

Sonne und Sterne, Planeten und Monde

Wilhelm Seggewiß

Durch dieses Kapitel des Projektes AstroNawi des ILF sollen die Schüler die Unterschiede zwischen Sonne und Sterne, Planeten und Monde kennenlernen und die wesentlichen Merkmale dieser Himmelskörper erfahren.

Dabei wird von einfachen Beobachtungen des Tages- und Nachthimmels ausgegangen werden.

Übersicht über die Arbeitsblätter

	Seiten
Arbeitsblatt 1: Himmelsbeobachtungen am Tage und in der Nacht	1
Arbeitsblatt 2: Die Sonne und die Sterne	2
Arbeitsblatt 3: Die Milchstraße und die Galaxien	1
Arbeitsblatt 4: Die Erde und die Planeten	2
Arbeitsblatt 5: Die Eigenschaften der Planeten	2
Arbeitsblatt 6: Planeten bei anderen Sternen, Zwergplaneten und Kleine Planeten, Kometen	2
Arbeitsblatt 7: Der Erdmond und die vielen Monde	2
Arbeitsblatt 8: Künstliche Monde	2
Arbeitsblatt 9: Literatur, Internet, Bilder im Internet	2
Arbeitsblatt 10: Diskussion und Antworten zu den Fragen	1
Verzeichnis der Abbildungen	

Ein Pfeil → weist auf verwandte Kapitel von AstroNawi hin.

Das Zeichen ▲ bezeichnet Fragen/Aufgaben für die Schüler. Die Antworten werden auf Arbeitsblatt 10 gegeben.

Die Doppelklammern [[. . .]] markieren Abschnitte, die man auslassen kann.

Himmelsbeobachtungen am Tage und in der Nacht

- ☀ **Es ist Tag, der Himmel ist klar, keine Wolken ziehen.**
 Wir gehen nach draußen, wir stehen unter “freiem Himmel”.
 ▲-01: “Freier Himmel” – was bedeutet das?
 Wir stehen auf der Erde und blicken hinauf zum Himmel.
 ▲-02: Der Himmel ist blau! Warum denn das?
- ** Wir sehen die Sonne. (Vorsicht, ihre energiereichen Strahlen können unseren Augen schaden.)
 Die Sonne ist ein Stern, unser Stern. Sie ist ein Stern wie all die Sterne, die wir nachts sehen können, jedoch ist sie so nahe, daß sie die Erde erhellt und ihr Leben bringt.
- ** Vielleicht sehen wir auch den Mond!
 Am Morgen sehen wir den abnehmenden Mond, der der Sonne vorangeht,
 am Nachmittag den zunehmenden Mond, der der Sonne am Himmel folgt.
 (→ Die wechselnden Gestalt des Mondes wird im Beitrag *Mondphasen* erläutert.)
- ☀ **Es ist Nacht, der Himmel ist klar, keine Wolken ziehen.**
- ** Wir sehen viele, viele Lichtpunkte am Himmel. Sind die Lichtpunkte unzählig?
 Sind das alles Sterne? – Die Antworten findet ihr in den Abschnitten
 “I. Die Sonne und die Sterne” (Arbeitsblatt 2) und
 “II. Die Erde und die Planeten” (Arbeitsblatt 4).
- ** Vielleicht sehen wir wiederum den Mond. Wir interessieren uns nicht nur für seine wechselnde Gestalt (die Mondphasen), sondern wir fragen, ob es noch andere Monde im Weltall gibt, als dieser große leuchtende Himmelskörper. Die Antworten findet ihr im Abschnitt
 “III. Der Erdmond und die vielen Monde” (Arbeitsblätter 7 und 8).
- * * *
- ☀ **Der Himmel ist bewölkt, schwere Wolken hängen am Himmel.**
 Es gibt weiße Wolken, graue Wolken, beinahe schwarze Wolken.
- ** Wir können die Sonne nicht sehen. Aber es ist nicht schwarze Finsternis sondern hell.
 Wir wissen, daß die Sonne am Himmel steht. Die Wolken nehmen das Sonnenlicht auf. Sie verschlucken/absorbieren einen Teil, und sie verteilen/streuen einen anderen Teil des Lichtes. Sind die Wolken sehr dicht, schwächen sie das Sonnenlicht besonders stark und werden grau und schwarz.
- ** Wie hoch steht heute Mittag die Sonne, die wir wegen der Wolken nicht sehen können, am Himmel? Das hängt von der Jahreszeit ab, von Frühling, Sommer, Herbst und Winter.
 (→ Die Antwort gibt uns der Beitrag *Jahreszeiten*.)

- **I. Die Sonne und die Sterne**

- ** **Die Sonne**

Noch einmal: Die Sonne ist ein Stern! Der Stern Sonne ist eine riesige Gaskugel. Ihr Durchmesser beträgt 1,4 Millionen km (1 400 000 km). Sie besteht zu 74 % aus dem leichtesten Grundstoff/Element, dem Wasserstoff, und zu 24 % aus Helium, dem zweitleichtesten Element. Alle anderen Elemente (z.B. Sauerstoff, Eisen, Gold, Uran) machen zusammen nur 2 % ihrer Masse aus.

Die Sonne erzeugt in ihrem Inneren Energie. Sie macht das aber nicht wie die Atomkraftwerke, die sehr schwere Atome in mehrere mittelschwere Atome zerlegen, was "Kernspaltung" genannt wird. Die Sonne verschmilzt in ihrem Inneren die leichtesten Atome zu schwereren Atomen, was wir mit "Kernfusion" bezeichnen. Dies läuft bei Temperaturen von 15 Millionen Grad Celsius (15 000 000 °C) ab. Dabei entstehen riesige Mengen von Energie. Diese bahnt sich den Weg nach außen in großen Wärmeströmen und durch Strahlung. An der Oberfläche der Sonne ist es "nur" noch 6 000 °C heiß. Dort wird die Energie in den Weltraum abgestrahlt. Ein winziger Teil davon trifft auch die Erde.

