

# Astronomie

---

## Allgemeine Einleitung

Danke für Ihr Interesse am Astronomie Kurs der Studienwelt Laudius.

Die Astronomie ist die wahrscheinlich älteste Wissenschaft und führte lange Zeit ein wortwörtliches Schattendasein. In den Schulcurricula gehört es nicht mehr zum Standard Fächerkanon und wird höchstens noch im Rahmen des Physikunterrichts behandelt. Vielleicht hat das Schattendasein der Astronomie auch damit zu tun, dass in unseren hell erleuchteten Städten der sternensüßer Nachthimmel vielfach kaum noch sichtbar ist. Aber jeder der einmal die Gelegenheit hatte in einer klaren Nacht an einem wenig beleuchteten Ort den Nachthimmel zu bewundern, wird verstehen warum sich Menschen schon immer für dieses Naturschauspiel begeistern konnten. Auch seit dem Jahr der Astronomie 2009 und durch die jährlich stattfindenden Tage der Astronomie entdecken immer mehr Menschen diese atemberaubend schöne Wissenschaft. Wenn auch Sie neugierig auf den Sternenhimmel und seine Geheimnisse sind und besser verstehen möchten was das Universum zusammenhält, dann freuen Sie sich auf diesen Kurs mit den vielen spannenden Themen der Astronomie und seiner angrenzenden Wissenschaften wie z.B. der Geodäsie( Orts- und Zeitbestimmung), der Navigation, der Chronologie ( Zeit- und Kalenderrechnung) und mit der Optik ( Entwicklung astronomischer Instrumente und Sensoren) und natürlich zu Technik, Mathematik, Physik und Raumfahrt. Entdecken Sie nun mit diesem Kurs die wunderbare Welt der Astronomie und verstehen Sie mehr über das Universum als Ganzes.

## Erklärung der Symbole



Übungsaufgaben



Zusammenfassung



Lösungen zu den  
Übungsaufgaben



Anhang



Hausaufgabe



Hinweise/Tipps



Notizen



Links zu interessanten  
Webseiten

## Inhaltsverzeichnis aller Lernhefte

### Lernheft 1:

#### Grundbegriffe der Astronomie

- 1.1 Einleitung
- 1.2 Koordinaten des Himmels
  - 1.2.1 Das Horizontsystem
  - 1.2.2 Das Äquatorsystem
  - 1.2.3 Das ekliptikale System
  - 1.2.4 Das galaktische System
- 1.3 Die Bewegung der Erde
  - 1.3.1 Bewegung der Erde um ihre Achse
  - 1.3.2 Bewegung der Erde um die Sonne
- 1.4 Zusammenfassung
- 1.5 Hausaufgaben
- 1.6 Lösungen der Selbstlernaufgaben

### Lernheft 2

#### Der Planet Erde

- 2.1 Einleitung
- 2.2 Die Entstehung und der Aufbau des Planeten Erde
- 2.3 Die Erdatmosphäre
- 2.4 Erdoberfläche und Plattentektonik
- 2.5 Erdmagnetismus
- 2.6 Die Erdgestalt und die Erdbewegung auf ihrer Bahn
- 2.7 Daten der Erde auf einem Blick
- 2.8 Zusammenfassung
- 2.9 Hausaufgaben
- 2.10 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

### Lernheft 3

#### Die erdähnlichen Nachbarplaneten

- 3.1 Einleitung
- 3.2 Der Planet Merkur
  - 3.2.1 Atmosphäre
  - 3.2.2 Bahn und Rotation
  - 3.2.3 Oberfläche
  - 3.2.4 Missionen
- 3.3 Der Planet Venus
  - 3.3.1 Atmosphäre
  - 3.3.2 Bahn und Rotation
  - 3.3.3 Oberfläche
  - 3.3.4 Missionen
- 3.4 Der Planet Mars
  - 3.4.1 Atmosphäre
  - 3.4.2 Bahn und Rotation

- 3.4.3 Oberfläche
- 3.4.4 Missionen
- 3.5 Zusammenfassung
- 3.6 Hausaufgaben
- 3.7 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

