

SPACE

COMMUNICATION IM WELTRAUM



Space – Kommunikation im Weltraum

Unterrichtsmaterialien ab Sekundarstufe 1

Impressum

Autoren: Gallus Staubli
Leonhard Cadetg
Jean-Claude Lavanchy

Redaktion: Gallus Staubli

Gestaltung: Hannes Saxer, Muri b. Bern

Titelblatt: DDB Seiler

Auflage: 500 Ex.

Herausgeber: Museum für Kommunikation
Helvetiastr. 16
CH-3000 Bern 6
Tel: ++41 (0)31 357 55 55
Fax: ++41 (0)31 357 55 99
E-Mail: communication@mfk.ch
Internet: www.mfk.ch

© Museum für Kommunikation, Oktober 1999

Zusätzliche und aktualisierte Materialien können auf der Homepage des Museums für Kommunikation gratis heruntergeladen werden. www.mfk.ch

Rückmeldungen sowie Bestellungen per E-Mail an: communication@mfk.ch

Space – Kommunikation im Weltraum

Inhaltsverzeichnis

	Seite	Fachbereich
Vorwort	4	
Konzept der Unterrichtsmaterialien	5	
Themen im Lehrplan	5	
Lerninhalte / Lernformen	6	
Raumfahrt		
History – Eine Zeitreise durch die Geschichte der Raumfahrt.....	8	NMM (G)
Bemannte Raumfahrt		
Auf dem Mond gestrandet – Ein Test von NASA-Experten	24	NMM (Gg) / D
Vakuum, die lebensfeindliche Umgebung im All – Einige Versuche.....	28	NMM (P, Gg)
Künstliche Schwerkraft – Leben im All	32	NMM (P)
Satellitenkommunikation		
Schneller, weiter, besser – Die Entwicklung der Fernmeldetechnik	36	NMM (G, P)
Geostationäre Satelliten – Immer die gleiche Erde sehen	41	NMM (P, Gg) / M
GPS – Orientierung auf der Erde	45	NMM (P, Gg) / M
Satelliten als Datensammler		
Erdbeobachtung – Big Brother’s Watching You!?	48	NMM (Gg) / M
Energie für Satelliten – Die kleine Sonne	57	NMM (P)
Search for ExtraTerrestrial Intelligence		
Der Splitter im Auge Gottes – «Wie sag ichs dem E.T.?»	62	D / Lk / E / Gest
Science Fiction (ab 9. Schuljahr)		
Ikaros Montgolfier Wright – Der Traum vom Fliegen	68	D / Gest
Bildnachweis	73	

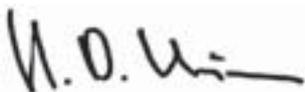
Vorwort

Kommunikation ist am Ende des 20. Jahrhunderts zum Leitthema in der Kultur, in der Wirtschaft und der Politik geworden. Sie wird auch das neue Jahrtausend entscheidend prägen. Diese Entwicklung hat Konsequenzen für die Schule. Wer heute für das Leben lernt, tut dies für ein Leben in einer global vernetzten Welt. Bereits heute brauchen wir umfangreiche Kenntnisse im Bereich der Kommunikationstechnologien, um uns in der modernen Informationsgesellschaft zurecht zu finden. Neben den technischen brauchen wir immer mehr auch neue soziale Fähigkeiten, die uns den Umgang mit den Daten- und Bilderfluten erleichtern. Diese facettenreiche Entwicklung wird unaufhaltsam weitergehen und nach immer neuen Qualifikationen verlangen.

Die Ausstellung «SPACE – Kommunikation im Weltraum» (Museum für Kommunikation, 22.10.1999–23.4.2000) gab Anlass zur Herstellung der vorliegenden Unterrichtsmaterialien. Im Zentrum des Lehrmittels steht das den ganzen Globus umspannende Netz weltraumgestützter Kommunikationsinstrumente – ein Netz, das unseren Alltag längst prägt, über das wir jedoch in der Regel nur sehr wenig wissen.

Lehrpläne fordern fächerübergreifenden Unterricht. Lehrmittel, die dieses Unterfangen stützen, sind dagegen nicht sehr zahlreich. Entsprechend gross ist der Aufwand der Lehrkräfte. Mit den Unterrichtsmaterialien zur Kommunikation im Weltraum leistet das Museum für Kommunikation einen Beitrag zur Förderung eines solchen Unterrichts. Die Autoren haben darauf geachtet, dass das Material rasch und zielgerichtet eingesetzt werden kann. In zeitgemässen Unterrichtsformen lassen sich zukunftssträchtige Techniken und wichtige Gedankengänge exemplarisch erarbeiten.

Die Unterlagen wurden zum Einsatz in der Schule hergestellt, können also auch ohne die Sonderausstellung «SPACE» eingesetzt werden. Selbstverständlich bleibt aber das Museum für Kommunikation mit seinen Sammlungen und Ausstellungen der ideale ausserschulische Lernort für die angesprochenen Themen.



Thomas Dominik Meier
Museum für Kommunikation, Direktor

Konzept der Unterrichtsmaterialien

Die Unterrichtsmaterialien sind im Rahmen der **Sonderausstellung «Space – Kommunikation im Weltraum»** entstanden, zu sehen im Museum für Kommunikation in Bern, vom 22. Okt. 1999 bis am 23. April 2000.

Ein **Ausflug ins Museum** ergänzt die Arbeit mit dem Lehrmittel in idealer Weise. Die Unterrichtsmaterialien sind über die Dauer dieser Sonderausstellung hinaus einsetzbar. Satellitenkommunikation, TV-live-Übertragungen, Handy-Kultur, GPS, weltweite Vernetzung ... sind Themen, die nicht nur das Museum für Kommunikation, sondern uns alle täglich begleiten und in Zukunft immer mehr beschäftigen müssen.

Mit diesen Unterrichtsmaterialien wollen wir speziell dem Umstand Rechnung tragen, dass **fächerübergreifendes Unterrichten** und **Teamarbeit im Kollegium** nicht nur von den Lehrplänen gefordert, sondern in den Schulen auch immer mehr praktiziert wird. So wird das Thema «Space – Kommunikation im Weltraum» von verschiedensten Fachbereichen angegangen (siehe auch «Themen im Lehrplan»).

Die **Kapitel** der Unterrichtsmaterialien **können einzeln eingesetzt werden**.

Die Materialien enthalten **1:1 kopierfähige Unterlagen für Schüler/innen** (Basisinformation, Kopiervorlagen) und bewusst knapp gehaltene **Hinweise für die Lehrpersonen** (Lehrerinformation, Hinweise zum Unterricht, Lösungen).

Die Unterrichtsmaterialien **bieten Lehrpersonen einer Klasse Hilfe** bei der Vermittlung eines Themas, das nicht eindeutig einem Fachbereich zuzuordnen ist. Dabei wechseln sich aus der Sicht der Schüler/innen physikalische Versuche, literarische Texte, Spiele mit Quiz-Charakter, Gestaltungsaufträge oder philosophische Gruppendiskussionen ab.

Die Unterrichtsmaterialien bieten den Schüler/innen die Möglichkeit, ein spannendes Thema, welches unseren Alltag mitbestimmt, anhand **unterschiedlichster Lernformen** zu erkunden und sich **aktiv und oft spielerisch Wissen anzueignen**.

Die Unterrichtsmaterialien bieten den Schüler/innen die Möglichkeit, **Fertigkeiten** zu **üben**. Das Thema hat dabei exemplarischen Charakter.

Themen im Lehrplan

Natur Mensch Mitwelt

Physik/Naturkunde:	Energie, Impuls, Kraft, Beschleunigung, Schwerkraft, Raumfahrt, Telekommunikation
Geschichte:	Kommunikation, gesellschaftliche Veränderungen, Rüstung, Kalter Krieg, Raumfahrt, Folgen von Entdeckungen
Geografie:	Erde, Sonnensystem, Universum, globale Vernetzung, Wetterkunde
Lebenskunde/Philosophie:	Weltbilder, Menschenbilder, Gottesbilder, Schöpfung
Informatik:	Internet
Mathematik:	Geometrie (Kreis, Strahlensätze), Algebra, Problemlöseverhalten
Sprachen	
Deutsch:	Kommunikation, Begriffsbildung, Informationen erschliessen, Arbeit mit Texten, Literatur
Englisch:	Informationen erschliessen, Leseverstehen, Wortschatz, Kommunikation
Gestalten:	Form, Struktur, Umsetzung eines Textes



Lerninhalte

Raumfahrt

Die Schüler/innen

- nehmen die rasche technologische Entwicklung in der Raumfahrt wahr,
- prägen sich Marksteine der Raumfahrtgeschichte ein,
- entwickeln ein Zeitgefühl für Ereignisse rund ums Thema «Space – Kommunikation im Weltraum» und
- verschaffen sich einen Überblick.

Bemannte Raumfahrt

Die Schüler/innen

- gewinnen Erkenntnisse über physikalische Eigenschaften des Weltraums
- und die entsprechenden Massnahmen der Astronaut/innen,
- gewinnen Erkenntnisse zu Vakuum, künstlicher Schwerkraft und Mondumgebung.

Satellitenkommunikation

Die Schüler/innen

- informieren sich über die Geschichte des Fernmeldewesens,
- wissen rudimentär über die Funktionsweise eines Kommunikationssatelliten Bescheid,
- gewinnen Erkenntnisse zu Umlaufbahnen, Synchronsatelliten und asynchronen Satelliten,
- bestimmen Orte durch Koordination und lernen so das Grundprinzip des GPS kennen.

Satelliten als Datensammler

Die Schüler/innen

- wissen Bescheid über Anwendungen der zivilen Erdbeobachtung durch Satelliten,
- werten Satellitenbilder aus und lösen mathematische Aufgaben zu Geometrie und Algebra,
- gewinnen Erkenntnisse über Energie,
- die Strahlensätze und
- unsere Sonne.

Lernformen

Diverse Spielformen: Quiz, Memory, Sortierspiele
Gespräche, Diskussion in Gruppen

Physikalische Versuche in Gruppen, Gruppenpräsentation, mündliche und schriftliche Stellungnahme
Astronauten-Eignungs-Test, Gespräche, Plenumsdiskussion

Lesen, Gruppenarbeit, Schreibenanlass, Gruppendiskussion, Konstruktion und Berechnungen, Versuche, Suchspiele

Lesen, Verständnistest, Diskussion
Beobachtungsauftrag, Atlasarbeit, messen, rechnen,
Versuche in Gruppen, Klassengespräch, Gruppengespräch, rechnen



Lerninhalte

Search for ExtraTerrestrial Intelligence

Die Schüler/innen

- setzen sich mit der Frage nach ausserirdischer Intelligenz auseinander und beziehen Stellung,
- lernen Forschungsprogramme im Rahmen von SETI kennen,
- recherchieren im Internet und sind in der Lage, in einem englischen Text die Hauptaussage zu erkennen und wiederzugeben.

Science Fiction (ab 9. Schuljahr)

Die Schüler/innen

- erkennen Merkmale der Literaturgattung «Science Fiction»,
- üben selbständige Rechercharbeit in Bibliotheken, im Internet,
- analysieren anhand konkreter Aufgaben einen SF-Text von Ray Bradbury,
- setzen einen Text gestalterisch um.

Lernformen

Lesen, Textanalyse, Schreibenanlass, Gespräch, Debatte, Plenumsdiskussion, argumentieren, Recherche im Internet, dokumentieren, Analyse eines Fremdsprachen-Textes, präsentieren

Lesen, Klassengespräch, Rechercharbeit in Gruppen, Gestaltung eines Arbeitsblattes, Schreiben einer Zusammenfassung, Textanalyse, gestalterische Umsetzung in der Gruppe

History – Eine Zeitreise durch die Geschichte der Raumfahrt

Abb. 1: Fussabdruck auf dem
Mond



Man muss keine Intelligenzbestie, kein Historiker und keine Schnelldenkerin sein, um bei diesem Spiel zu gewinnen. Doch etwas Allgemeinwissen in Sachen Raumfahrt und taktisches Geschick werden verlangt. Achtet man besonders auf die «ganz Schlaunen», kann man deren Wissen gnadenlos ausnutzen. Nicht verhindern lässt sich, dass die Schüler/innen durch das Spiel ein Zeitgefühl für Ereignisse rund um die rasante Entwicklung der Raumfahrt entwickeln und sich Marksteine besser einprägen können!

Inhalt

History	9
Spielziel	9
Spielvorbereitung	9
Spielverlauf	9
Ereignis vorlesen	9
History-Karten ausspielen	9
Reihenfolge festlegen	9
History-Marker plazieren oder Zweifeln	9
Auswertung der Runde	9
Nächstes Ereignis wird vorgelesen	9
Ende des Spiels	9
Hinweise zum Unterricht	10
Erste Phase	10
Beispiel 1:	10
Beispiel 2:	10
Beispiel 3:	10
Beispiel 4:	10
Zweite Phase	10
Dritte Phase	10
Bildteil	10

History

Ein Spiel für 3–6 Spieler/innen.

Spielziel

Durch möglichst genaues Datieren eines Ereignisses oder durch Anzweifeln der Antwort eines Mitspielers können History-Karten abgegeben werden. Wer zuerst nur noch eine hat, hat gewonnen.

Spielvorbereitung

Der **Spielplan** wird auf Format A3 vergrößert und bereitgelegt.

Die **History-Karten** werden gut gemischt und an alle Mitspieler je sechs Karten verdeckt verteilt. Überzählige Karten werden weggelegt.

Die **History-Marker** werden auf dem Spielplan bereitgelegt.

Die **Ereigniskarten** werden gemischt und einem Mitspieler übergeben, der den Stapel vor sich ablegt. Man beachte, dass bei allen Karten das Ereignis und nicht die Lösung nach oben zeigt. Es geht los!

Spielverlauf

Ereignis vorlesen

History-Karten ausspielen

Alle Mitspieler wählen eine History-Karte aus ihrer Hand und legen diese verdeckt vor sich auf den Tisch. Alle decken gleichzeitig ihre Karten auf. Haben zwei oder mehr Spieler die genau gleiche History-Karte gespielt, heben sich diese auf, die Betroffenen müssen die Karten wieder auf die Hand nehmen und dürfen erst beim nächsten Ereignis wieder mitspielen.

Reihenfolge festlegen

Es beginnt immer der Spieler, der den grössten Zeitraum abdecken muss, also zum Beispiel 5 Jahrzehnte (dunkle Karte 5). Dann ist der Spieler an der Reihe, der das Ereignis auf 3 Jahrzehnte (dunkle Karte 3) eingrenzen soll, falls diese Karte überhaupt gespielt wurde, ansonsten gehts mit dem Spieler mit der 1 Jahrzehnt-History-Karte (dunkle Karte 1) weiter und so fort.

History-Marker plazieren oder Zweifeln

In der oben beschriebenen Reihenfolge plazieren nun die Mitspieler die History-Marker – der Spieler mit der höchsten History-Karte beginnt.

Achtung! Mit den dunklen History-Markern werden die Jahrzehnte festgelegt, mit den hellen History-Markern die Jahre!

Dem Spieler mit der zweithöchsten History-Karte und allen weiteren Spielern bieten sich zwei Möglichkeiten:

a. Präzisieren:

Man akzeptiert den Zeitraum des Vorgängers und präzisiert ihn mit dem der History-Karte entsprechenden History-Marker.

Achtung! Kommt nach dem Spieler mit der Karte «5» Jahrzehnte (dunkel) der Spieler mit der Karte «3» Jahre (hell) an die Reihe – weil die dazwischen liegenden History-Karten nicht gespielt wurden –, so muss dieser selbstverständlich nebst dem «3 Jahre»-Marker (hell) auch das Jahrzehnt mit dem «1 Jahrzehnt»-Marker (dunkel) präzisieren!

b. Zweifeln:

Man zweifelt den Zeitraum eines seiner Vorgänger an, sagt dies und legt keinen Marker. Der Spieler mit der nächsthöheren History-Karte ist am Zuge.

Auswertung der Runde

Nachdem alle Spieler am Zuge waren, wird die Ereigniskarte umgedreht und die korrekte Jahreszahl vorgelesen. Alle Spieler, die mit der Plazierung ihres History-Markers richtig lagen oder zurecht einen Zeitraum eines Vorgängers angezweifelt haben, legen ihre History-Karte auf einen Ablagestapel. Alle anderen Spieler nehmen ihre History-Karte wieder auf die Hand.

Hat ein Spieler zu Unrecht einen Zeitraum angezweifelt, so erhält der Zweifler die Karte des Spielers, den er angezweifelt hat! Haben mehrere Spieler einen korrekten Zeitraum angezweifelt, so erhält der letzte Zweifler die Karte!

Nächstes Ereignis wird vorgelesen

Der Spieler rechts vom Spieler, der das erste Ereignis vorgelesen hat, liest nun das zweite Ereignis vor.

Ende des Spiels

Besitzt ein Spieler nur noch eine History-Karte ist er der Sieger und das Spiel ein erstes Mal zu Ende. Es kann mehrere Sieger geben!

Hinweis:

Auch wenn die Spielanleitung zwecks besserer Lesbarkeit nur in der männlichen Form geschrieben ist, können sich selbstverständlich auch Frauen am Spiel beteiligen!

Hinweise zum Unterricht

Erste Phase

Untenstehend finden sich Anregungen, wie mit den Ereigniskarten in einer ersten Phase gearbeitet werden kann, so dass das History-Spiel dann später die ihm vorgesehene Bedeutung – nämlich die Selbstkontrolle für die Schüler/innen – erhält:

Lassen Sie die Schüler/innen die Ereigniskarten nach verschiedenen Kriterien – aber immer chronologisch – sortieren.

Beispiel 1:

Sortieren nach Mond-, Mars-, Venus- oder Sonnenmissionen.

Beispiel 2:

Sortieren nach US-, respektive russischen Projekten. Wie verhalten sich die beiden Grossmächte nach dem Ende des Kalten Krieges? Was ist der «Kalte Krieg»? Lassen Sie die Schüler/innen Informationen beschaffen.

Beispiel 3:

Welche Grossmacht war zu welcher Zeit führend in der Raumfahrt? Interpretation und Diskussion von bestimmten Ereignissen. *So hatte beispielsweise der Start von Sputnik wohl einen grösseren politischen denn wissenschaftlichen Wert!*

Es ist dafür nicht erforderlich, dass die Lehrperson ein Spezialwissen mitbringt. Sie kann vielmehr mit der Klasse zusammen entdeckend lernen.

Beispiel 4:

Sortieren nach Namen von Satelliten, Raumfähren und Missionen. Was haben die Namen für eine Geschichte? Weshalb wurden sie gewählt?

Zweite Phase

Entscheiden Sie, welches die 10 Ereignisse sind, die sich die Schüler/innen merken sollen. Kopieren Sie die Rückseiten der entsprechenden Ereigniskarten und lassen Sie die Schüler/innen **Memory spielen**. Das heisst: Ein bestimmtes Ereignis und das entsprechende Datum bilden ein Paar.

Dritte Phase

History spielen!

Hinweis:

Die Spielanleitung tönt vielleicht etwas kompliziert. Legen Sie alles Material bereit, gehen Sie zusammen mit den Schüler/innen Schritt für Schritt die Anweisungen durch, und Sie werden merken, dass es gar nicht so schwierig ist!

Bildteil

Der folgende Bildteil enthält einige ausgewählte Bilder zu wichtigen Ereignissen der Raumfahrt.

Legende

Abb. 2
Sputnik, der erste Satellit.

Abb. 3
Apollo 11 auf dem Mond. Mit Astronaut und Sonnenwindsegel der Universität Bern.

Abb. 4
Die ESA-Raumsonde Giotto und der Komet Halley.

Abb. 5
Die russische Raumstation MIR im All.

Abb. 6
Das Weltraumteleskop Hubble.

Abb. 7
Pathfinder bei der Erkundung der Marsoberfläche.

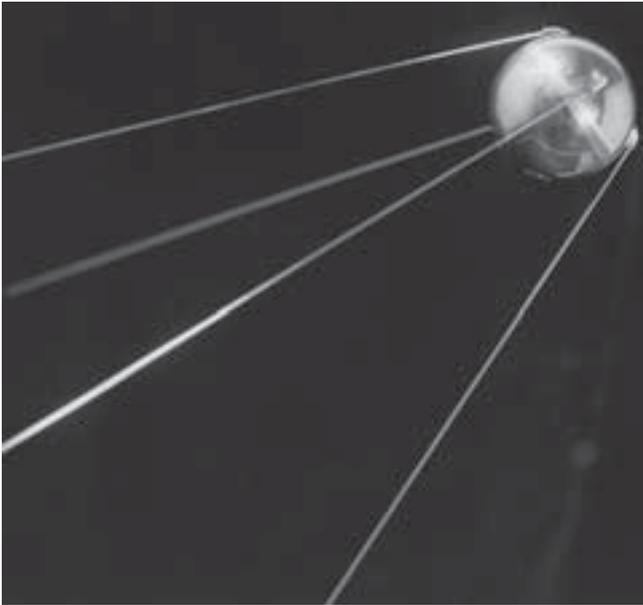


Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4



Abb. 5

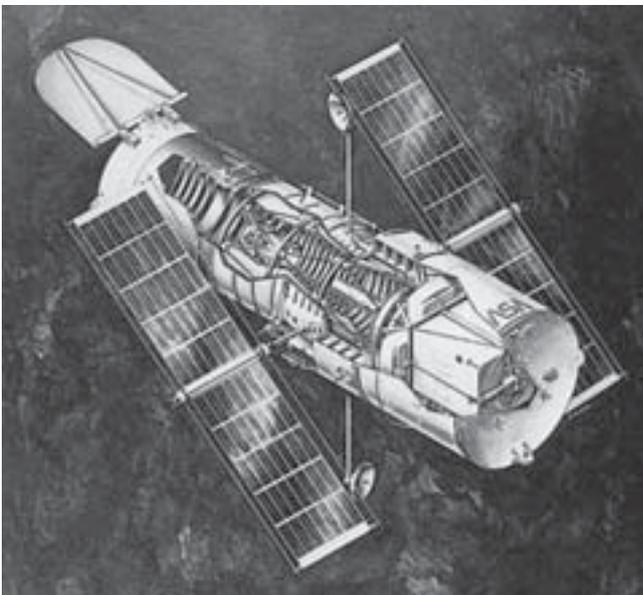
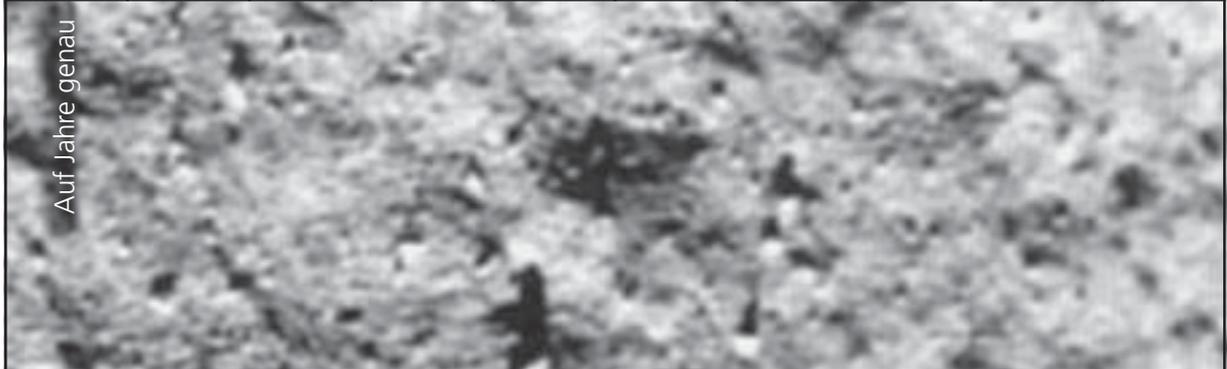
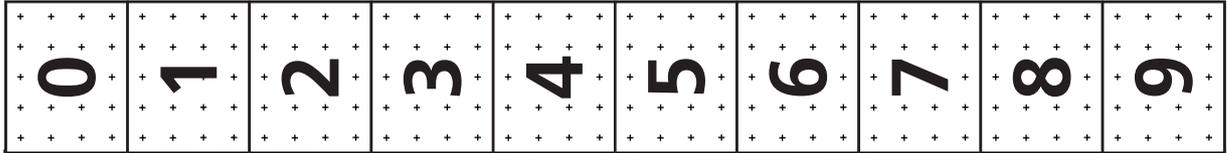


