

VERANSTALTUNGEN FÜR KINDER IM PLANETARIUM STUTT GART

Im Planetarium Stuttgart finden gegen Voranmeldung spezielle Sternenvorfürungen für Kindergärten und Schulklassen statt, die für verschiedene Altersstufen konzipiert sind. Darüber hinaus bieten wir auch Programme der öffentlichen Vorfürungen für Schulen an. Diese Vorfürungen richten sich an ein heterogenes Publikum und erfordern je nach Thematik eine entsprechende Vor- oder Nachbereitung im Unterricht.



mit Sternwarte Welzheim

Mittlerer Schlossgarten
Willy-Brandt-Straße 25
(Neckarstraße 47)
70173 Stuttgart * Germany
Telefon 07 11-1 62 92 15
Telefax 07 11-2 16 39 12
E-Mail: planetarium@stuttgart.de
<http://www.planetarium-stuttgart.de>

Allgemeine Hinweise

Die beste didaktische Wirkung eines Planetariumsbesuches wird erzielt, wenn vorbereitet wird. Das hier beschriebene Programm lässt sich auch als Einstieg in ein Sachkundethema einsetzen. Die Vorfürungen verwenden zwar moderne Darstellungsformen und unterhaltende Elemente, sind aber grundsätzlich als Unterrichtsveranstaltungen konzipiert. Ein angemessenes Verhalten aller Teilnehmer und eine entsprechende Aufsicht durch die begleitenden Lehrkräfte werden erwartet. Dies gilt auch für Schulklassen, die an öffentlichen Sternenvorfürungen teilnehmen.

Information zum Planetariumsprogramm

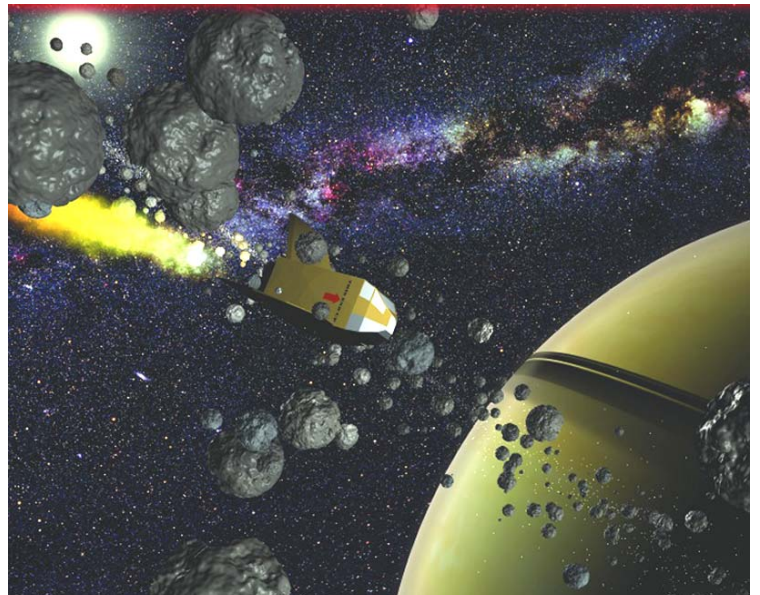
Das Geheimnis der Papierrakete

Dauer: 40 Minuten.

Geeignet für Kinder ab 5 Jahren.

Kurzer Abriss der Veranstaltung:

Im Garten basteln Kinder aus einem Pappkarton eine Weltraumrakete. Doch wie kommt man damit sicher von der Erde ins All und zurück? Ein tolles und liebenswertes Astronomiebuch führt sie in einem atemberaubenden Flug zu allen Planeten unseres Sonnensystems, von der glühend heißen Oberfläche des Merkur über die Venus zu den Schluchten des Mars und weiter zu Wolkentürmen auf Jupiter, durch die Ringe des Saturn, bis hin zum eisigen Zwergplaneten Pluto. Wird der Treibstoff reichen für die Rückreise zu unserem blauen Planeten?



Deutsche Fassung: Planetarium Hamburg



Handreichung zur Vor- und Nachbereitung

Zusammengestellt vom Planetarium Stuttgart

Themenfelder:

Wie funktioniert eine Rakete?

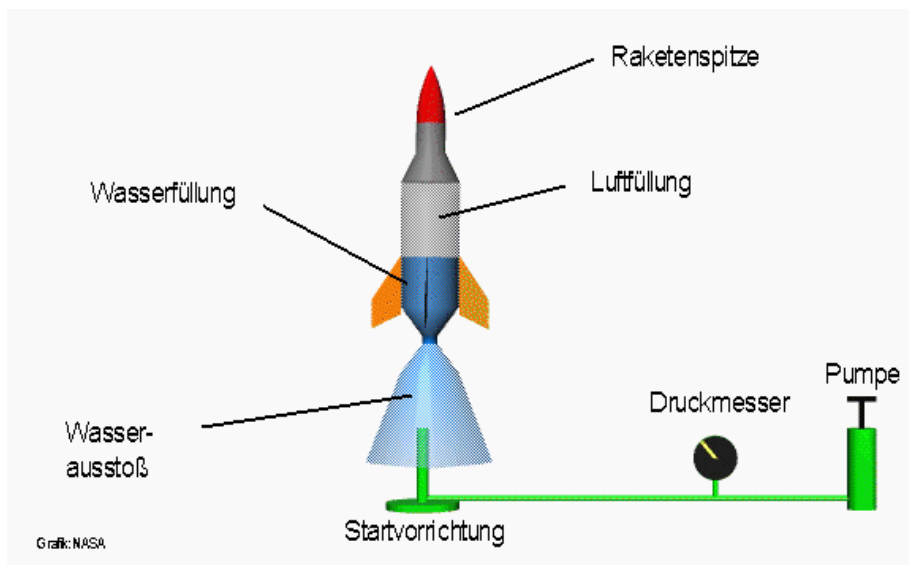
Raketentriebwerke erzeugen einen Schub, indem sie eine große Gasmenge mit hoher Geschwindigkeit aus einer Düse ausströmen lassen. Physikalisch wirkt das Newtonsche Reaktionsprinzip von Isaac Newton (3. Newtonsches Gesetz: *actio* gleich *reactio*). Die *Aktion* der Massenabgabe erzeugt eine gleichgroße *Reaktion* in die entgegengesetzte Richtung. Dieses Naturgesetz lässt sich aus dem Impulserhaltungssatz herleiten, denn in einem abgeschlossenen System ist die Summe aller Kräfte stets Null.