- ** **Sterne**

Die Sonne unterscheidet sich von den anderen Sternen durch die Masse an Materie und durch ihre Größe. Sterne sehen wir am Nachthimmel als kleine Lichtpunkte. Aber Achtung: Nicht alle diese Lichtpunkte sind auch Sterne. Einige Punkte sind Planeten, die im Arbeitsblatt 4 "Die Erde und die Planeten" behandelt werden. Mit dem "bloßen Auge", also ohne die Hilfe eines Fernrohrs/Teleskops, sieht man zwar sehr viele Sterne, aber keineswegs "unendlich" viele Sterne. Denn steht man in einer klaren dunklen Nacht auf einem hohen Berg und würde die Sterne zählen, käme man auf eine Zahl von 3000. Ein Freund, der gleichzeitig in Südafrika die Sterne zählt und einen ganz anderen Ausschnitt des Himmels sieht, würde ebenfalls ungefähr 3000 Sterne finden. Es gibt also etwa 6000 mit bloßem Auge sichtbare Sterne.

▲-03: Warum sieht man sehr viel weniger Sterne, wenn der Mond am Himmel steht?

▲-04: Warum kann man mit der Hilfe eines Fernrohres viel mehr Sterne sehen?

Mit großen Teleskopen sieht man mehr und immer mehr Sterne, so daß die Astronomen das Zählen aufgegeben haben. Sie machen nur noch Schätzungen über die Sternzahl.

Es gibt sehr viele Sterne, die kleiner sind als die Sonne.

[[Z.B. der Begleiter des Sterns Sirius. Dieser Zwerg hat einen 120 x kleineren Durchmesser als unsere Sonne. Übrigens: Sirius selbst ist der hellste sichtbare Stern am Himmel im Sternbild Großer Hund. Er ist aber nur so hell, weil er uns auch ziemlich nahe ist.

(→ Siehe die Beiträge **Orientierung am Sternhimmel** und **Drehbare Sternkarte**.)]]

Es gibt viele Sterne, die größer sind als die Sonne.

[[Z.B. der Stern Aldebaran im Sternbild Stier, das "Auge" des Stiers. Er ist 25 x größer als die Sonne. Der Stern VY nahe bei Sirius im Sternbild Großer Hund ist sogar 2 000 x größer als die Sonne.]]

** Sterngeburt und Sterntod

Zwischen den Sternen gibt es große Wolken von Gas und Staub. Diese können sich zusammenballen, verdichten und neue, junge Sterne bilden. Die Sonne ist vor etwa 5 Milliarden Jahren (5 000 000 000 J) entstanden (siehe das Bild des Tarantelnebels, Abb. 1). Sterne leben aber nicht "ewig". Irgendwann haben sie in ihrem Inneren alle leichten Elemente zu schwereren Elementen verschmolzen und damit sämtliche Energievorräte verbraucht. Am Ende ihres Lebens explodieren die großen Sterne (siehe das Bild des Krebsnebels, Abb. 2). Die kleinen Sterne fallen zu winzigen Zwergsternen zusammen.



Abb. 1. Der Tarantelnebel im Sternbild Goldfisch – ein Gebiet mit leuchtendem Gas, dunklem Staub und jungen Sternen

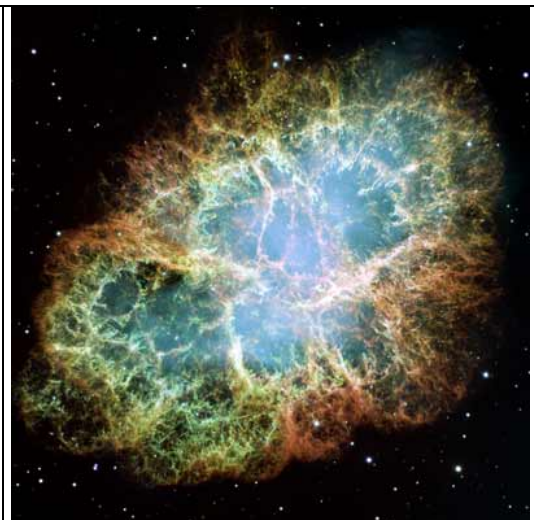


Abb. 2. Der Krebsnebel im Sternbild Stier – Überrest eines explodierten Sternes, einer Supernova-Explosion

** Die Milchstraße und die Galaxien

100 Milliarden Sterne haben sich zusammengefunden (ziehen sich gegenseitig an) und bilden eine große Gemeinschaft: ein Sternsystem, das wir Milchstraßensystem oder “Galaxis” nennen (griechisch *gála* = Milch). In einer sehr dunklen, klaren Nacht können wir ein milchig-weißes Band am Himmel sehen: die Milchstraße (siehe Abb. 3). Sie ist ein Zeichen unseres Milchstraßensystems. Es gibt viele andere Milchstraßensysteme, die man “Galaxien” nennt. Unsere Milchstraße und viele andere Galaxien haben eine scheibenförmige/diskusförmige Gestalt. Helle junge Sterne und leuchtende Gaswolken haben sich in großen Spiralen in der Scheibe angeordnet. Ein Beispiel dieser “Spiralgalaxien” ist die Galaxie Messier 51 oder kurz M51 (Abb. 4). Andere Galaxien haben eine eher elliptische Gestalt am Himmel. Man nennt sie daher “Elliptische Galaxien”. Astronomen schätzen die Zahl aller Galaxien im Weltall auf 100 Milliarden

▲-05: Wieviel Nullen hat die Zahl 100 Milliarden?



Abb. 3. Die Milchstraße über der Insel Hawaii im Pazifischen Ozean, gefüllt mit sehr, sehr vielen, nicht mehr einzeln erkennbaren Sternen, leuchtendem Gas und dunklem Staub



Abb. 4. Die Galaxie M51 (Messier 51)¹ im Sternbild Jagdhunde. Die rötlichen Knoten sind Zusammenballungen vieler heißer und junger Sterne.

Wollte man die Galaxie M51 als Beispiel unserer eigenen Milchstraße nehmen und die Sonne mit ihrem Planetensystem in sie hineinversetzen (Abb. 4), würde sie sich ungefähr an der Stelle des kleinen weißen Kreises am inneren Rand eines Spiralarmes befinden.

¹ Das ist die Nr. 51 (von 107 Objekten), die der französische Astronom Charles Messier in den Jahren 1771 bis 1782 in einem Katalog zusammengestellt hat. M51 wird südlich von einer kleinen diffusen Galaxie begleitet.

- **II. Die Erde und die Planeten**

- **** Die Erde**

Wir stehen mit beiden Beinen auf der Erde. Viele Menschen, Tiere, Pflanzen beleben die Erde. Die Erde hat einen Durchmesser von 12 700 km. Der innerste Bereich der Erde, ihr Kern, steht unter hohem Druck, ist sehr heiß und geschmolzen. Darüber breitet sich ein Mantel flüssiger Materie aus. Die Erdkruste, auf der wir stehen, ist nur etwa 35 km dick.

