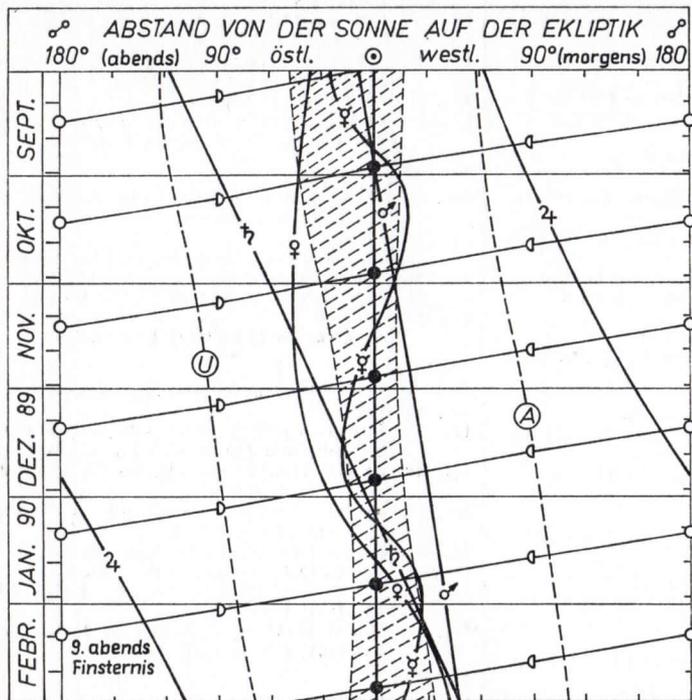


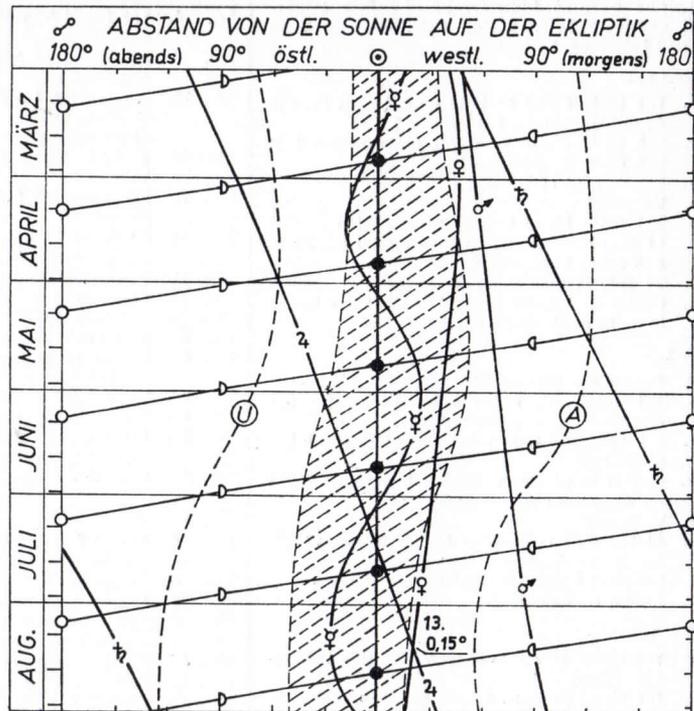
Astronomischer Kalender für das Schuljahr 1989/90



○ Sonne ● D O D Mond ♀ Merkur ♀ Venus
♂ Mars ♃ Jupiter ♄ Saturn ♂ Opposition

////// Dämmerung oder unsichtbar wegen Sonnennähe

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ 26 (1989) 3 – Fortsetzung Rückseite



Linie U: Untergang um Mitternacht

rechts von Linie U: sichtbar abends, Untergang vor Mitternacht
links von Linie U: sichtbar abends, Untergang nach Mitternacht

Linie A: Aufgang um Mitternacht

rechts von Linie A: sichtbar morgens, Aufgang vor Mitternacht
links von Linie A: sichtbar morgens, Aufgang nach Mitternacht
(Mitternacht ist $\approx 0^h$ MEZ bzw. $\approx 1^h$ MESZ)

Karl-Heinz Bücke

Das Sonnensystem 1989/90

Alle Angaben sind für einen Beobachter in Berlin berechnet. Eingeklammerte Zeitangaben sind Sommerzeit (MESZ), alle anderen Mitteleuropäische Zeit (MEZ). **Halbfett gedruckte Termine sind unterrichtsfreie Tage (Sonn- und Feiertage, Ferien).**

September 1989

- So., 3. 19 h (20 h) Mond 5° links unter Venus (in der Abenddämmerung beobachtbar)
Sa., 9. 21 h (22 h) Mond 7° rechts unter Saturn (bis 22 h (23 h) beobachtbar)
Mo., 11. Saturn wird rechtläufig
Fr., 15. Vollmond
Di., 19. 23 h (24 h) Mond bedeckt die Plejaden
Sa., 23. 1 h (2 h) Mond 5° links neben Jupiter (ab 22. 9. 23 h (24 h) beobachtbar)
Sa., 23. 2 h (3 h) Herbstanfang
So., 24. Merkur in unterer Konjunktion mit der Sonne
Fr., 29. Mars in Konjunktion mit der Sonne

Oktober 1989

- Di., 3. Beginn der Morgensichtbarkeit des Merkurs
Di., 3. 18 h Mond 5° rechts unter Venus (in der Abenddämmerung beobachtbar)
Sa., 7. 20 h Mond 6° links unter Saturn (bis 21 h beobachtbar)
Di., 10. Merkur in größter westlicher Elongation (18°; ab 4 h 50 min beobachtbar)
Sa., 14. Vollmond
Fr., 20. 4 h Mond 3° rechts über Jupiter (bis zum Hellwerden beobachtbar)
Sa., 28. Ende der Morgensichtbarkeit des Merkurs
So., 29. Jupiter wird rückläufig

November 1989

- Do., 2. 17 h Mond 3° rechts unter Venus (bis 18 h beobachtbar)
Fr., 3. 18 h Mond 5° unter Saturn (bis 19 h beobachtbar)
Mi., 8. Venus in größter östlicher Elongation (47°; bis 18 h beobachtbar)
Fr., 10. Merkur in oberer Konjunktion mit der Sonne
So., 12. Mond in Erdnähe (357 500 km)
Mo., 13. Vollmond
Mo., 13. 19 h Mond bedeckt die Plejaden
Di., 14. Beginn der Morgensichtbarkeit des Mars
Do., 16. 17 h Venus 4° links unter Saturn (bis 18 h beobachtbar)

- Do., 16. 21 h Mond 5° links unter Jupiter (ab 20 h beobachtbar)
Sa., 25. Mond in Erdferne (406 100 km)

Dezember 1989

- Fr., 1. 17 h Mond 8° rechts unter Venus (bis 18 h beobachtbar)
Sa., 2. 17 h Mond 4° links über Venus (bis 18 h beobachtbar)
So., 10. Bis zum 14. 12. sind zahlreiche Meteore des Geminidenstroms zu erwarten (Maximum am 14. 12. gegen 2 h)
Mo., 11. Mond in Erdnähe (361 300 km)
Di., 12. Vollmond
Mi., 13. 20 h Mond 3° links über Jupiter (ab 18 h beobachtbar)
Do., 14. 6 h Mond 5° links über Jupiter (bis zum Hellwerden beobachtbar)
Mo., 18. Beginn der Abendsichtbarkeit des Merkurs
Di., 19. Ende der Abendsichtbarkeit des Saturns
Do., 21. 22 h Wintersonnenwende
Fr., 22. Mond in Erdferne (405 200 km)
Sa., 23. Merkur in größter östlicher Elongation (20°; bis 17 h beobachtbar)
Mi., 27. Venus wird rückläufig
Mi., 27. Jupiter in Opposition zur Sonne
Sa., 30. 17 h Mond 4° links unter Venus (bis 18 h beobachtbar)
So., 31. Ende der Abendsichtbarkeit des Merkurs

Januar 1990

- Do., 4. In den frühen Morgenstunden sind zahlreiche Meteore des Quadrantidenstroms zu erwarten
So., 6. Saturn in Konjunktion mit der Sonne
Di., 9. Merkur in unterer Konjunktion mit der Sonne
Di., 9. 21 h Mond 4° über Jupiter (vom Dunkelwerden an beobachtbar)
Mi., 10. 6 h Mond 3° über Jupiter (bis 7 h beobachtbar)
Do., 11. Vollmond
Mi., 17. Beginn der Morgensichtbarkeit des Merkurs und Ende der Abendsichtbarkeit der Venus
Do., 18. Venus in unterer Konjunktion mit der Sonne
Fr., 19. Beginn der Morgensichtbarkeit der Venus
Fr., 26. 20 h ringförmige Sonnenfinsternis, in der DDR nicht beobachtbar

Februar 1990

- Do., 1. Merkur in größter westlicher Elongation (25°; ab 6 h 50 min beobachtbar)
Sa., 3. 23 h Mond bedeckt die Plejaden

- So., 4. Beginn der Morgensichtbarkeit des Saturns
Mo., 5. 23 h Mond 5° rechts über Jupiter (vom Dunkelwerden an beobachtbar)
Di., 6. 4 h Mond 3° rechts über Jupiter (bis 5 h beobachtbar)
Di., 6. Ende der Morgensichtbarkeit des Merkurs
Do., 8. Venus wird rechtläufig
Fr., 9. 20 h Vollmond; gleichzeitig totale Mondfinsternis (ab 18 h 30 min beobachtbar)
Sa., 24. Jupiter wird rechtläufig
Di., 27. 6 h Venus, Saturn und Mars in einer Geraden (bis zum Hellwerden beobachtbar)

März 1990

- So., 4. 22 h Mond 8° rechts unter Jupiter (vom Dunkelwerden an beobachtbar)
So., 11. Vollmond
Mo., 19. Merkur in oberer Konjunktion mit der Sonne
Di., 20. 22 h Frühlingsanfang
Do., 29. Beginn der Abendsichtbarkeit des Merkurs
Fr., 30. Venus in größter westlicher Elongation (47°; ab 4 h 40 min (5 h 40 min) beobachtbar)

April 1990

- So., 1. 21 h (22 h) Mond 3° rechts über Jupiter
Di., 10. Vollmond
Fr., 13. Merkur in größter östlicher Elongation (20°; bis 20 h 50 min (21 h 50 min) beobachtbar)
Mi., 18. 4 h (5 h) Mond 3° unter Saturn (bis zum Hellwerden beobachtbar)
Sa., 21. 4 h (5 h) Mond 6° links neben Mars (bis zum Hellwerden beobachtbar)
Mo., 23. Ende der Abendsichtbarkeit des Merkurs
Do., 26. 21 h (22 h) Mond bedeckt die Plejaden
Sa., 28. 22 h (23 h) Mond 8° rechts unter Jupiter (bis 23 h (24 h) beobachtbar)
So., 29. 22 h (23 h) Mond 7° links über Jupiter (bis 23 h (24 h) beobachtbar)