Masse und Geschwindigkeit bestimmen hier die Wirkung des Antriebes. Da die Rakete weitaus schwerer ist als die Moleküle des Treibstoffs, wird nur dann ein ausreichender Schub erzeugt, wenn die Abgase der Rakete mit sehr hoher Geschwindigkeit senkrecht nach unten ausgestoßen werden. Da die Moleküle heißer Gase eine höhere Geschwindigkeit aufweisen als im kalten Zustand, basieren die meisten Triebwerke auf einer exothermen chemischen Reaktion, d.h. es erfolgt eine Verbrennung. Bekannt ist die Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasserdampf bei einer Temperatur von 2700°C. Die Austrittsgeschwindigkeiten liegen bei rund 4 km pro Sekunde (ca. 14.500 km/h).

Triebwerke mit schwachem Schub können auch ohne Flamme mit kalten Gasen betrieben werden. Raketentreibstoff findet man auch an Stellen, wo man ihn nicht erwartet. Der Treibsatz zum schnellen Aufblasen eines Airbags im Auto basiert auf einem Festtreibstoff, der ursprünglich in der Raketentechnik Anwendung fand.

Zwar ist schon ein aufgeblasener Luftballon, dessen Ende losgelassen wird, eine simple Rakete, aber viel beeindruckender demonstriert eine Wasserrakete das Antiebsprinzip. Hierzu wird eine teilgefüllte Wasserflasche aus PET-Kunststoff mit Luft aufgeblasen. Mit einer passenden Startvorrichtung wird der Anschluss der Luftpumpe am Flaschenhals gelöst und die Flasche schießt in die Höhe. Als "Treibstoff" dient das Wasser in der Flasche, welches durch den Druck der zusammengepressten Luft durch die Öffnung nach unten ausgestoßen wird. Der Impuls des nach unten austretenden Wassers drückt die Wasserrakete nach oben. Optimierte Wasserraketen können bis auf 200 km/h beschleunigt werden und vermögen Höhen von über 100 m zu erreichen.

Ausführliche Beschreibungen einschließlich wichtiger Sicherheitshinweise findet man im Internet z.B. bei <http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserrakete>



Nach dem Experiment lassen sich lehrreiche Fragen stellen:

- Wo kommt die Energie her, durch welche die Rakete nach oben fliegt?
- Warum fliegt die mit Wasser gefüllte Rakete höher als eine nur mit Luft aufgepumpte Flasche?
- Wenn das Wasser den Raketenantrieb stärker macht, warum funktioniert es schlechter, wenn sehr viel Wasser in der Flasche ist?
- Benötigt die Rakete einen Untergrund zum Abstoßen oder würde sie auch im Weltraum funktionieren, wo kein Boden vorhanden ist, von dem man sich abstoßen könnte?
- Wie wichtig ist die aerodynamische Verkleidung (Raketenspitze, Leitwerk)?

Das Sonnensystem

Die Planeten laufen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten in verschiedenen Entfernungen um die Sonne. Je näher ein Planet der Sonne steht, desto schneller ist seine Bahngeschwindigkeit. Außerdem drehen sich alle Planeten um sich selbst (Rotation).

Planeten sind unterschiedlich "schwer". Weil es im Weltraum wegen der Schwerelosigkeit kein Gewicht gibt, drückt man dies durch die Masse aus.

Die Zahl der Monde ist bei den Planeten sehr unterschiedlich. Besonders die Riesenplaneten haben sehr viele kleine Monde und ständig werden neue entdeckt. Die meisten Neuentdeckungen sind nur wenige Kilometer groß.

Planet	Mittl. Sonnenentfernung in Mio. km	Umlaufzeit um die Sonne	Bahngeschwindigkeit in km/s	Äquatordurchmesser	Rotationsdauer	Masse (Erde = 1)	Zahl der Monde
Merkur	58	88 Tage	47,9	4878	59 Tage	0,06	0
Venus	108	225 Tage	35,0	12104	243 Tage	0,82	0
Erde	150	365 Tage	29,8	12756	23,9 Std.	1,00	1
Mars	228	1,9 Jahre	24,1	6786	24,6 Std.	0,11	2
Jupiter	778	11,9 Jahre	13,1	142800	9,8 Std.	318	> 60
Saturn	1430	29,5 Jahre	9,6	120536	10,2 Std.	95	> 60
Uranus	2870	84 Jahre	6,4	51118	17,9 Std.	14,5	27
Neptun	4500	165 Jahre	5,4	49528	19,2 Std.	17	13

Modelle vom Sonnensystem

Die riesigen Größen und Entfernungen der Planeten lassen sich durch verkleinerte Modelle veranschaulichen. Dabei sind Modelle, in denen sowohl die Größen (Durchmesser) der Planeten als auch deren Entfernungen gleichzeitig im selben Maßstab abgebildet werden, relativ unhandlich. Die gegenseitigen Abstände der Planeten sind im Vergleich zu ihren Durchmessern so groß, dass sie nur noch schwer gemeinsam erfassbar werden. Allenfalls ein Planetenweg vermag Größe und Entfernungen gleichzeitig erfahrbar zu machen.

In anderen Fällen ist es zweckmäßig, die Größen und Entfernungen in zwei verschiedenen Modelmaßstäben zu beschreiben.

Modell 1: Entfernungen im Sonnensystem

Wenn man alle Abstände im Sonnensystem um das 500 Milliardenfache verkleinerte, könnte man das gesamte Sonnensystem bis zum Zwergplaneten Pluto in einer Turnhalle ausbreiten. Wir benötigen dazu einen Papierstreifen (z.B. Kassenrolle) oder ein Seil von 12 m Länge. Im Klassenzimmer lassen sich gemäß der unten stehenden Tabelle die Entfernungen der Planeten abmessen und mit einem Klebestreifen markieren. Wir erhalten ein Entfernungsmodell im Maßstab 1:500 Milliarden (1:500.000.000.000).

Wenn man den Streifen oder die Schnur im Klassenzimmer oder in einer Turnhalle auseinanderzieht, kann man Kärtchen mit Bildern der Planeten oder mit Informationen über ihre Eigenschaften daran aufhängen.