▲-06: Berechnet den Umfang der Erde am Äquator.

Die Oberfläche der Erde besteht aus Meeren und Kontinenten. Auf den Kontinenten finden wir Berge und Täler, Wälder und Felder, Seen und Wüsten. Aber die Erde leuchtet nicht selbst – wie die Sonne und die Sterne. Sie wird durch die Sonne beleuchtet. Die Beleuchtung durch die Sonne wechselt sehr stark:

1. Die Erde dreht sich um ihre Achse relativ zur Sonne in einem Tag. Das ist die Definition des **Tages!** So entsteht das Wechselspiel von hellem Tag und dunkler Nacht.
2. Die Erde dreht sich in einem Jahr auf einer langgestreckten Bahn einmal um die Sonne. So definiert man das **Jahr**. Ein Jahr hat 365,25 Tage (genauer 365,2422 Tage).

Hier seht ihr, wie schwierig es ist, einen Kalender zu machen, also den Lauf der Zeit einzuteilen. Denn das Kalenderjahr muß natürlich eine ganze Anzahl von Tagen haben. Gleichzeitig muß es im Tritt mit dem “krummen” Sonnenjahr bleiben, damit sich die Jahreszeiten nicht durch das Kalenderjahr hindurch bewegen.

(→ Die Lösung dieser schwierigen Aufgabe findet ihr im Beitrag **Kalender**.)

Die Erdbahn ist kein perfekter Kreis, sondern sie ist ein klein wenig elliptisch. Im Mittel ist dabei die Erde etwa 150 Millionen km (150 000 000 km) von der Sonne entfernt.

▲-07 Warum muß man hier “im Mittel” sagen?

- **** Die Planeten und das Sonnensystem**

Die Erde ist ein Planet. Sie ist ein Kind der Sonne.

Die Erde entstand aus kleinen Überresten von Materie, die nicht zur Sonne zusammenklumpten. Neben der Erde bildeten sich noch weitere sieben Große Planeten, also insgesamt acht Große Planeten. Sonne und Planeten gemeinsam bezeichnet man als **Sonnensystem**, manchmal auch als Planetensystem.

Die Planeten bewegen sich mit der Erde auf schwach elliptischen Bahnen um die Sonne, also auf Bahnen, die sich nur wenig Kreisbahnen unterscheiden. Die Bahnen verlaufen nicht kreuz und quer durch das Sonnensystem, sondern liegen allesamt in einer Ebene. Weiter innen als die Erde laufen die Planeten Merkur und Venus, weiter außen laufen Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun um die Sonne (siehe Abb. 5).

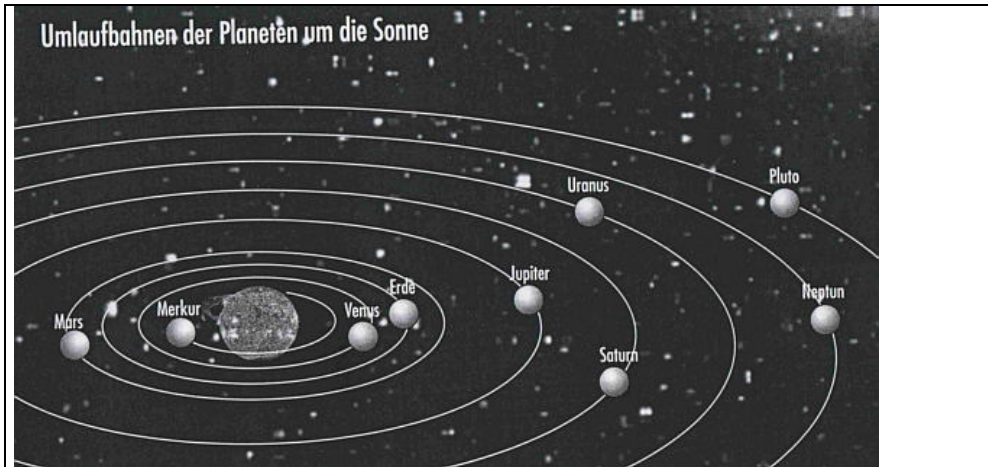


Abb. 5. Hier sieht man die Umlaufbahnen der acht Großen Planeten um die Sonne. Ganz außen sieht man außerdem den Pluto, den man seit 2008 nur noch als Zwergplaneten bezeichnet.

▲-08: Wir wissen: Die Planetenbahnen sind nur schwach elliptisch. Überlegt, weshalb auf der Abbildung 5 die Bahnen so starke Ellipsen bilden.

Wie die Erde haben auch die Planeten kein eigenes Licht. Sie werden ebenfalls von der Sonne beschienen. Ihre Oberfläche reflektiert einen Teil des Sonnenlichtes. Und dieses reflektierte Licht können wir nachts als kleine Lichtpunkte, als Zeichen der Planeten bewundern. Die Planeten Merkur, Venus, Mars und Jupiter sind heller als der hellste Fixstern, also als Sirius im Sternbild Großer Hund. Saturn ist noch ziemlich hell, während man Uranus und Neptun nur mit einem Fernrohr sehen kann.

▲-09: Überlegt, warum ein einzelner Planet recht unterschiedlich hell sein kann.

** Die Eigenschaften der Planeten

Die Planeten unterscheiden sich in vielen Eigenschaften, zum Beispiel in ihrer Größe, dem Abstand von der Sonne, der Zeit eines Umlaufs um die Sonne. Abb. 6 zeigt noch einmal die Reihenfolge der Planeten im Sonnensystem, ihre Größenverhältnisse und das Aussehen ihrer Oberflächen. Die Abstände der Planeten von der Sonne und untereinander stimmen aber gar nicht. Der Abstand der Erde von der Sonnenoberfläche auf dem Papier ist ungefähr 2,5 cm. Der äußerste Große Planet Neptun müßte dann etwa 75 cm von der Sonne entfernt eingezeichnet werden.

▲-10: Könnt ihr das mit Hilfe der folgenden Tabelle berechnen?