Mai 1990

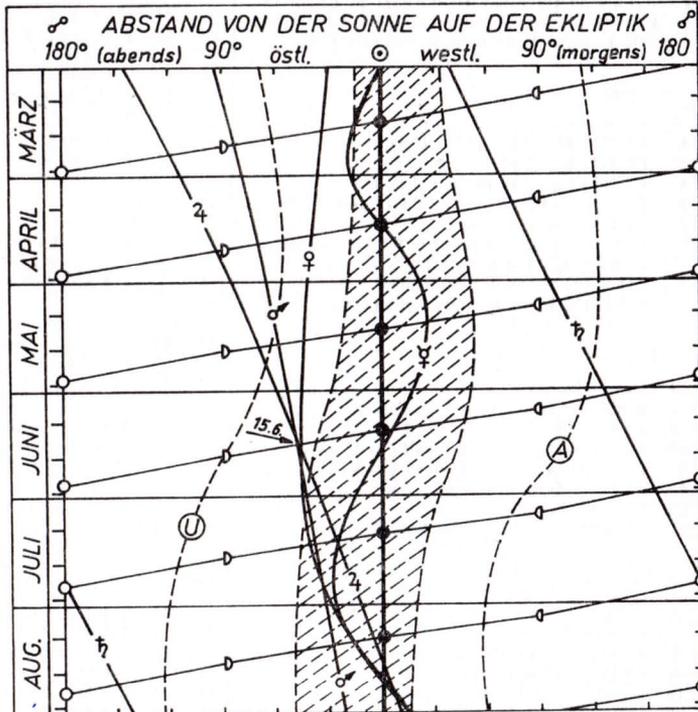
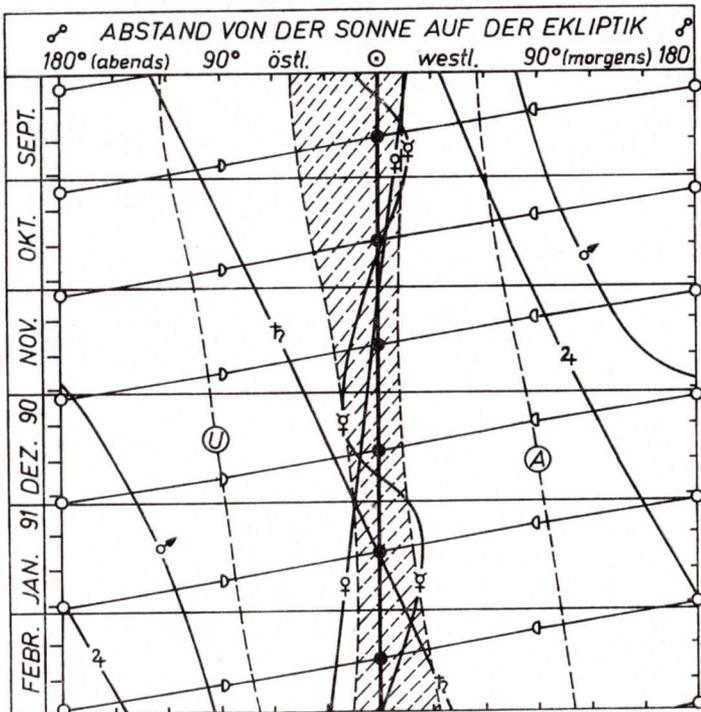
- Fr., 4. Merkur in unterer Konjunktion mit der Sonne
Sa., 5. Saturn wird rückläufig
Mi., 9. Vollmond
Do., 31. Merkur in größter westlicher Elongation (25°; der Planet bleibt unsichtbar)

Juni 1990

- Fr., 8. Vollmond
Di., 19. Ende der Abendsichtbarkeit des Jupiters
Do., 21. 17 h (18 h) Sommersanfang

KLAUS LINDNER

Astronomischer Kalender für das Schuljahr 1990/91



- Sonne ● D O D Mond ♀ Merkur ♀ Venus
- ♂ Mars ♃ Jupiter ♄ Saturn ♂ Opposition

////// Dämmerung oder unsichtbar wegen Sonnennähe
→ besondere Konstellation

Linie U: Untergang um Mitternacht
rechts von Linie U: sichtbar abends, Untergang vor Mitternacht
links von Linie U: sichtbar abends, Untergang nach Mitternacht

Linie A: Aufgang um Mitternacht
rechts von Linie A: sichtbar morgens, Aufgang vor Mitternacht
links von Linie A: sichtbar morgens, Aufgang nach Mitternacht
(Mitternacht ist ≈ 0h MEZ bzw. ≈ 1h MESZ)

Karl-Heinz Bücke

Das Sonnensystem 1990/91

Alle Angaben sind für einen Beobachter in Berlin berechnet. Eingeklammerte Zeitangaben sind **Sommerzeit (MESZ)**, alle anderen **Mitteuropäische Zeit (MEZ)**.

September 1990

- Mi., 5. Vollmond
- Mo., 10. 4 h (5 h) Mond 12° rechts über Mars
- Di., 11. 4 h (5 h) Mond 6° links über Mars
- Sa., 15. 4 h (5 h) Mond 1° rechts neben Jupiter
- Di., 18. Beginn der Morgensichtbarkeit des Merkurs
- So., 23. 8 h (9 h) Herbstanfang
- Mo., 24. Merkur in größter westlicher Elongation (18°; ab 4 h 30 min (5 h 30 min) beobachtbar)
- Do., 27. 20 h (21 h) Mond 7° rechts unter Saturn
- Fr., 28. 20 h (21 h) Mond 6° links neben Saturn

Oktober 1990

- Do., 4. Vollmond
- So., 7. 19 h Mond bedeckt die Plejaden
- Di., 9. 4 h Mond 7° links über Mars
- Mi., 10. Ende der Morgensichtbarkeit des Merkurs
- Sa., 13. Ende der Morgensichtbarkeit der Venus
- Sa., 13. 4 h Mond 5° links unter Jupiter
- Sa., 20. Mars wird rückläufig
- Do., 25. 20 h Mond 2° links unter Saturn

November 1990

- Fr., 2. Vollmond
- So., 4. Mond in Erdnähe (358 600 km)
- Mo., 5. 6 h Mond 3° rechts über Mars
- Fr., 9. 6 h Mond 2° rechts unter Jupiter
- Mo., 19. Mond in Erdferne (406 500 km)
- Di., 20. Mars in Erdnähe
- Do., 22. 18 h Mond 6° links über Saturn
- Di., 27. Mars in Opposition zur Sonne
- Fr., 30. Jupiter wird rückläufig

Dezember 1990

- Sa., 1. 19 h Mond 3° rechts über Mars
- So., 2. Mond in Erdnähe (356 500 km)
- So., 2. Vollmond

- Do., 6. 7 h Mond 6° rechts unter Jupiter
- Mo., 10. Bis zum 14. 12. sind zahlreiche Meteore des Geminidenstroms zu erwarten
- So., 16. Mond in Erdferne (406 600 km)
- Di., 18. Beginn der Abendsichtbarkeit der Venus
- Sa., 22. 4 h Wintersanfang
- Fr., 28. 21 h Mond 3° rechts über Mars
- Sa., 29. 5 h Mond bedeckt die Plejaden
- Mo., 31. Vollmond
- Mo., 31. Mond in Erdnähe (357 700 km)
- Mo., 31. Ende der Abendsichtbarkeit des Saturns

Januar 1991

- Di., 1. Beginn der Morgensichtbarkeit des Merkurs
- Di., 1. Mars wird rückläufig
- Mi., 2. 21 h Mond 2° rechts unter Jupiter
- Fr., 4. In den Morgenstunden sind zahlreiche Meteore des Quadrantidenstroms zu erwarten
- Mo., 14. Merkur in größter westlicher Elongation (24°; ab 6 h 45 min beobachtbar)
- Mi., 16. 1 h ringförmige Sonnenfinsternis, in Deutschland nicht beobachtbar
- Do., 17. 18 h Mond 3° rechts über Venus
- Fr., 25. Ende der Morgensichtbarkeit des Merkurs
- Fr., 25. 19 h Mond 3° links über Mars
- Di., 29. Jupiter in Opposition zur Sonne
- Di., 29. 23 h Mond 4° rechts neben Jupiter
- Mi., 30. Vollmond

Februar 1991

- Sa., 16. 18 h Mond 6° rechts neben Venus
- Do., 21. 18 h Mond bedeckt die Plejaden
- Fr., 22. Beginn der Morgensichtbarkeit des Saturns
- Fr., 22. 21 h Mond 4° links über Mars
- Mo., 25. 22 h Mond 7° rechts neben Jupiter
- Di., 26. 21 h Mond 8° links unter Jupiter
- Do., 28. Vollmond

März 1991

- Mi., 13. Beginn der Abendsichtbarkeit des Merkurs
- So., 17. 19 h Mond 5° rechts über Merkur
- Mo., 18. 20 h Mond 5° rechts neben Venus
- Do., 21. 4 h Frühlingsanfang
- Fr., 22. 22 h Mond 2° links über Mars

- Mo., 25. 21 h Mond 5° links unter Jupiter
- Mi., 27. Merkur in größter östlicher Elongation (19°; bis 20 h 15 min beobachtbar)
- Sa., 30. Vollmond
- Sa., 30. Jupiter wird rückläufig

April 1991

- Do., 4. 3 h (4 h) Mond bedeckt Antares im Skorpion
- Sa., 6. Ende der Abendsichtbarkeit des Merkurs
- Mi., 17. 21 h (22 h) Mond 2° über Venus
- Fr., 19. 23 h (24 h) Mond 2° rechts unter Mars
- So., 21. 21 h (22 h) Mond 3° links unter Jupiter
- So., 28. Vollmond

Mai 1991

- Mo., 6. 3 h (4 h) Mond 2° rechts über Saturn
- Do., 16. 22 h (23 h) Mond 7° rechts unter Venus
- Fr., 17. 22 h (23 h) Mond 8° rechts unter Mars
- Sa., 18. 23 h (24 h) Mond 6° rechts unter Jupiter
- So., 19. 23 h (24 h) Mond 10° links neben Jupiter
- Di., 28. Vollmond

Juni 1991

- So., 2. 2 h (3 h) Mond 6° rechts über Saturn
- Do., 13. Venus in größter östlicher Elongation (45°; bis 23 h 10 min (0 h 10 min) beobachtbar)
- Sa., 15. 22 h (23 h) Mond 5° links unter Venus und 4° links unter Mars und Jupiter
- Fr., 21. 22 h (23 h) Sommersanfang
- Do., 27. Vollmond
- Fr., 28. Ende der Abendsichtbarkeit des Mars

Klaus Lindner

Entstehung des Sonnensystems

Hinweise für den Lehrer

Es empfiehlt sich, die voraussetzende Entstehung des solaren Urnebels (s. Folie I) zuerst getrennt von der anschließenden Phase der Bildung der Körper des Sonnensystems (s. Folie II) darzustellen.

Grundlagen

1. Es gibt über 50 Erklärungsversuche zur Entstehung des Sonnensystems, aber noch keiner wurde allgemein anerkannt!
Zu den hier wiedergegebenen Folienvorschlägen wurden die akzeptiertesten Komponenten der Entstehungskonzeptionen von H. ALFVEN, A. CAMERON, G. KUIPER, D. MOHLMANN, V. SAFRONOW und F. v. WEIZSÄCKER verwendet.
2. Man beachte, daß grundsätzlich noch unklar ist, ob die Sonne kurz vor oder etwa gleichzeitig mit der Planetenscheibe gebildet wurde. Als theorieunabhängiges Geburtsdatum unseres Sonnensystems gilt die Zeitspanne von 4,55 bis 4,6 Milliarden Jahren als relativ gesichert.
3. Besonders beachtenswert ist ferner, daß die hier wiedergegebenen entscheidenden Gestaltungsphasen unseres Sonnensystems im wesentlichen in der relativ kurzen Zeit von nur wenigen Millionen Jahren vollzogen waren.
Folgende Fakten oder „Häufigkeitsregeln“ müssen von einer Entstehungstheorie erklärt werden:
 1. Das Massenverhältnis von Sonne zu Planeten liegt bei 750 : 1 (!)
 2. Der Bahndrehimpuls aller Planeten erreicht fast das 200fache vom Drehimpuls der Sonne.
3. Alle Planeten umkreisen die Sonne nur in einer Richtung und haben meist den gleichen bevorzugten (prograden) Richtungssinn in ihrer Rotation.

Folie I

Entstehung des Sonnensystems

1. **Gas und Staub im interstellaren Raum**, angereichert mit schweren Elementen aus Supernova-Ausbrüchen früherer Sternengenerationen
2. Geburtsstätten junger Sterne in leuchtenden Gasnebelhüllen
3. **Bildung einer Materiescheibe** mit einer Verdickung („Ursonne“) in der Mitte

Formierung des planetaren Systems

Hinweise für den Lehrer

Mehrere Entwicklungswege gelten zur Zeit als diskutabel, da drei wesentliche Faktoren in ihrer wahren Wirksamkeit noch nicht genauer abschätzbar sind. Sehr unterschiedliche Meinungen herrschen danach über

1. die ursprüngliche Scheibenmasse. (Entweder erreichte sie kaum mehr als 2 Prozent im Vergleich zur Sonne (Folie II, Weg A) oder sie war dieser sogar annähernd äquivalent (Folie II, Weg B))
2. die Geschwindigkeit der Zusammenballung der Kondensate zu größeren Körpern im Vergleich zur Abkühlungsgeschwindigkeit der Scheibe
3. ab welchem Akkretionsstadium der Scheibenmaterie modifizierte die heißer werdende Ursonne (a) durch ihr wachsendes Magnetfeld, b) durch die zunehmend von ihr ausgehenden Korpuskularströme (z. B. Sonnenwind) sowie c) durch den temperaturabhängigen Strahlungsdruck) die weitere Planetenentwicklung ganz wesentlich?

