



- 4 Daten und Fakten
- 5 Vorwort
- 6 Einführung in die Ausstellung "Abenteuer Raumfahrt. Aufbruch ins Weltall"
- 9 "Space for kids" der Kinderkosmos. Eine Reise zum Mars für Vor- und Grundschulgruppen

Unterrichtsmodule für weiterführende Schulen zur Ausstellung:

- 12 Geographie, Kl. 5 7 Der Blick auf die Erde
- 16 Deutsch, Kl. 6 8 Fantasiegeschichten / kreatives (literarisches) Schreiben
- Biologie, Kl. 7 9Der Mensch in der Schwerelosigkeit
- 26 Physik, Kl. 7 9 Schwerelos im freien Fall
- 30 Physik, Kl. 7 9 Newton im Weltraum
- 34 Geschichte / Ethik, Kl. 9 10, Kursstufe Raumfahrtgeschichte: Die zwiespältigen Anfänge in Deutschland
- 44 Geschichte, Kl. 9 10, Kursstufe Sputnikschock und Kalter Krieg
- 50 Physik, Kursstufe Steuerung von Satelliten
- 54 Physik, KursstufeGrundlagen des Raketenantriebs
- 58 Empfehlungen / Impressum



LANDESMUSEUM FÜR TECHNIK UND ARBEIT IN MANNHEIM

Museumsstr. 1 68165 Mannheim Tel.: 0621/4298-9 Fax: 0621/4298-754

Mail: lta@lta-mannheim.de

www.landesmuseum-mannheim.de www.raumfahrt-ausstellung.de

ÖFFNUNGSZEITEN

- Montag geschlossen
- Dienstag, Donnerstag, Freitag
 9.00 17.00 Uhr
- Mittwoch9.00 20.00 Uhr
- Samstag, Sonntag sowie an Feiertagen 10.00 – 18.00 Uhr

EINTRITTSPREISE Sonderausstellung

Erwachsene $7,00 \in *$ Ermäßigte $5,00 \in *$ Familienkarte $14,00 \in *$ Gruppen (pro Person) $5,00 \in *$ Schulklassen (pro Schüler) $3,00 \in *$ Space for kids (pro Person wochentags, am Wochenende im regulären Eintritt inbegriffen) $3,00 \in *$

* Audioguide im Preis inbegriffen

Kombi-Preise mit Planetariumsprogramm Weltraum: Wechselseitiger Preisnachlass von 1,50 € bei Vorlage der jeweils anderen Eintrittskarte



PLANETARIUM

Während der Laufzeit der Sonderausstellung bietet unser Kooperationspartner folgende drei ergänzende Sonderprogramme:

Das unsichtbare Weltall (27.9.06 – 26.11.06) Blauer Planet im Visier (29.11.06 – 4.2.07) Raumschiffe erkunden das Sonnensystem (7.2.07 – 15.4.07)

Nähere Informationen:

Faltblatt des Planetariums und unter www.planetarium-mannheim.de

Seit nunmehr fünf Jahrzehnten fasziniert die Raumfahrt Menschen in aller Herren Länder, sei es als Motor technischen Fortschritts oder als politisches Machtinstrument. Mit eben dieser Faszination wollen wir unser Publikum mit der Großen Landesausstellung "Abenteuer Raumfahrt. Aufbruch ins Weltall" in das Thema hineinziehen und beide Aspekte gleichermaßen beleuchten.

Dieses Materialheft für weiterführende Schulen soll Ihnen dabei als Anregung dienen, wie Sie möglicherweise Unterrichtsstoffe und Ausstellungsbesuch miteinander verbinden können. Der Besuch von Ausstellungen ist immer eine bereichernde Abwechslung und ein Lernangebot mit eigenem methodischem Zuschnitt. Für die Grundschulen geben wir ein eigenes Heft heraus und haben mit "Space for kids" einen eigenen Aktionsbereich eingerichtet (ab Ende Oktober).

Im ersten Teil des Heftes finden Sie einen groben Überblick über die gesamte Ausstellung: Welche Inhalte haben die einzelnen Ausstellungsbereiche? Welche interessanten Exponate finden Sie dort? Und welche interaktiven Versuche werden Ihnen dazu geboten? Als "Raumfahrt-Elementa" bezeichnen wir die rund 20 Versuche – analog zu unserer Elementa 1 und 2 in der Dauerausstellung des Museums. Diese handlungsorientierten Stationen - wie auch "Space for kids" - dienen dem entdeckenden Lernen am Beispiel von naturwissenschaftlichen Phänomenen und Prinzipien, die in der Raumfahrt und beim Aufenthalt im All auftreten.

Der zweite Teil besteht aus Modulen mit Unterrichtsmaterialien. Sie enthalten Vorschläge, wie sich Ausstellungsbesuche in den Unterricht einbinden lassen. Jedes einzelne Modul ist wiederum so aufgebaut, dass Sie es als Ganzes oder auszugsweise verwenden können. Zur schnellen Weiterverarbeitung steht Ihnen das Material deshalb auch als Word-Dokument unter www.raumfahrt-ausstellung.de zur Verfügung.

Die Unterrichtsmodule eröffnen auch Wissensebenen, die Ausstellungen fast nie selbst, sondern nur über Katalogbeiträge und Begleitpublikationen erreichen können. Unsere Module vertiefen deshalb Themen, Exponate, Inszenierungen und "Raumfahrt-Elementa-Stationen", indem sie Hintergrundinfos und Begleitwissen anbieten.

Natürlich handelt es sich bei diesen Vorschlägen um eine begrenzte Auswahl. Die Ausstellung bietet sicherlich noch viele Anknüpfungspunkte an weitere Themen, Fächer und Projekte. Deshalb ist in jedem Modul auch der Verweis auf den Bildungsplan nur als Hilfestellung zu verstehen: Wir haben uns als Grundlage auf die Bildungspläne der weiterführenden allgemeinbildenden Schulen in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz bezogen.

Eine anregende Lektüre und viel Spaß beim Besuch unserer Ausstellung mit ihren Schülerinnen und Schülern wünscht Ihnen

Hartwig Lüdtke Direktor

Landesmuseum für Technik und Arbeit in Mannheim

RUNDGANG DURCH DIE AUSSTELLUNG

"ABENTEUER RAUMFAHRT. AUFBRUCH INS WELTALL" IN ACHT STATIONEN



Nur eine kleine unscheinbare Tür gibt den Weg frei in die Ausstellung und in die Welt der Visionen: Die erste Einstimmung in das "Abenteuer Raumfahrt" vermittelt den alten Menschheitstraum, zu den Sternen hinauszufliegen, die unbekannten Weiten und Welten zu erkunden und in ihnen zu leben. Ein großes "Wohnmodul", die kosmische Herberge als drehendes Weltraumapartment, greift die Vorstellung vom Leben auf einer Raumstation auf; große Visionäre flankieren mit ihren Ideen und Projekten den Zugang zum Abflugbereich eines Weltraumbahnhofs. Dass der Start in den Weltraumtourismus unmittelbar bevorsteht, kann kaum mehr angezweifelt werden!



Auf die Visionen folgt die astronomische Beobachtung des Weltraums. Nachdem der Mensch jahrtausendelang den Himmel mit bloßem Auge betrachtet hatte, ermöglichte die Erfindung des Fernrohres Blicke in ungeahnte Tiefen. Heute erforschen Satelliten und Raumsonden das Universum im gesamten elektromagnetischen Spektrum: Sie analysieren die Bereiche der Radio- und Mikrowellen, des Infrarots, des sichtbaren Lichts, UV-Lichts, der Röntgenstrahlen, Gammastrahlen und versuchen, den Gravitationswellen auf die Spur zu kommen.

SPANNENDE EXPONATE IM BEREICH 01 "LOBBY DER VISIONEN"

- der Nachbau des chinesischen Raketenstuhls von Wan-Hoo,
- Robert Goddards Transportbehälter für Flüssigsauerstoff,
- Hermann Oberths "Mondauto",
- Eugen Sängers Raumgleiter "Silbervogel",
- Wernher von Brauns Marsflugzeuge,
- Visionen von Jules Verne und Stanley Kubrick,
- Sputnik das 1:1-Modell des ersten russischen Satelliten,
- der erste original Weltraum-Coca-Cola-Automat.

SPANNENDE EXPONATE IM BEREICH 02 "BLICK INS ALL":

- antike Planetenstatuetten und Marmorkugel mit Tierkreiszeichen,
- Fernrohr "Kometensucher" von 1816,
- Mondglobus aus dem Jahr 1897,
- Planetariumsuhr mit Himmelsglobus von Philipp Matthäus Hahn,
- Modell des ersten deutschen Forschungssatelliten "Azur",
- HMC-Kamera, flog am Halleyschen Kometen vorbei und machte die ersten Bilder,
- Zodiakallicht-Teleskop der Helios-Sonde, erstes deutsches Weltraumteleskop,
- Instrumente zur Messung der Röntgenstrahlen,
- Gammastrahlen-Observatorium COS-B.

STATION DER RAUMFAHRT-ELEMENTA, AN DER SIE SELBST TÄTIG WERDEN KÖNNEN:

 Spektralanalyse / Spektrum Projektor: Erst unser Gehirn bringt Farbe ins Leben!



"Wie werde ich Astronaut?" – diese Frage steht im Mittelpunkt des "Astronautentrainings". Im Rekrutierungsbüro, dessen Wände mit den Helden des Weltraums geschmückt sind, werden die Grundvoraussetzungen geprüft, bevor die eigentlichen Trainingsphasen beginnen. Zum Einstieg gibt es leichte körperliche und mentale Übungen. Zur Vertiefung lernen die Kandidatinnen und Kandidaten den Umgang mit den Anforderungen der Schwerelosigkeit; am Ende des Trainings erfolgt die spezielle Ausbildung für die jeweilige Mission. Eine rege Teilnahme ist erwünscht!



Sind alle Trainingseinheiten absolviert, steht dem Einsatz auf der Raumstation nichts mehr entgegen. Der Alltag im All setzt ein: In einer streng genormten, engen Stationsumgebung wird gelebt und gearbeitet. Tägliche Verrichtungen wie Essen, die Körperpflege, das Fitnessprogramm oder auch das Schlafen sind anfangs sehr gewöhnungsbedürftig. Ebenso erfordern die Forschungs- und Instandhaltungsarbeiten innerhalb wie außerhalb der Raumstation höchster Sorgfalt und Konzentration.



Nach der Rückkehr von der Raumstation zur Erde in einer engen Kapsel führt der Weg in die Entwicklungs- und Produktionshalle der Raumfahrtforschung. An die bemannten Mondmissionen schlossen sich zahlreiche unbemannte Missionen zu Planeten und Planetenmonden an: Die Erforschung von Mars, Venus, Saturn und Titan lieferten den Wissenschaftlern immer neue wichtige Aufschlüsse. 2015 soll im Rahmen der Rosetta-Mission erstmals eine Landung auf einem Kometen erfolgen.

SPANNENDE EXPONATE IM BEREICH 03 "ASTRONAUTENTRAINING":

- Erinnerungen an Weltraumhelden und Missionen: Medaillen, Wimpel, Postkarten, Plakate,
- Astronauten-Fitnesstrainingsgeräte,
- Astronauten-Trainingsanzüge und -overalls,
- Astronauten-Kühlungsunterwäsche,
- Raumanzüge "Sokol" und "Mercury",
- Astronautensessel "Kasbek" für Start und Landung,
- persönliche Gegenstände von Astronauten.

STATIONEN DER RAUMFAHRT-ELEMENTA, AN DENEN SIE SELBST TÄTIG WERDEN KÖNNEN:

- Raumfahrtbett: Simulation der Schwerelosigkeit.
- Ventilversuch: Einfache Handgriffe werden schwierig.
- Range Ruler und Trefferscheibe: Docken Sie selbst an die ISS an!
- Astronauten-Trainingshandschuh: Verschrauben Sie eine Kabelverbindung.
- Minifallturm: Tutoren demonstrieren die Auswirkung von Schwerelosigkeit.
- Drehscheibenversuch: Senkrecht ist nicht gleich senkrecht für Innenohr und Auge!

SPANNENDE EXPONATE IM BEREICH 04 "AN BORD DER RAUMSTATION":

- ISS-Modell 1:10.
- Raumstationskühlschrank und -herd.
- Esstische von MIR und ISS.
- die ISS-Toilette,
- Astronautennahrung und Raumfahrerbesteck,
- Studien für einen Kochtopf, einen Arbeitstisch, eine Dusche und ein Bett für Astronauten,
- persönliche Gegenstände, die von Astronauten ins All mitgenommen wurden,
- Forschungs- und Experimentierracks für biologische Experimente und zur Erforschung der menschlichen Physiologie,
- Trainingsgeräte,
- Bordwerkzeuge für den Weltraum,
- russische Raumanzüge "Orlan" und "SPK" mit Düsenrucksack,
- "Matroshka"-Experiment zur Messung kosmischer Strahlung,
- "Sojus" Landeapparat,
- Landeapparat der "Wostok-Serie",
- Hitzeschutzkacheln.

SPANNENDE EXPONATE IM BEREICH 05 "ERFORSCHUNG FERNER WELTEN":

- "Sputnik-Keller" des "Weltraumprofessors" Heinz Kaminski und Modelle aus der Fernsehübertragung zur Mondlandung,
- russische Mondsatelliten Luna-9 und Luna-10.
- russisches Mondfahrzeug Lunachod,
- · Mondstaub,
- Visionen von Mars-Wohnmodulen,
- Mars-Bohrer "Pluto" und Marsrover MIDD,
- HRSC-Flugkamera der Mars-Express-Mission,
- Massenspektrometer aus der Viking-Mission,
- Mars-Meteorit,
- Ingenieurmodell der Huygens-Sonde zur Erkundung des Saturnmondes Titan.
- russische Venus-Sonde Venera-1,
- Rosetta-Ensemble: Modell des Kometen-Landegerätes "Philae", Harpune zur Verankerung auf dem Planeten,
- Satellitenmodell "Giotto",
- Meteoritenscheibe "Mundrabilla".

STATIONEN DER RAUMFAHRT-ELEMENTA, AN DENEN SIE SELBST TÄTIG WERDEN KÖNNEN:

- Klinostat: Wie wachsen Pflanzen in der Schwerelosigkeit?
- Handschuhkasten: Arbeiten unter Druckausgleich.

STATION DER WELTRAUM-ELEMENTA, AN DER SIE SELBST TÄTIG WERDEN KÖNNEN:

• Marsrover: Steuern Sie ihn mit Zeitverzögerung über eine Marslandschaft!



Ein zweiter wichtiger Teil der Forschungsund Produktionshalle ist die Entwicklung der Raumfahrttechnik: Hier geht es um den Antrieb von Raketen und die Steuerung der Raumflugkörper im All. Im großen "Raumfahrt-Hardware"-Bereich der Ausstellung sind verschiedenste Triebwerke und Raketenteile zu sehen, ebenso Satellitenmodelle und Solarzellenpaneele.



Eine der wichtigsten unmittelbaren Errungenschaften der Raumfahrt ist die Erdbeobachtung. Satelliten liefern umfassende Daten, angefangen beim Wetter über Klima- und Naturphänomene, Umweltverschmutzung und -veränderungen bis hin zu Flächennutzungen. Nicht zuletzt prägen Satelliten und ihre Aufnahmen das Bild unserer Erde – ein hochauflösendes Satellitenbild der Region Mannheim dient hier als bestes Beispiel und lädt ein, auf die Suche zu gehen!

SPANNENDE EXPONATE IM BEREICH

• Mannheim – aus dem All gesehen,

• Großprojektion Klima-Satellitenbilder,

07 "BLICK ZUR ERDE":

• Wettersatellit Cryo-Sat.



Dem Thema "Mensch und Universum" widmet sich die Ausstellung zum Schluss: Ist das Weltall ein Kunstwort aus dem 17. Jahrhundert? Sprechen Außerirdische "klingonisch"? Erleben Sie die erste Live-Sendung im Fernsehen über Satellit! Die Raumfahrt und das Universum haben viele Menschen zu neuen Ideen angeregt, Künstler inspiriert, Geschäftemacher ermuntert und Philosophen erweckt. Flanieren Sie vorbei an der Galerie kühner Ideen und Werke und tragen Sie sich zum Abschluss selbst ins Universum ein!

SPANNENDE EXPONATE IM BEREICH 06 "TECHNIK ZUM ABHEBEN":

- V2-Triebwerk und Raketenspitze im Kontext ihrer Entstehung,
- Vulcain- und HM7-Triebwerke der Ariane 5.
- russische Triebwerke OR-1, RD-119,
- Kleintriebwerke zur Satellitenlageregelung,
- EPS-Oberstufe der Ariane 5,
- Oberstufe und Triebwerk der Europa-Rakete "Astris",
- Höhenforschungsraketen Véronique und Texus,
- unbemannte Forschungskapsel "Foton",
- Biopan-Einheit zur Erforschung kosmischer Strahlung,
- Satellitenmodelle "Aeros" und "GE-Sat".

STATIONEN DER RAUMFAHRT-ELEMENTA, AN DENEN SIE SELBST TÄTIG WERDEN KÖNNEN:

- Rückstoßwagen: Rollen Sie nach Raketenprinzip davon!
- Druckluftraketen: wie ein Antrieb im luftleeren Raum.
- Raketen: Warum haben sie keine Propeller?
- Momentenrad: Stabilisieren Sie den Satelliten in der Schwerelosigkeit.
- Kreiselkoffer: So schwer ist es, einen Satelliten aus seiner Lage zu bringen!

ABENTEUER RAUMFAHRT FÜR DIE GRUNDSCHULE?

SPACE FOR KIDS – DER KINDERKOSMOS

Wissen wir nicht um unsere Berührungsängste gerade im Umgang mit Inhalten aus naturwissenschaftlichtechnischen Bereichen? Haben wir nicht schon Probleme genug im Hinblick auf Sozialverhalten, Motivation, Konzentration, Sprachverhalten etc. der Kinder im Kindergarten und in der Grundschule?

Gerade deshalb hat das LTA in Zusammenarbeit mit id3d-berlin gesellschaft für themengestaltung und im Zusammenhang mit der Großen Landesausstellung "Abenteuer Raumfahrt – Aufbruch ins Weltall" ein Angebot für Vier- bis Zehnjährige entwickelt. Ausgewählte Themenbereiche werden hier zum einmaligen Erlebnis und nachhaltigen Lerninhalt.

Das Angebot "Space for kids" richtet sich daher in zweiter Linie an LehrerInnen, ErzieherInnen und an Eltern – an erster Stelle natürlich an die Kinder.

Um nicht nur kurzfristige Effekte zu erzielen, sondern Qualitätsverbesserungen in Erziehungs- und Bildungsbereichen zu ermöglichen, gibt es Fortbildungen für ErzieherInnen und Grundschullehrer-Innen sowie Handreichungen und Lehrmaterialien im Netz. Allein schon am Rahmenprogramm von "Space for Kids" lässt sich erahnen, wie vielfältig dieser Themenbereich sein kann.

