die Sichtbarkeitsbedingungen für die

Planeten Venus und Mars soll die praktische Beobachtung vorbereiten helfen.

Als weitere Vorkenntnisse können genutzt werden
aus dem Physikunterricht: Eigenbeweglichkeit der Teilchen und die Kräfte zwischen ihnen (Klassen 6 und 8), Einfluß der Temperatur auf die Teilchenbewegung (Klasse 8), erstes und zweites Keplersches Gesetz und Gesetzmäßigkeiten beim Raketenstart (Klasse 9);
aus dem Mathematikunterricht: die Verhältnismessung (Klassen 6 und 7);
aus dem Geschichtsunterricht: die Kämpfe der Wissenschaftler des Hoch- und Spätmittelalters um die Befreiung von der kirchlichen Bevormundung (Klasse 6), Errungenschaften der Zeit der großen Entdeckungen und Erfindungen (Klasse 7).
Die Protokollführung ist den Schülern aus den Fächern Physik, Chemie und Biologie vertraut.

1.4.1. Die Planetenbewegungen und das Planetensystem (2)

Sichtbare Bewegung der Planeten relativ zu den Sternen; Begriff „Planet“.

Erscheinung der Rückläufigkeit; ihre geozentrische Erklärung bis ins Mittelalter.

Erkenntnis des KOPERNIKUS: Das „neue Weltsystem“ als neues Bezugssystem für die Erklärung der Bewegungen.

Entstehung der Rückläufigkeit als Erscheinung durch die unterschiedliche Winkelgeschwindigkeit der Planeten beim Umlauf um die Sonne.

Kampf um das heliozentrische Weltsystem (BRUNO; GALILEI; BRAHE/KEPLER) als Teil der ideologischen Auseinandersetzungen im Mittelalter.

Keplersche Gesetze der Planetenbewegung und Newtonsches Gravitationsgesetz (W).

Berechnen der Entfernung eines Planeten nach dem dritten Keplerschen Gesetz.

Aufbau und Größe des Planetensystems entsprechend unserem gegenwärtigen Wissen; Name und Reihenfolge der Planeten. Hinweis auf die Sonne als Gravitationszentrum.

Diskutieren eines maßstäblichen Modells der Entfernungen im Planetensystem.

Gegenwärtiger Zustand der Planeten als Entwicklungsphase; Beispiele für Veränderungen.

Zur Information: Existenz einer Reihe sehr unterschiedlicher Hypothesen zur Planetenentstehung.

Vorbereitung der Planetenbeobachtung:

Sichtbarkeitsbedingungen des zu beobachtenden Planeten.

Auswerten einer Lehrbuchskizze über die Sichtbarkeitsbedingungen der Planeten Venus und Mars.

1.4.2. Zur Physik der Planeten

Zustandsgrößen der Planeten

Auswerten einer Tabelle: Radius-, Masse-, Dichtevergleich; Unterscheiden der Planeten nach Erd- und Jupiterähnlichkeit und Erkennen der Abhängigkeit der Abplattung von Rotationsgeschwindigkeit und Dichte der Planeten.

Planetenatmosphären an den Beispielen Erde, Mars, Jupiter. Beeinflussung ihres Aufbaus durch die Masse des Planeten und die von der Sonne empfangene Strahlungsenergie.

Ergebnisse der Astronautik bei der Erforschung der Planeten.

Auswerten aktueller Meldungen.

Zur Information: Die Saturnringe; die Planetenmonde am Beispiel des Jupitersystems.

Bereich des Planetensystems, in dem Leben möglich ist.

1.4.3. Natürliche Kleinkörper im Planetensystem (Untersysteme)

Zur Information: Planetoiden (gegenwärtig bekannte Anzahl, Größe, Bahnen).

Kometen: Kopf, Koma, Schweif; Bahnen.

Vergleichen der Koma mit den Planetenatmosphären.

Vergleichen der Kometen- mit den Planetenbahnen.

Meteorite: Stein- und Eisenmeteorite.

Entstehung des Meteors („Sternschnuppe“) beim Eindringen in die Atmosphäre.

Zur Information: Meteorströme.

Staub und Gas im interplanetaren Raum, „Sonnenwind“; magnetische und Gravitationsfelder.

Zusammenhang zwischen Durchmesser und Anzahl der Körper im Planetensystem.

Einordnen der Untersysteme in das Planetensystem.

Erscheinungsformen der Stoffe und physikalischen Felder im Planetensystem.

1.4.4. Künstliche Kleinkörper im Planetensystem

(2)

Wichtige Etappen der Raumfahrt:

K. E. Ziolkowski als „Vater der Raumfahrt“;

Sputnik I als erster Schritt ins Weltall und Übergang der Astronomie ins Stadium der experimentellen Forschung.