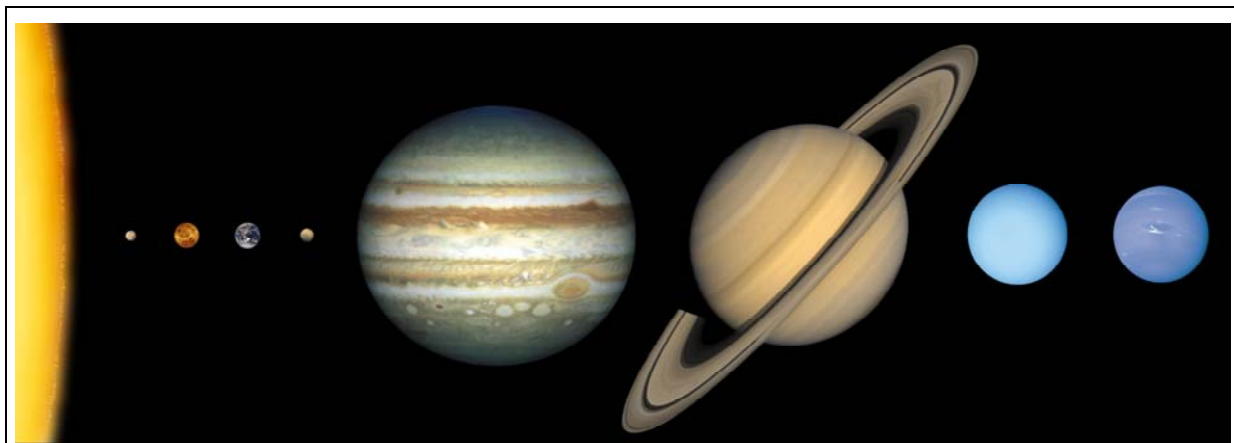


Abb. 6. Die Reihenfolge der Planeten und ihre relative Größe. Aber Achtung: Die relativen Abstände stimmen nicht! (Siehe dazu Arbeitsblatt 5.) Die riesige Sonne ist nur mit einem winzigen Ausschnitt am linken Bildrand gezeigt. Wir sehen dann Merkur – Venus – Erde – Mars – Jupiter – Saturn (und seine Ringe) – Uranus – Neptun.

Wenn ihr erfahren wollt, wie die wirklichen Verhältnisse im Sonnensystem aussehen – also die Größe von Sonne und Planeten und die Abstände der Planeten von der Sonne – dann geht einen Planetenweg! (→ Siehe den Beitrag *Planetenwege*.)

▲-11: Diskutiert die Spalten der folgenden Tabelle!

1. *Spalte*. Die Planeten sind nach Göttern der Antike (der Griechen und Römer) benannt: Merkur = Götterbote; Venus = Göttin der Liebe; Mars = Kriegsgott; Jupiter = Göttervater, oberster Gott der Römer, bei den Griechen Zeus genannt; Saturn = Gott des Ackerbaus; Uranus = Gott der Frühzeit, Herrscher vor Zeus/Jupiter; Neptun = Gott der Gewässer und Meere. "Erde" ist ein alter germanischer Name. Bei den Griechen ist die Erde nach der Erdgöttin Gaia benannt.

2. *Spalte*. Die Planeten haben sehr unterschiedliche Durchmesser.

▲-12: Wieviel mal größer ist der Durchmesser des Jupiters im Vergleich zur Erde?

3. *Spalte*. Die Temperatur an den Oberflächen der Planeten sinkt mit dem Abstand von der Sonne. Die Venus bildet eine Ausnahme, da ihre dichte Atmosphäre die eingestrahlte Sonnenenergie speichert. Auch die Erde ist durch ihre schützende Atmosphäre wärmer. Ohne Kohlendioxid CO_2 in der Atmosphäre wäre es -18 °C kalt. Dies verdanken wir dem Treibhauseffekt!

▲-13: Warum sinken die Oberflächentemperaturen der Planeten mit dem Sonnenabstand?

Planet	Durchmesser	Temperatur an der Oberfläche	Mittlerer Abstand von der Sonne in Erdbständen	Umlaufzeit um die Sonne in Jahren	Anzahl der Monde
<i>Merkur</i>	4 878 km	167 °C	0,387	0,241	0
<i>Venus</i>	12 104	464	0,723	0,615	0
<i>Erde</i>	12 756	15	1	1	1
<i>Mars</i>	6 792	– 55	1,524	1,881	2
<i>Jupiter</i>	142 796	– 108	5,205	11,869	63
<i>Saturn</i>	120 536	– 134	9,576	29,628	62
<i>Uranus</i>	51 118	– 197	19,281	84,665	27
<i>Neptun</i>	49 528	– 201	30,142	164,79	13

(Daten aus Meyers Handbuch Weltall und Wikipedia)

4. *Spalte*. Die mittleren Abstände der Planeten von der Sonne sind in Vielfachen des Erdbandes gegeben. Der Abstand Erde-Sonne wird also zu genau 1 gesetzt.

▲-14: Um wieviel schwächer ist die Sonnenstrahlung bei Mars und bei Neptun im Vergleich zur Einstrahlung auf der Erde?

▲-15: Da der mittlere Abstand der Erde von der Sonne fast genau 150 Millionen km beträgt, kann man jetzt die Abstände der übrigen Planeten in Millionen km berechnen.

5. *Spalte*. Je weiter ein Planet von der Sonne entfernt ist, je größer ist auch seine Bahn und je länger die Zeit seines Umlaufs um die Sonne.

[[Der große Astronom Johannes Kepler hat im Jahre 1619 dafür eine Formel gefunden, das berühmte Dritte Keplersche Gesetz: Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kuben der großen Halbachsen ihrer Bahnellipsen.]]

▲-16: Berechnet die Umlaufzeiten der Planeten Merkur, Venus und Mars in Tagen.

6. *Spalte*. Die inneren Planeten Merkur und Venus haben keinen Mond, die Erde hat einen und der Mars hat zwei Monde. Die äußeren Planeten haben viele Monde. Der Planet Saturn hat außerdem einen deutlich sichtbaren Ring. Zu den Monden und zum Saturnring siehe das Arbeitsblatt 7.

Die inneren Planeten Merkur, Venus und Mars bezeichnet man auch als “erdähnlich”. Denn ihre Oberfläche ist wie die der Erde steinig und felsig. Beim Planeten Mars gibt es an den Polkappen große Eisschichten, wie wir sie auch auf der Erde in der Arktis und der Antarktis kennen. Flüssiges Wasser hat man beim Mars noch nicht entdeckt.

Die äußeren Planeten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun heißen auch wohl Gasplaneten, da sie keineswegs fest sondern gasförmig sind. Bei Jupiter kann man sehr bewegte äußere Schichten erkennen, in denen riesige Wirbelstürme wüten (Abb. 6).