Durch die Ergebnisse der PISA und TIMS-Studien beschleunigt, werden zunehmend mehr Erkenntnisse aus der neuesten Lehr-Lern-Forschung in Schulen, aber auch an außerschulischen Lernorten berücksichtigt.

Die meisten LehrerInnen wissen, was guten Unterricht auszeichnet: offene Klassengespräche, ausreichend Zeit für jedes Kind, jedem einzelnen die Möglichkeit zu geben, aus seinen Fehlern die Konsequenzen zu ziehen, Wechsel der Unterrichtsformen etc, etc.

In den letzten Jahren kann man immer häufiger auch das so genannte Experimentieren beobachten. Fehlt jedoch der Lebensbezug, ist mangelnde Motivation nicht verwunderlich. Sind die Anweisungen zu kleinschrittig, kommt Langeweile auf. Sind sie zu offen, bleibt der Ablauf des Experiments unklar und die Konzentration lässt nach. Bleibt die Hilfestellung der anderen – etwa der Mitschüler, älteren Kinder, LehrerInnen, ErzieherInnen, BetreuerInnen – aus, so führt das zu Frustration.

Diese Spannungsverhältnisse berücksichtigt "Space for kids", indem die Kinder ihre Vorstellungen mit Experimenten überprüfen, Erklärungen kommunizieren, diskutieren, neue Impulse/Denkansätze reflektieren und eventuell im Experiment nochmals überprüfen.

WIE GEHT DAS?

Zu festgesetzten Startzeiten können Gruppen- und Einzelreisende – begleitet von einem Mentor – zu einer "Exkursion zum Planeten Mars" aufbrechen. Bereits an der Kasse erhalten die Kinder eine Bordkarte, die die nächstmögliche Startzeit angibt und mit Piktogrammen die zu erfüllenden Aufgaben anzeigt. Im Umkleideraum empfängt der Mentor die Crew und bereitet sie auf den Start vor. Die Kinder ziehen sich um und erhalten Instruktionen zum Ablauf, zur Zusammenarbeit etc.

Wie im echten Kosmonautenleben ist auch in "Space for kids" körperliches Training eine der Voraussetzungen, Astronaut zu werden. Die Vier- bis Siebenjährigen bekommen mit Hilfe entsprechender Geräte erste Vorstellungen von Gleichgewichtsund Orientierungsproblemen im All, während die Acht- bis Zehnjährigen erste Aufgaben zum Thema Schwerkraft lösen. Im Anschluss werden die Kinder mit den für die Expedition notwendigen Materialien und Werkzeugen ausgestattet.

RAUM I:

VON DER ERDE ZUM MARS

Hier wird die Reiseroute festgelegt. Auf einer Leinwand werden neueste Bilder von Planeten und von Raumfahrtmissionen projiziert. Die Bewegungen der Erde, ihre Positionen zur Sonne, zum Mond, zum Mars und die entsprechenden Umlaufbahnen können genau studiert und durch bewegliche Modelle verändert werden. Jetzt kann die Reise zum Mars beginnen! Alle Kinder erhalten Helme und Handschuhe, einige der Kinder schlüpfen in Raumanzüge. Im Startraum schließen die liegenden Kinder die Augen, Startgeräusche ertönen, die Rakete hebt ab.

RAUM II:

ERKUNDUNGEN AUF DEM MARS

Nach gelungener Landung befinden sich die Kinder auf dem Planeten Mars. Die Landschaft mit Wüstensand, Vulkangestein und Eispolen fordert geradezu auf, in sie hinein zu tauchen und sie genauer zu erforschen. Im Team können die Kinder Gestein abtragen, Sandproben abfüllen, Eis entnehmen oder einen Mars-Rover steuern. Schließlich geht der Marstag zu Ende, es wird langsam dunkler, die Crew muss sich ins Raumschiff begeben. Um die Luke zu öffnen, müssen zwei Muttern an der Außenwand des Raumschiffes angezogen werden. Die Kinder in Raumanzügen erledigen diese Aufgabe. Die Crew geht an Bord.

RAUM III:

ARBEITEN IM WELTRAUMLABOR

Nachdem Helme und Handschuhe abgelegt sind, werden je nach Alter unterschiedliche Forschungsaufgaben anhand der gesammelten Funde erledigt. Die eigenständigen oder angeleiteten Experimente sind aus den Bereichen Physik, Chemie, Biologie und Geologie ausgewählt.

Fragen wie: Weshalb ist die Erde rot? Wie kann ich Eisen aus dem Gestein herausbekommen? Weshalb können wir auf dem Mars nicht atmen? Gibt es Leben auf dem Mars? können thematisiert werden

Die Vorgehensweisen bleiben offen, Ergebnisse sollten jedoch diskutiert und reflektiert werden.

RAUM IV: LEBEN IM WELTRAUM

Hier können sich die Kinder Astronauten-Nahrung selbst zubereiten, den Schwierigkeiten des Astronauten-Schlafs nachspüren und die Astronauten-Hygiene genießen, mit der Außenwelt Kontakt aufnehmen und ihre Eindrücke mitteilen. Eine gemeinsame Phantasiereise bringt sie wieder zurück zur Erde. Sie verlassen das Raumschiff, ein Gruppenfoto wird erstellt, sie legen ihre Utensilien ab und ziehen wieder ihre "irdischen" Jacken und Schuhe an. Die entnommenen Proben und die Bordkarte dürfen mit nach Hause genommen werden und hoffentlich noch viele, viele offene Fragen!

BILDUNGSPLANBEZÜGE

Im Bildungsplan für die Grundschulen Baden-Württemberg benennt Hartmut von Hentig (auf Seite 16ff.) didaktische und methodische Prinzipien; folgende Schlagwörter sind in "Space for kids" berücksichtigt:

- Handlungsorientiertes Lernen (Kinder sind Astronauten)
- Selbstständigkeit, Eigenverantwortung, Selbstkontrolle (Kinder entnehmen selbst Proben, untersuchen diese und vergleichen die Ergebnisse)
- nicht "fertiges" oder "endgültiges", sondern prozessorientiertes Lernen (verschiedene Möglichkeiten, die Materialien zu untersuchen)
- lustvolle Herausforderung (Astronautenzertifikat)
- Anerkennung origineller, abweichender nicht geplanter Lösungen (individuelle Problemlösungsstrategien im Labor etc.)
- Kooperation (nur im Team zu lösende Aufgaben)
- Zusammenhänge der Lerngegenstände und Kompetenzen (binnendifferenzierte Aufgabenstellungen)
- Sinnvolle "Rhythmisierung": d.h. Spannung von Konzentration (Nachvollziehen der Planetenwege) und Gelassenheit (mit dem Mars-Rover spielen), körperlich-sinnlicher (Training, Materialabbau) und geistiger Beanspruchung (Experimentieren, Zuhören) und ganz explizit "Aus der Schule gehen etwas in die Schule mitbringen" (ins Landesmuseum für Technik und Arbeit gehen Marsgestein mit in die Schule bringen)

Auch die Aufforderung "außerschulische Partner an der Entwicklung und Umsetzung des Schulkonzeptes zu beteiligen" hat "Space for kids" ernst genommen. Insbesondere im Fächerverbund "Mensch, Natur und Kultur" finden sich viele Anknüpfungspunkte, beispielsweise für Klasse 1 und 2:

- Gespräche und Darstellungen zu Sinnfragen (das Universum)
- gesunde Lebensführung, Bewegung, Ernährung (Kosmonautennahrung)
- Esskultur (Essen der Kosmonauten)
- andere Formen und Vorstellungen vom Leben (Leben auf dem Mars)
- Zeiterfahrung, Zeiteinteilung, Zeitmessung, Kalender (Planetenbewegungen)
- Berufe und Arbeitsstätten (Astronauten, Ingenieure, Mediziner)
- Materialeigenschaften untersuchen (Marsgestein, Marssand, Eis)
- Natur und Naturphänomene aus dem Erfahrungsbereich der Kinder (Veränderung der Körperfunktionen im All)
- Veränderungen der Natur (Pflanzenversuche, Eis schmelzen etc.)
- Naturphänomene als Auslöser für Gestaltungen und Darstellendes Spiel (Rollenspiel: Marsbewohner erzählen, Interview bei der Landung)
- Naturdarstellungen in der Kunst (Kraterlandschaft), in der Musik (Space-Musik) und in der Literatur (Botschaften ins All)
- Improvisieren mit Tönen und Klängen (Weltraumklänge)

Weitere Bezugspunkte für die Klassen 3 und 4 entnehmen Sie bitte dem Internet unter www.raumfahrt-ausstellung.de!

BLICK AUF DIE ERDE

BILDUNGSPLANBEZUG

Anwendung des Maßstabs beim Lesen geografischer Karten und beim Gebrauch und Anfertigen von Zeichnungen (Mathematik), sich mit dem Atlas orientieren, mit Lagebeschreibungen und verschiedenen Kartentypen umgehen

IN DER AUSSTELLUNG

Der Bereich "Blick zur Erde" zeigt, wie Satelliten unseren Planeten beobachten. Die Erdbeobachtung bildet eine Nahtstelle zwischen wissenschaftlicher Raumfahrt und gemeinhin bekannten, alltagsnahen Anwendungen (Wetterbeobachtung, Kartographie). Ein zentrales Objekt dieses Bereichs ist ein begehbares Satellitenfoto von Mannheim und näherer Umgebung im Maßstab 1 zu 4.500, auf dem einzelne Häuser zu erkennen sind. Weiterhin ist ein Modell von Cryo-Sat im Orginalmaßstab zu sehen und der deutsche Wetterdienst stellt die aktuellen Wetterdaten zur Verfügung.

INHALT – WORUM GEHT'S?

Satelliten umkreisen die Erde und senden im Sekundentakt Datensätze. Die Daten helfen Karten zu aktualisieren oder Wetter, Klima und Umweltkatastrophen vorauszusagen. Allerdings gab es auch vor den Satelliten Karten und Wettervorhersagen. Kartographen bzw. Landvermesser waren schon im antiken Griechenland in der Lage, die Erde mit einer erstaunlichen Genauigkeit zu vermessen (Spektrum der Wissenschaft April 2006, S. 88-93).

Die Wetterbeobachtung wurde an Wetterstationen und in den oberen Luftschichten mit Hilfe von Wetterballons durchgeführt. Beide sind weiterhin unverzichtbar, denn einige Daten wie z.B. Luftdruck oder Bodenfeuchte können von Satelliten nicht gemessen werden.

BEARBEITUNGSIDEEN

Vorbereitend könnten im Unterricht folgende Themen und Inhalte bearbeitet werden:

> 1.

KARTENARBEIT UND MASSSTÄBE

Karten sind die Grundlage der Geographie. Um eine Karte richtig lesen zu können, muss man den jeweiligen Maßstab kennen und in der Lage sein, diesen Maßstab in Entfernungen umzusetzen.

Karten mit großem Maßstab lassen viele Einzelheiten erkennen und helfen bei der Orientierung in der näheren Umgebung. Um mit dem Auto von einer Stadt in die nächste zu gelangen, wären sie aber viel zu unübersichtlich. Das heißt für spezielle Zwecke muss es spezielle Karten, in diesem Fall Straßenkarten, geben. Auf solchen Straßenkarten können nicht mehr alle Einzelheiten dargestellt werden. Allerdings müssen wichtige Details wie die Straßen erkennbar und unterscheidbar sein, und sind von daher nicht maßstabsgerecht eingezeichnet.

In topographischen Karten, die von den Landesvermessungsämtern herausgegeben werden, sind zusätzlich Geländeinformationen (Relief) in Form von Höhenlinien eingearbeitet.

Zur Kartenarbeit können im Unterricht folgende Aufgaben gestellt werden:

- Besorge Dir einen Stadtplan Deiner Heimatstadt. Notiere den Maßstab der Karte und baue ein Maßstablineal für diesen Maßstab.
 - Miss mit dem Maßstablineal die Entfernung zwischen Deiner Wohnung und der Schule.
- Baue Dir ein Maßstablineal für eine Straßenkarte. Miss die Entfernung zwischen Deinem Heimatort und Mannheim.
- Schaue Dir Karten mit sehr großem Maßstab (z.B. Stadtplan 1:15.000) und Karten mit sehr kleinem Maßstab an (z.B. Straßenkarte 1:175,000). Welche Unterschiede erkennst Du?

- Miss mit Deinem Maßstablineal die Breite einer Straße (z.B. Autobahn) auf der Straßenkarte. Was stellst Du fest?
- Nimm eine topographische Karte
 (1:25.000) mit Höhenlinien. Was sagen
 die Höhenlinien aus? Wo gibt es be sonders starke Steigungen? Baue mit
 Styrodur anhand der Höhenlinien ein
 Modell eines Berges.

> > 2.

WETTERBEOBACHTUNG

Das Wettergeschehen spielt sich im unteren Bereich der Atmosphäre, der Troposphäre, ab. Das Wetter ist der physikalische Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort. Die von Satelliten gelieferten Daten und die Messungen der verschiedenen Wetterstationen werden in Wetterkarten zusammengefasst und liefern die Grundlage für die Wettervorhersage.

Zur Wetterbeobachtung können im Unterricht folgende Aufgaben gestellt werden:

- Schaue Dir die Wetterberichte verschiedener Fernsehsender an, wo werden Daten geliefert, wo gibt es nur allgemeine Aussagen?
- Welche Aussagen lassen sich aus einer Wetterkarte entnehmen. Modellwetterkarten mit Erklärung der Symbole finden sich z.B. bei www. wikipedia.com unter Wetterkarte oder bei www.top-wetter.de unter Modellkarten, wetter3.de bzw. im Wetterkurs für Kinder.

Metop, der jüngste europäische Wettersatellit, der am 17. Juli 2006 starten sollte (der Start wurde auf einen unbestimmten Termin verschoben), wird die Erde in 820 km Höhe auf einer polaren Umlaufbahn umkreisen. Er kann in einem 2.000 – 3.000 km breiten Streifen Temperatur, Feuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Wolkenbildung und Spurengase der Atmosphäre messen. Eine volle Vermessung der Erde dauert einen halben Tag. Mit diesem Satelliten

hoffen die europäischen Wetterdienste die Zeit für genaue Wettervorhersagen von 3 auf 5 Tage steigern zu können.

Metop kann außerdem die Treibhausgase in der Atmosphäre direkt messen und regional zuordnen. Derzeit werden die CO2-Emmissionen hauptsächlich aus dem Verbrauch an fossilem Brennstoff hochgerechnet und nur selten direkt gemessen.

Im Gegensatz zu Satelliten mit polarer Umlaufbahn wie Metop gibt es geostationäre Satelliten. Weil sie viel weiter von der Erde entfernt an genau einem Tag den Äquator umlaufen, scheinen sie von der Erde aus gesehen an einem festen Punkt des Himmels zu stehen. So können sie Aufnahmen und Messdaten aus immer dem gleichen Bereich der Erde liefern. Außerdem eignen sie sich zur Kommunikation, weil man auf der Erde eine Antenne (z.B. die Satellitenantenne für das Fernsehen) fest nach ihnen ausrichten kann.

WEITERFÜHRENDE AUFGABEN /

≯ ≯ 1.

PROJEKTIDEEN

ERSTELLUNG EINER KARTE DES SCHULHOFES IM MASSSTAB 1 : 5.00 ODER 1 : 1.000

Der Schulhof wird mit Schnüren bekannter Länge vermessen. Einige Entfernungen können mit der unten beschriebenen Methode zur Entfernungsmessung gemessen werden. Die Übertragung auf Kartenmaßstab erfolgt mit Hilfe eines Maßstablineals. Die Höhe des Schulhauses kann auf der Karte in Form einer Höhenlinie festgehalten werden. Einzelheiten der Schulhofbebauung werden mit gesonderten Zeichen auf der Karte eingetragen. Die Karte wird mit dem Kompass eingenordet.

▶ > 1.1.

VERMESSUNG I – EINFACHE HÖHEN-MESSUNG DES SCHULHAUSES

Höhen sind meist schwierig abzuschätzen, da sie kaum mit einem Gegenstand bekannter Höhe in der Nähe verglichen werden können. Hier ist eine sehr einfache Möglichkeit, die Höhe eines Hauses oder Baumes doch relativ genau zu bestimmen:

- Die Größe eines Schülers wird genau gemessen.
- Der Schüler stellt sich neben das Schulhaus.
- Ein zweiter Schüler hält in einiger Entfernung einen geraden, langen Stock mit ausgestrecktem Arm vor sich
- Das obere Stockende muss sich auf der Kopfhöhe des ersten Schülers befinden.
- Am Stock wird die Höhe der Füße markiert.
- Wie oft muss jetzt die markierte Strecke addiert werden, um die Höhe des Hauses zu erreichen?
- Diese Zahl muss jetzt nur noch mit der Größe des Schülers multipliziert werden

≯ ≯ 1.2.

VERMESSUNG II - HÖHENMESSUNG DES SCHULHAUSES MIT STRAHLEN-SÄTZEN

- · Standort markieren.
- Lineal am ausgestreckten Arm vor sich halten. Der Nullpunkt des Lineals, Augen und Fußpunkt des Gebäudes müssen sich auf einer Linie hefinden
- Höhe des Gebäudes am Lineal abmessen.
- Armlänge messen.
- Entfernung zum Gebäude bestimmen.
- Die Höhe ergibt sich nach den Strahlensätzen aus: Entfernung zum Gebäude / Armlänge * mit dem Lineal gemessene Gebäudehöhe

zu 1.4.

Karte	Natur
1 cm	150 m ——
2 cm	300 m —
<u> </u>	
<u> </u>	
5 cm	750 m ——
<u> </u>	
<u> </u>	
<u> </u>	
10 cm	1,5 km ——
<u> </u>	
15 cm	2,25 km ——
<u> </u>	
<u> </u>	
<u></u>	
20 cm	3 km

Maßstab 1:15000

≥ ≥ 1.3.

ENTFERNUNGSMESSUNG MIT HILFE DER TRIANGULATION

Auf dem Papier entsteht im Maßstab 1:100 eine "Landkarte" der angepeilten Punkte im Gelände, auf der sich die Entfernungen ausmessen lassen, ohne dass man die reale Strecke bis zum Objekt abschreiten muss

- Markiere die Basislinie zwischen den zwei Messstandorten, z.B. 4 m.
- Zeichne auf einem Blatt Papier parallele Linien im Abstand von 1 cm.
- Trage auf der ersten der Linien die Basislinie im Maßstab 1:100 ab.
- Stelle Dich an das linke Ende der echten Basislinie und richte die Linien auf Deinem Papier parallel zu ihr aus.
- Lege das Lineal an das linke Ende der Basislinie auf dem Papier und peile mit ihm den zu messenden Gegenstand an.
- Ziehe eine Linie am Lineal entlang.

- Wiederhole den Vorgang am rechten Ende der echten Basislinie. Das Lineal muss jetzt auch an die rechte Seite der Basislinie auf dem Papier angelegt werden.
- Der Abstand des Kreuzungspunktes von der Basislinie in cm entspricht der Entfernung des Gegenstandes in m.

Nach der lateinischen Bezeichnung für Dreieck (triangulum) heißt diese Vermessungsmethode Triangulation. Sie ist recht ungenau, wenn man Peilwinkel und Entfernung grafisch ermittelt.