Auswerten einer Lehrbuchtafel über wichtige Ersterfolge der Raumforschung: Erkennen der führenden Rolle der sowjetischen Astronautik.

Überblick über einige wichtige Aufgaben der Astronautik:

Vermessung des Erdkörpers — Erforschung des erdnahen Raumes — Wetterbeobachtung und Nachrichtenübermittlung — Erprobung technischer Systeme aller Art — Erforschung anderer Himmelskörper.

Diskutieren der Bahn eines Raumflugkörpers in Verbindung mit seinen wissenschaftlichen Aufgaben (aktuelles Beispiel).

Zur Information: Gegenwärtige Reichweite des bemannten Fluges; Möglichkeit und Sinn eines Verlassens des Planetensystems.

Raumfahrt als politisches und ökonomisches Problem:

Bemühungen der Sowjetunion um die Sicherung des friedlichen Charakters der Raumfahrt.

Zusammenarbeit der Länder der sozialistischen Staatengemeinschaft in der Astronautik (wissenschaftlich, technisch, ökonomisch).

Erörterung eines aktuellen Beispiels systematischer Erforschung des Mondes oder eines Planeten durch die Sowjetunion.

Begriffe:

Planet: Kugelähnlicher Himmelskörper, der einen Stern umläuft und dessen Licht reflektiert.

Planetoid: Kleiner Planet, Durchmesser meist unter 100 km.

Komet: Himmelskörper auf stark exzentrischer Bahn um die Sonne (Kern; Bildung von Koma und Schweif in Sonnennähe).

Meteor: Leuchterscheinung, die ein Meteorit beim Eindringen in die Erdatmosphäre hervorruft.

Merkzahlen:

Sputnik 1 1957

Erster bemannter Raumflug
(GAGARIN) 1961

1.5. Die Entwicklung der Vorstellungen über das Planetensystem (Systematisierung)

1 Stunde

Am bisher behandelten Stoff ist den Schülern in dieser Stunde bewußt-zumachen, wie sich die wissenschaftlichen astronomischen Erkenntnisse in Abhängigkeit von den gesellschaftlichen Verhältnissen, den praktischen Bedürfnissen der Gesellschaft sowie dem Stand anderer Wissenschaften und der Technik entwickelten.

Die Schüler sollen den Weg der gesellschaftlichen Erkenntnis von der Erscheinung zum Wesen des Planetensystems am Beispiel wichtiger Etappen der Entwicklung der astronomischen Wissenschaft verfolgen.

Sie sollen erkennen, daß die primitiven Vorstellungen vom Weltall und von der Scheibengestalt der Erde im Altertum auf einer falschen Deutung der Erscheinungen beruhten.

Es ist weiter zu zeigen, daß die Auffassung der griechischen Naturphilosophen von einer kugelförmigen Erde als Mittelpunkt der Welt demgegenüber bereits ein bedeutender Fortschritt in der Erkenntnisgewinnung war.

Die Schüler sollen Kenntnisse aus dem Astronomieunterricht mit ihrem Wissen aus dem Geschichtsunterricht verknüpfen. Die Systematisierung muß zugleich zu einer ersten Verallgemeinerung über die Entwicklung des Wissens über das Weltall führen.

Folgende Vorkenntnisse können genutzt werden

aus dem Geschichtsunterricht: die ersten Wissenschaften (Klasse 5), die frühmittelalterliche Kultur und die Rolle der Kirche in West- und Mitteleuropa, die Weiterentwicklung der Kultur im Hochmittelalter sowie Weltanschauung und Kunst des deutschen Bürgertums (Klasse 6) und das Zeitalter der großen Entdeckungen (Klasse 7);

aus dem Physikunterricht: Fakten über Leben und Wirken GALILEI'S.

Aus beiden Fächern wissen die Schüler, daß sich alles Neue nur im Kampf gegen das Überholte durchsetzen läßt.

1.5.1. Entwicklung der astronomischen Erkenntnis bis KOPERNIKUS

Mensch des Altertums im Mittelpunkt der ihn umgebenden Welt;
Erde als Scheibe; Himmelskuppel.

Astronomische Beobachtungen als Grundlage des Kalenders. Mystische und religiöse Deutungen der Erscheinungen im Interesse der herrschenden Klasse.

Bedürfnisse der Seefahrt und Eingang der Mathematik in die Astronomie als Voraussetzungen für die Entwicklung der neuen Erkenntnisse durch die griechischen Naturphilosophen.

Weltsystem des PTOLEMÄUS.

Aufgreifen der heliozentrischen Weltvorstellung durch KOPERNIKUS.