Abb. 6



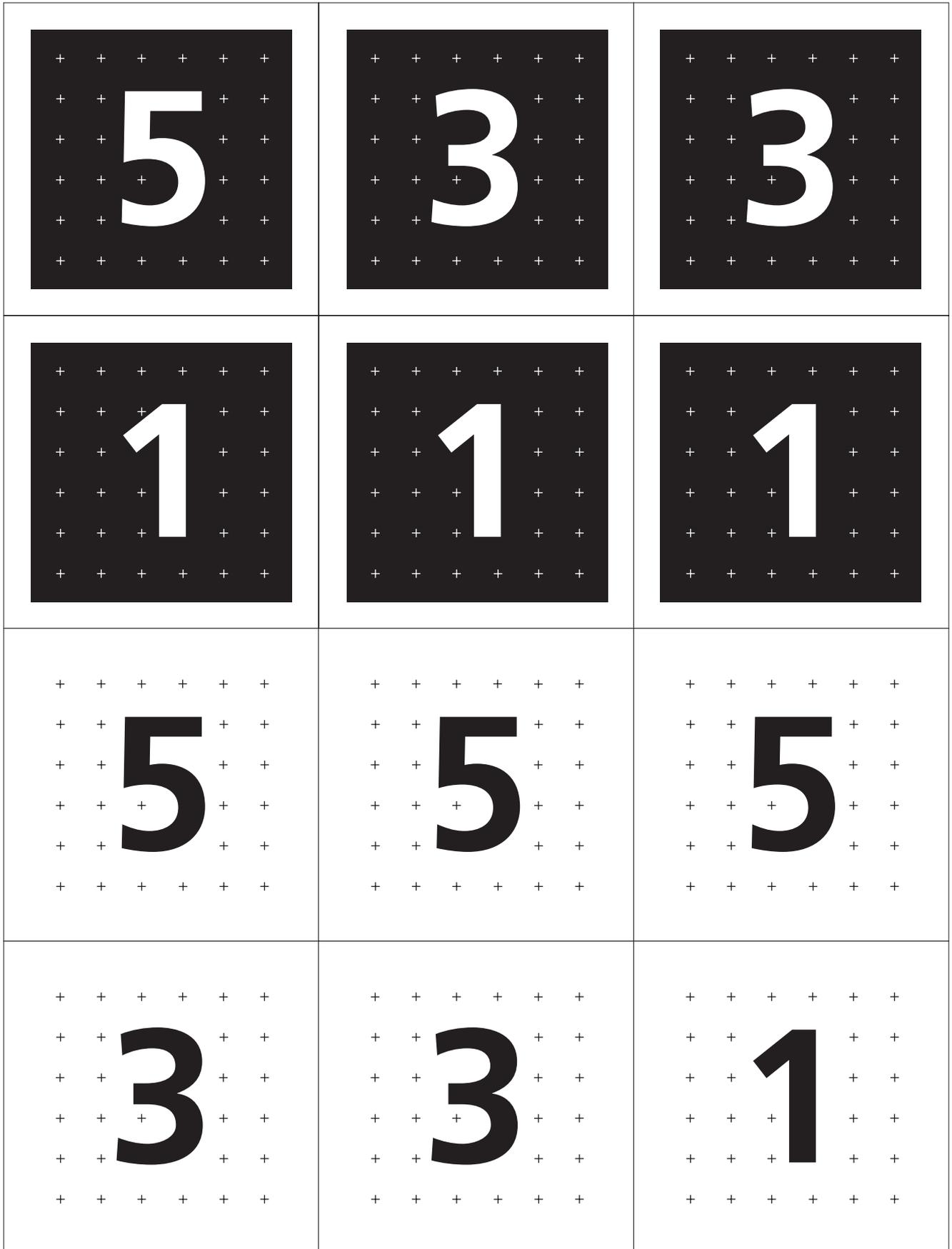
Abb. 7

History – Eine Zeitreise durch die Geschichte der Raumfahrt

Auf Jahrzehnte genau	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
																				
Auf Jahre genau																				

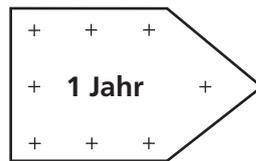
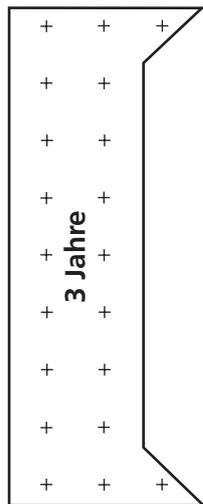
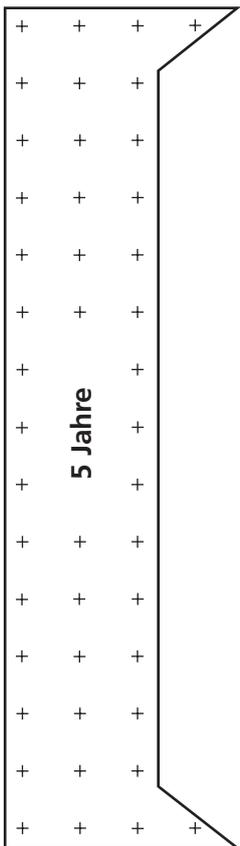
Spielplan

Vorlage für History-Karten (bitte x-mal kopieren, ausschneiden, evtl. laminieren und mischen)





History-Marker in Originalgröße (bitte ausschneiden und evtl. laminieren)





History-Ereigniskarten 1 (einzeln ausschneiden und evtl. laminieren)

<p>Eine deutsche V2 erreicht erstmals Höhen, die wir heute als Weltraum bezeichnen</p>	<p>Start des ersten Erdsatelliten, SPUTNIK 1, in der UdSSR</p>
<p>Beginn der Raumfahrt in den USA: Start von EXPLORER 1, Gründung der NASA</p>	<p>Raumsonde LUNIK 1 trifft erstmals den Mond</p>
<p>Mit der Kapsel «DISCOVERY 13» wird erstmals ein Satellit wieder zur Erde zurückgebracht</p>	<p>Erster bemannter Raumflug: Gagarin umrundet die Erde einmal</p>
<p>John Glenn absolviert ersten US-Orbitalflug: drei Erdumläufe</p>	<p>TELSTAR leitet Satellitenfernsehen ein: zehninütige Livesendung zwischen USA und Europa</p>
<p>MARINER 2 funkt erste Daten von einem Planeten: Venus</p>	<p>Start des ersten geostationären TV Satelliten: SYNCOM 2</p>



4. Okt. 1957	3. Okt. 1942
12. Sept. 1959	31. Jan. 1958
12. Apr. 1961	10. Aug. 1960
10. Juli 1962	20. Feb. 1962
26. Juli 1963	14. Dez. 1962

History-Ereigniskarten 2 (einzeln ausschneiden und evtl. laminieren)

<p>Erste TV-Liveübertragung Olympischer Spiele dank Satellit</p>	<p>MARINER 4 liefert erste Funkbilder von Mars – aus 218 Mio km Entfernung</p>
<p>Frankreich lanciert Satelliten «ASTERIX» mit eigener Rakete</p>	<p>Die Sonde LUNA 9 überlebt die erste unbemannte Mondlandung</p>
<p>Abschluss der Mondkartografierung durch fünf LUNAR ORBITERS</p>	<p>Die russische «VENERA 4» dringt in die Venusatmosphäre ein</p>
<p>Jungfernflug der Mondrakete SATURN 5</p>	<p>Abschluss der unbemannten US-Mondlandungen mit SURVEYOR 7</p>
<p>Erstflug einer APOLLO- Dreimannkapsel (11 Tage)</p>	<p>Zehnfache Mondumrundung dreier US-Astronauten</p>



15. Juli 1965	Okt. 1964
31. Jan. 1966	16. Nov. 1965
18. Okt. 1967	1. Aug. 1967
7. Jan. 1968	9. Nov. 1967
24. Dez. 1968	11. Okt. 1968

History-Ereigniskarten 3 (einzeln ausschneiden und evtl. laminieren)

<p>US-Astronauten fliegen zum 2. Testflug Richtung Mond</p>	<p>Erste bemannte Mondlandung durch Armstrong und Aldrin</p>
<p>Auch APOLLO 12 landet erfolgreich bemannt auf dem Mond</p>	<p>Japan lanciert Satelliten «OHSUMI» mit eigener Rakete</p>
<p>Start der einzigen misslungenen Mondlandemission, welche mit einer glücklichen Rettungsaktion endet</p>	<p>China wird 5. Weltraumnation mit eigenem Satelliten</p>
<p>Landung des russischen Mondmobils «LUNOKHOD 1» (unbemannt) auf dem Mond</p>	<p>Die russische VENERA 7-Kapsel sendet 23 Minuten lang Daten von der Venusoberfläche</p>
<p>Die NASA landet mit APOLLO 14 zum dritten Mal zwei Astronauten auf dem Mond</p>	<p>Start der ersten russischen Raumstation «SALJUT 1»</p>



20. Juli 1969	18. Mai 1969
11. Feb. 1970	14. Nov. 1969
24. Apr. 1970	11. Apr. 1970
15. Dez. 1970	17. Nov. 1970
19. Apr. 1971	31. Jan. 1971

History-Ereigniskarten 4 (einzeln ausschneiden und evtl. laminieren)

<p>Die APOLLO-15-Mannschaft nimmt erstes Mondauto in Betrieb</p>	<p>England startet seinen ersten (und letzten) Satelliten</p>
<p>Marssatellit MARINER 9 beginnt die rund einjährige Kartografierung des Roten Planeten</p>	<p>Auch die fünfte gestartete Mondlandemission gelingt</p>
<p>Start zur letzten von sechs Mondlandungen mit APOLLO 17</p>	<p>Start der SKYLAB-Raumstation, die bis Anfangs 1974 von drei Apollo-Dreiermannschaften bewohnt wird</p>
<p>Die Raumsonde PIONEER 10 durchquert den Asteroidengürtel und erreicht Jupiter</p>	<p>MARINER 10 erreicht Merkur unter Ausnützung der «planetarischen Billardtechnik»</p>
<p>Beginn der 10tägigen amerikanisch-russischen Mission «Apollo Sojus Test Project»</p>	<p>Die russische Sonde VENERA 9 überlebt 53 Minuten auf der Venusoberfläche, VENERA 10 drei Tage später 65 Minuten</p>



28. Okt. 1971	30. Juli 1971
16. Apr. 1972	13. Nov. 1971
14. Mai 1973	7. Dez. 1972
29. März 1974	4. Dez. 1973
22. Okt. 1975	15. Juli 1975

History-Ereigniskarten 5 (einzeln ausschneiden und evtl. laminieren)

<p>HELIOS 2 von der ESA kommt in Rekordnähe (43 Mio km) von der Sonne, 3 Mio km näher als HELIOS 1 (15.3.1975)</p>	<p>Erste unbemannte weiche Marslandung von VIKING 1</p>
<p>Auch VIKING 2 landet erfolgreich weiter nördlich auf Mars</p>	<p>Start von VOYAGER 1 zur Grand Tour ins Äussere des Sonnensystems, gefolgt am 5. September von VOYAGER 2</p>
<p>In diesem Jahr starteten die Russen nur drei bemannte Flüge, die USA gar keine. Das Jahr des Starts zur Grand Tour!</p>	<p>PIONEER VENUS startet mit einem Orbiter und vier Landern. Die Kapseln überleben die Hitze und den Druck bis zu 67 Minuten</p>
<p>PIONEER 11 erreicht Saturn nach Jupiter-Passage</p>	<p>Mit dem erfolgreichen Start von ARIANE 1 beginnen die kommerziellen Satellitenstarts in Europa</p>
<p>Indien startet «ROHINI» und wird 7. Weltraumnation</p>	<p>Start des ersten US-Raumtransporters «COLUMBIA»</p>



20. Juli 1976	April 1976
20. Aug. 1977	9. Sept. 1976
20. Mai 1978	1977
24. Dez. 1979	1. Sept. 1979
12. Apr. 1981	18. Juli 1980

History-Ereigniskarten 6 (einzeln ausschneiden und evtl. laminieren)

<p>Die russische Sonde VENERA 13 sendet 127 Minuten lang Funkbilder von der Venusoberfläche</p>	<p>Jungfernflug des 2. Space Shuttle-Orbiters «CHALLENGER»</p>
<p>Start des europäisch-amerikanischen SPACELAB-1 beim 9. Flug mit einem Space Shuttle</p>	<p>Jungfernflug des 3. Space Shuttle-Orbiters «DISCOVERY»</p>
<p>Die russischen Kosmonauten Kizim, Solowjov und Atkov beenden den bis dahin längsten Raumflug: 237 Tage!</p>	<p>Erste Bergung eines Satelliten mit dem Space Shuttle (WESTAR und PALAPA)</p>
<p>Erstflug des vierten Shuttle-Orbiters «ATLANTIS»</p>	<p>Bei der deutsch-amerikanischen SPACELAB-D-1-Mission starten das einzige Mal acht Astronauten gleichzeitig</p>
<p>Die Raumsonde VOYAGER 2 erreicht Uranus</p>	<p>Auch Amerika erleidet bei der CHALLENGER-Katastrophe erstmals den Verlust einer Astronautenmannschaft</p>



4. Apr. 1983	1. März 1982
30. Aug. 1984	28. Nov. 1983
12. Nov. 1984	2. Okt. 1984
30. Okt. 1985	3. Okt. 1985
26. Jan. 1986	24. Jan. 1986

History-Ereigniskarten 7 (einzeln ausschneiden und evtl. laminieren)

<p>Russland beginnt mit dem Aufbau der Raumstation MIR</p>	<p>Die ESA-Sonde GIOTTO erforscht erstmals einen Kometen, Halley, aus der Nähe</p>
<p>Israel startet OFFEK-1 mit Rakete SCHAWIT und wird offiziell Weltraumnation</p>	<p>Der französische Astronaut Chrétien startet in Russland zum ersten Weltraumspaziergang eines Europäers</p>
<p>Start der Venus-Radarsonde MAGELLAN, welche die genaue Kartografierung ermöglicht (Grundlage der IMAX-Überflugfilme)</p>	<p>Die Raumsonde VOYAGER 2 erreicht Neptun</p>
<p>Das Weltraumteleskop HUBBLE wird vom Shuttle aus gestartet</p>	<p>Start der europäisch-amerikanischen Sonnensonde ULYSSES, erste europ. Sonde mit Flug via Jupiter</p>
<p>Helen Sharman, eine Engländerin, fliegt zur MIR und wird erste Europäerin im All</p>	<p>Start von UARS, dem grössten Erderforschungssatelliten</p>



13. März 1986	Frühjahr 1986
26. Nov. 1988	20. Sept. 1988
24. Aug. 1989	4. Mai 1989
6. Okt. 1990	24. Apr. 1990
12. Sept. 1991	18. Mai 1991

History-Ereigniskarten 8 (einzeln ausschneiden und evtl. laminieren)

<p>Start zur AUSTROMIR-Mission: Franz Viehböck wird erster österreichischer Kosmonaut</p>	<p>Jungfernflug von Shuttle «ENDEAVOUR» (Ersatz für Challenger, die 1986 explodierte)</p>
<p>Start zur ersten Fesselsatelliten- Mission (STS-46)</p>	<p>Japanische SPACELAB-J-Mission mit Astronaut Mohri</p>
<p>Deutsch-amerikanische SPACELAB-D-2-Mission mit den deutschen Astronauten Schlegel und Walter</p>	<p>Die ESA-Forschungsplattform EURECA wird von einem Space Shuttle abgeholt</p>
<p>Start zur ersten 11tägigen HUBBLE-Reparaturmission (mit Claude Nicollier/CH)</p>	<p>Kosmonaut Valeri Poljakov startet zu seinem bisher nicht überbotenen 421-Tage-Flug im All</p>
<p>Krikalev ist als erster Russe Gast in einem Space Shuttle</p>	<p>Der Deutsche Ulf Merbold wird 30 Tage Gast in der Raumstation MIR</p>



7. Mai 1992	2. Okt. 1991
11. Sept. 1992	31. Juli 1992
21. Juni 1993	26. Apr. 1993
8. Jan. 1994	2. Dez. 1993
4. Okt. 1994	3. Feb. 1994

History-Ereigniskarten 9 (einzeln ausschneiden und evtl. laminieren)

<p>Norman Thagard startet als erster Amerikaner mit einer russischen Rakete als Gast zur MIR</p>	<p>Die EUROMIR-Mission dient erstmals «Kunst und Medizin»</p>
<p>Die GALILEO-Doppelsonde dringt erfolgreich in die Jupiteratmosphäre ein bzw. wird erster Jupitersatellit</p>	<p>Russland ergänzt die MIR-Raumstation mit «Priroda» zum letzten Mal</p>
<p>Start zur 2. HUBBLE-Reparatur- und Wartungsmission</p>	<p>Ein SPACELAB fliegt bei der Mission MSL-1 zum letzten Mal</p>
<p>Die NASA landet erstmals nach 21 Jahren wieder auf dem Mars. PATHFINDER hat das Marsmobil SOJOURNER bei sich.</p>	<p>PATHFINDER und SOJOURNER liefern bis Ende September dieses Jahres rund 17 000 Funkbilder vom Mars zur Erde</p>
<p>Start von LUNAR PROSPECTOR, der ersten Mondsonde seit Apollo, welcher der Nachweis von Eis an den Mondpolen gelingt</p>	<p>Letzte Kopplungs-Mission SHUTTLE – MIR; Andy Thomas wird als 7. und letzter US-Besucher abgeholt</p>



3. Sept. 1995	14. März 1995
April 1996	7. Dez. 1995
4. Apr. 1997	11. Feb. 1997
1997	4. Juli 1997
2. Juni 1998	7. Jan. 1998



Auf dem Mond gestrandet – Ein Test von NASA-Experten

Abb. 8: **Apollo 15 Astronaut James Irwin mit Mondfahrzeug.**

Als 1957 der erste künstliche Satellit «Sputnik» von der UdSSR erfolgreich ins All geschossen wurde, war klar, dass dies auch der erste Schritt zur bemannten und später auch befruchteten Raumfahrt war. Am 20. Juli 1969 schliesslich betreten erstmals Menschen den Mond. Mit dem folgenden Test findet man heraus, ob man selbst zur Astronautin oder zum Astronauten taugt.



Inhalt

Lehrerinformation

Lösungsvorschläge

Beurteilungsvorschlag

Auf dem Mond gestrandet

Auswertung

25

25

25

26

27

Lehrerinformation

Lösungsvorschläge

NASAs Begründung für:

1. **Schachtel mit Streichhölzern**
Wertlos, da auf dem Mond kein Sauerstoff die Flamme unterhält
2. **Nahrungsmittelkonzentrat**
Wirksames Mittel, den Energiebedarf zu decken
3. **15 m Nylonseil**
Nützlich zum Überklettern von Felsen
4. **Fallschirmseide**
Schutz vor Sonneneinstrahlung
5. **Sonnenenergiegespeicher Heizer**
Unnötig, ausser auf der Schattenseite ...
6. **2 Pistolen**
Benützbar für Rückstossantrieb
7. **Behälter mit Milchpulver**
Ergänzung des Nahrungskonzentrats, aber relativ voluminös
8. **Sauerstofftanks, je 50 kg**
Unbedingt nötig zum Überleben
9. **Sternkarte (Mondumgebung)**
Erstrangiges Hilfsmittel zur eventuellen Navigation
10. **Automatisch aufblasbares Rettungsboot**
Kohlendioxidflasche für Rückstossantrieb nützlich
11. **Magnetischer Kompass**
Wertlos wegen nicht polarisiertem Magnetfeld des Mondes
12. **20 Liter Wasser**
Wichtig zum Ausgleich des ungeheuren Wasserverlustes auf der Sonnenseite
13. **Signalflaggen**
Nützlich für Notsignale, falls das Mutterschiff in Sicht kommt
14. **Erste-Hilfe-Kasten mit Injektionsnadeln**
Gut für Injektionen von Medikamenten, Vitaminen
15. **UKW-Radio mit Sonnenbatterie**
Zur Kommunikation mit dem Mutterschiff, wegen UKW aber nur auf Sicht

Beurteilungsvorschlag

Die Differenzpunkte zwischen der NASA Bewertung und der eigenen Bewertung zusammenzählen. Falsche Bgründungen können (sollen) in die Bewertung einfließen und mit je einem Zusatzpunkt «bestraft» werden.

0–25	Spitze
26–32	Sehr gut
33–45	Gut
46–55	Durchschnittlich
56–70	Mässig
71–127	Als Astronaut/in ungeeignet

Auf dem Mond gestrandet

Versuche doch mal, dich mit NASA-Expert/innen zu messen. Der Test ist dafür geschaffen worden. Und das ist die Aufgabe:

Du bist auf dem Mond bruchgelandet und hast nur wenige Ausrüstungsgegenstände aus der Landefähre gerettet. Was könnte dir bei dem Versuch, das Mutterschiff zu erreichen, nützen? Unten findest du 15 Ausrüstungsgegenstände. Die sollst du numme-

rieren, und zwar in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit. Was du also glaubst, am notwendigsten zu brauchen, bezifferst du mit 1, das Zweitwichtigste mit 2 und so weiter. Gib bei jedem Gegenstand auch eine kurze Begründung an. Auf dem Auswertungsblatt findest du die Bewertung der NASA-Gruppe und kannst feststellen, ob du als Astronaut/in geeignet bist!

Ausrüstungsgegenstände	kurze Begründung	Bewertung
1. Schachtel mit Streichhölzern		
2. Nahrungsmittelkonzentrat		
3. 15 m Nylonseil		
4. Fallschirmseide		
5. Sonnenenergiegespeicher Heizer		
6. 2 Pistolen		
7. Behälter mit Milchpulver		
8. Sauerstofftanks, je 50 kg		
9. Sternkarte (Mondumgebung)		
10. Automatisch aufblasbares Rettungsboot		
11. Magnetischer Kompass		
12. 20 Liter Wasser		
13. Signalflaggen		
14. Erste-Hilfe-Kasten mit Injektionsnadeln		
15. UKW-Radio mit Sonnenbatterie		

Auf dem Mond gestrandet

Auswertung

Ausrüstungsgegenstände	NASAs Bewertung	eigene Bewertung	Differenz
1. Schachtel mit Streichhölzern	15		
2. Nahrungsmittelkonzentrat	4		
3. 15 m Nylonseil	6		
4. Fallschirmseide	8		
5. Sonnenenergiegespeicher Heizer	13		
6. 2 Pistolen	11		
7. Behälter mit Milchpulver	12		
8. Sauerstofftanks, je 50 kg	1		
9. Sternkarte (Mondumgebung)	3		
10. Automatisch aufblasbares Rettungsboot	9		
11. Magnetischer Kompass	14		
12. 20 Liter Wasser	2		
13. Signalflaggen	10		
14. Erste-Hilfe-Kasten mit Injektionsnadeln	7		
15. UKW-Radio mit Sonnenbatterie	5		

Die Summe der Spalte «Differenz» ergibt eine Punktzahl. Addiere für jede falsche Begründung einen Punkt dazu. Ob deine Begründung stimmt, kann dir dein Lehrer/deine Lehrerin sagen.

Beurteilung:

0–25 Spitze, 26–32 sehr gut, 33–45 gut, 46–55 durchschnittlich, 56–70 mässig, 71–127 als Astronaut/in ungeeignet

Summe: _____

Total Punkte _____

Vakuum, die lebensfeindliche Umgebung im All – Einige Versuche

Abb. 9: Astronaut auf einem Weltraumspaziergang.

Bis im Jahre 1961 mit Juri Gagarin wirklich der erste Mensch ins All flog, musste in zahlreichen Versuchen geklärt werden, welche Voraussetzungen für einen erfolgreichen bemannten Raumflug nötig sind, und wie die Astronauten gesichert werden können.



Inhalt

Lehrerinformation	29
Vakuum	29
Lösungsvorschläge	29
zu Versuch 1: Lebenserhaltungssystem	29
zu Versuch 2: Sprechfunkanlage	29
zu Versuch 3: Druckanzug	29
zu Versuch 4 und 5: Druckanzug	29
Grundlegende Versuchsapparatur	30
Ziel	30
Versuch 1	30
Versuch 2	30
Versuch 3	30
Versuch 4	30
Versuch 5	30
Die besonderen Lebensbedingungen im All – Vakuum	31



Lehrerinformation

Vakuum

Die Atmosphäre, die Lufthülle unserer Erde ist relativ dünn, nur ca. 100 km. Das entspricht dem Verhältnis eines Apfels zu seiner Schale. Welche vielfältigen lebenswichtigen Aufgaben die Atmosphäre für uns hat, wird erst deutlich, wenn der Mensch diesen Lebensraum zu Flügen ins Weltall verlassen will.

Diese Aufgaben muss dann das Raumschiff oder auch ein Raumanzug für «Spaziergänge» im Weltall erfüllen: Die vorgestellte Versuchsserie ist geeignet, einen sehr nachhaltigen Eindruck bei den Schüler/innen zu hinterlassen. Wenden Sie sich, wenn Sie im Umgang mit dem Versuchsaufbau nicht geübt sind, an eine Physiklehrperson. Sie werden sehen, es ist ganz einfach!

Lösungsvorschläge

Antworten auf die Fragestellungen der fünf Versuche finden Sie gleich untenstehend oder auf der kommentierten Abbildung des Astronauten «Die besonderen Lebensbedingungen im All».

zu Versuch 1: Lebenserhaltungssystem

Interessante Frage: Warum ziehen Astronauten dann nicht einfach einen Taucheranzug mit Pressluftflasche an?