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ 25 (1988) 3 – Fortsetzung Rückseite

Entstehung der Körper des Sonnensystems

Für die Bildung der Körper des Sonnensystems gibt es zwei Möglichkeiten:

Weg A

massearme Materiescheibe

4. Phase der Kleinkörper

(Durchmesser bis etwa 1 km), die durch Aneinanderlagerung kleinerer Körper bei Stößen entstanden

5. Hauptwachstumsphase

einer Vielzahl kleiner Planeten (bis 1000 km Durchmesser), dabei Verminderung ihrer Zahl durch Zusammenballung

6. Endphase der Massenlagerung,

die Wege A und B vereinigen sich schrittweise, Nachlassen der Stoßprozesse. Es treten Unterschiede zwischen den erdartigen und jupiterartigen Planeten bedingt durch ihre Sonnenentfernung auf.

a) erdartige Planeten

(Innerer Bereich des Sonnensystems, Körper aus vorwiegend schwerflüchtigen Stoffen)

7. Aufheizung durch den Zerfall radioaktiver Stoffe,

Aufschmelzen, schwerere Bestandteile sinken nach innen, Bildung der Kern-Mantel-Schichtung

8. Abkühlung, Krustenbildung;

Aufschläge von Kleinkörpern bewirken Kraterentstehung; Bildung kohlendioxidreicher Uratmosphären

9. Uratmosphären des Merkurs und der meisten Satelliten

(auch des Mondes) entweichen wegen zu geringer Gravitationskräfte. Wasserdampf- und kohlendioxidreiche **Uratmosphäre der Erde** wird durch Lebewesen verändert (Entstehung des Sauerstoff-Anteils). Heutiger Zustand.

Weg B

massereiche Materiescheibe

4. Phase der massereichen Urplaneten

5. Umformungsphase

von Massescheiben zu Ur-Ringplaneten und nachfolgender Umgruppierung der Ringmaterie zu Satelliten

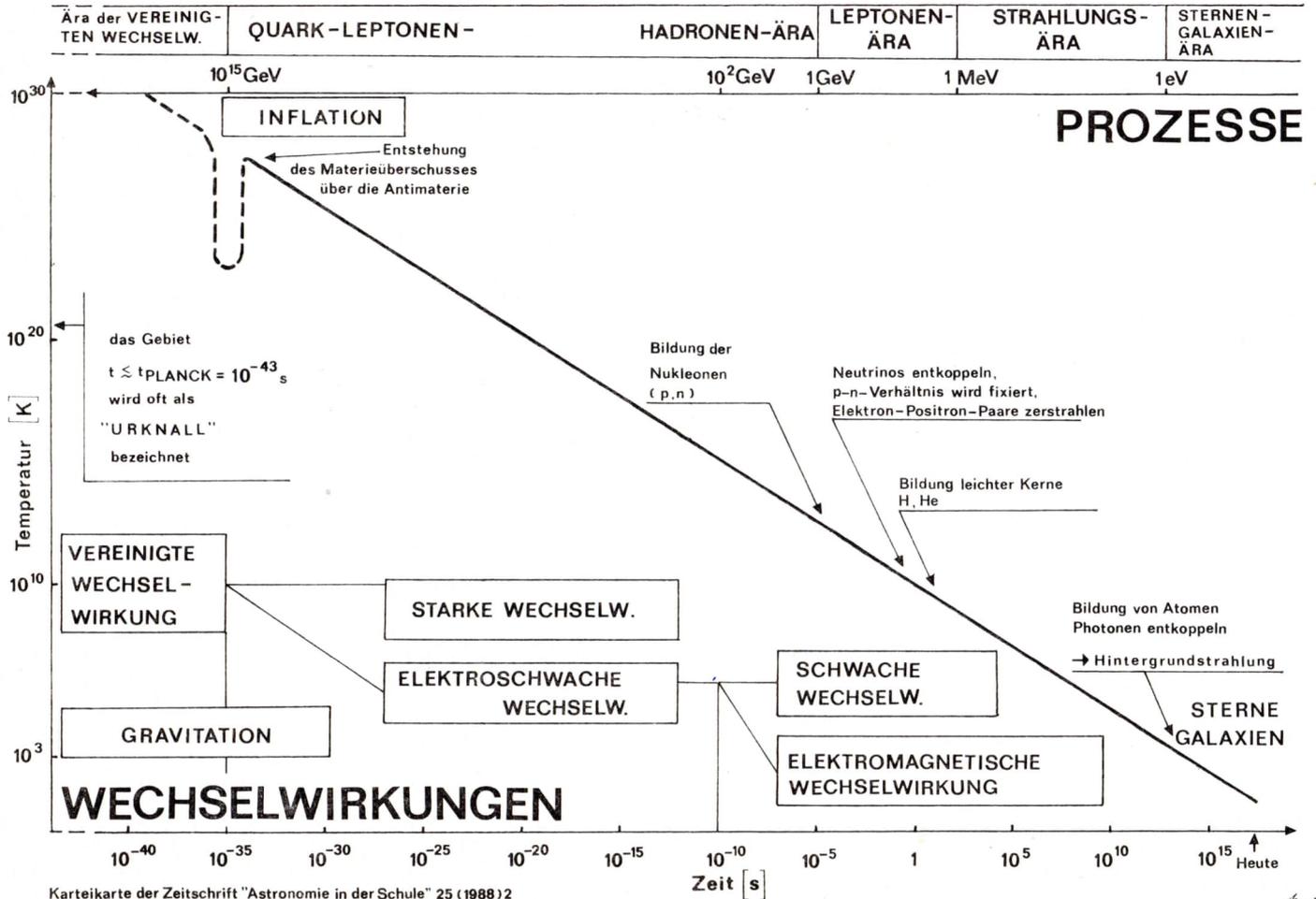
b) jupiterartige Planeten

(äußerer Bereich des Sonnensystems, Körper aus vorwiegend leichtflüchtigen Stoffen)

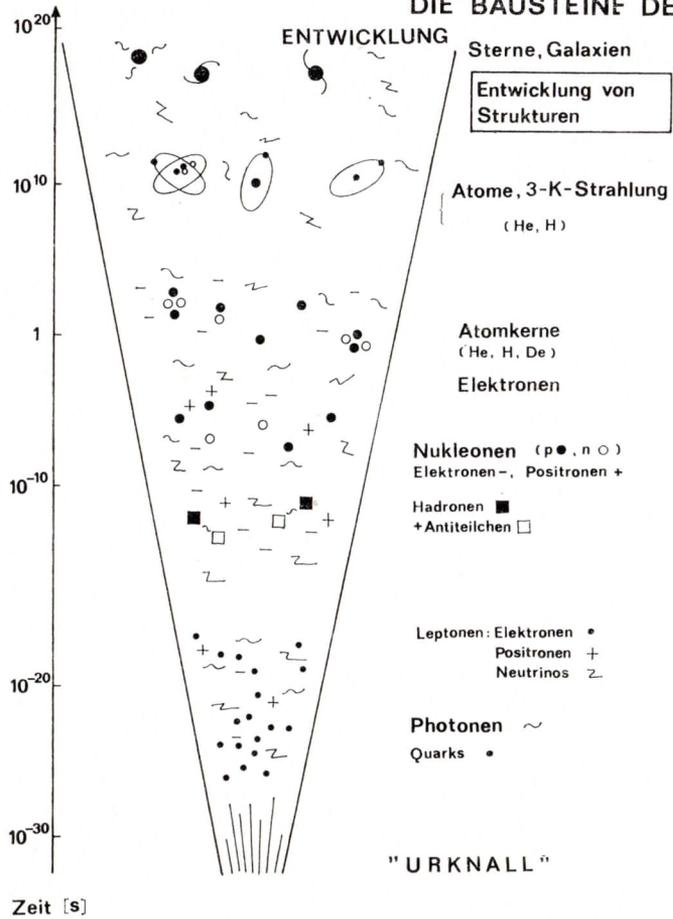
7. Aufheizung durch den Zerfall radioaktiver Stoffe,

Abkühlung, heutiger Zustand mit wasserstoffreichen Atmosphären

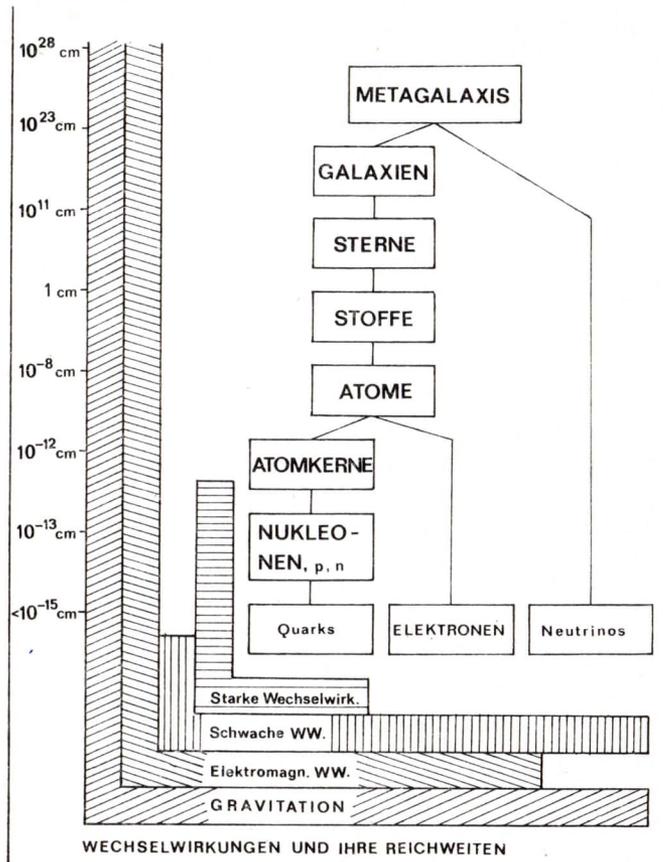
Entwicklungsgeschichte der Metagalaxis



DIE BAUSTEINE DES KOSMOS



AUSDEHNUNG



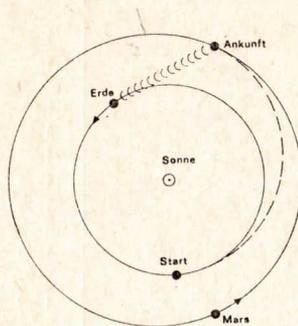
Erstleistungen in der Raumfahrt (Auswahl)

	Jahr	Erdumlaufbahn	Mond	Planeten
Abschnitte der Raumfahrtgeschichte	1957	<i>Sputnik 1</i>	<i>Luna 1, 2, 3</i>	
	1959			
Ab 1957				
	<ul style="list-style-type: none"> – Erste Flüge in den erdnahen Raum und zum Mond – Vorbereitung des bemannten Raumfluges durch Tierversuche 	1961 1962 1964 1965	<i>Wostok 1</i> <i>Woschod 1</i> <i>Woschod 2,</i> <i>Gemini 3, 6, 7</i> <i>Gemini 10</i>	Ranger 7
Ab 1961				
	<ul style="list-style-type: none"> – Erster Raumflug eines Menschen bis zur Landung von Menschen auf dem Mond – Nähere Erforschung des Mondes und der Nachbarplaneten mit Automaten 	1966 1967 1968	<i>Sojus 4 und 5</i>	<i>Luna 9, 10</i> <i>Sonde 5,</i> <i>Apollo 8</i> <i>Apollo 11</i> <i>Luna 16, 17</i>
Ab 1971				
	<ul style="list-style-type: none"> – Einsatz zeitweilig bemannter experimenteller Raumstationen – Genauere Untersuchungen auf den Oberflächen von Mond, Venus und Mars – Erste Flüge zu den Riesenplaneten 	1971 1973 1974 1975 1976	<i>Salut 1</i> Skylab <i>Sojus – Apollo</i>	Mariner 9, Mars 3 Pioneer 10 (Jupiter) Mariner 10 (Merkur) Venus 9, 10 (Venus) Viking 1, 2 (Mars)
Ab 1977				
	<ul style="list-style-type: none"> – Einsatz langlebiger Raumstationen mit einer großen Zahl von z. T. internationalen Besatzungen – Neuer Abschnitt der US-Raumfahrt mit den Flügen der Space-Shuttle 	1977 1979 1981	<i>Salut 6</i> Columbia (Space Shuttle)	Pioneer 11 (Saturn)
Ab 1986				
	<ul style="list-style-type: none"> – Einsatz ständig bemannter, komplexer Raumstationen mit auswechselbaren Spezialmodulen – Erste Flüge zu den Kleinkörpern des Sonnensystems 	1986 1988	<i>Mir</i>	Voyager 2, VEGA 1, 2 (Halley) Phobos 1, 2 (Mars)