1.5.2. Weiterentwicklung der kopernikanischen Auffassung

Einbeziehung physikalischer Methoden und Erkenntnisse als Voraussetzung der Entwicklung der Astronomie zur modernen Naturwissenschaft.

KEPLER: Errechnung der Ellipsenbahn der Planetenbahnen.

Keplersche Gesetze als Beweise für die Richtigkeit der heliozentrischen Auffassung.

GALILEI: Einführung des Fernrohres in die Astronomie; Beginn einer neuen Qualität der astronomischen Forschung.

NEWTON: Physikalische Begründung für das heliozentrische Weltbild durch das Gravitationsgesetz.

Entdeckung des Planeten Neptun als Beweis der Möglichkeit der Erkenntnisgewinnung auf mathematisch-physikalischer Basis.

Jede neue Erkenntnis über das Planetensystem als Berichtigung, Präzisierung oder Erweiterung des bisherigen Wissens.

Merkzahlen:

KOPERNIKUS	um 1500
KEPLER und GALILEI	um 1600
NEWTON	um 1700

2. Astrophysik und Stellarastronomie

12 Stunden

2.1. Die Sonne

3 Stunden

Die Sonne ist als ein Stern unter vielen gleichartigen und ähnlichen zu betrachten, für den aber infolge seiner geringen Entfernung von der Erde besonders gute Beobachtungsmöglichkeiten bestehen.

Die Schüler sollen die wichtigsten Zustandsgrößen der Sonne kennenlernen. Es ist zu zeigen, wie die Werte aus Beobachtungen und theoretischen Überlegungen gewonnen werden.

Schwerpunkt ist die Behandlung der wichtigsten Aktivitätserscheinungen in den verschiedenen Schichten. Dabei darf der Begriff „Aktivität“ nicht auf Sonnenflecken eingeeengt werden. Der Zusammenhang zwischen den Erscheinungen in der Sonnenatmosphäre und den Vorgängen im Sonneninneren ist bei den Sonnenflecken zu erwähnen.

Durch die Berechnung der Leuchtkraft und Dichte der Sonne sollen sich die Schüler überzeugen, daß es möglich ist, auch solche Körper messend und rechnend zu erforschen, die nicht unmittelbar zugänglich sind.

Die Energiefreisetzung in der Sonne ist, ausgehend vom Aufbau des Sonnenkörpers, zu erarbeiten. Dabei ist den Schülern nur die Wasserstoff-Fusion (Proton-Proton-Reaktion) zu erläutern; auf die Existenz weiterer,

komplizierterer Kernprozesse zum Aufbau schwererer Elemente ist nur hinzuweisen.

Auf die Veränderung der Sonne durch Energieumwandlung und Strahlung ist einzugehen.

Solar-terrestrische Wirkungen sind den Schülern in Auswahl darzustellen sie müssen erkennen, daß es sich um natürliche, gesetzmäßige Vorgänge handelt.

Die Schüler sind zu befähigen, einige Zustandsgrößen selbst zu errechnen. Bei bestimmten Vorgängen in der Erdatmosphäre sollen sie die Wirkung solarer Erscheinungen erkennen und erklären können.

Als weitere Vorkenntnisse können genutzt werden aus dem Chemieunterricht: der Übergang von der Atombindung zur Ionenbeziehung (Klasse 8);

aus dem Physikunterricht: der Aufbau des Atoms und das Atommodell, Licht- und Wärmeausbreitung (Klasse 6), Energieerhaltung und -umwandlung (Klassen 7 bis 9), Ionisation (Klasse 9), erweiterte und systematisierte Kenntnisse aus der Kernphysik (Klasse 10).

2.1.1. Die Sonne und ihre Aktivität

Sonne als nächster Stern; Begriff „Stern“.

Oberflächentemperatur, Radius, Masse.

Vergleichen von Radius und Masse mit den entsprechenden Angaben für die Erde.

Sonne als Gravitationszentrum des Planetensystems.

Photosphäre als Strahlung aussendende „Oberfläche“; Granulation.

Flecken als Erscheinungsform eines Aktivitätszentrums (Magnetfelder, Temperatur, Lebensdauer).

Annähernde Feststellung der Sonnenrotation durch Beobachtung der Sonnenflecken. Chromosphäre, eine Schicht der Sonnenatmosphäre.

Protuberanzen als Gasausbrüche, die oft in Richtung der magnetischen Feldlinien auftreten.

Sonnenkorona; Reichweite und Formveränderungen im Laufe des Aktivitätszyklus.

Sonnenaktivität: Überblick über ihre Erscheinungen; Periodizität.

Auswerten einer tabellarischen Übersicht über die Erscheinungen der Sonnenaktivität.