Der Anzug würde im Nu zerrissen. Raumanzüge sind speziell verstärkt, bestehen aus vielen Schichten und müssen im Innern einen bestimmten Druck aufbauen.

zu Versuch 2: Sprechfunkanlage

Schall braucht zu seiner Ausbreitung ein Medium (Gas, Flüssigkeit oder auch feste Körper). Dieses fehlt im Vakuum: Im Weltall herrscht «Totenstille». Die Schaumstoffunterlage ist nötig, damit der Schall des Weckers nicht über Tisch und Glashaube nach aussen geleitet wird.

zu Versuch 3: Druckanzug

Bei abnehmendem Luftdruck sinkt der Siedepunkt von Flüssigkeiten. Bei diesen Versuchen liegt er bei ca. 20°C: Je nach Temperatur besitzen die Wasserpartikel unterschiedliche Bewegungsenergie. Bei Normaldruck schaffen es nur wenige Teilchen, die Oberfläche des Wassers zu verlassen (Verdunsten), die Luft drückt von oben dagegen. Erst durch entsprechendes Erhitzen bekommen die Moleküle genügend Energie, dass sie in grosser Zahl unter heftigen Wirbeln die Oberfläche verlassen - das Wasser siedet. Sinkt der äussere Luftdruck, reicht bereits die Bewegungsenergie bei niedriger Temperatur aus, damit das Wasser kocht.

Für die Astronautin bedeutet dies: Die Körperflüssigkeiten beginnen zu siedeln, besonders im Blut kommt es zur Ausbildung von Gasblasen, die als sogenannte Luftembolien lebenswichtige Gefässe verschliessen können, beziehungsweise sich im Herz sammeln, so dass dieses wirkungslos «ins Leere» pumpt (Gase sind komprimierbar im Gegensatz zu Flüssigkeiten).

zu Versuch 4 und 5: Druckanzug

Fehlt der äussere Luftdruck, so kann sich die im Luftballon beziehungsweise in den Lungenbläschen eingeschlossene Luft aufgrund des eigenen Innendrucks ausdehnen. Bei noch lebendem Lungengewebe ist dieser Effekt noch weit stärker, da die Lungenbläschen stärker gefüllt sind: Dem Astronauten würde es den Brustkorb zerreißen. Man beachte das zerstörte Gewebe nach dem Versuch!

Weitere beliebte Versuche zum gleichen Thema:

Mohrenkopf und Rasierschaum im Vakuum

Die besonderen Lebensbedingungen im All – Vakuum

Das Lebenserhaltungssystem

Seinen Vorrat an Sauerstoff und Wasser führt der Astronaut im Lebenserhaltungssystem auf dem Rücken mit sich. Dieser Vorrat reicht für sechs Stunden, und viel länger kann man ohne Pause zum Ausruhen und Essen ohnehin nicht arbeiten.

Der Helm

Obwohl der Helm ein dunkles einklappbares Visier hat, das die gefährlichen Ultraviolettstrahlen der Sonne abschirmt, kann man durch dieses Visier hindurchschauen (wie bei einer Sonnenbrille). Miteinander sprechen oder einander hören kann man unter dem Helm jedoch nicht. Deshalb tragen die Astronauten unter dem Helm eine Spezialkappe mit einem kleinen Mikrofon und Kopfhörern. Sie sind Teil einer Sprechfunkanlage.

Spezielle Unterwäsche

Obwohl es im Weltraum sehr kalt ist, würde es den Astronauten in ihren Anzügen sehr heiss werden, weil die Körperwärme nicht entweichen kann. Deshalb tragen sie auf der Haut einen Kühlanzug, der von zahlreichen wassergefüllten Röhren durchzogen ist. Dieses Wasser leitet die Körperwärme in das Lebenserhaltungssystem, von dort wird sie zum Teil in den Weltraum abgestrahlt.

Der Bewegungsapparat

Dieser Apparat ermöglicht es dem Astronauten, sich im Weltraum mühelos zu bewegen. Der Bewegungsapparat hat 24 kleine Düsen, aus denen gesteuerter Stickstoff ausströmt. So kann sich der Astronaut in jede gewünschte Richtung und Lage bewegen.

Der Raumanzug

Der Raumanzug ist sehr dick, weil er aus vielen Schichten besteht. Innen liegt eine spezielle Schicht, die auf den Körper des Astronauten den erforderlichen Druck ausübt, damit sich der Körper nicht aufbläht und das Blut zu kochen beginnt. Die anderen Schichten schützen den Astronauten vor den schädlichen Strahlen der Sonne und vor den winzigen Staubteilchen, die mit hoher Geschwindigkeit durch den Weltraum fliegen. Damit sich der Astronaut leichter bewegen kann, sind in dieser Schicht Falten eingearbeitet.

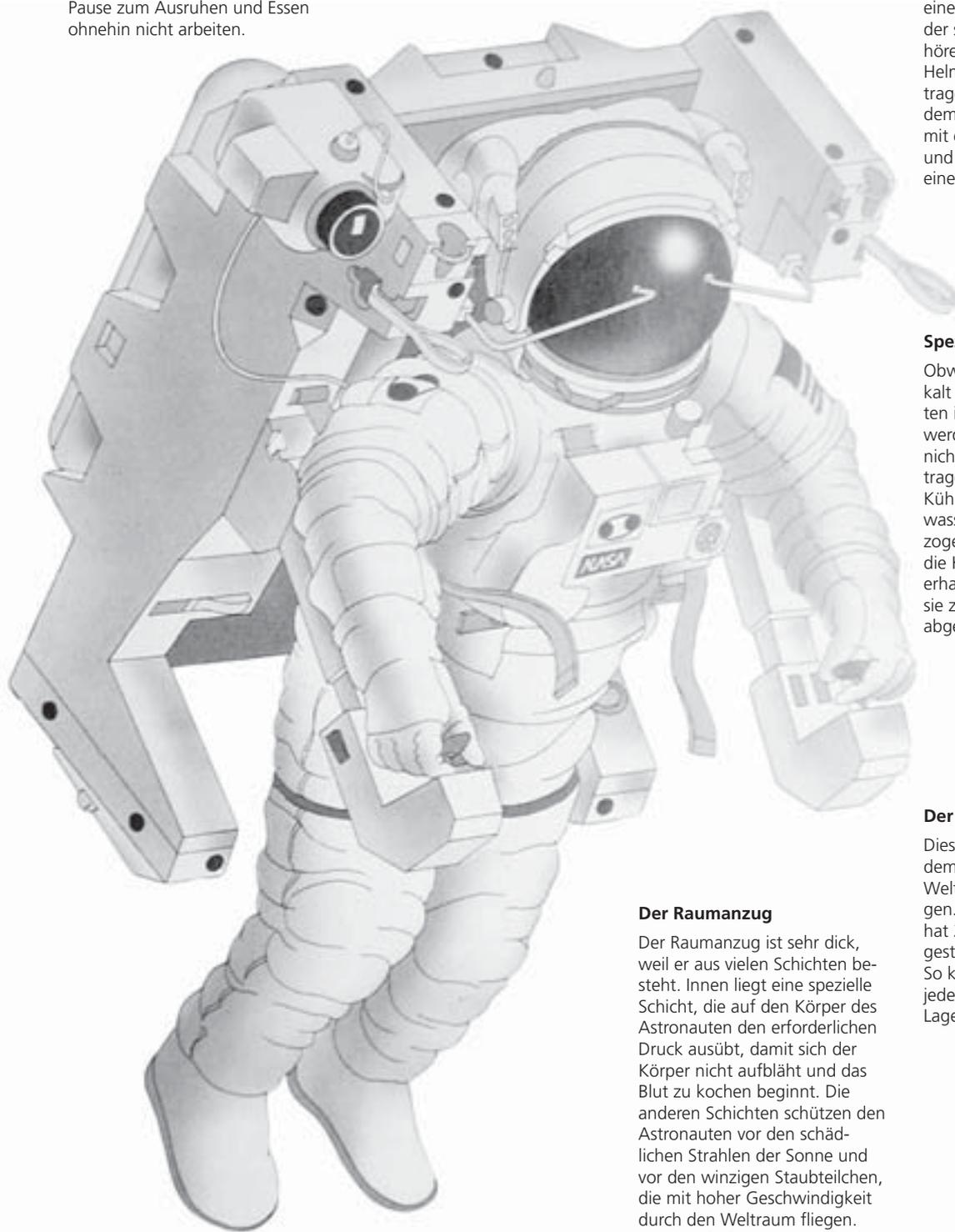
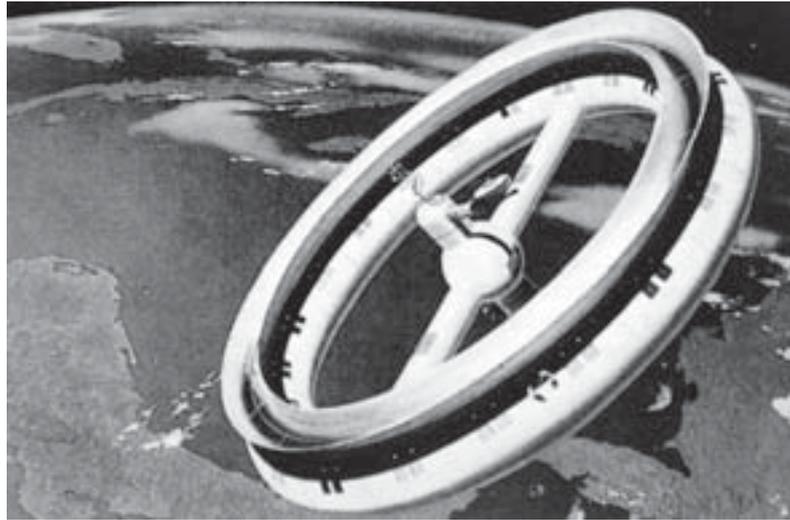


Abb. 10

Künstliche Schwerkraft – Leben im All

Abb. 11: Bild von Chesley Bonestell (1953). Ringförmige Weltraumkolonie, auf der erdähnliche Verhältnisse herrschen, auch eine künstliche Schwerkraft.



Zu den Sternen reisen, das wärs. Vielleicht gibt es ja weit entfernt, bei einer anderen Sonne einen bewohnbaren Planeten. Aber die Reise dorthin würde sehr, sehr lange dauern. Mehrere Leben lang. Also bräuchten wir Raumschiffe, in denen man leben könnte. In diesen Raumschiffen müssten beispielsweise Pflanzen wachsen können. Das können sie im schwerelosen Raum sehr schlecht. Auch unseren Körpern schadet die Schwerelosigkeit. Die Knochen gehen mit der Zeit kaputt, unwieder-ruflich. Wir lernen hier, wie künstliche Schwerkraft in einer Raumstation geschaffen werden kann.

Inhalt

Basisinformation	33
SETI	33
Das Kalzium-Problem	33
Versuch: Wasser	33
Ziel	33
Material	33
Durchführung	33
Die Raumstation mit Schwerkraft	33
Modell einer Raumstation	34
Beschreibung	34
Material	34
Skizze	34
Ausführung	34
Die richtige Drehgeschwindigkeit	34
Lehrerinformation	35
Kreisbewegung	35
Berechnungen	35



Basisinformation

SETI

Zu den Sternen reisen wäre noch viel spannender, wenn es auf einem weit entfernten Planeten auch intelligente Lebewesen geben würde. Viele Leute suchen nach solchen Ausserirdischen. Sie horchen in den Weltraum hinaus. Diese Suche heisst SETI (Search for Extra Terrestrial Intelligence). An ihr können sich alle beteiligen, die Englisch verstehen (vgl. Kapitel «Der Splitter im Auge Gottes – Wie sag ichs dem E.T.?»).

«Sternenreisende» kennen viele Schwierigkeiten. Eine ist das Kalzium-Problem.

Das Kalzium-Problem

Unter Schwerelosigkeit werden die Muskeln weniger beansprucht, als auf der Erde. Deshalb bauen Astronauten, die längere Zeit in Schwerelosigkeit leben, die Muskeln ab. Dagegen hilft Training.

Unter Schwerelosigkeit verändert sich auch der Stoffwechsel, weil die Flüssigkeiten im Körper anders verteilt werden.

Rund 99% des Kalziums in unserem Körper ist in den Knochen gespeichert. Bei Raumfahrten wird Kalzium aus den Knochen ins Blut gebracht und die Knochen werden weniger schnell erneuert. Durch die höhere Kalziumkonzentration im Blut wird weniger Kalzium mit der Nahrung aufgenommen. Der daraus resultierende Knochenabbau setzt für die Dauer von Aufhalten im Weltraum Grenzen. Also können wir nicht zu anderen Planeten reisen, ohne etwas gegen den Knochenabbau zu unternehmen. Ein möglicher Ausweg ist die Erzeugung von künstlicher Schwerkraft. Das wollen wir uns näher anschauen.

Versuch: Wasser

Ziel

Zentrifugalkraft erfahren.

Material

Kessel mit Henkel (Milchkessel), Schnur

Durchführung

1. Binde die Schnur an den Henkel, ganz fest. Die Schnur sollte so lange sein, dass du an ihr den Kessel in einem Kreis vor dir schwingen kannst.
2. Fülle Wasser in den Kessel, etwa einen Liter.
3. Geh ins Freie, weg von Menschen, Häusern, Fenstern, Autos und anderen Dingen, die durch fliegende Milchessel beschädigt werden könnten.
4. Hebe den Kessel an der Schnur ein bisschen an. Lass ihn hin und her schwingen. Immer stärker, bis du ihn über deinen Kopf schwingen kannst. Wenn du geschickt genug bist, wirst du kein Wasser verlieren.
5. Warum bleibt das Wasser im Kessel?
6. In Vergnügungsparks findest du Einrichtungen, die ähnlich funktionieren. Welche?

Die Raumstation mit Schwerkraft

Eine Raumstation, die längere Zeit bewohnt wird, braucht künstliche Schwerkraft.

Wie schaffen wir das?

Auf die gleiche Weise, wie wir das Wasser im Kessel hielten: Indem wir sie kreisen lassen.

Natürlich gibt es die verschiedensten Möglichkeiten, eine drehende Raumstation zu entwerfen. Kannst du eine zeichnen? Wo ist dein Zimmer in der Raumstation? Welches ist der «Boden» in deinem Zimmer?

Bau dir ein Modell deiner Raumstation oder zeichne sie. Falls du das nicht schaffst, ist weiter hinten eine Möglichkeit unter vielen beschrieben.

Wir wollen herausfinden, wie es sich in einer solchen Raumstation lebt. Stell dir vor: Kinder, die in der Raumstation geboren werden, kennen nichts anderes. Wenn du mit so einem Kind sprechen könntest – über Raumfunk – was würdest du dieses Kind fragen? Was würde es antworten?



Modell einer Raumstation

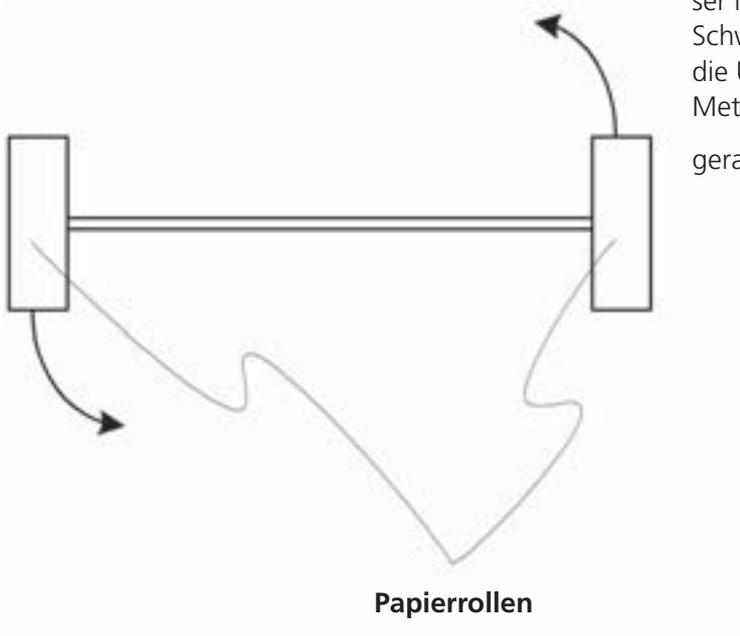
Beschreibung

Diese Raumstation sieht wie eine Hantel aus. Die beiden Zimmer sind je am Ende einer Stange. Die Hantel dreht um den Mittelpunkt der Stange.

Material

2 WC Rollen, Holzstab (50 cm lang), Papier, Klebstreifen

Skizze



Ausführung

Die Rollen stellen die Zimmer der Raumstation dar. Die Stange hält sie zusammen. In der Skizze ist die Drehrichtung angegeben. Aussen ist unten.

Die richtige Drehgeschwindigkeit

Je schneller sich die Raumstation dreht und je grösser ihr Drehradius ist, desto stärker ist die künstliche Schwerkraft. Mit der folgenden Formel kannst du für die Umlaufzeit T in Sekunden den Drehradius r in Metern bestimmen, für den in der Raumstation

gerade die Schwerkraft der Erde herrscht: $r = \frac{T \cdot T}{4}$

Lehrerinformation

Selbstverständlich finden sich diese Informationen in jedem Physikbuch. Sie sind hier einfach zur Erinnerung aufgeführt.

Kreisbewegung

Damit ein Körper auf einer Kreisbahn bleibt, muss ständig eine Kraft F in Richtung des Zentrums des

Kreises wirken: $F = \frac{mv^2}{r}$

Diese Kraft heisst Zentripetalkraft. Dabei ist m die Masse des Körpers, v seine Geschwindigkeit und r der Radius der Kreisbahn.

Berechnungen

Die Beschleunigung a_z , die einen Körper auf einer Kreisbahn mit dem Radius r hält, beträgt $a_z = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$

Also ist $r = \frac{a_z T^2}{4\pi^2}$

Für $a_z = 9.81 \text{ m/s}^2$, was der Gravitationsbeschleunigung auf der Erdoberfläche nahe ist, gilt

$$\frac{a_z}{4\pi^2} \approx 0.25 \text{ m/s}^2$$

Dies erklärt die Näherungsformel, $r = \frac{T \cdot T}{4}$ wenn die Umlaufzeit T in Sekunden und der Drehradius r in Metern eingesetzt werden.

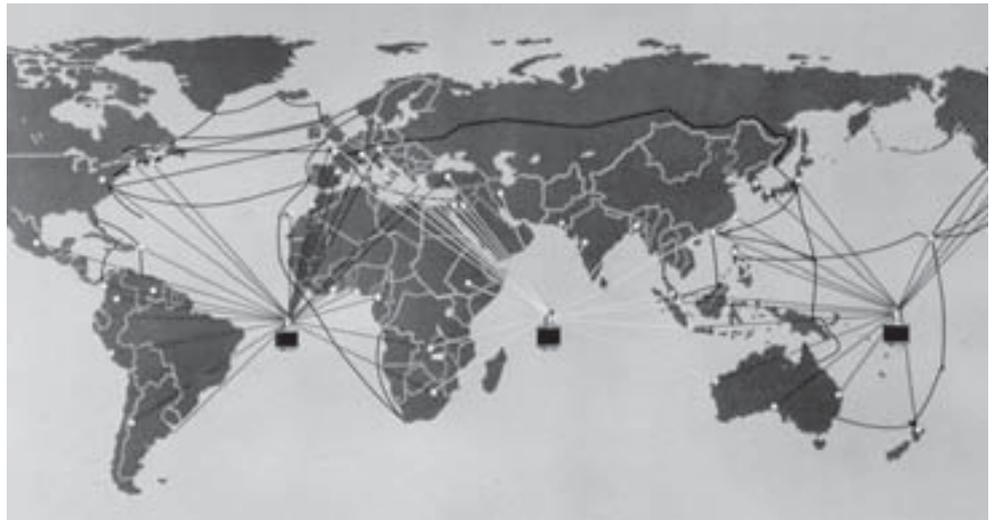


Abb. 12: Bild einer Zentrifuge auf einem Jahrmarkt.

Schneller, weiter, besser – Die Entwicklung der Fernmeldetechnik

Abb. 13: Ein Netz von Land- und Seekabeln sowie Fernmeldesatelliten verbindet heute die Kontinente.

Schon früh bildete die Überwindung immer grösserer Entfernungen für die einwandfreie Übertragung elektrischer Signale das Hauptziel der Fernmeldetechnik. Bildeten lange Zeit vor allem die Weltmeere schwer überwindbare Hürden, so sind heute der Kommunikation kaum mehr Grenzen gesetzt. Das Kapitel bietet als geschichtlicher Überblick eine wichtige theoretische Grundlage zum Thema «Space – Kommunikation im Weltraum».



Inhalt

Basisinformation	37
Präsidentenmorde	37
Den Ozean bezwingen	37
Drahtlos – aber ohne Satelliten	37
Doch lieber per Kabel telefonieren	37
Die vierte Ära hat begonnen	37
Richtstrahltechnik	37
Satelliten als Relais	38
Passive Fernmeldesatelliten	38
Aktive Fernmeldesatelliten	38
Synchrone Satelliten	38
Asynchrone Satelliten	38
Aufträge	38
Material	38
Lehrerinformation	39
Einführung ins Thema	39
Lösungsvorschläge	39
Hinweise zum Unterricht	39
Bildteil	40

Basisinformation

Präsidentenmorde

Als im Jahre **1865** der amerikanische Präsident Abraham Lincoln einem Mord zum Opfer fiel, dauerte es **mehr als drei Wochen**, bis die Kunde davon in Europa bekannt wurde. Diese Zeit brauchte ein Schiff, das damals einzige Transportmittel, um eine Meldung von Amerika nach Europa zu befördern. Von England aus wurde die Meldung dann unverzüglich mit Hilfe der Telegrafen über ganz Europa weiterverbreitet.

Als ein Jahrhundert später, **1963**, John F. Kennedy in Dallas von heimtückischen Kugeln getroffen, zusammenbrach, vergingen nur noch **wenige Minuten**, bis die Fernschreiber der Nachrichtenagenturen diese Hiobsbotschaft weltweit verbreiteten. Mehr noch: die Fernsehdienste Europas waren wenige Stunden später im Besitze einer Aufzeichnung des Vorfalls.

Heute ist es für uns nichts Aussergewöhnliches mehr, am TV mitzuerleben, was sich zur selben Sekunde in Tokio, Melbourne oder an irgendeinem Ort auf der Erdkugel abspielt. Die moderne Nachrichtentechnik rückt die Kontinente näher zusammen.

Den Ozean bezwingen

Im Jahre 1866 wurde zwischen Europa und Amerika das erste brauchbare **transatlantische Telegrafenkabel** in Betrieb genommen.

In rascher Folge wurden weitere Kabel durch andere Weltmeere verlegt, und bereits Ende des letzten Jahrhunderts gewährleistete ein Netz von Telegrafleitungen über Land und durch die Meere den weltumspannenden Telegrafverkehr.

Drahtlos – aber ohne Satelliten

Die Entdeckung der elektromagnetischen Strahlung, der sogenannten radioelektrischen Wellen, führte vorerst zu deren Nutzung für die drahtlose Telegrafie. Doch schon Mitte der zwanziger Jahre lernte man die Radiowellen auch für die Telefonie zu gebrauchen. 1927 wurde die **drahtlose Übersee-Telefonie mit Hilfe von Kurzwellen** eingeführt. Erstmals waren die Gesprächsmöglichkeiten nicht mehr auf einen Kontinent beschränkt.

Die Kurzwellen werden an der Ionosphäre zur Erde reflektiert. Aus den zeitweise instabilen Ausbreitungsverhältnissen der Ionosphäre ergeben sich allerdings ein Schwund oder Verzerrungen der Signale, was einen zweckmässigen Betrieb dieser Kommunikationsart oft in Frage stellt, beziehungsweise stellte (vgl. Abb. 14).

Doch lieber per Kabel telefonieren

Die Verlegung des ersten **Tiefseekabels für Telefonie** zwischen Europa und Amerika im Jahre 1956 bedeutete deshalb einen grossen technischen Fortschritt und eine Verbesserung der Übertragungsqualität. Bald schon wurde das Seekabelnetz durch den Pazifik nach dem Fernen Osten und Australien verlängert.

Diese Tiefseekabel stellten die Krönung einer jahrzehntelangen Entwicklung der Kabeltechnik dar. Mit ihnen war es möglich, gleichzeitig viele Dutzend Telefongespräche, Fernschreiben, Telegramme und Daten übermitteln zu lassen.

Die vierte Ära hat begonnen

Wie die Tiefseekabel die logische technische Entwicklung der Kabeltechnik im Nachrichtenverkehr darstellen, so sind Verbindungen über **Fernmeldesatelliten** die konsequente Weiterentwicklung der drahtlosen Übertragungstechnik, im besonderen der **Richtstrahltechnik**.

Das Jahr 1965 bedeutet den Beginn der vierten Ära des weltweiten Nachrichtenverkehrs. Zu verdanken ist dies den Erfolgen der Raumfahrt. Fernmeldesatelliten sind die erste kommerzielle Nutzung von ehrgeizigen und aufwändigen Raumfahrtsplänen.

Richtstrahltechnik

Die **Vorteile** der Richtstrahltechnik bestehen darin, dass mit verhältnismässig kleinen Antennen die Strahlung stark gebündelt werden kann, so dass die Sendeenergie gut ausgenützt wird.