### Lernheft 4

#### Die Gasplaneten

- 4.1 Einleitung
- 4.2 Der Planet Jupiter
  - 4.2.1 Aufbau und Oberfläche
  - 4.2.2 Bahn und Rotation
- 4.3 Der Planet Saturn
  - 4.3.1 Aufbau und Oberfläche
  - 4.3.2 Bahn und Rotation
- 4.4 Der Planet Uranus
  - 4.4.1 Aufbau und Oberfläche
  - 4.4.2 Bahn und Rotation
- 4.5 Der Planet Neptun
  - 4.5.1 Aufbau und Oberfläche
  - 4.5.2 Bahn und Rotation
- 4.6 Zusammenfassung
- 4.7 Hausaufgaben
- 4.8 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

### Lernheft 5

#### Wichtige Maßeinheiten in der Astronomie

- 5.1 Einleitung
  - 5.1.1 Entfernungen in der Astronomie
  - 5.1.2 Die Astronomische Einheit
  - 5.1.3 Das Lichtjahr
  - 5.1.4 Das Parsec
- 5.2 Winkelmaße in der Astronomie
- 5.3 Parameter zur Sternklassifizierung
  - 5.3.1 Die Leuchtkraftklassen
  - 5.3.2 Die Spektralklassen
  - 5.3.3 Die Helligkeit
  - 5.3.4 Nützliche Präfixe und physikalische Größen
- 5.4 Zusammenfassung
- 5.5 Hausaufgaben
- 5.6 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 6

### Unsere Sonne

- 6.1 Einleitung
- 6.2 Der Aufbau der Sonne
  - 6.2.1 Das Sonneninnere
  - 6.2.2 Die Sonnenatmosphäre
- 6.3 Die solaren Parameter Temperatur und Dichte
- 6.4 Oberflächenmerkmale
  - 6.4.1 Sonnenwind
  - 6.4.2 Sonnenflecken und Sonnenfackeln
  - 6.4.3 Sonneneruptionen
- 6.5 Sonnenrotation
- 6.6 Solarer Magnetismus
- 6.7 Zusammenfassung
- 6.8 Hausaufgaben
- 6.9 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 7

### Der Erdmond

- 7.1 Einleitung
- 7.2 Der Aufbau des Mondes
- 7.3 Die Oberfläche des Mondes
- 7.4 Mondatmosphäre
- 7.5 Mondbewegung
  - 7.5.1 Scheinbare Mondbewegung
  - 7.5.2 Mondrotation
  - 7.5.3 Mondumlauf und Mondphasen
- 7.6 Mond- und Sonnenfinsternisse
- 7.7 Gezeiten
- 7.8 Zusammenfassung
- 7.9 Hausaufgaben
- 7.10 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 8

### Sternkunde I: Sternentstehung

- 8.1 Einleitung
- 8.2 Die interstellare Materie
- 8.3 Sternentstehung
- 8.4 Fusionsmechanismen
  - 8.4.1 Die Proton-Proton-Reaktion
  - 8.4.2 Der Bethe-Weizsäcker-Zyklus
- 8.5 Massebezogene Weiterentwicklung
- 8.6 Entwicklungsende der Sterne
- 8.7 Zusammenfassung
- 8.8 Hausaufgaben
- 8.9 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 9

### Sternkunde II – Sterne und ihre Klassifizierung

- 9.1 Einleitung
- 9.2 Das Hertzsprung-Russell Diagramm
- 9.3 Hauptreihensterne
- 9.4 Unterriesen, Riesen und Überriesen
- 9.5 Veränderliche
- 9.6 Sternhaufen
- 9.7 Zusammenfassung
- 9.8 Hausaufgaben
- 9.9 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 10

### Doppelsterne und Mehrfachsysteme

- 10.1 Einleitung
- 10.2 Einteilung der Doppelsterne
- 10.3 Die Roche Grenze
- 10.4 Kataklysmische Veränderliche
  - 10.4.1 Novae
  - 10.4.2 Zwergnovae
  - 10.4.3 Polare
- 10.5 Mehrfachsysteme
- 10.6 Zusammenfassung
- 10.7 Hausaufgaben
- 10.8 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 11