2.1.2. Die Strahlung der Sonne

Zur Information: Solarkonstante

Leuchtkraft.

Errechnen der Strahlungsleistung (Leuchtkraft) der Sonne.

Strahlungsarten der Sonne.

Masseverlust der Sonne durch die Strahlung als Beispiel für ständige Veränderung der Himmelskörper.

Solar-terrestrische Beziehungen:

Gravitationswirkungen;

Auswirkungen der solaren Strahlung auf die Erde und ihre Atmosphäre (Energiezuführung; wichtige Voraussetzung für das Leben auf der Erde; Polarlichter und Veränderung der Form des magnetischen Feldes der Erde unter dem Einfluß des „Sonnenwindes“; Veränderungen in der Ionosphäre und Funkstörungen) als Beispiel für Zusammenhänge im Weltall.

2.1.3. Chemie und Energiehaushalt der Sonne

Sonnenspektrum: Kontinuierliches Spektrum mit Absorptionslinien. Aussage der Absorptionslinien über die chemische Zusammensetzung der äußeren Schichten der Sonne.

Innerer Aufbau des Sonnenkörpers; Dichte- und Temperaturzunahme nach innen.

Berechnen der mittleren Dichte der Sonne.

Energiehaushalt der Sonne: Energiefreisetzung durch Kernfusion des Wasserstoffs zu Helium.

Reaktionsformel für den Ablauf der Proton-Proton-Reaktion.

Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Sonne als Folge der Kernfusion; Hinweis auf andere Kernreaktionen zum Aufbau schwerer Elemente.

Begriffe:

Stern: Selbstleuchtende Gaskugel hoher Temperatur.

Photosphäre, Chromosphäre: Schichten der Sonnenatmosphäre.

Korona: In den Raum übergewandter äußerer Teil der Sonnenatmosphäre. Sonnenaktivität: Gesamtheit der kurzzeitigen Veränderungen auf der Sonnenoberfläche und in ihrer Atmosphäre.

Sonnenfleck: Einzeln oder in Gruppen auftretendes Störgebiet der Photosphäre; Erscheinungsform eines Aktivitätszentrums.

Protuberanz: Gasausbruch in der Chromosphäre.

Leuchtkraft: Strahlungsleistung eines Sterns.

Korpuskularstrahlung: Teilchenstrahlung („Sonnenwind“).

Merkmale:

Sonnendurchmesser	etwa 109 Erddurchmesser
Photosphärentemperatur	etwa 6000 °K
Aktivitätsperiode	2 - 11 Jahre

Hinweise

Kenntnisse über das Spektrum des sichtbaren Lichts sind noch nicht vorhanden; sie sind als Vorleistungen für das Fach Physik zu erarbeiten (Abstimmung mit Physiklehrer!).

Die Schüler sind ausdrücklich darauf hinzuweisen, daß sie nie mit ungeschützten Augen in die Sonne sehen dürfen und Sonnenbrillen kein ausreichender Augenschutz für eine Sonnenbeobachtung sind! Den Schülern ist zu erklären, wie die Augen zuverlässig geschützt werden können.

Als fakultative außerschulische Veranstaltung wird – eventuell in Verbindung mit dem Besuch einer Sternwarte – eine Sonnenbeobachtung empfohlen, die auf Randverdunkelung und Sonnenflecken orientiert sein sollte.

2.2. Die Sterne⁴

5 Stunden

In der Sternphysik ist der am Beispiel Sonne erarbeitete Begriff „Stern“ in seiner Vielfalt zu untersuchen. Die Schüler sollen lernen, daß durch geeignete Untersuchungsmethoden aus Richtung, Quantität und Qualität der Strahlung eine große Zahl von Informationen zu erhalten ist.

Die Entfernungsbestimmung als wesentliche Vorarbeit zum Erkennen des physikalischen Zustandes eines Sterns ist mit zwei Verfahren unterschiedlicher Reichweite zu behandeln: die jährliche trigonometrische Parallaxe als voraussetzungsfreie Methode am Anfang, die photometrische Entfernungsbestimmung erst nach der Einführung des Helligkeitsbegriffs „Größenklasse“.

Die Schüler sollen erkennen, daß scheinbare Helligkeit und Entfernung die Bestimmung der absoluten Helligkeit und damit der Leuchtkraft gestatten und wie Spektralklasse, Temperatur, Radius und Masse zu bestimmen sind. Dabei sind die notwendigen Gleichungen nicht herzuleiten. Es ist nur zu zeigen, daß die Rechnung durchführbar ist und sich die Astronomie exakter Arbeitsmethoden bedient. Bei der Massebestimmung ist herauszuarbeiten, daß das Verfahren nur auf Grund der Gültigkeit des Gravitationsgesetzes im gesamten Weltraum möglich ist.