Misst man aber die Basislinie und die Peilwinkel exakt aus und berechnet die Entfernung trigonometrisch, dann erreicht man höchste Präzision.

Diese präzise ermittelte Entfernung kann dann als neue Basislinie dienen, mit der sich größere Entfernungen genau bestimmen lassen. Die wiederum können Basis sein für noch größere Entfernungen und so weiter.

Mit der Triangulation lassen sich also größte Dimensionen messen: die Größe von Ländern, Kontinenten oder des Erdballs und sogar astronomische Entfernungen wie die zwischen Erde und Mond oder zwischen dem Sonnensystem und benachbarten Fixsternen.

Einen Versuch zur Triangulation finden Sie auch im Landesmuseum für Technik und Arbeit auf Ebene A in der Elementa 1.

> ≥ 1.4.

BAUANLEITUNG MASSSTABLINEAL

Material: Papier, Stift, Lineal

- Nimm ein Stück feste Pappe (ca. 3 cm x 25 cm).
- Bringe an beiden Längsseiten im Abstand von genau 1 cm kleine Markierungen an. Beginne ca. 4 cm vom oberen Rand entfernt.
- Beschrifte 1 Längsseite mit "Karte" und die andere mit "Natur".
- Beschrifte die "Karten"-Seite mit 1 cm bis 20 cm.

• Berechne die Entfernungen für die ..Natur"-Seite.

Beispiel: Der Maßstab 1:15.000 ist der Maßstab der amtlichen Stadtkarte Mannheim. 1 cm auf der Karte entspricht 15.000 cm bzw. 150 m in der Natur.

- Berechne und beschrifte die restlichen Entfernungen.
- Schreibe den Maßstab auf dein Lineal.

≯ ≯ 2.

BAU EINER WETTERSTATION

Die Schülerinnen und Schüler bauen eine kleine Wetterstation und lernen dabei die physikalischen Hintergründe der verschiedenen Messgeräte kennen.

≯ ≯ 2.1.

BAUANLEITUNG FLASCHENTHERMO-METER

Material: Glasflasche, passender Deckel mit Loch, gefärbtes Wasser, Trinkhalm, Knete

- Die Flasche zu ca. ¾ mit gefärbtem Wasser füllen.
- Deckel aufschrauben.
- Trinkhalm durch den Deckel in die Flasche stecken, so dass er ins Wasser ragt.
- Mit Knete gut abdichten.
- Flasche mit den Händen erwärmen.
- Flasche in den Kühlschrank stellen.

Bei Erwärmung dehnt sich die Luft in der Flasche aus. Sie drückt auf das Wasser, das nur in den Trinkhalm hinein ausweichen kann. Der Wasserspiegel im Trinkhalm steigt.

Bei Abkühlung zieht sich die Luft in der Flasche zusammen und saugt das Wasser aus dem Trinkhalm.

Zu Kalibrierung kann ein Topf mit Eiswasser (0 °C) und ein Topf mit Wasser bekannter Temperatur genutzt werden.

≯ ≯ 2.2.

BAUANLEITUNG BAROMETER

Material: 1 große, durchsichtige Flasche, Schüssel, Papier, Klebeband, Holzleiste, Schnur, Knete

- Drücke die Knete an eine Seite auf den Schüsselboden und stecke die Holzleiste hinein.
- Fülle die Schüssel 10 cm hoch, die Flasche zu ca. ¾ mit Wasser.
- Verschließe die Flaschenöffnung mit der flachen Hand, drehe die Flasche schnell um und bringe sie mit der Öffnung unter die Wasseroberfläche in der Schüssel.
- Jetzt kannst Du die Hand wegziehen, das Wasser läuft nicht mehr aus.
- Halte die Flasche weiterhin senkrecht und befestige sie mit Schnur an der Holzleiste.
- · Zeichne auf Papier eine Skala auf und klebe sie an die Flasche.
- Markiere jeden Tag den Wasserstand in der Flasche.

Der Wasserstand in der Flasche ist ein Maß für den Luftdruck. Die Luft drückt auf die Wasseroberfläche in der Schüssel. Bei steigendem Luftdruck wird mehr Wasser in die Flasche hineingedrückt, bei fallendem Luftdruck kann Wasser aus der Flasche in die Schüssel entweichen.

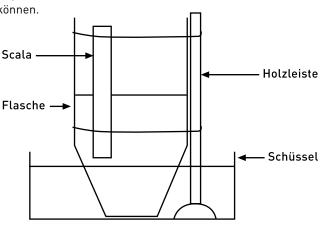
Der Luftdruck ändert sich mit zunehmender Höhe, so dass Luftdruckmessungen auch zur Höhemessung (z.B. in Flugzeugen) genutzt werden können.



Spektrum der Wissenschaft April 2006, S. 88-93

www.wikipedia.com www.top-wetter.de

zu 2.2



FANTASIEGESCHICHTEN/ KREATIVES SCHREIBEN/ FIKTIONALE TEXTE

BILDUNGSPLANBEZUG

Baden-Württemberg:

kreatives Schreiben: Fantasiegeschichten gestalten, Texte nach unterschiedlichen Schreibimpulsen als Ausdruck individueller Fantasie und Kreativität gestalten Hessen:

Fantasiegschichten (u.a. Schreiben nach Bildern), Reportagen, schriftliches Erzählen: fantasiegeleitetes Schreiben

Rheinland-Pfalz:

freies Schreiben, fiktionale Texte erschlie-Ren

IN DER AUSSTELLUNG

Die gesamte Ausstellung bietet eine opulente fantastische Bilder- und Objektschau. Eindrucksvolle Inszenierungen regen die Fantasie an, beginnend mit dem Thema "Weltraum-Tourismus" am "Wohnmodul", das ein sich drehendes Weltraumapartment in ferner Zukunft darstellt, bis hin zur Galerie kühner Ideen und Werke, die zum Abschluss unter dem Thema "Mensch und Universum" versammelt sind. Auch der Kinderkosmos "Space for kids", der eigentlich Vier- bis Zehnjährigen vobehalten ist, eignet sich als Initialzündung für kreative, fantasievolle und fiktionale Texte.

INHALT – WORUM GEHT'S?

Die bildliche, objektorientierte und interaktive Darstellung der Geschichte der Raumfahrt ist gespickt mit offenen Fragen und hält nicht immer erprobte Lösungen bereit. In jeder Altersstufe bleibt es deshalb den Schülerinnen und Schülern überlassen, fantasievoll mit diesem Anreiz umzugehen und die weitere Entwicklung sich selbst auszugestalten oder sich zusammen zu fantasieren. Dabei können sie sowohl (wissenschaftliche) Zusatzinformationen aufnehmen und weiter verarbeiten, als auch frei fabulieren und fiktional ausgestalten.

"Leben und Arbeiten im All" ist ein Thema der Sonderausstellung. Von Leben und Arbeiten auf der Erde haben die Schülerinnen und Schüler bereits mehr oder weniger intensive Kenntnisse, um an alltäglichen Fragestellungen / an Alltagsproblemen anzuknüpfen. Allerdings verlangt die Vorstellung, irdische Alltagsprobleme auf das Arbeiten und Leben im All zu transferieren, entweder eine Menge Vorkenntnisse oder aber eine überbordende Fantasie. Vielleicht liegen darin ja Ansätze zukünftiger Lösungsstrategien.

BEARBEITUNGSIDEEN

Die Ausstellung beginnt mit der gewagten These, dass ein Urlaub im All in naher Zukunft für jeden möglich ist, dass der Weltraum also touristisch erschlossen wird! Schon dieser Einstieg ermöglicht es, der Fantasie freien Lauf zu lassen: Welchen Erholungswert bietet ein solcher Aufenthalt, kann ich dort schwimmen, skateboarden, reiten, skifahren? Welche Freundinnen und Freunde lerne ich dort kennen? Was kann ich im Bazar kaufen? In welcher Sprache kann ich mich unterhalten? Welches Haus, welche Finca können meine Eltern mieten? Kann ich mit meiner D- oder C-Jugend dort ein Trainingslager organisieren oder ist das Doping? Sind Weltmeisterschaften im Jahre 2050 interstellare Sportveranstaltungen?

Im Verlaufe des Rundgangs können viele Stationen auf solche Weise "weitergedacht" werden: Wie sehen die Verkehrsmittel aus, mit denen ich in den Urlaub reisen kann? Kann ich last-minute reisen oder muss ich mich aufwendig vorbereiten? Die Ergebnisse solcher und weiterer Fragen eigenen sich für eine Präsentation in unterschiedlichsten literarischen Formen: Tagebuch, Zeitungsartikel, Reportage, Vortrag, Satire, Kurzgeschichte oder der Entwurf einer Werbeanzeige für eine Gruppenreise mit Programmangeboten sind Möglichkeiten, die sich aus einem Ausstellungsbesuch für den Deutschunterricht ergeben können.

HINTERGRÜNDE / WEITERFÜHRENDE LITRATUR / LINKS

bleiben der Fantasie überlassen!

Unterrichtsmodul Biologie, Klasse 7 - 9

DER MENSCH IN DER SCHWERELOSIGKEIT:

Körperliche Veränderungen und Anpassung an einen neuen Lebensraum

BILDUNGSPLANBEZUG

Angepasstheiten von Lebewesen an Lebensräume, Bewegungsapparat des Menschen, Sinnesorgane des Menschen, Blut und Kreislaufsystem

IN DER AUSSTELLUNG

Zwei Bereiche in der Ausstellung beschäftigen sich mit dem Menschen in der Schwerelosigkeit: beim "Astronautentraining" wird gezeigt, wie sich die Astronauten auf das Leben in der Schwerelosigkeit vorbereiten (Bsp. Neigungsbett, Filme Zentrifuge und Unterwassertraining). "An Bord der Raumstation" werden die körperlichen Veränderungen erklärt und medizinische Experimente (Bsp. Blutdruckmessung) vorgeführt.

INHALT – WORUM GEHT'S?

Nachdem die Schüler ihren Körper täglich "erleben", lernen sie im Biologieunterricht seinen Aufbau und seine Funktionsweise kennen: erst den Bewegungsapparat, dann die Sinnesorgane und schließlich das Herz- und Kreislaufsystem. Astronauten berichten, dass der menschliche Körper in den ersten Tagen der Schwerelosigkeit oft verrückt spielt und sich erst langsam an das Leben ohne Schwerkraft gewöhnen muss. Wie gut der menschliche Körper an seinen Lebensraum Erde angepasst ist, zeigt ein Vergleich mit den Phänomenen, die die Astronauten im All an ihren Körpern beobachten können.

BEARBEITUNGSIDEEN



GRUPPENPUZZLE "WIE SICH DER MENSCHLICHE KÖRPER IN DER SCHWERELOSIGKEIT VERÄNDERT" Ablauf:

Kurze Einführung ins Thema, Einteilung von 5 Expertengruppen,

Arbeitsblätter 1-5,

Umordnen der Gruppen, jeder Experte stellt die Ergebnisse vor.

Zeitvorschlag:

20 Minuten (10 Minuten in Expertengruppe, 10 Minuten in Stammgruppen)

Darauf aufbauend:



GRUPPENARBEIT ODER DEMONSTRA-TION UND KLASSENGESPRÄCH "EXPE-RIMENTE ZUR SCHWERELOSIGKEIT IM KLASSENZIMMER"

Ablauf:

Versuchsanordnungen ausgeben, Gruppeneinteilung, Besprechung der Ergebnisse oder Demonstration vor der Klasse, gemeinsame Besprechung

Zeitvorschlag:

Gruppenarbeit 20 Minuten

Demonstration vor Klasse pro Versuch fünf Minuten

zu (1)

GRUPPENPUZZLE "KÖRPERLICHE VERÄNDERUNGEN IN DER SCHWERE-LOSIGKEIT"

Raumkrankheit durch Sinnesverwirrung (v.a. Gleichgewichtssinn)

Umverteilung der Körperflüssigkeiten: Blut und Gewebsflüssigkeit steigen nach oben (in Richtung Oberkörper/Kopf, Phänomene "puffy face" und "birdlegs")

С.

Reduktionsvorgänge: Abbau von Körperflüssigkeiten, Herz schrumpft, Stoffwechsel wird zurückgefahren

d.

Abbau von Knochen- und Muskelmasse

Strecken der Wirbelsäule.

Darauf aufbauend:

2 EXPERIMENTE (EIN SCHÜLER PRO GRUPPE FÜHRT AUS, DIE ANDEREN BEOBACHTEN BZW. EIN SCHÜLER FÜHRT VOR DER KLASSE VOR)

Gleichgewichtssinn: Simulation der Schwerelosigkeit I: Versuche, aus 2 - 3m Entfernung einen Tennisball in den Papierkorb zu werfen. Dann drehe Dich schnell im Kreis und wiederhole den Versuch! Was stellst Du fest? Welcher Deiner Sinne wird hier "ausgeschaltet"? (Materialien: Papierkorb und Tennisball)

Gleichgewichtssinn: Simulation der Schwerelosigkeit II: Zeichne eine einfache Rakete auf ein Blatt Papier. Dann drehe Dich schnell im Kreis und zeichne noch einmal! Was stellst Du fest? Welcher Deiner Sinne wird hier "gestört"? (Materialien: Papier und Bleistift)

Umverteilung der Körperflüssigkeit I: Stelle Dich aufrecht hin, halte 30 Sekunden lang einen Arm ausgestreckt nach oben, lasse den anderen locker nach unten hängen. Halte nach den 30 Sekunden beide Arme nebeneinander und vergleiche. Was stellst Du fest? Was ist passiert?

Umverteilung der Körperflüssigkeit II: Messe den Umfang Deines Halses und Deiner Wade (an der stärksten Stelle).

Mache einen Handstand und lasse einen Mitschüler noch einmal Hals und Wade messen. Vergleicht die Werte. Warum unterscheiden sie sich? (Materialien: Maßband)

e.

Strecken der Wirbelsäule: Stelle Dich mit dem Rücken an die Tafel und lasse von einem Mitschüler Deine Körpergröße anzeichnen. Dann lege Dich auf den Boden und strecke und dehne Deinen Körper, insbesondere die Wirbelsäule. Lasse Dich erneut messen und Deine Größe an der Tafel abtragen. Was stellst Du fest? Was ist passiert? (Materialien: Gymnastikbzw. Isomatte)

f.

Hausaufgabe: Messe Deine Körpergröße abends vor dem Schlafengehen und morgens unmittelbar nach dem Aufstehen!

MATERIALIEN ZU (1) S.18 – 22

Arbeitsblätter Gruppenpuzzle 1-5;

ZU 2 S. 23

Blatt mit Arbeitsanweisungen; Tennisball, Papierkorb, Papier und Bleistift, Maßband, evtl. Zollstock, Gymnastik- bzw. Isomatte.

HINTERGRÜNDE

Astronauten sind während eines Aufenthalts im All extremen körperlichen Belastungen ausgesetzt. Es dauert einige Zeit, bis die einzelnen Körpersysteme störungsfrei arbeiten. Zugleich greift die Schwerelosigkeit auch nachhaltig in die Funktionen des menschlichen Organismus ein: die Immunabwehr geht deutlich zurück, die Verteilung der Körperflüssigkeiten gerät ins Ungleichgewicht, der Zuckerhaushalt verändert sich, die Knochen bauen Kalzium ab und die Muskulatur bildet sich zurück.

Da viele dieser Symptome auch bei "irdischen" Krankheiten auftreten, leisten die "Raumfahrtbeschwerden" einen wichtigen Beitrag zur medizinischen Forschung.

LITERATUR

DLR Schulinformation Raumfahrt, Ausgabe 2/2001: Raumfahrtmedizin;

im Internet als Download unter: http://www.dlr.de/PortalData/1/ Resources//kinder_und_jugend/DLR_ Schulinfo_02_2001.pdf

GRUPPE 1

RAUMKRANKHEIT DURCH SINNESVER-WIRRUNG

Fast alle Astronauten leiden während der ersten Tage in der Schwerelosigkeit unter der "Raumkrankheit". Die Symptome ähneln denen der Seekrankheit: die Astronauten klagen über Kopfschmerzen, Appetitlosigkeit, ein flaues Gefühl im Magen, Übelkeit und Erbrechen.

Man hat herausgefunden, dass dieses Unwohlsein mit der Verwirrung der Sinne zusammenhängt. Auf der Erde hat das Gehirn gelernt, die Signale der Augen (was sehe ich), der Ohren (was höre ich), des Gleichgewichtsinns (in welcher Lage befinde ich mich) und des Tastsinns (was fühle ich) zusammenzuführen. Aus diesen Signalen ergeben sich all die Informationen, die der Mensch braucht, um sich in seiner Umgebung zurechtzufinden (ich liege auf einer Wiese, oder: ich laufe in der Turnhalle). In der Schwerelosigkeit passen die Signalmeldungen der Sinne plötzlich nicht mehr zusammen: es gibt kein oben und kein unten, die Füße spüren keinen Fußboden und man kann sich nicht einfach hinsetzen. Vor allem der Gleichgewichtsinn ist durcheinander, da mit der fehlenden Schwerkraft der wichtigste Bezugspunkt ausgeschaltet ist.

rankʻ	•					
/as pa	assier	rt mit	den S	innen	?	
/as pa	assier	rt mit	den S	innen	?	
/as pa	assier	rt mit	den S	innen	?	
/as pa	assier	rt mit	den S	innen	?	
/as pa	assier	rt mit	den S	innen	?	
/as pa	assier	rt mit	den S	innen	?	
/as pa	assier	rt mit	den S	innen [°]	?	
/as pa	assier	rt mit	den S	innen [.]	?	
/as pa	assier	rt mit	den S	innen'	?	
/as pa	assier	rt mit	den S	innen	?	
/as pa	assier	rt mit	den S	innen	?	
/as pa	assier	rt mit	den S	innen ⁻	?	
/as pa	assier	rt mit	den S	innen [°]	?	
/as pa	assier	rt mit	den S	innen [°]	?	
/as pa	assier	rt mit	den S	innen	?	
√as pa	assier	rt mit	den S	innen	?	
das pa	assier	rt mit	den S	innen	?	

Warum werden Astronauten



Welcher Sinn hat es in der Schwerelosigkeit am schwersten?

Quelle: NSBRI

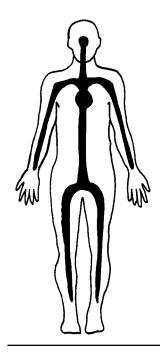
GRUPPE 2

UMVERTEILUNG DER KÖRPER-**FLÜSSIGKEITEN**

Solange sich der Mensch im All befindet, fehlt dem Körper die Schwerkraft, die ihn (wie auf der Erde) ständig nach unten zieht. Mit dem Körper werden natürlich auch die Körperflüssigkeiten nach unten gezogen. Das ist wichtig, damit die unteren Körperbereiche, vor allem die Beine, ausreichend versorgt werden. Auch das Herz ist darauf ausgelegt, das sich in den Beinen sammelnde Blut wieder rund eineinhalb Meter nach oben in den Brustkorb zu pumpen.