**** Planeten bei anderen Sternen**

Lange Zeit hat man nicht gewußt, ob auch andere Sterne von Planeten umrundet werden. Denn die Planeten haben ja kein eigenes Licht. Sie reflektieren nur das Licht ihres Sterns und sind daher sehr, sehr schwach leuchtend. Wenn so ein Planet aber vor dem Stern vorüberzieht (von uns aus gesehen!), dann schattet er ein klein wenig Licht seines Sternes ab, so dass dieser etwas schwächer leuchtet. Diesen Effekt nutzen die Astronomen aus, um Planeten bei fremden Sternen zu entdecken. Bisher hat man fast 500 Planeten außerhalb unseres Sonnensystems bei fremden Sternen entdeckt. Man nennt diese Planeten *Exoplaneten* (im Griechischen bedeutet "exo" außerhalb).

Natürlich würden wir sehr gern wissen, ob auf diesen Exoplaneten auch Lebewesen oder sogar intelligente Wesen wie wir Menschen existieren. Man nennt das dann "extraterrestrische Zivilisationen" (lateinisch "extra" = außerhalb und "terra" = die Erde).

▲-17: Überlegt, weshalb es beinahe unmöglich ist, extraterrestrische Zivilisationen zu entdecken.

**** Zwergplaneten und Kleine Planeten**

Wir haben die 8 Großen Planeten kennengelernt. Es gibt aber noch unglaublich viele fels- und steinartige Himmelskörper, die zusammen mit den Großen Planeten um die Sonne kreisen, also auch zur Familie des Sonnensystems gehören. Die größeren unter ihnen nennt man Zwergplaneten (z.B. Pluto in Abb. 5, Durchmesser 2390 km), die kleineren heißen **Kleine Planeten** oder Asteroiden (z.B. Eros, siehe Abb. 7). Bisher hat man fast 500 000 Kleine Planeten entdeckt. Die kleinsten haben nur wenige Meter Durchmesser. Es gibt aber sicherlich noch kleinere Himmelskörper – bis hinunter zu Staubteilchen. Wenn diese Winzlinge in die Erdatmosphäre eintauchen, dann verglühen sie, und es bildet sich eine Lichterscheinung, die wir "**Sternschnuppe**" nennen. Trifft aber ein größerer Körper von mehreren Metern Durchmesser auf die Erdatmosphäre, schlägt er bis auf den Erdboden durch. Man findet ihn dann als Meteoriten auf der Erde. Hat der Kleine Planet einen Durchmesser von einigen Kilometern und kollidiert er mit der Erde, kann es zu einer erdweiten Katastrophe kommen. So nehmen die Forscher an, dass die Dinosaurier ausstarben, als vor 65 Millionen Jahren ein großer Meteorit nahe der Halbinsel Yukatan in Mexiko einschlug.

**** Kometen**

Eine Gruppe von Mitgliedern des Sonnensystems darf hier nicht fehlen: Die Kometen. Die Kometen sind eigentlich nur so etwas wie schmutzige Schneebälle mit Durchmessern zwischen 10 km und 40 km. Sie bewegen sich zumeist auf sehr langgestreckten und stark elliptischen Bahnen um die Sonne. Wenn sie aber nahe an die Sonne herankommen, verdampft die Sonnenstrahlung die oberen Schichten des schmutzigen Schnees. Gas (z.B. Wasserdampf, Methan, Ammoniak) und Staub werden freigesetzt. Dieses Material wird von der Sonnenstrahlung vom Kometen weggetrieben. Es bilden sich zwei Schweife: Der gleichmäßige Staubschweif und

der verwirbelte Schweif aus elektrisch aufgeladenem Gas ("Ionenschweif"). Siehe Abb. 8.: Der Gasschweif leuchtet dort blau.

Der bekannteste Komet ist der Komet Halley. Er ist nach dem englischen Astronomen Edmond Halley benannt, der um das Jahr 1700 errechnete, daß dieser Komet alle 75 Jahre auf seiner Bahn wieder nahe an die Sonne herankommt und die herrlichen Schweife bildet. Das nächste mal wird Halleys Komet im Jahre 2061 der Sonne wieder nahekommen. Aber vielleicht können wir schon vor diesem Datum einen hellen Kometen am Himmel bewundern. Da gibt es immer wieder Überraschungen.



Abb. 7. Der Kleine Planet Eros. Seine Maße betragen $33 \times 13 \times 13 \text{ km}^3$. Eros wurde im Jahre 2001 von der Sonde NEAR-Shoemaker angeflogen und fotografiert.



Abb. 8. Der Komet Hale-Bopp von 1997, der nach seinen Entdeckern, den Amerikanern Hale und Bopp, benannt wurde.

- **III. Der Erdmond und die vielen Monde**

**** Der Erdmond**

Die Erde besitzt einen Mond, der in einer fast kreisrunden Bahn um die Erde läuft. Für einen Umlauf braucht er etwas mehr als $29 \frac{1}{2}$ Tage, nämlich $29,5306$ Tage = 29d 12h 44m 3s. Der Mond ist (im Mittel) 384 400 km von der Erde entfernt. Sein Durchmesser beträgt 3476 km. Das ist immerhin 27 % des Erddurchmessers. Der Mond ist damit recht groß im Vergleich zu seinem Heimatplaneten Erde. Mond und Sonne haben am Himmel beinahe den gleichen scheinbaren Durchmesser, nämlich $\frac{1}{2}^\circ$, obwohl doch die Sonne sehr, sehr viel größer ist. Wenn der Mond genau zwischen Erde und Sonne vorbeiläuft, kann er die Sonne vollständig abdecken, und es entsteht eine Sonnenfinsternis. Andererseits bildet sich hinter der Erde ein Schattenbereich aus, in den die Sonne nicht hineinscheint. Tritt der Mond in den Erdschatten, spricht man von einer Mondfinsternis. (→ Siehe dazu den Beitrag *Mondphasen*.)

▲-18: Bestätigt, dass die obige Umrechnung von Tagesbruchteilen ($0,5306$ Tage) in Stunden h, Minuten m und Sekunden s korrekt ist.

▲-19: Berechnet den Monddurchmesser als Bruchteil des Erddurchmessers in Prozent.

▲-20: Könnt ihr durch eine Rechnung erklären, weshalb Mond und Sonne fast den gleichen scheinbaren Durchmesser haben?