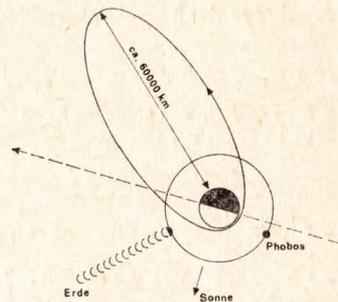
Ablauf der Phobos-Mission

1. – Aus einer Parkbahn um die Erde erfolgt der Start in eine *Übergangsbahn zum Mars* (Flugdauer etwa 200 d)
 - Forschungen im interplanetaren Raum und Beobachtungen der Sonne
2. – Nach Kurskorrektur im letzten Abschnitt der *Übergangsbahn* Einschwenken in eine stark elliptische *Parkbahn um den Mars* (Verweildauer etwa 25 d)
 - Bei jeder *Annäherung bis auf etwa 500 km* Übermittlung von Daten über Oberfläche, Atmosphäre und Magnetosphäre des Mars
3. – Durch wiederholte Bahnmanöver erreichen die Sonden über eine *Übergangsbahn* (Verweildauer 30 d) eine *Parallelbahn zur Phobosbahn* in einem Abstand von etwa 350 km (Verweildauer etwa 35 d)
 - Präzisierung der Parameter der Phobosbahn
4. – Nach Übergang in eine *Synchronbahn* (Verweildauer etwa 30 d) *Annäherung bis auf etwa 30 m* mit Hilfe von 4 Orientierungstriebwerken für etwa 15 min.
 - Übermittlung von Meßdaten und Bildern sowie Absetzen von Landeapparaten

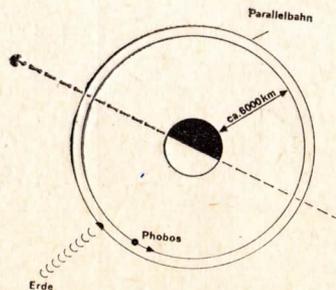
1.



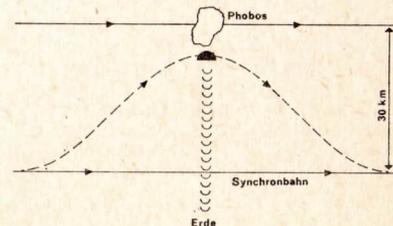
2.



3.



4.



Kopernikanisches Weltbild

Kopernikanisches Weltbild – Einleitung einer revolutionären Wende im Denken in der Astronomie

Die Erde ist kein Zentrum des Weltalls

- Erde bewegt sich als Planet um die Sonne (STE 2.1.)
- Erkenntnisse über den wirklichen Aufbau des Sonnensystems (STE 2.1., 2.2.)
- Nachweis der parallaktischen Verschiebung von Sternen (u. a. *Bessel*) als Beleg für den Umlauf der Erde um die Sonne und damit für die Richtigkeit des kopernikanischen Weltbildes (STE 3.2.)
- Studium des Aufbaus des überschaubaren Weltalls (STE 2.3.)

Erkenntnis: Erde, Sonnensystem, Milchstraßensystem und andere Galaxien haben in der Metagalaxis keine Sonderstellung.

Folgerung: Im überschaubaren Weltall gibt es keinen ausgezeichneten Ort.

Die Erde und der Kosmos sind eine naturgesetzliche Einheit

- Unterscheidung zwischen beobachtbaren und wirklichen Bewegungen der Himmelskörper (STE 1.2., 2.2.)
- Auffinden der Bewegungsgesetze der Planeten (*Kepler, Newton*) (STE 2.2.)
- Wirken des Gravitationsgesetzes auf der Erde und bei allen beobachtbaren kosmischen Objekten (STE 2., 3.)

Erkenntnis: Alle kosmischen Objekte unterliegen Naturgesetzen, die erkennbar sind.

Folgerung: Auf der Erde und im Weltall wirken unter gleichen Bedingungen dieselben Naturgesetze, welche die Erforschung des Kosmos ermöglichen.

Die Erde, alle Himmelskörper haben eine Geschichte

(eine weitreichende Konsequenz aus dem kopernikanischen Weltbild)

- Aufwerfen der Frage, ob nur bei der Erde als Himmelskörper ein Werden und Vergehen erfolge und ob die anderen kosmischen Objekte etwas Gegebenes und Unverständliches seien (STE 2.1.)
- Beobachtung von Veränderungen am Sternhimmel (STE 3.2.)
- Studium der Entwicklung der Planeten, der Sterne ab dem 19. Jahrhundert und der Evolution der Metagalaxis im 20. Jahrhundert

Erkenntnis: Kosmische Objekte sind nicht unveränderlich. Sie durchlaufen in sehr langen Zeiträumen einen Entwicklungsprozeß (STE 3.2., 3.3.)

Folgerung: Im Weltall vollziehen sich ständig Prozesse der Veränderung und Entwicklung, die mit Hilfe von Naturgesetzen erkennbar sind.

Hinweise für den Lehrer:

Das kopernikanische Weltbild leistete einen wesentlichen Beitrag zur Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes der Menschheit. Deshalb ist es ein Schwerpunkt und eine der Linienführungen des Astronomieunterrichts, die sowohl die Ideen des *Copernicus* und die damit unmittelbar verbundenen wissenschaftlichen sowie weltanschaulichen Auswirkungen als auch die sich daraus ergebenden Folgerungen für die weitere Entwicklung der Astronomie beinhalten. Dazu gehört auch der Kampf um die Durchsetzung des kopernikanischen Weltbildes im 16. und 17. Jahrhundert (STE 2.1.), der hier nicht aufgeführt ist.

Die Übersicht nennt jene grundlegende Erkenntnisse, die das kopernikanische Weltbild als revolutionäre Wende und damit verbundene Konsequenzen im Denken der Astronomie charakterisieren. Sie führt ausgewählte Unterrichtsinhalte an, durch deren Aneignung die Schüler diese Konsequenzen für den weiteren wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritt begreifen sollen, der zum Entwicklungsdenken und letztlich zum heutigen evolutionären Weltbild führte.

Die angeführten Folgerungen enthalten wichtige ideologisch-erzieherische Potenzen, die den Schülern durch die Aneignung des Unterrichtsstoffes bewußt werden sollen und zur Ausprägung ihrer wissenschaftlichen Weltanschauung beitragen.

fätigkeiten der Schüler

Wissen über das kopernikanische Weltbild und zur Herausbildung des Verständnisses für die revolutionäre Wende im Denken der Astronomie, die mit diesem Weltbild eingeleitet wurde

Die Erde ist kein Zentrum des Weltalls

- Beschreiben Sie das geozentrische und heliozentrische Weltbild! (STE 2.1.; LB S. 21, 23)
- Vergleichen Sie die beiden Weltbilder, und erläutern Sie die grundlegenden Unterschiede, die zwischen ihnen bestehen! (STE 2.1.; LB Bilder 21/2, 23/1)
- Beschreiben Sie den Aufbau des Sonnensystems! (STE 2.2.; LB S. 25 bis 27)
- Erläutern Sie, weshalb die ersten Parallaxenmessungen ein wichtiger Beleg für die Richtigkeit des kopernikanischen Weltbildes waren! (STE 3.2.; LB Bild 64/1)
- Beschreiben Sie die Struktur der Galaxis und ordnen Sie das Sonnensystem in die Galaxis ein! (STE 3.3.; LB S. 76)
- Erläutern Sie, weshalb unser Milchstraßensystem kein Mittelpunkt der Metagalaxis ist! (STE 3.3.; LB Bild 80/1)

Die Erde und der Kosmos sind eine naturgesetzliche Einheit

- Nennen Sie die Keplerschen Gesetze und beschreiben Sie mit ihrer Hilfe den Umlauf der Planeten um die Sonne! (STE 2.2.; LB S. 28, 29)
- Erläutern Sie, wie *Kepler* und *Newton* die Vorstellungen des *Copernicus* über den Umlauf der Planeten um die Sonne weiterentwickelten! (STE 2.1., 2.2.; LB S. 23, 28 bis 30)
- Erläutern Sie, wie bei Bahnrechnungen für Raumflugkörper die Gesetze der Planetenbewegungen angewandt werden! (STE 2.4.; LB Bilder 49/1, 49/2)
- Erläutern Sie am Beispiel des Wirkens des Gravitationsgesetzes, daß auf der Erde und im Weltall unter gleichen Bedingungen dieselben Naturgesetze wirken! (STG 2, 3; LB S. 25 bis 82)

Die Erde, alle Himmelskörper haben eine Geschichte

- Erläutern Sie, warum mit der Herausbildung des kopernikanischen Weltbildes die Frage nach der Veränderung der Himmelskörper gestellt wurde! (STE 2.1.; LB S. 21, 22)
- Erläutern Sie die Veränderungen der Sonne infolge der Kernfusion und der Strahlung! (STE 3.1.; LB S. 57, 60, 61)
- Beschreiben Sie am Beispiel der Sonne die Entstehung und Entwicklung eines Sterns! (STE 3.2.; LB Bild 70/3, S. 71)
- Vergleichen Sie mit Hilfe des HRD die Sonne, Sirius A, Beteigeuze und Sirius B bezogen auf die Entwicklungsphasen, in der sich die Sterne befinden! (STE 3.2.; LB Bild 3)
- Beschreiben Sie die Entstehung und Entwicklung der Planeten! (STE 3.2.; LB S. 72)
- Beschreiben Sie die Entwicklungsprozesse in der Metagalaxis, die sich seit dem Urknall vollzogen! (STE 3.3.; LB S. 80)

Abkürzungen: STG = Stoffgebiet; STE = Stoffeinheit; LB = Lehrbuch

Literatur:

Herrmann, D. B.: Die „Kopernikanische Wende“ aus der Sicht der marxistischen Wissenschaftsgeschichte. In: AS 25 (1988) 5.
Gehlhar, F.: Zur Entwicklung des neuzeitlichen astronomischen Weltbildes. In: AS 22 (1988) 2.