Nachteilig ist aber die lichtähnliche Ausbreitung der Mikrowellen (die Wellen, die Telefongespräche oder Fernsehsignale übertragen, bedienen sich sehr hoher Frequenzen), weil sie sich der Erdkrümmung und topografischen Hindernissen nicht anpassen. Dies bedingt in regelmässigen Abständen Relaisstationen, damit eine Verbindung hergestellt werden kann (vgl. Abb. 15).

Solche **Relaisstationen** liegen je nach Gelände zwischen 50 und 100 km voneinander entfernt, oft auf einem Turm oder natürlichen Bodenerhebungen. Das Problem liegt auf der Hand: Kann die Richtstrahltechnik auch für die Überbrückung der Weltmeere genutzt werden?

Nach dem Zweiten Weltkrieg sahen fantastische Projekte vor, besonders ausgerüstete Schiffe alle 70 km im Atlantik zu postieren, Relaisstationen mit kreisenden Flugzeugen zu schaffen oder hohe Türme im At-

lantik zu errichten. Doch die Verwirklichung eines Transatlantikkabels und die sich 1957 mit dem Sputnik abzeichnenden Möglichkeiten der Satellitentechnik machten diese aufwändigen Vorhaben überflüssig.

Satelliten als Relais

Die Bedeutung der schon 1946 vom Engländer Arthur C. Clark veröffentlichten Idee, künstliche Relais im Weltraum für die weltweite Nachrichtenübermittlung zu benutzen, wurde vor allem von den USA schnell erkannt und ab 1960 in die Tat umgesetzt. Interkontinentale Entfernungen sollten mit nur einem einzigen Relais, eben einem Satelliten, zu überbrücken sein (vgl. Abb. 16).

Passive Fernmeldesatelliten

Passive Fernmeldesatelliten **besitzen keine Empfangs- und Sendeeinrichtungen**, sie reflektieren lediglich die auftreffende Strahlung.

1960 umkreiste der amerikanische Satellit «Echo I», ein 30 m grosser, kugelförmiger Ballon mit einer dünnen Aluminiumschicht als Aussenhaut, die Erde in etwa 1600 km Höhe. Die Verluste auf dem Übertragungsweg waren zu gross, als dass an eine kommerzielle Nutzung gedacht werden konnte.

Aktive Fernmeldesatelliten

Aktive Fernmeldesatelliten **sind mit einer Empfangs- und Sendeeinrichtung ausgerüstet** (vgl. Abb. 17).

Mit dieser werden die von der Erde zugestrahlten Signale empfangen, verstärkt und auf einer anderen Frequenz wieder ausgestrahlt. Solche Satelliten üben im Prinzip die gleichen Funktionen wie ein erdgebundenes Richtstrahlrelais aus. Sie können allerdings nicht an ein Stromnetz angeschlossen werden. Ihre Stromversorgung wird mit Hilfe von Fotozellen sichergestellt, die die Strahlungsenergie der Sonne in elektrische Energie umwandeln (vgl. Kapitel «Energie für Satelliten – Die kleine Sonne»).

Andere Nachteile – Abschwächung des Signals, Rauschen –, die durch die grossen Entfernungen auftreten, müssen durch Massnahmen in den Bodenstationen – starke Sender, grosse Antennen, hochempfindliche, rauscharme Empfänger – kompensiert werden.

Synchrone Satelliten

Wird ein Satellit in West-Ost-Richtung in eine kreisförmige Umlaufbahn im Abstand von 35'800 km von der Erdoberfläche gebracht, so läuft dieser Satellit bei einer Bahngeschwindigkeit von 3072 m/s in 24 Stunden gerade einmal um die Erde. Liegt diese Umlaufbahn zudem in der Äquatorebene, so scheint der Satellit für einen Betrachter auf der Erde stillzustehen. Solche **geostationäre Satelliten** bezeichnet man deshalb auch als **zur Erde gleichlaufende**

oder eben synchrone Satelliten (vgl. Kapitel «Geostationäre Bahnen – Immer die gleiche Erde sehen»). Ein Nachteil besteht für Telefonverbindungen darin, dass die Signale von der Erde zum Satelliten und zurück – trotz den 300 000 km, die radioelektrische Wellen in der Sekunde zurücklegen – etwa 0,3 Sekunden für einen Weg benötigen. So dauert es jeweils mehr als eine halbe Sekunde bis eine Gesprächsteilnehmerin die Antwort ihres Partners vernimmt!

Der erste kommerzielle geostationäre Fernmeldesatellit hiess **«Early Bird»** und wurde im April 1965 in seine Umlaufbahn gebracht. Über diesen Satelliten konnten zwischen je einer Bodenstation in Europa und den USA gleichzeitig bis zu 240 Telefongespräche oder ein Fernsehsignal in beide Richtungen übertragen werden.

Asynchrone Satelliten

Asynchrone Satelliten bewegen sich mehr oder weniger rasch über den Horizont und sind demzufolge nur während einer begrenzten Zeit (zum Beispiel zwei, drei Stunden) im gemeinsamen Blickfeld zweier Bodenstationen.

Die ersten vier Fernmeldesatelliten, Telstar I und II sowie Relay I und II, wurden in den Jahren 1962–1964 in Bahnen ungefähr 600 km über dem Erdboden gebracht.

Aufträge

Überlege dir Folgendes:

1. Weshalb scheint der im Abschnitt «Synchrone Satelliten» beschriebene Satellit für einen Beobachter auf der Erde stillzustehen?
2. Wieviele Synchronsatelliten in einer äquatorialen Umlaufbahn in einer Höhe von 35 800 km über der Erdoberfläche sind nötig, um ein weltumspannendes Nachrichtennetz zu bedienen? Erstelle dazu eine massstabsgetreue Skizze. Nimm für den Erdradius (6370 km) an: $r = 1.5 \text{ cm}$. Zeichne die Erde in die Mitte (Diagonalschnittpunkt) eines A4-Blattes.
3. Knifflige Frage:
Was bedeutet der Einsatz von asynchronen Satelliten für die Bodenstationen?
Gibt es andere Nachteile gegenüber Synchronsatelliten?
4. Welches sind die Vorteile asynchroner Satelliten gegenüber Synchronsatelliten?
5. Findest du heraus, wo in der Schweiz eine Satelliten-Bodenstation steht?

Material

A3-Papier, Zirkel, Geodreieck, Schreibzeug

Lehrerinformation

Einführung ins Thema

Gewisse Informationen sind auf rascheste Übermittlung angewiesen.

Für bestimmte Nachrichten sind Meldeläufer oder berittene Boten nicht geeignet.

So hat beispielsweise der griechische Heerführer Agamemnon seiner Ehefrau Klytämnestra die Nachricht vom Fall der Stadt Troja mit Hilfe einer Kette von neun **Signalfeuern** mitgeteilt.

Signalfeuer wurden aber auch schon im frühesten Altertum oder später von Persern und Römern für einfache militärische Meldungen benutzt. Die Eidgenossen bildeten mit **Chuzenfeuern** und Kirchenglocken ein ausgeklügeltes Alarmsystem, das bis 1847 (Sonderbundskrieg) eingesetzt wurde.

Claude Chappe und seine Brüder erfanden im 18. Jahrhundert den **Balkentelegrafen**, mit dessen beweglichen «Armen» schon codierte Wörter oder ganze Sätze über grosse Strecken übermittelt werden konnten.

Anfang 19. Jahrhundert ging die Entwicklung im Bereich des Fernmeldewesens mit der Erfindung der **Morsetelegrafie** – dem ersten System zur elektrischen Zeichenübermittlung – aber erst so richtig los. Ab hier siehe Basisinformation!

Lösungsvorschläge

Zu den Aufträgen im Anschluss an die Basisinformation:

1. Weil sich die Erde in derselben Zeit ebenfalls einmal um die eigene Achse dreht.
2. Schon drei Synchronsatelliten gestatten den grössten Teil der bewohnten Erdoberfläche zu bedienen. Vgl. dazu auch Abb. 18, welche allerdings nicht massstabgetreu gezeichnet ist.
3. Die Antennen der Bodenstationen müssen sehr beweglich sein und kompliziert gesteuert werden, um dem Satelliten folgen zu können.
Andere Nachteile:
Für einen kontinuierlichen Betrieb (weltumspannendes Nachrichtennetz) sind mehrere, sich in bestimmten Abständen folgende Satelliten einzusetzen.
4. Die Signale müssen in der Regel weniger grosse Entfernungen zurücklegen, da asynchrone Satelliten meist in wesentlich tieferen Umlaufbahnen kreisen. Man braucht schwächere Sender, um die gleiche Nachricht zu übermitteln.
Die Platzierung solcher Satelliten benötigt kleinere Raketen als die in hohen Umlaufbahnen kreisenden geostationären Satelliten.
5. Leuk / VS (vgl. Abb. 19) und auf einigen Balkonen!

Hinweise zum Unterricht

Als **Grundanforderung** und Verständnistest zur Basisinformation sollen die Schüler/innen vier Phasen der Telekommunikation nach der Erfindung des Morseapparates benennen und erklären können:

Ära 1: Transatlantische Kabel für Telegrafie

Ära 2: Drahtlose Telegrafie und Telefonie über Kurzwellen

Ära 3: Tiefseekabel für Telefonie

Ära 4: Richtstrahltechnik, insbesondere Einsatz von Fernmeldesatelliten als Relaisstationen im Weltall

Bildteil

Zur Illustration der Basisinformation.
Bitte auf HP-Folie kopieren.

Legende

Abb. 14

Drei Möglichkeiten im Übersee-Telefonverkehr: Kurzwelle (mit Reflexion an der Ionosphäre), Seekabel (mit eingebauten Verstärkern) und Satellit (als Richtstrahlrelais im Weltraum).

Abb. 15

Das Prinzip der Richtstrahlverbindung mit erdgebundenem Relais.

Abb. 16

Welche Nachrichtensignale lassen sich über Fernmeldesatelliten übertragen?

Telegramme, Fernschreiben, Telefon, Daten, Radio- und Fernsehsendungen.

Abb. 17

Das Prinzip des aktiven Fernmeldesatelliten.

Abb. 18

Drei Synchronsatelliten (auch geostationäre Satelliten genannt) können den grössten Teil der bewohnten Erdoberfläche bedienen.

Abb. 19

Wo steht diese schweizerische Satellitenbodenstation?

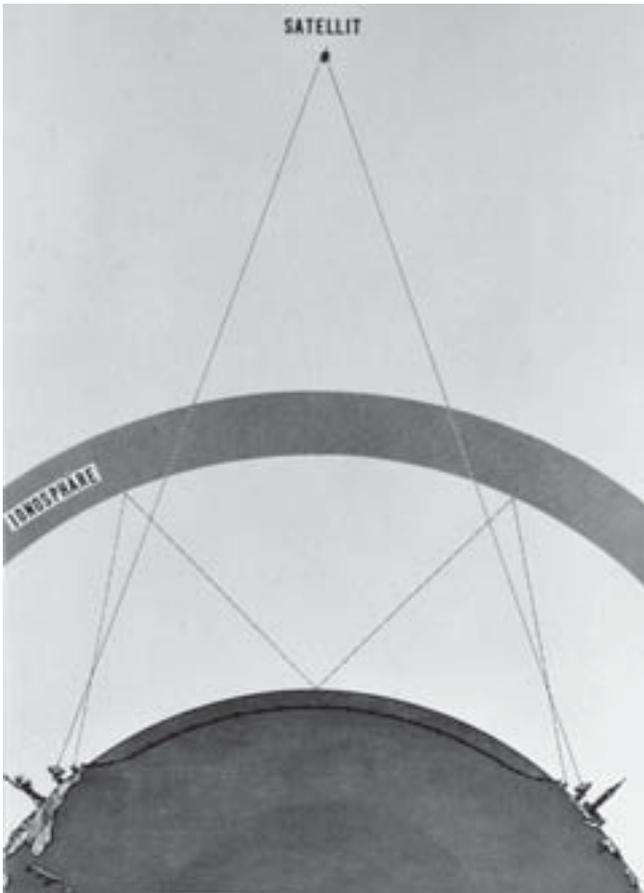


Abb. 14

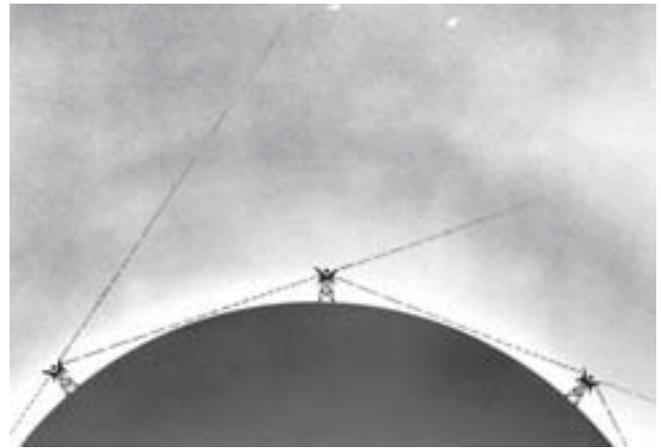


Abb. 15

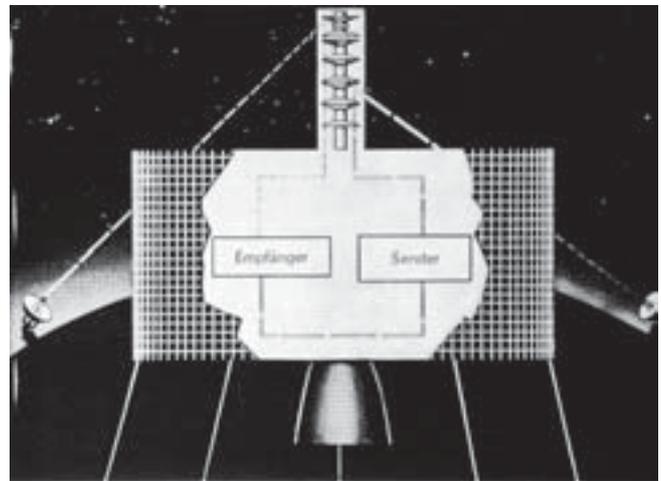


Abb. 17

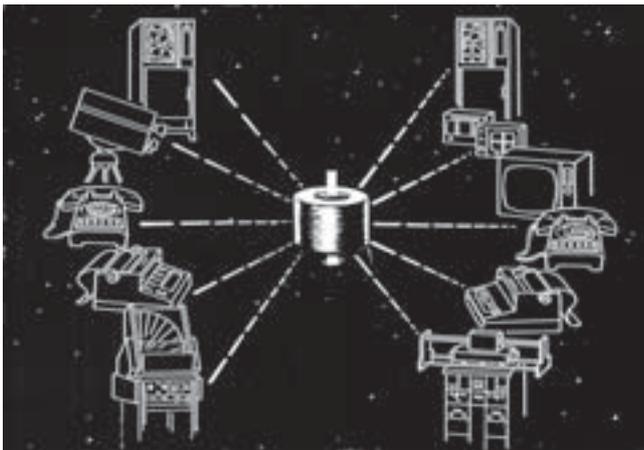


Abb. 16

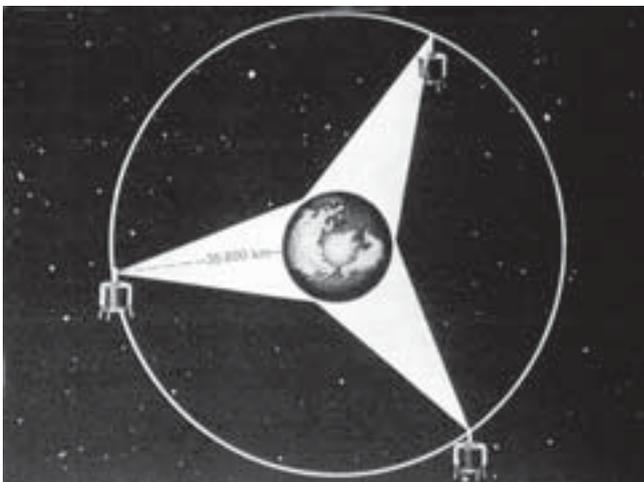


Abb. 18



Abb. 19

Geostationäre Satelliten – Immer die gleiche Erde sehen

Abb. 20: Ein TV-Satellit

Fernsehsatelliten sollten immer am selben Ort am Himmel stehen. Sonst müssten die Fernsehschüsseln ständig nachgeführt werden. Die Schüsseln auf den Balkonen und Dächern würden sich bewegen.
Statt dessen stehen diese Satelliten scheinbar still über der Erde. Das ist beim Space Shuttle nicht so. Das fliegt über unsere Köpfe hinweg.



Inhalt

Basisinformation	42
Geostationäre Satelliten	42
Warum fallen Satelliten nicht herunter?	42
Versuche: Raketenantrieb	42
Ziel	42
Material	42
Durchführung	42
Warum fliegen Satelliten nicht weg?	42
Und warum fallen sie nicht herunter?	42
Satellitenbahnen in einer Zeichnung	43
Ziel	43
Material	43
Durchführung	43
Lehrerinformation	44
Lösungsvorschläge	44
Zur Aufgabe 8	44
Zur Aufgabe 9	44
Gravitationsgesetz	44
Fluchtgeschwindigkeit	44
Kreisbahnen um die Erde	44

Basisinformation

Geostationäre Satelliten

Wir kennen die Wetterbilder aus dem Weltraum. Auf diesen Bildern ist immer etwa der gleiche Teil der Erdoberfläche zu sehen. Wie kann das sein, wenn sich doch die Erde dreht? Der Satellit, der diese Fotos schiesst, muss gleich schnell um die Erde drehen, wie diese um sich selbst.

Solche Satelliten heissen *geostationäre Satelliten*. Sie befinden sich immer über dem gleichen Ort der Erde und immer über dem Äquator.

Mit diesen Bedingungen ist auch die Höhe über dem Äquator bestimmt, in der sich geostationäre Satelliten befinden. Das wollen wir uns begreiflich machen. Zuerst müssen wir allerdings wissen, was die Satelliten oben hält und warum sie nicht einfach wegfliegen.

(Vgl. auch Kapitel «Schneller, weiter, besser – Die Entwicklung der Fernmeldetechnik».)

Warum fallen Satelliten nicht herunter?

Das Space Shuttle hebt ab. Die Raketen jagen einen riesigen Feuerschweif gegen den Boden. Das trägt sie in den Weltraum.

Die Raketen werden aber nach einigen Minuten abgestossen. Trotzdem bleibt das Space Shuttle tagelang im Weltraum. Was hält einen Satelliten oben? Und wenn er schon oben bleibt, warum fliegt er nicht einfach fort?

Bevor wir diese Fragen beantworten, wollen wir wissen, warum denn Raketen überhaupt fliegen können.

Versuche: Raketenantrieb

Ziel

Rückstossprinzip erfahren (Impulssatz).

Material

Medizinball, Rollbrett; Ballon

Durchführung

1. Achtung: vorsichtig beginnen! Werferin sichern! Stell dich auf das stehende Rollbrett, den Medizinball in der Hand. Werf den Medizinball nach vorne.
In welche Richtung bewegst du dich?
Wenn du stärker wirfst, wirst du stärker beschleunigt.
Raketen werfen nicht Medizinbälle, sondern schnelles Gas. So können sie fliegen.

2. Das kennst du: Blas einen Ballon auf und lass ihn los.
Die entweichende Luft stösst den Ballon nach vorne.
Mit etwas Fantasie kannst du eine Wäscheleine-Rakete bauen: Eine ballongetriebene Rakete, die an einer Wäscheleine entlangfliegt.
Schaffst du das?

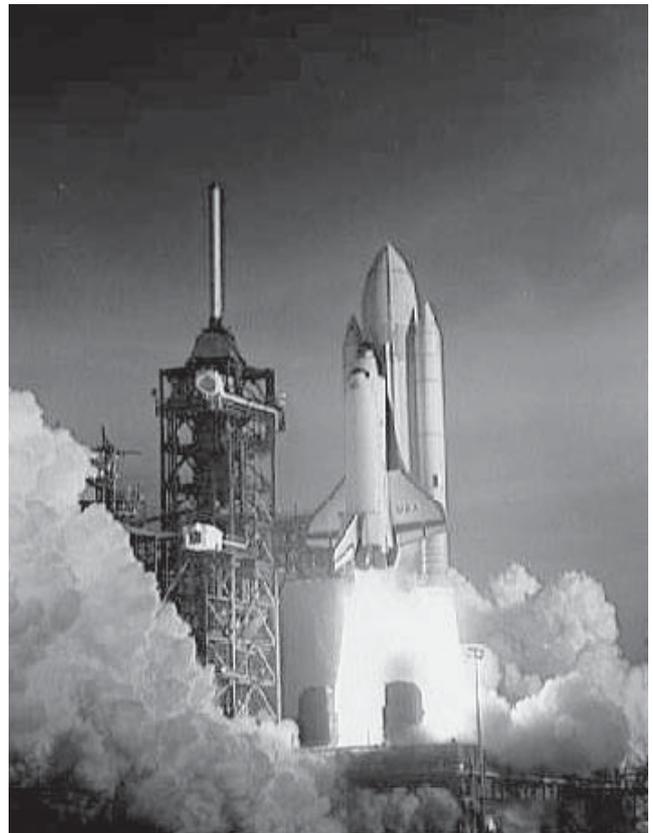


Abb. 21: Bild eines Raketenstarts (Space Shuttle).

Warum fliegen Satelliten nicht weg?

Weil die Schwerkraft der Erde sie zurückhält. Wären sie schnell genug, dann könnten sie fort. Aber dazu müssten sie sehr schnell sein. Mindestens 11.2 km/s oder 40 281 km/h.

Und warum fallen sie nicht herunter?

Es ist, als würden die Satelliten auf ihrer Bahn ständig an der Erde vorbei fallen. So fliegen sie einen Kreis um die Erde.

Je weiter weg sie sind, desto länger haben sie, um einmal rundherum zu fliegen. Wir wollen uns dies mit einer Zeichnung verdeutlichen.

Satellitenbahnen in einer Zeichnung

Ziel

Geostationäre Bahnen als besondere Bahnen erkennen.

Material

Papier, Zirkel, Lineal, Geodreieck (Transporteur)

Durchführung

1. Markiere auf einem A4 Papier dessen Diagonalschnittpunkt.
 2. Zeichne mit dem Zirkel um den Diagonalschnittpunkt einen Kreis mit 1.6 cm Radius. Das ist die Erde. Vom Nordpol aus gesehen. Sie dreht gegen den Uhrzeigersinn.
 3. Ziehe vom Mittelpunkt der Erde einen Radius 10.5 cm hinaus. In dieser Distanz befinden sich die Fernsehsatelliten.
 4. Die gezeichnete Erde dreht sich im Gegen- uhrzeigersinn. Zeichne einen zweiten, 10.5 cm langen Radius ein, der zeigt, wie weit sich die Erde in einer Stunde dreht.
 5. Space Shuttle kreisen typischerweise in 400 km Höhe über der Erdoberfläche. Wenn du genau gezeichnet hast, wirst du die Bahn so einzeichnen können, dass sie sich von der «Erde» unterscheidet. Der Radius beträgt 1.7 cm.
- In dieser Höhe kreisen Satelliten in 90 Minuten einmal um die Erde.
Zeichne ein Space Shuttle als Punkt ein und zeige, wo es sich nach einer Stunde befindet.
6. Zeichne einen Kreis mit 4.2 cm Radius. Satelliten in dieser Höhe brauchen für einen vollen Kreis 6 Stunden. Wir nennen sie «X-Satelliten».
 7. Zeichne den Kreis mit 10.5 cm Radius. Satelliten in dieser Höhe brauchen einen ganzen Tag um einen vollen Kreis zu beschreiben. Wir nennen sie «Y-Satelliten».
 8. Jetzt lassen wir Space Shuttle, sowie X- und Y-Satelliten über demselben Ort auf der Erde starten. An diesem Ort auf der Erde ist ferner eine Beobachterin. Markiere für alle Stunden die Position der Beobachterin und der drei Satelliten, jeweils mit einer Farbe für eine bestimmte Stunde. Beschreibe, was du dabei entdeckst.
 9. Knifflige Frage: Wie lange geht es, bis ein Space Shuttle wieder genau über der Beobachterin ist?