Die nachfolgende Tabelle stellt den Zusammenhang zwischen den wahren Dimensionen und den maßstäblich verkleinerten Entfernungen dar.

	Planet	Entfernung von Sonne (AE*)	Entfernung von der Sonne** (Millionen km)	Modell-Entfernung
M	Merkur	0,4	58	12 cm
V	Venus	0,7	108	22 cm
E	Erde	1,0	150	30 cm
M	Mars	1,5	228	46 cm
	Asteroiden (hier: Zwergplanet Ceres)	2,8	416	83 cm
J	Jupiter	5,2	778	1,6 m
S	Saturn	9,5	1427	2,2 m
U	Uranus	19,2	2870	5,7 m
N	Neptun	30,0	4497	9,0 m
P	Pluto	39,4	5900	11,8 m

* **AE** steht für "**Astronomische Einheit**". Das ist die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne.

** Die Zahlen geben Mittelwerte an, da die Bahnen der Planeten kreisähnliche Ellipsen sind, sodass die Entfernungen zur Sonne während des Umlaufs schwanken.

Ein anderer Weg zur Darstellung der gegenseitigen Entfernungen der Planeten stammt von der Lehrerin Pam Whiffen aus dem *Solar System Ambassadors Program* der NASA und liefert ungefähre Entfernungsverhältnisse unabhängig von der Länge der Papierrolle. Damit ergeben sich sehr praktische Möglichkeiten, z.B. mit einer Schnur auf dem Schulhof.

Mit einem einfachen Papierstreifen (z.B. Kassenrolle) oder einer Schnur (z.B. Wäscheleine) lässt sich ohne große Umrechnung ein maßstäbliches Bild von den Entfernungen der Planeten erhalten.

Unabhängig von der Länge ist stets dasselbe Verfahren anwendbar:

- 1) Die beiden Enden des Streifens oder des Seils mit "**SONNE**" und "**PLUTO**" bezeichnen
- 2) Streifen/Seil in der Mitte falten und die Faltstelle mit "**URANUS**" bezeichnen.
- 3) Die Strecke Uranus-Pluto mittig falten und die Faltstelle mit „**NEPTUN**“ bezeichnen
- 4) Die Strecke Sonne-Uranus mittig falten und die Faltstelle mit „**SATURN**“ bezeichnen.
- 5) Die Strecke Sonne-Saturn mittig falten und die Faltstelle mit „**JUPITER**“ bezeichnen.
- 6) Die Strecke Sonne-Jupiter mittig falten und die Faltstelle mit „**Ceres**“ oder „**Asteroiden**“ bezeichnen.
- 7) Die Strecke Sonne-Ceres mittig falten und die Faltstelle mit „**MARS**“ bezeichnen.
- 8) Die Strecke Sonne-Mars mittig falten und die Faltstelle mit „**VENUS**“ bezeichnen.
- 9) Mitten zwischen Sonne und Venus den **MERKUR** markieren.
- 10) Welcher Planet fehlt noch zwischen Venus und Mars? → **ERDE**

Der Astronomische Hintergrund:

Die Bahnen der Planeten zeigen häufig Entfernungsverhältnisse von 1:2 oder 1:1,5. Dadurch lassen sich die gegenseitigen Abstände durch geschickte Halbierung oder Verdoppelung in guter Näherung reproduzieren. Als praktischer Maßstab gilt die in der Astronomie des Sonnensystems übliche „Astronomische Einheit“ (AE) als Standardentfernung der Erde zur Sonne (150 Mio. km).

Als Merkhilfe für die Reihenfolge der Planeten kann man die Buchstabenfolge **M V E M J S U N P** oder den Merkspruch *Mein Vater erklärt mir jeden Sonntag unsere neun Planeten* an die Tafel schreiben.

Dieser Merkspruch mag für den Aufbau des Sonnensystem-Modells noch zweckmäßig sein, er ist aber nicht mehr aktuell. Gemäß einer Definitionsänderung im Jahre 2006 ist Pluto kein

Planet mehr, sondern trägt die Bezeichnung „Zwergplanet“. (Näheres siehe im Text unten bei „Transneptunische Objekte“.) Als neue Merksätze bieten sich an:

Mein Vater erklärt mir jeden Sonntag unseren Nachthimmel.
 oder *Mein Vater erklärt mir jeden Sonntag unsere Nachbarplaneten.*

Es macht den Kindern auch Freude, neue Sprüche auf Grundlage der Buchstabenreihe M V E M J S U N zu erfinden. Im Internet findet man zahllose Varianten.

Modell 2: Die Größen der Planeten

Modellmaßstab: 1:500 Millionen

	Durchmesser in Kilometer	Modell- durchmesser	Modell- gegenstand
Sonne	1.400.000	3 m	Wetterballon
Merkur	4.880	1 cm	Erbse
Venus	12.104	2,5 cm	Kirsche
Erde	12.756	3 cm	Weintraube
Mars	6.794	1.5 cm	Kirschkern
Asteroiden (hier: Zwergplanet Ceres)	1.100	2 mm	Kleines Pfefferkorn
Jupiter	142.800	30 cm	Fußball
Saturn	120.000	24 cm	Handball
Uranus	51.120	10 cm	Kinderball
Neptun	49.530	10 cm	Kinderball
Pluto (transneptunischer Zwergplanet)	2.300	4 mm	Pfefferkorn

Modell 3: Alt werden im Raumschiff

Das Sonnensystem ist gewaltig groß. Ein Gedankenexperiment vermag dies anschaulich darzustellen. Wer in einem Raumschiff geboren würde, das sich mit 8.000 km/h von der Sonnenmitte aus ins Weltall bewegte, würde nach 3½ Tagen die Oberfläche der Sonne durchstoßen.

- Nach 9 Monaten erreichte man die Umlaufbahn des Planeten *Merkur*,
- Man wäre 19 Monate alt, wenn man an der *Venus* vorbeifliegt,
- 2 Jahre and 2 Monate bei Erreichen der *Erde*,
- 3 Jahre and 2 Monate beim *Mars*,
- 11 Jahre alt, wenn der *Jupiter* erreicht würde,
- 20 Jahre alt beim *Saturn*,
- 41 Jahre alt beim *Uranus*,
- 64 Jahre alt bei Erreichen des *Neptun*.
- Bei Ankunft am Zwergplaneten *Pluto*, würde man seinen 84. Geburtstag feiern.
- Niemand würde lange genug leben, um den größten Zwergplaneten *Eris* zu erreichen, denn er ist doppelt so weit weg wie Pluto!