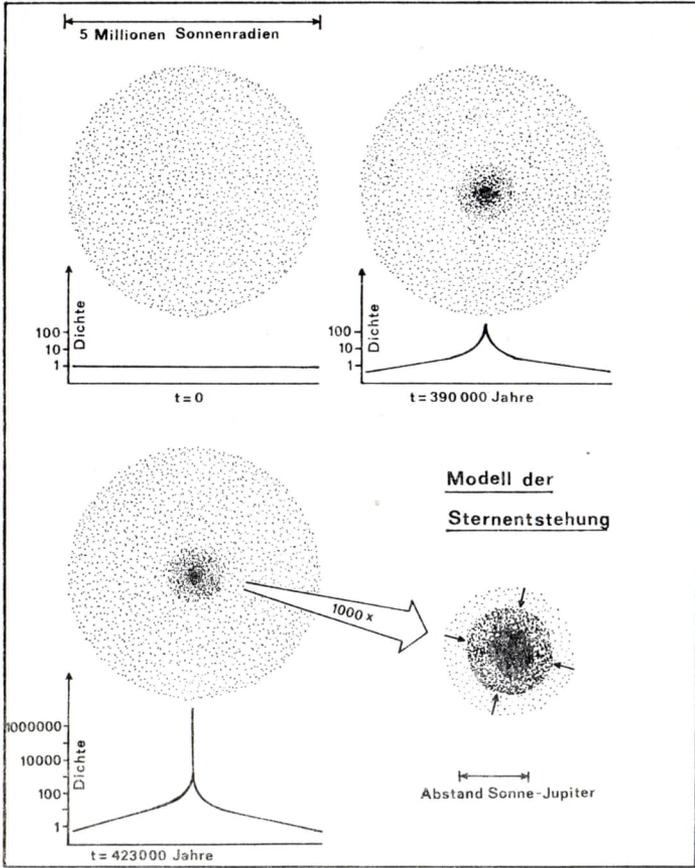
Helmut Bernhard

Satelliten des Sonnensystems

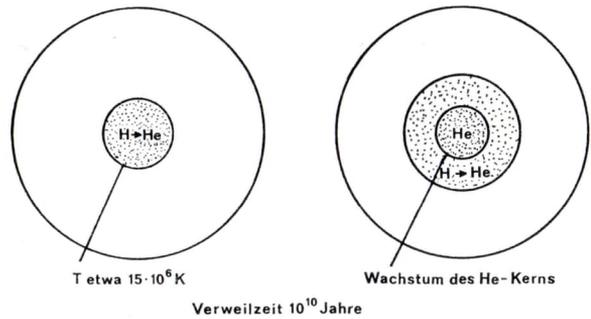
Planet/Nummer und Name des Satelliten, Entdeckungsjahr	Durchmesser in km	Masse in kg	Dichte in $g \cdot cm^{-3}$	Bahnradius in km	Bahnneigung in Grad	Umlaufzeit in Tagen	Exzentrizität e
Erde Mond	3 476	$7,35 \cdot 10^{22}$	3,34	384 400	(5,87)	27,322	0,055
Mars Phobos 1877 Deimos 1877	27 · 21 · 19 13 · 11 · 9	$9,6 \cdot 10^{15}$ $2,0 \cdot 10^{15}$	1,9–2,3 2,1	9 400 23 500	1,0 2,0	0,32 1,26	0,015 0,001
Jupiter 16 Metis 1979 14 Adrastea 1979 5 Amalthea 1892 15 Thebe 1979 1 Io 1610 2 Europa 1610 3 Ganymed 1610 4 Kallisto 1610 13 Leda 1974 6 Himalia 1904 10 Lysithea 1938 7 Elara 1905 12 Ananke 1951 11 Carme 1938 8 Pasiphae 1908 9 Sinope 1914	40 40 270 · 165 · 150 80 3 632 3 126 5 276 4 820 10 180 20 75 20 30 40 30	$8,916 \cdot 10^{22}$ $4,873 \cdot 10^{22}$ $1,490 \cdot 10^{23}$ $1,064 \cdot 10^{23}$	3,55 3,04 1,93 1,81	128 000 128 500 181 300 222 000 421 600 670 900 1 070 000 1 880 000 11 110 000 11 480 000 11 710 000 11 740 000 20 700 000 22 350 000 23 300 000 23 700 000	0 0 0,46 0 0,03 0,47 0,18 0,25 27 28 29 26 147 163 147 156	0,295 0,297 0,498 0,675 1,769 3,551 7,155 016,689 238,7 250,6 259,2 259,7 631 692 735 758	0 0 0,003 0,013 0,004 0,009 0,002 0,007 0,148 0,158 0,107 0,207 0,169 0,207 0,40 0,275
Saturn 15 Atlas 1980 17 Prometheus 1980 16 Pandora 1980 11 Epimetheus 1966 10 Janus 1966 1 Mimas 1789 2 Enceladus 1789	40 · 20 · ? 140 · 100 · 80 110 · 90 · 70 140 · 120 · 100 220 · 200 · 160 390 250	$0,45 \cdot 10^{20}$ $0,74 \cdot 10^{20}$	1,44 1,13	137 670 139 350 141 700 141 420 141 470 185 540 238 040	0 0 0 0 0 1,52 0,02	0,602 0,613 0,629 0,694 0,695 0,942 1,370	0,002 0,004 0,004 0,007 0,009 0,020 0,004

Planet/Nummer und Name des Satelliten, Entdeckungsjahr	Durchmesser in km	Masse in kg	Dichte in $g \cdot cm^{-3}$	Bahnradius in km	Bahnneigung in Grad	Umlaufzeit in Tagen	Exzentrizität e
Saturn							
3 Tethys 1684	1 060	$7,55 \cdot 10^{20}$	1,21	294 700	1,09	1,888	0,000
13 Telesto 1980	34 · 28 · 26			294 700	1,0	1,888	0
14 Calypso 1980	34 · 22 · 22			294 700	1,0	1,888	0
4 Dione 1684	1 120	$1,05 \cdot 10^{21}$	1,43	377 400	0,02	2,737	0,002
12 Dione B 1980	36 · 32 · 30			377 400	0	2,737	0,005
5 Rhea 1672	1 530	$2,49 \cdot 10^{21}$	1,33	527 000	0,35	4,518	0,001
6 Titan 1655	5 150	$1,35 \cdot 10^{25}$	1,88	1 221 900	0,33	15,945	0,029
7 Hyperion 1848	410 · 260 · 220			1 481 000	0,4	21,280	0,104
8 Japetus 1671	1 460	$1,88 \cdot 10^{21}$	1,15	3 560 800	14,4	79,331	0,028
11 Phoebe 1898	220			12 954 000	150	550,4	0,163
Uranus							
1986 U 7	40			49 700	0	0,333	0
1986 U 8	50			53 800	0	0,375	0
1986 U 9	50			59 200	0	0,433	0
1986 U 3	60			61 800	0	0,463	0
1986 U 6	60			62 700	0	0,475	0
1986 U 2	80			64 600	0	0,492	0
1986 U 1	80			66 100	0	0,513	0
1986 U 4	60			69 900	0	0,559	0
1986 U 5	60			75 300	0	0,622	0
1985 U 1	170			86 000	0	0,762	0
5 Miranda 1948	484	$2,2 \cdot 10^{19}$	1,26	129 780	3,4	1,414	0,027
1 Ariel 1851	1 160	$1,6 \cdot 10^{21}$	1,65	191 240	0	2,520	0,003
2 Umbriel 1851	1 190	$9,3 \cdot 10^{20}$	1,44	265 970	0	4,144	0,005
3 Titania 1787	1 610	$3,0 \cdot 10^{21}$	1,59	435 850	0	8,706	0,002
4 Oberon 1787	1 550	$2,8 \cdot 10^{21}$	1,50	582 600	0	13,463	0,001
Neptun							
Triton 1846	2 400–3 200	$3,4 \cdot 10^{22}$	(1,4–2,0)	355 000	160	5,877	0,00
Nereide 1949	400–700	$2,8 \cdot 10^{19}$	(1,1–1,4)	5 562 000	28	365,2	0,75
Pluto							
Charon 1978	1 200	$1,5 \cdot 10^{21}$	1,6	19 130	(94)	6,387	0,0

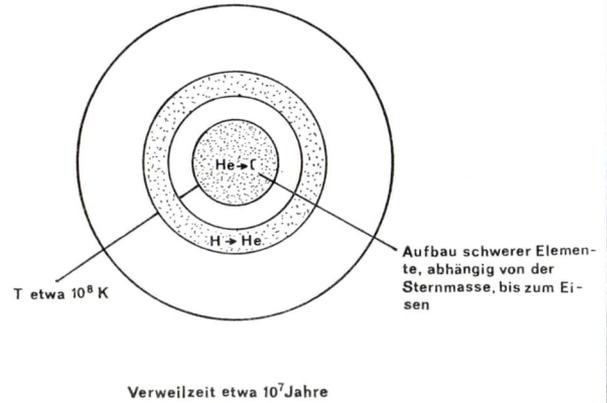
Sternentstehung und Sternentwicklung (Folienvorschläge)



Modell eines Hauptreihensterns

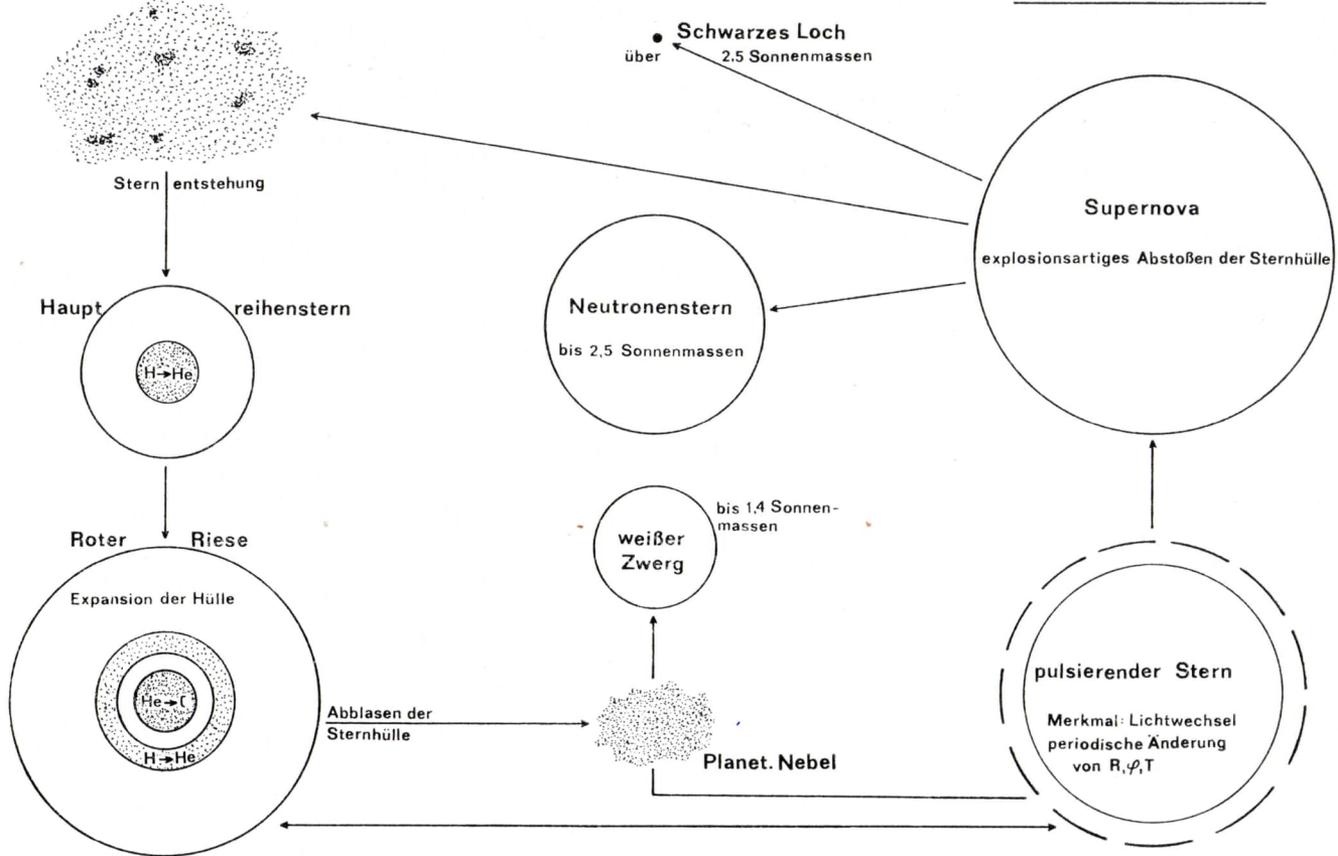


Modell eines Riesensterns



Gas-Staub-Wolke

Lebensweg der Sterne



Tafelbilder – Folien – Aufgaben

Aufgaben für eine Leistungskontrolle mit gebundenen Antworten zur Stoffeinheit *Das Sonnensystem*