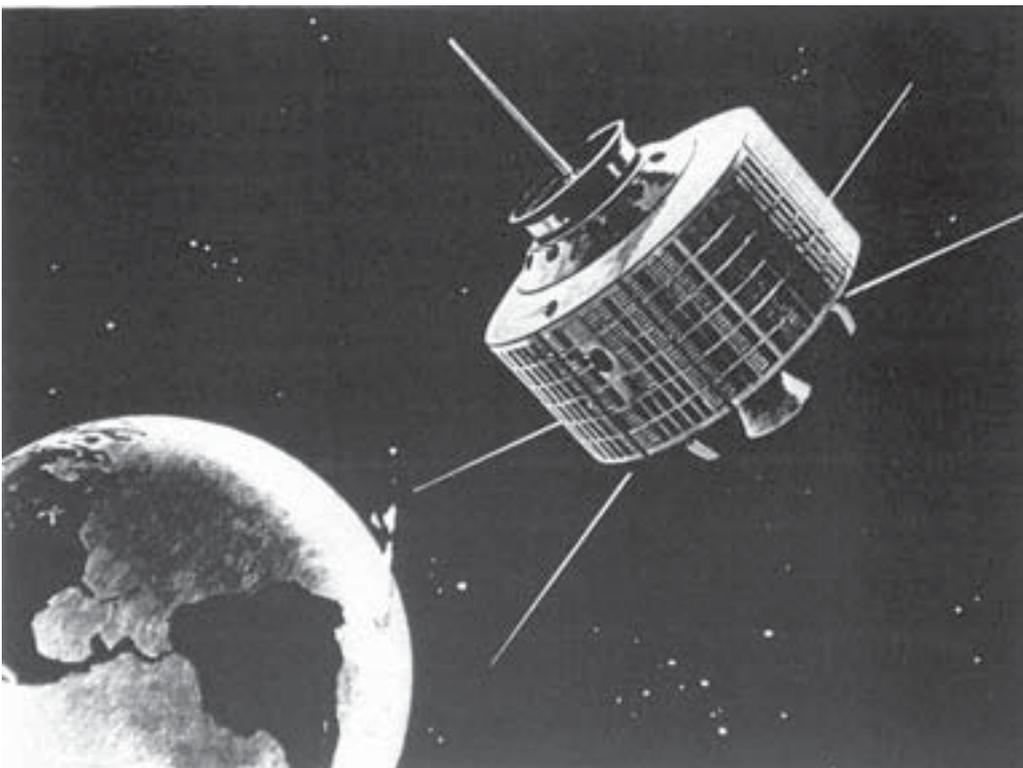


Abb. 22: Einer der ersten geostationären Satelliten der NASA.

Lehrerinformation

Lösungsvorschläge

In den Aufgaben wurde immer angenommen, dass alle Satelliten in der Äquatorialebene der Erde kreisen. Das ist in Wirklichkeit natürlich nicht für alle Satelliten richtig.

Zur Aufgabe 8

Sinnvollerweise drehen sich alle drei Satelliten im Gegenuhrzeigersinn. Es ist dann, als würden wir vom Nordpol her auf die Erde sehen. Die Beobachterin sitzt auf dem Äquator.

Die Beobachterin wird sich jede Stunde um 15° weiter drehen. Sie ist nach 24 Stunden am selben Ort. Das Space Shuttle ist nach einer Stunde 240° weiter gekommen. Das sind $2/3$ des ganzen Kreises. Analog werden die beiden anderen Satelliten 60° , resp. 15° pro Stunde zurücklegen. Der geostationäre Satellit steht also immer über der Beobachterin.

Zur Aufgabe 9

Dies ist eine Aufgabe zur Proportionalität. Die Beobachterin hätte das Space Shuttle nach 1.6 Stunden das erste Mal wieder über sich.

Gravitationsgesetz

Die folgenden Informationen können von der Lehrperson benutzt werden, um einfach weitere Aufgaben zu konstruieren.

Grundlage sind das Gravitationsgesetz und die Zentripetalbeschleunigung (Kreisbewegung).

Fluchtgeschwindigkeit

Die Berechnung der Fluchtgeschwindigkeit eines Körpers auf der Erde kann nur mit der Integralrechnung geschehen. Dabei findet sich, dass

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

wobei v die Fluchtgeschwindigkeit, $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$ die Gravitationskonstante, $M = 5.976 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ die Masse der Erde und $R = 6370 \text{ km}$ der Radius der Erde ist. Erstaunlicherweise ist die Fluchtgeschwindigkeit eines Körpers nicht von dessen Masse abhängig: Schwere und leichte Raketen müssen genau gleich schnell sein, wenn sie zum Mars wollen.

Kreisbahnen um die Erde

Auf einer Kreisbahn um die Erde wird ein Satellit durch die Erdanziehung gehalten. Dies kann so beschrieben werden:

Die Umlaufzeit bezeichnen wir mit T , den Radius der Erde mit $R = 6370 \text{ km}$, die Masse der Erde mit $M = 5.976 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ und die Höhe über der Erdoberfläche, in der der Satellit kreist mit h . Ferner ist $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$ die Gravitationskonstante. Dann gilt:

$$\frac{4\pi^2(R+h)}{T^2} = G \frac{M}{(R+h)^2}$$

Daraus folgt für die Höhe, in der sich der Satellit über der Erde befindet:

$$h = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}} - R$$

Wenn die Umlaufzeit gerade einen Tag betragen soll, dann ist $h = 35\,877 \text{ km}$.

Das ist die Höhe, in der sich geostationäre Satelliten befinden.

Umgekehrt lässt sich natürlich aus der Höhe über der Erde die Umlaufzeit bestimmen:

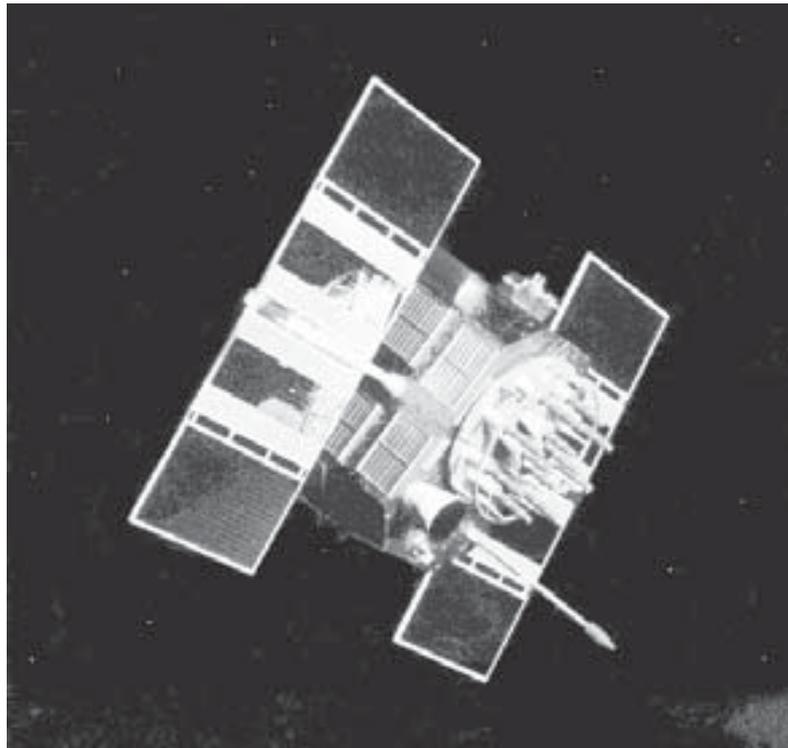
$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2(R+h)^3}{GM}}$$

Für einen Satelliten, der 400 km über der Erde kreist, ergibt sich so eine Umlaufzeit von 92 Minuten . Dies entspricht einer typischen Umlaufzeit des Space Shuttles.

GPS – Orientierung auf der Erde

Abb. 23: Ein GPS-Satellit

Weit ab von jeder Strasse, in der Wüste, im Regenwald oder auf dem offenen Meer nützt eine Karte oft nichts mehr. Hier den richtigen Weg zu finden, kann lebenswichtig sein. Das GPS (Global Positioning System) ist eine Einrichtung, die diese Informationen liefert. Ein kleines Gerät empfängt von Satelliten Signale und kann so anzeigen, wo es sich befindet. Auf der ganzen Welt. Tag und Nacht. Wie so etwas funktioniert, soll hier erfahrbar werden.



Inhalt

Lehrerinformation

GPS ist ein Satellitennavigationssystem	46
Die GPS Satelliten	46
Bodenstationen	46
Genauigkeit	46
Einschränkungen	46

GPS – Orientierung auf der Erde

Wo bin ich eigentlich?	47
------------------------	----

Versuch: Orientierungsspiel

Ziel	47
Material	47
Durchführung	47

GPS – Funktionsweise und Fakten

47

Lehrerinformation

GPS ist ein Satellitennavigationssystem

GPS ist die Abkürzung für *Global Positioning System*. Es ist ein Satellitennavigationssystem, das vom amerikanischen Verteidigungsministerium kontrolliert wird. Es gibt zwar viele Tausend zivile Benutzer, das GPS ist aber für das Militär gemacht und wird vom Militär betrieben.

Die GPS Satelliten senden speziell codierte Signale, die von einem GPS Empfänger verarbeitet werden. Der Empfänger kann so seinen Ort auf der Erdoberfläche, seine Geschwindigkeit und die Zeit bestimmen.

Damit der Empfänger die drei Dimensionen des Ortes und die Zeit berechnen kann, braucht er vier Informationen. Also muss er von vier Satelliten Signale empfangen.

Die GPS Satelliten

Im Weltraum sind mindestens 24 GPS Satelliten. Sie umkreisen die Erde in 12 Stunden. Weil immer wieder neue Satelliten hinaufgeschossen werden, um alte zu ersetzen, sind oft mehr als 24 Satelliten vorhanden.

Die Umlaufbahnen sind so, dass von jedem Punkt der Erde aus immer zwischen 5 und 8 Satelliten sichtbar sind.

Bodenstationen

Von 5 Bodenstationen aus werden die Bahndaten der GPS Satelliten überwacht. Diese Daten müssen den Satelliten übermittelt werden, damit diese die richtigen Signale senden.

Genauigkeit

Einerseits werden zwei Dienste mit unterschiedlicher Genauigkeit angeboten, nämlich PPS (Precise Positioning Service) und SPS (Standard Positioning Service). Andererseits kann durch zusätzliche Bodenstationen die Genauigkeit erhöht werden. Ohne diese Bodenstationen und zusätzliche Tricks werden die folgenden Genauigkeiten erreicht:

PPS: 22 m horizontal, 27.7 m vertikal und 100 Nanosekunden Zeitgenauigkeit.

SPS: 100 m horizontal, 156 m vertikal und 240 Nanosekunden Zeitgenauigkeit.

Zivile Geräte nutzen SPS.

Generell gilt, dass genauere Geräte teurer und schwerer zu beschaffen sind.

Nutzt man alle technischen Tricks aus, dann lassen sich Genauigkeiten zwischen 1 mm und 1 cm erreichen!

Einschränkungen

Die Mathematik und die Physik hinter dem GPS ist aufwändig und kompliziert.

Im vorliegenden Kapitel wollen wir uns auf das grundlegende Prinzip der räumlichen Orientierung beschränken und die Zeit weglassen.

Deshalb brauchen wir nur die Informationen von 3 Satelliten. Wer mehr wissen will, findet im Internet gute Informationen, allerdings auf Englisch.

GPS – Orientierung auf der Erde

Wo bin ich eigentlich?

1. Du bekommst ein Telefon von einer Schülerin aus Australien. Erkläre ihr, wo du bist!
2. Verstecke etwas (ein Heft, ein Buch, einen Farbstift) im Schulzimmer. Erstelle eine «Schatzsuchanleitung» dazu: Schreibe auf, wie eine Schatzsucherin von der Türe aus das versteckte Ding findet. Du darfst nicht zeichnen und keinen Gegenstand im Zimmer benennen.
3. Den Ort eines Gegenstandes kannst du auch beschreiben, wenn du die Entfernung zu drei Punkten im Raum angibst. Das kannst du im nächsten Orientierungsspiel erfahren.

Versuch: Orientierungsspiel

Ziel

Ort durch Koordinaten (Abstand zu Haken) bestimmen können und so das Grundprinzip des GPS kennen.

Material

3 Haken, Schnur, Papier

Durchführung

1. An drei möglichst weit von einander entfernten Punkten hoch an den Wänden des Schulzimmers werden drei Haken angebracht und mit «Haken A», «Haken B» und «Haken C» deutlich beschriftet.
2. An jedem dieser Haken wird je eine vorbereitete Schnur befestigt. Die Schnur ist jeweils so lang, dass sie bis in die entfernteste Ecke des Zimmers reicht. Alle 50 cm sind kleine Zettel angeklebt. Diese Zettel werden mit fortlaufenden Zahlen, beginnend beim Haken, beschriftet.
3. Nun kann der Ort jedes grösseren Gegenstandes im Schulzimmer mit Hilfe dieses Orientierungssystems bezeichnet werden. Dazu schreibst du auf, wie viele Zettel der Gegenstand auf welcher Schnur vom Haken entfernt ist. Das könnte so aussehen:
A7 B12 C5
Dieser Gegenstand lässt sich so finden:
Halte die Schnur von Haken A bei Zettel 7, deine Schulkameradin hält die Schnur von Haken B bei Zettel 12 und ein weiterer Schüler die Schnur von Haken C bei Zettel 5.
Jetzt bringt die Zettel zusammen: Da ist der gesuchte Gegenstand.

4. Spiel: Versteckt wieder einen Schatz. Bestimmt dessen Schnurzahlen. Findet eine andere Gruppe den Schatz?
5. Auflösung: Sehr genau ist unsere Orientierung nicht. Kleine Gegenstände, die nahe beieinander liegen, lassen sich so nicht unterscheiden. Was müsste verbessert werden?

GPS – Funktionsweise und Fakten

Ganz ähnlich funktioniert das GPS:

Rund um die Erde kreisen spezielle GPS Satelliten. Sie senden Signale aus.

Das GPS Gerät auf der Erde muss Signale von mindestens drei solchen Satelliten empfangen, damit es anzeigen kann, wo es sich befindet.

Den Ort gibt das GPS Gerät entweder als Punkt auf einer Karte auf seinem Bildschirm oder in Form von Koordinaten an.

Es gibt 24 GPS Satelliten und 5 Bodenstationen, die diese Satelliten steuern.

Ein GPS Gerät kostet einige hundert Franken.



Abb. 24: Ein GPS Gerät

Erdbeobachtung – Big Brother's Watching You!?

Abb. 25: Der erste europäische Erdbeobachtungssatellit mit Mikrowellensensoren, ERS-1, sieht auch nachts und durch Wolken.

Was, wer und wozu wird mit Hilfe von Satelliten beobachtet? Das Kapitel zeigt Anwendungen der nicht-militärischen Erdbeobachtung.



Inhalt

Basisinformation	49
Einleitung	49
Anwendungen der Erdbeobachtung	49
Erdbeobachtungssysteme	49
Aufnahme und Verarbeitung von Satellitendaten	50
Zusammenfassung	50
Test: Basisinformation	51
Auswerten eines Satellitenbildes	52
Aufträge	52
Katastrophenschutz durch Satelliten	52
Aufträge	52
Hinweise zum Unterricht	53
Auswerten eines Satellitenbildes	53
Lösungen	53
Katastrophenschutz durch Satelliten	53
Lösungen	53
Klimaforschung	53
Folie 1	54
Folie 2	55
Kopiervorlage	56



Basisinformation

Einleitung

Die Weltklimakonferenz in Genf 1990 und die UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung in Rio 1992 markieren einen entscheidenden Wandlungsprozess im Denken über globale Umweltfragen und bilden die politischen Grundlagen für globale Umweltbeobachtungssysteme.

Anwendungen der Erdbeobachtung

Die Erdbeobachtung ist ein Bereich der Raumfahrt mit einem umfangreichen Nutzungspotential. Durch sie eröffnet sich die Möglichkeit, das ökologische System unseres Globus als Ganzes zu beobachten und Austauschvorgänge zwischen Atmosphäre, Biosphäre und Hydrosphäre besser zu verstehen. Informationen und Beobachtungsdaten werden auch benötigt, um zuverlässige Entscheidungen in Bereichen wie Agrarwirtschaft, Entwicklungshilfe oder Strassenbau zu treffen. So ist zum Beispiel die EU-Kommission heute ein grosser Kunde für Satellitendaten.

Umweltsünden

- Globale Umweltveränderungen:
Ozonloch, Regenwald, Ausbreitung von Wüsten, Waldschäden
- Aufspüren von Umweltsündern:
Ableiten von Chemikalien in Flüsse (Beispiel Sandoz, Basel), Missbrauch landwirtschaftlicher Nutzung (Subventionsbetrug, Anbau von Drogen)
- Umweltunfälle und Kriege:
Ölkatastrophen durch Tanker, Reaktorunfälle (Beispiel Tschernobyl 1986)

Naturkatastrophen

- Vulkanausbrüche
- Erdbeben
- Wirbelstürme
- Überschwemmungen

Landesplanung und Landesentwicklung

- Vermessung und Kartierung, insbesondere Erstkartierung in Entwicklungsländern
- Erfassung umweltrelevanter Folgen von Bebauung und landwirtschaftlicher Fehlnutzung
- Erfassung von Vegetationsbeständen und Pflanzenwachstum, insbesondere zur Erstellung von Ernteprognosen
- Ozeanbeobachtung (Fischbestände, Planktonwachstum)
- Auffinden von Bodenschätzen, insbesondere Grundwassererschliessung in Wüstenregionen

Erdbeobachtungssysteme

1972

wurde von der USA der erste für die Erdbeobachtung gebaute Satellit, Landsat 1, in eine Umlaufbahn gebracht. Er lieferte qualitativ hochwertige Farbfotos aus dem Weltraum. Der Rücktransport der belichteten Filme war jedoch aufwändig und die Aufnahmekapazität stark beschränkt. In die Satelliten wurden elektronische Kameras, die die Bilddaten in digitaler Form zur Erde funken, eingebaut. Diese Kameras verwendeten zunächst noch die von der Erde reflektierte Strahlung im optischen und infraroten Bereich. Somit war mit diesen Kameras die Erdbeobachtung nur bei wolkenfreiem Wetter möglich.

Landsat benötigte zum Beispiel zehn Jahre, um die USA vollständig aufzunehmen!

1984

begann die ESA (europäische Raumfahrtbehörde) mit der Entwicklung des ersten europäischen Erdbeobachtungssatelliten ERS-1. Er ist mit technologisch anspruchsvollen Mikrowellensensoren ausgerüstet, deren Beobachtungsfähigkeit nicht durch Wolken beeinträchtigt werden kann. ERS-1 sieht auch bei Nacht die Erde.

1991

wurde ERS-1 mit einer Ariane Trägerrakete gestartet. Er kreist in 785 km Höhe in einer polaren Umlaufbahn mit einer Geschwindigkeit von 7,5 km pro Sekunde um die Erde. Für einen Umlauf benötigt er gerade mal 1,7 Stunden!

Auf seinem Flug tastet er mit Radarimpulsen jeweils 100 km breite Streifen der Erdoberfläche ab und funkt seine Daten zu einem Netz von Bodenstationen auf der ganzen Welt.



Aufnahme und Verarbeitung von Satellitendaten

Kameras auf optischer Basis

Satelliten wie der Landsat besitzen elektronische Kameras, die das von der Erdoberfläche reflektierte Licht im optischen und infraroten Bereich erfassen. Dieses Licht bewirkt aber nicht wie in üblichen Kameras die Schwärzung eines Films, sondern löst in Fotoelementen ein elektrisches Signal aus, das je nach Intensität des Lichts stärker oder schwächer ausfällt. Die Stärke eines solchen elektrischen Signals wird dann in digitaler Form zur Erde gefunkt.

Radarsensoren

Um von Wind, Wetter und Sonnenbeleuchtung unabhängig zu sein, wurde eine Aufnahmetechnik entwickelt, die mit Mikrowellen arbeitet. Mikrowellen, die von der Atmosphäre nicht absorbiert werden, sind elektromagnetischer Natur wie zum Beispiel Radio- und Fernsehwellen. Der Radarsatellit sendet die Mikrowellen selbst aus und empfängt die von der Erde reflektierten Signale. Um daraus brauchbare Informationen zu gewinnen, müssen je nach Anwendung verschiedene Verfahren und Systeme eingesetzt werden.

Auswertung der Daten

Von den Satelliten wird pro Sekunde eine immense Datenmenge übertragen. Beim ERS-1 sind es 104 MBits, was etwa 5000 eng beschriebenen A4-Seiten entspricht!

Diese Daten müssen zeitgleich von Hochleistungscomputern gespeichert und gesichert werden. Bestimmte Muster der Intensitätsverteilung der Strahlung müssen erst als reale Objekte (zum Beispiel eine Siedlung) gedeutet und mit Hilfe einer willkürlich gewählten Farbe dargestellt werden (Falschfarbenverfahren). Hier sind umfassendes Wissen und Kreativität im Umgang mit diesen Daten durch den Menschen nötig. Er ist es, der aus unanschaulichen Daten ein Bild mit zum Beispiel Wäldern, Flüssen und Städten schaffen muss.

Zusammenfassung

Riesige Datenmengen – gewonnen aus globalen Messungen – in kürzester Zeit zu verarbeiten: darin liegen die Möglichkeiten der Erderkundung. In vielen Bereichen sind Satellitendaten bereits heute zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel geworden. Als Beispiel sei die Unterstützung rascher Hilfsmassnahmen nach Naturkatastrophen genannt. Bei einem Erdbeben dauert es erfahrungsgemäss in entlegenen Gebieten drei bis fünf Tage, bis Meldungen über das Ausmass der Zerstörung vorliegen, da die gesamte Infrastruktur wie Strassen, Brücken und Telefonleitungen unter Umständen zusammenbricht. Hilfseinrichtungen erhalten deshalb keine gezielten Meldungen, wo ihr Einsatz am dringendsten erforderlich ist. Werden durch Satelliten Informationen in kürzerer Zeit zur Verfügung gestellt, greifen die Hilfsmassnahmen schneller und wirkungsvoller.

Ziel der ESA ist es beispielsweise, Satellitendaten bereits 12 Stunden nach Empfang auf der Bodenstation dem Anwender (zum Beispiel dem Roten Kreuz) in brauchbarer Form zur Verfügung zu stellen.

Quelle: Schmidt, Langer, Rühl 1995, **Erdbeobachtung**, Hrsg. Arbeitskreis Gymnasium und Wirtschaft e.V., Unterhaching.

Test: Basisinformation

Inwiefern sind die Weltklimakonferenz 1990 in Genf und die UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio wichtig für die Erdbeobachtung mit Satelliten?

Welche **neuen** Möglichkeiten eröffnet die Erdbeobachtung durch Satelliten?

Nenne je mindestens zwei Beispiele zu untenstehenden Themen, für die die Erdbeobachtung durch Satelliten grosse Bedeutung hat:

a) Umweltsünden

b) Naturkatastrophen

c) Landesplanung und Landesentwicklung

Wodurch unterscheidet sich der amerikanische Landsat 1 vom europäischen ERS-1 und welches sind die Auswirkungen der Unterschiede?

Welche technischen oder von Menschen ausgeführten Arbeitsabläufe werden benötigt, bis Satellitendaten auch Laien in brauchbarer Form zur Verfügung stehen?

Auswerten eines Satellitenbildes

Der Erdbeobachtungssatellit Landsat TM umfliegt die Erde in 705 km Höhe und fotografiert sie dabei mit elektronischen Kameras. Die Bilder werden zur Erde gefunkt und von einem Computer künstlich eingefärbt. Das vorliegende Bild (Folie 2) zeigt die Region um München.

Aufträge

1. Welche Bedeutung haben die rosa, welche die rot eingefärbten Bereiche?
2. Vergleiche mit deinem Atlas und bestimme die Namen von vier Seen.
3. Ermittle mit Hilfe des Massstabes aus deinem Atlas die Ausdehnung des Ammersees in Nord-Süd-Richtung in wahrer Länge.
4. Miss die Ausdehnung des Ammersees auf dem Satellitenbild in Nord-Süd-Richtung und berechne damit für dieses Bild den Massstab.
5. Welche Fläche in km^2 wird auf dem Satellitenbild erfasst?
6. Versuche nun, die Fläche des Ammersees zu bestimmen:
 - a) Lege die Gitterfolie auf den See und zähle ab, wieviele Kästchen den See bedecken. Runde sinnvoll!
 - b) Welcher Flächeninhalt entspricht einem Kästchen in Wirklichkeit?
 - c) Welcher Flächeninhalt ergibt sich hieraus für den Ammersee?

Katastrophenschutz durch Satelliten

Ende des 20. Jahrhunderts ist die Menschheit zunehmend von Umweltkatastrophen bedroht, die eine rasche Erfassung der Situation und sofortiges Handeln erfordern. Auf dem Bild ist zum Beispiel ein Ölteppich zu sehen, der 1991 die französische Mittelmeerküste zwischen Nizza (oben rechts) und Saint Tropez (unten links) bedrohte. Das Bild wurde von dem europäischen Satelliten ERS-1 aufgenommen. Möglicherweise war zum Zeitpunkt der Aufnahme die Sicht auf den Küstenabschnitt durch Wolken versperrt. Die Radarstrahlen, die der Satellit aussendet und deren Echo er empfängt, durchdringen jedoch ungehindert Wolken und Dunst. Jedes Bodenquadrat von 20 m Seitenlänge (Bodenpixel) schickt ein Radarecho zum Satelliten zurück. Diese Signale werden zur Bodenstation gesendet, wo mit Hilfe von Hochleistungscomputern aus der Stärke der Radarsignale ein Bild erstellt wird.