### Supernovae (SNe)

- 11.1 Einleitung
- 11.2 Mechanismen der Entstehung von Supernovae
- 11.3 Einteilung der Supernovae (SNe)
  - 11.3.1 Supernovae vom Typ I
  - 11.3.2 Supernovae vom Typ II
- 11.4 Supernovaüberreste (SNR)
- 11.5 Zusammenfassung
- 11.6 Glossar
- 11.7 Hausaufgaben
- 11.8 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 12

### Neutronensterne

- 12.1 Einleitung
- 12.2 Aufbau und Entstehung von Neutronensternen
- 12.3 Pulsare
- 12.4 Magnetare
- 12.5 Quarksterne
- 12.6 Zusammenfassung
- 12.7 Hausaufgaben
- 12.8 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 13

### Schwarze Löcher, Quasare und Gammablitz

- 13.1 Einleitung
- 13.2 Grundlagen
- 13.3 Einteilung der Schwarzen Löcher
- 13.4 Methoden des Nachweises von Schwarzen Löchern
- 13.5 Quasare (QSO = quasistellares Objekt)
- 13.6 Gammablitz (GRB = Gamma-ray bursts)
- 13.7 Zusammenfassung
- 13.8 Glossar
- 13.9 Hausaufgaben
- 13.10 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 14

### Kosmische Nebel

- 14.1 Einleitung
- 14.2 Einteilung der Nebel
  - 14.2.1 Planetarischer Nebel
  - 14.2.2 Emissionsnebel
  - 14.2.3 Reflexionsnebel
  - 14.2.4 Supernovaüberreste
  - 14.2.5 Dunkelwolken
  - 14.2.6 Extragalaktische Nebel
- 14.3 Zusammenfassung
- 14.4 Glossar
- 14.5 Hausaufgaben
- 14.6 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 15

### Zwergplaneten und Kleinkörper

- 15.1 Einleitung

- 15.2 Grundlagen
- 15.3 Die Zwergplaneten
- 15.4 Der Asteroidengürtel
- 15.5 Kategorien von Asteroiden
- 15.6 Die erdnahen Asteroidengruppen
- 15.7 Trojaner
- 15.8 Zusammenfassung
- 15.9 Glossar
- 15.10 Hausaufgaben
- 15.11 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 16

### Transneptunische Objekte und Kometen

- 16.1 Einleitung
- 16.2 Grundlagen
- 16.3 Transneptunische Objekte (TNOs)
- 16.4 Oortsche Wolke
- 16.5 Kometen
- 16.6 Einteilung
- 16.7 Aufbau
- 16.8 Kometen und Meteorströme
- 16.9 Zusammenfassung
- 16.10 Glossar
- 16.11 Hausaufgaben
- 16.12 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 17

### Sternbilder I

- 17.1 Einleitung
- 17.2 Sternbilder
- 17.3 Der Tierkreis (Zodiak)
- 17.4 Die Bayer-Bezeichnung
- 17.5 Das Sternbild Widder
- 17.6 Das Sternbild Stier
- 17.7 Das Sternbild Zwillinge
- 17.8 Das Sternbild Krebs
- 17.9 Das Sternbild Löwe
- 17.10 Das Sternbild Jungfrau
- 17.11 Das Sternbild Waage
- 17.12 Das Sternbild Skorpion
- 17.13 Das Sternbild Schütze
- 17.14 Das Sternbild Steinbock
- 17.15 Das Sternbild Wassermann
- 17.16 Das Sternbild Fische
- 17.17 Zusammenfassung
- 17.18 Glossar
- 17.19 Hausaufgaben
- 17.20 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 18

### Sternbilder II

- 18.1 Einleitung
- 18.2 Die Sternbahn
- 18.3 Sternkoordinaten und Helligkeiten
- 18.4 Zirkumpolarsternbilder der Nordhalbkugel
- 18.5 Wintersternbilder der Nordhalbkugel
- 18.6 Frühjahrssternbilder der Nordhalbkugel
- 18.7 Sommersternbilder der Nordhalbkugel
- 18.8 Herbststernbilder der Nordhalbkugel
- 18.9 Zusammenfassung
- 18.10 Glossar
- 18.11 Hausaufgaben
- 18.12 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 19