Gruppe A

1. In welchem der genannten historischen Weltbilder nimmt die Erde eine zentrale Stellung ein?
 - a) geozentrisches Weltbild
 - b) heliozentrisches Weltbild
2. Welcher der genannten Forscher gab als erster eine physikalische Begründung für die Bewegungen der Planeten?
 - a) Copernicus
 - b) Kepler
 - c) Newton
 - d) Ziolkowski
3. Wie heißt die Dauer einer Umdrehung der Erde um ihre Achse?
 - a) Tag
 - b) Jahr
 - c) Schaltjahr
4. Ein Planet, der sich rechts von der Sonne befindetet, ist
 - a) abends sichtbar.
 - b) morgens sichtbar.
 - c) die ganze Nacht hindurch sichtbar.
5. Von welchen der genannten Planeten kann die Erde beim Umlauf um die Sonne „überholt“ werden?
 - a) Merkur
 - b) Venus
 - c) Mars
 - d) Jupiter
 - e) Saturn

Gruppe B

1. In welchem der genannten historischen Weltbilder wird die Erde als Planet betrachtet?
 - a) babylonisches Weltbild
 - b) geozentrisches Weltbild
 - c) heliozentrisches Weltbild
2. Welches der Keplerschen Gesetze handelt von den Formen der Planetenbahnen?
 - a) das 1.
 - b) das 2.
 - c) das 3.
3. Eine Astronomische Einheit (AE) ist
 - a) die Dauer eines Erdumlaufes um die Sonne.
 - b) die Zeitspanne, in der das Licht den Weg von der Sonne zur Erde zurücklegt.
 - c) die Entfernung Erde–Mond.
 - d) die Entfernung Sonne–Erde.
4. Ein Planet, der sich links von der Sonne befindet, ist
 - a) abends sichtbar.
 - b) morgens sichtbar.
 - c) die ganze Nacht hindurch sichtbar.
5. Welche der genannten Planeten haben beim Umlauf um die Sonne eine geringere Bahngeschwindigkeit als die Erde?
 - a) Merkur
 - b) Venus
 - c) Mars
 - d) Jupiter
 - e) Saturn

Gruppe A

6. Welche der genannten Planeten zeigen im Fernrohrblick Phasen wie der Mond?
- Merkur
 - Venus
 - Jupiter
 - Saturn
7. Welcher der genannten Planeten besitzt keine feste Oberfläche?
- Merkur
 - Venus
 - Mars
 - Jupiter
8. Wovon hängt es ab, ob ein Planet eine Atmosphäre besitzt oder nicht?
- von der Rotationsperiode
 - von der Masse
 - von der mittleren Dichte
 - vom Radius
9. Die dunklen Flächen auf dem Mond sind
- durch Magma bzw. Lavaüberflutung entstanden.
 - Wasserflächen.
 - Gebirge.
 - Ebenen.
10. Wann und mit welchem Raumflugkörper begann die bemannte Raumfahrt?
- 1969 Apollo
 - 1978 Sojus
 - 1961 Wostok
 - 1957 Sputnik

Lösungen der Aufgaben Gruppe A: 1 a; 2 c; 3 a; 4 b; 5 a und b; 6 a und b; 7 d; 8 b; 9 a und d; 10 c

Gruppe B

6. Welcher der genannten Planeten ist in bezug auf Radius und Oberflächengestalt dem Mond am ähnlichsten?
- Merkur
 - Erde
 - Jupiter
 - Uranus
7. Welcher der genannten Planeten besitzt keine Atmosphäre?
- Merkur
 - Venus
 - Erde
 - Saturn
8. Wodurch unterscheiden sich erdartige und jupiterartige Planeten?
- Masse
 - Rotationsperiode
 - Atmosphäre
 - Radius
 - mittlere Dichte
9. Wie entsteht eine Mondfinsternis?
- Der Schatten des Mondes fällt auf die Erde.
 - Der Schatten des Mondes fällt auf die Sonne.
 - Der Schatten der Erde fällt auf den Mond.
10. Welche der genannten Forscher arbeiteten aktiv an der Entwicklung der Raumfahrt?
- K. E. Ziolkowski
 - G. Galilei
 - G. Bruno
 - H. Oberth

Lösungen der Aufgaben Gruppe B: 1 c; 2 a; 3 d; 4 a; 5 c und d und e; 6 a; 7 a; 8 a und d und e; 9 c; 10 a und d

Klaus Lindner

Tafelbilder – Folien – Aufgaben

Scheinbare Bewegung und Sichtbarkeit der Planeten

Tafel 1

Scheinbare Bewegung und Sichtbarkeit der Planeten

bei Beobachtung von der Erde aus

Folgerung aus dem 3. Keplerschen Gesetz:

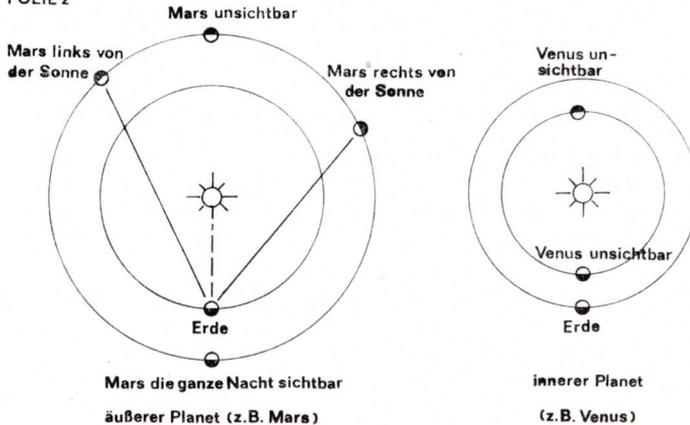
Innere Planeten überholen zeitweilig äußere Planeten

→ dabei scheinbare Rückwärtsbewegung (Bahnschleifen)

Beispiele:

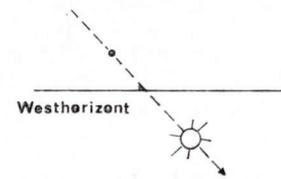
Venus	27. 12. 1989 bis	8. 2. 1990
Mars	20. 10. 1990 bis	1. 1. 1991
Jupiter	29. 10. 1989 bis	24. 2. 1990

FOLIE 2

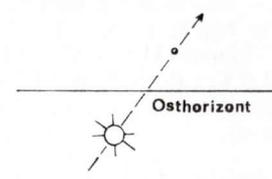


TAFEL3

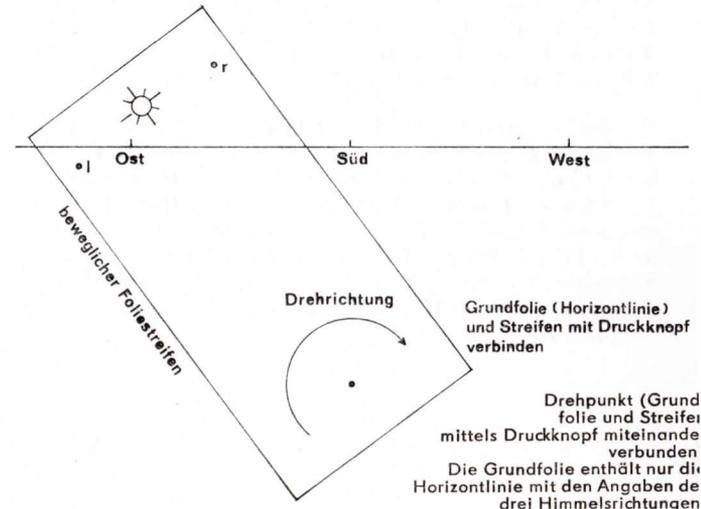
Planet links von der Sonne:
nur abends sichtbar



Planet rechts von der Sonne:
nur morgens sichtbar



Tafelbild 3 kann durch eine bewegliche Folie ersetzt werden:



Methodische Hinweise

Die thematische Einheit *Scheinbare Bewegungen und Sichtbarkeit der Planeten* gliedert sich in zwei Abschnitte, die jeweils etwa 20 Minuten Unterrichtszeit beanspruchen. Beide behandeln den Anblick von der Erde aus (das Adjektiv *scheinbar* hat also, wie auch später bei der *scheinbaren Helligkeit*, keine abwertende Bedeutung).

Scheinbare Bewegungen. Ausgehend vom 3. Keplerschen Gesetz und seiner Folgerung, daß die Geschwindigkeit eines sonnenferneren Planeten kleiner als die eines sonnennäheren ist (Lehrbuch S. 29, 30 (Tabelle)) kann an Hand eines Modells (Freihandmodell, Planetenschleifengerät) oder mit Hilfe des Kassettenfilms K-F 130 die Entstehung der Planetenbahnschleifen hergeleitet werden. Die Daten im Beispiel (Tafel 1) sollten jährlich aktualisiert werden (Karteikartenbeilage in AS, Heft 3).

Sichtbarkeit. Die Schüler lernen in diesem Abschnitt, in welchen Stellungen relativ zu Sonne und Erde der betrachtete Planet a) gar nicht, b) abends, c) morgens und d) die ganze Nacht hindurch sichtbar ist. Dazu kann eine Folie genutzt werden (Folie 2). Sie besteht aus einer Grundfolie (Zeichnungen) und einer Deckfolie (Beschriftung). Folie 2 gibt den Anblick „von außen“ auf die Sonne und die betrachteten Planeten wieder. Der entsprechende Anblick von der Erde aus wird durch Tafel 3 bzw. die statt dessen einzusetzende bewegliche Folie vermittelt.

Aufgaben

1. Ermitteln Sie aus der Stellung der Planeten Venus, Mars und Jupiter relativ zur Erde am (Folie) Angaben über die Sichtbarkeit dieser Planeten von der Erde aus!

Folie gemäß AS Heft 3 vorgeben! Die Lösung dieser Aufgabe ist im Beitrag „Astronomische Daten für das Schuljahr . . .“ enthalten.

2. Im Lehrbuchbild 33/2 ist Mars in der Stellung M3 die ganze Nacht hindurch sichtbar. Welchen weiteren Vorteil bietet diese Stellung des Planeten gegenüber den Stellungen M1, M2 und M4 für die Beobachtung von der Erde aus?

Geringstmögliche Entfernung, daher Einzelheiten im Fernrohr besonders gut erkennbar.

3. Warum kann von der Erde aus die Venus niemals die ganze Nacht über beobachtet werden? Von welchem Planeten aus wäre das (theoretisch) möglich?

Weil sie niemals einen Punkt außerhalb der Erdbahn (auf der Nachtseite der Erde) einnehmen kann. Theoretisch vom Merkur aus.

4. Im Lehrbuchbild 33/2 sind die Durchmesser der Himmelskörper nicht maßstäblich gezeichnet. Jemand behauptet, wenn sich die Venus in der Stellung V3 befindet, könnten wir von der Erde aus eine Sonnenfinsternis beobachten. Nehmen Sie zu dieser Behauptung Stellung!

Venus erscheint von der Erde aus viel kleiner als die Sonne und kann allenfalls als winziger schwarzer Punkt vor der Sonnenscheibe gesehen werden. Das tritt aber sehr selten ein.