Hintergrundinformation über das Sonnensystem

Das Sonnensystem besteht aus der Sonne und allen Objekten in ihrer Umlaufbahn einschließlich der acht großen Planeten, Zwergplaneten, hunderter Monde, zehntausende Planetoiden und zahllose Kleinkörper wie z.B. Kometen.

Planeten sind kugelförmige Himmelskörper, die in verschiedenen Abständen um die Sonne laufen. Monde sind Begleiter von Planeten, weil sie um die Planeten kreisen. Monde werden auch als "Trabanten" oder "natürliche Satelliten" bezeichnet.

Das Sonnensystem lässt sich grob in zwei Teile gliedern: Das **innere Sonnensystem** mit den felsigen Planeten *Mercur*, *Venus*, *Erde* und *Mars* und das **äußere Sonnensystem** mit den Riesenplaneten *Jupiter*, *Saturn*, *Uranus* und *Neptun* sowie die eisigen Zwergplaneten jenseits der Neptunbahn. *Pluto* gilt als Zwergplanet (siehe unten bei „Transneptunische Objekte“).

Das innere Sonnensystem

Die Sonne

Unsere Sonne ist eine große, glühend heiße Gaskugel aus Wasserstoff und Helium. Damit ähnelt sie den Sternen, die jedoch viel weiter von uns weg sind als die Sonne. Aufgrund der großen Entfernungen erscheinen die Sterne viel kleiner und lichtschwächer als die Sonne. Ihr Durchmesser beträgt 1,4 Millionen km (= 109 Erddurchmesser). Die Temperatur an ihrer Oberfläche beträgt rund 6000°C, im Zentrum: ca. 15 Millionen Grad Celsius. Die Sonne dreht sich in rund 25 Tagen um ihre Achse. Ihre Masse beträgt 333.000 Erdmassen.

Mercur

Mercur ist der sonnennächste Planet. Er umläuft die Sonne in 88 Tagen und dreht sich dabei eininhalb Mal um seine Achse, d.h. es gibt 1½ Mercurtage in jedem Mercurjahr.

Wegen seiner geringen Masse hat Mercur eine geringe Schwerkraft und verfügt daher über keine nennenswerte Atmosphäre. Es ist eine kleine, felsige Welt ähnlich dem Mond. Große Temperaturunterschiede strapazieren die Oberfläche. Auf seiner Tagseite heizt die Sonne die Landschaft bis auf 425°C auf - das ist heiß genug, um Blei zu schmelzen! Nachts kühlt sich die Merкуроberfläche infolge der fehlenden Atmosphäre auf -180°C ab.

Die Oberfläche des Planeten ähnelt jener des Mondes mit Kratern, Ringwällen, Einschlagbecken und Grabenbrüchen. Eine der größten Strukturen auf seiner Oberfläche ist das *Caloris Becken*, das vor Milliarden Jahren durch den Einschlag eines Planetoiden entstand.

Venus

Die Venus wird oftmals als "Schwesterplanet" der Erde bezeichnet. Es ist aber eine sehr verschiedene Schwester, denn vieles ist dort ganz anders als auf der Erde. Obwohl die Größe der Venus nur wenig kleiner als die der Erde ist, besteht ihre dichte Atmosphäre überwiegend aus Kohlendioxid-Gas. Wolken aus Schwefelsäure wirbeln überall in der Atmosphäre und ermöglichen nirgends einen Durchblick zum Boden. Das Kohlendioxid wirkt wie die Scheiben eines Treibhauses: Licht fällt durch die Wolken auf den Boden der Venus und heizt ihn auf. Der Boden gibt seine Wärme in Form infraroter Strahlung ab, die vom Kohlendioxid verschluckt wird und dadurch den Planeten nicht mehr verlässt. Infolgedessen hat sich die Atmosphäre der Venus auf 470°C erhitzt.

Bislang sind nur wenige Raumsonden auf der Venus gelandet, aber die zur Erde gesendeten Messdaten reichen aus, um einen Eindruck von den höllischen Umweltbedingungen zu erhalten. Am Venusboden herrscht ein atmosphärischer Druck von 90 bar – soviel wie in ca. 900 m Tiefe eines Ozeans. In hohen Atmosphärenschichten beträgt die Windgeschwindigkeit mehrere hundert km/h, aber am Boden ist es recht windstill.

Mit Hilfe von Radarsignalen haben Satelliten in der Venusumlaufbahn die Oberfläche des Planeten abgetastet. Wasser gibt es auf der Venus wegen der hohen Temperatur nicht, sodass man vergeblich nach Ozeanen sucht. Auch fehlen auf der Venus deutlich erkennbare Kontinentalplatten, aber hohe Berge hat man gefunden.

Erde

Im Unterschied zur heißen und trockenen Venus ist unsere Erde ein “Wasserplanet”, dessen Oberfläche zu 70 Prozent von Seen und Ozeanen bedeckt wird. Das Wasser der Erde kommt in drei Aggregatzuständen vor: fest als Eis (z.B. an den Polen), flüssig in Gewässern und Meeren sowie gasförmig als Wasserdampf (z.B. Wolken).

Die Oberfläche der Erde, einschließlich des Meeresbodens ist nur rund 40 km dick, was im Vergleich zum Erdradius von 6370 km sehr wenig ist. Man kann es ungefähr mit der Dicke einer Eierschale im Verhältnis zum Ei vergleichen. Die Oberfläche der Erde ist in zehn große Teile, die Kontinentalplatten, untergliedert, die sich sehr langsam gegeneinander bewegen. An den Grenzonen entstehen oftmals Vulkane und Erdbeben.

Aus dem Weltall erscheint unsere Erde als blauer Planet, weil die Wasserflächen dunkelblau sind und außerdem das blaue Sonnenlicht in der Lufthülle am stärksten gestreut wird. Die Höhe der Atmosphäre ist sehr klein gegenüber der Ausdehnung des gesamten Erdkörpers. Diese Tatsache hat Astronauten immer wieder in Erstaunen versetzt, denn aus der Umlaufbahn lässt sich besser erkennen, wie dünn die Lufthülle im Vergleich zur Erde selbst ist. Wäre die Erde nur so groß wie ein Apfel, würden die wesentlichen Teile der Atmosphäre nicht dicker aufragen als die Schale des Apfels.