### Sternbilder III

- 19.1 Einleitung
- 19.2 Die Parallaxenmethode
- 19.3 Sternbilder der Südhalbkugel
- 19.4 Lage der Sternbilder der Südhalbkugel
- 19.5 Zusammenfassung
- 19.6 Glossar
- 19.7 Hausaufgaben
- 19.8 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 20

### Grundlagen der Spektroskopie

- 20.1 Einleitung
- 20.2 Eigenschaften des Lichts
- 20.3 Optische Spektroskopie
- 20.4 Spektroskopie der Sonne
- 20.5 Schwarzer Strahler
- 20.6 Sternspektren
- 20.7 Bewegung von Lichtquellen
- 20.8 Zusammenfassung
- 20.9 Glossar
- 20.10 Hausaufgabe
- 20.11 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 21

### Entwicklung der Astronomie I

- 21.1 Einleitung
- 21.2 Entstehung der Astronomie
- 21.3 Das babylonische Weltbild

- 21.4 Die Maya-Astronomie
- 21.5 Griechische Astronomen und Philosophen
  - 21.5.1 Aristarch und das heliozentrische Weltbild
  - 21.5.2 Eratosthenes von Kyrene und der Umfang der Erde
  - 21.5.3 Das Weltbild des Claudius Ptolemäus
- 21.6 Die Brahesche Supernova
- 21.7 Die Planetenbahn nach Johannes Kepler
- 21.8 Die Erfindung des Fernrohrs
- 21.9 Die Galileischen Jupitermonde
- 21.10 Zusammenfassung
- 21.11 Hausaufgaben
- 21.12 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 22

### Entwicklung der Astronomie II

- 22.1 Einleitung
- 22.2 Die Entdeckungen des Simon Marius
- 22.3 Das erste Spiegelteleskop
- 22.4 Die Monde des Planeten Saturn
- 22.5 Entdeckung des größten Saturnmondes
- 22.6 Sir Isaac Newton und das Gravitationsgesetz
- 22.7 Die Entdeckung der Planeten Uranus und Neptun
- 22.8 Der Zwergplanet Ceres
- 22.9 Vermessung der Erde
- 22.10 Das erste Spektroskop
- 22.11 Schwarze Löcher
- 22.12 Das Hertzsprung-Russell-Diagramm
- 22.13 Die Marsmonde Phobos und Deimos
- 22.14 Die Erforschung des Mikrokosmos
- 22.15 Hubble und das Weltraumteleskop
- 22.16 Zusammenfassung
- 22.17 Glossar
- 22.18 Hausaufgaben
- 22.19 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 23

### Johannes Kepler

- 23.1 Einleitung
- 23.2 Johannes Kepler
- 23.3 Das Einkörperproblem
- 23.4 Das Erste Kepler'sche Gesetz
- 23.5 Das Zweite Kepler'sche Gesetz
- 23.6 Das Dritte Kepler'sche Gesetz
- 23.7 Epizykeltheorie

- 23.8 Rückläufigkeit und Schleifenbahn
- 23.9 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben
- 23.10 Zusammenfassung
- 23.11 Glossar
- 23.12 Hausaufgabe

## **Lernheft 24**

### **Albert Einstein I**

- 24.1 Einleitung
- 24.2 Albert Einstein
- 24.3 Die Spezielle Relativitätstheorie (SRT)
- 24.4 Das Inertialsystem
- 24.5 Das Besondere der Lichtgeschwindigkeit
- 24.6 Die Lorentztransformation
- 24.7 Die Zeitdilatation
- 24.8 Myonen und das Relativitätsprinzip
- 24.9 Das Zwillingsparadoxon
- 24.10 Das Minkowski-Diagramm
- 24.11 Die Relativität der Gleichzeitigkeit
- 24.12 Äquivalenz von Masse und Energie
- 24.13 Zusammenfassung
- 24.14 Glossar
- 24.15 Hausaufgabe
- 24.16 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## **Lernheft 25**

### **Albert Einstein II**

- 25.1 Einleitung
- 25.2 Die Allgemeine Relativitätstheorie (ART)
- 25.3 Das Äquivalenzprinzip
- 25.4 Schwerkraft-Zeit-Theorie
- 25.5 Lichtablenkung am Schwerefeld
- 25.6 Raumkrümmung
- 25.7 Das GPS (Global Positioning System)
- 25.8 Zusammenfassung
- 25.9 Glossar
- 25.10 Hausaufgaben
- 25.11 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## **Lernheft 26**