KLAUS LINDNER

Tafelbilder – Folien – Aufgaben

Daten zur Physik der Sterne

Zur Einführung in das Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) können zwei Folien genutzt werden:

1. Der mit halbfetten Linien eingerahmte Teil der untenstehenden Tabelle (in dem nicht eingerahmten Teil sind weiterführende Angaben zu den einzelnen Sternen sowie Lösungshinweise zu einigen Aufgaben enthalten)
2. Das HRD der in der Tabelle enthaltenen Sterne

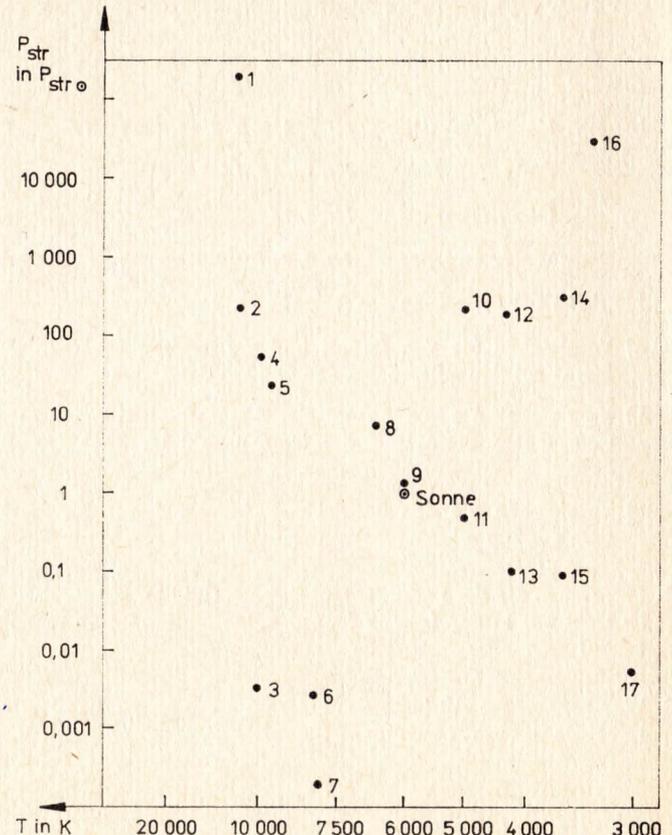
Nr.	Bezeichnung des Sterns	Photosphären-temperatur in K	Leuchtkraft in Sonnenleuchtkr.	Radius in Sonnenradien	Masse in Sonnenmassen
1	Rigel	11 200	$2 \cdot 10^5$	138	40
2	Zeta im Fuhrmann	11 000	220	3,5	10,2
3	40 im Eridanus	10 000	0,0035	0,0017	0,44
4	Wega	9 900	50	3,0	3,2
5	Sirius A	9 500	23	2,0	2,2
6	Sirius B	8 200	0,0027	0,02	1,0
7	van Maanens Stern	8 000	0,0002	0,01	0,3
8	Prokyon A	6 570	7,4	2,2	1,8
9	Alpha Centauri	5 800	1,3	1,2	1,0
10	Kapella	4 900	220	23	3,3
11	70 im Schlangenträger	4 900	0,51	0,89	0,78
12	Arktur	4 300	200	26	4,2
13	Xi im Bootes	4 200	0,10	0,82	0,72
14	Aldebaran	3 600	300	45	4,0
15	Eta in der Kassiopeia	3 600	0,09	0,82	0,54
16	Antares	3 300	$3 \cdot 10^4$	560	19
17	Krüger 60	3 000	0,007	0,26	0,26

Hinweis für den Lehrer:

In der Literatur sind z. T. sehr unterschiedliche Daten für die einzelnen Sterne zu finden. Für diese Karteikarte wurden die im Lehrbuch gegebenen Werte verwendet. Quelle für weitere Daten war KAPLAN, S. A.:

Physik der Sterne. Leipzig 1980.

Karteikarte der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ 26 (1989) 2 – Fortsetzung Rückseite



Aufgaben:

1. Der Stern ... besitzt eine Oberflächentemperatur von ... K und eine Leuchtkraft von ... Sonnenleuchtkräften. Zeichnen Sie seinen Diagrammpunkt in ein HRD ein und ermitteln Sie daraus, zu welchem Besetzungsgebiet der Stern gehört!

Lösung: Hauptreihensterne: Nr. 2, 4, 5, 8, 9, 11, 13, 15, 17

Riesen: Nr. 10, 12, 14

Oberriesen: Nr. 1, 16

Weißer Zwerge: Nr. 3, 6, 7

Mögliche Erweiterungen der Aufgabe 1:

- Vergleichen Sie den Radius und die *mittlere Dichte* dieses Sterns mit den entsprechenden Größen der Sonne!
 - Vergleichen Sie die Anzahl der Absorptionslinien im Spektrum dieses Sterns mit der Linienanzahl im Spektrum der Sonne!
 - Vergleichen Sie das Entwicklungsstadium dieses Sterns mit dem der Sonne!
2. Entnehmen Sie der Farbtabelle im Lehrbuch (Bild 3), welche *Farben* im Licht der in der Tabelle (*Folie*) aufgeführten Sterne vorherrschen!
3. Was können Sie mit Hilfe des HRD über die Masse des Hauptreihensterns Nr. ... aussagen? (*Folie*)

Hinweis für den Lehrer:

Füllen Sie die Leerstellen in den Aufgaben anhand der Tabelle nach eigenem Ermessen aus! Variieren Sie die Aufgaben durch Auswahl unterschiedlicher Sterne!

Wie lange dauern die wichtigsten Stadien der Sternentwicklung?

Masse des Sterns in Sonnenmassen	ungefähre Dauer des Hauptreihenstadiums in Jahren	ungefähre Dauer des Riesenstadiums in Jahren
16	8 Mill.	2 Mill.
10	20 Mill.	4 Mill.
6	70 Mill.	20 Mill.
3	200 Mill.	70 Mill.
1,5	1,5 Mrd.	400 Mill.
1,0	10 Mrd.	4 Mrd.
0,6	15 Mrd.	?

Aufgaben:

1. Sternhaufen sind Ansammlungen von gemeinsam entstandenen Sternen unterschiedlicher Massen.
- Welche Sterne eines Sternhaufens entwickeln sich zuerst zu Riesensternen?
 - Die Diagrammpunkte aller Sterne eines Sternhaufens befinden sich zunächst auf der Hauptreihe des HRD. Welcher Teil der Hauptreihe verändert sich infolge der Entwicklung der Sterne zuerst, d. h. welche Diagrammpunkte „wandern“ zuerst in das Gebiet der Riesensterne?

Lösungen: a) die massereichen Sterne

b) das „obere Ende“ der Hauptreihe, in dem sich die Diagrammpunkte der massereichen Sterne befinden.

2. Für einen Stern von einer Sonnenmasse beträgt die Dauer des Riesenstadiums etwa 40 Prozent der Dauer des Hauptreihenstadiums. Berechnen Sie eine entsprechende Angabe für einen Stern von 10 Sonnenmassen!

Lösung: 20 Prozent

Zuordnung von Lichtbildern zu den Stoffeinheiten des Lehrplans (I)

Bildtitel	Dia-Reihe	Bild- Nummer	Bildtitel	Dia-Reihe	Bild- Nummer		
Stoffeinheit 1.1. Aufgaben und Forschungsmethoden der Astronomie							
Kalendertafel	TR	96	2	Stellung des Großen Wagens am Himmel	R 1180	5	
Tierkreis	TR	96	5	Der Große Wagen als Wegweiser am Sternhimmel	R 1180	6	
Relief mit Sonnengott	TR	96	3	Scheinbare Winkelabstände am Himmel	R 1180	7	
Turm Etemananti	TR	96	4	Sternspuraufnahme Richtung Nord	R 1180	8	
Erste Messung im Weltraum	R	658	1	Sternspuraufnahme Richtung Süd	R 1180	9	
Erdmessung Erathostenes	R	658	2	Koordinaten im Horizontsystem	R 1180	10	
Messung Mondentfernung durch Hipparch	R	658	3	Unterschiedliche Sichtbarkeit der Sternbilder I	R 1180	13	
Astronomische Visiereinrichtungen	TR	132	1	Unterschiedliche Sichtbarkeit der Sternbilder II	R 1180	14	
Copernicus, Arbeitsstätte in Frombark	TR	96	10	Abhängigkeit der Polhöhe von der geographischen Breite	R 1180	15	
Brahe, Mauerquadrant	TR	96	13	Stoffeinheit 2.1. Überblick über das Sonnensystem			
Fernrohr Galileis	TR	96	17	Tierkreis	TR	96	5
Fernrohr Galileis	TR	132	2	Altgriechisches Weltbild	R	823	1
Fernrohrbilder (Galilei), Sonne, Mond, Jupiter, Venus	TR	96	18	Ptolemäus (Porträt)	R	542	2
Linseferrohr	R	823	3	Geozentrisches Weltbild	R	542	3
Refraktor/Reflektor	TR	119	20	Geozentrisches Weltbild	TR	96	8
Refraktor/Reflektor	TR	132	3	Copernicus	TR	119	1
Kuppel 6-m-Spiegelteleskop	TR	119	10	Copernicus, Arbeitsstätte in Frombark	TR	96	10
Kuppel 6-m-Spiegelteleskop	R	823	4	Copernicus und seine Epoche	TR	96	1
K.-Schwarzschild-Observatorium, Spiegelteleskop	R	823	5	Copernicanisches Weltbild	R	823	2
Radioteleskop	TR	119	21	Heliozentrisches Weltbild	TR	96	11
Radioteleskop	R	823	6	Heliozentrisches Weltbild	TR	119	2
Radioteleskop, Ratan 600	TR	132	13	Heliozentrisches Weltbild	R	542	6
Fotometer	TR	132	10	Brahe, Mauerquadrant	TR	96	13
Sternkarte und photometrische Aufnahme	TR	132	9	Ketzerverbrennung	TR	96	16
Typische Sternspektren	TR	132	11	Fernrohr Galileis	TR	96	17
Sonnenspektrum mit Vielzahl von Absorptionslinien	R	1136	6	Fernrohrbilder Galileis (Sonne, Jupiter, Venus, Mond)	TR	96	18
Automatische Auswertung von Fotos	TR	119	23	Gesamtes Planetensystem	R	542	12
Forschungslabor	TR	119	17	Planetensystem, Überblick	R	1135	1
Astronomische Datenverarbeitung	TR	132	12	Planetensystem, Größenverhältnisse	R	1135	2
Beobachtungsmethoden der Astronomie	TR	132	8	Raumfahrttechnische Erschließung	R	1135	3
Entwicklung der Beobachtungsmethoden der Astronomie	TR	132	20	Merkur, Polgebiet	R	1135	18
Startende kosmische Rakete	TR	53	1	Venus, Erde, Mond	R	1135	4
Sputnik 1	TR	53	2	Venuspanorama (von Venera 9 und 10)	R	1135	19
Raumstation Salut 6	TR	132	19	Erde aus 9000 km Höhe	TR	119	25
Elektromagnetische Strahlung	TR	119	22	Erde mit Wolken	TR	53	7
Durchlässigkeit der Erdatmosphäre	TR	132	18	Erde aus dem Weltraum	TR	158	15
Stoffeinheit 1.2. Orientierung am Sternhimmel							
Gradnetz der Erde und scheinbare Himmelskugel	R	1180	1	Mars von der Erde	R	1135	20
Erdkugel und scheinbare Himmelskugel (HK)	R	1180	2	Mars aus 3500 km Höhe	R	1135	21
Die scheinbare HK in Seitenansicht	R	1180	3	Jupiter (s/w u. c.)	R	1135	25
Die scheinbare tägliche Bewegung des Himmels	R	1180	4	Saturn mit Monden	R	1135	27
				Pluto	R	1135	28
				Jupiter, Saturn, Mond, Komet	TR	119	15
				Komet	R	1135	29