Die halbe Oberfläche des Mondes wird stets von der Sonne beschienen (wie bei der Erde ja auch!). Auf der Tagesseite des Mondes steigt die Temperatur auf 120°C und sinkt auf der Nachtseite auf -130°C . Die beleuchtete Mondseite sehen wird nur ganz ("voll"), wenn der Mond der Sonne am Himmel gegenübersteht (Vollmond). Steht der Mond in Richtung Sonne, können wir ihn gar nicht sehen, da er seine beleuchteten Seite von uns abwendet (Neumond).

(→ Siehe wiederum den Beitrag *Mondphasen*.)

Die Entstehung des Mondes ist immer noch nicht geklärt. Viele Forscher nehmen an, daß der Mond nach einem Zusammenstoß der Erde mit einem anderen Planeten aus der dabei ausgeschleuderten Materie entstanden ist.

Am 21. Juli 1969 landeten die amerikanischen Astronauten Neil Armstrong und Buzz Aldrin der Apollo 11-Mission auf dem Mond und brachten Mondgestein herunter zur Erde.

**** Monde bei anderen Planeten**

Außer Merkur und Venus haben alle anderen Großen Planeten des Sonnensystems eigene Monde (siehe die Tabelle auf dem Arbeitsblatt 5). Um Verwechslungen auszuschließen, sagt man zu unserem Mond dann "Erdmond". Der Planet Mars hat zwei Monde mit Namen Phobos und Daimos. Sie sind sehr klein im Vergleich zum Mars und auch zum Erdmond und ganz unregelmäßig geformte Gesteinsbrocken: Phobos hat maximal. 27 km Größe (Abb. 9), aber Daimos nur 15 km.

Im Jahre 1609 entdeckte der italienische Astronom Galileo Galilei, gleich nachdem er als erster Mensch ein Fernrohr auf den Himmel gerichtet hat, vier Monde beim Planeten Jupiter. Mit einem sehr guten Fernglas und sehr ruhiger Hand könnt ihr diese galileischen Monde sogar sehen.² Durch große Fernrohre und durch Vorbeiflug von Satelliten hat man bei den Riesenplaneten Jupiter und Saturn bisher über je 60 Monde entdeckt (siehe z.B. Abb. 10). Sicher werden noch weitere kleine Monde entdeckt werden.



Abb. 9. Der Marsmond Phobos. Seine größte Ausdehnung ist nur 27 km.

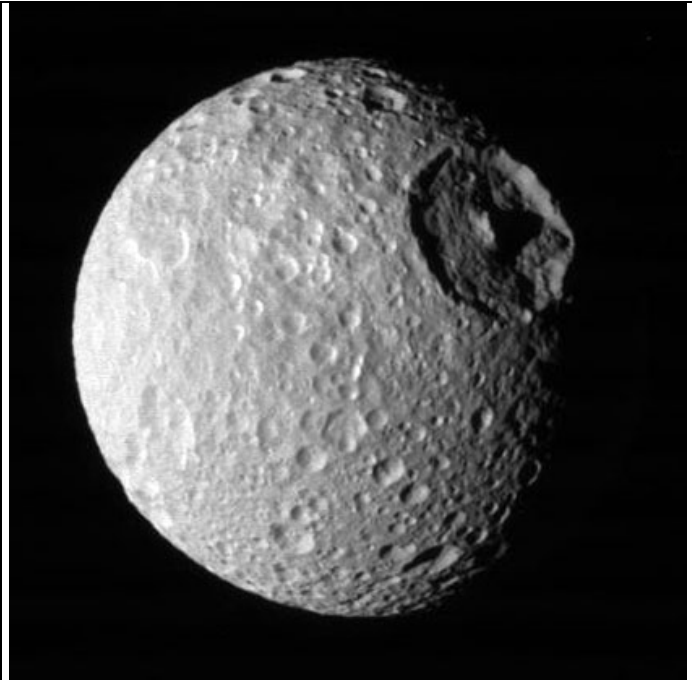


Abb. 10. Der Saturnmond Mimas, Durchmesser fast 400 km. Seine Oberfläche ist von den Einschlägen kleiner Himmelskörper (Kleine Planeten, Kometen) stark gezeichnet. Ein Einschlag war eine gewaltige Katastrophe!

Ein Blick durch ein kleines Teleskop auf Saturn zeigt, daß er von einem Ringsystem umgeben ist (siehe Abb. 6 auf Arbeitsblatt 4). Vermutlich gab es dort einmal einen kleinen Mond, der dem Saturn zu nahe kam und durch dessen Kräfte in kleine Brocken, Staub und Gas zerrieben wurde. Die Teile haben sich dann längs der ehemaligen Mondbahn ausgebreitet. Raumsonden haben auch bei den Planeten Jupiter, Uranus und Neptun Ringe entdeckt.

² Die UNESCO hat das Jahr 2009 zum Internationalen Jahr der Astronomie erklärt, weil 400 Jahre zuvor Galileo Galilei zum erstenmal ein Fernrohr auf den Himmel gerichtet hat und Johannes Kepler seine beiden ersten Gesetze über die Planetenbewegung im Sonnensystem gefunden hat.

** Künstliche Monde

Die Erde hat zwar nur einen "natürlichen" Mond, aber sehr viele künstliche Monde. Am 4. Oktober 1957 startete die Sowjetunion den ersten Kunstmond, den Sputnik 1 (Abb. 11). Diese Monde werden auch Satelliten (von lateinisch *satellites* = Leibwächter, Trabanten) genannt. Satelliten mit vielen Meßgeräten an Bord nennt man auch wohl Sonden. Mit Menschen an Bord nennt man sie Raumschiffe. Die berühmteste Sonde trägt ein großes Fernrohr, das Hubble-Weltraumteleskop (Abb. 12). Mit diesem Teleskop wurden schöne Bilder aufgenommen (siehe Abb. 1 und 2). Die Astronomen konnten aus diesen Bildern vieles Lernen über Geburt und Tod der Sterne und über den Aufbau des Weltalls.

Viele Satelliten können auch nützlich sein für das tägliche Leben des Menschen, z.B.

- ** Kommunikationssatelliten – zur weltweiten Übertragung von Telefongesprächen und Daten,
- ** Wettersatelliten – damit man vorausschauen kann, ob es morgen regnet,
- ** Fernsehsatelliten – zur Verbreitung von Hallotria-Sendungen,
- ** das GPS (Global Positioning System) – damit man weiß, ob man gerade in der Schule oder zu Hause ist,
- ** das Navi (Navigationssystem) – das einen in die Sackgasse führt (nicht zu verwechseln mit NAWI, da ist man schon in der Sackgasse).

▲-21: Bewertet die Nützlichkeit dieser Satelliten!