### **Einteilung der Elementarteilchen (Quantenphysik I)**

- 26.1 Einleitung
- 26.2 Die Teilchenphysik
- 26.3 Antiteilchen und Antimaterie
- 26.4 Quarks

- 26.5 Elementarteilchen und ihr Spin
- 26.6 Die physikalischen Grundkräfte
- 26.7 Materieteilchen und Vermittler
- 26.8 Das Standardmodell der Elementarphysik
- 26.9 Kosmische Strahlung
- 26.10 Zusammenfassung
- 26.11 Glossar
- 26.12 Hausaufgabe
- 26.13 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## **Lernheft 27**

### **Einblick in die Quantenmechanik**

- 27.1 Einleitung
- 27.2 Quantenmechanik
- 27.3 Der Photoeffekt
- 27.4 Der Comptoneffekt
- 27.5 Der Welle-Teilchen-Dualismus
- 27.6 Materiewellen
- 27.7 Die Heisenberg'sche Unschärferelation
- 27.8 Das Pauli-Prinzip (Ausschlussprinzip)
- 27.9 Die Atomuhr
- 27.10 Zusammenfassung
- 27.11 Glossar
- 27.12 Hausaufgaben
- 27.13 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## **Lernheft 28**

### **Entwicklung astronomischer Instrumente**

- 28.1 Einleitung
- 28.2 Der Gnomon
- 28.3 Das Triquetrum
- 28.4 Der Jakobsstab
- 28.5 Die Armillarsphäre
- 28.6 Das Astrolabium
- 28.7 Der Mauerquadrant
- 28.8 Zusammenfassung
- 28.9 Glossar
- 28.10 Hausaufgaben
- 28.11 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 29

### Grundbegriffe der Teleskoptechnik I

- 29.1 Einleitung
- 29.2 Entwicklung des Teleskops
- 29.3 Objektiv und Okular
- 29.4 Kenndaten des Teleskops
  - 29.4.1 Objektivöffnung
  - 29.4.2 Austrittspupille
  - 29.4.3 Vergrößerung
  - 29.4.4 Okulargesichtsfeld
- 29.5 Himmelsqualität
  - 29.5.1 Grenzgrößenbestimmung
  - 29.5.2 Bortle-Skala
- 29.6 Zusammenfassung
- 29.7 Glossar
- 29.8 Hausaufgaben
- 29.9 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 30

### Grundbegriffe der Teleskoptechnik II

- 30.1 Einleitung
- 30.2 Teleskoparten
  - 30.2.1 Der Refraktor
  - 30.2.2 Der Reflektor
  - 30.2.3 Katadioptrische Teleskope
- 30.3 Montierungen
  - 30.3.1 Die azimutale Montierung
  - 30.3.2 Die parallaktische Montierung
- 30.4 Zusammenfassung
- 30.5 Glossar
- 30.6 Hausaufgaben
- 30.7 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 31

### Grundbegriffe der Teleskoptechnik III

- 31.1 Einleitung
- 31.2 Okulare
  - 31.2.1 Okularaufbau
  - 31.2.2 Okulartypen
  - 31.2.3 Linsen
- 31.3 Sonnenbeobachtung
- 31.4 Zusammenfassung
- 31.5 Glossar
- 31.6 Hausaufgaben
- 31.7 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 32

### Radioastronomie

- 32.1 Einleitung
- 32.2 Entdeckung der Radiostrahlung
- 32.3 Kosmische Hintergrundstrahlung
- 32.4 Radiostrahlung
- 32.5 Funktionsweise von Radioteleskopen
- 32.6 Die Winkelauflösung
- 32.7 Bestehende Radioteleskope
- 32.8 Zusammenfassung
- 32.9 Glossar
- 32.10 Hausaufgaben
- 32.11 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 33