Anhand des Hertzsprung-Russell-Diagramms (HRD) sind den Schülern Einsichten über den Zusammenhang der Vorgänge und Erscheinungen im Weltraum zu vermitteln.

Sterne mit veränderlichen Zustandsgrößen sind als Objekte in besonderen Entwicklungsphasen zu charakterisieren: die Nutzung der Periode-Leuchtkraft-Beziehung für Entfernungsbestimmungen bis in Gebiete außerhalb unseres Milchstraßensystems ist zu erwähnen. Ausgehend von einer Wiederholung über die Energiefreisetzung der Sonne, sollen die Schüler erfahren, daß gleiche und ähnliche gesetzmäßige Prozesse in nahezu allen Sternen ablaufen. Damit sollen sie erste kosmogonische Ein-

⁴ Durchzuführende Beobachtungen siehe unter 3.2.!

sichten gewinnen. Durch die Behandlung des Weges der Sternentwicklung mit Hilfe des Hertzsprung-Russell-Diagramms sind diese Erkenntnisse zu festigen und zu vertiefen.

Die Schüler sollen befähigt werden, verschiedene Zustandsgrößen aus anderen abzuleiten und das Hertzsprung-Russell-Diagramm in seinen wichtigsten Zusammenhängen und Aussagen zu interpretieren. Außerdem müssen sie ihre Kenntnisse über die Sonne in die sternphysikalischen Erörterungen einordnen können.

Als weitere Vorkenntnisse aus dem Physikunterricht können genutzt werden: der Druck in Flüssigkeiten und Gasen, das ideale Gas und seine Zustandsgrößen (Klassen 7 und 8) sowie Schwingungen und Wellen (Klasse 10). Die Spektren werden gleichlaufend mit der Unterrichtseinheit 2.2.2. im Physikunterricht behandelt.

2.2.1. Entfernungsbestimmungen

Trigonometrische Entfernungsbestimmungen für Himmelskörper bis 25 pc: Der parallaktische Winkel und seine Veränderung mit zunehmender Entfernung. Das Parsek als Entfernungsmaß.

Berechnen einer Sternentfernung nach gegebenem parallaktischem Winkel.

Helligkeit der Sterne:

Scheinbare Helligkeit; ihre Abhängigkeit von Leuchtkraft und Entfernung. Einteilung der Sterne in Größenklassen.

Absolute Helligkeit; Bezugsentfernung 10 pc.

Zur Information: Photometrische Entfernungsbestimmung für Sterne in größerer Entfernung. $m - M$ als Entfernungsmodul zur direkten Entnahme der Entfernung aus einer Tabelle oder Kurve. Berechnung der absoluten Helligkeit und der Entfernung nach der Formel für je einen Stern.

Laufzeit des Lichts als weitere Möglichkeit der Entfernungsangabe; das Lichtjahr.

Entfernungsvergleich Sonne – nächster Stern (Proxima Centauri).

2.2.2. Ausgewählte Zustandsgrößen der Sterne (3)

Temperatur als Zustandsgröße; Bestimmung der Temperatur aus der Sternfarbe; Streubereich der Sterntemperaturen.

Spektralklasse als Zustandsgröße, gekennzeichnet durch Absorptionslinien und Intensitätsverteilung im Spektrum.

Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) als Zustandsdiagramm; Verteilung der Sterne im HRD; Leuchtkraftklassen.

Erarbeiten des Zusammenhangs zwischen Temperatur, Sternfarbe und Spektralklasse anhand des HRD und einer graphischen Darstellung im Lehrbuch.

Einordnen von Sternen nach gegebenen Werten in das HRD.

Radius als Zustandsgröße; Radiusbestimmung bei Bedeckungssternen.

Auswerten der Lichtkurve eines Bedeckungsstern anhand einer Darstellung im Lehrbuch.

Masse als Zustandsgröße; Streubereich der Sternmassen.
Masse-Leuchtkraft-Beziehung.

Abnahme von Masse und Radius und Zunahme der Dichte entlang der Hauptreihe des HRD; Veränderung der Dichte mit zunehmender Entfernung von der Hauptreihe.

Charakterisieren eines Sterns im Vergleich zur Sonne nach seiner Stellung im HRD.

Sterne mit periodisch veränderlichen Zustandsgrößen am Beispiel eines Pulsationsveränderlichen.

Zur Information: Möglichkeit einer Entfernungsbestimmung mit Hilfe der Periode-Leuchtkraft-Beziehung; die Bedeutung dieser Methode für die Bestimmung der Entfernung benachbarter Sternsysteme außerhalb unseres Milchstraßensystems.