Aufträge zum obigen Bild

1. Ein Rechteck auf der Erdoberfläche sei x km lang und y km breit.
 $P(x;y)$ bezeichne die Anzahl der Bodenpixel, aus denen dieses Rechteck besteht.
 Stelle den Term $P(x;y)$ auf und vereinfache so weit wie möglich.
2. Bestimme mit Hilfe eines Atlanten die ungefähre wahre Länge und Breite (in km) des abgebildeten Ausschnitts der Erdoberfläche.
 Berechne dann die zugehörige Pixelzahl durch Einsetzen in den Term $P(x;y)$.
3. Die Echosignale eines 34,6 km langen und 7,4 km breiten Bodenstreifens werden innerhalb einer Sekunde vom Satelliten zur Bodenstation übertragen. Wie lange dauert ungefähr die Übertragung für das Ölteppichbild aus Aufgabe 2?
4. Warum muss man trotz der sehr kurzen Zeit, die das Übertragen zur Bodenstation benötigt, schon zufrieden sein, wenn die Katastrophentruppen die fertigen Satellitenbilder spätestens nach weiteren drei Stunden in den Händen halten können?

Hinweise zum Unterricht

Folie 1

Die Abbildungen der Folie 1 illustrieren die Basisinformation.

Legende

Abb. 26

Satellitenbilder von den brennenden Ölquellen in Kuwait waren wichtige Informationsquellen zur Bestandesaufnahme der Kriegsschäden und für die Planung und Durchführung der Hilfsmassnahmen im Golfkrieg.

Abb. 27

Falschfarbenbild eines Teils des Schwarzwaldes. Verschiedene Farben zeigen verschiedene Schädigungsstufen.

Abb. 28

Wetterunabhängiges Mikrowellen-SAR-Bild eines Küstengebietes in Irland. (SAR = Synthetic Aperture Radar)

Abb. 29

Das gleiche Gebiet von einem optischen Satelliten aus betrachtet.

Abb. 30

Die beste Information über den Zustand einer Vegetation liefert der Gelbanteil des reflektierten Lichts, da Chlorophyll gelbes Licht absorbiert.

Durch Satellitenbilder lässt sich die Rodung des tropischen Regenwaldes erkennen. Auf diesem Bild, das die Umgebung des Flusses Teles Pires in Brasilien zeigt, sind die schon gerodeten Flächen rot eingefärbt. Da der Regenwald die meiste Zeit von Wolken verdeckt ist, eignen sich für derartige Untersuchungen ganz besonders Radarsatelliten.

Abb. 31

Durch Erderkundungssatelliten können Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten und Meeresströmungen global ermittelt werden. Diese sind wichtige Parameter für die weltweiten Klimamodelle und die Planungen der Luft- und Schifffahrtunternehmen.

Abb. 32

Überprüfung von ERS-1 im Testraum

Test zur Basisinformation

Die Testfragen zur Basisinformation eignen sich auch zur Gruppen- oder Plenumsdiskussion.

Auswerten eines Satellitenbildes

Material

- Folie 2: Satellitenbild WRS 193/26 und 27 von Landsat TM
(für die Schüler/innen 1:1 auf Papier kopieren und Folie projizieren)
- Kopiervorlage 0,5 cm-Gitter
(für die Schüler/innen 1:1 auf Folie kopieren)
- Atlas, Massstab, Rechner

Lösungen

1. Rosa Bereiche: Städte, Siedlungen
Rote Bereiche: Gewässer, Seen
2. Ammersee, Starnbergersee, Wörthsee, Pilsensee
3. Wahre Länge: ca. 16 km
4. Länge auf der Folie: 6,5 km
Massstab: ca. 1 : 246 000
5. Erfasste Fläche: 1819 km²
6. a) Überdeckung durch ca. 30 Kästchen
b) Inhalt eines Kästchens: ca. 1,5 km²
c) Inhalt des Ammersees: ca. 45 km²

Katastrophenschutz durch Satelliten

Abb. 33

Die französische Mittelmeerküste bei Nizza wurde im September 1991 von einem Ölteppich bedroht (unten rechts). Die rasche Übermittlung von Informationen half, die Ausbreitung des Ölteppichs einzudämmen.

Material

Atlas, Massstab, Rechner

Lösungen

1. $P(x ; y) = \frac{1000x \cdot 1000y}{20 \cdot 20} = 2500 xy.$
2. $x \approx 80; y \approx 60; P(80 ; 60) = 12 \text{ Millionen.}$
3. ca. $\frac{80 \cdot 60}{34,6 \cdot 7,4} \text{ s} \approx 19 \text{ s.}$
4. Dauer der Computerauswertung und Bilderstellung durch den Menschen (Falschfarbenverfahren); sowie Transportprobleme auf der Erde.
Siehe auch Abschnitt «Aufnahme und Verarbeitung von Satellitendaten» der Basisinformation.

Klimaforschung

Empfehlung:

Eine Schulinformation des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt kann per Fax 0049 (0)22 03 601 32 49 oder im Internet unter www.dlr.de gratis bezogen werden.

Folie 1



Abb. 26

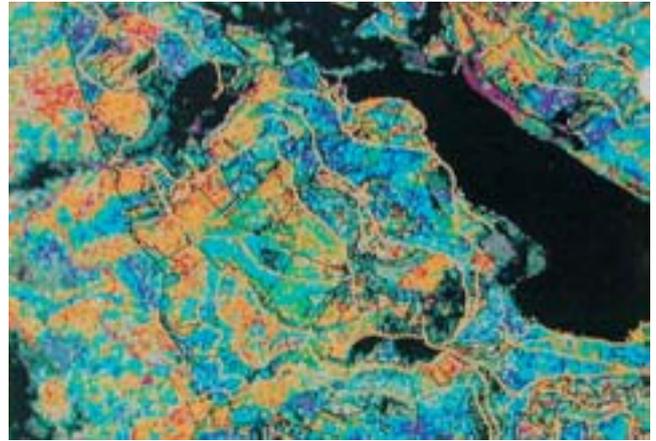


Abb. 27



Abb. 28



Abb. 29



Abb. 30

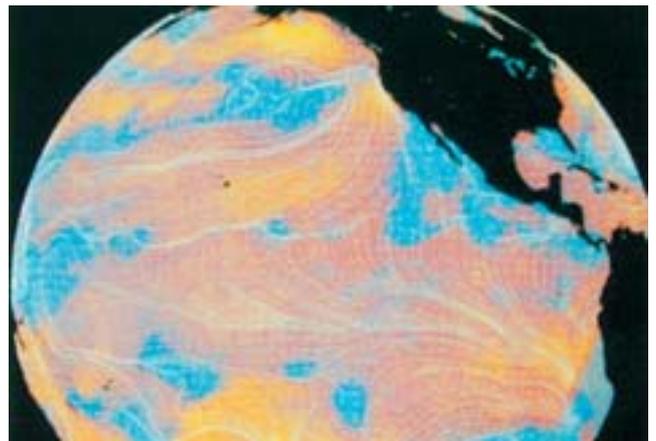


Abb. 31



Abb. 32



Abb. 33

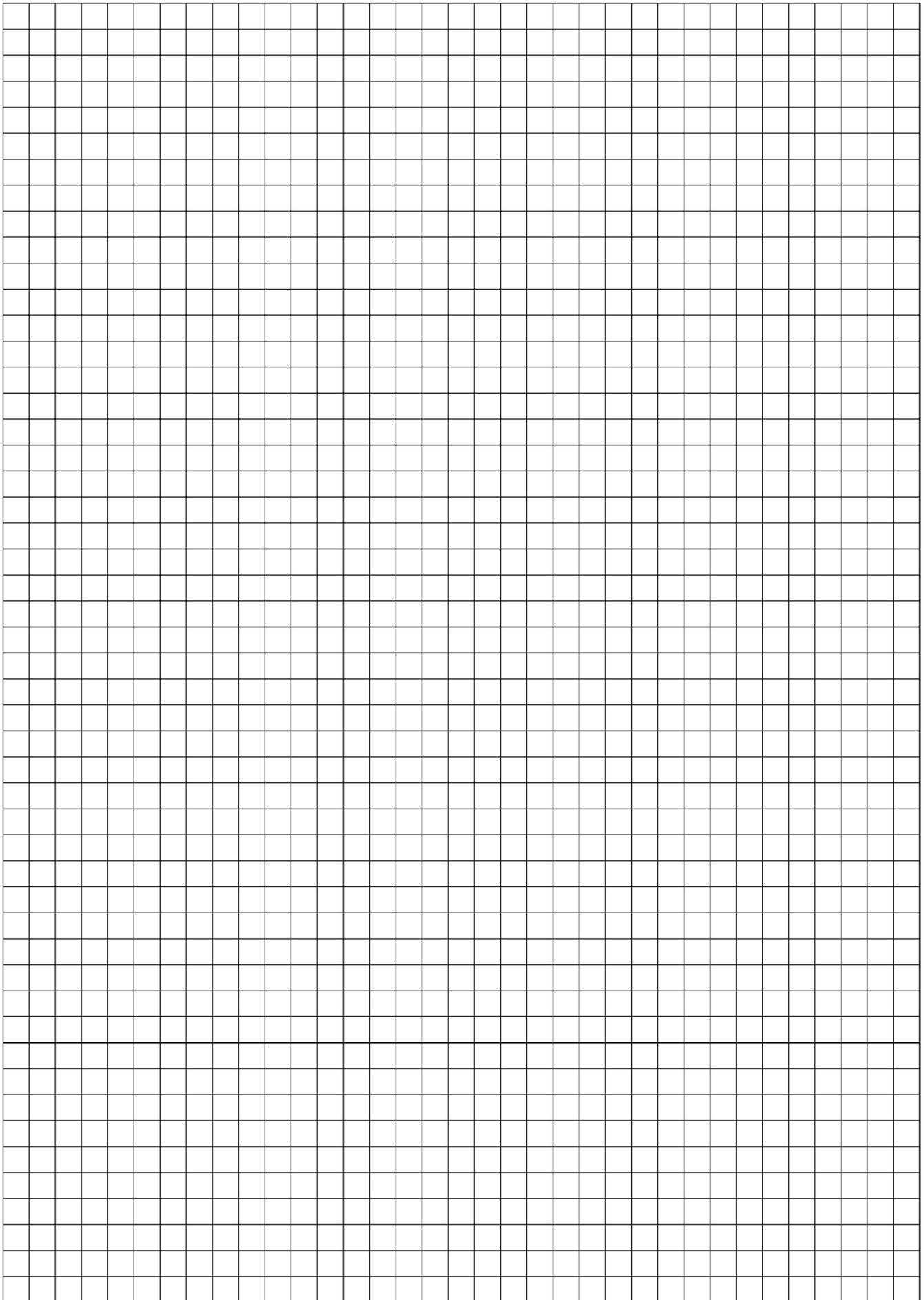
Folie 2



Abb. 34: Satellitenbild WRS 193/26 und 27 von Landsat TM

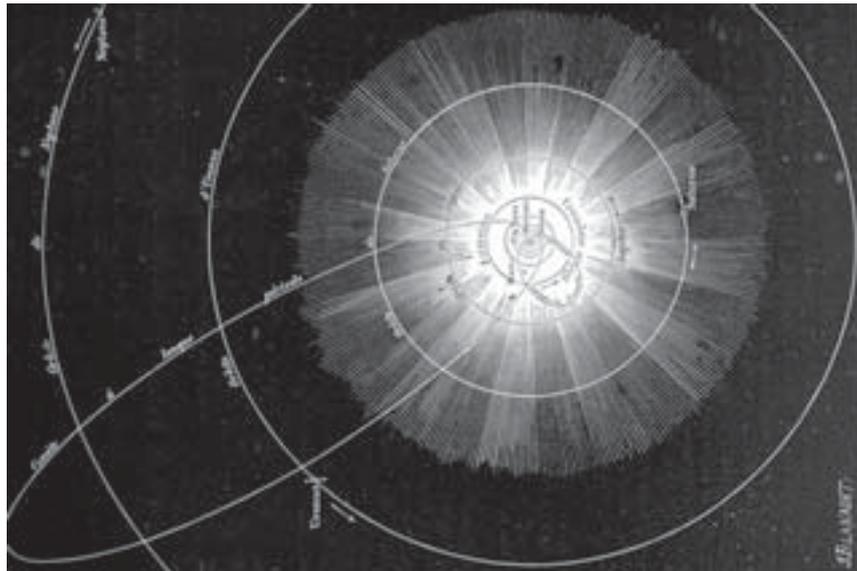


Kopiervorlage 0,5 cm-Gitter



Energie für Satelliten – Die kleine Sonne

Abb. 35: Darstellung unseres Sonnensystems. Aus dem Buch «Himmelskunde für das Volk», um 1900!



Satelliten brauchen Energie. Die bekommen sie aus Sonnensegeln, Treibstoff oder Thermo-batterien.

Wir wollen die Sonnen-segel etwas näher betrachten. Dabei machen wir eine Ent-deckung: Entfernen wir uns doppelt so weit von der Sonne, bekommen wir über das Sonnen-segel nur einen Viertel der ursprünglichen Energie.

Wir begeben uns auf eine Reise zu den äusseren Planeten. Die Sonne wird immer kleiner. Es wird sehr kalt da draussen.

Inhalt

Basisinformation

Sonnensegel ausrichten	58
Geschichte	58
Reise durchs Sonnensystem	58

Versuch

Ziel	58
Material	58
Ort	58
Anleitung/Ablauf	58

Versuch: Reise durchs Sonnensystem

Ziel	59
Material	59
Ort	59
Anleitung	59

Lehrerinformation

SOHO auf dem Internet	60
Sonnenbeobachtung mit SOHO	60

Hinweise zum Unterricht

Zu den Versuchen	60
------------------	----

Kopiervorlage



Basisinformation

Sonnensegel ausrichten

Je mehr Sonnenstrahlen auf ein Sonnensegel fallen, desto mehr Energie pro Zeit kann daraus gezogen werden.

Auf das Segel eines Satelliten, der um die Erde kreist, trifft bei geeigneter Ausrichtung soviel Strahlungsleistung pro Quadratmeter auf, wie ein Staubsauger verbraucht.

Sonnensegel müssen senkrecht zur Strahlungsrichtung ausgerichtet sein, damit die maximale Energie absorbiert werden kann.

Einige erdumkreisende Satelliten haben bewegliche Sonnensegel und Antennen. So können die Sonnensegel möglichst oft zur Sonne ausgerichtet werden und die Bodenstation lässt sich gleichzeitig genau anpeilen.

Geschichte

Der Sonnenbeobachtungs-Satellit SOHO ist durch Fehlmanipulationen ins Taumeln geraten. Damit ging auch die Ausrichtung der Sonnensegel zur Sonne hin verloren.

Seine Batterien wurden fast vollständig entladen. Er konnte nur mit Mühe gerettet werden, weil er selbst nicht mehr senden konnte. Durch richtiges Drehen musste sein Treibstoff wieder aufgetaut werden.

Reise durchs Sonnensystem

Achtung: Beim Blick in die Sonne kann man erblinden!

Die Ränder der Sonne erscheinen uns unter einem Winkel von etwa 0.5° . Denken wir uns einen Strahl vom rechten Rand der Sonne zum Auge und einen vom linken, dann schliessen die beiden Strahlen diesen Winkel ein.

Schneiden wir eine Scheibe von 0.5 cm Durchmesser aus und betrachten sie aus 57 cm Entfernung, dann entspricht dies etwa der Grösse der Sonnenscheibe. Das ist schon etwas unglaublich. Zweifel lassen sich vielleicht so beseitigen: Sonne und Mond erscheinen etwa gleich gross. Das eben beschriebene Scheibchen schneiden wir aus und halten es mit ausgestreckter Hand bei Vollmond vor die Mondscheibe. Sie lässt sich dadurch verdecken.

So kleine Scheiben sind für unseren Versuch nicht handlich. Wir nehmen etwas grössere Scheiben.

Versuch

Ziel

Erkennen, dass die Ausrichtung der Fläche senkrecht zur Strahlungsrichtung sein muss, damit möglichst viel Energie zur Verfügung steht.

Material

Pro Gruppe ein weisser Karton A4 und ein Ball; für den dritten Teil des Experimentes braucht es eine «Antenne» (z.B. ein Joghurtbecher) auf der Rückseite des Kartons, die beweglich ist.

Ort

Möglichst künstlich beleuchteter Raum.

Anleitung/Ablauf

Gruppen zu mindestens 3 Schüler/innen bilden.

1. Wie muss das Sonnensegel (Karton) ausgerichtet werden, damit seine Oberfläche möglichst hell ist? Was passiert mit einem Satelliten, dessen Segel nicht richtig ausgerichtet ist?
2. Jetzt kreist der Satellit (Karton) um die Erde (Kopf einer sitzenden Schülerin). Wie muss das Sonnensegel gerichtet bleiben?
3. Während des Kreisens muss über die Antenne (bewegliches Teil auf der Rückseite des Sonnensegels) zu den Bodenstationen (Ohren des «Erd-Kopfes») Kontakt gehalten werden.
4. Wie sehen wirkliche Satelliten aus?

Lehrerinformation

SOHO auf dem Internet

Basisinformationen auf Englisch finden sich auf sohowww.nascom.nasa.gov/

Zur SOHO-Rettung:

sohowww.nascom.nasa.gov/operations/Recovery/

Sonnenbeobachtung mit SOHO

Beobachten wir die Sonne von der Erde aus, so haben wir einerseits die Erdatmosphäre dazwischen und andererseits verschwindet die Sonne für eine bestimmte Beobachtungsstation immer wieder hinter dem Horizont. Diesen letzten Nachteil haben auch Satelliten, die um die Erde kreisen. SOHO ist ein Sonnenbeobachtungssatellit, der nicht um die Erde kreist, sondern um den Langrangepunkt L1, auf der Linie zwischen Sonne und Erde. Das ist etwa 1.5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt in Richtung Sonne. Von dort aus kann die Sonne ohne Unterbruch beobachtet werden.

SOHO wurde von der Europäischen Raumfahrtbehörde ESA und der NASA in Europa von einem Ingenieurteam unter der Leitung von Matra gebaut. Sein Start war am 2. Dezember 1995.

Aus der Sonnenbeobachtung gewinnen wir Erkenntnisse über den Aufbau der Sonne und den Sonnenwind, einen heissen Teilchenstrom, der von der Sonne ausgeht. Diese Informationen brauchen wir für Atmosphären-Modelle und für die Voraussage von geomagnetischen Stürmen, die u.a. die Kommunikation auf der Erde stark stören können.

Hinweise zum Unterricht

Zu den Versuchen

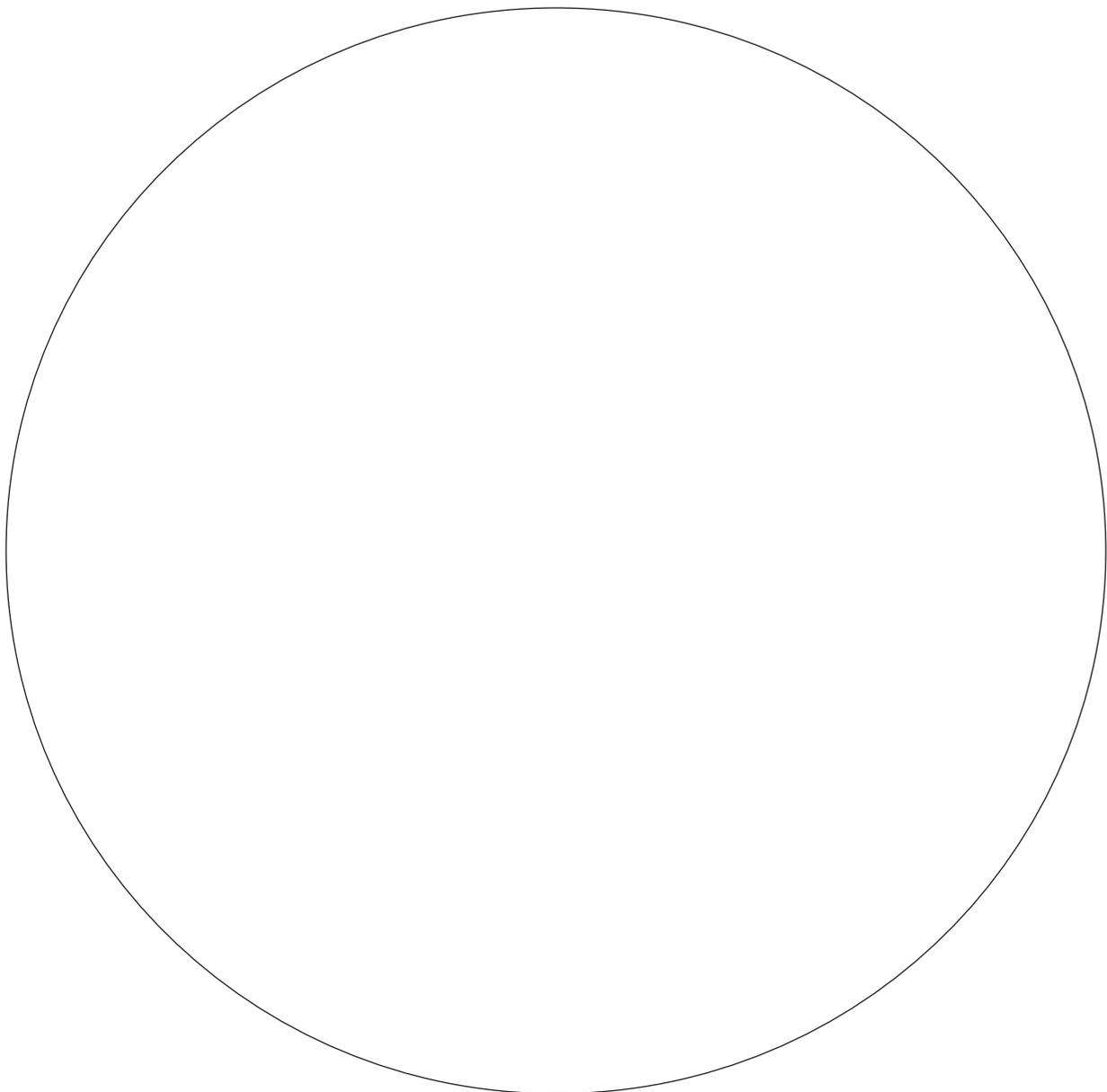
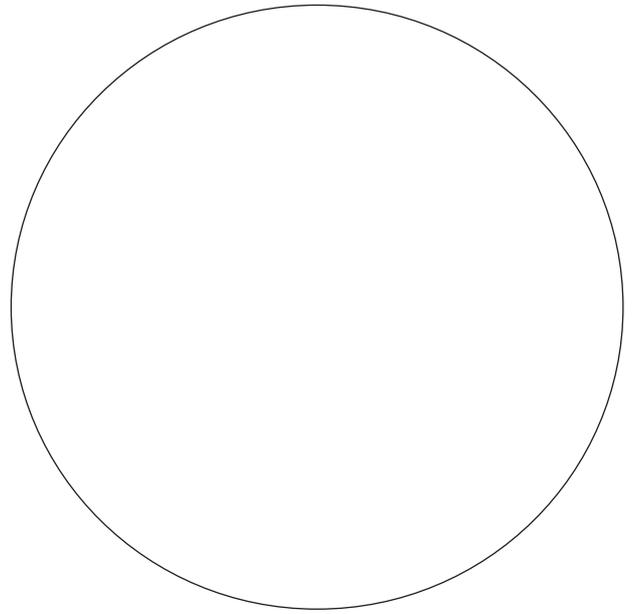
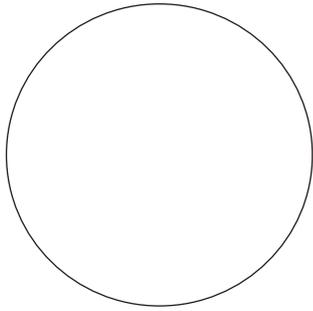
Die scheinbare Fläche der Sonnenscheibe nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab. Dadurch verringert sich die Leistung, die ein Sonnensegel empfangen kann im gleichen Mass.

Beim zweiten Versuch mit den Sonnenscheibchen nutzen wir die Tatsache, dass die Zehenspitzen sich etwa so nahe an der Wand befinden wie die Augen. Wichtig ist, dass die Ungenauigkeit des Messens nur ungefähr die erwartete Abhängigkeit ergibt. Einige Schülerinnen und Schüler werden richtigerweise bemerken, dass die Radien oder Durchmesser der Scheibchen proportional zum gemessenen Abstand sind.

In der neunten Klasse können mit diesem Experiment Strahlensätze motiviert oder überprüft werden.

Kopiervorlage

Sonnenscheibchen sorgfältig ausschneiden



Der Splitter im Auge Gottes – «Wie sag ichs dem E.T. ?»

Abb. 37: Radioteleskop, wie es zur SETI-Forschung gebraucht werden könnte.



Wo und wie begann das Leben? Entstand das Leben auf der Erde selbst oder wurde es aus dem Weltraum «gesät»? Gibt es in anderen Sonnensystemen oder Galaxien ausserirdische Intelligenz? Wie können wir mit ihnen kommunizieren?