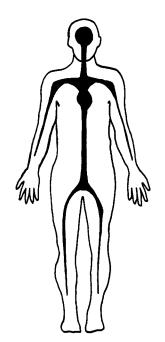
In der Schwerelosigkeit kommt es zu einer Umverteilung. Bis zu zwei Liter Blut und sonstige Körperflüssigkeit wandern in die obere Körperhälfte. Die auffälligsten und ersten Merkmale dieses Prozesses sind angeschwollene Mondgesichter ("puffy faces") und dünne Storchenbeine ("bird legs"). Hält die Flüssigkeitsumverteilung bei längerem Aufenthalt im All an, signalisiert sie dem Körper schließlich auch, bestimmte Funktionen und Abläufe umzustellen.

Was passiert mit Blut und Körperflüss gkeit in der Schwerelosigkeit?	ii-
	_
Wie sieht ein Astronaut im All aus?	



Auf der Erde

Quelle: HowStuffWorks



Im All

Was passiert bei längerem Aufenthalt im All?

GRUPPE 3

RÜCKBILDUNGSVORGÄNGE IM KÖRPER

Befindet sich ein Astronaut für längere Zeit in der Schwerelosigkeit, setzen in seinem Körper verschiedene Rückbildungsvorgänge ein.

Durch die fehlende Schwerkraft wandern zunächst die Körperflüssigkeiten in den Bereich von Brustkorb und Kopf. Dort wird ein Flüssigkeitsüberschuss registriert und die Nieren beginnen, diesen scheinbaren Überschuss abzubauen. Messungen haben ergeben, dass den Astronauten nach ihrer Rückkehr auf die Erde mehr als 10% der ursprünglichen Körperflüssigkeit fehlen. Damit hat das Herz weniger zu arbeiten (zum einen, da es weniger Blut pumpen muss, zum andern, da es nicht gegen die Schwerkraft antreten muss), so dass es sich nachweisbar verkleinert. Hinzu kommt, dass die Bewegung im All kaum Anstrengung erfordert. Astronauten haben viel seltener Hunger und essen weniger: ihre Stoffwechselvorgänge gehen deutlich zurück.

einen Flussigkeitsuberschuss?
Was machen die Nieren?
Warum verkleinert sich das Herz?

Warum signalisiert der Körper im All

GRUPPE 4

ABBAU VON KNOCHEN- UND MUSKEL-MASSE Zur Fortbewegung in der Raumstation reicht es völlig aus, wenn sich die Astronauten nur einmal sanft abstoßen – und schon schweben sie ohne Anstrengung ihrem Ziel entgegen.

Während eines Aufenthalts in der Schwerelosigkeit wird der Bewegungsapparat des Menschen fast überflüssig. Zum einen brauchen sie kaum Kraft, um ihre Position zu verändern, zum andern ist es auch nicht notwendig, eine bestimmte Körperhaltung (Stehen, Sitzen) einzunehmen. Werden Muskeln und Knochen über Monate nicht gebraucht, bilden sie sich zurück. Die Knochen bauen Kalzium ab und verlieren an Dichte. Ebenso nehmen die Muskeln ab und es kommt zu Muskelschwund. Um dies zu vermeiden, müssen Astronauten während eines Langzeitaufenthalts im All täglich trainieren. Sie benutzen dafür spezielle Fitnessgeräte, in die sie sich mit elastischen Bändern "einspannen". Dennoch lässt sich durch die Übungen der Abbau von Knochen- und Muskelmasse nicht ganz aufhalten.

Warum wird im All der	r menschliche Be-
wegungsapparat kaum	n gebraucht?

Was passiert mit den Knochen und Muskeln der Astronauten?

Quelle: NASA



Was gehört zum täglichen Arbeitsprogramm der Astronauten?

GRUPPE 5

STRECKEN DER WIRBELSÄULE

Vor dem Start einer Weltraummission werden sämtliche Körperdaten der Astronauten genauestens erfasst – dazu gehört auch die Körpergröße. Nach der Rückkehr auf die Erde ermitteln Ärzte die Daten ein zweites Mal. Bei der Körpergröße stellen sie dabei immer eine klare Abweichung fest. Alle Astronauten scheinen im All gleich um mehrere Zentimeter gewachsen zu sein.

Für dieses Wachstum gibt es eine einfache Erklärung: Es hängt mit der Wirbelsäule zusammen. Auf der Erde wird die Wirbelsäule durch die Schwerkraft und das Körpergewicht zusammengedrückt. Fehlen diese "Lasten", dehnen bzw. strecken sich die Bandscheiben aus - und der Astronaut wird größer. Dies ist allerdings ein schmerzhafter Vorgang, zudem hält er nur in der Schwerelosigkeit an. Nur wenige Tage nach der Landung haben die Astronauten ihre ursprüngliche Größe wieder erreicht.

der Rüc	kkenr de	er Astro	nauten	aui?

Was fällt den Ärzten unmittelbar nach

Warum werden Astronauten im All größer?

Quelle: DLR



Was passiert mit dem Wachstum nach ein paar Tagen auf der Erde?

ARBEITSANWEISUNGEN ZU 2 **EXPERIMENTE**

a. Versuche, aus 2 – 3m Entfernung einen Tennisball in den Papierkorb zu werfen. Dann drehe Dich schnell im Kreis und wiederhole den Versuch! (Materialien: Tennisball und Papierkorb)

Was stellst Du fest? Welcher Deiner Sinne wird hier "ausgeschaltet"?



b. Zeichne eine einfache Rakete auf ein Blatt Papier. Dann drehe Dich schnell im Kreis und zeichne noch einmal! (Materialien: Papier und Bleistift)

Was stellst Du fest? Welcher Deiner Sinne wird hier "gestört"?



c. Stelle Dich aufrecht hin, halte 30 Sekunden lang einen Arm ausgestreckt nach oben, lasse den anderen locker nach unten hängen. Halte nach den 30 Sekunden beide Arme nebeneinander und vergleiche.

Was stellst Du fest? Was ist passiert?



d. Messe den Umfang Deines Halses und Deiner Wade (an der stärksten Stelle). Mache einen Handstand und lasse einen Mitschüler noch einmal Hals und Wade messen.

(Materialien: Maßband)

Vergleiche die Werte. Warum unterscheiden sie sich?



e. Stelle Dich mit dem Rücken an die Tafel und lasse von einem Mitschüler Deine Körpergröße anzeichnen. Dann lege Dich auf den Boden und strecke und dehne Deinen Körper, insbesondere die Wirbelsäule.

Lasse Dich erneut messen und Deine Größe an der Tafel abtragen.

(Materialien: Gymnastik-bzw. Isomat-

Was stellst Du fest? Was ist passiert?



SCHWERELOS IM FREIEN FALL

BILDUNGSPLANBEZUG

Kraft, Beschleunigung, Zentripetalkraft, Masse und Gewichtskraft, Kräfte an ihrer Wirkung erkennen und messen

IN DER AUSSTELLUNG

Der Bereich "Astronautentraining" zeigt, wie sich die Astronauten auf das Leben in der Raumstation vorbereiten. Die dort herrschende Schwerelosigkeit bildet einerseits die Grundlage für Experimente aus der Materialforschung, der Medizin und der Biologie, wie sie auf der Erde nicht möglich wären. Andererseits beschert sie den Astronauten zahlreiche nicht irdische Alltagsprobleme. Ein Mini-Fallturm ermöglicht im Rahmen von Vorführungen ausgewählte Experimente aus der Welt der Schwerelosigkeit.

INHALT - WORUM GEHT'S?

Die Schwerelosigkeit in einer Raumstation erklären sich viele Menschen mit einer weit verbreiteten Fehlvorstellung: Man sei dort so weit von der Erde entfernt, dass ihre Anziehungskraft nicht mehr wirke. Tatsächlich aber wirken auf Höhe der Umlaufbahn der ISS immer noch 88 Prozent der Erdanziehung! Die Schwerelosigkeit entsteht nur, weil die Raumstation sich physikalisch betrachtet in einem ständigen freien Fall befindet und deshalb die Gravitation durch andere Kräfte scheinbar aufgehoben wird.

BEARBEITUNGSIDEEN

Vorbereitend könnten im Unterricht folgende Themen und Inhalte behandelt werden:

3-3-1

WIESO HERRSCHT IM FREIEN FALL SCHWERELOSIGKEIT?

Kräfte treten immer paarweise auf. Zu jeder Kraft gibt es eine Gegenkraft. Wenn Sie stehen, dann wirkt Ihre Gewichtskraft auf den Boden. Der Boden übt im Gegenzug eine Kraft auf Ihre Füße aus, die Ihr Skelett bis zum Kopf überträgt.

Wenn Sie (zum Beispiel in einem losfahrenden Auto) beschleunigt werden, dann übt der Autositz eine nach vorne gerichtete Kraft auf Sie aus. Ihr Körper drückt mit seiner Trägheitskraft nach hinten gegen den Sitz. Sie haben das Gefühl, in den Sitz gedrückt zu werden.

Diese beiden Beispiele haben eine wichtige Gemeinsamkeit: Andere Körper (der Fußboden bzw. der Autositz) wirken von außen (an den Füßen bzw. am Rücken) auf Ihren Körper ein und die Kräfte müssen von Ihrem Skelett weiter übertragen werden.

Im freien Fall ist das anders: Abgesehen vom Luftwiderstand, den man bei kleineren Geschwindigkeiten jedoch vernachlässigen kann, gibt es keine äußeren Kräfte. In jedem einzelnen Atom Ihres Körpers wirkt die Erdanziehungskraft beschleunigend nach unten und die Trägheitskraft nach oben. Diese Kräfte heben sich gegenseitig auf. Folglich muss Ihr Skelett jetzt keine Kräfte mehr übertragen. Wenn Sie im Schwimmbad von Dreimeterbrett springen, sind Sie während des Falls schwerelos.

≯ ≯ 2.

WIESO ENTSPRICHT EINE WURFBAHN DEM FREIEN FALL?

Wenn Sie einen Gegenstand werfen, dann wirken auf ihn nach dem Verlassen der Hand keine äußeren Kräfte mehr. Es gibt dann ja nichts mehr, was eine äußere Kraft auf ihn ausüben könnte. – Abgesehen von der Luft, die man aber bei kleineren Geschwindigkeiten vernachlässigen kann. Eine Raumstation ist zwar sehr schnell, befindet sich aber praktisch außerhalb der Lufthülle. – Folglich müssen sich auch bei einem Wurf alle beschleunigenden Kräfte und alle Trägheitskräfte in den einzelnen Atomen des Gegenstands aufheben. Er wird auf seiner Wurfbahn schwerelos. Das ändert sich natürlich, sobald er wieder landet.

≯ ≯ 3.

WIESO ENTSPRICHT EINE UMLAUF-BAHN UM DIE ERDE EINER WURF-BAHN?

Sie stehen auf einem hohen Turm und werfen eine Kugel. Je schneller Sie werfen, desto weiter fliegt sie. Irgendwann ist sie so schnell, dass die Erde sich unter der Wurfbahn hinwegkrümmt. Die Wurfbahn der Kugel ist zu einer Umlaufbahn um die Erde geworden. In der Nähe der Erdoberfläche geschieht dies bei 28.440 km/h.

WEITERFÜHRENDE AUFGABEN / PROJEKTIDEEN

> > 1.

SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER ER-FINDEN EXPERIMENTE ZUR SCHWE-RELOSIGKEIT (SEK I UND SEK II):

Die Aufgaben 2 und 3 des Arbeitsblattes dienen als Anregung, um weitere Experimente zum Nachweis der Schwerelosigkeit im freien Fall zu erfinden.

> ≥ 2.

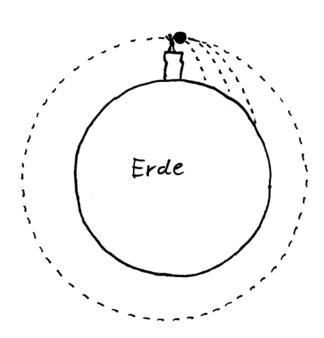
RECHENAUFGABEN ZUM THEMA UM-LAUFBAHN (SEK II):

Wie weit muss eine Umlaufbahn von der Erdoberfläche entfernt sein, wenn sie eine bestimmte Umlaufzeit haben soll? Diese Frage ist besonders bei den geostationären Satelliten wichtig. Weil sie von der Erde aus gesehen scheinbar an einem festen Punkt des Himmels stehen, ist es überhaupt möglich, Fernsehantennen nach ihnen auszurichten. Folglich müssen diese Satelliten eine Umlaufzeit von genau einem Tag haben.

Wie viel Energie wird (unter Vernachlässigung des Luftwiderstands) benötigt, um eine bestimmte Umlaufbahn zu erreichen? Wie viel Energie kann ich mit Hilfe der Erddrehung dabei sparen, wenn ich den Satelliten von Äquator aus ins All schieße?

HINTERGRÜNDE / LITERATUR / LINKS

http://www.schoollab.dlr.de/Schoollab/ Berlin_Adlershof/Experimente/ Schwerelosigkeit



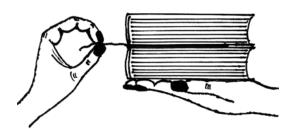
SCHWERELOS IM FREIEN FALL

AUFGABEN

⇒ ⇒ AUFGABE 1

Manche Fallschirmspringer befinden sich möglichst lange im freien Fall und öffnen möglichst spät ihren Schirm. Diese Sportart heißt Skydiving. Ein Skydiver erreicht im freien Fall in Bauchlage eine Höchstgeschwindigkeit von ca. 200 km/h. Die nach unten wirkende Gewichtskraft des Skydivers und der nach oben wirkende Luftwiderstand heben sich dann gegenseitig auf. Der Skydiver wird nicht mehr schneller und fällt eine Zeit lang mit Höchstgeschwindigkeit, bis er schließlich den Schirm öffnet.

Ist ein Skydiver, der seine Höchstgeschwindigkeit erreicht hat, schwerelos? Begründe Deine Antwort.

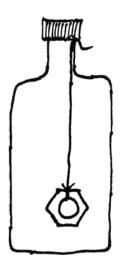


> > AUFGABE 2

Führe einen Versuch durch. Du brauchst dazu zwei alte, möglichst schwere Telefonbücher oder Kataloge, ein Papiertaschentuch und einen Partner.

Lege das Papiertaschentuch zwischen die Bücher und lasse es ein Stück weit zur Seite heraushängen. Jetzt hält Dein Partner die Bücher hoch und Du versuchst, das Taschentuch herauszuziehen. Wenn die Bücher schwer genug sind, klemmt das Taschentuch fest und zerreißt.

Probiere aus, was passiert, wenn Du das Taschentuch einfach festhältst und Dein Partner die Bücher fallen lässt. Wie kannst Du das erklären?



>> AUFGABE 3

Führe einen Versuch durch. Du brauchst dazu eine leere PET-Flasche mit Schraubverschluss, ein Gummiband, eine Mutter der Größe M10 und eine Schere.

Schneide das Gummiband mit der Schere durch und binde es an der Mutter fest. Hänge die Mutter am Gummiband in der Flasche auf, indem Du das andere Ende des Gummibandes einfach im Schraubverschluss einklemmst.

Probiere aus, was passiert, wenn Du die Flasche fallen lässt. Wie kannst Du das erklären?

SCHWERELOS IM FREIEN FALL

LÖSUNGEN

⇒ ⇒ AUFGABE 1

Nein. Der Luftwiderstand wirkt als äußere Kraft auf den Skydiver. In seinem Körper müssen Kräfte übertragen werden, als würde er mit dem Gesicht nach unten auf einem großen, weichen Kissen liegen.

⇒ ⇒ AUFGABE 2

Das Taschentuch rutscht fast ohne Widerstand zwischen den fallenden Büchern heraus. Im freien Fall sind die Bücher schwerelos und zwischen ihnen wirken dann keine Kräfte mehr, die das Taschentuch einklemmen.

⇒ ⇒ AUFGABE 3

In der fallenden Flasche entspannt sich das Gummiband. Im freien Fall sind Flasche und Mutter schwerelos. Zwischen ihnen wirken dann keine Kräfte mehr.

BILDUNGSPLANBEZUG

Kraft, Impuls, Beschleunigung, Masse und Gewichtskraft, Trägheit, Kräfte an ihrer Wirkung erkennen und messen

IN DER AUSSTELLUNG

Der Bereich "an Bord der Raumstation" hat das kuriose Leben und Arbeiten unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit zum Thema. Sie ist einerseits die Grundlage für Experimente aus der Materialforschung, der Medizin und der Biologie, wie sie auf der Erde nicht möglich wären. Andererseits beschert die Schwerelosigkeit den Astronauten zahlreiche nicht irdische Alltagsprobleme. Die Besucherinnen und Besucher können das beispielhaft an einem Versuch erfahren: Sie drehen ein festgeschraubtes Rad, während sie selber auf einem drehbaren Untergrund stehen.

Ein weiteres sehenswertes Experiment zu diesem Thema ist der Rückstoßwagen im Ausstellungsbereich "Erforschung ferner Welten".

INHALT – WORUM GEHT'S?

Kräfte treten immer paarweise auf. Zu jeder Kraft gibt es eine Gegenkraft. Dieses Phänomen bemerken Sie oft gar nicht, wenn Sie fest auf dem Boden stehen und dabei Kräfte auf die Erde übertragen. In der Schwerelosigkeit ist das natürlich nicht möglich und es kommt zu interessanten Problemen. Andererseits bleiben in einer Welt ohne Gewicht viele irdische Effekte erhalten, die ihre Ursache in der Trägheit haben.

BEARBEITUNGSIDEEN

Vorbereitend könnten im Unterricht folgende Themen und Inhalte behandelt werden:

3-3-1

WAS PASSIERT, WENN SICH ZWEI MASSEN VONEINANDER ABSTOSSEN?

Kraft F_1 und Gegenkraft F_2 , die beim Abstoßen zwischen den Massen m, und m, wirken, sind vom Betrag her gleich groß. Es gilt also:

$$F_1 = F_2$$

Aus der Newtonschen Gleichung F = m·a (Kraft = Masse · Beschleunigung) folgt daher:

$$\mathbf{m}_{1} \cdot \mathbf{a}_{1} = \mathbf{m}_{2} \cdot \mathbf{a}_{2}$$

Diese Gleichung wird auf beiden Seiten mit der Zeit t multipliziert, die der Abstoßungsvorgang dauert:

$$\mathbf{m}_1 \cdot \mathbf{a}_1 \cdot \mathbf{t} = \mathbf{m}_2 \cdot \mathbf{a}_2 \cdot \mathbf{t}$$

Das Produkt aus der Beschleunigung a und der Zeit t ist die Geschwindigkeit v, die die Masse beim Abstoßungsvorgang erhält. Es folgt somit:

$$\mathbf{m}_1 \cdot \mathbf{v}_1 = \mathbf{m}_2 \cdot \mathbf{v}_2$$

Oder in Worten ausgedrückt: Das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit muss bei beiden Körpern gleich sein. Wenn ein Körper mit großer Masse und ein Körper mit kleiner Masse sich voneinander abstoßen, dann bewegt sich der Körper mit großer Masse danach langsam und der Körper mit kleiner Masse danach schnell. Das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit wird in der Physik als Impuls bezeichnet.