2.2.3. Die Sternentwicklung (vom Hauptreihenstadium an)

Energiefreisetzung durch den Proton-Proton-Prozeß (W).

Verweilzeit im Hauptreihenstadium in Abhängigkeit von der Masse des Sterns (Gravitationswirkung).

Einordnen der Entwicklung der Sonne.

Übergang zum Riesenstadium durch die Veränderung der Kernreaktionen und des inneren Aufbaus der Sterne.

Mutmaßliche Weiterentwicklung zum Weißen Zwerg.

Einordnen des beobachteten räumlichen Nebeneinanders von Sternen unterschiedlicher Entwicklungsstufen in das richtige zeitliche Nacheinander als Folge immer genauerer Kenntnisse über die Vorgänge im Inneren der Sterne.

Analysieren des Entwicklungsweges eines Sterns nach dem HRD.

Begriffe:

Parallaxe: Winkel, unter dem die Basis Erde-Sonne vom Stern aus erscheint; indirekt proportional der Sternentfernung.

Absolute Helligkeit; Bezeichnung für die scheinbare Helligkeit, die die Sterne in einheitlicher Entfernung von 10 pc hätten.

Spektralklasse: Charakterisierung der Art eines Sternspektrums. Sie kennzeichnet jeweils einen bestimmten Bereich der Temperatur und eine bestimmte Sternfarbe.

Doppelstern: Zwei Sterne, die sich um ihren gemeinsamen Massemittelpunkt bewegen.

Bedeckungsstern: Doppelsternsystem, dessen Bewegungsebene in unserer Blickrichtung liegt, so daß sich die beiden Komponenten periodisch gegenseitig verdecken.

Merkzahlen:

Lichtjahr	etwa 10^{13} km
Parsek	etwa 3,3 Lichtjahre
Sterntemperaturen	etwa 2500 °K ... 50 000 °K
Sternmassen	0,08 ... 50 Sonnenmassen

Hinweis:

Die Größengleichungen für die Entfernungbestimmung (2.2.1.) sind nicht herzuleiten.

2.3. Das Milchstraßensystem und extragalaktische Systeme 2 Stunden

Den Schülern sind Kenntnisse über die interstellaren Stoffe zu vermitteln. Sie müssen erkennen, daß durch die Wirkung der Gravitation aus interstellarem Gas und Staub Sterne entstehen und sich zum Hauptreihenstadium entwickeln. Die Schüler müssen zu der Einsicht gelangen, daß die Entwicklung der Objekte im Universum und die in großen Zeiträumen ablaufenden Prozesse ebenfalls erkennbar sind. Sie müssen begreifen, daß sich im Weltall alles in ununterbrochener Veränderung und Entwicklung befindet und ständig neue Erscheinungsformen entstehen.

Den Schülern sind zunächst einige wichtige Erscheinungsformen der interstellaren Stoffe zu erklären und die Sternentwicklung zu erläutern. Bei der Behandlung des Aufbaus und der Bewegung der Galaxis ist auch die Sonne in die Galaxis einzuordnen.

Die Mannigfaltigkeit der kosmischen Objekte und ihrer Strukturen innerhalb der Galaxis ist in einem Überblick zu systematisieren. Am Beispiel der radioastronomischen Auswertung der 21-cm-Strahlung des neutralen Wasserstoffs und der dadurch bestätigten Spiralstruktur unserer Galaxis ist den Schülern noch einmal eindrucksvoll die Erkennbarkeit der Objekte und Prozesse im Weltall — auch im größten Maßstab — zu erklären.

Die Spiralstruktur ist am Beispiel anderer Galaxien anschaulich zu erläutern.

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.

Als weitere Vorkenntnisse sind aus dem Physikunterricht heranzuziehen: Lichttheorie und Spektren, Vorgänge in der Atomhülle (Klasse 10).

2.3.1. Interstellare Wolken und Sternentstehung

Gas und Staub, jeweils in nichtleuchtender und leuchtender Form: Linienabsorption und Radiostrahlung des nichtleuchtenden Gases (neutraler Wasserstoff).

Ionisation und Leuchtanregung des Wasserstoffs durch intensive ultraviolette Strahlung in der Nähe heißer O- und B-Sterne; Emissionsnebel. Dunkelwolken und Reflexionsnebel als Erscheinungsform des Staubes.

Anfertigen einer schematischen Übersicht über die Erscheinungsformen der interstellaren Stoffe.

Auswerten von Himmelsphotographien: Aufsuchen von Dunkelwolken und hellen Nebeln.