Heutzutage umkreisen zahlreiche Satelliten die Erde und überwachen die Umwelt. Dabei fallen Umweltschäden und Verschmutzungen besonders gut auf. Die Abnahme der Ozonschicht über der Antarktis, die Brandrodungen in tropischen Regenwäldern Südamerikas, Staub- und Abgaswolken über Industriezentren sowie die Verunreinigung der Weltmeere durch Ölteppiche werden von Satelliten beobachtet und in ihrer Auswirkung untersucht. Satellitendaten helfen aber auch bei der Kontrolle von Rüstungs- und Umweltabkommen und der Warnung vor Naturkatastrophen wie Wirbelstürmen und Flutwellen (Tsunamis).

Mars

Mars wird oft als “roter Planet” bezeichnet, weil er am Himmel als Lichtpunkt mit orange-rötlichem Farbton strahlt. Aus der Nähe gesehen ist die Marsoberfläche rotbraun. Diese Farbe kommt durch oxidierte Eisenbestandteile im Marsboden zustande. Vereinfacht gesagt: Mars ist verrostet!

Obwohl die Atmosphäre des Mars hundertmal dünner ist als die irdische Lufthülle und hauptsächlich aus Kohlendioxid besteht, ist der rote Planet ein Kandidat für die Suche nach außerirdischem Leben. Einfache Organismen (Mikroben) könnten im Boden eine ökologische Nische gefunden haben, weil sich dort größere Mengen von Eis befinden. Da Eis aus gefrorenem Wasser besteht, ist die Möglichkeit von Leben nicht auszuschließen. Viele Raumsondenmissionen widmen sich der Suche nach Lebensspuren, doch bislang blieb die Erkundung erfolglos.

Da Mars eineinhalb Mal weiter von der wärmenden Sonne entfernt ist wie die Erde, ist es auf seiner Oberfläche beträchtlich kälter als bei uns. Tagestemperaturen von -30 bis -50°C sind üblich. Nachts sinkt das Thermometer auf unter -80°C herab. Nur an ganz wenigen Stellen können im Sommer zu Mittagszeit erträgliche Temperaturen von +10 bis 20°C auftreten.

An den Polen des Mars wird es so kalt, dass sogar ein Teil der Atmosphäre dort einfriert und sich als Trockeneis (gefrorenes Kohlendioxid) niederschlägt. Im Frühling verdunstet das Trockeneis und es bilden sich gewaltige Staubstürme, die wochenlang über die Landschaft fegen und alles in einem braugelben Nebel verschwinden lassen.

Die Marsoberfläche ähnelt ein wenig dem Mond. Es gibt unzählige Krater, die vor langer Zeit durch den Einschlag von großen Felsbrocken gebildet wurden. Im Unterschied zum Mond findet man auf dem Mars vier riesige Vulkane und ein mächtiges Schluchtensystem, das sich über 4000 km erstreckt. Dieser Canyon namens *Valles Marineris* ist an einigen Stellen 200 km breit und bis zu vier km tief.

Der höchste Vulkanberg auf dem Mars heißt *Olympus Mons* und besitzt eine Höhe von über 25 km. Seine Basis hat einen Durchmesser von knapp 600 km. Würde man diesen Schildvulkan auf die Erde mitten in Deutschland versetzen, würde er unser Land von West nach Ost in seiner ganzen Breite überspannen.

Auf dem Mars fand man Hinweise, dass vor rund drei Milliarden Jahren große Wasserflächen auf dem Mars existiert haben. Davon ist aber heute nichts mehr zu sehen. Offensichtlich hat es große Klimaveränderungen gegeben, sodass der rote Planet ausgetrocknet ist.

Erdähnliche Planeten: Die felsigen Zwerge				
	Merkur	Venus	Erde*	Mars
Schwerkraft an der Oberfläche (Erde = 1)	0,4	0,9	1,0	0,4
Wer auf der Erde 40 kg wiegt, wöge auf den Planeten:	16 kg	36 kg	40 kg	16 kg
Oberflächentemperatur				
min.	-175	+460	-88	-140
in °C				
max.	+425	+500	+58	+25
Hauptbestandteile der Atmosphäre	keine	Kohlen-dioxid	Stickstoff, Sauerstoff	Kohlen-dioxid

*) Der Erdmond ist mit einem Durchmesser von 3500 km etwa ein Viertel so groß wie die Erde und umläuft unseren Planeten in knapp 380.000 km. Diese Entfernung entspricht rund 30 Erddurchmessern. Wer auf der Erde 40 kg wiegt, wöge auf dem Mond nur ein Sechstel, also noch nicht einmal 7 kg. Der Mond besitzt keine Atmosphäre. Im Sonnenlicht können Temperaturen von 120°C auftreten, in der Nacht -160°C.

Ferne Planeten

Jupiter ist der größte Planet im Sonnensystem. Seine Masse ist 318 mal größer als die der Erde und 1300 Kugeln von der Größe unserer Erde passten in seinen Gasleib.

Jupiter ist der erste sog. "Gasriese". Diese Bezeichnung erhielten die jupiterähnliche Planeten, weil sie keine feste Oberfläche besitzen, sondern nur eine sehr dichte Atmosphäre, die mit zunehmender Tiefe durch den hohen Druck verflüssigt wird. Statt einer Oberfläche besitzt

Jupiter unter seinen Wolken nur einen Ozean aus flüssigen Gasen wie Methan, Ammoniak, Azetylen und Helium. Ganz tief im Inneren könnte sich noch ein Kern aus Gestein und Eisen befinden.

Die farbigen Wolkenbänder in der Atmosphäre offenbaren aus der Nähe betrachtet ein turbulentes Geschehen mit riesigen Wirbelstürmen. Der größte Wirbel in der Jupiteratmosphäre ist der *Große Rote Fleck*. Er erscheint wie ein rötliches Oval in der Jupiteratmosphäre. Seine Ausdehnung ist so groß, dass unsere Erde zweimal nebeneinander darin Platz hätte!

Jupiter dreht sich recht schnell um seine Achse. Während die Erde 24 Stunden für eine Umdrehung braucht, hat sich der riesige Jupiter in dieser Zeit mehr als zweimal herumgedreht. Ein Jupitertag dauert nur knapp 10 Stunden.