>>2 WELCHE KRÄFTE WIRKEN ZWISCHEN

SCHWERELOSEN MASSEN?

Die Masse ist die Menge an Materie, aus der ein Körper besteht. Sie wird in Kilogramm (kg) angegeben. Sie bleibt überall im Universum gleich. Das Gewicht eines Körpers hängt dagegen von der Schwerkraft ab und ist daher stets davon abhängig, wo sich der Körper befindet.

Die Größe einer Masse erfahren Sie im Alltag auf der Erde jedoch meistens über das Gewicht. In selteneren Fällen bekommen Sie die Trägheit der Masse bewusst zu spüren, wenn Sie zum Beispiel ein Auto anschieben. Das Auto wehrt sich dann scheinbar gegen Ihr Anschieben und setzt sich nur langsam in Bewegung. Es ist träge. Umgekehrt lässt es sich auch schwer bremsen. Wenn Sie das Auto gegen eine Mauer schieben, drückt es sich die Stoßstange ein, bevor es zum Stehen kommt.

Diese Eigenschaft der Trägheit hat es auch noch, wenn es schwerelos ist. Ein schwereloses Auto lässt sich (abgesehen vom Rollwiderstand) genauso schwer anschieben wie eines, das auf der Erde parkt.

Die Newtonsche Gleichung $F = m \cdot a$ (Kraft = Masse \cdot Beschleunigung) sagt in Worten: Je größer eine Masse ist und je stärker sie beschleunigt wird, desto größer ist die Kraft, die dabei wirken muss.

Schließlich bleibt noch zu erwähnen, dass Beschleunigungs- und Bremsvorgänge in der Physik gleich behandelt werden. Die Beschleunigung in der Newtonschen Gleichung kann also genauso gut eine Bremsung sein.

Wenn Sie vorher mit Ihren Schülern das Unterrichtsmodul "Schwerelos im freien Fall" behandelt haben, können Sie folgendermaßen argumentieren: Ein Fußballspieler springt hoch und köpft einen Ball aus der Luft. In dem Moment, in dem Spieler und Ball zusammentreffen, sind beide schwerelos. Beide befinden sich schließlich auf einer Wurfbahn und werden von keinen äußeren Kräften angegriffen. Trotzdem spürt der Spieler den Zusammenstoß mit dem Ball, weil dabei Trägheitskräfte wirken.

WEITERFÜHRENDE AUFGABEN / PROJEKTIDEEN

>>

SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER ENTWICKELN EIN SHUTTLE FÜR EIN ROHES EI (SEKI UND SEK II):

Material -

Eier, Steine, Scheren, Schnur, Tesa, Waage, Papier

Beispiel für den Arbeitsauftrag:

Baut aus dem vorgegebenen Material ein Shuttle, mit dem ein rohes Ei den Sturz aus 5,50 Meter Höhe auf harten Boden heil übersteht. Ungebremst entspricht das einer Aufprallgeschwindigkeit von 37 km/h. Das dürft Ihr nicht:

- Den Boden an der Landestelle polstern.
- Das Ei unten auffangen.
- Das Ei abseilen.

Ihr könnt Eure Shuttles mit einem Stein testen und verbessern. Am Schluss habt Ihr nur einen Versuch mit dem Ei. Alle Shuttles, bei denen das Ei ganz geblieben ist, werden gewogen. Das leichteste Shuttle hat gewonnen.

Physikalischer Hintergrund:

Auf das Ei soll bei der Landung eine möglichst kleine Kraft wirken, damit es nicht zerbricht. Betrachten Sie wieder die Newtonsche Gleichung (Kraft = Masse · Beschleunigung) so können Sie die Masse des Eis nicht verkleinern. Folglich müssen Sie dafür sorgen, dass die Beschleunigung (in diesem Fall die Bremsung) beim Aufprall möglichst klein wird. Die Beschleunigung bzw. Bremsung a ist wiederum die Geschwindigkeitsänderung dv pro Zeit dt , also

$$a = \frac{dv}{dt}$$

Aus diesem Zusammenhang sehen Sie, dass Ihnen im Grunde zwei Möglichkeiten bleiben: Sie können mit einem Fallschirm die Aufprallgeschwindigkeit verringern oder mit Hilfe einer Knautschzone die Zeit des Aufprallvorgangs verlängern.

HINTERGRÜNDE / LITERATUR / LINKS

http://www.wdr.de/themen/forschung/technik/eier_shuttle/index.jhtml

NEWTON IM WELTRAUM

ΑI	IEC	A D	

3	3-	ΔΙ	JF	·GΑ	١R	F	1

1.1 Du möchtest aus einem kleinen Schlauchboot an Land springen. Beim Absprung rutscht das Boot unter Dir weg und Du fällst ins Wasser. Warum?	1.2 Was kannst Du dagegen tun? Warum?

>> AUFGABE 2

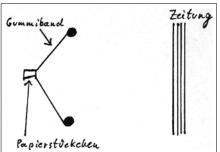
Welche Unfälle tun in der Schwerelosigkeit auch weh? Begründe Deine Antworten mit Stichpunkten.

Ereignis	tut weh	tut nicht weh	Begründung
Ich trete gegen einen Fußball, den ein hinterhältiger Kollege mit Blei gefüllt hat.			
Jemand tritt mir aus Versehen auf den Fuß.			
Ich stoße mir den Kopf.			
Ich klemme mir die Finger in der Tür.			
Jemand schießt mir einen Sektkorken ins Auge.			
Jemand stellt mir eine große Werkzeugkiste auf die Finger.			

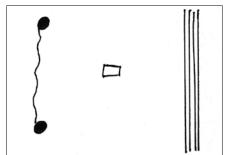
>> AUFGABE 3

Ein Papierstückchen wird mit einem Gummiband in eine Zeitung geschossen.

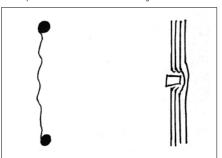




Das Papierstückchen fliegt auf die Zeitung zu:



Das Papierstückchen trifft auf die Zeitung:



Dieser Versuch findet im Vakuum statt. Es gibt also keinen Luftwiderstand.

Zeichne in jedem Bild die Kräfte ein, nummeriere und benenne sie.

Bild Nr.	Kraft Nr.	Name der Kraft

NEWTON IM WELTRAUM

LÖSUNGEN

⇒ ⇒ AUFGABE 1

1.1 Die Masse des Schlauchbootes ist viel kleiner als meine Masse. Darum bekommt das Boot beim Absprung eine große Geschwindigkeit. Ich bewege mich hingegen fast nicht von der Stelle und falle ins Wasser.

1.2 Ich binde das Boot an Land fest. Dann ist es mit der Erde verbunden, die im Vergleich zu mir eine sehr große Masse hat. So bekomme ich beim Sprung eine große Geschwindigkeit und die Erde bewegt sich fast gar nicht. – Eine andere Möglichkeit wäre, das Boot zu beladen, so dass es viel schwerer wird als ich.

> > AUFGABE 2

Ereignis	tut weh	tut nicht weh	Begründung
Ich trete gegen einen Fußball, den ein hinterhältiger Kollege mit Blei gefüllt hat.	x		Trägheit
Jemand tritt mir aus Versehen auf den Fuß.		х	Gewichtskraft
Ich stoße mir den Kopf.	х		Trägheit
Ich klemme mir die Finger in der Tür.	х		Trägheit
Jemand schießt mir einen Sektkorken ins Auge.	х		Trägheit
Jemand stellt mir eine große Werkzeugkiste auf die Finger.		X	Gewichtskraft

>> AUFGABE 3

Bild 3.1

Das Papierstückchen wird vom Gummiband beschleunigt:

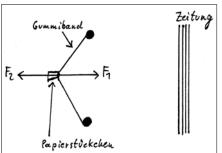


Bild 3.2 Das Papierstückchen fliegt auf die Zeitung zu:

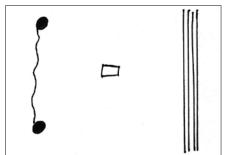


Bild 3.3

Das Papierstückchen trifft auf die Zeitung:

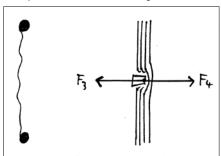


Bild Nr.	Kraft Nr.	Name der Kraft
3.1	1	Beschleunigungskraft
3.1	2	Trägheitskraft
3.2		Wenn es keinen Luftwiderstand gibt, wirken keine Kräfte.
3.3	3	Bremskraft
3.3	4	Trägheitskraft

Unterrichtsmodul Geschichte oder Ethik, Kl. 9 - 10 / Kursstufe

RAUMFAHRTGESCHICHTE: DIE ZWIESPÄLTIGEN AN-FÄNGE IN DEUTSCHLAND

BILDUNGSPLANBEZUG

Baden-Württemberg, Hessen, Rheinland-Pfalz: Realschule / Gymnasium

Geschichte Nationalsozialismus:

Verführung zur Gewalt, Welt- und Menschenbild, Erscheinungsformen totalitärer Herrschaft, Vernichtungskrieg und Völkermord

Ethik:

Auseinandersetzung mit existenziellen Fragen des Menschen, Problemfelder der Moral, z.B. Wissenschafts- und Technikethik, Gewissen und Verantwortung, Vernunft, Würde des Menschen, Menschenrechte, Recht und Gerechtigkeit

IN DER AUSSTELLUNG

In den Bereichen "Erforschung ferner Welten" und "Technik zum Abheben" dominieren vergangene und zukünftig denkbare Missionen der Raumfahrt und geballte Raketentechnik. In einem Hochregal stehen Originale früher Versuchsraketen und einzelne Triebwerke. Es leuchtet ein, dass diese nicht plötzlich in ausgereifter Form zur Verfügung standen. Doch was wissen wir eigentlich von den Anfängen der Raumfahrttechnik? Das Herz des Triebwerks einer A 4 Rakete, die Brennkammer, führt zur Geschichte des Eigentümers, der KZ-Gedenkstätte Mittelbau-Dora.

Fragen des Wann, Wo, Warum und Unter welchen Umständen Forschung, Produktion und Verwendung vorangetrieben wurden, leiten über zum Peenemünde Kontext.

INHALT – WORUM GEHT'S?

Neben der Atombombe markiert die Rakete A4 eine der folgenreichsten und zugleich gefährlichsten technischen Entwicklungen des 20. Jahrhunderts: Sie gilt heute als Vorläufer der militärischen Fernraketen sowie der Raumfahrt-Trägerrakete und schuf damit Grundlagen für spätere interkontinentale Raketen. Ausgehend vom konkreten Beispiel der in Peenemünde entwickelten Rakete A4 werden Kennzeichen der totalitären Herrschaft erkennbar. Im System psychischen und physischen Terrors hatte das Konzentrationslager Mittelbau-Dora, eine unterirdische Anlage bei Nordhausen am Harz, eine besondere Rolle zu erfüllen. Allein ca. 20 000 KZ-Häftlinge kamen hier bei der von Goebbels ab 1944 aus Propagandagründen "Vergeltungswaffe V2" genannten Produktion ums Leben.

Die wissenschaftlich-technischen Entwicklungen eröffnen die Diskussion über die Vielschichtigkeit von Technik: Visionen / Nutzen technischen Fortschritts und dessen missbräuchliche Kehrseite durch Indienstnahme politischer Mächte. Grundsätzliche Fragen nach der Rolle der Technik in der Gesellschaft und nach der Verantwortung von Technik und Wissenschaft gegenüber Mensch und Natur werden aufgeworfen.

BEARBEITUNGSIDEEN

≯ ≯ 1.

WERNHER VON BRAUN (1912-1977) WAR TECHNISCHER LEITER DES IM MAI 1937 IN BETRIEB GEGANGENEN "WERKES OST" / VERSUCHSSTELLE PEENEMÜN-DE UND SOMIT AN MEHREREN FOR-SCHUNGSPROJEKTEN BETEILIGT.

- Verwenden Sie die Materialien 1.1-5, um heraus zu filtern, was mit der A4-Rakete erreicht werden sollte. Welche Herausforderungen taten sich in der Entwicklungsarbeit auf? Und / oder nutzen Sie als Informationsquelle die Medienstation in der Sonderausstellung, die zu Triebwerken, der Geschichte und Entwicklung der Raketenproduktion und dem gesamten Peenemünde-Kontext Filmdokumente bereithält.
- Welche Motive waren rückblickend für von Brauns Engagement bestimmend, die ihn zu einem Glied in der Kette nationalsozialistischer Waffenproduktion werden ließen?

Beschreiben Sie die Dilemma-Situation, in der sich von Braun befand. Schwächen oder stärken diese Aussagen eher den Mythos, Brauns Team habe aus unpolitischen Raumflugbegeisterten der Raketenforschungsgruppen in der Weimarer Republik bestanden, die während der NS-Zeit gezwungen waren, Umwege über die militärische Entwicklungsarbeit zu gehen, um ihr Ziel, die Sterne, erreichen zu können? Materialien 1.6 – 7

>> 2. PERSPEKTIVWECHSEL – ZWANGSARBEIT UND VERLAGERUNG DER RAKETENFERTIGUNG

- Welche Produktionsstätten und unterirdischen Anlagen für das "V2-Programm" sind aus der Karte von 1944 ersichtlich? Material 2.1
- Welche Konsequenzen hatte die Verlagerung der Raketenproduktion in den Kohnstein bei Nordhausen für die Einbeziehung der KZ-Häftlinge in das Raketenprojekt?
 Material 2.2

- Ende 1944 lebten mehr als 14 500 Häftlinge, vor allem Russen, Polen, Franzosen, Deutsche und Belgier im Lager. Zu diesem Zeitpunkt gelangten über Buchenwald und aus anderen Konzentrationslagern viele ungarische und polnische Juden nach Dora.
- Zwei ausgewählte Quellen mit den Aussagen Inhaftierter zu ihren Arbeits- und Lebensbedingungen lassen eine Welt erahnen, von denen das in hartem Kontrast dazu stehende Foto der U.S.-amerikanischen Befreier nichts erzählt. Materialien 2.3 6
- Der Nobelpreisträger Albert Einstein war als Jude schlimmen Anfeindungen durch die Nationalsozialisten ausgesetzt und kehrte 1933 Deutschland auf immer den Rücken. Welche Werte und Ziele staatlicher Gemeinschaft nennt er in seinem 1930 formulierten und 1932 veröffentlichten "Mein Glaubensbekenntnis" und stellt sich damit in Gegensatz zu nationalsozialistischem Gedankengut? Material 2.7

WEITERFÜHRENDE AUFGABEN / PROJEKTIDEEN

- Wo gab es die Ihrer Heimatstadt nächstgelegenen Konzentrationslager und unter welchen Bedingungen lebten die dort inhaftierten Menschen? Inwieweit hatte die Fa. Luftschiffbau Zeppelin in Friedrichshafen mit der A4-Produktion zu tun?
- Die Frage nach der Verantwortung von Technik und Wissenschaft gegenüber Mensch und Natur sind auch in der heutigen Gesellschaft Kernfragen, mit denen wir uns argumentativ beschäftigen sollten. Wählen Sie ein aktuelles Beispiel, an dem ethische Fragestellungen zum Verhältnis Mensch, Natur, Technik diskutiert werden können.

HINTERGRÜNDE / LITERATUR / LINKS

Im Auftrag der Reichswehr wurde ab 1932 Raketenforschung in Kummersdorf bei Berlin betrieben. Ab 1936 entstanden auf dem als geeigneter eingeschätzten Gebiet in Peenemünde hochmoderne Großforschungs- und Produktionsanstalten, in denen neuartige Waffen entwickelt wurden. Das Reichspropagandaministerium stilisierte diese 1944 zynischerweise zu "Vergeltungs-" und "Wunderwaffen". Das sollte suggerieren, dass diese Waffe erst angesichts der Zerstörung deutscher Städte im Zweiten Weltkrieg konzipiert worden sei.

Der weltweit erste gelungene Start einer Großrakete in der Heeresversuchsanstalt Peenemünde bedeutete am 3.10.1942 einen der spektakulärsten, gleichzeitig aber auch einen der gefährlichsten technischen Durchbrüche des 20. Jahrhunderts: Die in Peenemünde entwickelte Rakete A4 (später V2 benannt) gilt heute sowohl als Vorläufer aller militärischen als auch aller zivilen Trägerraketen.

Dem Mythos der Rakete, die von ihrer militärischen Bedeutung her gesehen eine riesige Geldverschwendung darstellte, steht die sehr reale Erfahrung der Opfer gegenüber:

In einer unterirdischen Fabrik am Harz mussten KZ-Häftlinge die Raketen fertigen. Rund 20 000 Menschen kamen bei der Produktion ums Leben - mehr als ihr militärischer Einsatz Opfer forderte. Was für die Einen der Ort einer zukunftweisenden Technologie ist, an dem ein neues Kapitel der Menschheitsgeschichte, das Kapitel "Raumfahrt", aufgeschlagen wurde, berührt Andere als der Ort, an dem die bis dahin grausamsten Fernwaffen konstruiert wurden, die ihre Opfer nicht nur beim Einschlag in unseren Nachbarländern fanden, sondern bereits am Ort ihrer Produktion zehntausende Menschen das Leben kosteten.

Die moderne Raketentechnik muss mit dem Makel leben, auf einer todbringenden Waffe aufzubauen, die in einer Diktatur entwickelt und unter unbeschreiblichen Gräueln im Konzentrationslager Mittelbau-Dora gefertigt worden ist.

Bibliothek des Landesmuseums für Technik und Arbeit in Mannheim

(Öffnungszeiten Di. und Mi. 10 – 12h / 13 - 16.30h und nach tel. Anfrage):

Wernher von Braun / Frederick J. Ordway III: Raketen. Vom Feuerpfeil zum Raumtransporter, München 1979 (Sign. N593 / 8366)

Ernst Klee / Otto Merk: The Birth of the Missile. The secrets of Peenemünde. London et al 1965 (Sign. N 593 / 2961)

Michael J. Neufeld: Die Rakete und das Reich: Wernher von Braun, Peenemünde und der Beginn des Raketenzeitalters, aus dem Amerikan. von Jens Wagner, 2. überarb. Aufl., Berlin 1999 (Sign. U 56 / 255)

Ernst Stuhlinger / Frederick J. Ordway III: Wernher von Braun. Aufbruch in den Weltraum, Esslingen, München 1992 (Sign. N 19 BrauW 6956)

Mediothek (auf Anfrage):

Albert Einstein, "Verehrte An- und Abwesende!" Originaltonaufnahmen 1921-1951, hrsg. von Klaus Sander (Supposé Köln u. Mitarbeit von Barbara Wolff, Albert-Einstein-Archiv und Walter Roller)

Deutsches Rundfunkarchiv Frankfurt, 2003 - Präsenzbestand, ohne Sign. DvD "Space Race - Wettlauf zum Mond" MVZ: DVD-2006/0005

Internetcafé im Landesmuseum auf Ebene C (kostenlose Nutzung für alle Besucher während der Öffnunszeiten):

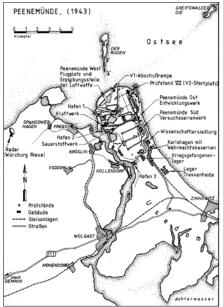
www.dlr.de www.dora.de www.peenemuende.de www.astronautix.com (engl.)