Sternentstehung (Kontraktion einer Wolke interstellaren Gases und Staubes unter der Wirkung der eigenen Gravitation bis zum Übergang ins Sternstadium; dabei Aufheizung bis zum Einsetzen der Kernreaktionen; Erreichen der Hauptreihe).

Zur Information: Sternassoziationen am Beispiel der Orionassoziation als sehr junge, kurzlebige Gebilde des Milchstraßensystems und Beweis für ständig ablaufende Entwicklungsprozesse im Weltraum. Etwa gleichzeitige Entstehung ihrer Mitgliedssterne aus einer großen Wolke interstellaren Gases und Staubes, die sich in mehreren Konzentrationskernen verdichtet.

Aufsuchen der Orionassoziation auf der Spektralkarte des Lehrbuches.

2.3.2. Unsere Galaxis und extragalaktische Systeme

Überblick über die Struktur der Galaxis.

Kern (dichteste Ansammlung von Sternen) —

Scheibe mit Spiralarmen (Konzentration von interstellarem Gas und Staub, Assoziationen und offenen Sternhaufen) —

Halo (Kugelsternhaufen als älteste Mitglieder der Galaxis).

Größe der Galaxis; Bewegung der Sterne und differentielle Rotation des Gesamtsystems; Wirkung der Gravitation.

Bestätigung der Spiralstruktur als Ergebnis radioastronomischer Forschung.

Lage der Sonne in der Galaxis.

Auswerten einer Zeichnung der Galaxis und einer Tabelle mit Maß- und Entfernungsangaben.

Extragalaktische Systeme mit ähnlichem Bau wie unsere Galaxis; andere Formen der Galaxien.

Auswerten mehrerer Abbildungen im Lehrbuch von unterschiedlichen Einzelgalaxien und einem Galaxienhaufen.

Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen kosmischer Stoffe und Systeme in unserer Galaxis.

Größe des gegenwärtig erforschten Raumes und ihre Abhängigkeit vom Entwicklungsstand unserer Beobachtungstechnik und -instrumente; die Unbegrenztheit des Weltalls.

Begriffe:

Emissionsnebel: Leuchtendes interstellares Gas (vorwiegend angeregter Wasserstoff).

Reflexionsnebel: Wolken interstellaren Staubes, an denen Sternenlicht reflektiert wird.

Kontraktion: Zusammenziehen einer Gaswolke oder eines Sterns unter Einfluß der eigenen Gravitation, wobei sich Dichte und Temperatur erhöhen.

Galaxis: Milchstraßensystem.

Extragalaktisches System: Sternsystem außerhalb unserer Milchstraße.

2.4. Zusammenfassender Überblick unter historischem Aspekt

(Systematisierung)

2 Stunden

Diese Stunden dienen sowohl der Abrundung und Vertiefung der Kenntnisse über das Weltall als auch dem Abschluß des gesamten Lehrganges Astronomie. Dabei ist an 1.5. anzuknüpfen.

In der Zusammenfassung ist zu erarbeiten, daß die Entwicklung der Astronomie seit NEWTON zu immer umfassenderen Kenntnissen vom Weltall führte und daß dazu ständig neue Forschungsmethoden und -geräte in den Dienst der Astronomie traten.

Ausgehend von der derzeitigen Auffassung über den Kosmos ist herauszuarbeiten, daß auch unser gegenwärtiges astronomisches Wissen weiterentwickelt werden kann und muß. Die Kenntnisse über die wichtigsten Systeme des Weltalls sind so zusammenzufassen, daß die Schüler erkennen, daß der gesamte Weltraum strukturiert ist.

Das Wissen über den Wirkungsbereich des Gravitationsgesetzes sowie über die Veränderung und Entwicklung im Weltall sind in dieser Stunde zu systematisieren.

Der Hinweis, daß historisch überholte Erkenntnisse notwendige Vorleistungen für neue Forschungsergebnisse waren, ist mit der Information über viele gegenwärtig noch ungelöste Probleme zu verbinden und daraus die Aufgabe zum Weiterforschen und zur Weiterentwicklung der Erkenntnis vom Weltall abzuleiten.

2.4.1. Wichtige Entwicklungsetappen der astronomischen Wissenschaft

Kurzer Überblick über die Entwicklung der Astronomie zur Naturwissenschaft (W).

Weiterentwicklung der Astrometrie durch Einführung neuer Beobachtungsinstrumente und Verfeinerung der Meßmethoden: Erweiterung der

Kenntnisse über das Planetensystem (Uranus, Neptun, Pluto; Untersysteme) und über die räumliche Verteilung der Sterne; Anwachsen der Zahl der beobachtbaren Sterne und extragalaktischen Systeme durch Einführung der Photographie.