Inhalt

Basisinformation	63
SETI	63
Die «magische» Frequenz	63
Wer sucht, der findet	63
Smog-Alarm	63
Extraterrestrischer Nachrichtenverkehr	63
Ausserirdische müssen rechnen können	63
Die Antwort erhalten unsere Ururenkel	64
Hallo Nachbar!	64
Tschüss – καλημερα – god dag	64
Der Splitter im Auge Gottes	65
Stell dir vor ...	65
E.T. in Sicht!	65
Die Splits	65
Die Expedition beginnt	65
Erster Kontakt	65
Kontakt X	66
Hinweise zum Unterricht	67
Fragen an E.T.	67
SETI-Forschung im Internet	67

Basisinformation

SETI

Am Anfang war alles klar. Auf der Erde lebt der Mensch, im Himmel ein oder mehrere Götter, je nach Glauben und Weltanschauung. Im Einklang mit neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen änderte sich das Weltbild. Neue Planeten, Sterne und fremde Galaxien wurden entdeckt. Und sofort stellte sich die Frage, ob dort nicht auch intelligente Wesen ihr Dasein fristen, zum Beispiel die Lunarier oder Seleniten, Fabelwesen mit Fledermaus-Flügeln, die wie Enten über die Mondseen schweben? Je mehr die Wissenschaft zu Beginn unseres Jahrhunderts zu neuen Erkenntnissen über das uns umgebende All kam, desto mehr entvölkerten sich die Planeten unseres Sonnensystems wieder. Es fand ein regelrechter Exodus in Richtung der Erde statt, hinein in die Filmstudios und Marketingbüros.

Durch die neuen technologischen Möglichkeiten der Telekommunikation und Raumfahrt nahm die Suche nach extraterrestrischem Leben neue Formen an. Dabei bildeten sich zwei Forschungsrichtungen: Während sich die eine Richtung auf die Beschaffung der einzelnen Planeten unseres Sonnensystems und ein mögliches Leben darauf konzentriert (wie z.B. auf Mars oder Venus), befasst sich die andere Richtung mit der Suche nach extraterrestrischer Intelligenz ausserhalb unseres Sonnensystems (Search for ExtraTerrestrial Intelligence = SETI).

Die «magische» Frequenz

Die Suche nach extraterrestrischer Intelligenz mittels moderner Technologien setzte Ende der 50^{er} Jahre ein. Am 19. September 1959 publizierten die beiden Engländer Giuseppe Cocconi und Philip Morrison einen Artikel in der Fachzeitschrift «Nature» mit dem Titel «Searching for Interstellar Communications». Ihre darin aufgestellte Strategie bestand darin, der Sonne ähnliche Sterne auf Strahlungen im Mikrowellenbereich zu durchsuchen, die nicht durch natürliche Ursachen erklärt werden können. Unabhängig davon führte Frank Drake, Radioastronom am National Radio Astronomy Observatory in Green Bank, West Virginia, zur gleichen Zeit ein erstes Experiment zur Suche extraterrestrischen Lebens unter dem Namen «Project Ozma» durch. Während zweier Monate horchte er mit einer grossen Antenne in den Raum und beobachtete auf der «magischen» Frequenz von 21 cm (1420 MHz = Wellenlänge der vom Wasserstoffatom ausgestrahlten Radiowellen) zwei nahe, der Sonne ähnliche Sterne. Obwohl das Experiment erfolglos verlief, diente es als Modell für alle späteren Projekte. (Vgl. Abb. 37)

Wer sucht, der findet

In den 60er Jahren suchten viele Radioastronomen, vor allem in Russland, nach extraterrestrischem Leben. Zu Beginn der 70er Jahre nahm sich dann auch NASA's Ames Research Center in Mountain View, California, der Sache an. Im Projekt «Cyclop» wurde die SETI-Forschung und Technologie einer eingehenden Analyse unterzogen und Ende der 70er Jahre ein Forschungsprogramm für die NASA aufgestellt. Nach einer über zehnjährigen Vorbereitungsphase startete am 12. Oktober 1992, dem 500. Jahrestag der Entdeckung Amerikas durch Christoph Columbus, das Programm. Nur ein Jahr später stoppte jedoch der Kongress das Projekt aus finanziellen Gründen wieder. Obwohl bis heute noch keine Signale von extraterrestrischer Intelligenz gefunden werden konnten, wird weltweit vorwiegend auf privater Basis weiter geforscht. Damit die grossen Rechenleistungen zur Verfügung stehen, die zur Analyse der von den Antennen eingefangenen Signale benötigt werden, greifen die Forscher neu auch auf freie Rechenleistungen von im Internet angeschlossenen Rechnern zurück.

Smog-Alarm

Das grösste Problem der ganzen SETI-Forschung und damit auch der Radioastronomie ist in zunehmendem Mass der «Wellensmog», der durch die immer grösser werdende Zahl von Satelliten, Raumstationen und Raumsonden und deren Datenverkehr verursacht wird. Die Welt wird auf ihren radioastronomischen Ohren mehr und mehr taub!

Extraterrestrischer Nachrichtenverkehr

Es wird nicht nur gehorcht, was uns Ausserirdische zu sagen haben. Wir senden ihnen auch Nachrichten. Der abgehende Nachrichtenverkehr setzte bereits zu Beginn unseres Jahrhunderts mit dem Aufkommen des Radios ein. Damals jedoch noch unbewusst, als Nebenprodukt einer neuen Technologie. So konnten z.B. 1988 die Bewohner des Sternes Wega die im August 1962 via Telstar zwischen Europa und Amerika übertragenen ersten Live-Bilder ansehen, sofern es dort intelligente Bewohner mit entsprechender Ausrüstung gibt.

Ausserirdische müssen rechnen können

Als erster entwarf der oben erwähnte Frank Drake 1961 eine Meldung an die Ausserirdischen. Das aus 551 Einsen und Nullen zusammengesetzte Welttelegramm sandte er versuchsshalber an Kollegen, darunter auch Nobelpreisträger und Codeknacker. Ausser einem Amateur-Codeknacker konnte jedoch niemand die Meldung entschlüsseln. Am 3. März 1972 wurde

mit der interplanetarischen Sonde Pioneer 10 ein 15 x 23 cm grosses, vergoldetes Aluminiumschild mit Zeichnungen ins All geschickt, die extraterrestrische Wesen über das Leben auf der Erde aufklären sollten. Ein Jahr später folgte mit Pioneer 11 eine gleiche Tafel nach. 1974 wurde mit dem Arecibo-Radioteleskop in Puerto Rico eine ähnliche Botschaft in verschlüsselter Form zum Kugelsternhaufen im Sternbild des Herkules gesandt (vgl. Abb. 38). Zu dessen Entschlüsselung muss sich der Empfänger in der Arithmetik auskennen, was von intelligenten Wesen, die Radiosignale empfangen können, als gegeben betrachtet wird. Die im Sommer 1977 gestarteten Sonden Voyager 1 und Voyager 2 haben je eine Schallplatte bei sich, gefüllt mit vielen typischen «Geräuschen der Erde» (Kuss, Herzklopfen, Gesang der Buckelwale, Donnerrollen etc.), Musikstücke aus aller Welt und Grussbotschaften in 55 Sprachen.

Die Antwort erhalten unsere Urenkel

Die Entfernungen im All sind immens. Wenn eine Nachricht die Erde auf Radiowellen verlässt, ist sie nach ca. 4 1/2 Minuten auf dem Mars und in rund 5 1/2 Stunden auf dem Pluto, dem äussersten Planeten unseres Sonnensystems. Bis zum nächsten Stern, Alpha Centauri, ist die Nachricht schon 4,3 Jahre unterwegs und bis zur Mitte unserer Galaxie, der Milchstrasse, 30 000 Jahre. Etwas länger braucht die Nachricht, bis sie den Andromeda-Nebel erreicht, der am weitesten entfernten Galaxie, die man noch mit blossem Auge am nächtlichen Himmel sehen kann: rund zwei Millionen Jahre. Die entfernteste Galaxie, die amerikanische Forscher im Frühjahr 1999 mit dem Weltraumteleskop «Hubble» entdeckt haben, liegt 14 Milliarden Lichtjahre von uns entfernt. Und wenn wir eine Antwort erwarten, dauert alles doppelt so lange.

Hallo Nachbar!

Wie gross aber ist die Wahrscheinlichkeit, dass es extraterrestrische Intelligenz gibt, mit der wir Nachrichten austauschen können? Aufgrund von Schätzungen der SETI-Forscher ist mit 40 intelligenten Zivilisa-

tionen in unserer Galaxie, der Milchstrasse, zu rechnen. Hochgerechnet auf die geschätzten 100 Milliarden Galaxien des ganzen Universums ergibt dies rund vier Trillionen mögliche intelligente Zivilisationen. Es fragt sich nur, in welcher Richtung wir suchen sollen!

Tschüss – καλημερα – god dag

Und wenn wir mit einer extraterrestrischen Intelligenz wirklich in Kontakt treten könnten, was würden wir ihr dann sagen? Freude herrscht? Hallo – Hello – Ciao – Salut – Tschüss – καλημερα – god dag? In welcher Sprache oder Form würde sie uns wohl antworten? Und welche politischen und moralischen Eigenschaften weist die extraterrestrische Intelligenz auf? Wie verhält sie sich gegenüber uns: böse, lieb, oder zeigt sie vielleicht gar kein Interesse an uns? Ist sie intelligenter als wir? Vielleicht ist E.T. schon lange unter uns und beobachtet uns, ohne dass wir etwas davon gemerkt haben. Schau Dich mal genauer um. Vielleicht sind wir ja auch ein Produkt, ein Versuchskaninchen der Ausserirdischen.

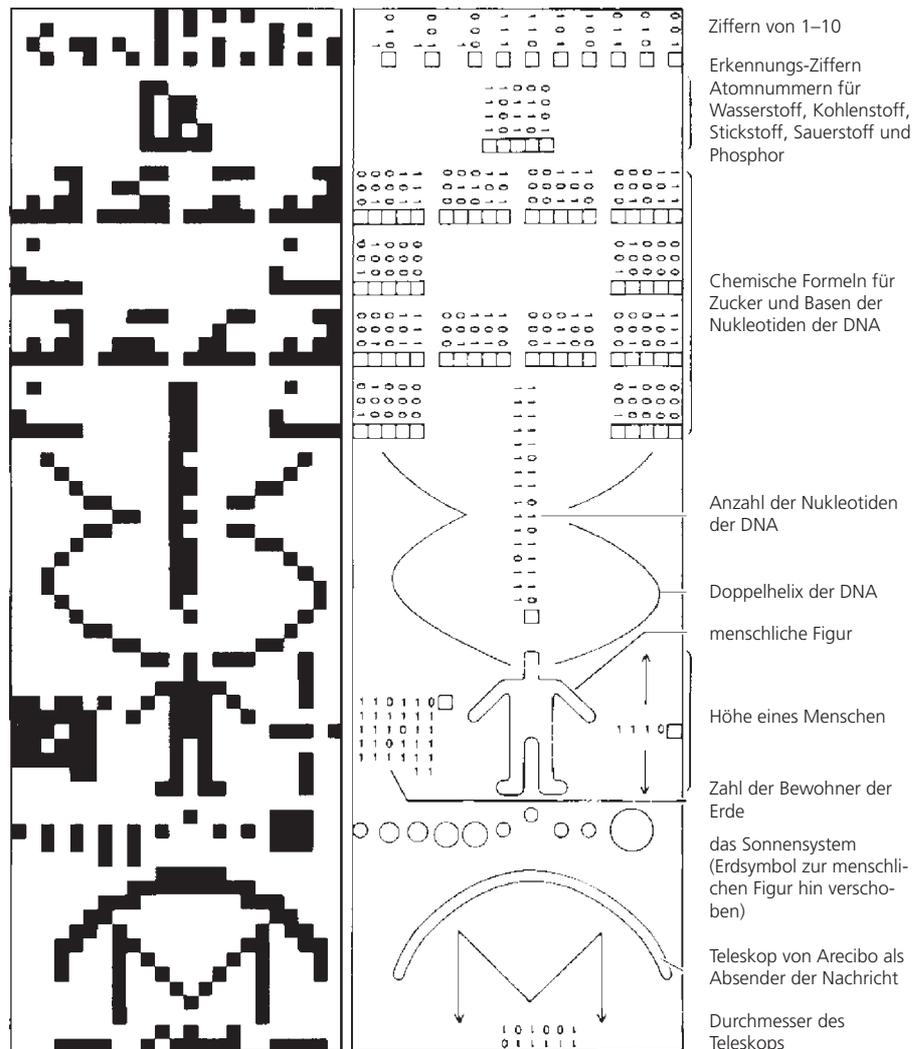


Abb. 38: Arecibo – Grussbotschaft an Ausserirdische.

Der Splitter im Auge Gottes

Original:
1974, Larry Niven & Jerry Pournell, **The Mote in God's Eye**;
deutsche Übersetzung 1977, Der Splitter im Auge Gottes;
Wilhelm Heyne Verlag, München (ISBN 3-453-30424-1)

Stell dir vor ...

... wir befinden uns im Jahre 3017. Die Menschheit hat vor rund 20 Jahren, als die interstellaren Sezessionskriege beendet waren, das sogenannte zweite Imperium gegründet.

Die kaiserliche Flotte sorgt für Ruhe und Ordnung. Die beiden grössten zu hütenden Geheimnisse sind das **Langston-Feld** (zum Schutz von Raumschiffen oder ganzen Städten) und der **Alderson-Antrieb** (Möglichkeit zur Fortbewegung mit Überlichtgeschwindigkeit).

Die Menschheit ist zwar in interstellares Neuland vorgedrungen, auf eine andere intelligente Rasse ist sie jedoch nie gestossen.

E.T. in Sicht!

Da naht aus einem System, dessen Zentralgestirn «Splitter im Auge Gottes» genannt wird, ein rätselhaftes Flugobjekt – eine Sonde, die von einem Lichtsegel angetrieben wird. Ein Schiff der kaiserlichen Raumflotte unter dem Kommando von **Kapitän Roderick Blaine** fängt das Objekt ab, bevor es in eine Sonne stürzt. Das seltsame Lebewesen, das sich an Bord befindet, kommt bei dem riskanten Bergungsmanöver ums Leben.

Es war der Abgesandte einer völlig andersartigen, offensichtlich uralten und technologisch hoch entwickelten – also intelligenten – Rasse!

Die Splits

Das «Split», wie das Wesen von den Menschen genannt wird, misst von Kopf bis zu den Füßen 1 m 24. Die Füße kann man leicht mit Schuhen verwechseln, da keine Zehen zu erkennen sind. Allerdings sind die vorderen Fusskanten mit einem hornartigen Material überzogen. Es besitzt zwei schlanke Arme rechts und einen massigen, muskulösen Arm links. Die Hände der zwei rechten Arme sind feingliedrig, die je vier Finger und zwei gegenständige Daumen aufweisen. Die Ellbogengelenke der beiden Arme liegen unterschiedlich hoch. Die Hand am keulenartigen linken Arm besteht aus drei kräftigen Fingern. Der Rumpf weist etliche Ausbuchtungen auf, die Muskulatur ist komplexer als die menschliche. Es gibt kein Rückgrat, dafür drei feste, starre Knochen im Rücken. Der oberste ist eine Art Schädelfortsatz,

dessen Gelenk auf Schulterhöhe eine Nickbewegung des Kopfes, jedoch keine Drehung zulässt. Einen Hals besitzt das Wesen keinen. Die kräftigen Muskeln der linken Schulter ziehen sich glatt bis zum Scheitel, so dass die linke Schädelseite, die weitaus grösser als die rechte ist, ohne Abstufung in die Schulter übergeht. Für ein linkes Ohr ist kein Platz, aber rechts zielt ein grosses, dünnhäutiges Koboldsohr den Schädel. Das Gesicht passt nicht zum bizarren Kopf. Die zwei symmetrischen, leicht geschlitzten Augen stehen weit offen im blicklosen Starren des Todes. Sie sind fast menschlich, etwas orientalisch vielleicht. Die schlaffen Lippen geben spitze Zähne frei. Der unterste der drei Rückenknöchel verbreitert sich zu Hüften mit Gelenkspfannen für die Oberschenkelknochen. Das Gelenk in der Taille lässt eine 180° Drehung zu! Etwas wie ein Rückenmark, ein wesentlicher Nervenstrang, ist bauchseitig vorhanden. Der ganze Körper ist von einem weichen, braunen Fell bedeckt.

Auftrag

Skizziere das tote Split aufgrund der Beschreibung möglichst genau.

Technik: Bleistiftzeichnung

Die Expedition beginnt

Kapitän Rod Blaine macht sich mit seiner Mannschaft und dem Raumschiff MacArthur auf den Weg in Richtung «Splitter im Auge Gottes». Es gibt nur eine Möglichkeit, herauszufinden, ob die fremde Rasse eine Bedrohung für die Menschheit darstellt: Ihr Heimatsystem aufsuchen und versuchen, **mit den Ausserirdischen Kontakt aufzunehmen**.

Nach geglücktem Sprung ins System des Splitters macht die MacArthur sich auf die Suche nach einem Split-Planeten.

Nach einiger Zeit bemerkt Rod Blaine, dass ein relativ kleines Raumschiff – militärisch kaum bedrohlich – auf die MacArthur zukommt. **Kadett Jonathon Whitbread** soll in einem sogenannten Raumtaxi für ein erstes Rendez-vous dem Split-Schiff entgegengehen.

Erster Kontakt

Whitbread schaut in die Kabine des fremden Raumschiffes, das soeben seine Luftscheule geöffnet hat. Ein einziges Split, ähnlich aussehend wie das tote in der Sonde, sitzt vor irgendwelchen Instrumenten. Er schnappt sich seinen Raumanzug und schwebt zum Splitschiff hinüber ...

Auftrag

1. Versetze dich in die Lage von Kapitän Rod Blaine und schreibe eine kurze Geschichte, wobei du folgende Punkte speziell berücksichtigen sollst:
 - Welchen Auftrag erteilst du Kadett Whitbread?
 - Welche Vorsichtsmaßnahmen triffst du?
2. Versetze dich in die Lage von Jonathon Whitbread. Baue deine Überlegungen zu folgenden Punkten in die Geschichte ein:
 - Was sind deine Ziele?
 - Wie kannst du diese Ziele erreichen?
 - Wie beginnst du mögliche Kommunikation mit dem Split?
 - Welche Risiken gehst du ein?
3. Ein Passagier der MacArthur hat geäußert: «Was können *sie* uns schon mitteilen, wenn wir doch keine gemeinsame Sprache haben?» Was antwortest du ihm?

Kontakt X

Mehrere Kontakte mit Splits haben folgendes ergeben:

Es gibt verschiedene Arten von Splits. Da sind in erster Linie die **Vermittler**, welche untereinander eine Sprache sprechen, die selbst die Sprachwissenschaftler auf der MacArthur nie erlernen könnten. Die Vermittler sind jedoch imstande, die menschliche Sprache einwandfrei zu sprechen. Vermittler sind Könner in Sachen Kommunikation und dafür verantwortlich, Kriege zu verhindern. Weiter gibt es **Meister** (Befehlsgeber), **Techniker** und **Bastler**. Letztere sind kommunikationsunfähig, dafür in der Lage, blitzschnell technisch hochkomplizierte Maschinen zu fertigen, die jeweils auf ihre ganz spezifischen Bedürfnisse abgestimmt sind. Ein Grund dafür, weshalb es in einem Splitschiff nicht zwei genau gleiche Gegenstände gibt.

Auftrag

An einer Mannschaftssitzung werden auf der MacArthur unter anderem folgende Fragen besprochen:

- Sind die Splits gescheiter als wir?
- Gibt es Split-Arten, die wir nicht kennen?
- Was können die Splits von uns wollen?
- Können die Splits den Menschen gefährlich werden?
- Was wollen *wir* eigentlich von den Splits?

Versetzt euch nun aufgrund der neuen Informationen in die Lage verschiedener Besatzungsmitglieder. Es diskutieren neben **Kapitän Blaine**, dessen erstes Ziel sein muss, das Imperium nicht in Gefahr zu bringen, **Kadett Whitbread**, Splitfan mit dem Enthusiasmus eines Entdeckers, **Kaplan Hardy**, Pfarrer und Linguist, **Hussein Bury**, Handelsreisender und Wirtschaftsmagnat, **Lady Sandra Fowler**, Anthropologin.

Hinweise zum Unterricht

Die Basisinformation kann auch die Funktion der Lehrerinformation übernehmen; muss also nicht zwingend den Schüler/innen 1:1 abgegeben werden.

Im Abschnitt «Der Splitter im Auge Gottes» wechseln sich kürzeste Zusammenfassungen von Teilhandlungen des Science-Fiction-Klassikers mit Schüleraufträgen ab. Achten Sie darauf, dass die Schüler/innen immer nur bis zum Auftrag lesen und diesen dann gleich ausführen, ohne weiterzulesen, da der Text sonst schon zu viele Informationen vorwegnimmt.

Mit den Aufträgen zu «Der Splitter im Auge Gottes» sollen sich die Schüler/innen mit den grundlegenden SETI-Fragen, die im Abschnitt «Tschüss – καλημερα – god dag» der Basisinformation gestellt sind, beschäftigen.

Entstehen daraus Diskussionen über die Schöpfung, den Kosmos, die Daseinsberechtigung der Menschen? Als möglichen Input für solche Diskussionen seien hier einige Fragen aufgelistet, die wir Ausserirdischen stellen könnten:

Fragen an E.T.

Wo bist du?
Wo im All sollen wir nach dir suchen?
Bist du unsterblich?
Hast du einen Gott?
Hast du den gleichen Gott wie ich?
Hast du ein Gewissen, eine Seele?
Kannst du weinen, lieben?
Bist du bereits unter uns?
Bist du intelligenter als wir?
Wünschst du, mit uns Kontakt aufzunehmen?
In welcher Form nimmst du mit uns Kontakt auf?
Was willst du uns sagen?
Kannst du etwas über die Menschheit sagen?
Liebst du Brahms?
Schiebst du auf den Pianisten?
Verstehst du Züridütsch?
Kannst du auf zehn zählen?
Hast du einen Körper?
Magst du Hamburger?
Machst du Ferien?

Oder allgemeiner:

Was ist ausserirdische Intelligenz?
Unterscheidet sich menschliche von ausserirdischer Intelligenz?
Bin ich intelligent?
Gibt es intelligentes Leben in dieser Schule?
Was heisst es für die Menschheit, wenn es keine intelligenten Wesen im All gibt?

Das nächste Kapitel «Science Fiction» behandelt u.a. die Charakteristik dieser Literaturgattung. «Der Splitter im Auge Gottes» erfüllt alle wichtigen Qualitätsmerkmale von SF! Das Buch ist im Buchhandel erhältlich.

SETI-Forschung im Internet

SETI-Forschung wird ausschliesslich auf englisch betrieben. Auf diversen Websites im Internet kann man sich über Ziele und den neuesten Stand der SETI-Forschung informieren.

Lassen Sie interessierte und im Englisch fortgeschrittene Schüler/innen beispielsweise recherchieren, wo es Projekte gibt, an denen sich alle beteiligen können.

www.seti-inst.edu

www.keo.org

seti.uws.edu.au

Oder besuchen Sie einen der beiden Autoren von «Der Splitter im Auge Gottes»:

www.jerrypournelle.com

Ikaros Montgolfier Wright – Der Traum vom Fliegen

Abb. 39: SF-Autor Ray
Bradbury

Ohne Luftfahrt keine
Raumfahrt – ohne
Raumfahrt keine Kom-
munikation im Welt-
raum.

Die Materialien rund um
die Kurzgeschichte
«Ikaros Montgolfier
Wright» von Ray Brad-
bury führen uns einer-
seits zurück zu den
Anfängen und Träumen
der Luftfahrt-Geschichte
und weisen andererseits
als Beispiel von Science
Fiction-Literatur in die
Zukunft.

Gleichzeitig soll das
Kapitel die fächerüber-
greifenden Arbeiten
zum Thema SPACE
ergänzen.



Inhalt

Lehrerinformation

Träume, Fantasien, Visionen	69
Science, Fiction: Science Fiction (SF)	69
Wissenschaft und Wirklichkeit, Fantasie und Kalkül	69
SF als spekulative Literaturgattung	69
Gegenwart als Zukunft	70
Das Qualitätsmerkmal	70
Raum- und Zeitreise, das SF-Thema	70

Kopiervorlage

Inner Space	71
-------------	----

Ray Bradbury

Ikaros Montgolfier Wright	71
----------------------------------	-----------

Aufträge für Kleingruppen	72
---------------------------	----

Gestaltungsauftrag	72
--------------------	----

Lehrerinformation

Träume, Fantasien, Visionen

«Am Anfang stehen unvermeidlich: der Gedanke, die Fantasie, das Märchen; danach kommt die wissenschaftliche Berechnung; und schliesslich krönt die Ausführung den Gedanken.»
(Konstantin E. Ziolkowski)

Der Lieblingstraum von **Ziolkowski**, dem «Vater der Raumfahrt» (1857–1935), «eine Welt ohne die Fesseln der Schwerkraft» zeigt schon, dass sich Fantasie und Wissenschaft (Fiction und Science) nicht gegenseitig ausschliessen.

Historische Raumfahrtvisionen finden sich unter anderem auch bei **Johannes Kepler** (1571–1630), der aus wissenschaftlichen Hypothesen und Spekulationen ableitete: «Wenn es gelänge, Schiffe zu bauen, die den Wind zwischen den Planeten zu nutzen verstünden, es auch beherzte Männer geben würde, die diese Schiffe steuern.»