MATERIALIEN

≯ ≯ 1.1

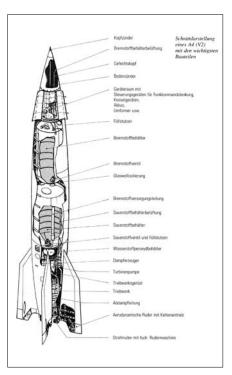
General Fellgiebel gratuliert einem Unbekannten der Gruppe um von Braun (4. v. links) zum erfolgreichen Test der A4 Rakete



≯ ≯ 1.2

Karte von Peenemünde, 1943

(Michael J. Neufeld: Die Rakete und das Reich: Wernher von Braun, Peenemünde und der Beginn des Raketenzeitalters, aus dem Amerikan. von Jens Wagner, 2. überarb. Aufl., Berlin 1999, Umschlagseite)



Schnittdarstellung eines A4 (V2) mit den wichtigsten Bauteilen

(Michael J. Neufeld: Die Rakete und das Reich: Wernher von Braun, Peenemünde und der Beginn des Raketenzeitalters, aus dem Amerikan. von Jens Wagner, 2. überarb. Aufl., Berlin 1999, S. 231

≥ ≥ 1.4

"Seit den zwanziger Jahren waren in Deutschland Wissenschaftler und Techniker damit beschäftigt, Raketen zu entwickeln. Ihre Aktivitäten und das breite Medienecho, auf das die ersten Raketenversuche stießen, erweckten schnell das Interesse des Heereswaffenamtes. Schon lange vor 1933 hatte die Reichswehrführung damit begonnen, die vom Versailler Vertrag gesetzten Rüstungsbeschränkungen zu unterlaufen. Den Militärs missfielen die öffentlichen Vorführungen und die ausdrücklich friedlichen Ziele der Raketenenthusiasten. Sie sahen in der Raketentechnik ein mögliches Waffenpotenzial.

Ab 1931 bemühte sich das Heereswaffenamt darum, Raketenforscher anzuwerben. Als Erster trat 1932 Wernher von Braun in den Dienst der Reichswehr. Ihm folgten bald Walter Riedel und Artur Rudolf. Sie bildeten zusammen mit dem Offizier Walter Dornberger die spätere Führungsriege der 1936 in Peenemünde-Ost auf der Insel Usedom mit großem Aufwand errichteten "Heeresversuchsanstalt Peenemünde". Hier wurden, völlig von der Außenwelt abgeschirmt, Großversuche auf Raketenprüfständen durchgeführt. In Peenemünde-West befand sich eine Versuchsstelle der Luftwaffe."

(Jens-Christian Wagner: Das KZ Mittelbau-Dora. Katalog zur historischen Ausstellung in der KZ-Gedenkstätte Mittelbau-Dora, hrsg. im Auftrag der Stiftung Gedenkstätten Buchenwald und Mittelbau-Dora, Göttingen 2001, S.15)

>> 1.5

"Ungeachtet der wichtigen Fortschritte, die die Arbeitsgruppe im Heereswaffenamt [=HWA] mit dem A3 [das Aggregat 3 war eine zwischen 1935 und 1937 entwickelte und gebaute Rakete; alle vier Startversuche im Dezember 1937 scheiterten wg. technischer Unzulänglichkeiten des Lenksystems] und dem Raketenflugzeugprogramm erzielt hatte, bedeutete die Entwicklung des A4 eine gewaltige technologische Herausforderung. Der Antrieb der geplanten Rakete sollte siebzehn mal leistungsstärker sein als das größte bisher konstruierte Raketentriebwerk; zudem sollte die Rakete die fünffache Schallgeschwindigkeit erreichen, und das vor dem Hintergrund, dass die bisherigen Flugkörper des HWA die Schallgrenze noch nicht einmal erreicht hatten; schließlich sollte das Geschoß in nahezu 300 km entfernte Ziele gelenkt werden - keine von Deutschen konstruierte Feststoffrakete hatte zu diesem Zeitpunkt je eine Reichweite von einigen Tausend Metern überschritten. Die Fehlschläge mit dem A3 hatten außerdem gezeigt, wie weit die Ingenieure noch davon entfernt waren, die Lenk- und Steuerungsprobleme zu lösen. Trotzdem gelang es den Spezialisten in Peenemünde bis 1941, die technischen Voraussetzungen für den erfolgreichen Start einer A4-Rakete zu schaffen: Die ersten Versuchsmuster standen in den Prüfständen.

Grundlage für diese bemerkenswerten technischen Entwicklungen war die Fähigkeit des HWA, Geld, Arbeitskräfte und Material für das Raketenprogramm organisieren zu können, was ihm nur deshalb gelang, weil die Entwicklung der Raketentechnik vom Oberkommando des Heeres mit einer hohen Dringlichkeitsstufe versehen worden war. Der Zugang zu den nötigen Ressourcen allein konnte aber noch nicht zum technologischen Durchbruch führen, den die Entwicklung des A4 voraussetzte. Unter der Leitung Beckers, Dornbergers und von Brauns musste die Zahl der Mitarbeiter für das Flüssigkeitsraketenprogramm erheblich erhöht werden, und außerdem war es nötig, Universitäten und Unternehmen in die Forschung einzubeziehen. Zudem musste der Forschungsprozeß so verändert werden, dass das bisherige, in hohem Maße empirisch bestimmte Verfahren durch einen stärker wissenschaftlichen und theoretischen Ansatz ersetzt wurde, wenn man dieses Problem auch nur allmählich erkannte.

Durch die Schaffung dieser Voraussetzungen gelang es den Fachleuten in Peenemünde schließlich, die drei Technologien zu beherrschen, die für den Erfolg des A4-Programms erforderlich waren: Flüssigkeitsraketentriebwerke, Überschallflugtechnik sowie Lenk- und Steuerungssysteme."

(Michael J. Neufeld: Die Rakete und das Reich: Wernher von Braun, Peenemünde und der Beginn des Raketenzeitalters, aus dem Amerikan. von Jens Wagner, 2. überarb. Aufl., Berlin 1999, S. 93f)

≯ ≯ 1.6

"Es ist viel darüber gesprochen worden, dass der Raketenflugplatz schließlich "an die Nazis verkauft" wurde. 1932, als die Würfel fielen, waren die Nazis aber noch nicht an der Macht, und für alle von uns war Hitler nichts weiter als einer der vielen Scharlatane auf der politischen Bühne. Unsere Haltung gegenüber der Reichswehr ähnelte der der frühen Flugpioniere, die in den meisten Ländern versuchten, den militärischen Geldbeutel für ihre eigenen Zwecke anzuzapfen, und die angesichts des potentiellen zukünftigen Nutzens ihrer Erfahrungen wenig moralische Skrupel hatten. Die Frage war in diesen Diskussionen lediglich, wie die goldene Kuh am erfolgreichsten gemolken werden konnte."

(Neufeld: S. 37; S. 337 Fußnote 38: Von Braun, Behind the Scenes, S.10, im Space and Rocket Center, Huntsville: Unveröffentlichte Version seines Erinnerungsberichtes im Nachlaß Wernher von Braun)

> > 1.7

"Wernher von Brauns schönste Stunde Das Leben ... schenkte mir gleich einige schönste Stunden. Ich erinnere mich, wie ich von freudiger Erregung erfasst war, als ich im Alter von 14 Jahren erkannte - inspiriert durch Hermann Oberths Buch: "Die Rakete zu den Planetenräumen" und bestärkt durch meine eigenen Berechnungen -, dass die Reise des Menschen zum Mond und zu anderen Planeten mit Hilfe von Raketen durchaus möglich ist und dass ich vielleicht selbst zu solchen Reisen beitragen könnte, wenn ich nur hart genug arbeitete und genügend Willenskraft aufbrächte.

Meine nächste Sternstunde kam am 3. Oktober 1942, als unserer A4-Raktete in Peenemünde der erste Langstreckenflug gelang. Oberst Dornberger feierte das Ereignis mit einer kleinen Ansprache und erklärte: "Meine Damen und Herren, heute wurde das Raumschiff geboren! Wir haben mit unserer Arbeit das Tor zum Weltraum aufgestoßen!"

Am 31. Januar 1958 erreichte der erste Satellit der freien Welt, Explorer I, seine Bahn um die Erde. Dieser Erfolg machte mich besonders glücklich, denn meine Mitarbeiter und ich konnten dadurch dem amerikanischen Volk unsere Dankbarkeit dafür ausdrücken, dass wir hier unsere Arbeit für die Erforschung des Weltraums fortsetzen konnten.

Und dann, am 27. Juli 1969, kehrten drei Astronauten gesund zur Erde zurück, nachdem sie auf dem Mond gelandet waren. Dies war ein Augenblick grenzenloser Freude und, ich gebe es zu, auch einer großen Erleichterung."

Auf die Frage nach Wernher von Brauns düstersten Stunde? "Ja, und ich werde sie nie vergessen. Sie begann im Herbst 1943, als Himmler und seine SS-Männer uns die Kontrolle über das A4-Programm entrissen, um die Massenproduktion und den militärischen Einsatz der Rakete zu erzwingen, lange ehe die Entwicklung abgeschlossen war. Wir hatten immer gehofft und erwartet, dass der Krieg vorbei sein würde, ehe die A4 als Waffe eingesetzt werden könnte. Am bedrückendsten war, dass ich auf diese Ereignisse keinerlei Einfluß hatte. Selbst wenn ich mich vollständig aus dem Projekt zurückgezogen hätte, wären Produktion und Einsatz der A4 fortgesetzt worden, erzwungen durch SS-Befehle. Indem ich bei dem Projekt blieb und das Entwicklungs- und Prüfprogramm weiterführte, konnte ich zumindest hoffen, unsere Erfahrungen in der Raketentechnik für spätere Zeiten bewahren zu können. Diese düsterste Stunde kam am 8. September 1944, als ich erfuhr, dass A4-Raketen auf Paris abgeschossen worden waren. Wir wollten, dass unsere Raketen zum Mond und zum Mars reisten, aber nicht, dass sie unseren eigenen Planeten träfen."

(Ernst Stuhlinger / Frederick Ordway: Wernher von Braun. Aufbruch in den Weltraum. Die Biographie, Esslingen / München 1992. S. 4791

≯ ≯ 2.1 Karte der Produktionsstätten und unterirdischen Anlagen

(Michael J. Neufeld: Die Rakete und das Reich: Wernher von Braun, Peenemünde und der Beginn des Raketenzeitalters, aus dem Amerikan. von Jens Wagner, 2. überarb. Aufl., Berlin 1999, Umschlag Innenseite)



>> 2.2

"Mittelbau-Dora war das letzte von den Nationalsozialisten gegründete KZ-Hauptlager. Es wurde im August 1943 im Rahmen der NS-Raketenrüstung unter Tage als Außenlager des KZ Buchenwald gegründet. Im Oktober 1944 erhielt es unter der Bezeichnung "KZ Mittelbau" den Status eines selbstständigen Konzentrationslagers, das sich bis zum Kriegsende zu einem Komplex von etwa vierzig Einzellagern entwickelte. Die Region um Nordhausen verwandelte sich dadurch in eine dichte K7-Landschaft.

Für das mörderische System der Konzentrationslager bedeutete das eine wirtschaftlich motivierte Funktionserweiterung: Zu Beginn der NS-Herrschaft wurden die KZ zunächst als improvisierte Stätten genutzt, um die Gegner der Diktatur zu bekämpfen. Ab 1936 wurden sie im Rahmen der rassistischen Verfolgung zu dauerhaften Haftstätten ausgebaut. Und schließlich wurden die Konzentrationslager ab 1943 zu Orten rücksichtsloser Ausbeutung der KZ-Zwangsarbeiter. Mittelbau-Dora war eines der ersten und am Ende das weitaus größte Konzentrationslager, das ausschließlich mit dem Ziel gegründet wurde, die Arbeitskraft seiner Insassen auszunutzen. Als Gedenkstätte der KZ-Zwangsarbeit kommt Mittelbau-Dora daher eine besondere Bedeutung zu.

Die heute zugänglichen Teile des Stollensystems im Kohnstein, in dem die KZ-Insassen eingesperrt waren und arbeiten mussten, unterstreichen das. Sie weisen zugleich auf ein zweites Spezifikum Mittelbau-Doras hin: Es war das erste Projekt der Nationalsozialisten innerhalb des aberwitzigen Versuchs, die gesamte deutsche Rüstungsindustrie unter die Erde zu verlagern.

In der älteren Literatur wurde das KZ Mittelbau-Dora weitgehend als "Raketen-KZ" dargestellt. Weitaus mehr Häftlinge als in der V-Waffen-Montage mussten aber auf den zahlreichen Baustellen rund um Nordhausen arbeiten. Dort sollten unterirdische Flugzeugfabriken entstehen, die angesichts des nahenden Kriegsendes jedoch nie fertig gestellt

wurden. Für Tausende von KZ-Häftlingen wurden diese Baustellen angesichts der mörderischen Arbeitsbedingungen zum Todesort."

(Jens-Christian Wagner: Das KZ Mittelbau-Dora. Katalog zur historischen Ausstellung in der KZ-Gedenkstätte Mittelbau-Dora, hrsg. im Auftrag der Stiftung Gedenkstätten Buchenwald und Mittelbau-Dora, Göttingen 2001, S.7)

>> 2.3

"Der Tagesablauf war wie folgt: Wecken; Fertigmachen zum Ausrücken zur Arbeit; Anstehen auf dem Appellplatz; Marsch in den Stollen; 12 Stunden Arbeit im Stollen; Antreten zum Ausmarsch; Marsch in das Lager; Essensempfang; Schikanen durch die Blockältesten wie Läuseappell, Gesang, Bettenbau und sonstige völlig unnütze Arbeiten; anschließend der Kampf um einen Schlafplatz. (...) Ich war selbst rassisch Verfolgter. Waren die Arbeitsund Lebensbedingungen im Lager schon unmenschlich, so waren sie für die Juden noch grausamer. (...) Juden wurden in gesonderten Baracken untergebracht, sie wurden zu den schwersten Arbeiten eingeteilt."

(Wolfgang Groß, Deutscher Jude, geb. 1927, ehemaliger Häftling (ohne Datum; Dokumentationsarchiv Gedenkstätte KZ-Gedenkstätte Mittelbau-Dora, EB/HDJ-38, verschriftlichte Tonbandaufnahme vom 20.09.1982; in: Jens-Christian Wagner: Das KZ Mittelbau-Dora. Katalog zur historischen Ausstellung in der KZ-Gedenkstätte Mittelbau-Dora, hrsg. im Auftrag der Stiftung Gedenkstätten Buchenwald und Mittelbau-Dora, Göttingen 2001, S. 39)

≯ ≯ 2.4

Eigentlich ein ganz einfaches System: Man spiele alle Gruppen gegeneinander aus, die man gegeneinander ausspielen kann, die Nationen, die Rassen, die Regionen, die Berufe, man lasse sie zuerst dahinsiechen in unwürdigen Bedingungen mit Dreck, Hunger und Gewalt, man achte auf die Schäbigsten, Zähesten, Bestialischsten, die sich hier entwickeln wie Würmer in einem verfaulten Stück Käse, und denen gebe man die Macht über die anderen und lasse dann die Sache in ihrem eigenen Saft schmoren."

(Stéphane Hessel, Franzose, geb. 1917, ehemaliger Häftling (ohne Datum; Dokumentationsarchiv Gedenkstätte KZ-Gedenkstätte Mittelbau-Dora, EB/HF-36) in: Jens-Christian Wagner, Das KZ Mittelbau-Dora. Katalog zur historischen Ausstellung in der KZ-Gedenkstätte Mittelbau-Dora, hrsg. im Auftrag der Stiftung Gedenkstätten Buchenwald und Mittelbau-Dora, Göttingen 2001, S. 39)



▶ ▶ 2.5 - 2.6

Die Photos wurden nach der Befreiung gemacht und zeigen gefertigte A4 Raketen im Stollen bzw. zwei U.S. Soldaten vor aufgestapelten Raketenteilen im Freien

KZ-Gedenkstätte Mittelbau-Dora



≯ ≯ 2.7

Albert Einstein, Mein Glaubensbekenntnis, Berlin 10. November 1930

"Zu den Menschen zu gehören, die ihre besten Kräfte der Betrachtung und Erforschung objektiver, nicht zeitgebundener Dinge widmen dürfen und können, bedeutet eine besondere Gnade. Wie froh und dankbar bin ich, dass ich dieser Gnade teilhaftig geworden bin, die weitgehend vom persönlichen Schicksal und vom Verhalten der Nebenmenschen unabhängig macht. Aber diese Unabhängigkeit darf uns nicht blind machen gegen die Erkenntnis der Pflichten, die uns unaufhörlich an die frühere, gegenwärtige und zukünftige Menschheit binden. Seltsam erscheint unsere Lage auf dieser Erde. Jeder von uns erscheint da unfreiwillig und ungebeten zu kurzem Aufenthalt, ohne zu wissen warum und wozu. Im täglichen Leben fühlen wir nur, dass der Mensch um anderer willen da sei, solcher, die wir lieben und zahlloser anderer ihm schicksalverbundener Wesen.

Oft bedrückt mich der Gedanke, in welchem Maße mein Leben auf der Arbeit meiner Mitmenschen aufgebaut ist, und ich weiss, wie viel ich ihnen schulde.

Ich glaube nicht an die Freiheit des Willens, Schopenhauer's Wort "der Mensch kann wohl thun was er will, aber kann nicht wollen, was er will" begleitet mich in allen Lebenslagen und versöhnt mich mit den Handlungen der Menschen, auch wenn sie mir recht schmerzlich sind. Diese Erkenntnis von der Unfreiheit des Willens schützt mich davor, mich selbst und die Mitmenschen als handelnde und urteilende Individuen allzu ernst zu nehmen, und den guten Humor zu verlieren.

Nach Wohlleben und Luxus strebte ich nie und habe sogar ein gut Teil Verachtung dafür. Meine Leidenschaft für soziale Gerechtigkeit hat mich oft in Konflikt mit den Menschen gebracht, ebenso meine Abneigung gegen jede Bindung und Abhängigkeit, die mir nicht notwendig erscheint. Ich achte stets das Individuum und hege eine unüberwindliche Abneigung gegen Gewalt und gegen Vereinsmeierei. Aus all diesen Motiven bin ich leidenschaftlich Pazifist und Antimilitarist, lehne jeden Nationalismus ab, auch wenn er sich nur als Patriotismus gebärdet. Aus Stellung und Besitz entspringende Vorrechte sind mir immer ungerecht und verderblich erschienen, ebenso ein übertriebener Personen-Kultus. Ich bekenne mich zum Ideal der Demokratie, trotzdem mir die Nachteile der demokratischen Staatsform wohlbekannt sind. Sozialer Ausgleich und wirtschaftlicher Schutz des Individuums erschienen mir stets als wichtige Ziele der staatlichen Gemeinschaft.