Entwicklung der Astrophysik als neue Qualität der astronomischen Forschung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts: Einführung der Spektralanalyse; wachsende Erkenntnisse über Aufbau der Sterne und Vorgänge im Sterninneren einschließlich der Kernprozesse; Erkenntnis der ständigen Entwicklung im Weltall; neue Erkenntnisse über die Struktur unserer Galaxis durch Entdeckung der kosmischen Radiostrahlung (1932) und Einführung der Radioastronomie.

Entwicklung der Astronautik (ab 1957): Eingang der experimentellen Methode in die Astronomie und Übergang zur direkten Erforschung des Planetensystems. Wechselwirkung zwischen Astronomie, Technik und Gesellschaft.

2.4.2. Unsere Vorstellung vom Weltall (Systematisierung)

Struktur des Weltalls nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen. Wahrscheinlichkeit der Existenz von Planetensystemen bei anderen Sternen, zugleich als Möglichkeit der Existenz von Leben in irgendeiner Form und Entwicklungsstufe.

Gravitationsgesetz als Beispiel für Naturgesetze, die überall im beobachtbaren Weltraum wirken und uns helfen, Aufbau und Vorgänge im Weltall zu erkennen.

Ständige Veränderung und Entwicklung im Weltall.

Zur Information: Historisches Werden unserer Erkenntnisse über das Weltall; Notwendigkeit ihrer Weiterentwicklung.

Vorhandensein vieler gegenwärtig noch ungelöster Probleme; Möglichkeit der Lösung dieser Probleme in der Zukunft.

3. Beobachtungen

3 Stunden

Die Beobachtungsabende sind für die Schüler obligatorische Schulveranstaltungen und dienen in erster Linie der Verbindung von Theorie und Praxis und wichtigen Erziehungsaufgaben.

Die Schüler sollen lernen, sich am Sternenhimmel zu orientieren, sich von der scheinbaren Bewegung der Himmelskörper überzeugen und einfache Messungen und Vergleiche durchführen.

Die Beobachtungen ohne Gerät sollen sowohl Hochachtung vor den Leistungen der Gelehrten des Altertums und Mittelalters erzeugen als auch den Schülern die Erkenntnis vermitteln, daß zu astronomischen Beobachtungen nicht unbedingt immer ein großes Fernrohr erforderlich ist.

Die ersten Beobachtungen mit Gerät sollen vor allem das Gefühl der Schüler ansprechen. Sie sollen sich auch im Bereich der Astronomie davon überzeugen, wie die Technik den Menschen neues Wissen erschließen hilft.

Empfehlenswerte weitergehende Beobachtungen bleiben der fakultativen Arbeit vorbehalten, der Besuch einer Volks- oder Schulsternwarte oder eines Planetariums ist zu empfehlen.

Die Beobachtungsabende müssen vor allem dazu beitragen, die Schüler zu bewußt diszipliniertem Verhalten zu erziehen. Formen der gegenseitigen Hilfe und der Gemeinschaftsarbeit sollen gegenüber dem theoretischen Unterricht mehr in den Vordergrund treten.

3.1. Erste Orientierung am Himmel; scheinbare Bewegung des Sternhimmels; Mondbeobachtung

Aufsuchen des Polarsterns sowie der Lage des Meridians und des Himmelsäquators.

Aufsuchen wichtiger Sternbilder des September/Oktobershimmels und Skizzieren der Lage eines auffälligen Sternbildes (möglichst Adler oder Großer Wagen), bezogen auf einen festen Punkt am Horizont, zu Beginn und am Ende der Beobachtungszeit.

Schätzen von Azimut und Höhe bei Deneb, Wega und Atair; Ergebniskontrolle anhand der drehbaren Schülersternkarte und eigener Messungen mittels Winkelmeßgerät.

Messen des scheinbaren Monddurchmessers mittels Lineal.

Betrachten der Mondoberfläche mit bloßem Auge und mittels Fernrohr.

3.2. Weitere Sternbilder; Planeten- und Sternbeobachtung

Aufsuchen bekannter Sternbilder (W), dazu Stier, Fuhrmann und Wintersechseck mit ihren Hauptsternen.

Je nach Sichtbarkeit: Sichelgestalt der Venus *oder* Ringsystem des Saturn *oder* Abplattung und helle Monde des Jupiter. Ordnen der Orionsterne nach ihrer scheinbaren Helligkeit; Feststellen der Sternfarben und Eintragen der Beobachtung in eine Skizze.

Fernrohrbeobachtung: Doppelsternsystem Mizar.

Beobachtung mit bloßem Auge und Fernrohr: offener Sternhaufen (Plejaden).

Hinweis:

Es wird empfohlen, die Beobachtungen in zwei obligatorischen Veranstaltungen durchzuführen.