Für **Hermann Oberth**, den «Vater der deutschen Weltraumfahrt» (1894–1989), ist die Lektüre von **Jules Verne** ein Schlüsselereignis.

Der deutsch-amerikanische Raumfahrtexperte, **Wernher von Braun** (1912–1977), liest seinerseits Oberths Schriften und bedient sich unermüdlich SF-Medien, um seine Weltraumideen voranzubringen. Doch «... man muss sich von gewissen durch utopische Romane genährten Vorstellungen freimachen. Im Mittelpunkt solcher Geschichten steht gewöhnlich der Held und Erfinder, der mit seiner kleinen Mannschaft in aller Heimlichkeit sein Raumschiff baut. Heute wissen wir aber, dass Weltraumflug nur durch grösste gemeinsame Anstrengung Wirklichkeit werden kann.»

Science, Fiction: Science Fiction (SF)

Literatur, erst recht SF-Literatur, ist auf Anregungen aus vielen Bereichen der Wissenschaft (Science) angewiesen. **Wissenschaft** ist hier demnach nicht Schmuck (wie in der sog. Science Fantasy), sondern funktionaler Bestandteil mit stimmigen Informationen. Indem SF-Autoren wissenschaftliches Material verwenden, können sie eine Brücke schlagen zwischen ihren Lieferanten und interessierten Laien. «Vorausgeahnte» Erfindungen oder Ereignisse muten dabei gelegentlich prophetisch an, sind jedoch meist Ergebnis genauer Beschäftigung mit neuester Forschung. Dabei profitieren die Autoren von der oft sehr langen Frist zwischen Entdeckung und Bekanntmachung.

Wissenschaft und Wirklichkeit, Fantasie und Kalkül

Muss denn Science (Fiction) die Wirklichkeit abbilden und realistisch sein? «Ist nicht die Wirklichkeit selbst eine Konstruktion?» (Hasselblatt) «Wer ist der bessere Realist? Der gesellschaftskritische, der nur die fertige Wirklichkeit zu beschreiben in der Lage ist, oder der, der eine sich ankündigende Realität selbständig, kritisch und fantasievoll ausfindig zu machen weiss?» (Jungk)

Der Gegensatz von Wirklichkeit ist aus dieser Perspektive nicht die Unwirklichkeit, sondern die Möglichkeit, das Modell, die Alternative, das Anders-Als. Genau das sind wesentliche Mittel der SF.

SF als spekulative Literaturgattung

Die Vorstellung von Kalkül und Innovation, die Fiction-Komponente, die **Fantasie**, ist also für die SF nicht minder funktionaler Bestandteil.

SF braucht, weil es eine spekulative Literaturgattung ist, das verbindende Medium der Fantasie, die in der zeitlichen Dimension des seelischen Lebens zwischen Vergangem, Gegenwärtigem und Zukünftigem vermitteln kann.

«Fiktion ist eine eigene spezifische Möglichkeit des Begreifens von Realität. Es gilt, den Abstand zwischen Fiktion und Wirklichkeit zu vergrössern, wenn mehr und Genaueres über die Wirklichkeit erfahren werden soll. Wie anders als durch Fiktion, also durch Kunst, wollen wir hinter den Wirklichkeiten die Wirklichkeit, also die Wahrheit ausmachen?» (Science Fiction-Filmproduzent Rohrbach)

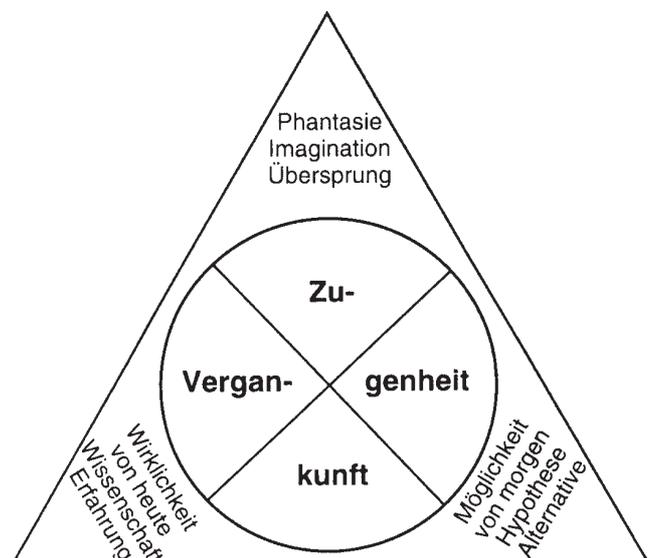


Abb. 40: Grundelemente der Science Fiction (nach H. Reinold 1995)

Gegenwart als Zukunft

Science Fiction spielt mit einer Erweiterung und Änderung der Realität, strebt jedoch nur **utopisches Denken** an. Das entwirft je nachdem utopisch-hoffnungsvolle oder dystopisch-angstvolle Bilder (vgl. utopische Literatur).

Gleich, welche Möglichkeiten durchgespielt werden, SF orientiert sich fast immer an der Zukunft. Schauplatz ist nicht mehr wie früher die einsame Insel, sondern die terra incognita, **der freie Raum**, wo ausserhalb der Wirklichkeit ungehindert spekuliert werden kann. Dort ist nicht von **der** Zukunft, die kommen wird, die Rede, sondern von einem Spektrum zukünftiger Möglichkeiten. Von Dingen, die sich erst ereignen werden. Vom Gedachten redet die SF mit Überzeugung!

Es ist auch kein Widerspruch, wenn gesagt wird, diese Art zukunftsorientierter Genreliteratur sei eigentlich **Gegenwartsliteratur**. Denn indem sie wünschbare beziehungsweise weniger wünschbare Zukunft vorstellt, meint oder kritisiert sie meist die Gegenwart und stellt womöglich alte Konzepte in Frage.

Alternativen, Denkbare, Mögliches, auch Konflikte, wie sie sich aus der Begegnung von heutigen Menschen mit heutiger Technik und Lebensform ergeben, werden erfahrbar gemacht – über den Umweg durch die «Zukunft»!

Diese Grundlinie der SF ähnelt dem psychischen Prozess der Projektion: «Etwas wird aus der Gegenwart und den tatsächlich gegebenen Weltbezügen entfernt und in einen gewissermassen neutralen Welt-Raum verlegt.» (Hasselblatt).

Das Qualitätsmerkmal

Science Fiction-Texte dürfen nicht nach den herkömmlichen, im Deutschunterricht geübten literarischen, ästhetischen oder stilistischen Massstäben beurteilt werden. Denn SF ist nicht wie die sogenannte Literaturliteratur symbolorientiert und damit auf Deutung und Interpretation aus; SF ist vielmehr **modellorientiert**. SF entwirft Gedankenexperimente, Muster einer als möglich zu denkenden Realität, die es nicht geben muss, die es geben kann.

Der Entwurf muss in sich stimmen, denn das Ziel ist die Anwendung – und sei es lediglich in Gedanken.

Erstes Kriterium für gute SF ist **Stringenz**, das heisst: konsequente Stimmigkeit, Folgerichtigkeit aller Überlegungen, strenge, zwingende Bündigkeit der Darstellung. Gute SF geht in der Darstellungsweise stets realistisch und im Inhalt experimentell-funktional vor. Deshalb sind SF-Romane durchaus im Physikunterricht einsetzbar!

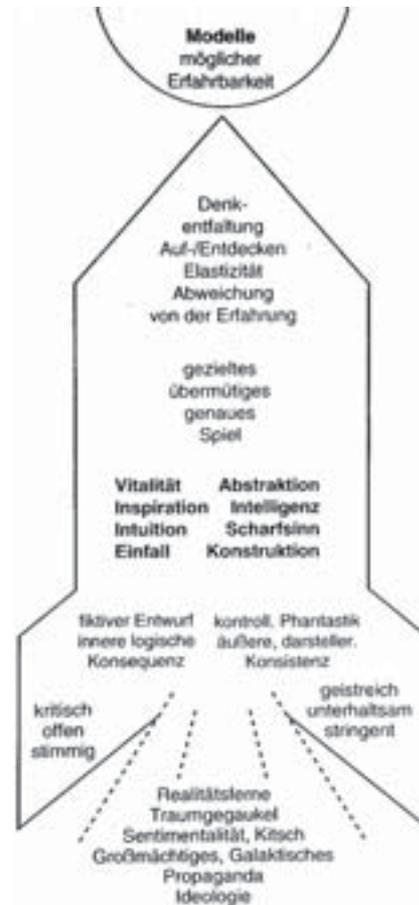


Abb. 41: **Schubkräfte gelungener Science Fiction** (nach H. Reinold 1995)

Raum- und Zeitreise, das SF-Thema

In der Fülle der Sujets der SF nimmt die Eroberung des Weltraums durch den Menschen einen ersten Platz ein.

Die Tradition reicht von Vernes «voyage extraordinaire» bis zu mannigfachen Formen der «space travel». Nebst einigen Vorstössen in den Mikrokosmos reist die weit grössere Gruppe in den Makrokosmos, in den **Outer Space**. Allerdings veränderten sich nach der tatsächlichen Mondlandung die Flugfantasien. Da neben dem Mond auch die anderen Planeten kein höherentwickeltes Leben erwarten lassen, kreuzen heute die Flugkörper durch die Milchstrasse und andere Galaxien. Da wir über die Kategorie **Raum**, dem Nebeneinander aller materiellen Objekte, noch wenig und über die Kategorie **Zeit**, dem Nacheinander der Prozesse, noch viel weniger wissen, bleibt für die SF ein weites Feld der Spekulation.

What if ... Was wäre, wenn die fundamentalen Eigenschaften alles Existierenden verändert würden? Was wäre, wenn man die Unumkehrbarkeit der Zeit aufheben und beliebig in Vergangenheit oder Zukunft tauchen könnte?

Quelle: Helmut Reinold, 1995, **Science Fiction**, Hrsg. Arbeitskreis Gymnasium und Wirtschaft e.V., Unterhaching.

Kopiervorlage

Inner Space

Neue gute Autoren meldeten sich seit den 50er Jahren auf dem boomenden, amerikanisch dominierten SF-Markt. Diese Bewegung «New Wave» wandte sich teilweise von der Weltraum-SF ab und den «soft sciences» (Philosophie, Psychologie, Theologie) zu. Es gelte eine andere Raum-Grösse, den **Inner Space**, die Psyche des Menschen zu erforschen. Die «Landschaften der Seele» seien zu beobachten und zu entschlüsseln (siehe unser Beispiel Bradbury). Auch auf diese Weise werde das Bewusstsein erweitert, und ein echter Bezug zur Zukunft werde eher möglich. Und darum gehe es schliesslich: um ein Verstehen der Zukunft, nicht um Vorhersagen.

Ray Bradbury

(geb. 1920)

«The least typical writer» der amerikanischen Science-Fiction-Literatur. Viele Beiträge in SF-Magazinen; als bedeutender Kurzgeschichten-Autor der SF viele Leser erschlossen. Grösste Reputation durch «Martian Chronicle». Roman «Fahrenheit 451»: Antiutopie; Welt, in der Bücherlesen verboten. Bradburys Talent liegt in der ungewöhnlichen Kombination scheinbar vertrauter Bilder.

Die Kurzgeschichte «Ikaros Montgolfier Wright» kombiniert traumhaft die wichtigsten Stationen der Luftfahrt.

Viele Infos und Bilder zu Bradbury unter www.brookingsbook.com/bradbury/

Ray Bradbury

Ikaros Montgolfier Wright

Er lag auf dem Bett, und der Wind blies durch das Fenster über seine Ohren und seinen halbgeöffneten Mund und flüsterte in seine Träume hinein. Es war wie der Wind der Zeit, der die delphischen Grotten aushöhlte und sagte, was gesagt werden musste, von Gestern, Heute und Morgen. Manchmal schrie eine ferne Stimme, manchmal waren es zwei, ein Dutzend, die ganze Menschheit rief durch seinen Mund, aber die Worte waren immer die gleichen: 5
 «Seht, seht, wir haben es geschafft!»
 Denn plötzlich wurde er oder wurden sie, einer oder viele, im Traum emporgeschleudert und flogen. Die Luft dehnte sich zu einem lauen Meer, in dem er ungläubig schwamm. 10
 «Seht, seht, es ist erreicht!»
 Aber er forderte die Welt nicht auf, ihm zuzusehen; er rüttelte nur seine Sinne auf, um die Luft, den Wind, den aufgehenden Mond zu sehen, zu schmecken und zu berühren. Er schwamm allein am Himmel. Die schwere Erde war verschwunden. 15
 Aber warte, dachte er, warte nur!
 Heute nacht – was für eine Nacht ist das?
 Die Nacht davor natürlich. Die Nacht vor dem ersten Raumflug zum Mond. Hinter diesem Zimmer auf dem hartgebrannten Wüstenboden hundert Meter weiter wartet das Raumschiff auf mich. Stimmt das? 20
 Ist da wirklich ein Raumschiff?
 Halt, dachte er und krümmte sich, drehte sich schwitzend mit festgeschlossenen Augen zur Wand, das grausame Flüstern zwischen den Zähnen. Du musst ganz sicher sein! Ja, und wer bist du eigentlich? 25
 Ich? dachte er. Mein Name?
 Jedediah Prentiss, geboren 1938, Abitur 1959, staatlich geprüfter Raumschiffpilot 1965. Jedediah Prentiss, ... Jedediah Prentiss ... Der Wind wehte seinen Namen fort. Er wollte ihn packen, er schrie. Dann beruhigte er sich und wartete, dass der Wind seinen Namen wiederbringen würde. Er wartete geraume Zeit. Stille herrschte, und dann, nach tausend Herzschlägen, spürte er eine Bewegung. Der Himmel öffnete sich wie eine zarte blaue Blüte. Auf dem Ägäischen Meer regten sich leichte weisse Fächer hinter einer fernen weinfarbenen Brandung. 30
 Im Rauschen der Wellen hörte er seinen Namen. *Ikaros*.
 Und wieder das leise Flüstern.
Ikaros.
 Jemand schüttelte ihn am Arm, sein Vater, der seinen Namen sagte und die Nacht vertrieb. Und er selbst lag klein, halb dem Fenster und halb der Küste da unten und dem tiefen Himmel zugewandt, und spürte, wie der frühe Morgenwind die goldenen, in bernsteinfarbnes Wachs gefügten Federn zerzauste, die neben seinem Bett lagen. Goldene Flügel rührten sich an den Armen seines Vaters, als seien sie lebendig, und die leichten Daunen auf seinen eigenen Schultern kräuselten sich zitternd, als er die Flügel sah und die Klippe hinter ihnen. 35
 «Vater, wie ist der Wind?»
 «Stark genug für mich, aber nicht für dich ...»
 «Sei unbesorgt, Vater. Die Flügel scheinen jetzt plump, aber meine Knochen unter den Federn werden sie stark und mein Blut wird das Wachs lebendig machen!»
 «Mein Blut und meine Knochen auch, vergiss das nicht; jeder Mann gibt seinen Kindern sein Fleisch und möchte, dass sie es bewahren. Versprich mir, dass du nicht zu hoch fliegst, Ikaros. Die Sonne oder mein Sohn – die Hitze der einen, das Fieber des anderen – könnten diese Flügel schmelzen. Pass auf!» 40
 Und sie trugen die prächtigen goldenen Flügel in den Morgen hinaus und hörten sie in ihren Armen flüstern, seinen Namen oder irgendeinen Namen, der wirbelnd davonwehte und sich wie eine Feder auf dem leichten Wind niederliess. 45
Montgolfier.
 Seine Hände berührten das glühende Seil, das helle Leinen, den gestickten Faden, heiss wie der Sommer. Seine Hände warfen Wolle und Stroh in eine atmende Flamme. 50
Montgolfier.
 Sein Auge folgte diesem Wogen und Schwellen, diesem Auf und Ab wie Meereswellen, dieser leichtbewegten, silbernen Birne, die sich mit den flimmernden, von der Flamme hinaufgetriebenen Gasen füllte. Bald würde sich die zarte Leinenhülle, der aufgeblähte Sack voll ofenheisser Luft still wie ein schlummernd über die Erde Frankreichs 55
 60
 65
 70



geneigter Gott losreisen. Er und sein Bruder würden im Geiste, aufgehoben zu blauen Welten des Schweigens, mit ihm segeln, stumm, heiter, zwischen Wolkeninseln, in denen ungezähmte Blitze schliefen.

75 Der Ballon würde schweigend in jenen auf keiner Karte eingezeichneten Golf und Abgrund hinabgleiten, wo ihn kein Vogelsang und Menschenruf erreichen konnte. So dem Schicksal preisgegeben, konnten er, Montgolfier, und alle Menschen vielleicht die unermesslichen Atemzüge Gottes und den feierlichen Gesang der Ewigkeit

80 hören.
«Ah ...» Er regte sich, die Menschenmenge regte sich im Schatten des Ballons. «Alles ist richtig. Alles ist bereit.» Bereit. Seine Lippen zuckten im Traum. Fertig. Ein Zischen, ein Flüstern, ein Flattern und Rauschen. Bereit.

85 Aus den Händen seines Vaters sprang ein Spielzeug an die Decke, wirbelnd in seinem eigenen Luftsprung, wie aufgehängt, während er und sein Bruder hinaufstarrten und es flimmern sahen und hörten, wie es rauschte und zischte und ihre Namen murmelte.
Wright.

90 Ein Flüstern: Wind, Himmel, Wolke, Raum, Flügel, flieg ... «Wilbur, Orville? Sieh, was ist das?»
Ah. Er seufzte im Schlaf.
Der Spielzeughubschrauber summte, stiess an die Decke, murmelte Adler, Rabe, Sperling, Drossel, Habicht; flüsterte Adler, Rabe, Sperling,

95 Drossel, Habicht. Flüsterte Adler, flüsterte Rabe und flatterte schliesslich surrend, rauschend in Winden künftiger Sommer, ein letztes Mal schwirrend und sich blähend hinunter und flüsterte Habicht.
Er lächelte im Traum.
Er sah, wie sich die Wolken vom Himmel der Ägäis rasch senkten. Er

100 spürte, wie der Ballon trunken schwankte, bereit für den frei wehenden Wind.
Er spürte, wie der Sand von der Atlantikküste aufwirbelte, von den sanften Dünen, die ihn vielleicht retten konnten, falls er, ein kaum flügger Vogel, fallen sollte. Die Verstrebungen des Gestells summten,

105 Harfenakkorde klangen auf, und er selbst war in dieser Musik wie eingefangen.
Er spürte, wie das aufgeladene Raumschiff hinter seinem Zimmer über das öde Feld glitt, die Feuerflügel gefaltet, den Feueratem angehalten, bereit, für drei Milliarden Menschen zu sprechen. Einen Augenblick später würde er erwachen und langsam zu diesem Raumschiff hinübergehen.
Und am Rand der Klippe stehen.
Kühl im Schatten des Ballons.
Vom Flutsand gepeitscht, der über Kitty Hawk aufgewirbelt wurde.

115 Und die Handgelenke, die Arme, Hände und Finger seines Sohnes mit goldenen Flügeln in goldenem Wachs umhüllen.
Und zum letzten Mal den eingefangenen Atem der Menschen, den Seufzer der Ehrfurcht und des Staunens berühren, eingeblasen und eingenäht, um ihre Träume emporzuheben.

120 Und den Benzinmotor zünden.
Und die Hand des Vaters fassen und auch ihm Glück wünschen, für den Flug, die Flügel zurückgelegt und bereit, hier über dem Abgrund. Dann die Flügel bewegen und springen.
Dann die Seile zerschneiden, um den grossen Ball freizulassen.

125 Dann den Motor hochjagen, das Flugzeug auf Luft aufbocken.
Und den Knopf drücken, um die Rakete zu zünden.
Und in einem einzigen Sprung schwimmen, jagen, taumeln, segeln, gleiten; zu Sonne, Mond und Sternen emporgerichtet, würden sie über den Atlantik, über das Mittelmeer ziehen, über Felder, Wildnis,

130 grosse und kleine Städte; in gasförmiger Stille, mit gekräuselten Federn, klapperndem Gestell, in vulkanähnlicher Eruption mit schüchtern ansetzendem Dröhnen; Start, Stoss, Zögern, dann steter Aufstieg; schön gehalten, wunderbar getragen würden sie lachen und jeder seinen eigenen Namen rufen. Oder die Namen von anderen,

135 noch Ungeborenen oder längst Toten hinausschreien, Namen, die der weinduftende Wind oder der Salzwind oder der stille Ballonwind oder der Wind chemischer Feuer fortwehte. Jeder würde fühlen, wie die glänzenden, tief ins Wachs gebohrten Federn sich bewegten, sich entfalteten und vorwärtsdrängten, um aus sich spaltenden Schulterblättern herauszuberechnen! Jeder liess das Echo des Fluges hinter sich, einen Klang, der mit den Winden um die Erde gleiten, sie neu einkreisen und in künftigen Jahren wieder zu den Söhnen der Söhne ihrer Söhne sprechen würde, während sie schliefen und dennoch den ruhelosen mitternächtlichen Himmel hörten.

145 Hinauf, weiter, höher hinauf. Eine Frühlingsluft, eine Sommerflut, ein

endloser Strom von Flügeln!

Eine leise Glocke ertönte.

Nein, flüsterte er. Ich wache ja gleich auf. Wartet noch ...

Die Ägäis glitt unter dem Fenster fort und war verschwunden; die Atlantikdünen, die französische Landschaft löste sich auf in der Wüste New Mexicos. In seinem Zimmer neben dem Bett rührten sich keine Federbüsche in goldenem Wachs. Draussen keine vom Wind geformte Birne, keine klappernde Schmetterlingsmaschine. Draussen nur ein Raumschiff, ein leicht entzündbarer Traum, der darauf wartete, dass seine Hand ihn berührte, um ihn in Gang zu setzen.

150
155 Im letzten Augenblick seines Schlummers fragte ihn jemand nach seinem Namen.

Ruhig gab er die Antwort, die er seit Mitternacht gehört hatte.

«Ikaros Montgolfier Wright.»

Er wiederholte die Worte langsam, damit der Fragende sich die Reihenfolge und die Schreibweise bis zum letzten ungläublichen Buchstaben einprägen konnte:

«Ikaros Montgolfier Wright.»

Geboren neunhundert Jahre vor Christus. Gymnasium: Paris 1783. Universität, College: Kitty Hawk 1903. Promotion von der Erde zum Mond; heute, wenn Gott will, am ersten August 1970. Tod und Begräbnis, wenn das Glück es will, auf dem Mars im Sommer 1999, im Jahr des Herrn.

165

Dann liess er sich in den wachen Zustand hinübergleiten.

Minuten später, als er die Tamarc-Wüste überquerte, hörte er Rufe. Ob jemand oder niemand hinter ihm war, wusste er nicht. Und ob es seine Stimme oder viele Stimmen waren, junge oder alte, nah oder weit fort, aufsteigend oder fallend, die ihm flüsternd oder schreiend seine drei stolzen neuen Namen zuschrien, wusste er auch nicht. Er drehte sich nicht um.

170
175

Denn der Wind erhob sich langsam, und er liess sich von ihm packen und den Rest des Weges über die Wüste zum Raumschiff treiben, das wartend dastand.

aus: **Ray Bradbury *Medizin für Melancholie***

Aus dem Amerikanischen von Margarete Bormann

Copyright © 1981 by Diogenes Verlag AG Zürich

Aufträge für Kleingruppen

- Informiert euch im Internet und Bibliotheken arbeitsteilig über:
 - a) die antike Sage des Ikaros und Dädalos; sucht dazu Bildmaterial über die Ikonografie der Flügel,
 - b) die französischen Ballonfahrer Joseph und Etienne Montgolfier,
 - c) die amerikanischen Flugpioniere Wilbur und Orville Wright.
 Erstellt dazu zuhänden der Klasse je eine bebilderte Zusammenfassung auf einer A4-Seite.
- Markiert die Aussagen zum Leitmotiv Luft und Wind.
- Trennt die traumhaften Passagen exakt von den «realistischen». Ordnet in Feinarbeit die Assoziationen zeilenweise den drei Namengebern zu.

Gestaltungsauftrag

- Setze den Traum von Jedediah Prentiss gestalterisch um.
Welches sind Merkmale von SF-Malerei? Schau dir in Buchläden oder im Internet Covers von SF-Romanen an!



Bildnachweis

NASA

Abb. 1, 3, 5, 6, 7, 8, 21

aus Werner Buedeler, Geschichte der Raumfahrt, 1979

Abb. 2, 36

ESA

Abb. 4

Arbeitskreis Gymnasium und Wirtschaft e.V., D-Unterhaching

Abb. 9, 10, 11, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 39, 40, 41

Bildagentur Prisma, Zürich

Abb. 12

Sammlung Museum für Kommunikation

Abb. 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 37

The Aerospace Corporation

Abb. 23

Marc Tobler, Münchenstein

Abb. 24

aus Camille Flammarion, Himmelskunde, um 1900

Abb. 35

aus der Buchreihe Grosse Mysterien: Fliegende Untertassen – Rätsel
im All

Abb. 38

Urheberansprüche sind an das Museum für Kommunikation in Bern
zu richten.