Bildtitel	Dia-Reihe	Bild- Nummer	Bildtitel	Dia-Reihe	Bild- Nummer
Stoffeinheit 2.2. Planeten			Sichtbarkeit Mondphasen II (abnehmender Mond)		
Kepler, Porträt	R 542	8	Mond und Erde, Größenvergleich	R 1180	12
Kepler, Porträt	TR 96	14	Messung der Mondentfernung durch Hipparch	R 1135	5
„de revolutionibus“, Titelblatt (Kepler)	TR 96	12	Mond-Aufnahme	R 658	3
Newton, Porträt	R 542	16	Mond, Nahaufnahme	TR 53	22
Newton „Mathematische Prinzipien“, Titelblatt	TR 96	19	Mond und DDR, Größenvergleich	TR 132	17
Kant, „Allgemeine Naturgeschichte“, Titelblatt	TR 132	7	Mond, Krater, Fernrohr-Satellit	R 1135	15
Sonnensystem, Entdeckung der Planeten	TR 132	4	Mond, Krater, Durchmesser 10 km	R 1135	11
Karte Neptunentdeckung	TR 96	20	Mond, Mare Imbrium	R 1135	16
1. und 2. Keplersches Gesetz	TR 96	15	Mond, Landschaft um Clavius	R 1135	14
1. und 2. Keplersches Gesetz	TR 119	3	Mond, Bilder	R 823	7
Nachrichtensatellit, Bahnschema	R 1115	10	Mond, Boden	TR 158	5
Nachrichtenübermittlung, Molnija-Satellit	TR 53	6	Mond, Rückseite	R 823	10
Gravitationswirkung Sonne-Erde	TR 119	16	Mond, Rückseite	TR 53	10
Entstehung der Bahnschleife nach Copernicus	R 323	9	Mond, Teil der Rückseite	R 823	11
Epizykel	TR 96	9	Mond, Schatten auf der Erde	R 1135	6
Planetensystem, Überblick	R 1135	1	Mond, zur Entstehung der Gezeiten	R 823	8
Planetensystem, Größenverhältnisse	R 1135	2	Formung der Mondoberfläche I und II	R 1135	12 u. 13
Planetensystem, Entdeckung von Planeten	TR 132	4	Reisezeiten zu entfernten Raumfahrtzielen (Mond . . .)	TR 158	24
Planetensystem, Raumfahrttechnische Erschließung	R 1135	3	Vollmond mit Aufschlagstelle Luna 2	TR 53	9
Merkur, Polgebiet	R 1135	18	Luna 9	TR 158	6
Venus, Panorama	R 1135	19	Mondsatellit	TR 158	7
Venus 1	TR 132	11	Luna 16	R 1115	35
Flugschema Venus 3	TR 132	12	Mondsonden, Funktionsschema	R 1115	34
Venus-Erde-Mond	R 1135	4	Lunochod 2	R 1115	36
Erde aus 9000 km Höhe	TR 119	25	Lunochod auf der Mondoberfläche	TR 158	10
Erde mit Wolken	TR 53	7	Mondlandung Apollo 11	TR 53	23
Erde aus dem Weltraum	TR 158	15	Der Mensch auf der Mondoberfläche	R 1115	33
Erde, zur Entstehung der Gezeiten	R 823	8	Der Mensch auf der Mondoberfläche mit Rover	TR 158	9
Erde, Magnetosphäre	TR 53	5	Apollo 15 vor Hadleybergen	R 1135	11
Erde, Durchlabfähigkeit der Atmosphäre	TR 132	18	Erde am Mondhimmel	R 1135	9
Elektromagnetische Strahlung	TR 119	22	Marsmonde, Vergleich der Oberflächen	R 1135	24
Mars von der Erde aus	R 1135	20	Jupitermonde	R 1135	26
Mars aus 3500 km Höhe	R 1135	21	Saturn mit Monden	R 1135	27
Mars, Oberfläche	R 1135	22			
Mars, ehemaliger Flußlauf	R 1135	23			
Mars, Nahaufnahme	TR 132	17			
Mars, Lebenssuche (Viking-Sonde)	TR 158	11			
Jupiter (s/w u. c)	R 1135	25			
Saturn mit Monden	R 1135	27			
Jupiter, Saturn, Mond, Komet	TR 119	15			
Pluto, Foto und computerbearbeitet	R 1135	28			
Stoffeinheit 2.3. Mond			Fortsetzung Karteikarte Heft 1, 1989		
Jupiter, Saturn, Mond, Komet	TR 119	15			
Venus, Erde, Mond	R 1135	4			
Sonne, Jupiter, Venus, Mond (Fernrohrbilder Galileis)	TR 96	18			
Sichtbarkeit Mondphasen I (zunehmender Mond)	R 1180	11			

LUISE GRAFE

Zuordnung der Lichtbildreihen zu den Stoffeinheiten des Lehrplans (II)

Bildtitel	Dia-Reihe	Bild- Nummer	Bildtitel	Dia-Reihe	Bild- Nummer
Stoffeinheit 2.4. Raumfahrt			Interkosmos 1	TR 53	26
Entwicklung der Beobachtungsmethoden	TR 132	20	Interkosmos-Kooperation	R 1115	2
Rakete auf der Startrampe	TR 53	24	Erdsatelliten, 100– 500 km Höhe	R 1115	8
Start einer kosmischen Rakete	TR 53	1	Erdsatelliten, 500–1000 km Höhe	R 1115	9
Sputnik 1	TR 53	2	Nachrichtensatellit (Bahnschema)	R 1115	10
Sputnik 2 (mit Laika)	TR 158	3	Nachrichtenübermittlung der Molnija-Satelliten	TR 53	6
Tiere im Raumanzug (Kaninchen)	TR 158	2	Nachrichtenübertragung Kuba–SU	TR 158	13
Raumfahrthund	TR 53	3	Erde aus dem Weltraum	TR 158	15
Gagarin und Koroljow	TR 53	15	Erde aus 9000 km Höhe	TR 119	25
Gagarin, Porträt	TR 53	13	Erde mit Wolken	TR 53	7
Gagarin in Raumkabine	TR 53	14	Wettersatellit Meteor	R 1115	11
Gagarin in Raumkabine	TR 119	24	Tropischer Wirbelsturm	R 1115	25
Landekapsel Gagarins	TR 53	4	Hurrikan im Mikrowellenbild	R 1115	26
Sojus 4 und 5	TR 53	21	Nutzen der Raumfahrt (Tabelle)	R 1115	1
Kopplung Sojus 4 und 5	TR 158	17	Kartographie aus dem Weltraum	R 1115	12
Nikolajew und Popowitsch	TR 53	16	Schema eines Ozeanerkundungssatelliten	R 1115	13
Gagarin und Tereschkowa	TR 158	4	MKF 6	R 1115	14
V. Tereschkowa in Raumkabine	TR 53	17	MKF 6, Schema	R 1115	15
V. Tereschkowa berichtet	TR 53	18	Spektralcharakteristika	R 1115	16
Sowjetische Kosmonauten	TR 53	25	Süßer See, Falschfarbenfoto	R 1115	17
Leonow beim Ausstieg	TR 53	20	Moritzburg und Umgebung	R 1115	18
Aufenthalt im freien Weltraum (Schweikert)	TR 158	16	Moritzburg, Grauwertspreizung	R 1115	19
US Astronauten	TR 53	19	MKF-6-Bilder, Übersichtskarte	R 1115	20
Saturn V auf Startrampe	TR 158	8	Nordufer des Baikalsees	R 1115	21
Raumschiff, Start- und Landephase	R 1115	6	Selenga-Mündung	R 1115	22
Raumschiff Sojus	TR 158	18	Mittellauf des Wiljni	R 1115	23
Raumschiff Sojus im Weltraum	TR 158	1	Tokio und Umgebung	R 1115	24
Besatzung von Sojus	R 1115	3	Waldbrände im Satellitenbild	R 1115	27
Sojus-Apollo, Kopplung	R 1115	5	Waldbrandwarngerät	R 1115	32
Sojus-Apollo, Pressekonferenz	R 1115	4	Ätna, Falschfarbenbild	R 1115	28
Raumstation Salut 6	TR 132	19	Vereiste Inselwelt Kanadas	R 1115	29
Raumstation Salut 6, innen	R 1115	7	Gebirge, Schneelandschaft	TR 158	20
Raumstation Salut 6, Inneres mit S. Jähn	TR 158	19	Halbinsel Sinai	TR 158	14
Interkosmonauten mit S. Jähn	TR 158	21	Gerät für Körperbehinderte	R 1115	30
Raumstation der 90er Jahre	TR 158	25	Arzttasche	R 1115	31
Reisezeiten zu entfernten Raumfahrtzielen (Mond, Ende Planetensystem, nächster Stern)	TR 158	24	Eindringtiefe elektromagnetischer Strahlung in Erdatmosphäre	R 1135	10
Space Shuttle auf Startrampe	TR 158	22	Elektromagnetische Strahlung	TR 119	22
Space Shuttle, militärischer Einsatz (Möglichkeiten)	TR 158	23	Durchlässigkeit der Erdatmosphäre	TR 132	18
Kosmosatellit	TR 53	8	Relief mit Sonnengott	TR 96	3

Bildtitel	Dia-Reihe	Bild- Nummer	Bildtitel	Dia-Reihe	Bild- Nummer
Gravitationswirkung Sonne-Erde	TR 119	16	Fernrohrbeobachtung eines Nebels	TR 119	5
Ort unserer Sonne im Weltall	TR 119	14	Dunkelwolken vor leuchtenden Emissionsnebel	R 1136	19
Sonne mit Flecken	R 1136	1	Pferdekopfnebel, Lagunennebel, Plejaden	TR 119	12
Sonne mit Flecken, Wechsel der Polarität	R 824	6	Pferdekopfnebel	R 824	2
Sonne, Schichten und Aktivitäten	R 1136	5	Rosettennebel mit Globulen als Orte		
Sonne, Chromosphäre	R 824	7	möglicher Sternentstehung	R 1136	20
Sonne, Protuberanzen	R 1136	2	Entwicklungsweg zweier Sterne in Abhängigkeit		
Sonne, eruptive Protuberanz (Größenvergleich zur Erde)	R 1136	4	von ihrer Masse	R 1136	24
Sonne, Eruptionen (Vergleich Erde-Mond)	R 1136	3	Stern im Riesenstadium	R 1136	22
Sonne, Koronaaufnahme nach totaler Finsternis	R 1136	7	Veränderlicher Stern mit Lichtkurvenverlauf	R 1136	13
Sonne, Spektrum	R 1136	6	Krebsnebel mit Pulsar	R 1136	23
Sonne, Bestimmung der Parallaxe	R 658	5	Entstehung eines Planetensystems aus interstellarer		
Stoffeinheit 3.2. Sterne			Gas-Staub-Wolke	R 1136	21
Beobachtungsmethoden der Astronomie	TR 132	8	Bild und HRD eines offenen (jungen) Sternhaufens	R 1136	25
Sternkarte und photographische Aufnahme	TR 132	9	Bild und HRD eines (alten) Kugelsternhaufens	R 1136	26
Sterne in der Sonnenumgebung	TR 119	4			
Messung der Mondentfernung durch Hipparch	R 658	3	Stoffeinheit 3.3. Sternsysteme und Metagalaxis		
Erste Messung im Weltraum	R 658	1	Bau des Milchstraßensystems (Herschel)	TR 132	6
Entfernung kosmischer Objekte	TR 119	11	Sternpartie in der Milchstraße	R 1136	27
Scheinbare und absolute Helligkeit	R 1136	8	Entwicklung der Beobachtungsmethoden	TR 132	20
Scheinbare und absolute Helligkeit	R 824	5	Radioteleskop	TR 119	21
Scheinbare und absolute Helligkeit	R 658	9	Radioteleskop Ratan 600	TR 132	13
Scheinbare Helligkeit und Entfernung	R 658	8	Verteilung des Wasserstoffs	TR 132	14
Horizontalparallaxe	R 658	4	Milchstraße (Grund- und Aufriß)	R 1136	28
Bestimmung der Sonnenparallaxe	R 658	5	Kugelsternhaufen	TR 119	13
Jährliche Parallaxe	R 658	6	HRD und Bild Kugelsternhaufen	R 1136	26
Jährliche Parallaxe	R 658	7	HRD und Bild offener Sternhaufen	R 1136	25
Sternparallaxen	R 1136	10	Ort unserer Sonne in der Galaxis	TR 119	14
Nachweis der Fixsternparallaxen	TR 132	5	Lokale Gruppe	TR 119	8
Photometer	TR 132	10	Andromedanebel	R 824	3
Sternspuraufnahme Orion	R 1136	11	Andromedanebel	TR 119	9
Objektivprismenaufnahme	R 1136	12	Andromedanebel mit Randauflösung	R 1136	29
Typische Sternspektren	TR 132	11	Formen von Galaxien	TR 119	6
HRD als Zustandsdiagramm	R 1136	17	Spiralnebel unterschiedlicher Form	R 1136	30
HRD, Zusammenhang zwischen Farbe, Spektralklasse,			Spiralnebel in den Jagdhunden	R 824	4
Temperatur	R 824	8	Galaxienhaufen	TR 119	7
Durchmesser einiger Sterne	R 824	9	Galaxienhaufen in Jungfrau, Mond als Größenvergleich	R 1136	31
Bahnen eines visuellen Doppelsterns	R 1136	14	Galaxienhaufen, Bildmontage	R 1136	32
Masse-Leuchtkraft-Beziehung	R 1136	15	Unsere Erde im Weltall	R 1136	33
Perioden-Helligkeits-Beziehung	R 658	10	Intergalaktisches Gas (radioastronomisches Bild)	R 1136	34
Eigenbewegung der Sterne	R 1136	9	Quasar	TR 132	15
Interstellare Gas- und Staubmassen	R 1136	18	Expansion des Weltalls (Modellvorstellung)	R 1136	35
Großer Orionnebel	R 824	1			