Mehr als 60 Trabanten kreisen um Jupiter. Die vier Größten sind schon in einem kleinen Fernrohr von der Erde aus zu sehen. Da sie von Galileo Galilei im Jahre 1610 entdeckt wurden, werden sie als *Galileische Monde* bezeichnet. Einer dieser Monde trägt den Namen *Io* und verfügt über einen aktiven Vulkanismus auf seiner Oberfläche. Ständig stoßen sie Fontänen aus Schwefeldampf ab.

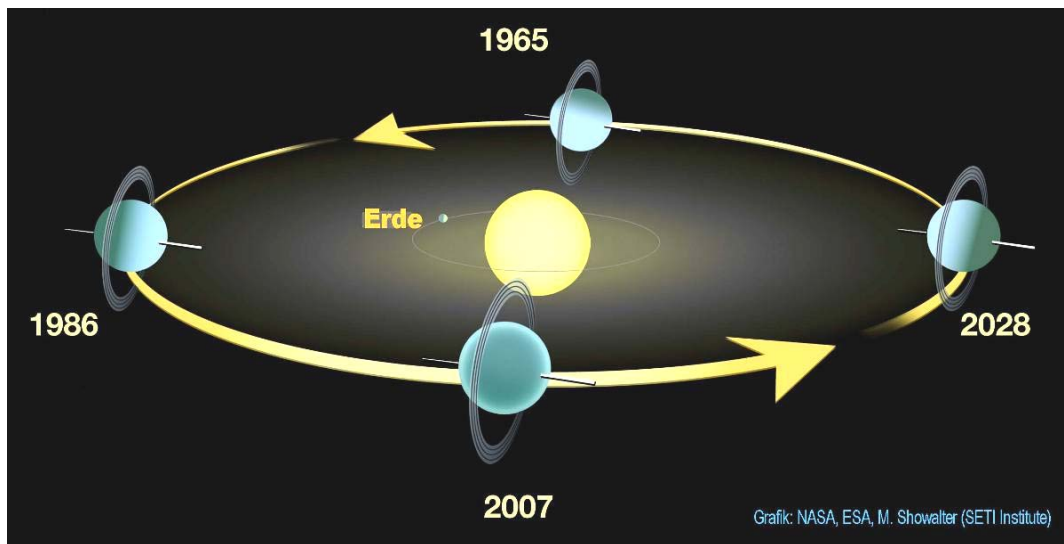
Durch Raumsonden wissen wir, dass Jupiter auch einen dünnen Ring aus Staub besitzt und dass es Gewitter und Polarlichter in seiner Atmosphäre gibt.

Saturn ähnelt dem Jupiter, denn er besteht ebenfalls aus einer Kugel mit hoch verdichtetem Gas und einer sehr turbulenten Atmosphäre. Die Saturnkugel ist ein wenig kleiner als die des Jupiter, aber der schöne und helle Ring lässt ihn größer erscheinen.

Das System aus vielen Einzelringen erstreckt sich mehr als 100.000 km weit in den Raum. Es ist aber nur wenige Kilometer dick und besteht aus unzähligen kleinen Eis- und Staubteilchen. Der Ursprung des Saturnringes ist noch unklar. Es könnte sich um die Überreste eines ehemaligen Mondes handeln, der dem Planeten zu nahe kam und von Gezeitenkräften zerrissen wurde.

Bislang hat man mehr als 60 Trabanten des Saturn entdeckt. Die meisten sind recht klein und bestehen überwiegend aus Eis. Demgegenüber ist der größte Saturnmond namens *Titan* ein riesiger Himmelskörper mit über 5000 km Durchmesser. Damit ist er sogar ein wenig größer als der Planet Merkur. Nachdem die Raumsonde *Huygens* im Jahre 2005 auf Titan gelandet ist, wissen wir mehr von den Umweltbedingungen auf diesem Saturnmond. Es ist dort -180°C kalt und es gibt Gewässer aus flüssigem Methan. Die Atmosphäre besteht zum größten Teil aus Stickstoff und ein großer Teil der Landschaft einschließlich hoher Gebirge besteht aus Steinhart gefrorenem Wassereis. Es gibt sogar Hinweise auf Geysire, die Wasserdampf speien, der in der kalten Atmosphäre sofort ausfriert und sich als Schnee auf die Landschaft legt.

Uranus ist ein Riesenplanet mit mehr als 25 Monden und einem System aus dunklen Ringen. Er läuft in 84 Jahren einmal um die Sonne. Die Rotationsachse des Uranus ist sehr stark geneigt und liegt beinahe in der Ebene seiner Umlaufbahn. Während der Planet die Sonne umläuft, zeigt gelegentlich der Nordpol oder der Südpol zur Sonne. Gegenwärtig werden Nord- und Südhemisphäre des Planeten noch relative gleichmäßig von der Sonne beleuchtet, aber in den kommenden Jahren erfolgt zunehmend eine Ausrichtung zur Nordhalbkugel. Um das Jahr 2028 wird ausschließlich die Nordhalbkugel des Planeten beleuchtet, während die südliche Hemisphäre jahrelang im Dunkeln verharrt (siehe Grafik).



Neptun erscheint wie ein Zwilling von Uranus. Allerdings besitzt er einen anderen Farbton: Neptun ist nach der Erde der zweite blaue Planet im Sonnensystem, während Uranus mehr blaugrün schimmert. Neptun ist rund viermal größer als die Erde. Seine Atmosphäre besteht aus Wasserstoff und Helium mit Beimengungen von Methan.

Neptun ist der letzte große Planet im Sonnensystem. Er wurde 1846 entdeckt. Bisher hat nur die Raumsonde Voyager 2 den Uranus erreichen können. Obwohl dies bereits 1989 geschah, hat es bislang keine weiteren Raumflüge zu diesem fernen Planeten gegeben.

Auch bei Neptun wurden Ringe entdeckt, die aber viel schlechter erkennbar sind als die Ringe der Saturn, weil sie sich aus dunklen Gesteinsteilchen zusammensetzen. Mehr als ein Dutzend Monde kreisen um Neptun. Dabei sind sicher noch nicht alle kleinen Monde entdeckt. In den kommenden Jahren wird man gelegentlich von neu entdeckten Monden hören.