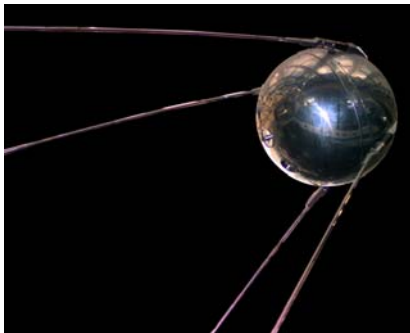


Abb. 11. Der erste künstliche Mond der Erde, Sputnik 1; Start 1957 (Durchmesser nur 58 cm, Gewicht 84 kg)



Abb. 12. Der berühmteste künstliche Mond der Erde, das Hubble-Weltraumteleskop, das nach dem amerikanischen Astronomen Edwin Hubble (1889-1953) benannt wurde; Start 1990 (13,1 m lang, 11,6 t Gewicht). Es umkreist die Erde in einer Höhe von 575 km in 96 Minuten.

Eine Reihe von Sonden hat man auch zum Mond und zu den Planeten gesandt. Man hat sie zunächst mit Raketen in eine Umlaufbahn um die Erde gebracht und dann aus ihrer Bahn in Richtung der Planeten geschossen. Beispiele sind:

- ** Die Raumschiffe der amerikanischen Apollo-Mission zum Mond (siehe Arbeitsblatt 7),
- ** Pathfinder und Polar Lander zum Mars,
- ** Mars Odyssey. Diese Sonde hält einen Weltrekord im Planetenumrunden, denn sie umkreist seit dem 24. Oktober 2001 den Mars, also schon mehr als 9 Jahre!
- ** Voyager I und Voyager II zu den Planeten Jupiter und Saturn. Voyager I wurde am 5. Sept. 1977 gestartet. Inzwischen hat die Sonde das Sonnensystem verlassen und ist etwa 120 mal weiter von der Sonne entfernt als die Erde. Auch das ist ein Weltrekord! Sucht Aufnahmen der Voyager-Sonden von Jupiter, Saturn und deren Monde im Internet Das Bild Jupiters in Abb. 6 (Arbeitsblatt 5) ist solch eine Aufnahme.

▲-22: Könnt ihr erklären, warum die Marssonde den Namen "Odyssey" hat – abgeleitet von Odysseus?

▲-23: Berechnet, wieviel Milliarden km Voyager I von der Sonne entfernt ist.

Literatur

Für Schüler, die mehr wissen wollen

Vorausbemerkung: Es gibt viele Astronomiebücher für Schüler und Jugendliche. Sucht im Internet z.B. unter www.amazon.de (Stichwörter “Astronomie für Kinder/für Einsteiger”).

Jedoch zeichnen sich die Bücher von Erich Übelacker, Leiter des Hamburger Planetariums, durch eine sehr solide Darstellung aus. Außerdem sind sie mit 9,95 € ziemlich preiswert und eignen sich daher als Geschenke!

- * Übelacker, Erich: Die Sonne. Was ist Was? Band 76, Tessloff, Nürnberg 2002
- * Haber, Heinz (neu bearbeitet von E. Übelacker): Die Sterne. Was ist Was? Band 6, Tessloff, Nürnberg 2001
- * Übelacker, Erich: Unser Kosmos. Was ist Was? Band 102, Tessloff, Nürnberg 1999
- * Übelacker, Erich: Planeten und Raumfahrt. Was ist was? Band 16, Tessloff, Nürnberg 2001
- * Übelacker, Erich: Der Mond. Was ist was? Band 21, Tessloff, Nürnberg 2001

Zum Nachschlagen

Vorausbemerkung: Ein Handbuch und ein Lexikon zur Astronomie sollten in keiner Lehrer- und Schülerbücherei fehlen. Zu empfehlen sind:

- * Meyers Handbuch Weltall, hrsg. von J. Krautter et al. Bibliographisches Institut, 7. Aufl., Mannheim 1994
- * Herrmann, Joachim: Das große Lexikon der Astronomie. Orbis Verlag (Ort?) 2001

Umfangreiches Material

* Die Internetenzyklopädie WIKIPEDIA (<http://de.wikipedia.org/>) ist ziemlich zuverlässig in astronomischen und astronautischen Artikeln. Siehe dort die Hauptstichworte Sonne, Sterne, Erde, Planeten (auch einzeln), Kometen, Raumfahrt (geht dort auch zu “Weiterführende Begriffe”).

* Lehrreiche Animationen von Bewegungen im Sonnensystem findet man bei <http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/planeten1.html> (Applets laufen nicht beim Firefox-Browser!).

Schöne Astronomische Bilder

- Hubble Space Telescope (HST)
HST Bild des Tages: <http://apod.nasa.gov/apod/astropix.html>
(Geht über “Search” gezielt zu einzelnen Himmelsobjekten!)
Bilder allgemein: <http://hubblesite.org/gallery/>
Newscenter: <http://hubblesite.org/newscenter>
- Europäische Südsternwarte ESO Images
<http://www.eso.org/public/images/>
- Anglo-Australian Observatory (AAO) Images
<http://www.aao.gov.au/images/index.html>
- National Optical Astronomy Observatory (NOAO)
http://www.noao.edu/image_gallery/

- National Space Science Data Center (NSSDC)
Bildergalerie der National Aeronautics and Space Administration (NASA)
http://nssdc.gsfc.nasa.gov/photo_gallery/
- The Two Micron All Sky Survey (2MASS) Bildergalerie
<http://www.ipac.caltech.edu/2mass/gallery/index.html>
- Martin Altmanns Galerie mit Aufnahmen vom Observatorium Hoher List
<http://www.astro.uni-bonn.de/~maltmann/gallery.html>
- Bilder von Sven Kohle und Till Credner
<http://www.allthesky.com/gallery.html>