Ich bin im täglichen Leben ein typischer "Einspänner". Aber das Bewusstsein, der unsichtbaren Gemeinschaft derjenigen anzugehören, die nach Wahrheit, Schönheit und Gerechtigkeit streben, hat das Gefühl der Vereinsamung nicht aufkommen lassen.

Das Schönste und Tiefste, was der Mensch erleben kann, ist das Gefühl des Geheimnisvollen. Es liegt der Religion sowie allem tieferen Streben in Kunst und Wissenschaft zugrunde. Wer dies nicht erlebt hat, erscheint mir wenn nicht wie ein Toter so doch wie ein Blinder. Zu empfinden, dass hinter dem Erlebbaren ein für unseren Geist Unerreichbares verborgen sei, dessen Schönheit und Erhabenheit uns nur mittelbar und in schwachem Widerschein erreicht, das ist Religiosität. In diesem Sinne bin ich religiös. Es ist mir nicht genug, diese Geheimnisse staunend zu ahnen und zu versuchen, von der erhabenen Struktur des Seienden in Demut ein mattes Abbild geistig zu erfassen.

(Albert Einstein, Verehrte An- und Abwesende! Originaltonaufnahmen 1921 – 1951, hrsg. von Klaus Sandler (Supposé Köln u. Mitarbeit von Barbara Wolff, Albert-Einstein-Archiv und Walter Roller, Deutsches Rundfunkarchiv Frankfurt 2003)

SPUTNIKSCHOCK UND KALTER KRIEG

BILDUNGSPLANBEZUG

Baden-Württemberg:

Deutschland nach 1945 im internationalen und europäischen Kontext: "Die Schülerinnen und Schüler können wesentliche Ereignisse und Kennzeichen des Kalten Kriegs beschreiben und in diesem Rahmen die Bedeutung der Weltmächte USA und Sowjetunion erklären."

Hessen:

Ost-West-Konflikt und deutsche Frage 1945-1990: Kalter Krieg und Ost-Westkonflikt - Die bipolare Welt nach 1945

Rheinland-Pfalz:

Die Entstehung der bipolaren Welt: "Raumfahrt als Spiegel von Prestige, Konkurrenz und technologischer und militärischer Überlegenheit."

IN DER AUSSTELLUNG

Die Schülerinnen und Schüler betreten die Ausstellung durch die "Lobby der Visionen". Im Zentrum dieses Raums, der einer futuristischen Wartehalle eines Weltraumbahnhofs nachempfunden ist, ist als spektakuläres Exponat ein 1:1-Modell des russischen Sputniks ausgestellt. Mit dem Sputnik war es der UdSSR 1957 gelungen, noch vor den Amerikanern erstmals einen Satelliten in eine Erdumlaufbahn zu bringen. Seitdem spricht man von dem "Sputnikschock" in der westlichen Welt.

In einem weiteren Bereich der Ausstellung, in "Erforschung ferner Welten", können die Schülerinnen und Schüler einen kleinen Kellerraum entdecken, der das Thema "Sputnik" wiederum aufgreift: In einem ähnlichen Keller seines Privathauses empfing der legendäre "Weltraumprofessor" Heinz Kaminski an jenem 04.10.1957 als einer der Ersten im Westen die Radio-Signale des Satelliten.

INHALT – WORUM GEHT'S?

Mit Ende des Zweiten Weltkriegs zerbricht die Zwangsgemeinschaft der militärischen Antihitler-Koalition: Im Westen etabliert sich die Führungsmacht USA, im Osten die UdSSR. Die Welt der internationalen

Beziehungen entwickelt sich vor allem in den 50er Jahren zu einem Ringen und Wettlauf um wissenschaftlich-technologische und militärische Vorherrschaft zwischen diesen beiden Staaten. Diese Systemkonkurrenz, in deren Hintergrund stets die Möglichkeit eines Dritten Weltkriegs steht, prägt das gesamte zivile und militärische Leben in den jeweiligen Einflusssphären: hier in der freien, kapitalistischen Welt, dort im Sozialismus und Kommunismus als Gegenentwurf.

Nur in diesem Klima des Misstrauens und der Gegnerschaft konnte eine wissenschaftlich bedeutsame Leistung wie die Stationierung des Sputniks im Weltraum als Bedrohung eines Teiles der Menschheit wahrgenommen werden. Der Sputnikschock zeigt beispielhaft, dass Raumfahrt nie ein rein wissenschaftliches Abenteuer war, sondern immer auch eine militärische Bedeutung gehabt hat (vgl. das Unterrichtsmodul zu Peenemünde) und auch heute noch hat. Das Beispiel zeigt weiterhin, dass wissenschaftliche Leistungen und militärische Errungenschaften im "Kalten Krieg" stets benutzt wurden, um die Überlegenheit des eigenen Systems propagandistisch zu vermarkten. Eine solche "propagandistische Kriegsführung" ist wesentliches Merkmal des "Kalten Kriegs".

BEARBEITUNGSIDEEN

> 1.

Bildinterpretation: Neben dem "Stern" war die "Quick" eine der populärsten Illustrierten in den 50er Jahren. Das Titelbild (M 1) vom Oktober 1957 stellt den Sputnik in den Mittelpunkt: Interpretiere diese Titelbild-Montage in ihrer Wirkung auf den Betrachter. Welche Emotionen/ Gefühle werden damit erreicht? Wie wirkt das Bild auf Dich?

≯ ≯ 2.

Textanalyse: Ein Sputnikschock, der keiner war! Arbeite anhand von M3 und M4 die wirklichen Hintergründe heraus, die aus einem harmlosen Satelliten eine Bedrohung der westlichen Welt werden ließen.

> 3.

Textanalyse: Der Kommentar der Frankfurter Allgemeinen Zeitung (FAZ) und der Agit-Prop-Song von Ernst Busch sind zwei Reaktionen aus Deutschland (M2 und M5): Wie wird der "Sputnikschock" aus westdeutscher Sicht (BRD) gesehen und wie wird die Entwicklung in der Raumfahrt in der DDR benutzt?

WEITERFÜHRENDE AUFGABEN / **PROJEKTIDEEN**

> 1.

Schülerinnen und Schüler sammeln Archiverfahrungen (Sek I und II):

Das Thema "Raumfahrt" ist seit den 50er Jahren ungeheuer publizitätsträchtig. Es geht auch um die Verwirklichung alter menschlicher Träume. Deshalb haben zahlreiche Medien auch immer aktuell berichtet und kommentiert. Das Thema bietet also genügend Ansatzpunkte, um in einem lokalen Archiv oder in einem Zeitungsarchiv zu recherchieren, wie sich in der öffentlichen Meinung der Übergang von der Konfrontation in den 50er Jahren bis zur Kooperation in der ISS heutzutage widerspiegelt. Die Ergebnisse können unter Zuhilfenahme unterschiedlicher Medien (von Ausstellung bis Power Point) präsentiert werden.

> ≥ 2.

Schülerinnen und Schüler befragen Eltern, Großeltern und andere Zeitzeugen (Sek II):

Die Highlights der Raumfahrtgeschichte haben sich tief ins Gedächtnis der Zeitzeugen eingegraben. Großeltern erinnern den Sputnik-Schock, Eltern den ersten Menschen auf dem Mond und Jüngere vielleicht die Katastrophe der Columbia 2003. Das Bild, das sich aus verschiedenen Zeitzeugenbefragungen zusammensetzt, ist selbst auch "Geschichte" (oral history) und vermittelt eindrucksvoll, dass "Geschichtsbilder" sich subjektiv zusammensetzen und manchmal ganz anders aussehen, als sie in Geschichtsbüchern stehen.

LITERATUR

Cieslik, Jürgen: So kam der Mensch ins All. Dokumentation zur Weltraumfahrt, Hannover 1970 (LTA-Bibliothek N 591/8340)

Shelton, William Roy: Die Russen im Weltraum, München 1968 (LTA-Bibliothek N 591/3062)

Wallisfurth, Rainer M.: Russlands Weg zum Mond, Düsseldorf-Wien 1964 (LTA-Bibliothek N 591/8341)

HINTERGRUNDINFO

DIE 50ER JAHRE IM ÜBERBLICK (EINE AUSWAHL)



23.04.52 USA:

erste Fernseh-Live-Übertragung eines Atombombentest aus der Wüste von Nevada.

16.11.52 USA:

erfolgreicher Test einer Wasserstoffbombe



08.08.53 UdSSR:

erfolgreicher Test einer Wasserstoffbombe



01.03.54 USA:

Test einer Wasserstoffbombe mit der 600fachen Sprengkraft der Hiroshima-Bombe

22.11.54 UdSSR:

erster erfolgreicher Wasserstoffbomben-Test in großer Höhe über Sibirien. Die Bombe verfügt über eine Zerstörungskraft von mehreren Millionen Tonnen TNT. Die Nachricht von der Explosion löst in Amerika einen Schock aus, können die Amerikaner doch bisher ihre Bomben nur am Boden zünden.



26.08.57 UdSSR:

"Russische Superwaffe". Die Russen testen erfolgreich Interkontinental-Raketen mit einer Reichweite von mehr als 5000 km.

04.10.57

DER SPUTNIK-SCHOCK

03.11.57 UdSSR:

erfolgreicher Start von Sputnik 2 mit der Hündin Laika an



31.01.58 USA:

Explorer 1 ist der erste amerikanische Satellit im Weltall: "Neben seiner wissenschaftlichen Bedeutung hat das Ereignis auch eine militärische Komponente: Die USA stellen damit unter Beweis, dass auch sie über Interkontinentalraketen verfügen, die im Kriegsfall die Sowjetunion bedrohen würden."

03.02.58 UdSSR:

Start von Sputnik 3 schlägt fehl.

05.02.58 USA:

Versuche mit Vanguard-Raketen scheitern. Wernher von Braun konstatiert einen fünfjährigen Entwicklungsvorsprung der Russen.

20.02.58 USA:

Explosion einer Interkontinentalrakete vom Typ "Atlas"

15.05.58 UdSSR:

Der Ersatzsatellit für Sputnik 3 wird in den Weltraum geschossen. Die wissenschaftliche Untersuchung des Strahlungsgürtels der Erde scheitert jedoch.

29.07.58 USA:

Gründung der NASA (National Aeronautics and Space Administration)

17.08.58 USA:

Explosion einer Thor-Able-Rakete mit Satellit, der den Mond umkreisen und Aufnahmen von der erdabgewandten Seite des Mondes machen sollte.

27.08.58 UdSSR:

Eine Raumkapsel (Gewicht: 1690 kg) mit zwei Hunden an Bord wird in 450 km Höhe geschossen und kann nach der Landung unbeschädigt geborgen werden.

11.10.58 USA:

Pioneer 1 scheitert auf dem Weg zum Mond. Nach 130 000km wird die Rakete wieder von der Schwerkraft der Erde erfasst, kehrt um und verglüht in der Atmosphäre.

19.12.58 USA:

Mit dem Nachrichtensatelliten "Score" gelingt es der USA erstmals, einen mit vier Tonnen doppelt so schweren Satelliten wie Sputnik 3 in den Weltraum zu schießen.



02.01.59 UdSSR:

erster Satellit verlässt das Schwerefeld der Erde. "Lunik" (361,3 kg) passiert den Mond in 5000 bis 7000 km Entfernung und funkt Messdaten zur Erde.

17.02.59 USA:

erfolgreicher Start von Vanguard II. Der Satellit soll der Wetterbeobachtung dienen.

28.05.59 USA:

Mit einer Jupiter-Rakete reisen die beiden Äffchen "Able" und "Baker" ins All. Die Affen überleben den 15 Minuten dauernden Ausflug in 500 km Höhe.

07.08.59 USA:

erfolgreiche Mission von Explorer VI. Der Satellit sendet Bilder von Mittelamerika, die die Öffentlichkeit erstaunen lassen.

13.09.59 UdSSR:

die erste Rakete erreicht den Mond und zerschellt auf dessen Oberfläche. Dabei wird ein Wimpel mit dem sowjetischen Wappen ausgeworfen.

04.10.59 UdSSR:

Lunik III macht erste Aufnahmen von der Rückseite des Mondes.



01.05.60 USA - UdSSR:

Mit seinem Spionageflugzeug U2 überfliegt der amerikanische Pilot Francis G. Powers das sowjetische Kosmodrom, den Weltraumbahnhof Baikonur und wird wenig später von einer zweistufigen Flugabwehrrakete abgeschossen. Aufgrund dieses "Zwischenfalls" platzt die geplante Gipfelkonferenz der vier Großmächte (USA, UdSSR, England, Frankreich) in Paris.



} > M 1 Titelblatt der Illustrierten Quick. Oktober 1957

Politische Folgen

J. T. Nebenbei ist das Rasen des sowjetischen Erdsatelliten auch ein politisches Ereignis Unsere Geister sind vom Einbruch in Geheimnisse erregt, von denen wir nicht wissen, ob ihre Entschleierung dem Menschen zum Guten ausschlagen kann; und manch einer hat seine Zweifel und Aengste. Doch die Köpfe der Politiker sind schon dabei, über die Folgen des Ereignisses auf die Konstellation der weltpolitischen Kräfte nachzudenken. Es bleibt ihnen das, so subaltern es uns in diesem Augenblick auch erscheinen mag, nicht erspart. Vor allem den Amerikanern nicht. In Washington sucht man, wie dem Bericht unseres Korrespondenten zu entnehmen ist, die Unruhe zu dämpfen. Eisenhower bemüht sich, ein Beispiel der Gelassenheit zu geben. Doch die Sorgen klingen unüberhörbar hindurch. Der Wettlauf beim Vorstoß in den Weltenraum erscheint vielen als Teil des heftigen Wettbewerbs der beiden Weltmächte um das politische, militärische und wirtschaftliche Uebergewicht.

Vielleicht hat kein Ereignis seit dem Ende des zweiten Weltkrieges deutlicher sichtbar werden lassen, daß der Aufstieg der Sowjetunion unter die wenigen Weltmächte und unter die großen Industriestaaten ein säkulares Geschehen unseres Jahrhunderts ist; ausgelöst von der bolschewistischen, der Oktober-Revolution, deren vierzigsten Jahrestag zu feiern die Nachfahren Lenins sich vorbereiten. Lenin hat sich von der Verschmelzung seines sozialrevolutionären Willens mit der äußersten Forcierung der Technik (in seinen Worten: Sozialismus plus Elektrizität) alles versprochen. Seine Epigonen folgen dem Gesetz, das er ihnen geschrieben hat. Sie tun es nicht nur mit einem noch ungebrochenen Eifer für den wissenschaftlichen Fortschritt, dessen metaphysische Problematik ihnen wenig oder nichts bedeutet. Sie streben dabei zugleich auch nach politischer Macht hier und jetzt.

So wird man annehmen dürfen, daß das sowjetische Satellitenprojekt nicht nur technisch aufs sorgfältigste vorbereitet war - es ist in diesem Sinne ein demonstrativer Nachweis der sowjetischen bedhaben Intelligenz, die zu unterschätzen kein Anlaß besteht, nur weil sie von der dortigen Wirtschaftsbürokratie so vielfältig eingeengt wird. Man darf auch annehmen, daß der Zeltpunkt des Satellitenstartes politisch genau bedacht worden ist: zu der Zeit einer Vollversammlung der Vereinten Nationen, in der um die Gunst der vielen Nationen, die sich den "Wundern" der modernen Technik eher emotional als rational nähern. von den beiden Weltmächten heftig geworben wird; in einer Phase der Abrüstungsverhandlungen, in der die Sowjetrussen glauben, sich von ihrer stärksten Seite zeigen zu müssen. Die Amerikaner sind also sehr ernstlich darüber besorgt, daß die sogenannten unterentwickelten Länder sich unter dem Eindruck der sowjetischen Nachricht mehr noch als bisher dem "Neutralismus" verschreiben werden. Das ist mit dem "größten Propagandasieg" gemeint. den sich die Sowjetrussen zuschreiben könnten. Wenn die Tage vergehen und die zweiten Gedanken sich einstellen, wird man kaltblütiger urteilen. Ueber die politischen Folgen.

▶ > M 2

Kommentar "Politische Folgen" aus der FAZ v. 07.10.1957

(aus: Frankfurter Allgemeine. Zeitung für Deutschland, 07.10.1957, S.11

>> M3

Auszug aus einem Interview des sowjetischen Ministerpräsidenten Chruscht-

"Als wir die erfolgreiche Erprobung der interkontinentalen Rakete bekanntgaben, glaubten uns gewisse Staatsmänner der USA nicht; die Sowjetunion, so meinten sie, gibt etwas für eine Realität aus, was sie nicht besitzt. Nun aber, da wir mit Erfolg den Erdsatelliten gestartet haben, können nur absolute Laien in der Technik daran zweifeln. Die USA besitzen keine interkontinentale ballistische Rakete, andernfalls hätten sie auch ohne Mühe einen Trabanten starten lassen können. Wir aber können Satelliten starten lassen, weil wir einen Träger für diese Satelliten, nämlich die ballistische Rakete besitzen."

(Interview mit der New York Times am 07.10.1957, in: Chronik 1957. Dortmund 1986. S.162)

USA forcieren ihr Raketenprogramm

. November. Offenbar in Reaktion auf den Start der beiden sowjetischen Erdtrabanten und den US-amerikanischen Rückstand auf diesem Gebiet geht US-Präsident Dwight D. Eisenhower in einer Rundfunk- und Fernsehansprache an die Nation ausführlich auf Fragen der Raketen- und Satellitentechnologie ein. Zur Forcierung der amerikanischen Anstrengungen kündigt er eine verbesserte Koordination auf dem Gebiet der Raketenforschung und -technik sowie die Rücknahme zuvor besc sener Mittelkürzungen an. Er sagt u. a.:

»Die Lancierung von Erdsatelliten durch die Sowjets ist eine Errungenschaft erster Bedeutung; die Wissenschaftler, die das zustande brachten, verdienen volle Ehrung und Anerkennung. . . .

Erdsatelliten für sich genommen haben keine direkte Auswirkung auf die Sicherheit der Nation. Diese Abschüsse haben jedoch eine reale militärische Bedeutung; sie liegt in der fortgeschrittenen Technik und der Kompetenz in militärischer Technologie, die sie erkennen lassen, wie dies z. B. durch die mächtige Antriebskraft

bewiesen wird, die hierbei verwendet worden sein muß.

Wir anerkennen offen, daß die Sowjets Waffen konstruieren, die, wenn wir angegriffen würden, uns ernsten Schaden zufügen würden. Dies ist deshalb der Fall, weil heutzutage kein Verteidigungssystem so dicht sein kann, um alle Durchbrüche von Flugzeugen und sonstigen Waffen zu verhindern.... Es ist meine Überzeugung, daß heute die gesamte militärische Stärke der freien Welt deutlich größer ist als die der kommunistischen Länder, auch wenn die Sowjets möglicherweise bei manchen Raketen und auf manchen Spezialgebieten sowie offensichtlich auf dem Gebiete der Satelliten uns voraus sind. Wir müssen dafür sorgen, daß dieser Vorsprung, wie er auch immer sein mag, nur ein zeitweiser bleibt.«

} } M 4

Auszug aus einer Rede des amerikanischen Präsidenten Eisenhower

(aus: Chronik 1957, Dortmund 1986, S.184)

▶ > M 5 Kalte-Kriegs-Propaganda als Schlager in der DDR (1961)

"Amerika stopft Affen in die Satelliten und jagt sie halblebendig in den Raum, so etwas kann man heute nur noch Affen bieten, denn einem Menschen imponiert das kaum!