Jupiter-artige Planeten: Die Gasriesen				
	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptun
Schwerkraft an der Oberfläche (Erde = 1)	2,4	0,9	0,9	1,1
Wer auf der Erde 40 kg wiegt, wöge auf den Planeten:	96 kg	36 kg	36 kg	44 kg
Temperatur in °C*	-150	-190	-215	-200
Hauptbestandteile der Atmosphäre	Wasserstoff Helium	Wasserstoff Helium	Wasserstoff Helium	Wasserstoff Helium

*) Da die Riesenplaneten keine feste Oberflächen besitzen, wird statt der Oberflächentemperatur diejenige Temperatur angegeben, die in der Atmosphärenschicht mit einem Druck von 100 Hektopascal herrscht.

Transneptunische Objekte

Hinter dem Neptun beginnt das Reich der gefrorenen **Zwergplaneten**, die manchmal auch als *transneptunische Objekte* oder *Plutinos* bezeichnet werden.

Pluto ist der Prototyp dieser Klasse von Zwergplaneten. Mit einem Durchmesser von 2.300 km ist er deutlich kleiner als der Erdmond. Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt

5.900 Millionen km, was der vierzigfachen Distanz Erde-Sonne entspricht. Allerdings ist die Plutobahn eine deutliche Ellipse, sodass er gelegentlich innerhalb der Neptunbahn läuft. Dies war zum Beispiel bis zum Jahre 1999 der Fall. Für einen kompletten Sonnenumlauf benötigt Pluto 248 Jahre.

Wegen der Ferne zur Sonne ist es auf Pluto sehr kalt: minus 230°C! Durch die Kälte sind die meisten Gase der Plutoatmosphäre gefroren und liegen als Eis und Schnee auf dem Boden.

Bislang wurden ein großer und zwei kleine Monde beim Pluto entdeckt. Der große Plutomond *Charon* ist halb so groß wie Pluto, weswegen man auch von einem Doppelzwergplaneten Pluto-Charon spricht. Die übrigen Plutomonde sind unscheinbare Objekte mit 40 bis 150 km Größe.

Alle anderen kleinen Objekte, die auf ähnlichen Bahnen um die Sonne ziehen wie Pluto werden gelegentlich *Plutinos* genannt.

Im Januar des Jahres 2005 wurde von amerikanischen Astronomen ein neues Objekt jenseits der Plutobahn entdeckt, welches den Namen *Eris* erhielt. Eris hat einen Mond namens *Dysnomia* und ist zurzeit etwa hundertmal weiter von der Sonne entfernt als die Erde. Das ist rund doppelt so viel wie Pluto. Aufgrund dieser riesigen Bahn benötigt Eris 557 Jahre für eine Umrundung der Sonne.

Da Eris etwas größer als Pluto ist, sprach man zunächst vom zehnten Planeten oder *Planet X*. Da man jedoch noch viele weitere Pluto-artige Himmelskörper in den äußeren Zonen des Sonnensystems vermutet und auf diese Weise sich die Zahl der Planeten auf unübersichtliche Mengen erhöhen würde, beschloss die Internationale Astronomische Union (IAU) im Jahre 2006 eine strengere Definition des Begriffs „Planet“. Demnach gehören Pluto und Eris zusammen mit kleineren Objekten wie *Ceres*, *Haumea* und *Makemake* zur Klasse der Zwergplaneten. Es ist zu erwarten, dass die Zahl der entdeckten Zwergplaneten stetig zunimmt, während es dauerhaft bei acht großen Planeten (Merkur bis Neptun) bleibt.

Kometen gehören zu den Kleinkörpern im Sonnensystem. Es handelt sich um gefrorene Gebilde aus Wassereis, gefrorenen Gasen und einer Mischung aus Staub und Gestein. Nähert sich ein Komet der Sonne, so verdampfen die Gase und das Wassereis. Der Sonnenwind bläst diese Gase vom Kometenkern fort und verursacht den Kometenschweif.

Die meisten Kometen stammen aus einer Region noch weit hinter den Zwergplaneten. Vermutlich ist das ganze Sonnensystem von einer kugelförmigen Wolke aus Kometenkernen umgeben, die man nach dem niederländischen Forscher Jan Oort als *Oortsche Wolke* bezeichnet wird. Gelegentlich fällt ein Kometenkern aus der Wolke in Richtung auf die Sonne und wird dann von Astronomen als Komet entdeckt.

Asteroiden sind kleinere, felsige Objekte, die um die Sonne kreisen. Sie sind so klein, dass man sich nicht als richtige Planeten bezeichnen kann. Häufig wird der Begriff „Kleinkörper im Sonnensystem“ oder *Planetoiden* verwendet. Der Übergang zu den Zwergplaneten ist fließend, denn die größten Asteroiden erreichen Durchmesser von rund 1000 km.

Viele Tausend Asteroiden wurden in einer Zone zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter gefunden. Dieser Bereich wird auch als *Asteroidengürtel* bezeichnet.

Es gibt mittlerweile Hinweise auf einen weiteren Bereich mit vielen Kleinkörpern, der als *Kuiper-Gürtel* bezeichnet wird. Der Name stammt von Gerard Kuiper, der in den 1950er Jahren als Erster die Existenz dieses sonnenfernen Asteroidengürtels vermutete.

Planetare Umweltbedingungen

Der Vergleich unserer Erde mit anderen Planeten vermittelt uns wertvolle Erkenntnisse über die Fähigkeit eines Himmelskörpers Leben zu tragen. Die Einzigartigkeit der Erde als ökologisches System und Träger einer umfassenden Biodiversität lässt unseren Planeten gegenüber allen anderen Planeten hervortreten.

Verschaffen Sie sich einen Überblick von den biologischen Extremfällen in Bezug auf ein Überleben unter lebensfeindlichen Bedingungen. Stichwort „Extremophile“:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Extremophile>

Vergleichen Sie diese Extrembedingungen mit den Umweltverhältnissen auf anderen Planeten. Hätten „extremophile“ Lebensformen von der Erde dort irgendwo eine Chance zu überleben?

Nutzen Sie das Internet zur Suche nach physikalischen Parametern der Planeten wie z.B. Oberflächentemperatur, Atmosphärenzusammensetzung, Klimaverhältnisse, Jahreszeiten und Magnetfelder. <http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnensystem>
<http://solarsystem.dlr.de/RPIF/bestand.shtml>

Lassen Sie Schülerinnen und Schüler über die erforderlichen Umweltbedingungen zur Lebenserhaltung nachdenken. Was halten einfache Lebensformen (Mikroorganismen, Flechten, Algen) aus und wie breit ist der Spielraum für Tiere, Insekten und Pflanzen?