### Das Milchstraßensystem

- 33.1 Einleitung
- 33.2 Lage und Struktur der Milchstraße
- 33.3 Das galaktische Koordinatensystem
- 33.4 Die galaktische Scheibe und die Spiralarme
- 33.5 Der galaktische Halo und der Bulge
- 33.6 Das galaktische Zentrum
- 33.7 Zusammenfassung der Sternpopulation
- 33.8 Rotation und Massenverteilung der Milchstraße
- 33.9 Zusammenfassung
- 33.10 Glossar
- 33.11 Hausaufgaben
- 33.12 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## Lernheft 34

### Galaxien

- 34.1 Einleitung
- 34.2 Galaxientypen
- 34.3 Zwerggalaxien
- 34.4 Aktive Galaxien
- 34.5 Die Lokale Gruppe
- 34.6 Galaxienhaufen
- 34.7 Zusammenfassung
- 34.8 Glossar
- 34.9 Hausaufgaben
- 34.10 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben



## **Lernheft 35**

### **Dunkle Materie und Dunkle Energie**

- 35.1 Einleitung
- 35.2 Nachweis Dunkler Materie
- 35.3 Galaxien und Dunkle Materie
- 35.4 Der Gravitationslinseneffekt
- 35.5 Dunkle Energie
- 35.6 Zusammenfassung
- 35.7 Glossar
- 35.8 Hausaufgaben
- 35.9 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## **Lernheft 36**

### **Kosmologie**

- 36.1 Einleitung
- 36.2 Was ist Kosmologie
- 36.3 Die Hubble-Beziehung
- 36.4 Die Urknalltheorie
- 36.5 Entwicklung des Universums
- 36.6 Zusammenfassung
- 36.7 Glossar
- 36.8 Hausaufgaben
- 36.9 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## **Lernheft 37**

### **Extrasolare Planetensysteme**

- 37.1 Einleitung
- 37.2 Geschichte der Exoplaneten
- 37.3 Beispiele von Exoplaneten
- 37.4 Nachweismethoden von Exoplaneten
  - 37.4.1 Radialgeschwindigkeitsmethode
  - 37.4.2 Astrometrische Methode
  - 37.4.3 Mikrogravitationslinsen-Methode
  - 37.4.4 Transitmethode
  - 37.4.5 Direkte Beobachtung
- 37.5 Planetenentstehung
- 37.6 Zusammenfassung
- 37.7 Glossar
- 37.8 Hausaufgaben
- 37.9 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## **Lernheft 38**

### **Die Geschichte der Raumfahrt**

- 38.1 Einleitung
- 38.2 Geschichte der Raumfahrt
- 38.3 Pioniere der Raumfahrt
- 38.4 Aufbau einer Rakete
- 38.5 Das Rückstoßprinzip
- 38.6 Der flüssige chemische Raketenantrieb
  - 38.6.1 Der spezifische Impuls
  - 38.6.2 Raketenstufen und Booster
- 38.7 Stabilisierungseinheit, Steuereinheit
- 38.8 Nutzlast
- 38.9 Hülle, Tanks, Schubgerüst
- 38.10 Ariane 1
- 38.11 Zusammenfassung
- 38.12 Glossar
- 38.13 Hausaufgaben
- 38.14 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## **Lernheft 39**

### **Chemische Raketenantriebe und ihre Treibstoffe**

- 39.1 Einleitung
- 39.2 Arten der chemischen Raketentriebwerke
- 39.3 Das Flüssigkeitstriebwerk
- 39.4 Das Feststofftriebwerk
- 39.5 Feststofftriebwerk und Flüssigkeitstriebwerk im Vergleich
- 39.6 Das Hybridtriebwerk
- 39.7 Chemische Treibstoffe
- 39.8 Zusammenfassung
- 39.9 Glossar
- 39.10 Hausaufgabe
- 39.11 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben

## **Lernheft 40**

### **Satellitenbahnen**

- 40.1 Einleitung
- 40.2 Die kosmischen Geschwindigkeiten
- 40.3 Satellitenorbits
- 40.4 Perigäum, Apogäum, Inklination
- 40.5 Umlaufzeit eines Satelliten
- 40.6 Zusammenfassung
- 40.7 Glossar
- 40.8 Hausaufgaben
- 40.9 Lösungen zu den Selbstlernaufgaben