Lasst die Schimpansen doch in Ruh' und lernt vor allem eins dazu: Im Weltraum siegte die SU!

Seit Titow und Gagarin um die Erde

gilt es für alle Welt als klarer Fall: Die Kommunisten haben uns noch nie betrogen,

sie schicken auch den Dritten in das All!

Lasst die Schimpansen doch in Ruh' und lernt vor allem eins dazu: Im Weltraum siegte die SU!

Text: Heinz Kahlau; Musik:Wolfgang Lesser; Interpret: Ernst Busch, 1961

BILDUNGSPLANBEZUG

Drehimpuls, Drehimpulserhaltungssatz

IN DER AUSSTELLUNG

Im Bereich "Erforschung ferner Welten" geht es um die Technik, die Flüge ins All und Forschung auf anderen Himmelskörpern ermöglicht. Sie finden dort unter anderem Exponate zum Antrieb und zur Lageregelung von Raketen und Satelliten. Zwei interaktive Experimente knüpfen an das Thema Lageregelung an:

Sie können ein Satellitenmodell mit einem Reaktionsrad in Drehung versetzen und die überraschenden Kräfte eines schnell rotierenden Kreisels im Koffer spüren.

INHALT – WORUM GEHT'S?

Die Lageregelung ist ein interessanter technischer Aspekt der Raumfahrt. Satelliten müssen sich und ihre Richtantennen in definierte Richtungen drehen. Dies ist mittels Rückstoß aber nur sehr begrenzt möglich, weil der Treibstoffvorrat, von dem sich der Satellit abstoßen kann, endlich ist (siehe Modul "Grundlagen des Raketenantriebs").

Eine von mehreren anderen Möglichkeiten besteht darin, den Drehimpulserhaltungssatz und die Eigenschaften von Kreiseln zu nutzen.

BEARBEITUNGSIDEEN

Vorbereitend könnte im Unterricht die Präzession eines Kreisels behandelt werden:

Wenn auf einen Kreisel senkrecht zu seiner Rotationsachse mit dem Drehimpuls L ein Drehmoment M wirkt, dann weicht er mit einer Rotation aus, deren Achse wiederum senkrecht zu L und zu M steht. Dieses Phänomen heißt Präzession.

Die Winkelgeschwindigkeit ω_p der Präzession lässt sich wie folgt berechnen: In einem sehr kleinen Zeitintervall dt dreht sich der Kreisel um einen sehr kleinen Winkel $d\alpha$ um die Achse der Präzession. Somit gilt:

$$\omega_P = \frac{d\alpha}{dt}$$

Für sehr kleine Winkel $d\alpha$ lassen sich im Bogenmaß die Näherungen

$$d\alpha \approx \sin(d\alpha) \approx \tan(d\alpha) = \frac{dL}{L}$$
,

also
$$d\alpha = \frac{dL}{L}$$
 , nutzen.

Daraus ergibt sich dann:

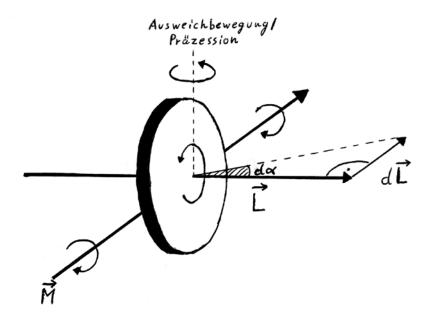
$$\omega_P = \frac{dL}{L \cdot dt}$$

Wegen
$$\frac{dL}{dt} = M$$
 folgt:

$$\omega_{P} = \frac{M}{L}$$

Der Drehimpuls L eines Kreisels ist wiederum das Produkt aus seinem Trägheitsmoment J und seiner Winkelgeschwindigkeit $\omega_{\rm K}$ in Richtung seiner Rotationsachse. Somit gilt schließlich für die Winkelgeschwindigkeit der Präzession:

$$\omega_{P} = \frac{M}{J \cdot \omega_{V}}$$



WEITERFÜHRENDE AUFGABEN / **PROJEKTIDEEN**

1. Schülerinnen und Schüler halten Referate zu den verschiedenen Methoden der Lagestabilisierung und Lagekorrektur von Satelliten:

Ausrichtung durch das Erdmagnetfeld, Ausrichtung am Schwerkraft-Gradienten, Drallstabilisierung, Drei-Achsen-Stabilisierung mittels Reaktionsrädern

Einen Einstieg in die Recherche können die Seiten http://ralfzimmermann.de/detmold.97/ drallrad.html und http://de.wikipedia.org/wiki/ Reaktionsrad bieten.

2. Schülerinnen und Schüler halten ein Referat über das Phänomen, dass Katzen immer auf die Pfoten fallen:

Einen Einstieg in die Recherche kann die Seite http://www.gerd-barabas.de/katzen_ fallen.htm bieten.

HINTERGRÜNDE / LITERATUR / LINKS

Tipler, P.A.: Physik, Heidelberg / Berlin / Oxford, 1994

http://www.gerd-barabas.de/ katzen_fallen.htm

http://ralfzimmermann.de/ detmold.97/drallrad.html

http://de.wikipedia.org/wiki/ Reaktionsrad

STEUERUNG VON **SATELLITEN**

AUFGABEN

⇒ ⇒ AUFGABE 1

Die Winkelgeschwindigkeit $\omega_{_{P}}$ der Präzession eines Kreisels lässt sich mit der Formel

$$\omega_P = \frac{M}{J \cdot \omega_K}$$

berechnen. Dabei sei M das Drehmoment, dass senkrecht zur Rotationsachse des Kreisels wirkt und die Präzession auslöst. J sei das Trägheitsmoment des Kreisels und ω_{κ} die Winkelgeschwindigkeit, mit der der Kreisel um seine Achse rotiert.

Interpretieren Sie die Formel in Worten: Welche Eigenschaften muss das Rad eines Fahrrades haben, damit der Fahrer möglichst gut das Gleichgewicht halten kann?

> > AUFGABE 2

Eine Akku-Bohrmaschine schwebt kräftefrei im Weltraum und wird eingeschaltet. Das Trägheitsmoment des Bohrers samt aller in der Maschine drehenden Teile sei J_B und das Trägheitsmoment der restlichen Maschine sei $\, {\bf J}_{\,_{\,{\bf M}}} \,$. Beide Trägheitsmomente haben zueinander das Verhältnis

$$\frac{J_B}{J_M} = \frac{1}{5}$$

Im Verhältnis zur Maschine erreicht der Bohrer eine Drehzahl von 3000 rpm (Umdrehungen pro Minute).

Welche absolute Drehzahl erreicht der Bohrer in die eine und die Maschine in die andere Richtung?

STEUERUNG VON **SATELLITEN**

LÖSUNGEN

> AUFGABE1

Wenn ein Fahrradfahrer zur Seite kippt, dann übt er ein Drehmoment M senkrecht zur Drehachse bzw. zum Drehimpuls des Rades aus. Das Rad stabilisiert dann um so besser, je langsamer es seine Drehachse verlagert. Das heißt, die Winkelgeschwindigkeit seiner Präzession $\omega_{\scriptscriptstyle p}$ muss möglichst klein sein.

Die Winkelgeschwindigkeit der Präzession $\omega_{_{P}}$ ist bei gleich großem Drehmoment M möglichst klein, wenn

- das Trägheitsmoment J des Rades möglichst groß ist. Das heißt, das Rad muss eine möglichst große Masse und einen möglichst großen Radius haben. Dabei sollte die Massenverteilung so sein, dass die Masse möglichst weit von der Drehachse entfernt ist. Die Speichen sollten also möglichst leicht und die Felge und der Reifen möglichst schwer sein.
- die Winkelgeschwindigkeit ω_{κ} des Rades möglichst groß ist. Das heißt, je schneller der Fahrradfahrer fährt, desto besser stabilisiert das Rad.

> > AUFGABE 2

Für die Drehimpulse von Maschine L_{M} und Bohrer $L_{\rm B}$ gilt der Drehimpulserhaltungssatz:

$$\mathsf{L}_\mathsf{M} \, + \mathsf{L}_\mathsf{B} \, = 0$$

$$L_{M} = -L_{B}$$

$$J_{M} \cdot \omega_{M} = -J_{B} \cdot \omega_{B}$$

$$\frac{\omega_{_{M}}}{\omega_{_{B}}} = -\frac{J_{_{B}}}{J_{_{M}}}$$

Weil die Winkelgeschwindigkeiten ω proportional zu den Drehzahlen D sind und weil

$$\frac{J_B}{J_M} = \frac{1}{5}$$

gilt, ergibt sich

$$\frac{\mathsf{D}_{\mathsf{M}}}{\mathsf{D}_{\mathsf{R}}} = -\frac{1}{5}$$

und man erhält die Gleichung:

A)
$$\mathsf{D}_{\mathsf{M}} \; = -\frac{1}{5} \cdot \mathsf{D}_{\mathsf{B}}$$

Weil Bohrer und Maschine gegensinnig drehen und relativ zueinander die Drehzahl 3000 rpm haben, gilt gleichermaßen

$$D_{B} + (-D_{M}) = 3000 \text{rpm}$$

beziehungsweise die Gleichung:

D_B =
$$3000 \text{ rpm} + D_{M}$$

Durch einsetzen von B) in A) ergibt sich:

$$D_{M} = -\frac{1}{5} \cdot (3000 \text{rpm} + D_{M})$$

$$D_{M} = -600 \, \text{rpm} - \frac{1}{5} \cdot D_{M}$$

$$\frac{6}{5} \cdot \mathsf{D}_{\mathsf{M}} = -600 \mathsf{rpm}$$

$$D_{M} = -500 \, \text{rpm}$$

Und nach Gleichung B) berechnet sich noch die Drehzahl des Bohrers:

$$D_{B} = 3000 \text{rpm} + (-500 \text{rpm}) = 2500 \text{rpm}$$

GRUNDLAGEN DES RAKETENANTRIEBS

BILDUNGSPLANBEZUG

Kraft, Impuls, Impulserhaltung, Geschwindigkeit, Beschleunigung

IN DER AUSSTELLUNG

Im Bereich "Erforschung ferner Welten" geht es um die Technik, die Flüge ins All und Forschung auf anderen Himmelskörpern ermöglicht. Sie finden dort unter anderem Exponate zum Antrieb von Raketen und Satelliten. Mehrere interaktive Experimente knüpfen an das Thema an: Sie können die Schubkraft von Rückstoßund Propellerantrieben bei abnehmendem Luftdruck vergleichen, auf einem Wagen sitzend den Rückstoß einer schweren Kugel spüren oder eine Druckluftrakete quer durch die Ausstellung schießen.

INHALT – WORUM GEHT'S?

Im luftleeren Raum versagt jeder Propeller, und eine Rakete kann dort nur durch Rückstoß angetrieben werden. Dabei stößt sie sich von ihrem eigenen Treibstoff ab und braucht deshalb keinen zweiten Körper und kein Medium als Stoßpartner.

Auf der Erde können Sie dieses Phänomen beobachten, wenn Sie einen Gartenschlauch plötzlich aufdrehen: Sie spüren den Rückstoß des Wasserstrahls sofort, noch bevor der erste Tropfen den Boden berührt. Der Schlauch stößt sich also direkt vom austretenden Wasser ab und nicht von dem Körper, auf den der Wasserstrahl gerichtet ist.

Allerdings hat der Rückstoßantrieb seine technischen und physikalischen Grenzen, so dass für die Raumfahrt nur mehrstufige Raketen mit relativ geringer Nutzlast in Frage kommen.

BEARBEITUNGSIDEEN

Vorbereitend könnte im Unterricht die Raketengleichung hergeleitet werden:

Eine Rakete bewegt sich kräftefrei im Weltraum, ohne Einfluss von Schwerkraft oder Luftwiderstand. Während eines sehr kurzen Zeitintervalls Δt stößt sie eine sehr kleine Treibstoffmasse Δm mit der relativ zur Rakete betrachteten Ausströmgeschwindigkeit C aus. Vor dem kurzen Zeitintervall Δt sei die Masse der Rakete m und danach entsprechend $m - \Delta m$. Die sehr kleine Geschwindigkeitsänderung, die die Rakete durch den Ausstoß des Treibstoffs erfährt, ist $\Delta {f v}$. Nach dem Impulserhaltungssatz gilt somit

$$(m-\Delta m) \cdot \Delta v + c \cdot \Delta m = 0$$

Da Δm sehr klein ist, wird vereinfachend angenommen $m - \Delta m \approx m$. Daraus ergibt sich dann

$$\mathbf{m} \cdot \Delta \mathbf{v} + \mathbf{c} \cdot \Delta \mathbf{m} = 0$$

Durch Umformung erhält man

$$\Delta v + c \cdot \frac{\Delta m}{m} = 0$$

beziehungsweise

$$\Delta v = -c \cdot \frac{\Delta m}{m}$$

Eine Rakete brennt über einen längeren Zeitraum aus, verringert dabei ihre Anfangsmasse mit Treibstoff $m_{\scriptscriptstyle \Delta}$ auf ihre Endmasse ohne Treibstoff $\,\mathbf{m}_{\scriptscriptstyle{E}}\,$ und steigert ihre Geschwindigkeit von V_0 auf V. Deshalb muss integriert werden

$$\int_{v_{\epsilon}}^{v} dv = -c \cdot \int_{m_{\epsilon}}^{m_{\epsilon}} \frac{dm}{m}$$

um zu folgender Lösung zu gelangen:

$$\mathbf{v} - \mathbf{v}_{_{0}} = -\mathbf{c} \cdot \ln \frac{\mathbf{m}_{_{E}}}{\mathbf{m}_{_{A}}}$$

 $\text{Wegen} \qquad ln \frac{m_{_E}}{m_{_A}} = -ln \frac{m_{_A}}{m_{_E}}$

lässt sich die Lösung auch so darstellen:

$$\mathbf{v} - \mathbf{v}_{_0} = \mathbf{c} \cdot \ln \frac{\mathbf{m}_{_A}}{\mathbf{m}_{_E}}$$

Und schließlich gelangt man zu der Raketengleichung:

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{c} \cdot \ln \frac{\mathbf{m}_A}{\mathbf{m}_F}$$

WEITERFÜHRENDE AUFGABEN / **PROJEKTIDEEN**

Der Physikkurs konstruiert Wasserraketen und Abschussrampen für das nächste Schulfest. Zu diesem Thema gibt es massenhaft Seiten im Internet. Für einen Einstieg in die Recherche eigenen sich die unten angegebenen Links.

HINTERGRÜNDE/LITERATUR/LINKS

Tipler, P.A.: Physik, Heidelberg / Berlin / Oxford, 1994

Grehn, J. (Hrsg.): Metzler Physik, 2. Auflage, Stuttgart, 1991

http://www.dlr.de/Schoollab/ Lampoldshausen_Stuttgart/ Experimente/Raketenantriebe/ Bauanleitung DLR Wasserrakete.pdf

http://www.harald-sattler.de/html/ body_wasserrakete.htm

GRUNDLAGEN DES **RAKETENANTRIEBS**

AUFGABEN

⇒ ⇒ AUFGABE 1

Damit ein Satellit nicht herunterfällt, muss er in einer erdnahen Umlaufbahn eine Geschwindigkeit von

$$7.9 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

haben. Bei einer Rakete mit Satellit beträgt das Verhältnis von Anfangsmasse zu Endmasse 4:1 und ihr Treibstoff kann mit einer Geschwindigkeit von

$$c_1 = 2.5 \frac{km}{s}$$

austreten. Man stelle sich die Rakete schon auf Höhe der Umlaufbahn im luftleeren Raum vor. Kann sie den Satelliten dort auf die nötige Geschwindigkeit beschleunigen?

Die Raketengleichung lautet:

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_{_0} + \mathbf{c} \cdot \ln \frac{\mathbf{m}_{_A}}{\mathbf{m}_{_E}}$$

> > AUFGABE 2

Der Kopf der ausgebrannten Rakete aus Aufgabe 1 besteht wieder aus einer kleineren Rakete und dem Satelliten. Ihr Verhältnis von Anfangsmasse zu Endmasse beträgt wieder 4:1, aber ihr Treibstoff kann mit einer höheren Geschwindigkeit

$$c_2 = 4.5 \frac{km}{s}$$

austreten. Auf welche Endgeschwindigkeit kann sie den Satelliten bringen?

> > AUFGABE 3

Ein Auto hat eine Masse von 1,3t und hat 55l Diesel getankt. Der Wirkungsgrad seines Motors beträgt $\eta = 40\%$. Diesel hat einen Brennwert von etwa

$$43\frac{\text{MJ}}{\text{I}}$$
.

Auf welche Geschwindigkeit könnte das Auto mit seinem Tankinhalt beschleunigen, wenn es keine Reibung gäbe? Der Einfachheit halber wird angenommen, dass sich die Masse des Autos durch den Verlust des Tankinhalts nicht verändert.

GRUNDLAGEN DES RAKETENANTRIEBS

LÖSUNGEN

> > AUFGABE 1

$$v = 0 \frac{km}{s} + 2.5 \frac{km}{s} \cdot \ln 4 = 3.466 \frac{km}{s}$$

➤ AUFGABE 2

$$v_{End} = 3,466 \frac{km}{s} + 4,5 \frac{km}{s} \cdot \ln 4 = 3,466 \frac{km}{s} + 6,238 \frac{km}{s} = 9,704 \frac{km}{s}$$

>> AUFGABE 3

$$E = \frac{1}{2} mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 55I \cdot 43 \cdot 10^6 \frac{J}{I} \cdot 0,4}{1300kg}} = 1,206 \frac{km}{s}$$

EMPFEHLUNGEN

Weitere Materialien in deutscher Sprache finden Sie bei den Weltraumagenturen:

Europäische Weltraumorganisation ESA www.esa.int/esaCP/Germany.html

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR www.schoollab.dlr.de

IMPRESSUM



ABENTEUER RAUMFAHRT. **AUFBRUCH INS WELTALL. UNTERRICHTSVORSCHLÄGE** FÜR WEITERFÜHRENDE SCHULEN

Herausgegeben vom Landesmuseum für Technik und Arbeit in Mannheim

Konzeption und Redaktion

Bettina Höcherl, Bernd Kießling, Barbara Stabenow, Horst Steffens

Mit Beiträgen von

Christiane von Burkersroda (Space for kids) Hayo Hauptmann (Physik) Bettina Höcherl (Biologie) Anke Neuhaus (Geographie) Barbara Stabenow (Geschichte/Ethik) Horst Steffens (Deutsch/Geschichte)

Gestaltung Broschüre:

id3d-berlin themengestaltung

Bildnachweis bei den einzelnen Abbildungen

Mannheim, im August 2006





www.raumfahrt-ausstellung.de