Wie passt die Erde mit der Menschheit als die am höchsten entwickelte Lebensform auf dem Planeten in die Bandbreite der Umweltbedingungen? Ist unser Ökosystem stabil? Welche stabilisierenden und destabilisierenden Einflüsse wirken auf die Erde ein?

Die Betrachtung der Erde aus einer größeren Entfernung verhilft zu einem nachhaltigen Verständnis unserer Existenz. Bücher wie Carl Sagens „Unser Kosmos“ oder „Blauer Punkt im All“ sowie Kevin W. Kelleys „Der Heimatplanet“ und „Der Overview-Effekt“ von Frank White vermitteln Einsichten auf globalem (planetarem) Maßstab über unsere Lage im All. Man nennt dieses Phänomen „Overview-Effekt“, weil die Perspektive aus der Ferne einer Erweiterung der Sichtweise auf uns selbst und auf unser Handeln bietet. So erscheinen die globalen Auswirkungen der Umweltverschmutzung wesentlich eindrucksvoller als vom Erdboden aus.

An dieser Stelle sollte die Rolle von Astronauten Erwähnung finden. Amerikanische Astronauten und russische Kosmonauten gründeten die *Association of Space Explorers* (ASE), einem nichtstaatlichen Club von Raumfahrern, die mindestens einmal die Erde umrundet haben. Heute hat er Mitglieder aus aller Herren Länder. Ideelles Ziel der ASE-Mitglieder ist es, die weltweit Zusammenarbeit aller Menschen, ungeachtet ihres Geschlechts, ihrer Herkunft, ihrer Nation oder Rasse, auf allen erdenklichen Gebieten zu fördern und zu verwirklichen.

Hier ist eine kleine Auswahl von Zitaten deutscher Astronauten über ihre Eindrücke und Empfindungen beim Blick auf die Erde.

Bereits vor meinem Flug wusste ich, dass unser Planet klein und verwundbar ist. Doch erst als ich ihn in seiner unsagbaren Schönheit und Zartheit aus dem Weltraum sah, wurde mir klar, dass der Menschheit wichtigste Aufgabe ist, ihn für zukünftige Generationen zu hüten und zu bewahren.

Sigmund Jähn

Zum ersten Mal in meinem Leben sah ich den Horizont als eine gebogene Linie. Sie war durch eine dunkelblaue, dünne Naht betont. Offensichtlich handelte es sich nicht um das

Luftmeer, wie man mir oft in meinem Leben erzählte. Die zerbrechliche Erscheinung versetzte mich in Schrecken.

Ulf Merbold

In einem Punkt sind fast alle Astronauten Missionare geworden: Beim Blick aus dem Fenster auf die Erde hinab spüren wir die Verantwortung für unseren Planeten. Niemand außer uns sieht die Verletzlichkeit der Erde so direkt.

Ernst Messerschmid

Der Blick aus dem All auf die Erde ist überwältigend. Er verändert das Leben. Man kommt als anderer Mensch zurück. Ich habe lange gebraucht, um das zu verarbeiten. Möglicherweise ist der Prozess jetzt erst abgeschlossen. Probleme erhalten eine andere Wertigkeit. Politikern würde dieser Blick auf unsere Erde ganz gut tun. Gerade wenn sie vor wichtigen, globalen Entscheidungen stehen.

Thomas Reiter

Man hat da diesen Moment, wenn man aus dem Fenster blickt und sagt: „Mein Gott, das ist Südafrika!“ Danach kommt 40 Minuten lang Pazifischer Ozean - 40 Minuten lang! Dann kommt Südamerika für 20 Minuten, dann nichts weiter außer Atlantischer Ozean für 10 Minuten und dann ist man schon wieder zurück über Südafrika. Alles in allem eine und eine halbe Stunde. Ja, und dann erkennt man: wir fliegen in einem kleinen Raumschiff und umrunden ein anderes Raumschiff. Die Mannschaft da oben ist auch multinational. Es ist so wie auf dem großen Schiff da unten - wir sind alle im selben Boot.

Hans Schlegel

In den von Menschen konstruierten Raumschiffen lassen wir die allergrößte Sorgfalt walten, um überlebensfähige Bedingungen für die Astronauten zu schaffen. Warum lassen wir bei unserem Raumschiff Erde nicht die gleiche Sorgfalt walten? Wir haben es in einem intakten Zustand übernommen und es darf nicht durch unsere Gier und die Gleichgültigkeit der Verantwortlichen zerstört werden. Wie lange wird es noch dauern, bis wir das einsehen und die Verantwortung dafür übernehmen, dass wir die Erde für unsere Kinder und Kindeskinde in einem natürlichen, lebensfördernden Gleichgewicht erhalten müssen? Die Erde ist der bisher einzige bekannte für uns bewohnbare Planet des Universums. Seine Sensibilität und Verletzbarkeit sowie seine lebensspendende Hingabe für uns Bewohner muss in unsere Lebensauffassung stärker integriert und von uns weitaus mehr beherzigt werden!

Klaus-Dietrich Flade

Der amerikanische Astronom und Publizist Carl Sagan (1934-1996) griff solche Gedanken auf, indem er sich eine ferne Zukunft vorstellte, in der sich die Menschheit bereits im All ausgebreitet haben würde. In seinem Buch "Blauer Punkt im All" resümiert er seine Vision von der zukünftigen Bedeutung unserer Erde als Ausgangspunkt für die Besiedelung von Mond, Mars und darüber hinaus:

Unsere fernen Nachfahren werden auf verschiedenen Welten innerhalb und außerhalb des Sonnensystems leben und werden durch ihr gemeinsames Erbe, durch die Achtung ihres Heimatplaneten und durch die Kenntnis vereint, dass von allen Lebewesen im Universum nur die Menschen von der Erde stammen. Sie werden in den Himmel blicken und den blauen Punkt im All suchen. Sie werden ihn wegen seiner Dunkelheit und Zerbrechlichkeit nicht weniger lieben. Sie werden staunen, wie wunderbar die Wiege unseres Wissens, wie gefährlich unsere Kindheit, wie bescheiden unsere Anfänge einst waren, wie viele Brücken wir überschreiten mussten, bevor wir den richtigen Weg fanden.«