Diskussion und Antworten zu den Fragen

- ▲-01: Der Blick auf den Himmel ist nicht verstellt durch Bäume, Häuser, hohe Berge.
- ▲-02: Das Licht der Sonne setzt sich aus den Regenbogenfarben Violett-Blau-Grün-Gelb-Orange-Rot zusammen. Der blaue Anteil des Lichts wird durch die winzigen Teilchen in der Atmosphäre stärker gestreut als der rote Anteil und kann so aus allen Richtungen zu uns kommen, während der rote Anteil weniger gehindert durch die Atmosphäre hindurchläuft.
- ▲-03: Die Atmosphäre der Erde streut einen Teil des Mondlichts in all Richtungen. Der Himmels-hintergrund wird dadurch erhellt, und das Licht der schwachen Sterne versinkt im Himmelslicht.
- ▲-04: Der Durchmesser des Fernrohres (seiner Linse oder seines Spiegels) ist sehr viel größer als die geöffnete Pupille unseres Auges und kann daher viel mehr Licht sammeln.
- ▲-05: Klar, 11 Nullen!
- ▲-06: Der Äquatorumfang der Erde beträgt 40 000 km.
- ▲-07: Zeichne ein Ellipse! Wegen der leicht elliptischen Bahn variiert auch der Abstand der Erde von der Sonne ein wenig, und wir müssen einen Mittelwert angeben.
- ▲-08: Der "schräge" Blick auf die Bahnebene verzerrt die Bahnen zu stark "exzentrischen" Ellipsen.
- ▲-09: Klar, sie können durch ihre Bahnbewegungen in sehr unterschiedlichen Entfernungen von der Erde laufen (siehe Abb. 5!).
- ▲-10: Das geht durch "Kopfrechnung": $x / 30 = 2,5 / 1$. Damit ist der Neptunabstand x auf dem Papier gleich 75 cm.
- ▲-11: (Diskussion der Spalten der Tabelle)
- ▲-12: Ergebnis: 11,2, also ca. 11 mal.
- ▲-13: Mit wachsender Entfernung von der Sonne wird die Strahlung dünner, da sie sich auf eine größere Fläche verteilen muß.
- ▲-14: Die Intensität (Leistung pro Fläche) jeder Strahlung nimmt mit dem Quadrat des Abstandes von der Quelle ab. Mit den Werten der 4. Spalte folgt für Mars $1,524^2 = 2,3$ und für Neptun $30,142^2 = 908,5$.
- ▲-15: Z.B. ist Abstand des Planeten Mars von der Sonne ca. 228 Mill. km, der des Uranus fast 2 900 Mill. km.
- ▲-16: Die genäherten Werte betragen 88 Tage für Merkur, 225 Tage für Venus und 687 Tage für Mars.
- ▲-17: Die Zeichen für intelligentes Leben, z.B. Straßenbeleuchtung oder Radiowellen, sind viel zu schwach, um noch bei uns auf der Erde mit unseren Teleskopen/Fernrohren entdeckt zu werden.
- ▲-18: (Ergebnis ist vorgegeben.)
- ▲-19: (Ergebnis ist vorgegeben.)
- ▲-20: Zwar ist die Sonne viel größer, aber sie ist entsprechend weiter entfernt als der Mond. Also: Die Durchmesser von Sonne und Mond verhalten sich fast genau so wie ihre Entfernungen: $1400000/3476 \approx 150000000/384000$.
- ▲-21: Man kann in der Tat nicht überall einen Nutzen für das Gemeinwohl erkennen!
- ▲-22: Der griechische Held Odysseus irrte nach dem Trojanischen Krieg 10 Jahre durch das Mittelmeer, bevor er wieder seine Heimat Ithaka erreichte.
- ▲-23: 120 mal 150 Millionen km (Entfernung Erde - Sonne) ergeben 18 Milliarden km. Übrigens: Die Entfernung von Voyager I von der Sonne wächst jährlich um etwa 600 Millionen km.

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1. Der Tarantelnebel im Sternbild Goldfisch – ein Gebiet mit leuchtendem Gas, dunklem Staub und jungen Sternen (© NASA, Hubble Space Telescope)

Abb. 2. Der Krebsnebel im Sternbild Stier – Überrest eines explodierten Sternes, einer Supernova-Explosion (© NASA, Hubble Space Telescope)

Abb. 3. Die Milchstraße über der Insel Hawaii im Pazifischen Ozean, gefüllt mit sehr, sehr vielen, nicht mehr einzeln erkennbaren Sternen, leuchtendem Gas und dunklem Staub. (** Wally Pacholka / AstroPics.com)

Abb. 4. Die Galaxis M51 (Messier 51) im Sternbild Jagdhunde. Die rötlichen Knoten sind Zusammenballungen vieler heißer und junger Sterne. (© Obs. Hoher List)

Abb. 5. Hier sieht man die Umlaufbahnen der acht Großen Planeten um die Sonne. Ganz außen sieht man außerdem den Pluto, den man seit 2008 nur noch als Zwergplaneten bezeichnet. (**Astro Uranus Zürich)

Abb. 6. Die Reihenfolge der Planeten und ihre relative Größe (aber Achtung: Die Abstände stimmen nicht!) Die riesige Sonne ist nur mit einem winzigen Ausschnitt am linken Bildrand gezeigt. Wir sehen: dann Merkur – Venus – Erde – Mars – Jupiter – Saturn (und seine Ringe) – Uranus – Neptun. (© NASA)

Abb. 7. Der Kleine Planet Eros. Seine Maße betragen $33 \times 13 \times 13 \text{ km}^3$. Eros wurde im Jahre 2001 von der Sonde NEAR-Shoemaker angeflogen und fotografiert. (© NEAR Project NASA)

Abb. 8. Der Komet Hale-Bopp von 1997, der nach seinen Entdeckern, den Amerikanern Hale und Bopp, benannt wurde. (© Obs. Hoher List)

Abb. 9. Der Marsmond Phobos. Seine größte Ausdehnung ist nur 27 km. (© NASA, Hubble Space Telescope)

Abb. 10. Der Saturnmond Mimas, Durchmesser fast 400 km. Seine Oberfläche ist von den Einschlägen kleiner Himmelskörper (Kleine Planeten, Kometen) stark gezeichnet. Ein Einschlag war eine gewaltige Katastrophe! (© NASA, Hubble Space Telescope)

Abb. 11. Der erste künstliche Mond der Erde, Sputnik 1 (Durchmesser nur 58 cm, Gewicht 84 kg) (© NASA, Modell)

Abb. 12. Der berühmteste künstliche Mond der Erde, das Hubble-Weltraumteleskop, das nach dem amerikanischen Astronomen Edwin Hubble (1889-1953) benannt wurde; Start 1990 (13,1 m lang, 11,6 t Gewicht). Es umkreist die Erde in einer Höhe von 575 km in 96 Minuten. (© NASA)

N.B.: Für eine Reproduktion der Abbildungen der NASA und des Observatoriums Hoher List braucht man keine Genehmigung. Ein Hinweis auf die Herkunft genügt. Für die Abb. 3 und 5 liegen keine Genehmigungen vor.